



LC 0004413139

F A. 164

V. 2





ELEMENTOS DE FILOSOFIA

COMPUESTOS EN FRANCES

POR EL ABATE PARA DE FANJAS,
Presbítero de la extinguida Compañía de Jesus,

Y TRADUCIDOS AL CASTELLANO

POR DON LUCAS GOMEZ NEGRO,
*Catedrático de Filosofía por segunda vez en la
Real Universidad de Valladolid, y Abogado
de su Real Chancillería.*

Tomo II.

ELEMENTOS DE FISICA,

Ó COMPENDIO DEL CURSO COMPLETO DE FISICA
ESPECULATIVA Y EXPERIMENTAL, SISTEMATICA
Y GEOMETRICA.

PARTE SEGUNDA.

EN VALLADOLID:

EN LA IMPRENTA DE LA VIUDA Y HIJOS DE SANTANDER.

AÑO DE MDCCXCVI.

DE ELEMENTOS DE FILOSOFIA

COMPUESTOS EN FRANCÉS

OR. DE ARTE PARA DE FANIAS,
Presbitero de la extinguida Compañia de Jesus,

Y TRADUCIDOS AL CASTELLANO

OR. DON LUCAS GOMEZ NEGRO,
Catedrático de Filosofía por segunda vez en la
Real Universidad de Valladolid, y Abogado
de la Real Chancillería.

Tomo II.

ELEMENTOS DE FISICA

COMPENDIO DEL CURSO COMPLETO DE FISICA
ESPECULATIVA Y EXPERIMENTAL, SISTEMATICA
Y GEOMETRICA.

PARTE SEGUNDA.

EN VALLADOLID:

EN LA IMPRENTA DE LA VIUDA Y HIJOS DE SANTANDER.

AÑO DE MDCCCXVI.

filas 47

INDICE

DE LOS TRATADOS, SECCIONES, ARTICULOS
y PARRAFOS que contiene esta segunda Parte de
los ELEMENTOS DE FISICA.

TRATADO SEXTO.

	Págin.
TEORIA DE LA TIERRA.	1.
SECCION I. <i>Idea general del Globo terrestre.</i> . .	id.
SECC. II. <i>Antigüedad de la Tierra.</i>	23.
SECC. III. <i>Los tres Reynos de la Tierra.</i>	29.
ARTIC. I. <i>Idea general del Reyno animal.</i> . . .	30.
PARR. I. <i>La Especie racional.</i>	32.
PARR. II. <i>La Especie irracional.</i>	44.
PARR. III. <i>Propagacion de los Animales y Ve-</i> <i>getales.</i>	57.
ARTIC. II. <i>Idea general del Reyno vegetal.</i> . .	77.
ARTIC. III. <i>Idea general del Reyno mineral.</i> . .	89.

TRATADO SEPTIMO.

TEORIA DEL AGUA.	113.
SECC. I. <i>Leyes de la Hidrostática.</i>	id.
SECC. II. <i>Origen de las Fuentes.</i>	147.

TRATADO OCTAVO.

TEORIA DEL AYRE.	167.
SECC. I. <i>Naturaleza del Ayre.</i>	168.
SECC. II. <i>Naturaleza del Sonido.</i>	233.

TRATADO NONO.

TEORIA DE LA LUZ.	263.
SECC. I. <i>Naturaleza de la Luz.</i>	id.
SECC. II. <i>Diversidad de los Colores.</i>	272.
SECC. III. <i>Leyes de la propagacion de la Luz fuera del ojo.</i>	291.
SECC. IV. <i>Fenómenos de la Luz, en el ojo ó Principios de la Vision.</i>	304.

TRATADO DECIMO.

TEORIA DEL CIELO.	349.
SECC. I. <i>El Sistema de Copérnico, ó el verdadero sistema del Mundo.</i>	351.
SECC. II. <i>Exámen del Lleno y del Vacío.</i>	396.
SECC. III. <i>Existencia y Leyes de la Atraccion.</i>	415.

TRATADO SEPTIMO.

TEORIA DEL AGUA.	413.
SECC. I. <i>Teoría de la Evaporacion.</i>	414.
SECC. II. <i>Origen de las Fuentes.</i>	417.

TRATADO OCTAVO.

TEORIA DEL FUEGO.	417.
SECC. I. <i>Naturaleza del Fuego.</i>	418.
SECC. II. <i>Naturaleza del Selenio.</i>	423.

ERRATAS.

<i>Pág.</i>	<i>lín.</i>	<i>dice</i>	<i>lee.</i>
9.	33.	otros nuevos	otras nuevas.
31.	32.	tales entre	tal es entre.
34.	6.	prococidad	precocidad.
68.	28.	sabina	salina.
71.	32.	lleno de fuego	lleno de jugo.
80.	últ.	lirio	azucena.
90.	5.	mineral	animal.
91.	16.	deslien	deslian.
93.	25.	fosibilidad.	fusibilidad.
97.	7.	y hallaremos	hallaremos.
99.	14.	fuegos disolventes	fuegos, ni disolventes.
105.	33.	esta.	esté.
106.	9.	disecados	desecados.
128.	26.	La presion	La presion en B.
137.	36.	está opuesto	está puesto.
167.	16.	los segundos	las segundas.
180.	26.	al aire	el aire.
186.	4.	de N	D N.
192.	11.	hace	hacer.
205.	33.	expuestas.	expuestos.
id.	35.	penetradas	penetrados.
207.	26.	á	ó.
215.	19.	concurrían	concurririan.
217.	7.	asta	esta.
228.	11.	para	por.
247.	15.	influyan	influya.
248.	1.	un aire	un movimiento.
252.	13.	todo.	toda.
256.	9.	ó impelemos	é impelemos.
272.	25.	al aspecto	al espectro.
276.	28.	tiene	tienen.
277.	32.	deparado	depurado.
280.	20.	impele	impide.
289.	18.	reflecten	reflejte.
296.	10.	está	esté.
300.	5.	calor	colór.
307.	23.	reflecten	reflejte.
326.	11.	no sirve	nos sirve.
350.	3.	<i>astra cometa</i>	<i>astra comata.</i>
352.	6.	color	calor.
384.	1.	hunden	hunde.
392.	24 y 25.	está	esté.
417.	33.	del movimiento	de él un movimiento.
423.	38.	está	esté.
433.	23.	adoptar	adaptar.
438.	11.	de Atraccion	de la Atracción.

[illegible]

ELEMENTOS DE FISICA

TRATADO SEXTO.

TEORIA DE LA TIERRA.

En la exposicion que vamos á hacer de la Teoría de la Tierra nos ceñiremos á dar una idea general de lo que concierne á su Constitucion, su Antigüedad y sus tres Reynos; y estos serán los objetos de las tres Secciones siguientes.

SECCION PRIMERA.

IDEA GENERAL DEL GLOBO TERRESTRE.

La Tierra y el Mar forman juntos una Esferoide, ó una especie de Globo elevado hácia su Equador, y aplanado hácia sus Polos. Este Globo ó esferoide inmensamente grande respecto de nosotros, é infinitamente pequeño en comparacion del resto de la Naturaleza parece estar puesto y fixo inmovilmente sobre sí mismo en medio del espacio inmenso, en el centro del firmamento á igual distancia sensible de los Cuerpos celestes que hacen, ó parece que hacen sus revoluciones cada dia al rededor de él. Este es el objeto que vamos á exáminar en esta primera Seccion, asi en sí mismo como en sus relaciones y en sus fenómenos mas patentes.

EXE, POLOS, EQUADOR, MERIDIANO.

492. DEFINICIONES. Aunque estos quatro objetos pertenecan mas particularmente á la Astronomía, me parece necesario dar aqui una idea general y preliminar de ellos. (*Fig. 70.*)

I.º El Exe de la Tierra es una línea recta M C N tirada del Mediodia á Norte por el centro de la tierra hácia los dos puntos del Cielo, al rededor de los cuales parece que todo el Cielo hace cada dia su revolucion. Esta misma línea prolongada indefinidamente por ambas partes hasta el Firmamento forma el *Exe del mundo*.

Los puntos M y N que terminan esta línea en el globo terrestre de una y otra parte, son los *Polos de la tierra*. Los dos puntos *m n* en que se acaba en el Cielo esta línea indefinidamente prolongada, son los *Polos del Mundo*.

II.º Si se toma en el globo terrestre un círculo A C B A que tenga por centro el centro mismo del globo, y cuya circunferencia esté por todas partes igualmente distante de los dos Polos M N; este círculo será el *Equador de la tierra*.

El Equador perpendicular al exe divide el globo terrestre en dos Hemisferios iguales, de los cuales el uno A N B A está al Norte y el otro A M B A al Mediodia.

III.º Si se toma en este globo un círculo M C M N que tenga por centro el centro mismo del globo, y cuya circunferencia pase por los dos polos M N: este círculo será el *Meridiano* de todos los lugares por donde pase su circunferencia.

El Meridiano divide la tierra en dos hemisferios iguales, de los cuales el uno N B M N está al Oriente, y el otro N A M N cae al Occidente.

IV.º Como la Tierra es aplanada hácia los Polos, y elevada hácia el Equador, el radio C N ó C M tirado desde el centro á los polos es mas corto que el radio C A ó C B tirado desde el centro al equador, con la diferencia de seis ó siete leguas comunes de Francia poco mas ó menos (255).

MARES, CONTINENTES, ISLAS.

493. DESCRIPCION. La superficie del Globo que habitamos, mirada en toda su extension es en parte sólida, y en parte líquida; pero la parte sólida no es mas que como un tercio de la parte líquida. (Fig. 70.)

I.º Se llama *Continente* una grande extension de tierra firme que no está separada, ni dividida por el mar. Tales son la Europa, Asia, y Africa juntas, que forman el antiguo Continente ó antiguo mundo. Tal es tambien la América que forma el nuevo Continente ó nuevo mundo.

II.º Se llama *Isla* una extension mas ó ménos considerable de tierra-firme que está rodeada del mar por todos lados. Tales son la Inglaterra, Irlanda, Córcega, Sicilia, y otras (a).

III.º Se llaman *Mares* esta inmensa extension de aguas saladas que rodean á los Continentes y á las Islas.

La mayor parte de la superficie sólida y líquida del globo terrestre está descubierta, pero faltan aun por descubrir regiones inmensas. Aunque se haya dado varias veces vuelta á todo el Globo desde Magallanes hasta nuestros días, no se ha intentado todavia con bastante eficacia el descubrimiento de un espacio inmenso situado entre el Trópico de Capricornio T V, y el Polo austral M. ¿Sombra inmortal de Christoval Colon, vuestra gloria no producirá imitadores de vuestro valor?

LAS ZONAS TERRESTRES.

494. DESCRIPCION. La superficie del Globo terrestre se divide comunmente en cinco *Zonas*, ó en cinco *Faixas* largas de Occidente á Oriente. Como la tierra es so-

(a) Por lo que dice aqui el Autor se viene fácilmente en conocimiento de que *Península* es una extension de tierra firme rodeada del mar, casi por todas partes, y por alguna unida al continente. Tal es nuestra España.

bre poco mas ó ménos de figura esférica, un semi-círculo tirado de un polo á otro comprehende la mitad de su superficie : y el punto medio de este semi-círculo corresponde al Equador. Sobre este semi-círculo N C M es donde se toman y miden las Zonas de que vamos á hablar. (*Fig. 70.*)

I.º A los 23 grados y 28 minutos de una y otra parte del Equador A C B imagínense dos planos R S R y T V T paralelos entre sí y al Equador, que corten la tierra.

El espacio R S V T comprendido entre estos dos planos es la *Zona tórrida*, la qual se divide á veces en Zona tórrida septentrional A B S R, y en Zona tórrida meridional A B V T.

II.º A los 66 grados y 32 minutos de un lado y otro del Equador imagínense igualmente otros dos planos paralelos al Equador y á los dos Planos anteriores, que corten la tierra cayendo uno al Norte, y otro al Medio dia del Equador.

El espacio H K S R comprendido entre los dos planos septentrionales es la *Zona templada Septentrional*.

Y el espacio T V G F comprendido entre los dos planos meridionales es la *Zona templada meridional*.

III.º El espacio H K N H comprendido entre el polo septentrional, y el plano cercano H K es la *Zona glacial Septentrional*.

Y el espacio F G M F comprendido entre el polo meridional y el plano cercano F G es la *Zona glacial Austral*.

IV.º Los dos planos R S y T V forman sobre la tierra los dos Trópicos; el *Trópico de Cancer* R S R, y el de *Capricornio* T V T.

Los dos planos H K y F G forman los dos *Círculos polares*, el uno H K H al norte, y el otro F G F al medio dia, uno y otro distantes de su respectivo polo 23 grados y 28 minutos con corta diferencia; que es justamente otro tanto como distan los Trópicos del Equador.

V.º Es fácil hacer sensible la *Formacion geométrica*

de los Círculos que dividen y señalan las Zonas; porque

Si se concibe que el Radio $C A$ ó $C B$ indefinidamente prolongado haga una revolución al rededor del eje terrestre $M C N$ permaneciendo siempre perpendicular á él, este radio $C A$ describirá el *Equador terrestre* $A B A$ sobre la tierra, y el celeste $a b a$ en la inmensidad de los espacios celestes.

Si el Radio $C R$ hace una revolución al rededor del eje terrestre $M C N$ formando siempre con el plano del Equador un ángulo de 23 grados y unos 28 minutos, la extremidad R de este radio describirá sobre la tierra la circunferencia $R S R$ del *Trópico de Cancer*, y su extremidad prolongada describirá igualmente en el Cielo la circunferencia $r s r$ del *Trópico de Cancer* celeste. Y si el radio $C T$ hace su revolución en los mismos términos, describirá tambien sobre la Tierra y en el Cielo la circunferencia $T V T$ del *Trópico de Capricornio*.

Si el Radio $C H$ hace una revolución al rededor del eje terrestre $M C N$ formando siempre con el plano del Equador un ángulo de 66 grados y unos 32 minutos, su extremidad H describirá la circunferencia $H K H$ del *Círculo polar boreal* sobre la tierra, y prolongada describirá igualmente en el Cielo la circunferencia del *Círculo polar Celeste* $h k h$ al rededor del polo boreal. Y si el radio $C F$ ó $C G$ hace su revolución en los mismos términos describirá igualmente sobre la Tierra y en el Cielo la circunferencia $F G F$ del *Círculo polar austral*.

LONGITUD Y LATITUD TERRESTRE.

495. DEFINICION. Como la parte de Tierra que conocian los Antiguos tenia mas extension de Occidente á Oriente que de Norte á Mediodia llamaron y hoy llamamos *Longitud* á su extension de Occidente á Oriente, y *Latitud* á su extension de Norte á Mediodia. (*Fig. 70.*)

1.º La *Longitud* se toma y mide sobre el Equador contando los grados desde el Meridiano que pasa por medio de la Isla del Hierro al Occidente de la Africa.

II.º La *Latitud* se toma y mide sobre el Meridiano de un lugar contando los grados desde el Equador.

La *Latitud* se divide en *Latitud Septentrional* y *Latitud meridional*. Una Ciudad ó una montaña situada en H ó K baxo el círculo polar boreal está á 66 grados y 32 minutos de latitud boreal ó septentrional. Otra Ciudad ú otro qualquiera punto de la superficie terrestre situado en T ó V baxo del Trópico de Capricornio está á 23 grados y 28 minutos de latitud austral ó meridional, y así proporcionalmente de los demas puntos de la Tierra.

SUPERFICIE DE LA TIERRA.

496. OBSERVACION. Segun las *Medidas Geométricas que se han tomado modernamente*, la mitad de la Circunferencia de la Tierra es de unas 8984 leguas comunes de Francia, y la mitad de su diámetro de unas 2860, que hacen 6,540,820 toefas, y estas 39,244,920 pies. (*Fig. 70.*)

I.º Como la superficie de una esfera es el producto de su circunferencia por su exe (*Math. 573.*), y la figura de la tierra es casi esférica, se sigue que la superficie de la tierra es el producto de 8984 por 2860 leguas comunes. Es así que $8984 \times 2860 = 25,694,240$.

Luego la *Superficie de la Tierra* es de 25,694,240 leguas quadradas con corta diferencia.

II.º Teniendo una legua comun (que es de la que aqui hablamos) 2287 toefas, cada legua comun tendrá 2287 $\times$ 2287 toefas quadradas, ó 5,230,369 toefas quadradas.

Multiplicando pues este número de toefas quadradas que tiene la legua quadrada por el número de leguas quadradas que tiene la superficie terrestre, se sacará el número de *Toefas quadradas* que tiene esta superficie, y son 134,390,356,374,560 toefas quadradas.

III.º La toefa quadrada tiene 36 pies quadrados; así en multiplicando el último número de toefas quadradas por 36 se sacará el número de pies quadrados que tiene la superficie del Globo terrestre, y son 4,838,052,829,484,160 pies quadrados.

497. NOTA. Si se quiere hacer quenta con la *Figura elipsoidal* aplanada hácia los polos y elevada hácia el equador que tiene, la tierra se sacarán los mismos produetos con corta diferencia en quanto á la extension de su superficie. (*Fig. 70.*)

Porque la superficie de una esferoide elipsoidal aplanada hácia sus polos y elevada hácia su equador, es con corta diferencia igual á la superficie de una esfera que tuviese por diámetro una *Media proporcional* entre el exe grande de la esferoide que es en nuestro caso el diámetro del equador elevado, y el exe pequeño de la misma esferoide que es en nuestro caso el exe de la Tierra (*Math. 755*).

Los dos Producentes de esta superficie esférica darán una superficie igual con muy corta diferencia á la de la tierra, ó de 25,694,240 leguas quadradas. Pues lo que el diámetro del equador tiene de mas que el medio diámetro $x i$ á causa de su elevacion, tiene el exe terrestre de ménos á causa de su aplanamiento; y así el resultado del cálculo es el mismo que hemos sacado, ó á lo ménos la diferencia es tan corta que se puede no hacer caso de ella en una esferoide tan poco aplanada como la de la Tierra.

MONTAÑAS Y VÁLLES.

498. OBSERVACION. Sobre toda la superficie de la Tierra se levantan *Montañas mas ó ménos elevadas*. Las unas aisladas, las otras acompañadas de grupos de montecillos; la mayor parte extendidas en cordilleras irregulares cuyas cimas ya áridas y peladas, ya cubiertas de arboledas ó praderas; aquí terminadas en ángulos, allá abiertas á manera de embudo parece que dominan en la region del ayre y mandan á los Valles que las circundan. De estas Montañas unas parecen anteriores, y otras posteriores al Diluvio.

1.º La formacion de las *Montañas ante-diluvianas*, esto es de estas principales Cordilleras de Montes cuyas encumbradas cimas se elevan á una altura considerable en

la region del ayre, sobre la superficie del Mar y de la Tierra, no admite, ni debe admitir explicacion alguna fisica, porque su naturaleza y constitucion no presenta nada que se pueda mirar como una dependencia de las Leyes generales del Universo.

¿ En fuerza de que *leyes de la Naturaleza* las arenas esparcidas sobre la superficie de la tierra se reunirian hoy en las cercanias de Paris, ó en el inmenso Mar Pacifico para formar un Pico (a) de Tenerife, ó un monte Atlas? Es evidente que ni las Leyes de la impulsión y atracción, ni los fenómenos del flujo y reflujo, ni qualesquiera otras causas naturales pueden producir efectos semejantes; como hemos demostrado en nuestros Elementos de Metafísica refutando los varios delirios de Theliamed sobre esta materia. (*Met.* 619, y 622.)

Es evidente que las Montañas principales y primitivas han sido formadas por un Ser increado y criador, que infinitamente poderoso y libre formó la Tierra como tambien el Cielo del modo que le plugo, antes de someter uno y otro á las Leyes fisicas destinadas á conservar, perpetuar y modificar su Obra.

Se debe reconocer pues forzosamente que estas *Montañas antediluvianas* deben su formacion únicamente á la accion creadora del Todo poderoso, que formando el Globo terrestre no podia formarle sin darle una constitucion modificada y terminada de un modo particular. Ahora pues, le plugo al Criador al principio de los Tiempos dar á la Tierra una constitucion y configuracion terminadas en unas montañas tales quales juzgó que eran necesarias ó convenientes á la Sabiduría y Beneficencia de sus adorables miras.

II.º La formacion de las *Montañas posdiluvianas*, esto es de estas montañas subalternas que parece que son de un origen reciente, admite y aun á veces exige una explicacion

(a) Este Pico se llama de Teide: algunos le llaman tambien aunque con ménos exactitud de Tenerife porque así se llama la Isla en que está situado.

cion física ; porque estas especies de montañas presentan fenómenos relativos á las Causas físicas, y á acontecimientos posteriores á la Creacion, quales son las conchas fósiles, los árboles, y huesos de animales que se han hallado petrificados en su seno.

Es claro que el Diluvio Universal, los Terremotos, la Erupcion de los Volcanes, la violencia de los Uracanes, las inundaciones de los Rios y de los Mares pueden haber acumulado sucesivamente de mil modos diferentes tierras, arenas, y todo género de substancias, que naturalmente endurecidas y cristalizadas habrán dado á la Tierra nuevas Montañas que no tenía en su origen primitivo, ó habrán causado mutaciones ó aumentos en las que tenía desde su primitiva constitucion.

Por exemplo parece que algunas *Montañas pequeñas del Africa* deben su origen á los espantosos Uracanes que padecen frecuentemente aquellos países, y que acumulan de distancia en distancia montones enormes de arena. Si estos montones tienen tiempo suficiente para adquirir un contacto bastante inmediato que les dé la adherencia necesaria, y si las lluvias descargasen sobre ellos varias materias heterogéneas que llenen sus intersticios, y ligen sus partes entre sí, estos montones de arena llegarán con el tiempo á ser verdaderas Montañas en que la posteridad podrá hallar árboles, animales y aun Caminantes sepultados á mayor ó menor profundidad, y mas ó menos perfectamente petrificados.

III.º El Mar tiene tambien sus Montañas interiores y exteriores. Las tierras y arenas que los Rios conducen continuamente á su seno pueden haber contribuido con las demas Causas de que acabamos de hablar á alterar en el mar las Montañas primitivas, y á substituirles ó asociarles otros nuevos del mismo modo que lo hacen en la Tierra.

VOLCANES, TERREMOTOS.

499. OBSERVACION. Hay en las montañas de varios países cavernas á las que se da el nombre de *Volcanes*, que

se ven ya vomitar con ímpetu rios ardiendo de materias sulfúreas y bituminosas, ya lanzar una especie de granizo de pedazos de piedras, unas calzinadas, otras mas ó ménos vitrificadas y convertidas en escoria, ya despedir de su seno torrentes de humo, torbellinos de vapores, y nubes de ceniza con una fuerza incomparablemente superior á la de la pólvora que se enciende en una mina, y á la del rayo que rompe los aires, y se precipita sobre la tierra.

I.º Las *erupciones de los Volcanes* ni son permanentes, ni periódicas, sino ya mas, ya menos freqüentes y violentas. Ordinariamente las preceden unos ruidos subterráneos, semejantes á los del trueno que se oye resonar á lo lejos: un bramido horroroso, un espantoso estallido, un rechino interior anuncian comunmente el fenómeno desolador que va á espantar y á arrasar los contornos. Las materias contenidas en lo interior del cráter, abierto por lo comun en figura de embudo irregular empiezan á herbir, y á veces borbollan hasta el punto de rebosar por la boca del volcan desde donde corren en torrentes enalbadados á lo largo de la montaña abajo en donde se fixan y endurecen formando *Lavas*.

La causa de estos fenómenos desoladores son los terribles fuegos que hay encerrados en el seno de estas montañas y que provienen de montones enormes de materias combustibles, que con la fermentacion se calientan y encienden en distintos tiempos. La accion de estos *Fuegos subterráneos* excitada por el resorte del aire, y fortificada por el vapor del agua es infinitamente superior á la de nuestros hornos mas activos. Devora, calcina, ó vitrifica las materias mas rapaces, mas apiras y mas refractarias;

Como se ve por la naturaleza de ciertos pedazos de *Lavas* de las que una parte se halla vitrificada, y la otra que está calcinada resiste á toda la violencia del fuego ordinario de nuestros hornos.

La accion de este fuego subterráneo que forma los *Volcanes*, y socaba poco á poco las bóvedas de las montañas es á veces tan grande, y su fuerza expansiva tan violenta.

ta que produce por su reaccion Terremotos ó sacudimientos fuertes, que agitan con violencia países enteros, alboratan el mar y le hacen mudar de curso, hienden y trastornan montes, destruyen y tragan Ciudades enteras, conmueven y arruinan los edificios mas sólidos á distancias inmensas, como consta por la historia así antigua como moderna de los Terremotos, cuya única ó principal causa son estos fuegos subterráneos.

En un Terremoto la parte que padece la conmocion tiene un movimiento que no la es comun con la masa entera del Globo. Este movimiento, esta agitacion consiste en que aquella porcion de tierra sube y baxa alternativamente, al paso que el resto del globo permanece sensiblemente en su situacion ordinaria.

II.º Los Volcanes son *Respiraderos de la Tierra* que dan salida á los fuegos que se encienden en su seno. Quanto mas libre tienen el paso á la parte de afuera, tanto menor es su reaccion, y tantos menos Terremotos ocasionan.

Imáginese una Mina que se enciende debaxo de un Bastion. Si la materia inflamable puede hacer libremente su erupcion por alguna hienda ó abertura, el bastion no padece la accion ni la reaccion de la pólvora. Pero si la erupcion es detenida por todas partes, la fuerza explosiva de la materia inflamada hace su exfuerzo así contra la masa entera de la tierra que resiste inmensamente, como contra el bastion que resiste infinitamente ménos. La masa de la tierra queda sensiblemente quieta, y el bastion que cede á la accion del reforte que se despliega contra él recibe toda su impulsión, y es arrojado á mucha distancia por los aires con una violencia proporcional á la causa que obra sobre él.

Se ve por esto que las erupciones de los Volcanes no deben producir siempre Terremotos, y que los volcanes son un beneficio de la Providencia que ha dispuesto este medio de librar á la Tierra de mayores desastres.

III.º Entre los *Montes que arrojan fuego*, los mas célebres son el Vesubio en Italia cerca de Nápoles, el

Ethna en Sicilia, el Hecla en Irlanda, el Kamschatka en la gran Tartaria, el Monte Albours cerca del Monte Tauro en Asia, el Pico de Tenerife en las Canarias, la Caverna llamada Beniguaseval en el Reyno de Fez en Africa, el Volcan de Arequipa en el Perú, y otros.

FUEGO CENTRAL; SU CHÎMERA.

500. OBSERVACION. El Pueblo mira á los Volcanes como respiraderos ó bocas del Infierno que coloca sin saber porqué en el centro de la Tierra. Algunos Filósofos entre quienes se puede contar al famoso Descartes han imaginado con motivo de los Volcanes un *Fuego central* en la Tierra, ó unos Hornos inmensos siempre encendidos en lo interior y hácia el centro del globo terrestre, cuyo empleo sea comunicar desde el centro á la superficie de la tierra por medio de infinitos poros entreabiertos en sus entrañas un fuego lento capaz de animar y vivificar á la Naturaleza. Otros Filósofos con Leibnitz, Telliamed, y Buffon miran al Globo terrestre como que habiendo sido antiguamente calcinado y vitificado en toda su profundidad, conserva todavia algunos restos de su primitivo calor, el qual va siempre descreciendo y debilitándose cada vez mas. Las *dos últimas Opiniones* son tan fabulosas é infundadas como la primera; como se percibirá facilmente, confrontándolas sin preocupacion con las chîméricas suposiciones de donde intentan deducirlas, con los fundamentos ruinosos en que las apoyan, y con las consecuencias absurdas á que conducen.

I.º La Tierra no tiene mas fuego interior, ni mas principio interno de calor que el *Fuego elementar*, que ha sido primitivamente unido é incorporado con todas sus substancias, y aquella parte accesoría de fuego elementar que recibe continuamente del Sol, ó que la dan por accidente la fermentacion é inflamacion de las materias combustibles que hay sobre su superficie, ó á corta profundidad en sus entrañas. Y no se alegará experiencia alguna cierta y decisiva que pruebe lo contrario.

La causa y pábulo del fuego de los Volcanes son las minas mas ó ménos grandes de materias sulfúreas, bituminosas, y otras semejantes que hay en lo interior de la Tierra, y que fermentando é inflamándose hacen su explosion; y se disipan. Pero estos fuegos subterráneos no auncian un fuego central en la Tierra, como tampoco le anunciaria en un Mortero, un Cañon, ó baxo de un Bastion la pólvora que se echa en ellos.

II.º En las entrañas de la Tierra, y en los subterráneos que no tienen libre comunicacion con el ayre exterior hay un temple igual y constante en todas las Estaciones, el mismo en el Invierno que en el Estío; como es fácil convencerse de ello por medio del Termómetro que se sostiene siempre en estos parages á 10 grados con corta diferencia mas arriba del punto de Congelacion. (210.)

Esto proviene de que el fuego libre, el fuego elemental, el fuego no combinado que está distribuido y depositado en todos los cuerpos, se halla sensiblemente en la misma cantidad en aquellas substancias que no estan expuestas á las vicisitudes de las Estaciones, á los varios aspectos del Sol, ni á los diferentes temples de la atmósfera.

III.º Las *Aguas minerales* que son calientes en su fuente deben el calor que tienen, ó á las minas encendidas junto á las que pasan, ó á algunas substancias heterogéneas que fermentan, y á veces se combinan con ellas en lo interior de la Tierra, y no á un chimérico Fuego central, cuya idea antifilosofica es diametralmente opuesta á quanto nos enseñan la experiencia y el discurso acerca de la Teoría del Fuego; pues por estos medios sabemos que el fuego no puede subsistir sin el concurso de un ayre libre y elástico que se renueve continuamente, y sin un pábulo siempre nuevo que pueda consumir y disipar; lo que es evidente que no puede suceder en las fabulosas concavidades que se han imaginado hácia el centro de la tierra.

En quanto á la Opinion de los que dicen con Leib-

nitz, Thelliamed, y Buffon que el Globo terrestre ha sido antiguamente incendiado y vitrificado, no creemos que merezca ser refutada seriamente en una Obra elemental cuyo destino debe ser establecer *verdades útiles*; y no combatir Romances frívolos é incoherentes en que nada hay que pueda estender y perfeccionar nuestras ideas, y en que todo lleva manifestamente el sello de lo fabuloso y chímérico.

FORMACION DEL GLOBO TERRESTRE.

501. OBSERVACION. Aristóteles supone la Tierra existente desde toda la Eternidad; Epicuro atribuye su origen al concurso fortuito de un número infinito de átomos eternos; Thelliamed fluctuando entre estas dos Hipótesis se contenta con atribuirle conversiones eternas en astro opaco, y astro luminoso; conversiones antifilosóficas que apenas pueden presentarse al lado de los Cuentos de Brujas con que se divierte todavía á los niños de todas edades. Ninguno de estos Sistemas cuyo absurdo hemos demostrado en el quarto Tratado de nuestra Metafísica, merece la atención de un Físico.

I.º En todo Sistema arreglado á razon, y segun todos los Físicos ilustrados la Tierra debe su formación y existencia á un Artífice supremo increado y criador, único Autor, motor y conservador de la Naturaleza. No hay acerca de este punto division alguna de opiniones, como tampoco la hay acerca de que las aguas del Mar hayan hecho mansion por algun tiempo sobre todos los países del globo que habitamos.

II.º ¿Pero la estructura que tiene hoy la Tierra es en el fondo la estructura primitiva que recibió del Criador? ¿O esta estructura que ahora tiene ha sido producida sucesivamente por varias Causas físicas? He aquí el objeto de las investigaciones de los Físicos.

Unos mas amantes de lo maravilloso que de lo verdadero gustan de perderse en una inmensidad de siglos para dar á la Tierra bastante tiempo para que haya po-

dido mineralizarse y cristalizarse en el seno de las aguas, y convertirse en continentes, mares, islas, y montes mediante la influencia de las causas físicas.

Otros mas amantes de la verdad que de las maravillas estudian tranquilamente la Naturaleza y la Historia para sacar de ellas principios seguros, capaces de fixar su incertidumbre. Del número de estos últimos son los mejores Físicos y los Naturalistas mas célebres, quienes suponiendo la Tierra formada toda en el principio de los tiempos al tiempo de la Creacion, atribuyen á la universalidad del Diluvio, y á la influencia de las Causas naturales los fenómenos y monumentos singulares que presentan la superficie y lo interior de la Tierra devastada.

PROPOSICION.

502. "El estado actual de la Tierra no nos presenta fenómeno alguno que no se pueda explicar por la universalidad del Diluvio, y la influencia de las causas naturales."

DEMOSTRACION. I.º Habiendo ya supuesto y demostrado que el Globo terrestre como tambien todo el resto de la Naturaleza ha recibido su existencia de un Ser increado y criador, como lo hemos hecho ver bien á la larga en el Tratado quarto de nuestra Metafísica, fué un absurdo atormentarnos para explicar su formacion, pues es bien claro que habiendo sido criado para los seres vivientes, debe haber salido de las manos del Criador con los principios y constitutivos que hoy nos presenta, y en los que nada se observa que haya sido capaz de inmutar su naturaleza.

Es pues inútil y absurdo irse á perder en una revolucion inmensa de siglos, y en un tenebroso laberinto de causas ya fabulosas, ya chíméricas para explicar un fenómeno que no necesita explicarse, y para dar razón de la formacion de un Globo que ha debido salir de las manos de su Autor enteramente formado.

II.º No se debe decir lo mismo de las Mutaciones

y Alteraciones de este Globo. Aunque no sea necesario recurrir á ninguna causa física para explicar su formacion, es preciso hacerlo para dar razon de las mutaciones que se han observado en él, y de los fenómenos que se conoce que son posteriores á su constitucion primitiva.

Pues así como seria una necesidad y un absurdo preguntar porque hay en nuestro Globo marga, aguas, arenas, plantas, montañas y valles, por quanto estando destinado este Globo á servir de habitacion á seres vivientes de varias especies era forzoso conforme á las miras del Criador que tuviese todo esto para suministrarles con que satisfacer sus necesidades; es evidente que no lo seria menos quando se preguntase porqué en el seno de esta marga, de estas arenas, piedras, aguas, valles y montañas se encuentra una Ciudad enterrada como el Herculano en Italia, ó una fila de setenta y dos aldeas tragadas por la tierra, como cerca de Gertruidenberg en Holanda, responder que estas ciudades y estas aldeas han sido puestas allí por el Criador, pues es evidente que estos objetos no pertenecen á la constitucion primitiva del Globo terrestre.

Ahora pues, entre los fenómenos que se han observado en la superficie y lo interior de la Tierra, y en los que se ha hallado alguna cosa que no pertenezca á la *Constitucion primitiva* de este Globo, no hay ninguno que no se pueda explicar con bastante claridad por la universalidad del Diluvio, y la influencia de varias Causas naturales, como los terremotos, las inundaciones de los mares y rios, el fuego y erupcion de los volcanes, el hundimiento de las tierras y los montes, la quema de bosques y ciudades, y la violencia de los uracanes, de los tifones y de las bombas, principios todos tan fecundos y durables, que no se pueden asignar límites algunos á los efectos infinitamente variados y multiplicados que pueden producir.

Luego por la universalidad del Diluvio, y la influencia de las Causas naturales se pueden explicar todos los fe-

fenómenos afombrosos que se observan en el estado actual de nuestro globo. (L. Q. P. D.)

OBJECIONES Y RESPUESTAS.

503. OBJECION I. Las gruesas argollas destinadas á amarrar las naves, las estacas, cadenas, áncoras, reliquias de navios, pesquerías destruidas, y puertos cegados que se han encontrado en lo interior del Egipto y en algunos otros países, bastante tierra adentro anuncian que ha habido tiempo en que estas regiones eran costas de mar. ¿Se dirá que estos *aprestos de Navegacion* existían antes del Diluvio? ¿Se dirá que los estragos que ellos suponen han sido causados por el Diluvio, ó por algunas otras Causas físicas posteriores á él, siendo así que ni la Historia Sagrada ni la Profana hacen mencion alguna de semejantes acontecimientos? ¿No es mas conforme á razon juzgar que estos países han estado habitados, y han sido destruidos en siglos inmensamente anteriores á aquellos de que tenemos noticia, y que la Tierra ha padecido sucesivamente prodigiosas revoluciones bastantes siglos antes del tiempo en que la Escritura fixa su origen?

RESPUESTA. Los países en donde se encuentran estos puertos cegados, estas pesquerías enterradas, estos vestigios y monumentos que anuncian aprestos de Navegacion no estan muy elevados sobre la superficie actual del Mar, y pueden muy bien ser ó anteriores, ó posteriores al Diluvio.

I.º Estos Monumentos pueden absolutamente ser anteriores al Diluvio. La Historia Sagrada, es verdad no habla nada de navegacion antes del Diluvio, pero este es un argumento puramente negativo que no impide que se la suponga existente antes de él, y mas ó ménos perfeccionada en ciertos países.

En el espacio de 2234 años que pasaron desde la Creacion hasta el Diluvio tuviéron los hombres tiempo suficiente para inventar y perfeccionar las artes mas sen-

cillas y necesarias. ¿Pues porque no se podrá creer que tuvieron tambien algun conocimiento de la navegacion, cuyo mecanismo y principios nos indica y muestra sensiblemente la naturaleza de mil modos diferentes que no se les ocultan á los Salvages mas groseros y estúpidos de la Tartaria y del Canadá? ¿Si algunos de estos Puertos cegados están á mayor altura que otros, porque los mas elevados no habrán podido ser contruidos para diferentes canales del Nilo en Egipto, y de otros rios en otros Países?

Por lo demas no nos hemos de imaginar que estos puertos cuyos vestigios se han hallado en lo interior de las tierras en Egipto y en algunos otros Países son como los de Tolon, Londres, ó Amsterdam. El Puerto del Sena en Paris vale mas que quanto nos anuncian los vestigios de los puertos subterráneos que se han descubierta á lo léxos del mar.

Si es verdad que se haya hallado una *Ancora de navio* en lo interior de una montaña muy elevada y muy distante del mar (hecho que se ha afirmado, y no se ha probado todavia suficientemente), no es necesario construir al instante un puerto imaginario en la cumbre de este monte para dar razon de esta áncora en este sitio. Esta Ancora ha podido ser fabricada sobre este mismo monte con destino á ser conducida á un puerto mas ó ménos distante; ha podido tambien haber sido metida antes del Diluvio en algun barquichuelo que despues de haber flotado largo tiempo sobre las aguas se haya estrellado contra esta montaña al tiempo de este memorable desastre.

II.º *Estos Monumentos pueden ser y son verosimilmente posteriores al Diluvio.* Apenas se puede poner en duda que los Mares se elevan y baxan sucesivamente en países diferentes. (*Met.* 588 y 618.)

Baxando el mar sucesivamente en un país, por exemplo en Egipto y en todas las costas del Mediterraneo habrá dexado en seco algunos puertecillos contruidos despues del Diluvio, que se habrán quedado en

terrados debaxo de las tierras y arenas acumuladas por las aguas al retirarse con mas ó menos rapidez; y los uracanes, los tifones, las inundaciones de los rios habrán acabado de cegarlos sepultándolos baxo de montones enormes de arena.

504. OBJECCION II. Los inmensos rimeros de Conchas colocadas por capas en las entrañas de la tierra, y en las concavidades de las montañas, indican que las aguas han hecho mansion por espacio de muchos siglos sobre toda la superficie de la tierra; pues la mansion de un año que fué la del Diluvio, apenas hubiera podido formar una sola de estas capas. Luego la Tierra ha estado sepultada debaxo de las aguas por espacio de un número considerable de siglos.

RESPUESTA. I.º Es evidente que paseándose las aguas sobre la superficie de la Tierra por espacio de diez ó doce meses que duró el Diluvio, su espantosa masa y la de las arenas del mar han podido deponer sucesivamente en las concavidades de las *Montañas primitivas*, y en el fondo de los Valles inmediatos no solamente una, sino todas las capas que se quieran de materias diferentes. (*Met.* 619. y 622.)

Estas varias capas se habrán dispuesto y colocado unas sobre otras en todo el tiempo que duró el Diluvio segun las Leyes de la gravitacion y el impulso de los corrientes, el que se variaria infinitamente tanto por la posicion como por la reflexion de las *Montañas primitivas* á las que el Diluvio haria tambien sentir sus horrosos estragos aunque sin mudarlos ni destruirlos enteramente. Y estas Materias llevadas por las corrientes, y depuestas en capas mas ó menos irregulares habrán sufrido despues las mutaciones que exigen las leyes ordinarias de la Cristalizacion. (134.)

II.º La mudanza de lecho de los Mares acaecida en diferentes tiempos, y ocasionada por las mudanzas del Centro de gravedad del globo terrestre puede tambien haber influido mucho en algunos de estos fenómenos.

Elevándose el Mar en un pais, debe segun las le-

yes de la Hidroftática baxar en el pais opuesto. Baxando en un pais habrá dexado en seco en distintos tiempos grandes playas cubiertas de Conchas marinas que enterradas fucceſivamente y poco á poco debaxo de la arena habrán padecido varias transformaciones conforme á las Leyes generales de la Petrificación ó de la Crifalización de los cuerpos terrefres.

505. OBJECCION III. Los Cometas ſegun todos los Fíſicos ilustrados, y conforme á las Leyes generales del Choque y de la Atracción pueden cauſar grandes revoluciones en la Tierra. Por exemplo: un Cometa como el del año de 1680, que ſegun Newton, Halley, y Maupertuis no diſtaba en ſu perihelio del Sol mas que la ſexta parte de un *diámetro Solar*, incendiado por eſte Aſtro puede encontrarse con la Tierra, pegarla fuego, arraftrarla tras de ſí, y cauſar en ſus mares un flujo y reflujo capaces de inundar toda ſu ſuperficie. ¿Pues porque no ſe podria ſuponer, ó á lo ménos ſospechar que ha habido un acontecimiento de eſta eſpecie en los ſiglos anteriores al nueſtro?

RESPUESTA. Las Poſibilidades no ſon *Hechos históricos*, y aqui tratamos de hechos y nó de poſibilidades. Segun todos los Fíſicos ilustrados y ſenſatos, la Tierra, los Planetas, los Cometas, las Eſtrellas, la Naturaleza entera deben ſu exiſtencia á un Ser increado y creador. Es cierto que la Tierra ha podido absolutamente padecer desde la Creacion haſta nueſtros dias otras revoluciones que las que ha ſufrido, pero no hay monumento alguno que compruebe que las ha padecido en efecto.

I.º Si la Tierra hubiera ſido alguna vez inundada ó abraſada por un Cometa, los hombres, los volátiles, y los quadrúpedos hubieran ſido deſtruidos ſin reſurſo y para ſiempre, y no hubiera hoy eſpecie alguna viſiente ſobre la ſuperficie del globo terrefre.

II.º Aunque conforme á las Leyes generales de la Impulſion y de la Atracción puedan absolutamente los Cometas cauſar horribles eſtragos en la Tierra, es ve-

rosímil que la indefectible Sabiduría del Criador que queria la existencia y permanencia de su Obra haya dispuesto y combinado de tal suerte desde el principio de los Tiempos los varios movimientos de los Cuerpos celestes en el seno del Vacío inmenso al rededor del Sol, que estos cuerpos no puedan ni deban jamas acercarse tanto unos á otros que choquen mutuamente, se inunden, se incendien, y desordenen así la economía general de la Naturaleza. Por tanto la Tierra no ha sufrido, ni hay que temer que sufra estrago alguno de parte de los Cometas.

III.º Ademas los estragos que se quieren atribuir á los Cometas por medio de la Atraccion, ó de su intandescencia son en mucha parte imaginarios, porque estos Astros á causa de la inmensa velocidad que tienen en su perihelio no permanecen cerca del Sol ó de la Tierra el tiempo suficiente para encenderse cerca de aquel, y alterar sensiblemente en ella los fenómenos ordinarios de la Gravitacion y de la Hidrostatica.

506. OBJECCION IV. Las mudanzas del centro de gravedad en el globo que son sin duda alguna posibles y probables, destruyen las pruebas físicas en que se funda la existencia de un Diluvio universal; pues los fenómenos que se atribuyen comunmente al Diluvio pueden haber provenido de varias mudanzas del centro de gravedad, que hayan hecho mudar sucesivamente de lecho á los mares.

RESPUESTA. Convengo en que las mudanzas del centro de gravedad son posibles y probables; pero niego que puedan provenir de ellas todos los fenómenos que nos comprueban la existencia de un Diluvio universal. (Fig. 71.)

I.º Para dar aqui una idea general de estas mudanzas del centro de gravedad: supongamos que en el punto H en lo interior del Mar, y no lexos de la superficie de la Tierra haya una *Caverna inmensa* cuya capacidad vacía sea igual al volúmen de muchas montañas juntas. Supongamos tambien que un Terremoto

ocasionado por incendiarse cerca de esta caverna varias materias fermentativas y combustibles llega á entreabrir-la, sin duda alguna las aguas del mar refluirán hácia el punto H de todas las partes del mundo para precipitarse en fuerza de su pesantez en este abismo entreabierto. ¿ Pero que es lo que deberá suceder en este caso segun las Leyes de la Gravitacion? Sucederá que el emisferio M A N adquiriendo mayor masa adquirirá tambien mayor fuerza atractiva, y que el centro de atraccion y gravitacion que antes residia en C pasará aora á D (802); Sucederá que las aguas del mar que se ponen siempre y por todas partes en equilibrio al rededor de su centro comun de atraccion y gravitacion, y que en un mismo círculo paralelo al Equador se colocan á igual distancia de su centro comun de atraccion y gravitacion formarán en su superficie un nuevo Globo ó nueva Esferoide M b N *a* M baxándose en B, y elevándose en A.

Aunque en este caso la cantidad de agua que se retira á la caverna H sea como infinitamente pequeña en comparacion de toda la masa de las aguas, é incapaz de configuiente de producir una disminucion sensible en la altura total de los mares; el mar se elevará una cantidad notable en A y en R, y baxará una cantidad igual en B y en S. En nuestro Curso completo de Metafísica á los números 824 y 825 hemos hecho ver que aun suponiendo que la Caverna H constuviese quatro leguas cúbicas de agua, la elevacion de esta en A, y su depresion en B no sería mas que como de quatro líneas.

Por esto se comprende lo que deberia suceder en M si se llegase despues á abrir en este punto otra caverna semejante á la primera. En este caso el centro de atraccion y gravitacion, despues de haber pasado de C á D pasaria otra vez de D á T, y las aguas subirian en M y baxarian en N.

II.º Supuesta esta teoría física se ve claramente que la hipótesis de las mudanzas del centro de gravedad no

destruye de modo alguno las pruebas físicas que acreditan la existencia de un Diluvio universal.

Una mudanza del centro de gravedad en el Globo terrestre no puede acontecer sino con motivo de una mudanza del lecho en el Mar; y una mudanza del lecho del Mar ocasionada por los estragos de los volcanes y terremotos nunca puede ser tan considerable que haga subir inmensamente al mar en un pais, y baxar inmensamente en otro.

Aunque en fuerza de una mudanza de esta especie se formase un nuevo Golfo tan grande como el Mar Negro ó el Báltico, apenas se elevarian los Mares cercanos á él algunos pies ó algunas pulgadas.

Es pues falso que los monumentos del Diluvio que se han hallado en todas partes en lo interior de los Continentes y en la cima de las Montañas mas altas puedan provenir todos de las mudanzas del centro de gravedad, las quales solo han podido influir en algunos Países poco elevados sobre la superficie así antigua como moderna del Mar.

SECCION SEGUNDA.

ANTIGUEDAD DE LA TIERRA.

507. OBSERVACION. ¿ Quanto tiempo hace que existe nuestro Globo terrestre? He aquí el gran Problema que vamos á resolver en esta Seccion.

I.º Según los *Libros sagrados*, es decir según los mas antiguos, mas auténticos, mas irrefragables monumentos históricos que se pueden presentar al entendimiento humano, la existencia de la Tierra no sube mas arriba en este presente año de 1780 que como unos 5776 según la Cronología de la Vulgata, y unos 7133 según la de los Setenta que prefiero á la de la Vulgata. (*Met.* 261, y 624.)

II.º Según algunas Fábulas Egipcias, Caldeas, Indias y Chinas la existencia de la Tierra es inmensamente anterior á este tiempo. Tiene 36000 años segun los primeros, 470000 segun los segundos, y lo mismo, ó acaso mas segun los terceros y quartos.

Se puede ver si se quiere, en la quinta Seccion de nuestra Filosofía de la Religion una discusion bien ámpla sobre todo lo que concierne á las *diferentes Cronologías* de los varios Pueblos de la Tierra.

PROPOSICION.

508. „ La Opinion que atribuye á la Tierra mayor „ antigüedad que la que la da la Sagrada Escritura, no „ está fundada en ninguna prueba sólida tomada de la „ Física, de la Historia, ni de la Astronomía.

DEMOSTRACION. I.º La Física no presenta ningun hecho, ningun monumento, ni fenómeno que suponga en la Tierra mayor antigüedad que la que la dan los Libros sagrados; pues como hemos demostrado, quantos monumentos y fenómenos observamos en lo interior ó sobre la superficie de la Tierra, provienen ó de su constitucion primitiva, ó de las alteraciones que han podido y debido ocasionar en el discurso de muchos millares de años así el Diluvio, como las Causas naturales. (502.)

II.º La Historia lexos de apoyar la inmensa antigüedad que atribuyen á la Tierra las rancias Fábulas de ciertas Naciones, echa completamente por tierra esta opinion, autorizando como auténtico é irrefragable el Origen reciente de las Naciones, de las Ciencias, y de las Artes, que es el principal monumento que depone contra esta fabulosa antigüedad de la Tierra, como lo hemos hecho ver tratando de la existencia de un Dios Criador (*Met.* 604).

III.º La Astronomía no nos ofrece tampoco monumento alguno que pueda servir de fundamento á la opinion que fecha la existencia de la Tierra en tiempos mas remotos que aquel en que fixan los Libros Sagrados su creacion.

Por

Porque en primer lugar *la Astronomía mitológica* no sube á mas que como á unos 2400 años antes de la Era vulgar, lo que no viene á ser mas que á unos 800 años despues del Diluvio segun la *Cronología* de los Setenta, que con la mayor parte de los Sabios preferimos á la de la Vulgata. (*Math.* pag. 16 y 18.)

En segundo *la Astronomía Caldea* no sube á mas que á 1903 años antes de la Expedicion de Alexandro segun las Observaciones recogidas por Calístenes al tiempo de esta Expedicion; y la *Cronología China* con que se ha metido tanto ruido en estos últimos tiempos, despojándola de lo que incluye evidentemente fabuloso, no ofrece monumento alguno apreciable que pase de 400 años antes de nuestra Era Cristiana; esto es de siete u ochocientos años despues del Diluvio. (L. Q. P. D.)

509. COROLARIO I. „ Es pues falso que el expectácullo de la Tierra, ó los Monumentos tanto históricos como astronómicos de los Caldeos, Egipcios, Chinos, é Indios suministren prueba alguna sólida contra la *Cronología* de Moyses, ó contra la poca antigüedad que este Historiador da á la Tierra y al Universo. „

EXPLICACION. I.º Los Monumentos astronómicos de los Caldeos que pueden merecer alguna fe y dar algunas luces útiles á la Astronomía, no suben mas arriba de la Era Cristiana sino como á unos 721 años segun Ptolomeo, que es el único autor que nos da noticia de ellos.

II.º Los Monumentos astronómicos de los mismos Caldeos de que no puede hacer uso la Astronomía á causa de su incertidumbre, inexactitud y poca utilidad, suben mas arriba del tiempo de Alexandro como á unos 700 años segun Plinio, y como á 1903 segun otros Historiadores, y así estos monumentos no llegan á lo mas, mas que hácia el tiempo de Nemrod.

III.º Los Monumentos históricos y astronómicos de los Egipcios, Fenicios y Griegos son todos posteriores á los monumentos históricos y astronómicos de los Caldeos, segun convienen todos los Historiadores y Críti-

cos ilustrados. Y aun los Monumentos históricos de la Nacion Egipcia perecieron todos, segun confiesan los Autores mismos de esta Nacion en el tiempo de la Guerra de los Persas, que fué anterior á Maneton.

IV.º La Historia misma de los *Tiempos fabulosos* no favorece en nada á la opinion, ó mas bien á la fabula que impugnamos.

Diódoro Sículo dice que á Urano se le tenia por el primero que habia reunido é instruido á los hombres que andaban antes dispersos por los bosques. De él refiere que observaba con cuidado los Astros, predecia á los hombres lo que debia acontecer en el Cielo, y distinguia los años por el movimiento del Sol, y los meses por el de la Luna.

Entre dos hijos de Urano segun el mismo Historiador, fueron los principales Atlas y Saturno, quienes dividiéron entre sí el Imperio. A Atlas le tocó la parte situada hácia el Oceano, y se dedicó enteramente á imitacion de su Padre á observar los Astros.

„ Parece, dice M. de Lalande en su sabia y pro-
 „ funda Astronomía, que se creia generalmente que el
 „ Atlas de los Griegos habia florecido 2400 años antes
 „ de Jesu-Christo. Este es tambien con corta diferencia
 „ el tiempo en que vivió Noe segun los Comentado-
 „ res de la Sagrada Escritura, y es igualmente la an-
 „ tigüedad mas remota que se puede conceder á los ele-
 „ mentos de la Astronomía mas sencilla, aun caso de
 „ que se adopte esta tradicion de los Griegos acerca de
 „ la antigüedad de Atlas. Ciceron nos dice expresamente
 „ en sus *Questiones Tusculanas*, que el conocimiento divi-
 „ no de los movimientos celestes que tuvieron Atlas y su
 „ hermano Prometeo habia dado motivo á decir que el
 „ primero sostenia el Cielo, y el segundo estaba atado al
 „ monte Caucazo. Hasta aqui no tenemos mas que una
 „ tradicion obscura y fabulosa; pero hácia el tiempo
 „ del Sitio de Troya y de la Expedicion de los Ar-
 „ gonautas 1300 años antes de Jesu-Christo hizo ya al-
 „ gunos progresos la Astronomía. El Centauro Chiron

„ natural de Thesalia é hijo de Saturno enseñó á los
 „ hombres á hacer *Asterismos* ó figuras del Cielo , y
 „ fué Maestro de Aquiles. Los nombres que tienen hoy
 „ las Constelaciones. dan indicios de haberlas sido pues-
 „ tos por los Griegos poco despues del Viage de los
 „ Argonautas ; y de este parecer era Séneca , pues dixo no
 „ hace aun 1500 años que la Grecia ha contado y pues-
 „ to nombre á las Estrellas. „

V.º Los Chinos no tienen ningun monumento astronómico anterior á Jesu-Christo , que merezca aprecio alguno. Esta Nacion estaba sumida en la mas profunda ignorancia por lo que toca á la Ciencia del Cielo en el tiempo en que la Astronomía habia ya hecho progresos considerables en la Caldea y el Egipto. No empezaron los Chinos á calcular los Eclipses con alguna exâctitud hasta como 500 años despues de Jesu-Christo , y quando llegaron á la China en estos últimos tiempos los Misioneros Europeos , hallaron todavia á las Ciencias y en especial la Astronomía en una especie de infancia.

Por lo que toca á los Anales de esta Nacion son como los de todas las antiguas Monarquías oscuros , confusos , inciertos y fabulosos en lo que refieren de sus principios ; y lo que ofrecen de seguro y cierto no prueba que el origen de esta Nacion sea anterior al año 150 despues del Diluvio con corta diferencia segun la Cronología de la Vulgata , y como al ocho ó nueve cientos igualmente despues del Diluvio segun la de los Setenta.

VI.º Segun el célebre Académico Ereret á quien no se tendrá por muy favorable á las ideas y principios del Cristianismo , los antiguos tiempos históricos de los Indios no merecen mas aprecio que sus tiempos fabulosos , y ninguna *Tradicion India* examinada de buena fe llega al año 360 de nuestra Era vulgar.

Segun las fabulas del *Shaslad* que es el Libro mas antiguo de los Indios , y el pretense Libro sagrado de los antiguos y modernos Brachmanes del Indostan , de los Talapones de Sian , y de parte de los Bonzos de la China y el Japon , lejos de subir á una infinidad de siglos.

de antigüedad el origen del mundo visible ó de este mundo material que habitamos, solo llega á 4876 años antes del presente 1780, como lo hemos explicado mas latamente en nuestro Curso completo de Metafisica al número 1056.

VII.º La *Historia de Moises* aun leida con ojos puramente profanos, se presenta segun ya lo hemos observado en otra parte como evidentemente sellada con el augusto Sello de la verdad, y tiene sin disputa toda la autoridad de que es susceptible la Historia por lo que toca al Origen de las Cosas, y á los primeros siglos del Mundo, que es de lo que tratamos al presente. Asi lo acredita independientemente de los caracteres divinos que la hacen auténtica é infalible, el mostrarse su Autor en toda ella como un hombre ilustrado, como un hombre íntegro y juicioso, como un hombre que tenia proporcion de estar instruido en todo quanto escribe, como un hombre abonado por el testimonio de otros así durante su vida como despues de su muerte en quanto á todos los hechos que refiere su Historia. Y así tambien lo acredita el punto mismo que se pretende hoy impugnar en su Historia, esto es el *Origen reciente de la Tierra y del Mundo*, pues solo con él se puede conciliar el origen reciente de las Naciones, de las Ciencias y de las Artes, que es un hecho cierto, notorio y acreditado por millares de pruebas sensibles, permanentes é irrefragables.

510. COROLARIO II. *Se ve ya por todo lo que acabamos de observar y probar, sobre quan vanos y frívolos fundamentos está apoyada la Cronología Egipcia, Caldea y China tan ponderada en nuestros dias por algunos Corifeos de la Irreligion.* Y se puede por esto conocer quan crédula es á veces la misma Incredulidad que la adopta y sostiene con tanta ansia y tanto énfasis.

¿Habrá quien visto lo dicho, se atreva todavia á oponer con seriedad algunas Fábulas mas que rancias, algunos Cuentos ineptos y pueriles, algunos Monumentos apócrifos y absurdos á las respetables autoridades de Hiparco, Ptolomeo, Plinio, Séneca y Josefo?

¿ Habrá todavía entendimientos tan poco perspicaces ó sinceros , que los vanos Sueños de un Telliamed , las apócrifas Rapfodias de un Verofo , de un Maneton , de un Sanchoniaton pesen en ellos tanto como las sabias y profundas Investigaciones de los Ptolomeos, Riciolis, Wolfios, Newtones , Leibnitzes y Lalandes cuyos resultados concuerdan todos con la antigüedad que da á la Tierra y al Género humano la Sagrada Escritura ? ¡ O Razon humana , quan digna eres de lástima en algunos Cerebros en que para darte gusto es necesario presentarte siempre el absurdo Delirio en vez de la Verdad augusta ! (*Met.* 588 y 624.)

SECCION TERCERA.

LOS TRES REYNOS DE LA TIERRA.

Habiendo ya examinado la Constitucion y Antigüedad de la Tierra, vamos á recorrer y examinar aora el interesante espectáculo de sus tres Reynos.

Se entienden por *Reyno animal* todas las sustancias organizadas que tienen un principio de vida y sentimiento; por *Reyno vegetal* todas las sustancias que tienen una organizacion, un crecimiento, una pérdida, y una especie de vida, pero sin principio alguno de sentimiento; y en fin por *Reyno Mineral* todas las sustancias que se forman en lo interior de la Tierra y no tienen organizacion alguna; como son los metales, las piedras, y ciertas sales.

ARTICULO PRIMERO.

IDEA GENERAL DEL REYNO ANIMAL.

511. DESCRIPCION. *El Animal* es una sustancia organizada que tiene un principio intrínseco de vida, de sentimiento y de movimiento; y que por el atractivo del placer, y el sentimiento de la necesidad es sollicitado á procurarse lo que conviene á su conservacion y propagacion.

I.º El Animal se parece al Vegetal por la organizacion, el crecimiento y la pérdida. Un artificio admirable de fibras mas ó menos sólidas, mas ó menos elásticas, mas ó menos durables, mas ó menos compuestas, suministra y prepara á uno y á otro por medio de infinitos canales y moldes interiores las sustancias nutritivas que deben causar su desembolvimiento y conservacion por todo el discurso mas ó menos largo de su duracion.

II.º El Animal se distingue esencialmente del Vegetal por el *Sentimiento* que se halla siempre en el primero, y jamas en el segundo. Este Sentimiento mas ó menos vivo, mas ó menos perfecto en las varias especies é individuos se manifiesta en el Animal por movimientos espontaneos no sujetos á las leyes de la Mecánica, que dan á conocer en la Sustancia viviente y animada que los executa, un Principio esencialmente distinto de la materia y de sus modificaciones, un Principio capaz de dolor y de placer, el qual jamas se descubre en el Vegetal. (*Met.* 804, 807, y 809.)

III.º El Animal y el Vegetal se distinguen del Mineral por su organizacion y formacion.

Así el Animal como el Vegetal crecen por *Intus-suncion*: es decir por medio de ciertas sustancias que filtrándose y modificándose en lo interior de sus moldes y órganos conservan, estíenden, desenvuelven y perfeccionan las partes interiores del todo, y se transforman en sustancias análogas á las que le componen.

El Mineral por el contrario, crece por *Juxta-posición*: es decir porque se le pegan ciertas sustancias que llevadas por los flúidos, y solicitadas por su afinidad se disponen y colocan por capas unas sobre otras sin introducirse ni transformarse en lo interior del todo que forman.

Por ejemplo, plantando una *Rama de Sauce* se hace un árbol que chupa por medio de infinitos canales los jugos de la Tierra que elaborados en lo interior de su sustancia, de sus tipos y de sus moldes se transforman unas en su corteza, otras en su tronco, éstas en sus raíces, y aquellas en sus ojas.

Pero una *Mina de hierro ó de plata* no se forma por medio del mismo mecanismo. Las sustancias que sirven para formarla ó aumentarla se unen, aplican y adhieren á las capas preexistentes del Mineral, sin filtrarse ni desnaturalizarse en lo interior del todo que forman ó que aumentan.

512. NOTA. El Animal es un género que se divide en muchas especies diferentes. (Met. 108 y 121.)

I.º Llámanse *Animales de la misma especie* aquellos en quienes la unión del macho y la hembra produce un animal semejante, capaz de reproducirse del mismo modo.

II.º Llámanse *Animales de distinta especie*, aquellos en quienes la unión del macho y de la hembra ó es imposible, ó no produce nada, ó produce un animal mixto que se llama *Mestizo*, que se parece en parte al padre, y en parte á la madre, y que unidos á su semejante no se reproduce jamas.

Esta es la idea que nos dan de la identidad y diversidad de las Especies los mas Sabios Naturalistas; tales entre otros el célebre Buffon. Todos los perros son de una misma especie, aunque divididos en diferentes castas. El Burro y el Cavallo son dos especies diferentes. (Met. 122.)

513. DIVISION. La principal division del Reyno animal, la division autorizada por todos los Pueblos y todos los Siglos es en dos *Especies esencialmente diferentes*: la una racional, y la otra irracional.

La primera tiene por dotes el *Sentimiento que la afecta*, y la *Razon que la ilumina*: la segunda solo tiene por dote un *ciego Sentimiento* del placer, ó de la necesidad del bien ó del mal físico. Aquella es perfectible en sus sentimientos, en sus pensamientos y en todos sus conocimientos especulativos y prácticos: esta solo es perfectible en sus movimientos á quienes preside un ciego instinto, y jamas chispa alguna de razon. (*Met.* 714 y 808.)

En los tres párrafos siguientes trataremos de la Especie racional, de la Especie irracional, y de la Reproduccion de una y otra.

PARRAFO PRIMERO.

LA ESPECIE RACIONAL.

514. ASERCION. *La Especie racional no es susceptible de subdivision alguna fundamental, pues no hay sobre la Tierra mas que una misma y única Especie de hombres.*

EXPLICACION. Todos los Habitantes del Globo terrestre de Mediodia á Norte, y de Occidente á Oriente tienen los mismos constitutivos esenciales, y los mismos caracteres distintivos, á saber la misma armazon de huesos, fibras, nervios y carnes; el mismo orden, la misma colocacion, y el mismo destino de todas las partes fundamentales de este admirable edificio: las mismas funciones, la misma construccion y conformacion en los órganos destinados á hacer percibir los objetos sensibles; el mismo modo y progresion en la formacion, nutricion, crecimiento y pérdida del Individuo; los mismos medios de conservar, reproducir y multiplicar su especie, y en fin el mismo número de facultades intelectuales destinadas á ilustrarle acerca de lo presente, lo pasado y lo futuro, acerca de los objetos sensibles é insensibles, y acerca del bien así físico como moral.

La *Organizacion animal* de la que depende en gran par-

parte la accion y exercicio de las facultades intelectuales y sensibles del hombre es á la verdad mas perfecta en unos que en otros, por exemplo en general en los Europeos que en los Africanos, en ciertos Individuos que en ciertos otros, segun la diversidad de los climas que habitan, del aire que respiran, de los alimentos de que se nutren, del género de vida que tienen, y de la educacion que reciben. Pero el fondo de la Organización es siempre el mismo, y solo se distingue en unos individuos respecto de otros en un poco mas ó menos delicadeza ó fuerza, flexibilidad ó rigidez, movilidad ó torpeza en los varios órganos que la forman y constituyen.

Todos los Hombres, así Negros como Blancos, así Cultos como Salvages, son perfectibles no solamente en quanto al exercicio físico y mecánico de sus órganos, sino tambien en quanto á sus ideas, pensamientos, sentimientos y costumbres; y esto es lo que constituye en ellos la *Perfectibilidad intelectual* que es la propiedad que les distingue esencialmente de todas las especies vivientes. Es cierto que esta Perfectibilidad no es igual en todas las Naciones, ni en todos los Individuos, pero en todos la hay, en todos se muestra y da á conocer hasta un cierto punto, así en materia de conocimiento como de sentimientos; lo que no sucede en ninguna otra Especie viviente y animal. (*Met.* 713. y 814.)

Aora bien, una misma Constitución, una misma Organización, una misma Intelectividad, un mismo Destino del Todo y de todas sus partes en todas las *Razas humanas* demuestran evidentemente que todas ellas son de una misma naturaleza, de una misma especie. Luego no hay mas que una misma y única especie de hombres. Luego la especie humana no es susceptible de subdivision alguna fundamental en quanto á la naturaleza. (*L. Q. P. D.*)

515. NOTA. Aunque la Especie humana sea única en quanto á sus Constitutivos esenciales, está dividida en muchas *Razas accidentalmente diferentes*, de las que las principales son la Raza Blanca, y la Raza Negra.

¿Pero qual puede ser la *Causa primitiva* de esta diversidad de Razas en la Especie humana? Se puede asegurar con toda la certidumbre de que esta materia es susceptible, que las *diferencias de los Pueblos*, á saber la diferencia de complexión general y dominante, la diferencia del color, de la talla y de los rasgos, la diferencia de prococidad en el crecimiento y la pérdida, la diferencia de humores, inclinaciones, gustos, sentimientos y juicios dependen únicamente del clima, del alimento, de la educacion, y de las enfermedades propias de cada pais ó nacion.

I.º Los mayores Físicos, los mas célebres Médicos, y mas hábiles Naturalistas así antiguos como modernos han observado siempre y reconocido que la *influencia del Clima* sobre los hombres hace su Constitucion mas ó ménos robusta y vigorosa y su Organizacion mas ó ménos grosera ó delicada, y lo Físico de sus pasiones y costumbres casi siempre análogo á la naturaleza del aire y del suelo en que nacen.

II.º ¿Pues si á la diversidad del Clima se junta la diversidad de alimentos, de género de vida, de enfermedades desacomunbradas y violentas, que de siglo en siglo parece que se dexan ver sobre la Tierra para destruir Naciones enteras, y que no desaparecen hasta despues de haber desnaturalizado las infelices víctimas que escápan de sus estragos, y de haberlas impreso indeblemente vicios transmisibles de Padres á hijos, á quien sorprehenderán las diferencias que se ven entre dos pueblos que descienden de una misma raza, y han tenido un padre comun?

¿No vemos todos los dias entre nosotros Razas de gotos, de cojos, tísicos, epilépticos y escrofulosos? Y por desgracia no ha sido necesaria una larga serie de generaciones para formar semejantes razas. ¿Si estas Razas así caracterizadas estuvieran separadas de las demas, y habitasen cada una en una Isla separada, no se les figuraria á algunos Viageros por lo comun poco filósofos, mas amantes de lo maravilloso que de lo verdadero, y mas deseosos de sorprender que de ilustrar, que eran otras tan-

tas especies ó razas diferentes desde su mismo origen?

III.º La mas patente diferenciencia que se observa en la Especie humana es la del color negro y blanco, y ya hemos hecho ver en otra parte que esta diferenciencia no indica que los Negros y Blancos tengan un origen primitivamente diferente; sino que unos y otros pueden provenir de un mismo padre y una misma madre comunes á entrambas razas, como nos lo enseña la Historia Sagrada (Met. 848.).

EL CUERPO HUMANO.

516. OBSERVACION. El Hombre es el Rey de la Naturaleza, y la Obra maestra del Criador. En el quinto Tratado de nuestra Metafísica observamos y analizamos *el Principio espiritual* que le anima y le dirige, las Facultades intelectuales que le caracterizan y las Funciones de conocimiento, sentimiento y movimiento que dependen de él.

Nos ceñiremos pues aquí á echar una ojeada rápida pero atenta sobre el *mecanismo del Cuerpo humano* (*); mecanismo á la verdad inefable, pues en él se halla la delicadeza unida á la fuerza, la ligereza á la solidez, y la multitud de partes á la sencillez del Todo: y en él cada parte hace el oficio de motor y de móvil, y cada reforte comunicando su accion al reforte que le mueve conspira con él á mover otros refortes, que vienen á ser por su parte refortes motores relativamente á él. (Met. 668.)

I.º Los *Huesos*, estos pilares sólidos de toda la armazon del Cuerpo humano son como otras tantas palancas ó ruedas enaxadas, que sosteniendo todo el peso de la máquina animal se mueven con la mayor facilidad en todas las direcciones que exigen sus necesidades.

5*

(*) Lo mas de lo que vamos á decir del Cuerpo humano se puede aplicar á los Cuerpos de los Brutos, en especial á los de los Quadrúpedos.

II.º Los *Músculos* distribuidos en las varias partes del cuerpo humano, y pegados á los huesos son como las cuerdas que deben poner en movimiento estas palancas y ruedas: son fibras distribuidas en haces ó mazos capaces de extenderse y encogerse, de acercar las partes distantes encogiéndose, y alejar las cercanas extendiéndose.

Tienen los *Músculos* una fuerza increíble. Segun el cálculo del famoso Borelly en su Obra sobre los movimientos de los animales, quando un hombre que pese 150 libras salta dos pies en alto, sus *Músculos* obran con una fuerza que equivale á un peso de 300,000 libras, y el Corazon que todo es músculo arroja la sangre á cada latido con una fuerza igual á la presion de un peso de 100,000 libras. No pretendemos nosotros que sean enteramente ciertos y justos estos cálculos, pero siempre queda sin disputa, que la fuerza de los *Músculos* es como inmensa respecto de su masa.

III.º Los *Nervios* son cordones blanquescinos y cilíndricos, que tienen en el medio un conducto destinado á recibir los *Espíritus vitales*. (*Met.* 793.)

Se cuentan hasta *quarenta pares* de *Nervios*, de los quales diez nacen de la medula oblongada del cerebro; y treinta de la medula espinal. De los *Nervios* unos estan sujetos al imperio de la voluntad, y son los que executan nuestros movimientos libres: otros no dependen de la voluntad, y son los que producen nuestros movimientos necesarios, como son el movimiento del corazon, del pulmon y del estómago.

IV.º El *Cerebro* que está situado en la cabeza, es una masa glandulosa desigualmente redondeada, de una consistencia bastante blanda, dividida como en dos quartos de esfera puestos sobre un mismo plano, y que tiene un número prodigioso de ramificaciones arteriales y venosas que se distribuyen hácia todos lados haciendo varios giros ó circunvoluciones admirables.

El *Cerebro* es la Sede y trono del alma, y el gran Laboratorio de los *espíritus vitales*, los quales se forman ó perfeccionan en él, y mediante una infinidad de ca-

nales imprimen el movimiento al cuerpo, y comunican el sentimiento al alma. (*Met.* 793 y 794.)

V.º El *Pecho* es esta porcion del cuerpo humano que se extiende desde la parte inferior del cuello hasta el diafragma colocado mas abaxo del estómago. Contiene el corazon, los pulmones, el origen de las arterias, el término de las venas, el esófago, y la traquea-arteria. Por la parte exterior está defendido por las costillas y vértebras de la espalda, y por la interior está cubierto de una membrana que se llama la *Pleura*, la qual le divide en dos cavidades de las que cada una contiene un pulmon.

VI.º El Corazon que es la Entraña mas noble y mas preciosa, por la que empieza y en la que acaba la accion y movimiento de todas las partes del cuerpo es un doble músculo hueco, construido en figura de un cono inverso y un poco aplanado, capaz de dilatarse y encojarse, situado en la cavidad del pecho debaxo con corta diferenciencia de la tetilla izquierda, dividido por el medio de alto abaxo en *dos Ventrículos*, de los que el uno cae á la derecha, y el otro á la izquierda suspendido y sostenido por quatro gruesos vasos que reciben y reparten la sangre. (*Fig.* 91.)

Los vasos por medio de los que el corazon arroja y distribuye la sangre á las varias partes del cuerpo se llaman *Arterias*, y aquellos por los que recibe la sangre que vuelve á él de las partes se llaman *Venas*. Cada Ventrículo del corazon tiene dos vasos, el uno arterial, y el otro venoso.

El Ventrículo derecho tiene por vaso venoso la *Vena cava* E F, por medio de la qual recibe la sangre que vuelve á él de todas las partes del cuerpo, y por vaso arterial la *Arteria pulmonar* G, por la que lleva la sangre de las venas á la region del pulmon.

El Ventrículo izquierdo tiene por vaso venoso la *Vena pulmonar* H que trae la sangre desde los pulmones á este ventrículo, y por vaso arterial la *Arteria aorta* I, que dividida en *Aorta* ascendente y descendente lleva y dis-

tribuye la sangre desde este ventrículo á todas las partes del cuerpo.

El Corazon tiene dos movimientos principales, el uno de *Diástole* ó de dilatacion, y el otro de *Sístole* ó de contraccion, de cuya causa prescindimos por aora.

Mediante la *Contraccion* arroja el Corazon la sangre desde el ventrículo derecho á los pulmones, y desde el ventrículo izquierdo á todo el cuerpo. Mediante la *Dilatacion* recibe el corazon la sangre de las venas en su ventrículo derecho, y la de los pulmones en su ventrículo izquierdo.

Por medio de este admirable mecanismo se executa la *Circulacion de la sangre*, ó su tránsito sucesivo y continuo del corazon á todas las partes del cuerpo, y de estas al corazon; este movimiento circular apenas se habia sospechado que le tuviese la sangre antes del Siglo pasado, ni era bien conocido hasta que á mediados de él le expuso y demostró en fin el célebre Harvéo en Inglaterra.

Las venas y arterias del Corazon tienen ciertas *Películas flotantes á modo de compuertecillas*, destinadas á facilitar esta circulacion. Quando el Corazon se contrae ó encoge, las Compuertecillas ó Válbulas *m m* colocadas á la parte superior de las dos arterias se abren, dexan salir la sangre, y se vuelven á cerrar en el instante en que empieza la dilatacion para impedir á la sangre que vuelva por el mismo camino á los dos ventrículos. Quando se dilata el Corazon las Válbulas *n n* puestas á la extremidad interior de las dos venas se abren, dexan entrar la sangre en los dos ventrículos, y se vuelven á cerrar en el momento en que empieza la contraccion para impedir á la sangre que salga de los dos ventrículos por el mismo camino por donde ha venido.

Este *doble Movimiento del Corazon* es mas freqüente en la infancia que en las demas edades. En el hombre que está sano se contrae y dilata el corazon como unas setenta veces por minuto. Estas pulsaciones del corazon que se denotan por los latidos del pulso que provienen de la contraccion, se hacen mas á menudo en la infan-

cia, y un poco ménos en la vejez, y varian ademas segun el estado de sanidad ó enfermedad que tiene el fúeto.

VII.º El *Pulmon* es una doble víscera de un volúmen bastante considerable, y muy liviana, capaz de contraerse y enfancharse segun fuere necesario, situada en las dos cavidades del pecho, y destinada á renovar continuamente la masa de ayre que por medio de su resorte debe poner en movimiento la sangre y los humores. El ayre entra y sale en los pulmones por medio de la Traquea-arteria.

Al nacimiento de la Lengua empiezan dos canales situados uno sobre otro. El canal superior es el *Esófago* que recibe los alimentos sólidos y líquidos, y los conduce al estómago; el inferior es la *Traquea-arteria*, conducto cartilaginoso que tiene su origen en la cámara posterior de la boca, y que recibe el ayre exterior sea por la boca, sea por las narices.

La entrada ó abertura de este canal se llama *Glottis*; á esta la sirve de cubierta una lengüeta cartilaginosa que se llama *Epiglottis*, la qual hace el oficio de puente levadizo; alzandose para dexar pasar el ayre, y baxándose para impedir el paso á los alimentos sólidos ó líquidos. (Fig. 106.)

La Traquea desde la Glottis á hasta el Pulmon está cubierta de muchísimas películas colocadas casi paralelamente unas sobre otras, y sostenidas por otros tantos ligamentitos circulares que hay en el intervalo que media entre sus varios segmentos. La mas pequeña porción de comida, la menor gota de agua que se llegue á introducir en este canal puramente aereo basta para causar en nosotros una tos convulsiva.

Divídese la Traquea desde que entra en el pecho en dos troncos principales G g, H h, de los que el uno tira á la izquierda, y otro á la derecha, y que dividiéndose y subdividiéndose despues cada uno en infinitas ramificaciones forman la mayor parte de la masa pulmonar.

El ayre que respiramos, y que la *Inspiracion* y *Expiracion* alternativas renuevan continuamente en estos canales aereos, imprime sucesivamente su resorte y acción

á la masa de la sangre, la qual pasa continuamente desde el Ventrículo derecho del corazon á los pulmones; vuelve de estos al ventrículo izquierdo, y de él vá á las arterias y á todo el cuerpo. (684.)

VIII.º El *Estómago* es una víscera cóncava destinada á recibir los alimentos, situada en la parte superior del vientre inferior entre el hígado y el bazo. Está separado del pecho por el *Diafragma* que es un músculo muy largo y de la figura de una bóveda irregular.

El Estómago bastante semejante en su figura al fole de una gayta Gallega tiene dos orificios, el uno superior adonde llega la extremidad del Esófago ó del canal de los alimentos, y el otro inferior que se llama *Píloro* el qual junta el estómago con el canal intestinal.

Esta víscera está compuesta de quatro túnicas, que son la externa, la vasculosa, la musculosa, y la interna. Solo hablaremos aqui de las dos últimas que merecen alguna particular atención. La *Musculosa* se forma de dos planos de fibras carnosas que tienen un reforte muy grande. La interna es una especie de felpa bañada siempre de un mucilago espeso que se llama *Suco gástrico*.

Esta tiene bastante sensibilidad, y es la Sede del *Hambre* y de la *Sed* que parece que se excitan por la secura y fricion de su parte interior.

IX.º Los *Intestinos* ó *Tripas* en número de seis forman un canal que hace en el vientre inferior una multitud de giros y circunvoluciones en que los alimentos suben y baxan alternativamente, y cuya longitud total desde la abertura interior del Píloro en donde empieza hasta la abertura exterior en que termina, es igual al séxtuplo ó séptuplo de la altura del fúeto.

Los Intestinos estan rodeados de una membrana grisienta llamada *Mesenterio* ó Entresijo que sirve de atadura á sus giros y revueltas, y que les detiene y fixa en su lugar y situacion conveniente.

X.º Los *Vasos* son canales ó conductos que contienen algun líquido ó fluido.

Los principales son los *Vasos sanguíneos* en los que cir-

circula la sangre; los *linfáticos* que llevan la linfa y serosidad al receptáculo del chilo; los *lácteos* que chupan el chilo y le llevan á la vena yugular ó subclavea; los *aéreos* que conservan la comunicacion con el ayre exterior y los vasos del fuco nerveo, ó los conductos cilíndricos de los nervios, por donde circulan los espíritus animales.

Todos ó casi todos estos vasos tienen sus *Anastomosis particulares* ó sus Válbulas que abriéndose y cerrándose á tiempo hacen en estos vasos lo que las Compuertas ó Sopapos en las máquinas hidráulicas. Estas válvulas son unas membranas destinadas á proporcionar ó impedir la comunicacion entre dos vasos.

LA DIGESTION Y NUTRICION.

517. OBSERVACION. Las pérdidas considerables de substancia que padece continuamente el Cuerpo humano por las varias secreciones, y particularmente por la insensible transpiracion, le agotarían y destruirían infaliblemente sino las reparase por medio de la nutricion, reemplazando sin cesar las partes que se disipan. ¡Que fenómeno mas digno de nuestra atencion que el que transforma continuamente nuestros alimentos en nuestra propia substancia!

I.º Los *Alimentos* masticados y humedecidos en la boca baxan por el Esófago al estómago, en donde la accion de este ventrículo aplicada continuamente á apretarlos, á agitarlos y á atenuarlos los convierte sucesivamente y poco á poco en una especie de puches que no son todavía chilo.

Los antiguos Filósofos atribuían al Estómago una *Facultad concoctriz* que como qualidad oculta han despreciado y desterrado sabiamente los Modernos. Estos no ven en el Estómago é Intestinos mas que una Causa mecánica propia para executar la digestion, ó por fermentacion, ó por putrefaccion, ó por trituracion, ó por disolucion. Es verosímil que todos estos quatro medios

concurran mas ó menos á la *Digestion* que no es otra cosa que la mutacion de los alimentos en chilo y excrementos.

Aunque no se hayan descubierto en el Estómago ningunos fucos propios para causar en los alimentos una efervescencia semejante á la que se percibe en la mezcla de un ácido, y un alkali, es verosímil que la maceracion y el calor de los alimentos en el estómago causan en ellos un pequeño movimiento tumultuoso hacia todas partes, que se asemeje bastante á la *Fermentacion*. La putrefaccion total lexos de facilitar la digestion, la perjudica: Pero una putrefaccion solo empezada puede serla favorable y acelerarla.

Aunque no se percibe en el Estómago ningun mecanismo propio para majar y triturar los alimentos, no obstante el movimiento continuo de esta víscera puede y debe contribuir á dividir y atenuar los alimentos sólidos mediante la presion y frotacion de unas partes contra otras. No se puede dudar que los líquidos continuamente filtrados en el estómago é intestinos, como lo son la saliva, los fucos gástricos y la bilis tengan una *accion disolvente* sobre los alimentos. La disolucion sola no seria bastante para executar la digestion, pero contribuye á ella ayudándola y facilitándola.

II.º Los *Alimentos* son llevados sucesivamente mediante la presion del Estómago desde esta víscera á los intestinos baxo de la forma de puches, y el canal intestinal por medio del mismo mecanismo que hemos observado en el estómago acaba de dividirlos, atenuarlos, y de separar los fucos nutricios de las sustancias inútiles á la nutricion.

Al paso que los fucos nutricios separándose de las partes mas groseras de los alimentos toman la forma de licor lácteo, muchísimas *Venas lácteas* se aplican á varias embocaduras de los intestinos para chupar este suco lácteo que se llama *Chilo*.

Al mismo paso las *Glándulas de los Intestinos* humedecen continuamente los restos groseros de los alimen-

tos, poniéndolos así en estado de poder continuar siempre su curso, hasta que chupado ya todo el chilo son conducidos á la extremidad de los Intestinos para ser depuestos.

III.º En fuerza de la contraccion de los Intestinos es conducido el chilo á los vasos lácteos que tienen hácia su embocadura intestinal ciertas válvulas ó sopapos que sirven de impedir que el chilo que ha entrado en ellos, se vuelva á salir, y que llevan este chilo á tres cavidades llamadas *Receptáculo del chilo* ó Reservatorio de Pequet.

En este receptáculo terminan los *Vasos linfáticos* que deponen tambien en él una Linfa que se mezcla con el Chilo y le sirve de vehículo. La linfa y el chilo así unidos, y convertidos en un mismo todo suben por el Canal torácico á lo largo de la espina de la espalda, y van á entrar en la Vena subclavea que provista de un sopapo recibe el chilo, y no dexa salir la sangre.

El Chilo introducido en la Vena subclavea se mezcla sucesiva y continuamente con la sangre, corre por la misma vena, va á la vena cava, pasa al ventrículo derecho del corazon, vuelve á salir por el ventrículo izquierdo, y se distribuye por todo el cuerpo para servirle de nutrimento.

IV.º El *Residuo de los alimentos* compuesto de partes groseras y pegajosas, de una porcion de bilis degenerada y hecha fétida por la putrefaccion, y de una porcion de mucílago ó humor glutinoso, es impelido despues que se la ha extraido el chilo hácia los intestinos mas anchos para ser despues expelido, ya sea en fuerza de su propio peso, ya sea en fuerza de la accion del ayre dilatado; ó ya en fin mediante otra qualquiera causa.

V.º Por lo dicho hasta aqui se comprehende de que modo se hace la *Nutricion*, que consiste en la reparacion de los Líquidos y Sólidos. Las partes duras y sólidas del Cuerpo humano son como un sexto de las partes líquidas. Y así debe ser incomparablemente me-

nor la pérdida de los sólidos que la de los líquidos, tanto á causa de la mayor adherencia, como del menor número de las partes sólidas.

El Chilo mezclado con la sangre repara la *pérdida de los Líquidos* causada por la transpiracion y filtracion, volviendo á la sangre otra tanta cantidad del líquido como ha perdido. Repara tambien la *pérdida de los Sólidos*, llevando entre sus partes líquidas muchísimas partículas capaces de endurecerse y adquirir consistencia en los huesos, ternillas, y demas partes sólidas que las enganchan y detienen al tiempo de pasar por entre sus sustancias análogas. De aqui la nutricion y crecimiento de estas partes sólidas del Cuerpo humano.

PARRAFO SEGUNDO.

LA ESPECIE IRRACIONAL.

518. OBSERVACION. Toda la Naturaleza está poblada de seres vivos y animados. ¡Que innumerable conjunto de especies, que pasmosa multitud de individuos no nos presentan los ayres, los llanos, los bosques, los rios, los mares, y hasta las mismas entrañas de la Tierra! Acafo comprende ménos individuos la especie racional, que especies subalternas la irracional; y aun hay especie subalterna irracional que comprende tantas especies inferiores, que parece que no tienen fin. Por inmensa que sea la variedad de especies de Plantas que se han observado sobre toda la superficie del Globo terrestre, es de parecer un Naturalista moderno que no iguala á la multitud de especies que comprende la sola clase de los Insectos.

Desde la invencion de los microscopios se ha presentado á los ojos de los Filósofos un nuevo mundo de seres vivos y animados. Una sola gota de agua casi imperceptible á la vista, les presenta hoy mas especies

diferentes de animales que les podian presentar en otro tiempo los Vivares y Parques de los mayores Potentados. (36)

¿ Como se podrán reducir á una division exácta y fiel tantas clases tan diferentes, tantas especies tan multiplicadas de animales? Las divisiones que se pueden hacer del Reyno animal solo pueden ser divisiones genéricas, cada una de las cuales comprehenda necesariamente un gran número de géneros y especies subalternos que admitirán todavia otras divisiones y subdivisiones. Propondrémos algunas de estas *Divisiones genéricas*, y serán aquellas que nos parezcan mas propias para dar alguna claridad á esta inconceivable multitud de objetos tan variados, tan inconnexos, y tan difíciles de presentar baxo de aspectos distintivos y característicos.

VARIAS DIVISIONES DEL REYNO ANIMAL.

519. DIVISION I. La Division mas genérica del Reyno animal es en Animales Vivíparos, y Animales Ovíparos.

Llámanse *Vivíparos* aquellos animales cuyos hijos nacen ya enteramente formados del vientre de la madre. Llámanse *Ovíparos* aquellos cuyos hijos provienen de un huevo á quien el calor de la incubacion, el del Sol, ó qualquiera otro sea natural, sea artificial hace empollar.

Todos los Animales sin excepcion alguna deben su ser á una Madre que se le ha dado de uno de estos dos modos. Los Gusanos é Insectos no nacen de la putrefaccion de ciertas sustancias, sino á causa de que en estas sustancias han sido depuestos algunos *Huevos de su especie* á quienes hace empollar el calor de la fermentacion.

520. DIVISION II. Conforme á otra Division un poco ménos genérica y ménos confusa, pero también ménos exácta y ménos conforme á las reglas de la Dialéctica (*)

(*) Nota. El principal vicio de esta Division del Reyno animal es que algunos de sus miembros se comprehenden en parte en los otros, lo que

se dividen los Animales en quadrúpedos, aves, peces, anfibios, reptiles, insectos, animales microscópicos, y aun acaso en Zoófitos.

I.° Los *Quadrúpedos* habitantes de la Tierra andan sobre quatro pies, tienen circulacion de la sangre, respiran por los pulmones, y dan de mamar á sus hijos.

Este género ó clase de animales es el que en su organizacion se parece mas al hombre; y en los grados de semejanza ocupa entre ellos el primer lugar el Mono, á lo ménos en quanto á su figura exterior.

II.° Las *Aves* habitantes alternativamente de la Tierra y del Aire son animales de dos pies, ovíparos, sanguíneos, y cubiertos de plumas; sus pies les sirven para andar sobre la Tierra como el hombre, y sus alas para elevarse y sostenerse en el Aire, ó como baxeles de remos y velas, ó como peces de este elemento.

La mayor parte de las Aves muda de Clima segun la diversidad de las Estaciones. Pasando sucesivamente del Mediodia al Norte, y del Norte al Mediodia se procuran una especie de Primavera perpetua. Las Aves son ó *Frugívoras*, ó *Carnívoras*: y quando les falta el alimento en un Clima le van á buscar á otro; y de este modo las especies carnívoras purgan sucesivamente la superficie de la Tierra, asi de los insectos que la desolarian á causa de su prodigiosa multiplicacion, como de los cadáveres de toda especie esparcidos en ella, que la inficionarian por su putrefaccion.

III.° Los *Peces* habitantes del agua son Animales cuya constitucion y organizacion les obliga á vivir continuamente en este líquido sin poderle abandonar, pues de lo contrario mueren.

es contra las reglas ó leyes de la Division que nos da la Dialéctica. (Met. 422.)

Por exemplo: el Castor pertenece á un mismo tiempo á la clase de los quadrúpedos y á la de los anfibios: y así estos dos miembros de la division se comprehenden en parte el uno en el otro; igualmente la clase de los reptiles se incluye en parte en la de los insectos; y esta en aquella; lo que sucede tambien con algunas otras.

Los Peces así como los Quadrúpedos y Aves tienen sangre que circula desde el corazón por todo el cuerpo, una piel escamosa ó unida que les sirve de cubierta, y estómago é intestinos para la digestión y nutrición. No tienen pies pero tienen aletas que les sirven de lo que las alas á las aves: tienen tambien una *ancha Vegiga* mas ó menos llena de aire, que dilatada ó comprimida segun les conviene por la acción de sus músculos aumenta y disminuye alternativamente su volumen, haciéndoles de este modo ya mas leves, ya mas pesados que el volumen de agua á que corresponden segun que necesitan subir ó baxar en su elemento. Suervén casi continuamente el agua por la boca, y esto les sirve de *Inspiracion*, y la arrojan por los oídos, lo que les sirve de *Expiracion*, pues mediante este tránsito del agua recibe su sangre el aire que necesita. Todos los Peces conocidos son ovíparos, á excepcion de la Anguila y algunas especies de Ballenas que son vivíparas.

La *Division* mas general de los Peces es en Peces de mar, y Peces de agua dulce, aunque hay algunos como el Salmon que viven indiferentemente en agua salada ó en agua dulce. En general los peces viven mas que los quadrúpedos y aves.

Los Peces ovíparos son prodigiosamente fecundos. Se han hallado en una Merluza de mediano grandor mas de nueve millones de huevos.

IV.º Los *Anfibios* habitantes alternativamente de la tierra y del agua forman como una especie media entre los peces y los animales terrestres quadrúpedos y volátiles. De esta especie son sin contar otros muchos el Castor, el Hipopótamo, el Cocodrilo, el Becerro marino, la Tortuga acuática, la Rana y la Culebra de agua, á quienes se ve pasar alternativamente del agua á la tierra, y de la tierra al agua. De los Anfibios unos son vivíparos, y otros son ovíparos.

V.º Los *Reptiles* son ó animales que carecen de pies y de aletas, y así ni pueden caminar sobre la tierra, ni nadar en el agua sino mediante los giros tortuosos de

que es susceptible su cuerpo, como son las lombrices, las serpientes, las víboras y las anguilas: ó animales que teniendo los pies muy cortos se mueven arrastrándose como las Orugas, los Lagartos, los Topos, los Topo-grillos, las Ranas, los Sapos, las Tortugas, y otros varios. Esta clase se comprehende en parte en la de los Insectos y Anfibios.

VI.º Los *Insectos* son animalejos rastreros ó volantes, compuestos por lo común de anillos ó segmentos que parece que los dividen en muchos trozos y que están unidos unos á otros por medio de filamentos mas ó menos elásticos.

Los Insectos no tienen, á lo ménos los mas de ellos ni huesos como los quadrúpedos, ni espinas como los peces. Algunos anillos ó ternillas forman la armazon de su cuerpo, en el que se percibe facilmente una cabeza, un pecho, un vientre y quanto es necesario para el mecanismo animal. Los delgados filamentos que forman sus intersecciones imprimen al Insecto estendiéndose y encogiéndose alternativamente, ó un movimiento vermicular como á la lombriz, ó un movimiento á saltos y bríncos como á la langosta, ó algun otro movimiento mas análogo al de los quadrúpedos y aves como á la hormiga y á la mariposa.

De los Insectos unos no tienen pies, otros tienen un número de ellos mas ó ménos considerable: algunos no tienen alas, y otros tienen dos y aun quatro; unos tienen estuches, y otros no los tienen. Todas las especies de moscas, gusanos, orugas, pulgones, piojos, chinches, grillos, cigarras y mariposas deben ser comprehendidas en la clase de los *Insectos*, y todos ellos son ovíparos á excepcion de algunas especies de moscas y gusanos que son vivíparos. Los Insectos son sumamente fecundos. Hay ciertas moscas vivíparas que paren segun dicen, de cada vez cerca de dos mil mosquitas. Hay tambien moscas ovíparas como la abeja, que ponen segun se pretende, hasta quarenta mil huevos fecundados.

La vida de los *Insectos* no es muy larga. La Ef-

me-

mera, mosca que revoletea ó salta sobre el agua apenas vive mas de uno ó dos dias. Los mas de los insectos nacen en la Primavera ó en el Estío, y mueren al entrar en el Invierno; muchos pasan esta Estacion en un estado mayor ó menor de entorpecimiento, metidos en las rendijas ó agujeros de las paredes. En el discurso de la corta duracion de su existencia unos viven juntos debaxo de la tierra, y roen la hierba; otros viven en los campos, en los prados, en los montes, y se mantienen de las ojas de las plantas; y otros se pegan á los quadrúpedos, á las aves, y á los hombres, y se nutren de la fangre y sustancia del animal en que habitan.

Aunque á esta especie de animales se la tenga comunmente por dañosa, nadie ignora la utilidad de la Abeja, de la Cochinilla, del Gusano de la seda, y de otros varios insectos; y si la utilidad de la mayor parte de otras especies no nos es tan conocida, no es verosímil que sea menos real en el órden general de la Naturaleza.

Lo mas singular y digno de atencion que hay en la clase de los Insectos son las *varias Metamórfosis* que padecen los insectos alados; tomemos por exemplo la Mariposa.

Nacido este Insecto de un huevo empieza por ser *Animal rastrero*, como un gusano ó una horuga; tiene fuertes mandíbulas, un estómago afombroso, un número mayor ó menor de patas; hila y hace una tela con mucho arte.

Despues de un cierto número de dias señalados por la Naturaleza este Gusano voraz dexa de comer, se pone enfermo, se embuelve en un capullo, muda su forma, se hace *Crisálida*, es decir, pierde su estado de gusano para tomar un estado mas brillante en que el oro y el azul deben ser su rozagante atavío. En este estado de crisálida permanece enrebujaado en una membrana que no le dexa libre la accion de ninguno de sus miembros, y se va deshaciendo de su piel, de sus pa-

tas, de la cubierta de su cabeza, de su cráneo, de sus mandíbulas, de su hílera, de su pafinoso estómago, y de parte de sus pulmones.

Al cabo de un cierto tiempo de letargo en que parecia muerta aunque estaba efectivamente viva nutriendose verosimilmente de su sustancia primitiva, ha tomado la *Crisálida* nuevos miembros, alas para volar, una trompa para chupar la miel de las flores, y órganos para perpetuar su especie. Sale pues de su emboltorio hecha *Animal volante*, mariposa brillante y revoloteadora que nada parece que conserva de su primer estado y antiguas costumbres, y que únicamente ocupada en sus inconstantes placeres pone en infinitos parages huevos, de los que el calor de la tierra, del sol ó de la fermentacion harán salir gusanos ú horugas que vendrán á ser á su tiempo *chrisálidas* y mariposas.

VII.º Los Animales microscópicos son aquellos que por su prodigiosa pequeñez se sustraen á nuestra simple vista, y no se pueden percibir ni distinguir sino con el auxilio de los Microscopios. Esta clase de seres organizados y vivientes, desconocida á los antiguos Naturalistas es acaso mas numerosa y variada que todas las demas clases juntas. Hay acaso otras tantas ó mas diferencias de animales microscópicos entre los que se ven en una sola gota de agua de charco que las que hay de peces entre la ballena y la trucha, y de quadrúpedos y reptiles entre el toro y la horuga (36).

Esta clase de animales nos interesará siempre muy poco porque su relacion con nosotros es infinitamente pequeña, y no podemos sacar de ellos utilidad alguna. Así tenemos ya acaso todos los conocimientos que podemos desear sobre este objeto; pues nos basta saber en general que el admirable Autor de la Naturaleza produce, organiza y anima continuamente con una sabiduría y un poder inconcebibles una infinidad de seres vivientes que la vista mas perspicaz no puede divisar sin el auxilio del arte.

VIII.º Algunos Naturalistas célebres añaden á estas seis clases de animales otra séptima enteramente distinta de las demas, y que quieren se componga de los que llaman *Zoóphitos* ó *Animales-plantas*. Estos pretendidos Animales son plantas acuáticas de agua salada ó dulce, como el Polipo, el Coral, la Oruga de mar, y otras varias en las que creen haber descubierto una organización animal, y señales de sentimiento.

Otros Naturalistas juzgan por el contrario que no hay semejantes Animales-plantas, que el movimiento que se observa en estos pretendidos *Zoóphitos* solo proviene de la entrada y salida del agua en estas plantas singulares; que quando se exáminan con buena física y sin preocupacion estas plantas, se ve claramente que son puras plantas y que no tienen nada de animal; y que así no se deben admitir *Zoóphitos* verdaderamente tales. Esta es la opinion que nosotros adoptamos pues es seguramente la mas verosímil, como lo acreditamos suficientemente en nuestro Curso completo de Metafísica á los números 1332 y 1333.

La opinion que desechamos y que tenemos por infundada é improbable habrá debido acaso el tal qual aplauso con que se la ha recibido y sostiene todavia á un principio verdadero en el fondo, pero que acaso se habrá querido extender mas allá de sus límites naturales: á saber que *la Naturaleza pasa siempre por grados descrecientes de una especie á otra, y de un reyno á otro*: Por exemplo del hombre al mono, del mono á los demas quadrúpedos, de los quadrúpedos á las aves, de las aves á los peces, de los peces á los insectos, de los insectos á los zoóphitos, de los zoóphitos á las plantas mas perfectamente organizadas, y de las plantas peor organizadas á los minerales que no tienen absolutamente organizacion alguna; pues como es patente los *Zoóphitos* son muy aprósposito para servir de punto de comunicacion ó formar en la cadena de los vivientes el eslabon que una el Reyno Animal con el Vegetal.

¿ Pero que la Naturaléza grande y admirable en todas sus obras se anda siempre en estos reparos minuciosos? ¿ El tránsito del hombre al mono , del hombre mas estúpido al mono mas vivo dexará de ser un salto muy repentino , un salto como infinito , en una palabra el tránsito de la razon á la negacion de razon? (*Met.* 714 y 814.)

521. DIVISION III. El célebre Naturalista Adanson divide el Reyno animal en tres clases: á saber en unisexôs , bisexôs y asexôs.

I.º Llámanse *Animales unisexôs* aquellos que son ó solamente machos, ó solamente hembras. Tales son los quadrúpedos , las aves , los anfibios vivíparos y las ballenas , los quales todos perpetuan su especie por medio de cópula.

Los peces ovíparos son tambien unisexôs , pero no se propagan por medio de la cópula sino que los huevos de la hembra puestos en el agua en tiempo de frio son fecundados por las lechecillas del macho.

II.º Llámanse *Animales bisexôs* aquellos que son á un mismo tiempo machos y hembras , fecundados y fecundantes. Tales son los caracoles que tienen , segun dicen cada uno los dos sexôs distintos y separados , por lo qual dos individuos se fecundan recíprocamente y vienen á fer cada uno á un mismo tiempo padre y madre de su posteridad.

No se conoce especie alguna de quadrúpedos que sea bisexô. Los individuos de quienes se ha juzgado alguna vez por la apariencia que participaban de los dos sexôs , eran monstruos en su especie que no tenian sexô ninguno bien formado. En la clase de los peces se presume que haya algunas especies bisexâs.

III.º Llámanse *Animales asexôs* aquellos que no tienen sexô alguno , que ni son machos ni son hembras , y que reproducen su especie sin fecundacion alguna : tales son los Bocios , especie de conchas vivíparas ; tales son tambien algunos pulgones , varias especies de gusanos é insectos , de los que cada individuo de por sí se reprodu-

ce por sí mismo y da á luz frecuentemente en un tiempo bien corto una numerosa y devoradora posteridad.

LOS SENTIDOS DE LOS BRUTOS.

522. OBSERVACION. El Hombre tiene cinco Sentidos ó cinco órganos diferentes por los que recibe las varias sensaciones que le afectan. Los Brutos tienen tambien sentidos u órganos que les ocasionan sensaciones interiores y les hacen percibir los objetos exteriores; ¿pero el número de sentidos es igual, y su naturaleza la misma en el hombre que en el bruto?

I.º Es cierto que los Quadrúpedos y las Aves tienen el mismo número de sentidos que el Hombre. Su destino, sus funciones y su construcción general son con corta diferencia los mismos en unos que en otros. Pero la perfección de estos órganos en especial del olfato, es por lo comun bastante mayor en algunos brutos como en los perros, que en el hombre.

II.º Es probable que algunas especies de animales tienen menor número de sentidos que el hombre. A algunos parece que les falta el órgano del oído, y á otros el de la vista. Ciertos Insectos como la abeja y algunas otras moscas tienen en vez de dos ojos un número prodigioso de órganos de la vista de que su cabeza está cubierta como de otros tantos espejos de facetas é inmóviles.

III.º Es cierto que todas las especies de brutos tienen por lo ménos el sentido del *Tacto* y el del *Gusto*. En algunas un tacto infinitamente mas fino suple en parte á los órganos de que les puede haber privado la Naturaleza, y les proporciona la especie y número de sensaciones que convienen á su destino.

IV.º Es mas que verosímil que en los Brutos así como en el Hombre las sensaciones exteriores ó conmociones de los órganos sean la causa ocasional de las sensaciones interiores que afectan el alma y constituyen el sentimiento interno. (*Met.* 173 y 330)

Este Sentimiento interno de los Brutos es mas ó ménos

vivo, mas ó ménos delicado, mas ó ménos productivo de industria segun que tienen mayor ó menor perfeccion los órganos que le hacen nacer y los que sirven para manifestarle afuera; de lo que resulta lo que hemos llamado en otra parte Instinto de los Brutos. (*Met.* 812.)

EFFECTOS DEL INSTINTÓ DE LOS BRUTOS.

523. OSERVACION. Del *Instinto natural de los Brutos* analizado y explicado en los términos que lo hemos hecho en el lugar citado, parece que provienen bastante naturalmente los principales fenómenos que nos admiran en su naturaleza, como son su apetito, su propagacion, su memoria, sus obras, su educacion, su afecto y su industria. Pues he aquí como se pueden explicar.

I.º El estómago de los brutos privado de nutrimento experimenta así como el de los hombres una fricion en su túnica felposa y una irritacion en sus fibras, ocasionado uno y otro principalmente por la *accion del Suco gástrico*, que no obrando sobre los alimentos obra sobre la misma substancia animal.

Esta fricion, esta secura y esta irritacion de las fibras del estómago ocasionan en el Alma de los brutos una sensacion á quien se da el nombre de *Hambre ó Apetito*; y esta sensacion ocasiona por su parte un movimiento de los espíritus animales que les dirige hácia los objetos capaces de hacer cesar esta sensacion molesta, y de sustituirla sensaciones gratas.

II.º En ciertos tiempos del año los sucos superabundantes llegan á producir ciertas irritaciones en los órganos de los brutos, las quales hacen nacer en su alma como causas ocasionales un *Sentimiento simpático* que les inclina á reproducirse.

Durante el resto del año no padecen semejantes irritaciones, y así en este tiempo el Sentimiento simpático que era un efecto necesario de ellas está totalmente suspendido y adormecido, y no imprime á la máquina animal accion ni movimiento alguno relativo al mismo efecto.

III.º Si entrando yo en una Casa-fuerte con un palo en la mano, y saliendo á mí un Dogo furioso y con la boca abierta le espero intrépido y le doy un fuerte palo en el hocico, el Dogo huye llevando impresa así la sensación que le hizo mi baston como la que le hizo mi figura, y de esto resulta en él la *Memoria* de estos dos objetos.

Si vuelvo al cabo de un mes á la misma casa, el Dogo así que me ve huye temblando. ¿Porque hace esto? Porque mi presencia ocasiona en él el mismo movimiento de espíritus animales que le habia ocasionado un mes antes, y este antiguo movimiento de sus espíritus estaba acompañado de una sensación muy desagradable que le sollicitaba á huir del objeto perjudicial que se la habia ocasionado.

IV.º Si quiero dar una *Educacion* particular á un Mono habituándole á tomar ciertas actitudes que no le da la Naturaleza; ¿que es lo que hago?

Tomo una Vara en la mano, pongo á este Mono en una determinada postura y le pego al instante que la dexa; vuélvole á poner en la misma postura, y continuo pegándole quando la dexa. De este modo las sensaciones desagradables que experimenta si dexa la postura en que se le manda estar, le inclinan á conservar la misma postura mientras que dura la sensación ocasionada por la vista de la vara que le amenaza, y durante este tiempo sus espíritus animales se habitúan á circular de un modo propio para hacerle tomar y guardar la misma actitud.

Al dia siguiente á la vista de la misma vara, el Mono que teme el golpe hace esfuerzos para evitarle, y determina á sus espíritus animales á volver á tomar el mismo camino que el dia antes. Este mismo artificio y mecanismo le harán que se habitúe poco á poco y sucesivamente á ponerse en infinitas posturas que deberá al arte y no á la naturaleza.

Hay en los Brutos un encadenamiento natural de sensaciones y movimientos. La sensación de vision relativa á un objeto hace nacer la de afecto ó aversion á él, y la sensación de afecto ó aversion á este objeto hace na-

cer los movimientos propios para buscarle ó huir de él.

V.º ¡Que motivos de admiracion no nos presentan las *Obras* de muchísimas especies de animales! Las Aves construyen sus nidos, las Abejas sus panales, y los Castores sus habitaciones de un modo sumamente maravilloso. La sensacion de necesidad ó de gusto está conexa en los animales con ciertos movimientos de sus fibras que les determinan á buscar ciertos objetos, colocarles de un modo determinado, y á executar todo quanto es necesario para la conservacion de sus especies é individuos. De aquí el amor de los mas de los animales á sus hijos á quienes crían. La vista de estos tiernos objetos hace nacer en ellos un sentimiento que les inclina á procurarles su subsistencia y armarse poderosamente para defenderlos; y así quando cesa la vista de estos dulces objetos, cesa tambien con ella la sensacion ó sentimiento de afecto.

¿Si la Naturaleza parece inconcebible en las operaciones de los brutos, lo es acaso menos en las de los hombres en el estado de infancia, de sueño ó de delirio en que no obra la razon y parece que solo obra el instinto? Por ser pues inconcebible una cosa no dexa de ser muy real y verdadera; y tal es la accion del Instinto de los brutos.

VI.º El Perro y el Cavallo saltan de contento al ver volver á su Amo, mostrando en esto un *Afecto* muy patente y muy real hácia él.

La sensacion ocasionada por la presencia de un objeto que constantemente les ha dado muestras de afecto y les ha hecho bien, despierta en su alma una sensacion de placer que está connexa con movimientos propios para anunciar y expresar esta satisfaccion.

VII.º La *Industria* de los brutos, fruto de su instinto natural no es ménos digna de nuestra atencion. Por exemplo un Perro de caza sigue á una liebre porque los corpúsculos odoríferos emanados de ella hacen nacer en su alma una sensacion de apetito que le inclina á moverse para alcanzarla y cogerla.

Si quando va siguiendo á la liebre se encuentra con un hondo precipicio, se detiene porque la vista del precipicio hace nacer en él como en el cazador que va tras de él una sensacion de temor y horror que le determina á ir á buscar paso por otra parte.

Si quando va siguiendo á la liebre le sale al encuentro un lobo puesto entre su amo y él, recurre á mil revueltas y altucias para no caer en manos de su enemigo y volver á juntarse con su amo; porque la sensacion de terror de que es herido le impele á tomar todas las medidas convenientes para apartarle del lobo á quien ve ansioso de su pérdida, y volverse á juntar con su amo á quien conoce está armado para su defensa.

PARRAFO TERCERO.

PROPAGACION DE LOS ANIMALES Y VEGETALES.

524. OBSERVACION. En el género animal del mismo modo que en el vegetal todos los individuos perecen, y todas las especies subsisten; ¿pero de qué modo se causa esta *perpetuidad de existencia* en esta *perpetuidad de destruccion*? Este es el objeto que ha picado en todos tiempos la curiosidad de los mayores Filósofos y Naturalistas.

Darémos aqui una idea de sus *Observaciones* y *Sistemas*, no tanto para explicar clara y evidentemente este objeto, quanto para hacer ver que esto es imposible al entendimiento humano.

Abominado y despreciado sea de todos qualquiera *Espíritu débil ó corrompido* que por un absurdo fanatismo quiera imaginarse tontamente alguna chímérica indecencia en la mas interesante expeculacion de la sublime y profunda Filosofia.

525. NOTA. Desde la sabia matanza que hizo Harveo de tantas Ciervas en el Parque del Rey de Ingla-

terra para penetrar el misterio de la Naturaleza en la reproduccion de los animales, la *Cierra* y el *Ciervo* han servido de exemplo general en esta materia; y así nos valdrémos del mismo exemplo.

Llámasse *Feto* el animal formado ó en la cáscara del huevo, ó en el seno de la madre.

Llámasse *Embrion* el empieza, ó los primeros lineamentos del *Feto*.

Llámasse *Matriz* el seno materno en que crece el *Feto*.

SISTEMA PRIMERO.

LA MEZCLA DE LOS HUMORES.

526. SISTEMA I. Los antiguos Filósofos habian sido de parecer de que la reproduccion de los Seres animados, por exemplo de los cervaticos proviene de la simple mezcla de los humores prolíficos de la cierva y el ciervo en el seno de la madre.

I.º Descartes que seguramente no era estéril en sistemas adoptó esta opinion y procuró explicar la formacion del embrion, el crecimiento y organizacion del feto por solas las Leyes del movimiento que él habia imaginado.

La principal razon en que se funda este primer Sistema es que el nuevo animal participa de la naturaleza, qualidades, enfermedades y deformidades así de la madre como del padre á quienes debe el ser.

II.º Aristóteles, el Oráculo de los antiguos Filósofos siguió casi el mismo sistema, pero quiso sin decir porqué, que el humor prolífico del Macho, por exemplo del *Ciervo* contuviese el *Feto*, y que el de la *Cierra* no hiciese mas que servirle de alimento. El *Ciervo* segun él producía la *forma*, y la *Cierra* la *materia* de este nuevo ser.

Esta opinion de Aristóteles, este Sistema de la *materia* y la *forma* subsistió hasta el tiempo en que empezó á renacer la Filosofía.

SISTEMA SEGUNDO; LOS HUEVOS QUE CONTIENEN EL FETO.

527. SISTEMA II. Al Sistema de la materia y la forma sucedió el *Sistema de los huevos* que contienen el Feto del nuevo animal enteramente formado.

En un Huevo de gallina fecundado se halla un *Gérmen bastante visible*, en el que se descubren los principales lineamentos del Pollo que la incubacion hace salir á luz. En fuerza de esta observacion se tuvo por necesario que toda especie animal así ovípara como vivípara tuviese huevos semejantes en quienes hubiese iguales gérmenes, y con esto se creyó haber explicado toda esta materia quando no se habia hecho mas que aumentar las dificultades.

I.º En las Hembras de las especies ovíparas se hallan *Ovarios*, esto es una region ó parte del cuerpo en que se forman los huevos. Se anduviéron buscando Ovarios semejantes en las especies vivíparas pero no se los pudo hallar. ¿Que partido tomar para sostener el Sistema de los huevos? Por fortuna presentó el acaso en algunas especies vivíparas ciertas *Partes esponjosas y vesiculares* que podian tener alguna semejanza aunque remota con los Ovarios de las aves y de los peces; al punto estas partes fuéron metamorfoseadas en Ovarios en las especies vivíparas en que se las encontró, y en las que no se pudo lograr esto se las supuso ocultas.

II.º Pero por desgracia en las especies vivíparas estas partes esponjosas y vesiculares, estos pretendidos Ovarios estaban situados fuera de la region en que se forma el Feto, y era imposible que estos pretendidos huevos pasasen por sí mismos á esta region. ¿Que hacer pues para salvar por segunda vez este Sistema de una ruina evidente? Se imagináron canales ó *Tubas móviles* que fuesen á agarrarlos y conducirlos al asilo en que debian ser fomentados, vivificados y desenvueltos.

En virtud de estos descubrimientos y suposiciones

se llevó á mal que se pusiese en duda el Sistema de los huevos, y la cuestión parecia plausible y definitivamente decidida. El *Cervatico* estaba enteramente formado en el huevo de la Cierva que era llevado lo ménos difícilmente que se podia á la Matriz, y el Ciervo no tenia otro mérito que el de ocasionar una fermentacion fecundante ó vivificante en los humores de la Cierva para disponerles á comunicar el movimiento y la vida á los gérmenes contenidos en sus huevos.

En este Sistema tenia la Madre en todas las especies de animales la principal influencia en la reproduccion de la especie.

SISTEMA TERCERO: HIPOTESIS DE LOS DESARROLLOS.

528. SISTEMA III. No se hallaba ya dificultad alguna en punto á la existencia de los Ovarios, al transporte de los Huevos, á la realidad de los Gérmenes ó Embriones existentes en ellos, ni tampoco en punto al crecimiento y la vida que recibian estos Embriones; pero se la halló en punto al modo con que existian estos embriones en el huevo.

I.º ¿Cada Huevo contenia un solo Embrion macho ó hembra? ¿Como este embrion en llegando á su crecimiento perfecto producía otros embriones organizados como él? Esto parecia incomprensible, y nada se queria dexar de comprender.

Se hubiera podido en este caso recurrir á la accion conservadora del Criador, que perpetua la Naturaleza con una influencia siempre permanente; pero se queria desterrar de una vez de la Física la accion del Criador que se tenia por necesaria para formarla, pero por inútil para conservarla.

II.º Se recurrió pues á la *Hipótesis de los Desarrollos*; es decir se supuso en el primer huevo de cada especie una infinidad de infinidad de embriones envueltos todos unos en otros, y formados todos desde el principio de los tiempos.

Así los Huevos formados por el Criador en la primera Cierva contenian cada uno un número inagotable de gérmenes ó embriones incluidos todos ó envueltos uno en otro; y el embrión que servia de cubierta á todos los demas debía de nacer y desarrollarse el primero.

Si este *primer Embrion* era macho, el animal que salia era un Ciervo y no contenia los demas embriones, pues estos se quedaban en la madre ó se desvanecian perdiéndose enteramente para su especie.

Si este *primer Embrion* era hembra, el animal que producía era una cierva la qual contenia en sus ovarios todos los embriones machos y hembras que faltaban de desarrollarse.

Este Sistema por repugnante que parezca duró hasta la invencion y perfeccion de los Microscopios.

SISTEMA CUARTO; LOS GUSANOS SIMILARES.

529. SISTEMA IV. El *Sistema de los Gusanos* hizo mudar de aspecto al de los huevos sin destruirle enteramente.

I.º Examináronse con los mejores Microscopios los humores prolíficos de varias especies de animales, por exemplo del Ciervo y de la Cierva. Creyóse ver en el humor fecundante del Ciervo un ormiguero de gusanillos vivientes, y no se hallaron semejantes gusanillos en el humor de la Cierva. La imaginacion transformó facilmente estos pretendidos gusanillos en otros tantos Cervaticos y Cervaticas. Este mismo fenómeno se creyó haber visto en los perros, en los conejos y en otros muchos animales que fueron muertos y disecados para examinar sus humores.

El resultado de esta observacion fué que el Ciervo ó el Macho de qualquiera especie producía el animalillo que debería perpetuarla, y que la Cierva ó la Hembra solo contribuía con los sucos nutricios que debían sustentar este animalillo; y de este modo la principal influencia en la reproduccion de la especie pasó de la hembra al macho.

II.º El *Gusanillo similar* que entre todos los contenidos en la substancia fecundante del Ciervo tenia la fortuna de llegar el primero arrastrando ó trepando hasta el Ovario de la Cierva, se alojaba como podia en alguno de los huevos. Este huevo era llevado ó por alguna tuba, ó de algun otro modo desde el ovario á la matriz de la Cierva donde crecia alimentándose de la substancia del huevo.

III.º La transformacion de estos gusanos en cervaticos en el huevo imaginario de la cierva, y en pollitos en el huevo real de gallina no era lo que embarazaba á los Naturalistas; su embarazo consistia en explicar la formacion primitiva de estos insectos.

Para esto adaptaron á los Gusanos similares la *Hipótesis de los Desarrollos*, suponiendo que cada gusano contenia una infinidad de gusanos de su especie envueltos todos unos en otros, y que estos no tenian necesidad de mas que de desarrollarse unos despues de otros para convertirse en animales de su especie.

Con esta suposicion creian haberlo explicado todo sin necesitar para ello de la accion del Criador, porque á este le habian hecho producirlo todo de un modo acaso chímérico desde el principio de los tiempos. Todo esto se llamaba Filosofia en un tiempo en que el ser filósofo consistia únicamente en quedar con habla ó no dexarse concluir.

IV.º Desde entonces acá algunos Naturalistas mas observadores y mas ilustrados han examinado de nuevo los humores de varias substancias animales y vegetales, y han descubierto que los pretendidos Gusanos similares que Hartseker, Leuwenhoek, Lametrie y tantos otros atribuian exclusivamente á los humores fecundantes del Macho, no eran otra cosa que *Corpúsculos semovientes* que se encontraban igualmente en la sangre, en la carne, en los fucos y en los humores de todos los animales así machos como hembras; y aun lo que es mas, que estos Corpúsculos semovientes á los que un ciego entusiasmo habia hecho feres vivientes y animados,

se encontraban igualmente en las infusiones de los gérmenes de muchísimas plantas.

Esta Observacion ha echado por tierra el Sistema de los *Gusanos similares*, y ha dado motivo á la invencion del de las Moléculas orgánicas; del que hablaremos bien pronto.

EXPERIENCIAS Y OBSERVACIONES DE HARVEO HECHAS EN LAS CIERVAS Y CIERVOS.

530. OBSERVACION. Los Naturalistas de todas las Naciones estaban divididos entre sí, siguiendo unos un Sistema, y otros otro de los referidos; quando Carlos I. Rey de Inglaterra Príncipe curioso y amante de las Ciencias encargó al famoso Harveo que acababa de descubrir y demostrar la *circulacion de la Sangre*, que hiciese en las Ciervas de su Parque todas las experiencias que tuviese por convenientes para llegar á descubrir el secreto con que la Naturaleza executaba la reproduccion de los animales. Harveo, este célebre Partidario del Sistema de los Huevos hizo sucesivamente en el discurso de muchos años un número prodigioso de disecciones de Ciervas fecundadas, y no halló jamas en sus observaciones nada que pudiese adaptarse á ninguno de los Sistemas que dexamos expuestos. He aquí la idea y el resultado que nos da él mismo de las experiencias y observaciones que hizo en esta materia.

I.º Aunque diseccó un número bastante considerable de Ciervas inmediatamente despues de la cópula, jamas halló en su Matriz humor ni sustancia alguna extraña, lo que al parecer destruye el primer sistema que no obstante es el único verosímil.

Pero se le puede sostener á pesar de esta Observacion negativa respondiéndole que las convulsiones ocasionadas á la cierva al degollarla y defecarla, pudieron producir en ella una revolucion capaz de hacer que abandonase súbitamente la Matriz la substancia destinada á

fecundarla, y esta respuesta es otro tanto mas sólida quanto que, aunque Harveo no hizo mas que dudar de si efectivamente sucederia en las Ciervas lo que aqui se responde, se halla comprobado ser así por otras Experiencias de Verheyen, Ruisch, Vallisnieri y Leuvenhoek.

II.º Aunque disecó sucesivamente muchas Ciervas despues de haber pasado un tiempo mas ó menos largo desde su cópula, jamas percibió alteración alguna en su pretendido *Ovario*, ni halló jamas en su Matriz cosa que hubiese pertenecido á él; lo que destruye manifiestamente así el Sistema de los huevos como todos los que dependen de él.

III.º En la Matriz fué en donde percibió Harveo la primera alteración, pues la halló hácia el mes de Octubre en las Ciervas fecundadas en Septiembre un poco inflada y un poco mas blanda que lo que está ordinariamente. En ella descubrió unas Carúnculas ó excrescencias esponjosas que comparó á los pezones de las mamilas de las mugeres. Cortó algunas y las halló sembradas de puntos blancos cubiertos de una materia viscosa. El fondo de la matriz que formaba sus paredes estaba inflamado y tumefacto á modo de los labios de un niño quando le pica en ellos una abeja, y tan mollar que parecia de una consistencia semejante á la del cerebro.

IV.º En el mes de Noviembre ya el tumor de la Matriz se habia disminuido, y las excrescencias esponjosas se habian secado; pero se halló con un espectáculo nuevo. Encontró unos hilos muy fútiles que extendiéndose de una cavidad á otra de la matriz formaban una especie de *Red* semejante á las telas de araña, é introduciéndose entre las arrugas de la membrana interna se enlazaban al rededor de las carúnculas ó excrescencias de que acabamos de hablar.

“Esta red, dice M. de Maupertuis de quien tomamos el resto de este detalle histórico, formó bien pronto una bolsa cuya parte exterior tenia un baño de una materia fétida. La interior que era lisa con-

te-

„tenia un licor semejante á la clara de un huevo en
 „el que nadaba otro envolvedero esférico lleno de un
 „licor mas claro y cristalino.

„En este licor fué donde percibió un nuevo prodigio;
 „no vió en él un animal enteramente organizado
 „como se debia esperar en suposicion de los Sistemas
 „precedentes, sino tan solo el principio de un animal,
 „un *Punto viviente y saliente*, sin que todavia estuvie-
 „se formada ninguna otra parte de él. Vióle saltar
 „y latir dentro del licor cristalino recibiendo su creci-
 „miento de una vena que se perdia en el licor en que
 „nadaba. Todavia latia quando Harveo se le hizo ver
 „al Rey exponiéndole á los rayos del Sol.

„A este punto viviente y saliente se le juntan bien
 „pronto las *Partes del cuerpo*, pero en diferente orden
 „y tiempo. Al principio no hay mas que un mucílago
 „dividido en dos pequeñas masas, de las que la una
 „forma la cabeza, y la otra el tronco; pero hácia el fin de
 „Noviembre el feto está ya formado, y toda esta admira-
 „ble obra en llegándose á empezar se acaba muy pronto.

Ocho dias despues de la primera apariencia del
Punto viviente está ya tan adelantada la organizacion del
 animal que se puede distinguir su sexó, pero en medio de
 esta prontitud esta obra se hace por partes, y las interio-
 res se forman primero que las exteriores. Las vísceras y
 intestinos se forman antes que el thorax y el abdomen que
 las deben cubrir, y así parecen añadidas á ellas como un
 techo á un edificio.

„Hasta este punto no se observa adherencia algu-
 „na del feto al cuerpo de la madre. La membrana
 „que contiene el licor cristalino en que nada el feto,
 „y que los Anatómicos llaman el Amnios, nada ella
 „misma en el licor contenido en el Corion que es
 „aquella bolsa que hemos visto formarse la primera; y
 „todo esto se halla en la Matriz de la madre sin ad-
 „herencia alguna con ella.

V.º „Al principio de Diciembre se descubre el uso
 „de las *Carúnculas espongiosas* que hemos dicho haber-

„ se observado en la superficie interna de la matriz. Estas
„ carúnculas no estan todavia pegadas á la cubierta del feto
„ sino por el mucílago de que estan llenas; pero se unen
„ bien pronto á ella mas íntimamente, recibiendo los va-
„ fos que salen del feto y sirven de base á la placenta.

„ Todo lo demas de esta grande obra se reduce á
„ varios grados de crecimiento que el feto va adquirien-
„ do cada dia. Llega en fin el punto de nacer y en-
„ tonces rompe el feto las membranas en que estaba en-
„ vuelto; la Placenta se desune de la Matriz, y el ani-
„ mal dexando el cuerpo de la madre sale á luz. Las
„ Hembras de los brutos mazzcando ellas mismas el cor-
„ don de los vasos con que el Feto estaba ligado á la
„ placenta, cortan una comunicacion que ya es inútil;
„ y en los hombres las Comadres hacen una ligadura en
„ este cordon y despues le cortan.

VI.º „ He aquí, continua el mismo Autor, quales
„ fuéron las observaciones de Harveo. Ellas parecen tan
„ poco compatibles con el *Sistema de los Huevos* y el
„ de los *Animales espermáticos*, que si las hubiera re-
„ ferido antes de exponer estos Sistemas, hubiera temí-
„ do que mis lectores se previniesen demasiado contra
„ ellos y no hubiesen querido oírlos.

„ En lugar de ver al Animal crecer por la *Intus-*
„ *suscepcion* de una nueva materia como deberia suce-
„ der si se hubiera formado en el huevo de la hem-
„ bra, ó si fuera un gusanillo que nadase en el humor
„ prolífico del macho, lo que se ve en estas observaciones es un animal que se forma por la *Iuxta-po-*
„ *sicion* de nuevas partes. Harveo ve al principio for-
„ marse el saco que debe contenerle, y este saco
„ en vez de ser la membrana de un huevo la qual
„ se dilatafe, se forma á su vista como una tela cuyos
„ progresos observa. Esta tela no es al principio otra co-
„ sa que unos hilos tirados de un extremo á otro de
„ la Matriz, pero despues estos hilos se multiplican,
„ se juntan y forman en fin una verdadera membra-
„ na. La formacion de este saco es una maravilla que

„ debe acostumbrarnos á otras.

„ No habla Harveo de la formacion del saco interior de que sin duda no fué testigo, pero él vió formarse el animal que nada en él. Este no es al principio mas que un *Punto*, pero un punto que tiene vida y alrededor del qual viniéndose á colocar las demas partes forman bien pronto un Animal completo.(*)

SISTEMA QUINTO : LAS MOLECULAS ORGANICAS.

531. SISTEMA V. A los Sistemas referidos ha sucedido en fin el Sistema de las *Moléculas orgánicas*, el mas ingenioso y filosófico de quantos le han precedido, y que se puede considerar como un hábil desenvolvimiento del único sistema admisible en esta materia, que es el que atribuye la reproduccion de las especies vivientes á la mezcla de los humores prolificos. En este Sistema inventado y desenvuelto por el célebre Buffon, las Moléculas orgánicas son como lo indica su mismo nombre pequeñas masas ó sustancias organizadas; *Molécula*, *parvula moles*, *suis instructa organis*. Mediante estas moléculas procura este famoso Naturalista, Pintor sublime y Filósofo profundo dar razon del mayor fenómeno que nos presenta la Naturaleza, qual es el de la Reproduccion de las Plantas y Animales que él mira baxo de un mismo aspecto en este punto. Harémos una breve exposicion de este Sistema, en que se muestran igualmente la extension, el tino y penetracion de ingenio de su inventor.

I.º Hay en la Naturaleza, dice este Autor una materia que sirve para la nutricion y desenvolvimiento de todo quanto vive y vegetal. Esta materia causa la nutricion y desenvolvimiento de estos seres, asimilándose á cada parte del cuerpo del animal ó vegetal en quien obra, y penetrando intimamente la forma de los tipos

(*) Maupertuis, *Venus física*, Harveo de *Cervarum et Damarum costis*. Exercitatione 66.

ó moldes interiores en que se insinúa. Quando esta *Materia nutritiva* es en mayor abundancia que la que se necesita para nutrir y desenvolver el animal ó vegetal, fluye de todas las partes del cuerpo baxo la forma de licor á uno ó muchos Reservatorios destinados á recibirle. Este licor contiene todas las moléculas análogas al cuerpo del animal ó vegetal, y de consiguiente todo lo que es necesario para la Reproduccion de un Entecillo enteramente semejante al primero.

II.º Quando esta *Materia nutritiva* y productiva después de haber pasado por el molde interior del animal ó vegetal, ó por los poros y conductos de las partes que nutre, cae en una Matriz proporcionada, produce un animal ó un vegetal de la misma especie.

Pero quando cae en una Matriz desproporcionada produce solo seres organizados que no son todavía mas que *Corpúsculos semovientes*, como son los que se ven en los licores seminales, y á veces en la sangre y en otros varios humores de ciertos animales, y aun en las infusiones de los Gérmenes de muchas plantas terrestres y aquáticas.

III.º Esta *Materia nutritiva* y productiva está compuesta de partículas orgánicas siempre activas por su naturaleza ó siempre dispuestas á unirse con otras moléculas análogas, ya sea en virtud de sus afinidades, ya sea por la accion de alguna otra causa.

Estos corpúsculos semovientes y vegetantes estan privados de accion y movimiento mientras que estan fixados y detenidos por las partes brutas y tenaces de la materia terrea, oleosa y sabina á que están unidos; pero luego que se desunen de esta materia extraña, recobran su accion, y producen varias especies ó de vegetaciones, ó de seres animados que se mueven progresivamente.

532. NOTA. Este *Sistema de las Moléculas orgánicas* puede hacerse absurdo de dos modos, ó lo vendrá á ser si se le funda en dos suposiciones de que es fácil hacerle enteramente independiente.

I.º En primer lugar este *Sistema* será absurdo si se

supone que las Moléculas orgánicas tienen en sí y por sí *verdadera Sensibilidad*, ó una capacidad intrínseca de tener percepciones reales de placer ó de dolor; y si de consiguiente se infiere que los Brutos no tienen *Alma sensible* realmente distinta de la materia ó de sus propiedades y modificaciones, que sea en ellos el principio ó sujeto inmaterial del sentimiento. (82.)

Porque la Filosofía y el Sentido común nos enseñan de acuerdo que la materia es tan absolutamente incapaz de sentir como de pensar (Met. 711. y 805.)

II.º En segundo lugar será absurdo este Sistema si se supone que las Moléculas orgánicas causan el maravilloso fenómeno de transformarse en cuerpos animales ó vegetales en virtud de una *Energía intrínseca* que le sea propia y esté ligada é inherente á su naturaleza, y no en fuerza de las *Leyes físicas* que ha establecido y perpetua libremente el Autor de la Naturaleza, el Ser infinitamente inteligente, é infinitamente activo por su naturaleza y esencia.

Porque la Filosofía y el Sentido común nos enseñan igualmente que toda *Materia es ciega é inerte por sí misma*, y que la Organización animal y vegetal que por todas partes nos indica palpablemente una inteligencia infinita y una actividad sin límites no puede provenir de un concurso ó agregado de Moléculas orgánicas que no son mas que una pura materia á quien sería igualmente ridículo que absurdo atribuir una actividad é inteligencia infinitas.

APLICACIONES DE ESTE ULTIMO SISTEMA.

533. APLICACION I. Sin adoptar servilmente todas las ideas del Autor de este Sistema expondremos con brevedad de que modo concebimos así la formación como la acción de las *Moléculas orgánicas* en los Reynos animal y vegetal.

I.º Un Animal ó Vegetal formado por un solo germen que contiene en pequeño los lineamentos funda-

mentales de su organizacion llega mediante la nutricion á adquirir todo su incremento, y produce en sí mismo por medio de los moldes ó tipos de su organizacion *Gérmenes semejantes á él* ó al gérmen de que él ha nacido. De aqui la inutilidad de los absurdos desarrollos que admitia el tercer Sistema que hemos expuesto. (528.)

Estos gérmenes nuevos que deben servir para reproducirle no son otra cosa que la parte superabundante de los fucos nutricios con que se sustentan y desenvuelven todas las partes del cuerpo organizado, los que no siendo ya necesarios por tenerlos suficientes cada parte animal ó vegetal deben refluir á ciertos *Reservatorios comunes*, y asimilarse en pequeño al animal ó vegetal como se hubieran asimilado en grande si hubieran sido efectivamente empleados en la nutricion y desenvolvimiento de sus partes. Asi pues el reflujo de gérmenes á los reservatorios del animal ó vegetal que se está haciendo continuamente á lo menos en ciertos tiempos, debe formar una imágen del Animal ó Vegetal en quien se reunen; y he aqui un Gérmen que podrá servir para reproducirle.

II.º Este gérmen puesto en un parage apropiado para su desenvolvimiento tira á vegetar en pequeño como el Animal ó Vegetal lo hacen en grande.

El gérmen de un *Vegetal* puesto en una tierra fecunda forma una cavellera de raíces que chupan los jugos de la tierra, y le atraen una sustancia capaz de asimilarse á sus partes.

El gérmen de un *Animal ovíparo* vegeta y produce los filamentos por donde recibe su nutrimento que de esta preparada en el huevo, y es apropiado para asimilarse á todos sus miembros y órganos empezando por los mas esenciales.

El gérmen de un *Animal vivíparo* insinuándose por los poros entreabiertos de una sustancia esponjosa vegeta y produce sus hilitos mediante los que se implanta en esta sustancia y recibe los fucos nutricios que desenvuelven sus

cesivamente los principales órganos de su constitucion. (530.)

III.º Segun las Observaciones de Malpighi y Haller el gérmen y feto del Pollo está enteramente formado en los huevos de la gallina aunque no estén fecundados (*): ¿Y que es imposible ó aun improbable que haya semejantes gérmenes en los varios reservorios de las hembras vivíparas, por exemplo en la Cierva?

Si se pregunta porqué no obstante de contenerse el gérmen y feto del pollo y cervatico en el huevo y reservorios de la gallina y la cierva, no pueden desenvolverse y vivificarse estos gérmenes sin el concurso de las moléculas orgánicas del gallo y del ciervo: se puede responder que la causa es porque las moléculas orgánicas de la gallina y la cierva no tienen por sí solas *Afinidad atractiva* con los sucos nutricios que son necesarios para hacerles vegetar, y que adquieren esta virtud mediante su union con las moléculas orgánicas del gallo ó del ciervo, al modo que en las Operaciones químicas se ve todos los dias que una sustancia que no tiene por sí misma afinidad atractiva con ciertas sustancias, la adquiere mediante su union con otra. (87.)

IV.º En virtud de su union las moléculas orgánicas del Ciervo y la Cierva producirán ó un feto macho que se parecerá al padre, ó un feto hembra que se pa-

(*) NOTA. La Galladura del huevo contiene el verdadero gérmen del pollo, y esta galladura se halla así en los huevos fecundados como en los que no lo están, aunque con la diferencia de que en la de los huevos fecundados se encuentran ya bien formados y expresados los principales lineamentos del animalillo que la incubacion hace nacer; y en la de los huevos no fecundados no se ve claramente mas que un globito informe, lleno de fuego con algunos apéndices, y rodeado de círculos concéntricos. Pero sea que en el huevo no fecundado haya un verdadero gérmen todavia mal desenvuelto, sea que no haya mas que el fondo y la armazon de un gérmen, la Teoría de que aqui se trata viene á ser siempre la misma, pues lo que aqui procuramos averiguar es la razon porque las moléculas orgánicas de la gallina y de la cierva no producen animales de su especie sin el concurso de las moléculas del gallo y del ciervo.

recerá á la madre segun que el Ciervo ó la Cierva hayan contribuido con mayor cantidad de las moléculas que deben *determinar el sexo*.

Las *Moléculas semejantes y simpáticas* se unirán segun el órden y relacion de su afinidad, las de la cabeza con las de la cabeza, y las de los pies con las de los pies.

Caréciendo de afinidad mútua las moléculas desemejantes y que deben determinar el *sexo* del feto no adherirán unas á otras; y así aquellas moléculas específicas del Ciervo y la Cierva que tengan mas afinidad con el resto del feto quedarán adherentes á él, expelelerán á las otras, y harán al feto Ciervo ó Cierva.

V.^o Aunque el Feto sea vegetante no está por el mismo hecho animado, pues la vegetacion no tiene ni puede tener nada de común con la *Sustancia inmaterial* de quien depende su vida y sentimiento.

Esta Alma inmaterial no puede ménos de ser criada por el Omnipotente: y es probable que este la crie al tiempo en que está ya formado el fondo de la organizacion esencial del Feto. (*Met.* 810.)

534. NORA. Este es, ó de este modo puede concebirse el *Sistema de las Moléculas orgánicas*.

Este Sistema padece á la verdad bastantes dificultades, pero tiene á lo ménos la ventaja y el mérito de haber purgado la Física de la fabulosa y ridícula hipótesis de los *Animales espermáticos* que Leuvenhœk y Hortfoeker creyeron haber descubierto, la que ya en fin ha proscripto una Filosofía mas ilustrada.

Estos dos Observadores ya viejos y sin anteojos han tenido la dicha de ver solos ayudados de sus famosos microscopios lo que otros muchos observadores con los ojos mejor constituidos y con los mejores microscopios jamas han podido ver del mismo modo que ellos. ¡Que no se ve quando se mira con ojos muy ansiosos de singularidad, y con un ánimo á quien ha empezado á poseer un ciego entusiasmo por un descubrimiento que debe trastornar todas las ideas recibidas!

Fi-

Figuras extravagantes parecen figuras animales; vibraciones puramente mecánicas se convierten en movimientos vitales y espontaneos; moléculas mas ó menos informes, *Corpúsculos semovientes* que no se parecen acafo en nada á lo que llamamos nosotros Moléculas orgánicas son verdaderos ciervos, toros, carneros, conejos, perros y hombres á los ojos de semejantes observadores.

Por fortuna no tienen todos los Observadores los mismos ojos, y la ilusion se desvanece con la contrariedad de relaciones. Todos los Observadores han visto siempre del mismo modo y baxo de los mismos lineamentos los verdaderos animalillos que por su extrema pequeñez no podemos ver con nuestra simple vista, y que nos hace visibles un excelente microscopio, trazándoles en el ojo baxo de un ángulo bastante sensible, como son las anguilillas del vinagre, y los aradores del queso. Pero todos los Observadores que han sostenido la fabulosa existencia de los animalillos de Leuwenhoek, existencia digna por muchos títulos de ser adoptada con entusiasmo por el Autor del *Hombre-máquina*, los han visto de diverso modo unos que otros.

La permanente diversidad y oposición de las observaciones hechas en este punto han hecho en fin dudoso, han ridiculizado y desacreditado el prétendido descubrimiento de los animales espermáticos, y la *Opinion de los Animalistas* ha hecho lugar al Sistema de las Moléculas orgánicas, hasta tanto que otro nuevo Sistema venga acafo á suceder á este; lo que al parecer no sucederá tan pronto.

Algunos Fisiólogos han querido ya substituir en lugar de las Moléculas orgánicas un *Vapor espirituoso*, un *Espíritu fecundante*, una *Materia eléctrico-prolífica*, pero no han hecho mas que usar de voces campanudas que analizadas nada dicen en suma, en que el Vulgo cree ver la sublimidad del ingenio, y el Filósofo no ve mas que su impotencia, y que solo presentan al entendimiento ideas tan vagas y confusas que se las puede colocar á par de las Qualidades ocultas del viejo Peripato.

535. APLICACION II. Aunque la teoría de las Moléculas orgánicas no sea mas que un Sistema, y acaso un Sistema ruinoso, es con todo un Sistema muy filosófico, y el único en que se puede dar razón de muchísimos fenómenos tocantes á la reproducción; lo que debe por lo ménos prevenirnos bastante á su favor.

I.º El *Cervatico* por exemplo, es de la misma naturaleza que los dos feres vivientes el Ciervo y la Cierva que le han dado el ser, porque las moléculas que han hecho el fondo de su ser primitivo se han formado en el molde interior de las dos sustancias organizadas que le han producido, ya sea que las moléculas análogas del Ciervo y de la Cierva se hayan unido inmediatamente en la Matriz de la Cierva, ya sea que se hayan unido sucesivamente circulando en la sangre y por todo el cuerpo antes de posarse en el sitio destinado á su desenvolvimiento.

El *Cervatico* es del mismo color, altura y naturaleza de la Cierva y Ciervo de tal pais, porque las moléculas orgánicas de que se ha formado han sido modeladas por el Ciervo y Cierva de este pais, y no de otro diferente.

II.º De un Asno y una Yegua nace un animal mestizo que se llama *Mulo* y que participa de las dos especies, porque las moléculas orgánicas que asimilándose han concurrido á formarle son de naturaleza diferente pero apropiado para unirse unas á otras en virtud de su afinidad.

Quando ha adquirido ya todo su incremento el animal mestizo, tiene en sí moléculas orgánicas que resultan del refluxo de los sucos nutricios, pero estas moléculas no son fecundas porque á causa de su naturaleza mixta carecen de afinidad con las moléculas orgánicas de un animal de su especie ó de otro diferente.

III.º Hay algunas especies de *Animales asexos* ó *Afroditas*, es decir neutros ó sin sexô, como son algunos pulgones, las conchas y varias especies de gusanos é insectos, en las cuales cada individuo de por sí se reproduce por sí solo. Esto proviene de que las moléculas

las orgánicas de cada individuo estan suficientemente organizadas para poder dar el ser á un animal semejante á él sin que tengan necesidad de estar unidas á otras moléculas de la misma especie.

536. NOTA. Hay en la Naturaleza *Monstruos* ó por exceso, ó por defecto; y de la formacion de unos y otros se puede fácilmente dar razon en el Sistema de las Moléculas orgánicas.

I.º Los *Monstruos por exceso*, por exemplo un Ciervo con dos cabezas tienen esta deformidad porque de dos fetos distintos que se iban á formar, el uno se ha conservado entero, y el otro ha perecido en parte.

En el exemplo puesto el tronco de la molécula orgánica que debia formar el otro Ciervo ha perecido ó no se ha formado, y la cabeza que no ha perecido se ha desenvuelto aparte, y se ha implantado despues por juxta-posicion en el tronco que se ha formado junto á ella. (530.)

Si se pregunta porqué esta cabeza no se implantó en medio de la espalda, en el talon, ó en alguna otra parte ménos análoga del animal y no en el cuello, responderémos que debia suceder así porque esta cabeza tiene mas analogía y afinidad con el cuello que con qualquiera otra parte del animal coexistente.

Se han visto *Castas de hombres sexdigitarios*, porque las moléculas orgánicas de los sexdigitarios son ellas mismas entecillos sexdigitarios que resultan del refluxo de todas las partes de un todo sexdigitario.

II.º Los *Monstruos por defecto*, por exemplo un feto sin brazos en la Especie humana tienen esta deformidad por algun acontecimiento accidental que ha hecho perecer en la molécula orgánica de este feto la parte análoga á los brazos, ó que ha impedido á los brazos de este feto formados acaso separadamente llegarse á implantar en el sitio conveniente á su afinidad.

Una Molécula orgánica privada de los lineamentos correspondientes á los brazos debe producir un cuerpo sin brazos. Una Molécula orgánica entera y completa

tendrá la misma fuerte si la sobreviene algun accidente que impida á los lineamentos correspondientes á los brazos vegetar ó implantarse en el tronco.

Un Padre y una Madre que tienen qualquiera vicio en su constitucion esencial transmiten por lo común *estos Vicios físicos* á sus hijos porque las moléculas orgánicas elaboradas mediante la organizacion general de este Padre y de esta Madre son en pequeño lo que ellos son en grande, unos seres defectuosos.

Un Militar que haya perdido un brazo en una Campaña no transmite á sus hijos este defecto, porque los fucos destinados á nutrir este brazo estan elaborados de antemano en los tipos y moldes que comunicaban con él, por lo que las moléculas orgánicas que resultan de su refluxo tienen toda la perfeccion y organizacion que deben tener.

III.^o Pongo que hace á los *Monstruos humanos* con cabeza de gato, pies de perro, cola de cavallo, de figura de comadreja, rana, ó sapo de que hacen mencion algunos antiguos Fisiólogos en quienes la imaginacion podia mas que la razon, las relaciones en que se funda su existencia se las puede poner en la clase de las *Patrañas rancias y absurdas*. „Yo he examinado muchos „ de estos Monstruos, dice un Naturalista ilustrado y perspicaz, el célebre Maupertuis; pero todo se reducía á „ algunos lineamentos disformes. Jamás he hallado en ningun Individuo parte alguna que pertenesiese seguramente á otra especie que á la suya; y si se me hubiese ver algun Minotauro ó Centauro, creeria mas bien „ que era un compuesto que habia resultado de una „ reunion monstruosa de varias partes de diferentes animales, que el que semejante animal fuese un prodigio.“

537. COROLARIO. Resulta del exámen filosófico que acabamos de hacer en este último párrafo, que la *Reproduccion de los Seres vivientes se debe tener por un misterio impenetrable de la Naturaleza*, respecto de que con todas las observaciones y experiencias que se han hecho, con todas las hipótesis que se han imaginado en esta

materia en que parece que ya no puede adelantar mas el entendimiento humano, no se ha podido conseguir tener un conocimiento bastante claro y satisfactorio de ella.

ARTICULO SEGUNDO.

IDEA GENERAL DEL REYNO VEGETAL.

538. DESCRIPCION. El *Vegetal* es un cuerpo organizado que tiene un principio de vida, nace de un germen, crece por Intus-fucion, es semejante al Animal por su organizacion, y esencialmente diferente de él por su carencia de Sentimiento. El Reyno vegetal pertenece principalmente á la *Botánica*, Ciencia que comprende á un tiempo la parte histórica y la parte física de todo lo que pertenece á los Vegetales.

Los Botánicos han descubierto ya como unas ciento y veinte, ó ciento veinte y cinco mil especies diferentes de plantas ó vegetales en la parte que han recorrido del antiguo y nuevo Continente. Si hubieran recorrido igualmente toda la Tierra es verosímil que hubieran hallado mas de doscientas mil. Pero los mas de los Botánicos atienden mas á dar la *nomenclatura de las Plantas* que interesa poco, que á conocer y enseñarnos sus propiedades naturales de las que se podrían sacar grandes utilidades.

DIVISION DEL REYNO VEGETAL.

539. DIVISION. El célebre Adanson divide el Reyno vegetal como lo hace con el animal en especies unisexás, bifexás y afexás ó neutras. (521)

I.º Hay entre las Plantas *Especies unisexás*, cuyos individuos son solamente machos ó solamente hembras.

Tabes el Cáñamo, en el que se ve que cada planta ó pie individual tiene un sexo único y exclusivo, que

la planta que da la flor ó los estambres es el macho ó el individuo fecundante, y la que da el grano es la hembra ó el individuo fecundado.

Tales son tambien el Alfonsigo y la Palma, cuyos machos solo dan flores, y cuyas hembras jamas dan frutos sino está plantado junto á ellas el árbol macho.

II.º Los mas de los Vegetales son de *Especie bisexual* en que cada individuo siendo á un tiempo macho y hembra produce juntamente flores fecundantes, y flores que necesitan ser fecundadas: tal es el trigo cuya espiga produce al principio flores ó estambres que cayendo en las espadañas que les han servido de cáliz fecundan la sustancia que se debe convertir en grano.

En general el *polvo sutil* que cubre los estambres de las flores de los árboles y plantas es la sustancia que debe hacer nacer los frutos cayendo en los estigmas en que deben formarse. Por lo comun en todo árbol bisexual las flores machos y hembras estan en un mismo tallo. A veces tambien están en tallos distintos como se ve en la higuera, en el castaño y en otros varios.

III.º Hay en fin en los vegetales *Especies asexuadas* que no tienen sexo alguno sensible, y ni son machos ni hembras, sino que se reproducen y multiplican por medio de regüeldos ó plantones sin necesitar de flores ni fecundacion. Esta clase es poco numerosa y no se conoce bien todavia.

GERMENES DE LOS VEGETALES.

540. OBSERVACION. Todo Vegetal nace de un germen, lo mismo que todo Animal: y este germen es un refluxo de los fucos nutricios de la planta que le produce. Por exemplo en una Encina el sobrante ó la parte redundante de los varios fucos que han sido elaborados en los moldes del árbol con destino á nutrir todas sus partes se deposita á la extremidad de las ramas y se forma en bellotas. Estas bellotas son respecto de la Encina, lo que respecto de la gallina es el huevo, depósitos destinados á reproducir su especie.

I.º Así como en cada huevo de gallina hay un gérmen en que se contienen los principales lineamentos de un animalillo que solo necesita de un cierto grado de calor para desenvolverse y hacerse pollo, así tambien en una Bellota hay un gérmen en que se contienen los principales lineamentos de un vegetal que solo necesita de un cierto grado de fermentacion conveniente en la tierra para hacerse una Encina. Los gérmenes de los Vegetales se forman y sitúan de diferentes modos en el vegetal que los produce, pero *ningun Vegetal se produce sin un gérmen que sea el principio primitivo de su ser.*

Se ve por lo dicho que nuestro Sistema sobre la Reproduccion de los Vegetales ya sean árboles, ya arbustos ó hierbas no es mas que una aplicacion ó corolario del Sistema de las Moléculas orgánicas que hemos adoptado para explicar la Reproduccion del Género animal. El gérmen reproductivo de una Planta de qualquiera especie no es mas que un pequeño agregado de Moléculas orgánicas exáctamente asimilado á la planta que le produce. (533, 152, 542.)

II.º La *virtud reproductiva de los Vegetales* está ordinariamente en los granos que producen fuera de la tierra, como en la encina, el trigo y el cáñamo, pero en algunos está en sus cebollas y raices de especie particular, que nacen dentro de la Tierra como en los Tulipanes, Anemonas y Ranúnculos; y aun en algunos otros como en los árboles está en casi todas sus partes así en sus semillas que depositadas en una tierra fértil vegetan y se convierten en arbolitos de la misma especie, como en sus ramas que cortadas y plantadas en tierra se hacen *Plantones*, y en fin en sus raices y retoños que separados del tronco y plantados en tierra hacen revivir el árbol de que se les ha arrancado.

FLORES Y FRUTOS DE LOS VEGETALES.

541. DESCRIPCION. Las Flores son producciones de las Plantas que hermoseando la Naturaleza estan des-

tinadas á hacer fecunda en frutos la Planta que las produce; y hacen nacer el germen que debe perpetuar su especie.

¡Que interesante espectáculo no es un Quadro de flores en que la Naturaleza y el Arte han reunido todas las bellezas de los colores, y todos los perfumes de los olores; en que la vista y el olfato igualmente lisonjeados parece que arrebatan al alma fuera de sí misma y la transportan á porfía á todas las partes en que halla fuentes inocentes de placeres!

¡Brillantes objetos, vuestro Poseedor os contempla y admira con entusiasmo: un Florista os codicia con envidia: y una Ninfa viva y airosa se apresura á hermosearse con vuestros colores y á cargarse de vuestras deliciosas exhalaciones! Por lo que á mí toca, yo me contento con observaros como Filósofo.

La *Flor en general* lleva en su seno el principio de un germen reproductivo de su especie. Tres son por lo comun las principales partes que la constituyen: á saber un cáliz, una corola y un corazon.

I.º El *Cáliz* es la cubierta exterior que sostiene y defiende todas sus partes; es por lo comun de color verde, y á veces se convierte en hojas coloradas.

II.º La *Corola* es la parte colorada de la flor. Su destino es al parecer hermosear la Naturaleza, y defender de las injurias del ayre el Corazon de la flor que es su parte mas esencial.

III.º El *Corazon* es el centro de la flor; por lo comun está compuesto de los estambres y el pistilo.

Los *Estambres* son hilitos que suben del centro ó seno de la flor y rematan en un pequeño cuerpo que se llama *Apice*; este ápice contiene el polvo fecundante de la flor.

El *Pistilo* es un tubo destinado á recibir los polvos de los estambres en las cavidades que se llaman *Estigmas* en donde nace el grano.

El *Pistilo* está por lo comun situado hácia el medio ó el centro de la flor como en el lirio, y comuni-

nica siempre con el sitio en que se debe formar el germen ó parte de la planta que debe servir para reproducirla.

IV.º La Flor además de servir de adorno á la Naturaleza nos prepará por lo comun un *Fruto delicioso*, un *Grano nutritivo* y una *Harina preciosa*. En el Manzano se convierte en manzanas, en el Fresal en fresas, y en el Trigo en granos.

Tal es la admirable Economía de la Naturaleza. La parte en que reside la virtud reproductiva de las plantas, ó el germen que conserva y multiplica su especie nace por lo comun cubierto de una sustancia destinada á servir de alimento y á nacer las delicias de los seres vivientes.

V.º Se observan en los *Frutos* las mismas partes esenciales que en las plantas; á saber pieles ó membranas, lobos ó carnes, y fibras ó cuerpos leñosos.

Entre los frutos unos son de pepita, otros de hueso ó tito; unos frágiles, otros agüanosos ó desleibles; unos harinosos, y otros leñosos. Unos nacen á par de la tierra, ó en lo interior de ella, y otros se forman en la region del aire, ya cada uno de por sí, ya juntos en racimos.

Los frutos pierden por lo comun la acrimonia que les es propia en su estado primitivo, quando el calor del Sol, ó la fermentacion interior ha llegado á perfeccionar su substancia.

FORMACION DE LOS VEGETALES.

542. OBSERVACION. Así como el Animal se forma y nutre por medio de los sucos nutricios que le supeditan los alimentos, y que modifican y transforman los apretadores, agugeros, tipos y alambiques de la máquina animal (517), así tambien el Vegetal se forma y desenvuelve por medio de los jugos nutritivos que le traen sus raices y hojas, y que su organizacion prepara y modifica.

Las Plantas chupan, absuerven y aspiran el agua

de la tierra por medio de sus raíces en forma de cavellera que son otros tantos pequeños tubos, y la humedad del ayre por sus hojas porosas y abforventes en que empiezan ó terminan una infinidad de pequeños conductos. Como el agua tiene siempre en disolucion una cantidad considerable de muchísimos cuerpos heterogéneos con quienes tiene afinidad (108), insinuándose en la planta lleva consigo muchas y varias sustancias que mezcladas y combinadas con ella componen asi la savia como el jugo de esta planta.

I.º Se ha observado que hay en las plantas una *Savia ascendente*, y otra *descendente*; de aqui en las plantas ó vegetales una circulacion de savia y jugos nutritivos semejante á la circulacion de la sangre y humores que hay en los animales.

Se sabe que hay en los Arboles *Vasos linfáticos* que distribuyen la savia ó nutrimento comun á todas las especies; y *Vasos propios* por donde fluyen los sucos propios ó los sucos privativos de cada especie. Se presume tambien que tienen los árboles *Vasos aereos* á los que han llamado *Tracheas*, colocados en lineas espirales al rededor del tronco, y destinados á facilitar la circulacion de la savia y jugos privativos.

II.º Como no todos los *Jugos de la tierra* son indiferentemente convenientes para cada especie de Vegetal, está cada una organizada de un modo particular, propio para recibir los jugos que la convienen, é impedir el paso de sus agujeros y moldes á los que no la convienen.

Los jugos atraidos y admitidos en lo interior de la Planta se trituran, amasan y modifican en una multitud de canales y agujeros que podriamos muy bien comparar al estómago, intestinos y venas lácteas de los animales. La única secrecion que tienen las plantas es la Transpiracion sensible é insensible que hay indudablemente en el género vegetal, del mismo modo que la hay en el animal.

Los *Canales de la Savia* y de los jugos divididos

en infinitas ramificaciones como las venas y arterias de los animales, nutren y sustentan todas las partes de la planta llevándolas jugos elaborados del modo conveniente para cada una, distinto para el tronco que para la corteza, hojas y flores. El sobrante ó la parte redundante de estos jugos nutritivos refluyendo á los reservatorios convenientes, se convierte en gérmenes que son en pequeño lo que la planta es en grande.

III.º ¿Pero como y por medio de que mecanismo físico *dos Plantas diferentes*, por exemplo un ranúnculo y una berza, una higuera y una encina eligen en una misma tierra con sus raíces á modo de cavellera, y en una misma masa de ayre húmedo con sus hojas porosas y absorbentes los jugos nutritivos que las convienen especialmente á cada una? ¿Afirmar que esto es así no es hacer una suposicion de la clase de estas ingeniosas chimeras que inventa la imaginacion, y que no tienen fundamento alguno en la Naturaleza? No por cierto. Esta suposicion no está imaginada sin fundamento: está indicada por una experiencia bien sencilla y sensible, que es la siguiente.

Mézclense en un vaso algo grande agua, vino y aceyte. Tómense *tres tiras de papel*: mójese la extremidad de cada una en uno solo de estos licores, y métese esta extremidad en el vaso en que estan los tres licores mezclados de fuerte que entre algun tanto en el líquido compuesto quedando la extremidad seca fuera del vaso. Se verá que cada tira atrae y destila por la extremidad que cuelga fuera del vaso solamente aquel licor en que se ha mojado la extremidad que está dentro de él, de modo que la tira cuya extremidad se mojó en agua solo atraerá el agua, é igualmente las otras dos atraerán la una el vino, y la otra el aceyte.

Tal es ó de este modo puede concebirse la *Chupadura de las Plantas*, con la que recibiendo únicamente la sustancia proporcionada á sus órganos y naturaleza repelen todas las demas. La higuera atrae y recibe un jugo mas lácteo, la encina un jugo mas leñoso, y el ra-

núnculo un jugo, que se convierte en mil colores admirablemente diferentes. ¡Que nueva prueba á favor de las Afinidades ó Atracciones especiales que hemos probado ya en otro lugar! (93.)

DESCRIPCION DE LAS VARIAS PARTES QUE
CONSTITUYEN LOS VEGETALES.

543. OBSERVACION. Por ser muy extenso el Reyno vegetal se le divide en *Arboles*, *Arbustos* y *Hiervas*, pero su organizacion general es la misma en todas estas clases: para observarla mejor la exâminarémos en los árboles en donde se presenta mas en grande.

En la rama de un árbol cortada transversalmente se notan quatro cosas principales, á saber la medula ó meollo, la madera, el alborno y la corteza; y lo mismo se observa en el Arbol entero, que es en grande lo que la rama ó bástago en pequeño.

I.º La *Medula* que está situada á lo largo del exe del tronco cilíndrico es un conjunto de casillas separadas por medio de intersticios, una especie de texido celular compuesto de ventrículos verdosos y llenos de jugo. Esta medula bien palpable en los pequeños bástagos se endurece con el tiempo, y por lo comun no se halla en el tronco ó en la madera bien formada.

II.º La *Madera* es la parte mas dura del tronco dividida en capas concéntricas al rededor del exe. Esta viene á ser un conjunto de fibras longitudinales ligadas fuertemente unas á otras por medio de una infinidad de fibrecitas transversales que desde el corazon ó exe pasan á la corteza. La madera propiamente dicha llega hasta el alborno.

III.º El *Alborno* es una capa ó ceñidor de madera imperfecta y mal formada, situada entre el corazon y la corteza de los árboles. El alborno se distingue de la madera perfecta por su color y dureza. Los Artistas no hacen uso de él por ser poco sólido, y fácil de carcomerse. El alborno propiamente no es otra cosa que las últimas capas del incremento que ha adquirido el árbol

y que no estan todavia bastante endurecidas y formadas.

Adquiriendo el árbol en cada año una nueva capa leñosa entre la corteza y el alborno del año anterior convierte sucesivamente en madera su alborno que se condensa y endurece continuamente en fuerza de la presión de las nuevas capas que adquiere el árbol; y así se puede conocer fácilmente *el tiempo que tiene un Arbol* por las capas leñosas concéntricas que tiene entre el exe y la corteza, porque cada año adquiere una nueva capa, y de consiguiente el número de años que tiene es igual al de sus capas ó cintas leñosas.

IV.° La *Corteza* es la cubierta y como la piel del árbol. En esta corteza es en la que consiste su principal organizacion. Se compone de tres partes principales, que son el libro ó la corteza interior, la corteza media, y la epidermia ó corteza exterior.

El *Libro* es un conjunto de películas finas semejantes á las hojas de un libro que estan inmediatamente pegadas al alborno. Cada año por la Primavera este conjunto de películas acinadas unas sobre otras y concéntricas se desune del resto de la corteza y se hace una nueva capa de alborno. La savia que fluye por entre el libro y la corteza media produce cada año una nueva capa de películas entre la corteza media y el libro del año anterior.

La *Epidermia* es la piel exterior que cubre todas las partes de la corteza; es una membrana muy fina siempre transparente, por lo comun sin color, elástica, y un poco porosa.

V.° La *Corteza media* situada entre el libro y la epidermia está compuesta de fibras leñosas longitudinales, de los vasos propios y de un texido celular. De estas tres cosas depende principalmente la vegetacion de las plantas.

Las *Fibras leñosas longitudinales* son vasos huecos por donde fluye la savia. Estando pegadas unas á otras sin anastomosis ó sin sopapos de comunicacion forman un texido de hacecitos en forma de red cuyas mallas son mas largas que anchas y vienen á ser los músculos de los vegetales.

Los *Vasos propios* son tubos longitudinales pegados

á las fibras linfáticas por donde fluye la savia, y llenos de un jugo privativo de la planta, como lo es la leche en la higuera, la resina en los pinos, el maná en ciertos fresnos de Italia, y una especie de áceyte ó miel en ciertas flores. El jugo privativo de la planta es como su sangre, y caracteriza sus frutos. La savia es como la linfa y se distingue muy poco del agua pura en ciertas plantas, como en la parra que llora.

El *Texido celular* es un conjunto de vexiguillas pegadas unas á otras por sus bocas y sus lados sin comunicacion sensible entre sí, y sepultadas entre las mallas de las fibras de la savia.

INXERTACION DE LOS ARBOLES.

544. DESCRIPCION. La *Inxertacion* en general es la union de una porcion de una planta á otra, con la que forma un cuerpo y continúa en vivir. La porcion que se une se llama *Inxerto*, y la planta á que se une *Sugeto*.

Hay muchos modos de inxertar. Se puede inxertar á pua, á corona, á cañutillo, á escudete y por vecindad; pero todas estas diferentes operaciones surten un mismo efecto; á saber transportar los jugos del sugeto al inxerto, y modificar los de aquel en los moldes de este. Un *Arbol silvestre* no da mas que frutos agrios y ruines; pero si se le inxiere una pua de un buen peral producirá peras muy hermosas y de un gusto muy agradable. Por el contrario un inxerto silvestre implantado en un árbol mas cultivado y que da frutos mas delicados no da mas que frutos agrios y silvestres. Mediante esta operacion de inxertar el Arte perfecciona continuamente á la Naturaleza en aquellas plantas que por la excelencia de sus frutos y flores merecen mas la atencion de los hombres. Harémos brevemente algunas observaciones generales y fundamentales sobre esta operacion.

I.º Todos los Sugetos que provienen de pepita ó tito, por excelente que sea el fruto que dió la pepita ó el tito son silvestres, y así es necesario inxertarlos para quitar á sus frutos la acrimonia que tendrian sino se hicie-

ra esta operacion con la qual se consigue este efecto, porque el inxerto recibe los jugos que convienen á su naturaleza y repele los que no la convienen.

II.º El Arbol silvestre que se quiere inxertar debe ser de una naturaleza algun tanto análoga á la del inxerto que se le quiere unir. Por esta razon no conviene poner en sugetos de pepita inxertos de tito, ó al contrario; ni unir por medio del inxerto árboles cuya lavia se pone en movimiento, ó que arrojan flores y dan fruto maduro en tiempos muy distantes, como ni tampoco aquellos cuya naturaleza sea demasiado diferente, ó ya por la qualidad de los jugos propios, ó ya por la dureza especifica de su madera, ó ya en fin por la estructura sumamente diversa de sus cortezas.

III.º No solo se inxertan los árboles silvestres sino que tambien es útil inxertar los cultivados, pues en estos sirve el inxerto de conservar y perfeccionar el gusto de sus frutos.

El Sugeto no desnaturaliza la especie de fruto del inxerto. Un inxerto de Peral implantado en un sugeto análogo sea el que quiera, no da otro fruto que peras; pero un *Sugeto cultivado* da mas delicadeza y mejor sabor á los frutos del inxerto que un *Sugeto silvestre* de la misma especie.

IV.º Se llegó á creer por lo que decian algunos Autores de Obras de Agricultura, que se podrian lograr frutos extraordinarios y singulares inxertando ciertos árboles frutales en otros árboles no análogos; por exemplo el Peral en el Ciruelo ó la Encina, el Melocoton en el Nogal ó el Sauce, el Moral en el Membrillo ó la Higuera, y así respectivamente uniendo árboles muy diferentes. Pero la experiencia ha desvanecido estas esperanzas chíméricas.

EXPLICACION. Todo Inxerto es una pequeña planta perfectamente semejante por su organizacion al árbol de que se la ha cortado, por lo qual debe conservar su naturaleza primitiva aun despues de implantada en su sugeto.

I.º El *Sugeto* de una naturaleza bastante análoga á la

del inxerto chupa de la tierra mediante sus raíces en forma de Cavellera los mismos jugos nutritivos y la misma savia que chupaba antes de estar inxertado. Esta Savia y estos jugos tirando á circular en la planta que les atrae y á subir mas arriba del punto en que se ha introducido el inxerto, hacen exfuerzo para abrirse paso por los vasos así linfáticos como propios del inxerto.

Pero de este torrente de savia y jugos que se presentan al orificio de los poros y vasos del Inxerto solamente la parte analoga á la savia y jugos de este logra insinuarse en su seno, filtrarse por entre sus vasos, y circular y transformarse en su naturaleza, pues la parte heterogénea de la savia y jugos del fugeto es detenida y repelida al llegar á los vasos del inxerto, ó ya por no ser sus poros proporcionados para admitirla, ó ya por faltarle la afinidad conveniente para atraerla. (542)

II.º Para que puedan prevalecer juntos el Inxerto y el Sugeto deben de tener entre sí cierta relacion así en su naturaleza como en el tiempo de arrojar las flores y madurar sus frutos. La razon de esto es fácil de comprender. Quando el fugeto y el inxerto son de *naturaleza muy diferente*, el fugeto solo provee al inxerto de jugos que no convienen á su naturaleza, ni son aptos para transformarse en su sustancia, y esto viene á ser lo mismo que si se quisiera mantener á un palomino ó á un pollo con heno como se mantiene á un cavallo, ó con cadáveres como los animales carnívoros.

Quando la *Savia del inxerto* empieza á ponerse en movimiento antes que la del fugeto, disipa el inxerto su substancia por la transpiracion sin repararla por la nutricion.

Quando el inxerto y fugeto son de tal naturaleza que deben *arrojar flores* en tiempos muy distantes uno de otro, le faltan al inxerto los jugos destinados á producir las flores y despues los frutos en el tiempo mismo en que tiene mas necesidad de estos jugos, y de consiguiente debe ser estéril.

Quando los *Frutos del inxerto maduran* mucho mas

tar-

tarde que los del sugeto, este que cesa de conducir y elaborar los jugos nutritivos al mismo tiempo en que cesaria sino estuviera inxertado no contribuye al inxerto con los jugos que necesita para que maduren sus frutos. De consiguiente ó no dará ningunos, ó serán pocos y malos.

III.º Pero quando el Sugeto y el Inxerto son bastante analogos así en su naturaleza como en el tiempo en que arrojan flores y maduran sus frutos, se logra la sorpresa y el placer de ver nacer y madurar sobre las principales ramas de un mismo sugeto transformado en otros tantos árboles diferentes quantos son los inxertos que se han implantado en él, *varias Especies* de flores y frutos que harán sucesivamente las delicias de la vista, del olfato y del gusto.

ARTICULO TERCERO.

IDEA GENERAL DEL REYNO MINERAL.

545. El *Mineral* es un cuerpo fosil que se forma en las entrañas de la tierra, cuya extructura es enteramente distinta de la organizacion de los animales y vegetales, y que se forma por coagulacion y *juxta-posicion* sin vegetacion alguna intrínseca. Tales son los metales, las piedras, el azufre, ciertos aceytes y betunes que se forman en el seno de la tierra. En general

I.º Llámanse *Minerales* todas las substancias sólidas ó líquidas que se forman sin vegetacion en las Cavernas de los volcanes, en lo interior de las minas, y en qualquiera sitio profundo de la tierra.

II.º Llámanse *Fosiles* las substancias minerales que se extraen de las minas ó de debaxo de la tierra. *Quæcunque nascuntur in fodinis, et ex fodinis extrahuntur.*

Hay Fosiles propios de la tierra, (*Fossilia nativa*.) y son aquellos que se forman en el seno de la tierra por

juxta-posicion y sin vegetacion, como son los metales, las piedras, las sales, los azufres y los betunes.

Hay tambien Fosiles extraños á la tierra (*Fossilia hetheromorpha*), y son aquellos cuerpos que habiendo antiguamente pertenecido al Reyno mineral ó vegetal han sido fumidos en la tierra en donde unos han conser-vado su naturaleza primitiva, y otros la han perdido petrificándose, ó mineralizándose, ó alterándose de qualquiera otro modo.

III.º Las Substancias metálicas puras se llaman simplemente *Metales*. Las substancias metálicas ligadas con materias heterogéneas que son por lo comun el azufre y el arsénico se llaman *Metales mineralizados*.

Las materias heterogéneas que combinándose con las substancias metálicas las mineralizan, se llaman *Mineralizadores*. Y las substancias en que se forman los Minerales se llaman *Matrices*.

MINAS METALICAS.

546. OBSERVACION. Hállanse en varios parages de las entrañas de la Tierra *Minas metálicas* de toda especie, ó Compuestos naturales que contienen los metales perfectos, los imperfectos y los semi-metales (128) ligados con varias substancias heterogéneas.

I.º Estas Mezclas que produce la Naturaleza en sus laboratorios subterráneos no tienen en lo interior de la tierra las propiedades metálicas.

Para dárselas es necesario desunir los metales de los Mineralizadores con quienes estan ligados ó combinados en la mina que les sirve de matriz, y que serpentea por lo comun por la tierra formando *Venas* y ramos de diferentes grandores y figuras. Las Venas son otro tanto mas abundantes quanto mayor cantidad contienen de substancia metálica y ménos de mineralizante.

II.º Los metales puros en su especie, metales dotados de sus propiedades metálicas, metales no mineralizados ó no combinados con substancias extrañas á su naturaleza

que se hallan á veces en las minas se llaman *Metales nativos*, por exemplo oro nativo, plata nativa, cobre nativo, pero muy pocas veces y en muy pequeña cantidad se hallan los metales en este estado.

MINAS DE PIEDRA, Ó CANTERAS.

547. OBSERVACION. En la superficie y lo interior de la tierra no se halla por lo comun otra cosa que la substancia terrea y la petrea mezcladas ó acinadas.

I.º Las *Substancias terreas* se ablandan, inflan, dividen y deslien en el agua, pueden mezclarse con ella, pero el agua nunca llega á disolverlas.

Las *Substancias petreas* tienen sus partes mas pegadas y adherentes entre sí que las terreas, y estan de tal fuerte endurecidas y combinadas que se las puede meter y tener en el agua sin que se ablanden, dividan, deslien, mezclen con ella, ni sean por ella disueltas. Tal es la idea general que se puede formar de las *Piedras* para distinguirlas de la simple tierra que es su principal constitutivo.

Entre las *Piedras* hay unas muy febles como el Talco, otras muy porosas como la piedra Pomez, y otras muy duras como la Agata y el Diamante. Las mas bellas *Piedras preciosas* tienen una dureza tan grande que resisten al acero mas bien trabajado y templado, y no se las puede labrar sino con polvos de diamante los que se sacan frotando uno con otro dos diamantes en bruto.

Hay tambien unas *Piedras* que son opacas y comunes, otras que son transparentes y preciosas; aquellas tienen un grano mas grosero y heterogéneo, estas tienen un grano mas fino, á veces homogéneo y á veces heterogéneo. Ya en otro lugar hemos hablado del diamante y del cristal natural. (131.)

En general las *Piedras* solo se distinguen de las tierras por la dureza y ligazon de sus partes: y así se pueden distinguir otras tantas especies diferentes de piedras

quantas especies hay de tierra cuyo grano y qualidad sean diferentes; y en otro lugar dexamos explicado el mecanismo de su formacion. (134)

548. *DIVISION.* Se pueden dividir las Piedras en *cinco Clases principales* segun las cinco naturalezas ó propiedades diferentes que conocemos en las piedras; pero estas clases admiten todavia un gran número de subdivisiones que pueden servir para distinguirlas mejor.

I.º Hay *Piedras arcillosas* que no se disuelven en los ácidos y que se endurecen al fuego ordinario. En esta clase se colocan muchísimas especies de piedras que tienen bastante semejanza así por su grano como por su qualidad con las vasijas y crisoles de los Alfareros hechos de arcilla ó greda.

II.º Hay *Piedras calcareas* que se disuelven en los ácidos y se reducen á cal con el fuego. En esta clase se colocan la piedra de que se hace la cal comun, el mármol, el espato calcareo, las estaláctitas y el alabastro calcareo.

Algunos Naturalistas quieren que toda esta clase de piedras traiga su origen de conchas petrificadas, pero acaso seria mas natural decir que las conchas mismas se forman de una substancia semejante á la de que se forman estas piedras calcareas en el seno de la tierra.

III.º Hay *Piedras hiesosas* que no se disuelven en los ácidos, y á quienes la accion del fuego convierte en hiefo, materia muy diferente de la cal comun. De esta especie es una cierta materia petrea que parece no ser otra cosa que una tierra endurecida, ó que el resultado de una piedra calcarea disuelta por el ácido vitriólico, y despues endurecida y cristalizada.

Esta materia abunda mucho en varios parages en donde forma cordilleras de montañas ó colinas bastante extensas como en las cercanías de Paris, por exemplo cerca de Montmartre.

IV.º Hay tambien Piedras ignescentes que no se disuelven en los ácidos y que echan chispas quando se las hiere con el azero templado. En esta clase se colo-

can el Pedernal, la Agata, el Jaspe, el Diamante y el Cristal de roca. El principio y constitutivo de esta especie de piedras es una arena mas ó ménos fina, mas ó ménos pura, y mas ó ménos libremente cristalizada (133).

En esta clase se comprehende la mayor parte de las *Piedras vitrificables* así llamadas porque estan compuestas de la tierra mas pura y mas elemental á quien los Chímicos han dado el nombre de *Tierra vitrificable*, y es la mas apira, la que mas refracta, y es la menos fusible de todas especies de tierra.

V.º Hay en fin *Piedras fusibles* que se derriten por sí mismas y sin necesidad de disolvente con un grado de calor á que resisten las anteriores. Las piedras de esta especie son muy pesadas y no hacen fuego aunque se las hiera con el eslabon.

De esta clase de piedras es el Espato selenitoso que no se disuelve en los ácidos pero que se pone en fusion, y despues se vitrifica á un fuego muy violento. De la misma son tambien algunas otras especies de piedras que saben bien distinguir los que se ocupan en hacer el vidrio (135), y que se funden y transforman en un vidrio casi transparente sin necesitar de aditamento alguno, ó de fundente. Estas *Piedras vitrificables* deben sin duda su fosibilidad natural á alguna materia heterogénea que tienen unida á sí y que hace en ellas el oficio de disolvente.

549. NOTA. El *Arte de los Alfareros* es una imitacion imperfecta de la Naturaleza en la grande obra de la Petrificacion.

La materia de que se sirven para fabricar sus obras es la Arcilla ó Greda por la propiedad que tienen estas especies de tierra de ser fáciles de amasar y figurar, como tambien de adquirir despues mucha solidez y dureza mediante la accion del fuego que les quita toda la humedad y da un contacto mas íntimo á todas sus partes.

Pero como hay tantas diferencias de tierras arcillosas así por la finura del grano como por la afinidad

y viscosidad de sus partes, las obras de los Alfareros son unas mas, y otras ménos finas. Nadie ignora la diferencia que hay entre los Valos de barro-loza y porcelana, la que únicamente consiste en que aunque todos son hechos de arcilla esta es de un grano mas ó ménos fino, mas ó menos unido, está mas ó menos cocida y endurecida en unos que en otros. La *Porcelana* parece que es una arcilla cocida hasta el punto de una semi-vitrificacion.

LA PIEDRA IMAN : LA BRUXULA.

550. OBSERVACION. La mas singular, mas útil y mas incomprendible de todas las piedras es el *Iman* que semeja á un genio tutelar guía á los Navegantes en los inmensos mares, y los enseña el rumbo que deben seguir aun quando les falten todas las demas luces.

El Iman es una Piedra ferruginosa que se halla en las minas del hierro en casi todos los parages del mundo, ya de color de hierro en bruto, como en las Indias, en la China y en todos los Países del Norte; ya negruzca como en Macedonia; ya algo cenicienta como en Lorena; y ya en fin de color roxizo como en Devonshire en Inglaterra. Cinco son las *Propiedades principales* que se advierten en el Iman.

I.º El Iman atrae y agarra á otro iman ó á un trozo de hierro, y *esta es su Atraccion*, que es una virtud mecánica enteramente independiente de la Atraccion así general como especial.

Esta virtud atractiva parece ocasionada por un torrente de corpúsculos que se precipita recíprocamente del Iman en el hierro, y de un Iman en otro Iman. Pero se debe convenir en que ignoramos totalmente la causa y el mecanismo de este fenómeno, y en que todos los Sistemas que se han imaginado hasta ahora para dar razon de él son tan frívolos y tan poco satisfactorios que no merecen aprecio alguno.

II.º El Iman comunica y transmite su atraccion al hier-

ro á quien toca sin perder él nada de esta propiedad, y *esta es su comunicacion*, propiedad física tan real pero tambien tan inexplicable como la anterior:

Un pedazo de hierro tocado al Iman se le puede considerar como un verdadero iman, y aplicarle á producir los mismos efectos. Estas dos propiedades del Iman, á saber su Atraccion y su Comunicacion no eran desconocidas á los Antiguos.

III.º El Iman es como un pequeño mundo que tiene sus Polos y su Equador aparte. Sus dos Polos se dirigen el uno únicamente hácia el Norte, y el otro únicamente hácia Medio-dia, y en esto consiste su *Direccion*. El Iman comunica esta propiedad á una agujilla de azero que se toca á él, y que suspendida y puesta en equilibrio sobre un sosten dirige determinadamente una de sus puntas hácia el Norte y la otra hácia el Medio-dia. A esta aguja se la llama *Brúxula*, y es la que ha abierto la vasta extension de los mares á los Navegantes, á los Comerciantes y á los Conquistadores. Esta propiedad del Iman no era conocida en Europa antes del Siglo trece ó catorce.

IV.º Los Polos del Iman sea en un mismo pais, sea en paises diferentes no se dirigen constantemente hácia los mismos puntos de Norte y Medio-dia. Un Iman suspendido y dexado en libertad, y una Aguja de hierro tocada á él dirigen siempre su polo septentrional hácia el norte, y su polo meridional hácia el medio-dia. Pero esta linea de direccion declina ya hácia el Oriente, ya hácia el Occidente, ya formando un ángulo mayor y ya en fin formando un ángulo menor: *esta es su Declinacion*.

Aunque esta Declinacion varie de un lugar á otro y aun á veces de un dia á otro en un mismo lugar, se ha notado que en general la Declinacion ha sido oriental en casi todos los paises del mundo desde el año 1550 hasta 1664; que en 1666 la declinacion no era ninguna, ó lo que es lo mismo que la *Brúxula* se dirigia precisamente hácia los dos Polos, y que desde entonces la *Declinacion* se ha hecho occidental.

Esta declinacion occidental era en Paris de 18 grados y 30 minutos en 1763 ; de 19 grados y 45 minutos en 1771; y de 19 grados 50 ó 55 minutos en 1774 ; y así desde 1666 hasta 1774, esto es en una duracion de 108 años parece que se aumentaba progresivamente un grado y como seis minutos en cada seis años ; pero desde 1774 hasta el presente ha cesado totalmente este aumento progresivo de Declinacion occidental, y es solo como de 19 grados y 40 minutos en Paris, lo que nos indicaria que va á hacerse retrógrada si otras observaciones hechas en Brest y en algunos otros parages no nos hiciesen presumir que continua casi en los mismos términos que antes.

Ademas de la variacion general y durable de que acabamos de hablar y que se puede mirar como fixa en todos los parages respecto de un mismo tiempo, padece la Brúxula otra *Variacion diurna* que la hace adelantarse un cierto número de minutos hácia el occidente en la mañana, y retroceder despues hácia el oriente un número casi igual de minutos por la tarde.

V.º Aunque los Polos del Iman se dirigen hácia el norte y medio-dia no se dirigen con todo constantemente y en todas partes á la altura de los polos celestes, pues baxo del Equador la Brúxula tiene su direccion con corta diferencia en el plano del horizonte que toca en los dos polos del cielo. Pero á medida de que se acerca hácia uno de los dos polos baxa cada vez mas abaxo del polo á que se acerca elevándose proporcionalmente mas arriba del polo de que se aleja, tirando siempre á estar con corta diferencia en el plano del horizonte, y en esto consiste su *Inclinacion*.

551. NOTA. Las Causas físicas de estas cinco propiedades del Iman estan hasta aora, y acaso estarán eternamente ocultas debaxo del velo de la Naturaleza.

I.º Algunos Físicos han querido atribuir los fenómenos del Iman á la accion ó impulsion de un Torrente de materia magnética que suponen que circula al rededor del globo terrestre de un polo á otro en la direccion

cion de los Meridianos con una declinacion variable.

II.º Pero este *Torrente magnético* cuya existencia está muy lexos de ser cierta y demostrada, no satisface de modo alguno á los fenómenos para cuya explicacion le han imaginado y supuesto. Pues si sin adoptar ni impugnar la existencia de este Torrente ó Turbillon magnético examinamos su accion y influencia, y hallaremos que su Mecanismo físico es tan obscuro como el del Iman, ó lo que es lo mismo, que el mecanismo del Iman queda tan obscuro como antes.

¿Porque por exemplo, y en fuerza de qué principios físicos este torrente magnético tiene su direccion de norte á medio-dia mas bien que de oriente á occidente? ¿Porque este torrente magnético se introduce por un polo del Iman mas bien que por otro, sea la que quiera la situacion en que se ponga al iman tanto quando la direccion de esta piedra ó de la Brújula es obliqua, como quando es perpendicular á la suya? ¿Porque este torrente magnético nó produce en el oro, el cobre, el mármol y la madera los mismos fenómenos que causa en el Iman y en el Hierro tocado á él? ¿Como y por qué prodigio los vientos y borrascas no alteran la direccion y accion de estos torrentes magnéticos?

De todo esto es imposible dar razon alguna física que satisfaga á un espíritu filosófico.

FORMACION DE LOS MINERALES.

552. OBSERVACION. Algunos Físicos se han tomado el trabajo de inventar vanos sistemas para formar mecánicamente el globo terrestre tal qual se muestra en su superficie é interior á los ojos de los Naturalistas.

Esto á mi parecer es abusar de la Física la qual no debe indagar el mecanismo del Globo terrestre en su formacion primitiva, como ni el del ayre, del agua, de la luz y de los globos celestes por ser todo esto necesariamente obra de un Ser increado y criador. El *Globo terrestre* tuvo sin duda quando salió de la nada y

empezó á exsistir, tierras, metales, piedras, plantas y animales, ó las mismas especies de sustancias animales, minerales y vegetales que tiene hoy; y al Físico no le toca mas que exâminar qué revoluciones han debido padecer estas varias especies de sustancias en fuerza de las Leyes Físicas.

Sabemos que en el Reyno animal y vegetal forma continuamente la Naturaleza nuevos individuos. ¿Procede del mismo modo en el Reyno mineral? Por exemplo, los elementos que componen las sustancias animales y vegetales se transforman destruidos los individuos en nuevas sustancias animales y vegetales: ¿Sucede lo mismo con las sustancias minerales? ¿Todas las moléculas de oro, plata, cobre, hierro, plomo, arsénico, mármol, diamante, pedernal &c. que exísten hoy en la Naturaleza han exístido con la misma naturaleza actual sea esparcidas, sea reunidas desde el principio de los tiempos? ¿O bien la Naturaleza está cada dia convirtiendo en sus Laboratorios subterráneos las sustancias de qualquiera especie en moléculas de oro, plata, cobre, hierro, plomo, diamante &c.?

He aquí un problema curioso pero difícil de resolver. En defecto de Experiencias en virtud de las quales únicamente podríamos decidir esta questión nos atreverémos á proponer algunas reflexiones y conjeturas sobre ella, que acaso no dexarán de ser interesantes.

PROPOSICION I.

553. " Los Minerales que la Chîmia tiene por indescindibles é inalterables á saber el oro, la plata y la platina parece que no se forman de otro modo que por una simple juxta-posicion de sus partes integrantes, criadas tales desde el principio de los tiempos, conducidas y acinadas por los flúidos sin que se formen nuevamente en la Naturaleza partes integrantes de estos Minerales. "

EXPLICACION. I.º No parece que los fuegos y di-

solventes subterráneos pueden tener mas fuerza y actividad en grande que tienen los fuegos y disolventes químicos en pequeño, pues que la Química descompone y vuelve á componer los cuerpos que han sido disueltos por los fuegos y disolventes subterráneos, y bien á menudo compone y descompone todavia mas las sustancias que ya han estado expuestas á los fuegos mas violentos en las entrañas del Vesubio, el Ethna, y otros Volcanes cuya actividad es á la verdad superior á la del fuego regular de todos nuestros hornos químicos, pero tambien es inferior á la del fuego concentrado en los Espejos ustorios, y aun á la del fuego de algunos hornos químicos ayudado de la accion de ciertos disolventes.

Es así que los fuegos disolventes químicos no han podido jamas llegar á componer ó descomponer los Minerales que la Química tiene por indestructibles é inalterables.

Luego es verosímil que estos minerales no padezcan composicion ó descomposicion alguna de partes integrantes en las entrañas de la tierra. Luego es verosímil que todas las partes de estos minerales que existen hoy hayan existido desde el principio de los tiempos.

II.º La accion de los fuegos y disolventes subterráneos funde, divide, atenua, dispersa y mezcla de varios modos los Minerales indestructibles é inalterables sin desnaturalizar sus partes integrantes. Luego estos Minerales pueden y deben ser continuamente corroidos, divididos, atenuados, llevados de una parte á otra, y mezclados de mil modos diversos por los Agentes subterráneos, sin que sus partes integrantes pierdan su naturaleza primitiva, ó esta se altere.

Las moléculas de estos Minerales indestructibles é inalterables, expuestas á la accion de los fuegos que las ponen en fusion, de los ácidos que las disuelven, y de los líquidos y flúidos que las conducen puras ó mezcladas mudan de sitio y de combinacion, se juntan ó dispersan, se unen ó dividen sin mudar intrínsecamente de naturaleza, al modo que el Oro despues de haber pasado por todas las pruebas de los fuegos y disolventes

chímicos, despues de haber estado mezclado y combinado con todas las sustancias conocidas, queda siempre oro.

De aqui, esto es de esta accion permanente de los fuegos y disolventes subterráneos proviene la disminucion ó acabamiento de estas sustancias minerales en ciertos parages, y su formacion y aumento en otros sin que con todo se formen nuevas partes integrantes de estos metales, ni sus partes integrantes primitivas perezcan ó se desnaturalizen.

El Oro por exemplo, que se saca de las entrañas de la tierra estaba en ellas desde el principio de los tiempos puro ó mezclado con otras sustancias; y el Oro que se destruye en fuerza de la frotacion en los muebles de que usamos vuelve á entrar en moléculas insensibles en las entrañas de la tierra en donde cada molécula permanece constantemente lo que fué desde el principio de los tiempos, molécula de Oro.

PROPOSICION II.

554. "Es verosímil que en los Minerales destructi-
,,bles y alterables como son los metales imperfectos, los
,,semi-metales, las piedras y los fosiles así bituminosos
,,como inflamables forme la Naturaleza nuevas combi-
,,naciones que destruyan y renueven continuamente las
,,partes integrantes y constituyentes de estas sustancias
,,minerales. ,,"

EXPLICACION. Los fuegos y disolventes chímicos quitan y vuelven á nuestro antojo á los metales imperfectos y semi-metales sus propiedades metalicas, les convierten en cal, vidrio y tierra quitándoles su flogístico ó su parte inflamable, y les vuelven despues su naturaleza primitiva comunicándoles principios semejantes á aquellos que les habian quitado.

Luego los fuegos y disolventes subterráneos que igualan y frecuentemente exceden en actividad á los que por lo comun emplea la Chímia para producir estos fenómenos, pueden seguramente causar los mismos efectos; pue-

den disolver el mármol y el pedernal, y *terrificarlos*; endurecer la arcilla, y *petrificarla*; fundir la arena, y *vitriificarla*; quitar su flogístico á las mas de las sustancias minerales, y *calcinarlas*; comunicar este flogístico á las tierras y cales minerales, y *mineralizarlas*, como efectivamente lo hacen y es fácil observar en las Labas, es decir en las materias de todas especies que disueltas y fundidas arrojan todos los dias los Volcanes encendidos.

Luego es verosímil que en los Minerales destrucibles y alterables se formen continuamente *nuevas Combinaciones* ó nuevas partes integrantes de todas especies, por exemplo de plomo, hierro, arsénico, marmol, diamante, betun, sal &c.

CONGELACIONES Y PETRIFICACIONES.

555. OBSERVACION I. Hállanse en lo interior de la tierra á una profundidad ya mayor ya menor varias *Grutas de todos grandores*, en que la Naturaleza obstenta mas riqueza y brillantez que puede reunir el arte en los Palacios de los mayores Potentados.

Paredes, columnas, cuerpos de toda especie formados ó cubiertos de una sustancia sólida y brillante, infinitamente variada así en su grano como en su color y ramificaciones nos presentan al parecer quanto hay demas rico y mas brillante. El oro, el mármol, el esmalte y el azul colocados con un desórden simétrico que admira igualmente al Pueblo que lo mira, y al Naturalista que lo observa parecen aquí empleados con indecible profusion; y esto es lo que llamamos en general *Congelaciones*.

556. EXPLICACION. Estas Congelaciones en forma de mármol, cristal, piedras doradas, azuladas y transparentes de que están cubiertas ó adornadas ciertas Grutas subterráneas como las de Auxêlle en el Franco-Condado, y de San Miguel ó de Rolland cerca de Marsella son *Concreciones naturales* compuestas de sustancias terreas, petreas y aun á veces minerales de que se carga el agua al filtrarse por entre las tierras y piedras porosas, y que

se endurecen y cristalizan con mas ó menos regularidad evaporándose el agua que las ha conducido. (133.)

I.º El *Agua así estancada como corriente* tiene una afinidad muy grande con casi todos los cuerpos de la Naturaleza (96 y 108), y así los puede disolver ó por sí misma, ó mediante algun intermedio, y despues de haberlos disuelto llevárfelos consigo al colarse por entre las tierras y las peñas.

El Agua de lluvia ó fuente cae gota á gota en varios puntos de una gruta subterránea cargada de varias partículas terreas, petreas, salinas, sulfúreas y metálicas que ha separado de las sustancias por entre quienes ha pasado y que tiene en disolucion.

II.º Esta Agua que cae gota á gota en las grutas subterráneas y es el vehículo de muchísimas sustancias heterogéneas, se desune de ellas mediante la evaporacion, y á medida de que estas gotas de agua se evaporan, las partículas terreas, petreas, sulfúreas y metálicas que tiene en disolucion y que no pueden evaporarse como el agua se unen, cristalizan y endurecen segun las leyes comunes de todas las Cristalizaciones. (134.)

De aqui las Concreciones de todas especies y figuras, ya en forma de Reverfos de lámparas cónicos ó piramidales, ya en forma de Columnas de todas figuras y grandores, y ya en fin en forma de Lobanillos abultados, redondos como las criadillas de tierra, ó de una figura semejante á la de la coliflor.

III.º A estas congelaciones se las dan nombres diferentes. Llámanse comunmente *Estaláctitas* las concreciones ó cristalizaciones ramosas en forma de quillas ó de reverfos de lámparas que están en lo alto de las bóvedas; y *Estalagmitas* las concreciones algo elevadas que estan ordinariamente sobre el suelo ó pavimento de las bóvedas. Quando el conjunto de partículas terreas y petreas llega á formar una capa dura y sólida sobre una substancia animal ó vegetal sin penetrar en lo interior de esta substancia, damos á esta congelacion el nombre de *Incrustacion*.

Así pues las *Estaláctitas*, *Estalagmitas* é *Incrusta-*

ciones tienen todas una misma causa, á saber los fucos petreos, terreos, metálicos y sulfureos que estaban en disolucion en las gotas de agua, y que pueden libremente cristalizarse evaporándose esta.

Todas estas especies de Congelaciones varían en su naturaleza y color segun la diversidad de las arenas y fucos infinitamente finos que las gotas de agua tienen en disolucion y conducen á lo interior de las grutas. Varían tambien en su figura segun la diversidad de los agujeros por donde pasa el agua, y del camino que toma para extenderse y evaporarse. Las Estaláctitas están mas unidas porque se forman del agua dexada á su inclinacion natural. Las Estalagmitas están mas esparramadas porque provienen de las gotas de agua que cayendo de lo alto de las bóvedas reflexan y se esparcen en pequeñas gotas. Varían en fin en grandor segun la mayor ó menor cantidad de arena y fucos que conduce el agua, y segun la facilidad ó dificultad que tiene el agua en evaporarse, y las arenas y fucos en cristalizarse. A veces las concavidades subterraneeas se llenan en todo ó en parte de estas Congelaciones.

IV.º Quando muchos fucos petreos mas groseros y no disueltos en el agua son conducidos sobre substancias vegetales, por exemplo sobre plantas ganchudas que nacen ó se pudren en un pantano se forma al rededor de estas plantas una especie de cristalización opaca, porosa y llena de agujeros irregulares. Dásele el nombre de *Toba*, y es una concrecion de la especie de las estaláctitas, ó por mejor decir es una estaláctita de una especie mas grosera.

Las Tobas las vemos formar cada dia en infinitos lugares, y las hay de varias especies arcillosas, arenosas, de marga ó de mineral segun la naturaleza de las substancias que concurren á formarlas con su juxta-posicion y cristalización.

V.º Mediante el mismo mecanismo con que se forman las Congelaciones, se forman tambien los pedernales, los mármoles y toda especie de piedras.

Los *Sucos lapidíficos* ó petreos, conducidos por el agua y cristalizados segun exigen sus afinidades se unen por capas, se endurecen, se aumentan en masa y volúmen, y forman nuevas piedras y aun nuevas canteras que no existían antes.

Y aun frecüentemente estos *Sucos* petreos deben su naturaleza petrea á las *Transformaciones* que han padecido en el seno de la tierra en fuerza de la accion de los fuegos y disolventes subterráneos.

557. OBSERVACION II. Hállanse con bastante frecuencia en las entrañas de la tierra á varias profundidades y á veces hasta en el centro mismo de las Montañas de piedra y mármol Conchas, Vegetales y Huecos de animales íntimamente petrificados ó convertidos en piedra conservando toda su figura primitiva; y esto es lo que llamamos *Petrificaciones*.

Las *Petrificaciones* se distinguen enteramente de las *Incrustaciones*. En estas la substancia animal ó vegetal no está mas que cubierta de una capa de piedra, pero en aquellas los *sucos lapidíficos* penetran la substancia animal ó vegetal en todas sus partes, la desnaturalizan y la convierten en verdadera substancia petrea. Entre los Animales y Vegetales que se hallan sepultados en los *Sucos* petreos

I.º Unos no han dexado mas que la *imágen de sí mismos*; habiendo estado al principio cubiertos por todas partes de una arcilla blanda se han corrompido y disuelto con el tiempo, al paso que la arcilla que les cubria se ha endurecido y petrificado formando de este modo una cavidad que representa claramente el animal ó vegetal que estuvo encerrado en ella, y cuya especie ú otra análoga ó semejante hallamos en la Naturaleza: y esto es lo que llamamos *Estampas* ó *Piedras figuradas*.

Estas *Estampas* representan á los ojos de los Naturalistas en el seno de las canteras hombres, aves, peces, anfibios, quadrúpedos terrestres é infinitos vegetales diferentes unos de otros.

II.º Otros efectivamente se han *petrificado* ó convertido en piedra, y en este estado se han encontrado ciertas conchas, muchos vegetales y algunos huesos de animales.

No es difícil dar razon de este último fenómeno. En un Vegetal y en las partes duras y sólidas de un Animal hay poros por los quales se han introducido los fucos petreos que despues se han endurecido, al paso que los fucos animales ó vegetales se han escapado por el mismo camino. Este Cuerpo animal ó vegetal despues de perdidos ó disipados todos sus fucos no habrá sido al principio mas que un esqueleto descarnado, reducido primero á los filamentos mas resistentes y mas indestructibles de su fondo primitivo; y que despues se habrá quedado en nada pues estos mismos filamentos primitivos se habrán tambien destruido y corrompido con el tiempo.

De fuerte que el Cuerpo animal ó vegetal petrificado no tendrá ya nada de su ser primitivo mas que la figura é imagen; pero con esta diferencia que lo que era *poros* en el primer estado se habrá hecho *partes sólidas* en el segundo, y recíprocamente; y que este Cuerpo tendrá mucha mas pesantez en su estado de petrificacion que tenia en su estado natural, porque en las Substancias animales y vegetales hay muchos mas vacíos que llenos.

558. NOTA I. No todos los Cuerpos que estan sepultados en las entrañas de la tierra se petrifican, porque para que un cuerpo se petrifique es necesario como advierte el juicioso Naturalista M. Bertrand, en primer lugar que sea de tal naturaleza que se pueda conservar largo tiempo debaxo de la tierra sin corromperse; en segundo que no está expuesto al ayre ni al agua corriente; en tercero que esté libre de las exâlaciones corrosivas, y de los disolventes destructores; y en quarto que esté puesto en un lugar donde vengán á parar vapores ó líquidos cargados, sea de partículas metálicas, sea de moléculas petreas como disueltas, los quales sin destruir

el cuerpo le penetren, le impregnen y se unan entre sí á medida de que las partes del cuerpo se disipen evaporándose: cuyas circunstancias rara vez se reunen en la Naturaleza.

Las Estampas se distinguen de las Petrificaciones, en que la Estampa es un vacío, y la Petrificacion un sólido.

559. *NOTA II.* Las famosas Momias de Egipto no tienen nada que ver con las Petrificaciones. Las Momias son Cadáveres disecados cuyas carnes y huesos ha hecho incorruptibles sin desnaturalizarlos el arte de los Embalsamadores.

Se ven Momias bastante semejantes á las de Egipto en ciertas Covachas de Tolosa cuyos vapores y exhalaciones causan naturalmente y sin arte casi el mismo efecto que producía la disecacion procurada por las sales alkalis ó por algun otro medio entre los Egipcios. Hay Momias de Egipto perfectamente conservadas aunque tienen ya mas de dos mil años. Se ignora que antigüedad tengan las de Tolosa.

PUTREFACCION, COMBUSTION, CALCINACION.

560. *DEFINICION I.* La *Fermentacion* es un movimiento intestino que se excita por sí mismo á un grado de calor y fluidez proporcionado entre las partes integrantes y constituyentes de ciertos cuerpos muy compuestos, de cuyos principios en fuerza de la fermentacion resultan nuevas combinaciones. El último grado de la fermentacion es la putrefaccion.

I.º La *Putrefaccion* desnaturaliza enteramente todas las sustancias que la padecen de qualquiera especie que sean los principios que las constituyen, pues por la putrefaccion sus flúidos pierden su carácter distintivo convirtiéndose en alkali volatil, en aceite fétida y en tierra dexada á su inercia; su organizacion se altera y destruye, y sus vasos, fibras, tracheas, celdillas, filtros y aun el texido mismo de las partes mas sólidas se relaxan, desunen, corrompen y resuelven enteramente.

Así que los Animales y Vegetables dexan de vivir, la Naturaleza acaba ella misma de destruir su propia obra descomponiendo enteramente unas máquinas que no la sirven ya para nada. Reduce pues sus materiales á un estado semejante y comun á todos, para elaborarlos de nuevo y emplearlos inmediatamente en la organizacion de otros nuevos seres que deben tambien padecer á su tiempo las mismas mutaciones. De este modo, como ya lo hemos observado, de una perpetuidad de destruccion resulta en la Naturaleza una perpetuidad de existencia.

II.º Si la Putrefaccion desnaturaliza y destruye enteramente las sustancias animales y vegetales, la *Fermentation* altera notablemente su naturaleza mejorándola ó empeorándola. La Fermentacion convierte en vino los jugos del racimo, en cerveza los de la cebada y el lúpulo, en masa de pan la harina y el agua, &c.

561. DEFINICION II. La *Combustion* de un *Cuerpo* no es otra cosa que la desunion del principio inflamable que contiene, y que es uno de sus constitutivos. A este principio inflamable se le llama Flogístico. (185 y 152.)

I.º Quando un *Cuerpo* tiene mucho Flogístico y este está en el estado oleoso, este cuerpo es muy combustible y así arde con una llama brillante y luminosa acompañada de humo y hollin. De este modo está el flogístico en las maderas, las resinas, los aceytes y las grasas.

La leña no arde tan bien, quando por estar *todavía verde* tiene muchas partes aqueas en que está envuelto su flogístico, y quando por ser *ya muy vieja* ha perdido mucha parte de su flogístico por haberse este evaporado.

II.º Quando un *Cuerpo* tiene mucho Flogístico aunque no esté en estado oleoso, y su combinacion con el cuerpo es menos íntima, este cuerpo es tambien muy combustible pero arde con una llama mas ligera, por lo comun menos luminosa, y nunca echa humo ni hollin. En este estado está el flogístico en el espíritu de vino, en el azufre, en el fósforo y en el zinc.

III.º Quando el Flogístico de un Cuerpo no está en estado oleoso y se halla en él en muy pequeña cantidad y fuertemente unido y combinado con sus principios incombustibles, este cuerpo no arde sino con mucha dificultad; siempre sin llama y solamente albandando. En este estado está el flogístico en los metales imperfectos, en lo negro del humo, en ciertas materias animales carbónicas, y en las cenizas de los vegetales ya casi sin flogístico.

A medida de que un Cuerpo va perdiendo su Flogístico, la Combustion va siendo cada vez mas difícil porque siempre la porcion mas volátil y menos adherente del flogístico es la que arde la primera, y ademas las partes incombustibles retienen con mayor fuerza las últimas porciones de su flogístico segun la Ley comun de todas las Afinidades. (649).

IV.º Los Cuerpos privados de su Flogístico se reducen al estado, ó de *Cenizas* como sucede en las sustancias animales y vegetales, ó de *Cal* como en las sustancias petreas y metálicas, ó de *Vidrio* como en la mezcla de ciertas arenas y sales.

La grande Afinidad de estas arenas y sales que componen el Vidrio las hace contraer una adherencia que resiste á la accion del ayre, del agua, de los mas violentos corrosivos, y de los mas poderosos disolventes.

562. DEFINICION III. La *Calcinacion* es una operacion mediante la qual se le quitan á un cuerpo sus partes volátiles no dexándole mas que sus partes fixas todavia adherentes entre sí. Se le pueden quitar á un cuerpo sus partes volátiles, ó por una evaporacion forzada que las disipa, ó por una verdadera combustion que las descompone y destruye.

Las Piedras se calcinan al fuego por la total evaporacion de su principio aquëo. Los Metales imperfectos se calcinan al fuego por la combustion de su principio inflamable con la qual se les priva de sus propiedades metálicas. Las partes fixas de un cuerpo se llaman comunmente *Cal* quando despues de la combustion

conservan todavia cierta adherencia entre sí; y *Cenizas* quando en fuerza de la combustion quedan sin adherencia alguna entre sí, como sucede con las partes fijas de las sustancias animales y vegetales.

563. NOTA. En la calcinacion de las Piedras y Metales se nos presentan dos fenómenos diametralmente opuestos. Darémos una breve idea y explicacion de ellos.

I.º La Experiencia nos enseña que *las Piedras pierden en su Calcinacion como la mitad de su peso*; lo que indica que las piedras calcareas son un compuesto de materia terrea y de algunas sustancias volátiles de que las priva el fuego.

La Cal viva tiene una afinidad muy grande con el agua, y de aquí proviene la efervescencia que se origina quando la Cal viva llega á empaparfe y saturarse de agua, como tambien la adherencia que la Cal contrae con las arenas que estan empapadas en agua, de donde resulta la dureza de la argamasa quando estas arenas que retienen con una fuerza muy grande las últimas porciones de su agua han llegado á adquirir una union íntima con la Cal despojada de su agua superabundante.

II.º Nos enseña tambien la Experiencia que los *Metales imperfectos* (128) *lexos de perder en su calcinacion parte alguna de su peso, le tienen mayor despues de calcinados*. Por exemplo, de veinte libras de plomo que se pongan á calcinar se facan despues de la combustion y calcinacion como veinte y cinco libras de cal metálica. Este fenómeno singular nos demuestra que este metal perdiendo su flogístico se carga durante su calcinacion en bastante cantidad de una sustancia extraña. Para explicar este último fenómeno nos valdrémos de una Obra premiada hace como unos treinta años por la Academia de Burdeos, (*) de la que tomarémos

(*) NOTA. El Autor de esta Obra es el célebre P. Beraud Jesuita, Catedrático entonces de Matemáticas y Director del Observatorio en su Colegio de Leon, que murió en 1777. Se podrá tomar una idea interesante.

en pocas palabras el fondo de la Explicacion clara y satisfactoria que en ella se da, á la que no hay ninguna experiencia ni descubrimiento moderno que se oponga, y que por tanto es la mejor que tenemos sobre este asunto.

564. EXPLICACION. Consta indudablemente que el ayre que vaga cerca de la superficie de la tierra está siempre cargado no solamente de *Vapores aqueos* sino tambien de *Exálaciones terrestres* que estan en equilibrio con las varias capas de ayre en que estan colocadas, y que si adquirieran mayor peso baxarian mas abaxo, y si perdieran algo del que tienen subirian mas arriba.

Los Vapores no son mas que una agua atenuada: las Exálaciones son partículas sumamente pequeñas de nitro, arena, betun, sales fixas y volátiles que la fermentacion hace avolar continuamente del seno de las sustancias animales, vegetales y minerales. En una sala bien cerrada en que solo penetre un rayo de luz muy brillante se ve claramente una nube de estos corpúsculos que revolotean en el ayre; de suerte que no puede haber duda alguna sobre la existencia de la *Causa* cuya influencia vamos á explicar.

I.º El calor del fuego terrestre ó solar de que se usa para *calcinar los Metales imperfectos* dilata y hace mas ligera la masa de ayre que toca en el metal que se va á calcinar. De esto proviene que las capas de ayre cercanas á esta, mas densas y pesadas que ella se precipiten continuamente en torrentes con todos los corpúsculos heterogéneos que contienen en el sitio que ocupa el ayre mas dilatado que toca en la sustancia metálica que está en el fuego.

Las varias capas de ayre que por su exceso de den-

resante de los vastos conocimientos y raras virtudes del P. Beraud en el Elogio histórico que hizo de él en una de las Sesiones públicas de la Academia de Leon el P. Febre del Oratorio, su Sucesor, en cuyo Elogio brilla la claridad y elegancia de Fontenelle, y á veces tambien se muestran los sublimes rasgos y grandes imágenes de Bossuet.

sidad y pesantez se precipitan continuamente sobre la superficie y lo interior del Metal encendido deponen en él las sales, aceytes, arenas y demas particulas sólidas que contiene, y dilatadas por la accion del fuego son expelidas por otras nuevas capas que vienen igualmente á deponer en el metal otras sustancias semejantes, y que serán expelidas á su vez por otras capas que harán lo mismo. De aquí un *aumento real de peso* en la Cal metálica que se halla formada así de la tierra del metal como de los infinitos corpúsculos heterogéneos que precipitándose continuamente en él se unen á esta tierra metálica y se calcinan con ella.

II.º En la Calcination de las Piedras sucede lo mismo que en la de los Metales. El ayre se precipita continuamente en torrentes sobre las cales petreas igualmente que sobre las metálicas. Pero la diferente adherencia y afinidad de partes de los *Cuerpos calcinables*, puede seguramente producir efectos muy diferentes en su calcinacion.

Las *Sustancias metálicas* tienen sin duda la propiedad que no tienen las Piedras calcareas de agarrar y retener los corpúsculos sólidos que el ayre depone continuamente en su sustancia mas tenaz y menos porosa. De aquí un aumento de peso en las sustancias metálicas que adquieren mas que pierden en su Calcination, y una disminucion en las petreas que perdiendo su sustancia volátil dexan escapar con ella las moléculas heterogéneas que el ayre depone succesivamente en su seno durante todo el tiempo de la Calcination.

III.º Quando se calcinan los Metales en Vasos abiertos, mucha parte de la sustancia volátil de los carbones se precipita en el metal que se está calcinando, y contribuye notablemente á aumentar su peso pegándose por su afinidad á la materia metálica que por su parte la retiene é impide que se evapore.

IV.º Si á un gran Tubo de vidrio D N V A se adapta y pega con betun de cal una Lente V, y se expone al *Foco de esta lente* una pequeña cantidad de plomo,

cerrando herméticamente este tubo el plomo se calcinará en fuerza de la accion del fuego del sol, y la cal que resulte será aun mas pesada que la cantidad de plomo que se puso á calcinar (*Fig. 92.*).

Pero el exceso de su peso será menor que si la calcinacion se hubiera hecho en un Vaso abierto; lo que prueba que durante la calcinacion obrada por el fuego Solar por medio del *Espejo ustorio* entran en este tubo con la materia ignea, sin duda por los poros del betun, ó del vidrio dilatados por el calor bastantes partículas heterogéneas que se precipitan en el Metal calcinado, y unen á él aunque con menos libertad y en menor abundancia que si la Calcinacion se hubiera hecho á ayre libre.

565. CONCLUSION. La Teoría del Globo terrestre es el Quadro filosófico que nos propusimos poner y que hemos puesto en breve delante de los ojos de nuestros Lectores en este sucinto Tratado. Esperamos que en este quadro infinitamente variado de quanto nos toca é interesa mas de cerca en la Naturaleza, se hallarán reunidas la claridad y la verdad que son las únicas qualidades en que puede y debe fundarse su mérito.

ELEMENTOS DE FISICA

TRATADO SEPTIMO.

TEORIA DEL AGUA.

En esta Teoría del Agua nos ceñiremos á establecer las Leyes de la Hidrostática, y á hacer ver qual es el origen de las Fuentes y de los Rios.

SECCION PRIMERA.

LEYES DE LA HIDROSTATICA.

566. DEFINICION I. La *Hidrostatica* es la Ciencia que tiene por objeto la pesantez y equilibrio de los Líquidos. La *Hidráulica* la que tiene por objeto las Máquinas, mediante las que se hace uso del peso y presión del agua empleándoles en utilidad pública ó particular. Estas dos Ciencias se ayudan mutuamente. La primera seria poco útil sin la segunda: y la segunda obraría á ciegas sin la primera: y así de su reunion resulta un todo igualmente luminoso que útil. (*)

(*) Etimología. Hidrostática: *Scientia Legum juxta quas stant et æquibantur Liquida*. De *hydros* agua, agua: y de *statio*, quietud.

I.º Aunque la *Gravedad de los Líquidos* sea la misma que la de los Sólidos, aunque provenga de una misma causa y observe las mismas Leyes, el estado de liquidez ocasiona en ellos ciertos fenómenos particulares, que es interesante conocer y explicar.

II.º Nos limitaremos en esta Sección á tratar de lo que pertenece á la Hidrostática, porque es fácil aplicar su teoría á la Hidráulica.

Entre las *Máquinas hidráulicas* hay unas cuya construcción y acción pertenecen enteramente á la Mecánica; como son los Molinos de agua de que ya hemos hablado en otra parte (452). Otras hay que exigen una construcción particular como son las Bombas y cierta especie de Fuentes; y de estas hablaremos en el Tratado del Aire que tiene mucha parte en su acción.

III.º Se pueden considerar las *Leyes de la Hidrostática* ó en Líquidos homogéneos y de igual pesantez específica, ó en Líquidos heterogéneos y de desigual pesantez específica, ó en Sólidos metidos en los Líquidos; y baxo estos tres aspectos las vamos á exáminar y seguir en la Sección presente.

Se llama *Líquido homogéneo* un licor cuyas moléculas ó partes integrantes son todas semejantes. Tal es el agua pura.

Se llama *Líquido heterogéneo* el licor que resulta de la mezcla de dos licores homogéneos. El agua y el vino mezclados forman un Líquido heterogéneo.

Quando se compara la acción de un Líquido homogéneo con la de otro tambien homogéneo, por exemplo del Mercurio con el Agua: estos dos Líquidos se tienen por heterogéneos.

IV.º Importa en esta materia no perder de vista las definiciones claras y precisas que hemos dado en su lugar de la Densidad, Volúmen y Pesantez específica (202).

567. DEFINICION II. El *Nivel* es una línea ó una

Hidráulica: *Scientia Tuborum ad pressionem Acquæ aptandorum. De hydros* agua; y de *aulos* tibia, tubus.

superficie cuyos puntos estan todos á igual distancia sensible del centro de la Tierra.

Como la Figura de la Tierra se acerca bastante á la figura esférica, es consiguiente que una *Linea de nivel* sea una linea sensiblemente circular; pero como la superficie de la tierra es sumamente grande, una linea de ciento ó ciento y diez toesas tomada sobre esta superficie se confunde sensiblemente con una linea recta (*Mat.* 533.).

Segun esta definicion *dos Líquidos estan á nivel* quando sus superficies superiores estan igualmente distantes del centro de la Tierra: y no estan á nivel quando suponiéndolos á la misma Latitud (495), la superficie del uno está ménos distante del centro de la tierra que la del otro.

Con explicar dos Axiomas, demostrar cinco Leyes, facar varios Corolarios y resolver algunos Problemas nos parece que darémos á esta materia toda la ilustracion de que es susceptible.

AXIOMAS FUNDAMENTALES.

568. AXIOMA I. *En todo Líquido sea homogéneo, sea heterogéneo las partes ó moléculas gravitan unas independientemente de otras.*

EXPLICACION. I.º Siendo gravitante el Líquido, es claro que las partes que le componen y no son distintas de él deben tener cada una su gravitacion propia, de que resulte la gravitacion del todo.

II.º No siendo adherentes unas á otras las partes del Líquido, es igualmente claro que pueden y deben exercer su gravitacion sin depender unas de otras: pues su gravitacion no es otra cosa que su tendencia hácia el centro de la tierra; y cada molécula del Líquido gravitante tiene su tendencia particular hácia este centro. (411.)

III.º Los Líquidos á causa de la falta de adherencia de sus partículas no reconcentran como los Sólidos su accion gravitante en un punto comun; tienen pues

otros tantos centros de gravedad quantas columnas líquidas hay apoyadas y sostenidas.

Una *Masa de agua* que cae sobre mi mano no causa el mismo efecto que causaria una columna igual de hielo, porque sin contar con la division que padece la masa de agua en su caída, ella exerce su accion gravitante sobre otros tantos puntos distintos de mi mano quantas son las columnas de agua que dan en ella, y por otra parte mi mano no sufre el impulso de otras muchas columnas que se escapan por los lados. En la caída de una *Masa de hielo* al contrario, como todas sus partes son adherentes mi mano sufre como en un solo punto el impulso de la gravitacion de todas ellas; porque su accion reunida en un centro comun de gravedad hace un esfuerzo comun y general contra el punto de mi mano que resiste el primero al choque.

IV.º Algunos Físicos antiguos imagináron que *los Líquidos no pesan en su elemento*: por exemplo que un pie cúbico de agua que pesa casi 70 libras en el aire no pesa una onza ni aun un grano en un lago. Lo absurdo de esta paradoxa se ve claramente observando la experiencia siguiente, bien sencilla y sensible. (*Fig. 72.*)

Sea un vaso de plomo D, metido en el agua, vacío, cerrado y puesto en equilibrio en el brazo de una balanza con un peso opuesto. Destápefele y dexéfele recibir un *pie cúbico de agua*. En este estado será necesario añadir 70 libras en el platillo N para restablecer el equilibrio.

Luego el Agua conserva en su elemento todo el peso que tiene en el aire. Luego por analogía todos los demas Líquidos conservan igualmente su propio peso en su elemento.

V.º Quando un Líquido está metido en un vaso, su gravitacion exterior y general es como la de los sólidos que tienen centros comunes de gravedad.

Así una libra de plomo derretido, medida en un vaso gravita fuera de la base que la sostiene, como lo hiciérase una libra de plomo macizo puesta en el mismo vaso. (411 y 412.)

569. AXIOMA II. *Los Líquidos así homogéneos como heterogéneos pesan hácia todos lados: de arriba á abaxo, de abaxo á arriba, de derecha á izquierda, y de izquierda á derecha. (Fig. 79.)*

EXPLICACION. Todos conocen la verdad de esta proposicion fundamental. Nadie ignora que si se echa un Líquido en el punto A, en fuerza de su gravedad pafa de A á B, de B á H y á C, de B á F, de F á Z y á D; y que la columna que se eleva desde B á C ó á D debe su movimiento á la columna A S B que tira á baxar, al modo que un cuerpo puesto en un brazo de una balanza fube á pesar de su gravedad en fuerza de la gravitacion superior del peso opuesto que lucha contra él. Siendo esta Verdad tan clara y manifiesta, no nos resta hacer otra cosa que explicar el mecanismo físico mediante el qual se executa este efecto constante y uniforme en todos los Líquidos. (Fig. 74.)

I.º Concíbanse las moléculas de Agua, Mercurio ó qualquiera otro Líquido, como otros tantos globecitos de una tenuidad infinitamente pequeña. Estos globecitos se colocarán mediante su gravitacion particular unos sobre otros en el depósito que los contiene en un orden bastante semejante al que representa la Figura indicada: y esta gravedad junta á esta configuracion y colocacion deberá producir el *Fenómeno de la gravitacion ó presion hácia todos lados*. Por exemplo:

El globecito A haciendo empuje por su gravedad contra los globecitos contiguos los imprime un movimiento ó una tendencia á él en las direcciones A N, A M, A B, A N F, A N E, A N R, A M D, A M C, A M R.

El globecito R en fuerza de la presion de los globecitos contiguos exerce su exfuerzo y presion en las direcciones R B, R C, R E, R C M, R E N. Luego los Líquidos deben exercer su gravitacion y presion hácia todos lados.

II.º Si las moléculas ó elementos de los Líquidos no tienen como hemos supuesto, la configuracion esférica;

es cierto á lo ménos que tienen una configuracion que los hace resvaladizos unos sobre otros y capaces de los mismos efectos de gravitacion y presion que acabamos de explicar. Sea pues la que quiera la configuracion de estos elementos: sea su figura esférica, cilíndrica, cónica, ó piramidal, ó qualquiera otra que se les quiera suponer; es cierto é indudable que estan configurados de suerte que pueden resvalar unos sobre otros y ejercer su gravitacion y presion hácia todas partes pues que la experiencia nos enseña y demuestra que esto es así.

Luego qualesquiera que sean la figura y configuracion de los elementos ó moléculas de los Líquidos, es cierto que su figura los hace capaces de los mismos fenómenos de gravitacion y presion que hemos explicado suponiéndolos de figura esférica.

III.º Algunos Físicos suponen en los Líquidos un *Movimiento intrínseco é intestino*, ocasionado ó por la materia del fuego, ó por algunas partículas de aire, ó por alguna otra materia muy sutil introducida entre sus moléculas, y que ocupe sus poros.

Pero la accion de esta materia sutil que suponen necesaria para conservar la fluidez é impedir la adherencia de los Líquidos no es la que los hace gravitar hácia todos lados; pues esta misma causa no produce semejante efecto en un monton de pólvora ó harina donde debe estar y obrar con igual libertad que en los Líquidos. Esta presion de los Líquidos hácia todas partes tiene pues por causa principal su *Pesantez propia*, proporcionada á una configuracion conveniente en sus moléculas.

570. COROLARIO. *Quando un Vaso cerrado está lleno de un Líquido; si se agujerea el vaso, é impele á una porcion del liquido, se imprime por todos lados movimiento ó tendencia á él á todas las partículas del Líquido encerrado.* (Fig. 74).

EXPLICACION. Si se agujerea el Vaso cerrado en un punto M, y se mete por el orificio cilíndrico una vara cilíndrica; el globecito M impelido por la vara

comunicará su presión á todos los demas globecitos del Líquido en las direcciones M A, M N, M R E, M R B, M R C. &c. Por consiguiente como los Líquidos son incompresibles (206), si la vara se introduce sin dexar salir parte alguna del Líquido será forzoso ó que el vaso se dilate, ó que falte por la parte mas débil. Si el Vaso resiste y se dilata, hará esfuerzo para repeler la vara con una fuerza de reaccion igual á la fuerza comprimente que la ha dilatado. Si el Vaso se abre en un solo punto F, el Líquido saldrá por él con la fuma de movimiento que tiene la vara al introducirse en el Líquido. Y si la vara al meterse en el Líquido no tapa perfectamente el agujero por donde entra el Líquido impelido en la direccion M A N volverá hácia atras en la direccion N R M, y saldrá afuera por el punto M.

LEY PRIMERA.

571. *A igual distancia del Equador los Líquidos homogéneos que se comunican unos con otros por medio de tubos no capilares, se ponen á nivel en todas sus superficies. (Fig. 79.)*

DEMOSTRACION. Sean varios Tubos ó Canales comunicantes, de capacidad desigual y figura diferente, vacíos, y ninguno de ellos capilar. Echese agua en uno solo R H hasta que suba y se detenga en este tubo á la altura C. Abrafe la comunicacion y el agua se elevará sucesivamente en todos los demas tubos á igual altura: y quando se dexa de echarla se la hallará á la misma elevacion ó nivel (567) en C D en todos ellos.

I.º El agua que se echa en R tira por su gravitacion á acercarse al centro de la tierra; y como no puede conseguirlo por otro medio que haciendo elevar sucesivamente en los otros tubos el agua que la ha precedido, produce este efecto mediante el exceso de pesantez que da continuamente á la columna de agua sobre que cae.

II.º Causa sorpresa á primera vista, que una Columna pequeña de agua C H pueda levantar las grandes Co-

lumnas contra quienes lucha ; pero esta sorpresa se desvanece quando se reflexiona que esto es una mera aplicacion del principio fundamental de toda la Mecánica, segun el qual *una masa pequeña con una velocidad muy grande puede vencer á una masa muy grande que solo tenga una velocidad muy pequeña.* (421.)

Supongamos que la capacidad del tubo C H es mil veces menor que la de los otros tres tubos juntos. El Agua que se eche en el tubo C H baxará mil lineas en su tubo quando la masa de agua mil veces mayor solo se elevará una en los demas tubos. Y así una pulgada de agua en el tubo pequeño con una velocidad como 1000 puede hacer equilibrio con mil pulgadas de agua que solo tengan una velocidad como 1 en los otros tubos.

Se ve por esto como un Pozo pequeño que comunica con un Lago inmenso por canales subterráneos hace equilibrio con toda la enorme masa de agua que lucha contra él. Suponiendo que la superficie del lago fea un millon de veces mayor que la del pozo, para que *el agua del lago* baxase algo por poco que fuese, seria necesario que imprimiese a la del pozo una velocidad un millon de veces mayor que la suya. Igualmente para que *el agua del pozo* baxase algo por poco que fuese, seria necesario que levantara una masa de agua un millon de veces mayor que ella. Hay pues entre estas dos potencias opuestas igualdad de fuerza motriz, pues de una y otra parte hay el mismo producto de la masa por la velocidad. De aquí el equilibrio. (421.)

III.º La misma Ley observan, é igualmente se ponen á nivel los Líquidos sean los Tubos ó Canales de comunicacion rectos ó angulosos, ó sean perpendiculares ó inclinados al horizonte, porque la presion de los Líquidos se exerce hácia todos lados, y de consiguiente se adapta á todas las figuras de los Conductos en que pueden insinuarse. (569).

Quando de dos Tubos iguales en capacidad el uno es perpendicular, y el otro inclinado al horizonte, el Líquido debe elevarse á la *misma altura* en el uno que en

en el otro. Porque aunque la columna perpendicular Z S sea menor que la columna inclinada D F, y la velocidad ó tendencia á ella sea igual en una y otra, la columna menor Z S lucha con toda su gravedad contra la columna mayor D F al paso que ésta que está en parte sostenida por el *Plano inclinado de su tubo* solo lucha contra la otra con parte de su gravedad: de la que una parte es á toda su gravedad como la altura N D del plano es á su longitud F D. (461).

La columna inclinada F D no puede pues estar en equilibrio con la Columna perpendicular Z S sin tener tanta altura como ella. De aquí el equilibrio y el nivel entre estas dos columnas.

IV.º Quando un Líquido homogéneo ha llegado una vez á ponerse á nivel por toda su superficie, todas sus columnas quedan en reposo. La razon es porque todas estas *Columnas móviles* son como otros tantos Tubos comunicantes que dan por todas partes un mismo Producto de masa multiplicada por la velocidad, el qual debe causar el equilibrio y reposo de todas las partes.

Las capas superiores no pueden baxar mas ábaxo, porque las inferiores resisten á mudar de lugar con una fuerza igual á aquella con que las superiores tiran á hacerse mudar. De aquí el equilibrio y reposo de todas las columnas, de todas las capas y de todas las moléculas del Líquido homogéneo que debe durar hasta que alguna causa extraña venga á alterarle. (L. Q. P. D.)

572. COROLARIO I.º Quando muchos Depósitos cercanos comunican entre sí, basta conocer la altura de una para conocer la de los demas; porque el agua debe necesariamente ponerse á nivel en todas sus superficies.

NOTA. I.º Los Depósitos que comunican entre sí se ponen todos en equilibrio aunque estén unos mas cerca, y otros mas lejos del Equador, como lo exige la presión de sus columnas correspondientes.

II.º No obstante los Depósitos que comunican entre sí no se ponen todos á nivel ó á igual distancia del centro de la Tierra, quando tienen entre sí diferencia consi-

derable de latitud : pues como ya lo hemos observado el Mar baxo de los Polos está seis ó siete leguas mas baxo y mas cercano al centro de la Tierra que baxo del Equádor (492).

III.º Los Depósitos que comunican entre sí se ponen á nivel siempre que su Latitud es la misma, aunque la Longitud sea considerablemente diferente. (495.)

Y aun si la Latitud es poco diferente, por exemplo de una ó dos leguas la *diferencia de nivel* es sensiblemente ninguna.

573. COROLARIO II.º *Hacer un Pozo en tierra ó en peña es abrir un Canal por el qual el agua subterránea se elevará á la altura de los Depósitos cercanos, si hay algunos en las cercanías que puedan comunicar con esta abertura. Por exemplo (Fig. 79.)*

Si se quiere tener agua en el punto C cabando hasta H se tendrá un pozo en que se elevará el agua hasta C en habiendo roto la vena de agua que comunica con los reservatorios cercanos A B, D F.

574. COROLARIO III.º *Prescindiendo de las resistencias que experimenta un Líquido encerrado, se eleva á la misma altura que tiene el depósito ó fuente de donde empieza á correr, como lo exige la presion de las columnas opuestas que gravitan sobre este líquido hácia todas partes.*

I.º De aquí los *Chorros de agua* que suben tanto mas alto quanta mayor es la elevacion de los depósitos de donde viene el agua, pero á la qual nunca llegan á igualar á causa de la resistencia del ayre y frotacion de los Canales.

II.º De aquí la *Conduccion de las aguas* de un lugar á otro por medio de canales á pesar de las grandes hoyadas, pero que á causa de la frotacion de los canales estrechos jamas podrán subir á la misma altura que tienen en la fuente de donde nacen.

III.º Para facilitar el movimiento de las aguas en los Aqueductos, Encañados y demas Canales por donde se quiere que corra libremente se les da comunmente á estos

Canales como dos líneas de inclinacion por toesa. Esta inclinacion debe de ser segun Wolfio, á lo ménos de una pulgada y á lo mas de dos sobre 400 de extension horizontal.

En los grandes canales como en los lechos de los arroyos y rios no necesita el agua para su libre curso de tanta inclinacion; pues pasando el Sena desde Paris al Mar por una extension de 90⁰ toesas no tiene mas inclinacion que la de 21 ó 22 toesas, que será menos de un quarto de línea de caída por toesa.

LEY SEGUNDA.

575. *Los Líquidos tanto homogéneos como heterogéneos exercen su Presion así perpendicular como lateral contra los vasos ó depósitos que los contienen, no en razon de su masa sino en razon compuesta de su altura y de su base; es decir en razon de su base multiplicada por su altura. (Fig. 76.).*

DEMOSTRACION. Sean dos Vasos A B C y T V X de una misma base y altura, y llenos de un mismo Líquido por exemplo de agua ó mercurio. El vaso cilíndrico A B C contendrá una cantidad de líquido tres veces mayor que el cónico T V X (*Mat.* 599); y no obstante la base V X sufrirá la misma presion que la base B C, é igualmente el lado *n* X será impelido con la misma fuerza expansiva que el lado *m* B.

Proposicion paradoxal que parece á primera vista evidentemente falsa, y no obstante es incontestablemente verdadera. Vámosla á someter á la luz de la experiencia y de la teoría.

I.^o *Esta segunda Ley está comprobada por la experiencia; porque despues de haber fixado lateralmente los dos Vasos cilíndrico y cónico en un sosten proporcionado F G adaptemos á uno y á otro dos bases iguales cubiertas de una piel mojada que haremos aplicar á sus fondos iguales mediante los pesos iguales de dos palancas. Echemos despues un mismo líquido en los dos Va-*

fos. Las *Bases móviles* se abrirán, y los pesos que las aplican se elevarán quando el líquido esté á una misma altura en uno y otro vaso cónico y cilíndrico. Es así que estas dos bases no se abren ni hacen subir á los pesos iguales P y R que les aplican contra los dos fondos sino en fuerza de la presión del Líquido contenido en los dos Vasos; luego la *Presión perpendicular* del Líquido contenido en estos dos vasos de base igual es en razón no de su masa sino de su altura, ó es el producto de la base por la altura.

Igualmente si en los puntos m y n se hacen dos agujeros iguales y en ellos se introducen tapones retenidos por una fuerza igual, y se echa despues un mismo Líquido en los dos Vasos cuyas bases deberán estar inmóviles, los *Tapones* serán expelidos quando el Líquido llegue á una misma altura en ambos Vasos cónico y cilíndrico. Es así que la causa de la expulsión de los dos tapones es la presión del Líquido contenido en los dos vasos: luego la *Presión lateral* del Líquido contenido en estos dos vasos de capacidad desigual es en razón no de la masa sino de la altura del Líquido.

Quanto mayor sea la superficie de la Base ó del Tapon menor altura necesita tener el Líquido para abrirla ó expelerle. De donde resulta conforme á la experiencia que la fuerza que empuja contra la parte inferior ó contra la lateral de un Vaso lleno de un Líquido es igual al producto de la base y altura del Líquido.

II.º *Esta Ley no es de modo alguno contraria á la teoría del Movimiento.* Para demostrarlo examinemos y analicemos la acción de las Columnas flúidas en los dos Vasos de capacidad desigual.

Primeramente en el *Vaso cilíndrico* todas las columnas son iguales á la columna $A D$. Deben pues estar todas en equilibrio entre sí; y la suma de su presión será el producto de su base por su altura. Además en el *Vaso cónico* la columna $T S$ es igual á la columna $A D$; debe pues esta columna $T S$ empujar contra su

bases con otra tanta fuerza como la columna A D contra la suya. Esta columna T S del vaso cónico tiene mas altura que las demas columnas adyacentes, y no obstante estas hacen equilibrio con ella pues que la impiden que baxe en virtud de su gravedad y que las haga subir á ellas. Luego las *Columnas adyacentes* apoyadas y sostenidas en la parte inferior y colateral del vaso cónico tienen una fuerza capaz de contrarrestar la de la columna T S. Luego como iguales en fuerza á ella empujan contra los puntos de la base á que corresponden con otra tanta fuerza como ella. Luego la base V X debe ser oprimida con otra tanta fuerza como lo fuera si todas las columnas que sostiene fueran iguales á la columna T S.

Por otra parte consideremos las *Capas superiores* del Líquido en uno y otro vaso cónico y cilíndrico como que se mueven ó tiran á moverse hácia sus bases ó lados. Si estas bases y lados se abriesen ó hundiesen en fuerza de la presión del Líquido, las capas superiores se moverian ó tirarian á moverse con mas velocidad en el vaso cónico que en el cilíndrico. Luego el Líquido tiene tanta mas velocidad ó tendencia á ella en T, quanta mas masa tiene en A. Luego la *Fuerza Motriz* que no es otra cosa que el producto de la masa por la velocidad puede ser tan grande en la capa T como en la capa A. Luego las dos bases que resisten á esta fuerza motriz tendrán que sostener el mismo exfuerzo en B C que en V X.

Luego esta Ley de la Hidrostática concuerda perfectamente con la Ley fundamental de la *Estática*, segun la qual una masa pequeña con una tendencia grande á la velocidad puede hacer sobre una palanca quieta un exfuerzo igual al de una masa mayor que tenga una tendencia menor á la velocidad. L. Q. P. D.

576. COROLARIO I. Quando las alturas de los Líquidos son iguales, las Presiones perpendiculares contra las bases son como las bases; pues que las presiones son como el número de columnas que están apoyadas sobre las bases y empujan

contra ellas. Una base doble padecerá una presion doble; una base quádrupla una presion quádrupla. Lo mismo se puede decir de los lados.

Así quando las bases son iguales las presiones de los Líquidos son como las alturas.

577. COROLARIO II. *Quando las alturas de los Líquidos son desiguales, las Presiones perpendiculares contra las bases son como los productos de las bases por las alturas respectivas de los Líquidos que sostienen.*

EXPLICACION. Así en multiplicando la base que padece la presion por la altura del Líquido que la exercise se tendrá por producto la cantidad de la presion, y de consiguiente la fuerza que se necesita para contrarrestarla. Lo mismo se debe entender de la presion contra los lados.

Se debe dar por supuesto que esta presion es proporcional á la densidad del Líquido que la exercise, y así que un pie cúbico de mercurio exercise una presion como catorce veces mayor que un pie cúbico de agua.

578. COROLARIO III. *La Columna de agua que sube sobre sí el Émbolo de una bomba atraente exige de parte de la potencia que mueve el émbolo una fuerza proporcional á la base del émbolo multiplicada por la altura del volumen de agua que este sube sobre sí.*

EXPLICACION. Es indiferente que al volúmen de agua se le haga subir por un canal mayor ó menor, inclinado ó perpendicular al horizonte; porque la resistencia que experimente el émbolo es igual á la presion del Líquido, y esta presion es el producto de la base del Líquido por su altura, qualesquiera que sean la figura y capacidad del vaso en que está contenido.

Quando se hace subir un volúmen menor de agua siendo la misma la altura de la columna se imprime á cada porcion de agua una velocidad mayor; y ya se sabe que segun las Leyes del movimiento no se necesita menos fuerza motriz para imprimir una velocidad como dos á una libra de agua, que para imprimir una velocidad como uno á dos libras del mismo Líquido.

579. COROLARIO IV. *Un Cuerpo metido sucesivamente en un mismo Líquido á diferentes profundidades padece presiones que son como las alturas del Líquido.*

EXPLICACION. La razon es porque un cuerpo metido en un Líquido es todo base relativamente al Líquido que carga sobre él por todas partes en todas direcciones con una fuerza que es como su altura (576).

Así un Chapuzador que baxa al agua á 1 toesa de profundidad experimenta una presion como 1; á 50 toesas de profundidad una presion como 50, con lo que queda explicado lo que sucede á algunos Buzos que van á pescar Perlas al Fondo de ciertos mares, quienes á veces padecen una presion tan grande que les hace arrojar sangre por narices y oídos.

580. COROLARIO V. *Si en un Depósito siempre lleno se hacen agujeros iguales á diferentes distancias de la superficie, las cantidades del Líquido que saldrán por ellos serán como las raices quadradas de las alturas del Líquido sobre estos agujeros. (Fig. 78).*

EXPLICACION. Sea un Vaso ó Depósito M N lleno siempre de un Líquido de qualquiera parte y por qualquiera medio que le venga, en el que se hayan hecho tres agujeros, el uno en A á un pie mas abaxo de M, el otro en B á quatro pies mas abaxo de M, y el tercero en C á nueve pies mas abaxo de M. Estos tres Agujeros darán en tiempos iguales cantidades de Líquido que serán entre sí como 1, 2, 3: ó como las raices quadradas de las alturas del Líquido que sale por ellos.

1.º En primer lugar consta por la Experiencia que esto sucede así efectivamente. El agujero A á un pie mas abaxo de la superficie del vaso siempre lleno M da en un tiempo determinado qualquiera una cantidad de Líquido como 1: el agujero B á quatro pies mas abaxo de la misma superficie da una cantidad de Líquido como 2; el agujero C á nueve pies mas abaxo de la misma superficie da una cantidad de Líquido como 3. Y otro agujero á 16 pies mas abaxo de la mis-

ma superficie daría una cantidad de Líquido como 4. Y así proporcionalmente al infinito, siempre como las raíces cuadradas de las alturas.

Si los agujeros A B C fueran desiguales sería fácil determinar por la misma regla la cantidad del Líquido que debe salir por cada uno proporcionalmente al aumento ó diminucion del canal ó agujero por donde sale. Si el canal B fuera *doble del canal A*, la cantidad del Líquido que saldría por él sería doble por razon de su presion, y doble por razon de su capacidad; y de consiguiente quádrupla de la cantidad que saldría por el canal A.

II.º En segundo lugar la teoría concuerda sobre este punto perfectamente con la experiencia; porque siendo las presiones como las alturas (576), es claro que la presion será como 1 en A, como 4 en B, y como 9 en C. El efecto pues que resultará de estas presiones proporcional siempre á la causa que le produce estará tambien en la misma relacion; y siendo la causa que hace salir el Líquido la presion que padece, no hay mas que valuar esta presion y sabremos la *Masa y velocidad* que debe tener el Líquido que salga.

La presion en A es como 1; será pues su efecto sobre el Líquido que sale una fuerza motriz como 1 en masa, y como 1 en velocidad. $1 \times 1 = 1$.

La presion es como 4; será pues su efecto una fuerza motriz en el Líquido que sale como 2 en masa, y como 2 en velocidad. $2 \times 2 = 4$.

La presion en C será como 9; será pues su efecto una fuerza motriz en el Líquido que sale como 3 en masa, y como 3 en velocidad $3 \times 3 = 9$. Y así proporcionalmente al infinito.

581. COROLARIO VI. Si en un Depósito de una capacidad por todas partes igual y que no recibe mas Líquido que el que tiene se hace un agujero en C para vaciarle, la cantidad del Líquido que salga decrecerá en tiempos iguales segun la progresion retrógrada de los números impares. (Fig. 78.)

DE-

DEMOSTRACION. Consta por la experiencia que esto sucede efectivamente así. Para comprender la razon por la que así sucede, supongamos que para vaciar el Vaso M N por solo el agujero C son necesarias tres horas; digo que durante estas tres horas la cantidad del Líquido que salga por este agujero será como 5 al fin de la primer hora, como 3 al fin de la segunda, y como 1 al fin de la última.

I.º Consideremos la *Gravedad creciente* en una columna M N del Líquido al modo que la hemos considerado en el *Movimiento acelerado* de los Graves (366), suponiendo este movimiento dividido en partes infinitamente pequeñas. En la columna M N el primer globito ó elemento M carga sobre los demas con una gravedad $= 1$, el segundo con la gravedad del primero y la fuya $= 2$; el tercero con la gravedad de los dos primeros y la fuya $= 3$, y así progresivamente hasta el último elemento N.

Es evidente que en un Depósito de igual diámetro por todas partes, la gravedad de las capas enteras crece en la misma proporcion que la de los globitos sucesivos desde la primera ó mas alta M hasta la última ó mas baxa N, porque los todos son entre sí como sus partes semejantes.

II.º Si expresamos las *Presiones crecientes* de las capas sucesivas del Líquido por las líneas de un triángulo rectángulo paralelas á la base y crecientes en la misma proporcion que las presiones sacaremos los diferentes acrecentamientos de presion en las capas del Líquido desde la superficie M hasta la base N.

III.º Como los Elementos mas baxos de las columnas salen los primeros y salen con la suma de presion que tienen, saldrán con una velocidad que corresponderá á las últimas líneas D F del triángulo D E F cuyas líneas van decreciendo desde la base D F hasta el vértice E del triángulo.

IV.º Si dividimos este triángulo en su altura D E en tres partes iguales correspondientes á las tres horas que debe durar la salida del Líquido, estas divisiones

comprenderán en el triángulo cantidades lineales que serán entre sí yendo de abaxo arriba como la serie retrógrada de los números impares, ó como 5, 3, 1.

En la primera hora en fuerza de una presión decreciente y proporcional al trapecio D F S R saldrá del Vaso de que hablamos una cantidad de Líquido proporcionado á la fuerza expulsiva expresada por la suma de las líneas decrecientes que llenarian este trapecio paralelamente á la base; y la cantidad del líquido que salga será como 5.

En la segunda hora en fuerza de una presión siempre decreciente y proporcional al trapecio R S X V saldrá una cantidad de Líquido proporcional á la fuerza expulsiva expresada por la suma de las líneas decrecientes y paralelas á la base que llenarian este trapecio. Y esta cantidad será como 3.

En la última hora la presión y su efecto serán expresadas por la suma de las líneas decrecientes y paralelas á la base que llenarian el triángulo V X E; y la cantidad del Líquido que saldrá será como 1.

V.º Fácilmente se comprehende que esta misma teoría general es adaptable á qualquiera altura posible del Líquido y á qualquiera duracion posible de su salida por razon del acrecentamiento infinito que puede adquirir el triángulo E D F, que corresponde ó puede corresponder á qualquier altura que se quiera asignar al Vaso M N.

En todo caso las *Presiones de las capas líquidas* crecerán como las líneas V X R S D F que corresponden á estas capas, y de consiguiente la cantidad del Líquido que salga en tiempos iguales decrecerá segun la progresion retrógrada de los números impares. L. Q. P. D.

582. COROLARIO VII. *Una masa muy pequeña del Líquido puede producir un esfuerzo inmensamente grande contra la base y los lados de un Vaso lleno de un Líquido.* (Fig. 77.)

EXPLICACION. Si á un Tonel M N lleno de agua se adapta un tubo muy alto y muy estrecho M T que co-

munique con el Líquido interior, llenando de agua este tubo se ocasionará á todo el cuerpo del tonel la misma presion que si estuviera cargado de una masa de agua femejante á la que se contiene entre sus dos bases, y de la misma altura que el Tonel y el tubo. Y así si el Tonel no está en estado de sostener esta fuerza ó presion reventará y se hará trozos.

La razon es porque los Líquidos exercen su gravitacion y presion en razon compuesta de su altura y de su base ó de sus lados, y en este caso la altura del Líquido que exerce su presion contra las bases y los lados del tonel lleno de agua se debe contar desde la punta T del tubo lleno de agua á 30, 50, ó 100 pies mas arriba del tonel.

Dos célebres Fisicos Wölffio y Muskembroek habiendo echado á un tonelito la tapa superior M de hierro batido y flexible han conseguido mediante algunas libras de agua echadas en un tubo muy largo M T hacer subir pesos de 7 ú 800 libras puestos sobre la tapa M del Tonel.

LEY TERCERA.

583. *Los Sólidos metidos en un Líquido homogéneo ó heterogéneo pierden otro tanto de su peso como pesa un volumen igual del Líquido.*

DEMOSTRACION. Sean tres Sólidos A B D de diferente pesantez específica; el sólido D mas pesado, el sólido A igualmente pesado, y el sólido B ménos pesado que igual volúmen de agua.

I.º Sea el Sólido D un cubo de plomo de un pie de diámetro. Es evidente que metiéndose en el agua echará de su lugar á un pie cúbico de agua.

Póngase primero en equilibrio este Cubo en una balanza á ayre libre con un peso opuesto, métafele despues en el agua y se verá que el platillo N baxa, y que es necesario para restablecer el equilibrio añadir en G ó C un peso igual al de un pie cúbico de agua.

Luego el Sólido D metido en el agua pierde una cantidad de su peso igual al del volúmen de agua que echa de su lugar. Lo mismo se puede decir de qualquiera otro Cuerpo mas pesado que el Líquido en que se le meta.

II.º Sea el Sólido A un globo ó cubo igual en volúmen á un cubo de un pie de diámetro y de la misma pesantez que un volúmen igual de agua. Si quitando el Sólido D se cuelga á ayre libre de la cuerda G C, este Sólido A hará equilibrio con un pie cúbico de agua puesto en el platillo N.

Quítese despues del platillo N el pie cúbico de agua; el Sólido A se meterá todo en el agua sin baxar mas abaxo de su superficie, y en este estado metido todo en el agua hará equilibrio con nada en el platillo N.

Luego el Sólido A de la misma pesantez específica que el agua pierde todo su peso quando está todo metido en el agua.

III.º Supongamos que el Sólido B tenga la mitad menos pesantez específica que igual volúmen de agua. Puesto sobre el agua se meterá en ella hasta su centro; echará de su lugar un volúmen de agua igual á la mitad del fuyo, y perderá todo su peso que queda la mitad dentro y la mitad fuera del agua.

Luego el Sólido B pierde otro tanto de su peso quanto pesa la cantidad de líquido que echa fuera de su lugar: es decir en nuestro caso que pierde todo su peso echando de su lugar una cantidad de líquido igual á la mitad de su volúmen.

Luego los Sólidos metidos en los líquidos pierden otro tanto de su peso quanto pesa un volúmen igual de líquido á quien echan de su lugar. L. Q. P. D.

584. NOTA. Hemos ya observado que en un Líquido todas sus columnas desde el fondo hasta su superficie estan por todas partes en equilibrio entre sí. (571). De modo que segun las Leyes de la Estática no se puede aumentar ó disminuir la fuerza de una de estas columnas sin que este aumento ó disminucion la haga

subir ó baxar destruyendo el equilibrio. Así suponiendo que el cuerpo A esté metido en un vaso lleno de un Líquido qualquiera, es evidente que se hace parte de las columnas gravitantes á quienes corresponde. (*Fig. 77.*)

Y como este cuerpo ó Sólido A es específicamente ó mas, ó menos, ó igualmente pesado que el Líquido cuyo lugar ocupa (202); se sigue

I.º Que si el Sólido A es específicamente mas pesado que el Líquido en que está metido *debe baxar al fondo.*

II.º Que si el Sólido A es específicamente mas ligero que el Líquido en que está metido *debe subir hacia su superficie.*

III.º Que si el Sólido A es específicamente tan pesado como el Líquido en que está metido *debe mantenerse inmóvil sin subir ni baxar en el punto de hundimiento en que se halle colocado.*

Para comprehender la razon en que se fundan estos tres Corolarios bastará atender á que los globitos líquidos superiores *a a*, *c c* en fuerza de su gravitacion propia y de la gravitacion de las columnas Líquidas que les dominan, tiran á apartarse al paso que los globitos líquidos inferiores *n n* y *r r* tiran á acercarse en fuerza de la misma gravitacion. Tirando á acercarse los globitos líquidos inferiores impelen al Sólido A á que suba, y le impelen con una fuerza que es ó igual, ó menor, ó mayor que la fuerza opuesta con que resisten á la suya los elementos iguales y semejantes del Sólido A.

585. PROBLEMA I. *Hallar la relacion de pesantez específica entre un Sólido y un Líquido.*

SOLUCION. Sea un Sólido de una figura qualquiera cuya pesantez específica (202) se quiera comparar con la del agua, vino, aceyte, ó qualquier otro Líquido ménos pesado que él. Se supone que este Sólido no ha de ser una materia esponjosa que pueda admitir en sus poros una porcion de Líquido, ni una materia disoluble que pueda introducirse en los poros del disolvente, ó admitir al disolvente en sus poros. (*Fig. 72.*)

I.º Cuélguese el Sólido D mas pesado que el Líquido del brazo G de una balanza muy exácta inmóvil con una cerda, ó si el cuerpo D es muy pesado con un alambre que se haya antes puesto en equilibrio con el platillo opuesto N.

Pésele primero en el ayre el sólido D colgándole en C y poniendo en el platillo N un número de pesos conocidos de onzas ó granos, con el que se haga un perfecto equilibrio entre el peso que sostiene el platillo N y el sólido D colgado en el ayre en C. De este modo se habrá averiguado la *pesantez absoluta de este sólido* pesado en el ayre.

II.º Póngase debaxo de la balanza FG colgada de un gancho un Vaso lleno de un líquido qualquiera ménos pesado que el sólido. El Sólido D se hundirá en el Líquido perdiendo una cantidad de su peso igual al peso del Líquido que echa de su lugar, y cuyo volúmen es igual al suyo.

El Sólido D metido en el Líquido no hará ya equilibrio con el platillo opuesto N, y será necesario quitar de éste un cierto número de pesos para restablecer el equilibrio. Pues el peso que es necesario quitar al platillo N para restablecer el equilibrio es la *Pesantez absoluta de un volúmen de Líquido* igual al volúmen del Sólido.

III.º Hágase pues esta proporción; el peso del Sólido pesado en el ayre es al peso que pierde pesado en el Líquido, como la pesantez específica del Sólido es á la pesantez específica del Líquido, y se hallará la relacion de pesantez específica entre el Sólido y el Líquido de que se trate.

Por exemplo supongamos que una masa de cobre puro, qualquiera que sea su figura pese 18 onzas en el ayre y solo 16 en el agua, se hallará que la pesantez específica del Cobre puro es á la pesantez específica del agua como 18 es á 16, ó como 9 es á 8.

Por el mismo medio se hallará la *Relacion de pesantez* entre una masa de oro macizo y un volúmen igual

de agua; entre una masa qualquiera de plata maciza pura ó con liga, y un volúmen igual de agua; y así proporcionalmente entre otros Sólidos y otros Líquidos.

586. PROBLEMA II. *Explicar porqué una Barca ó un Navio sobrenadan.*

SOLUCION. I.º Un Sólido no puede hundirse enteramente en el agua sin echar de su lugar y hacer subir un volúmen de agua igual al fuyo. Luego si la Barca ó el Navio tienen ménos pesantez específica que un volúmen igual de agua deben sobrenadar.

II.º Las Barcas y el Navio á causa de su capacidad vacía corresponden á un volúmen muy grande de agua, en la que de consiguiente no pueden enteramente hundirse á no ser que se les cargue de un peso á lo menos igual al volúmen de agua que hubieran de echar de su lugar si se hundiesen.

Luego mientras que el peso de la Barca y del Navio sea menor que el de un volúmen de agua igual al fuyo deben sobrenadar y no hundirse mas que una cantidad que sea á todo su volúmen, como la masa de agua que echan de su lugar y hacen subir en fuerza de su pesantez es á toda la masa de agua que echarian de su lugar y harian subir si se hundiesen enteramente (584).

III.º Quando el agua se introduce en el Navio y llena su capacidad, el Navio se hunde, porque el peso del agua introducida en él junto con el de las materias que le constituyen y de que está cargado compone un peso específicamente mayor que el de un volúmen igual de agua.

IV.º Quando un Navio en tiempo de tempestad es combatido por olas enormes que descargando sobre él como montañas bramantes le sepultan en el seno de los mares y abismos, pasado el golpe vuelve el Navio á subir sobre la superficie del agua y recobra su equilibrio porque estando cerrado por todas partes como un tonel, el agua no puede introducirse en su capacidad; y así aunque sumergido en el seno de los mares es mas leve que igual volúmen de agua.

De consiguiente las Columnas líquidas de que hace parte el Navio sumergido son ménos pesadas que las columnas adyacentes, y así estas en fuerza de su exceso de pesantez le impelen hácia la superficie del agua (584).

V.º Quando los vientos y las olas ladean ó trastornan un Navio, pasado el golpe recobra éste su equilibrio porque el *Centro de gravedad* que reside un poco mas arriba del medio de la Quilla inclinado en una direccion qualquiera hace un exfuerzo violento para volverse á poner en la línea perpendicular al horizonte (441), ó en la línea por la qual toda la masa del Navio gravita hácia el centro de la tierra de la que el golpe de las olas ó vientos le habia apartado.

A fin de dar mayor fuerza á este Centro de gravedad (412) y de acercarle lo mas que es posible á la Quilla se carga el fondo del Navio de materias muy pesadas; lo que se llama *lastrar el Navio*.

587. PROBLEMA III. *Explicar el movimiento de los Peces en el agua.*

SOLUCION. I.º Los mas de los Peces tienen una cola y unas aletas que mueven con una rapidez muy grande. Esta cola y aletas hacen en los Peces el oficio de remos, pues hiriendo el agua con mas ó ménos fuerza empujan ó repelen el cuerpo del Pez en una direccion opuesta á la percusion.

II.º Los mas de los Peces de que se ha hecho anatomía tienen unas Vegigas aereas que inflan y comprimen segun les hace al caso. *Inflándolas* se dan un volumen mayor y se hacen específicamente mas leves que el agua y así son llevados hácia la superficie por solo el peso del agua. *Comprimiéndolas* se dan un volumen menor, se hacen específicamente mas pesados que el agua, y así son llevados hácia el fondo por su exceso de pesantez sobre el agua. (584).

El impulso de su cola y aletas contra el agua que les sirve de punto de apoyo aumenta la rapidez del movimiento que debe baxarlos hácia el fondo ó subirlos hacia la superficie del agua segun su deseo é instinto que

que pone en accion el mecanismo de sus músculos y nervios.

588. PROBLEMA IV. *Explicar el movimiento de los Nadadores.*

SOLUCION. I.º El Cuerpo humano tiene muy poca mas pesantez específica que el agua. No se necesita pues mas que una pequeña fuerza para sostenerle sobre ella ó impedirle que se hunda, pues que solo en virtud del exceso de pesantez específica que tiene sobre un volumen igual de agua tira á baxar al fondo de ella.

II.º Extendiéndose el Nadador horizontalmente sobre la superficie del agua y dilatando quanto puede sus pulmones corresponde al mayor número posible de columnas líquidas propias para sostenerle. No obstante se hundiria en fuerza de su pequeño exceso de pesantez específica sino llamase en su ayuda al Arte ó á la Naturaleza.

III.º El movimiento de pies y manos les sirve á los Nadadores de lo que el movimiento de los remos á los Barqueros, y el de las aletas á los Peces. Hiriendo rápidamente el agua los Nadadores con los pies y las manos en una direccion perpendicular al horizonte imprimen continuamente á su cuerpo un *Movimiento vertical* que destruye á cada instante el movimiento central que le ocasionaria su exceso de pesantez específica sobre el agua. De aqui su suspension sobre ella. Como el agua herida rápidamente sirve á los Nadadores de punto de apoyo, si es herida por exemplo de derecha á izquierda les imprime un movimiento de izquierda á derecha. De aqui su movimiento sobre el agua en todas direcciones (302).

Para hacer mas sensible la *accion de los Nadadores* supongamos un hombre sentado ó echado de bruces sobre el platillo de una balanza grande móvil hácia todas partes y elevado un pie sobre el suelo, y que este hombre pesa 150 libras, y el platillo opuesto solo está cargado de 145. Es claro que el platillo en que está opuesto el hombre debe tirar hácia el suelo en fuerza de su exceso de pesantez que es de cinco libras, pues el resto

de su peso es destruido por el peso opuesto.

Pero si este hombre da continuamente en el suelo con los pies ó con las manos se imprimirá á sí mismo un *movimiento opuesto á su gravitacion*, el qual le sostendrá en el ayre sobre el suelo y le hará mover á derecha ó izquierda siempre en una direccion opuesta á la percusion, ya perpendicular, ya obliqua al horizonte. He aqui la imagen de un Nadador tendido sobre el agua: con la accion de sus pies y manos destruye continuamente su exceso de gravitacion ó pesantez, y se da á sí mismo todos los movimientos que quiere.

IV.º Pero si la falta de fuerza en el Nadador ó algun otro accidente funesto impide y suspende el movimiento necesario para sostenerle y conducirle sobre el agua, en este caso entregado á el exceso de pesantez especifica á quien nada se opone ni destruye, se hunde y se aoga.

V.º Es mas fácil nadar *en el Mar* que en un Rio; porque siendo bastante mas pesada el agua del mar que la de los rios hace equilibrio con una parte mayor de la pesantez del Cuerpo humano, y dexa al arte y esfuerzo de los Nadadores ménos peso que sostener. Por exemplo supongamos que un Nadador que pesa 150 libras echa de su lugar y hace subir metiéndose en el agua dos pies cúbicos de agua y que el pie cúbico de agua de mar pesa 73 libras al paso que el de rio no pesa mas que 70.

Este Nadador metido en agua de rio perderá 140 libras de su peso y le quedarán 10 que sostener con su arte. Metido en agua de mar perderá 146, y solo tendrá que sostener *quatro libras*. Necesitará pues ménos esfuerzo para sostenerse sobre el agua de mar que sobre la de rio.

VI.º En general los Hombres y Animales nadan con tanta mas facilidad quanto estan mas gordos; porque baxo de igual volúmen las grasas pesan ménos que los huesos, y así una persona se acerca tanto mas á la pesantez especifica del agua quanto tiene ménos hueso y mas grasa.

589. NOTA. Conviene hacer aquí sobre los Ahogados por el agua dos observaciones generales que pueden interesar igualmente á la Física y á la Humanidad.

I.º Los Anegados no se aogan por el agua que traigan porque es muy poca la cantidad de agua que entra en su estómago y ninguna absolutamente la que se introduce en su pecho; lo que les hace perecer es la sufocacion ó falta de respiracion; pero no todos los Anegados mueren con igual prontitud. Se han visto algunos que despues de haber estado debaxo del agua 12, 15, y aun 20 horas han sido sacados muertos en apariencia pero vivos en realidad.

II.º Aunque el aire sea necesario para la conservacion de la vida animal, la cantidad del que se halla encerrado en los pulmones de los Anegados es capaz de conservar á veces un débil movimiento en el corazon y una lenta circulacion en la sangre. De aquí un principio de vida que solo necesita de ser ayudado y fortificado para volver á poner en movimiento y accion todo el mecanismo físico del Cuerpo humano y restablecer en él en poco tiempo toda la economía animal.

Por esto se echa de ver quan importante es no perder muy pronto las esperanzas de que vivan los Anegados. Es cierto que en este punto se tienen frecuentemente por muertas Personas que no lo estan y que solo perecen por falta de auxilio. Dexamos á las Personas experimentadas el cuidado y obligacion de enseñar al Público quales son los remedios mas eficaces para esta especie de accidentes.

590. PROBLEMA V. *Explicar porqué es tan fácil subir hasta la superficie del agua ciertos Cuerpos sumergidos en ella. (Fig. 72.)*

SOLUCION. I.º Sea una Herrada grande D cuyos árcos sean de hierro, que tenga respecto del agua un exceso de pesantez igual á 10 libras: echada en un pozo se irá al fondo.

Aunque supongamos que esta Herrada tanto por su propio peso como por el del agua de que se llena pe-

se fuera del agua dos quintales, para subirla hasta la superficie del pozo bastará una fuerza igual á 10 libras. La razon es porque el resto de su peso le suben en fuerza de la presion que hacen por todas partes las Columnas líquidas adyacentes (584).

Pero para subir esta misma Herrada llena igualmente de agua mas arriba de la superficie del pozo será necesaria una fuerza igual á 200 libras; porque en este caso falta el auxilio de las Columnas de agua que no obran ya contra la Herrada elevándola ó sosteniéndola sobre la superficie del agua.

II.º Sea un Pie cúbico de estaño metido en un pozo, y atado de una cuerda. Este Pie cúbico de estaño que pesa á ayre libre unas 512 libras perderá en el agua 70 libras de su peso, y le recobrará todo en sacándole de ella. Luego la Potencia que haga exfuerzo para levantarle tendrá que vencer 70 libras mas quando el cubo de estaño D pase del agua al ayre.

LEY CUARTA.

591. *Si se mezclan juntos varios Líquidos de diferente pesantez específica y que no tengan una afinidad considerable uno con otro, estos Líquidos se separan en fuerza de su diversidad de pesantez.*

El mas pesado se coloca en el fondo, el mas leve á la superficie, y lo demas entre medias segun el orden de sus diversas pesanteces específicas.

DEMOSTRACION. Si en una misma Botella de vidrio se mezclan y agitan juntos mercurio, aceyte de tártaro, espíritu de vino, espíritu de trementina, y ayre.

I.º Quando dexando quieta la botella, estos Líquidos ó Flúidos de diferente pesantez no tengan ya mas movimiento que el de su gravitacion propia se separarán y colocarán en capas concéntricas uno sobre otro segun el orden de sus pesanteces específicas. El Mercurio en el fondo, sobre él el Aceyte de tártaro, despues el Espíritu de vino, luego el de Trementina, y sobre todos el Ayre.

Y si se ladea ó pone boca abaxo muchas veces la Botella agitándola, luego que se la dexa quieta cada uno de estos licores vuelve á tomar el mismo lugar; pero el mercurio y aceite de tártaro mas pronto que los demas. Luego la experiencia comprueba y demuestra esta quarta Ley de la Hidrostatica.

II.º La razon de estos Fenómenos es porque teniendo cada Elemento de estos diferentes Líquidos su gravitacion aparte, y siendo ésta diferente en cada especie de liquido el elemento mas pesado tira á baxar con mas fuerza que el que lo es ménos (584), y por su exceso de pesantez fuerza á éste á que suba hácia la superficie.

Luego mezclados juntos varios Líquidos de diferente pesantez específica y que no tengan entre sí una afinidad considerable, por mas que se les agite se separan y colocan segun el orden de sus diferentes pesantezes. L. Q. P. D.

592. NOTA. Hay ciertos Líquidos de diferente pesantez específica que íntimamente mezclados entre sí no se separan unos de otros. La razon es porque estos Líquidos tienen mutuamente una *Afinidad* ó Atraccion especial que destruye la fuerza con que su diferente pesantez tira á separarlos; por exemplo

1.º El Oro y la Plata fundidos en un mismo crisol permanecen unidos y mezclados en el estado de liquidez del mismo modo que lo estaban en el de solidez, y no se separan con tal de que se les dexé enfriar sin moverlos.

La Afinidad ó Atraccion especial que tienen entre sí las Moléculas de oro y plata tiene mas fuerza para mantenerlos unidos, que su diferente pesantez para separarlos. Y así únicamente por medio de Menstruos ó Disolventes se puede conseguir la separacion de estos dos Metales ligados entre sí. (117)

II.º El Agua es un poco mas pesada que el Vino. Si las dos capacidades de un Vaso de dos fondos que solo comuniquen entre sí por un pequeño agujero se llenan,

la capacidad inferior de vino, y la superior de agua, se verá á estos dos Líquidos trocar de lugar. Se verá bajar una columna de agua, y subir otra de vino paralelamente por el pequeño agujero de comunicacion hasta que el agua haya ocupado todo el lugar que ocupaba el vino. Las columnas de agua como que son mas pesadas que las de vino fuerzan á estas á subir hácia la superficie.

Pero si estos dos Líquidos llegan á mezclarse íntimamente entre sí, sus elementos unidos contraen una adherencia que hace que el exceso de pesantez de los unos no sea ya capaz de separarles de los otros, ó que solo les separe muy imperfectamente y con mucha dificultad.

III.º Aunque ciertas Sales tengan mucha mas pesantez específica que el agua, no obstante no se separan del agua en fuerza de su pesantez específicamente mayor, porque la *Fuerza de afinidad* entre el agua y estas sales es mayor que la que proviene del exceso de pesantez de estas sales sobre la del agua (105).

LEY QUINTA.

593. Si en Tubos comunicantes y no capilares se echan Líquidos de diferente densidad ó pesantez específica habrá equilibrio entre las columnas opuestas quando sus alturas estén en razon inversa de las pesanteces específicas de los Líquidos. (Fig. 75).

DEMOSTRACION. Sean dos Líquidos cuyas pesanteces específicas sean entre sí con corta diferencia como 1 á 14, el Agua y el Mercurio. Sea tambien un Tubo en-corvado A B C D abierto en A y D, de igual diametro por todas partes, y perpendicular al horizonte.

I.º Echese primero una cantidad indeterminada de mercurio en B H C, y despues échese por A una cantidad de agua suficiente á hacer subir el mercurio hasta D á un pie mas arriba de la base B C.

En este Experimento se hallará que la Columna C

D de mercurio de un pie de altura hace equilibrio con una Columna de agua A B de 14 pies de altura con corta diferencia. El Líquido 14 veces mas leve tiene una altura 14 veces mayor, y el Líquido 14 veces mas pesado una altura 14 veces menor. Luego hay equilibrio entre dos Líquidos de desigual pesantez quando sus alturas estan en razon inversa de sus densidades ó pesantezes específicas, como lo acabamos de proponer en esta quinta Ley.

La razon es porque estas dos Fuerzas opuestas A B y D C tienen una misma masa y una misma velocidad, ó una misma tendencia á ella, y así deben estar en equilibrio por la misma razon porque una libra de plomo puesta en el platillo de una balanza hace equilibrio con una libra de corcho ó algodón puesta en el platillo opuesto.

II.º Si los dos brazos A B y D C del Tubo son de capacidad desigual habrá todavía equilibrio entre las Columnas de agua y mercurio siempre que la columna de agua sea como 14 veces mas alta que la de mercurio. La razon es porque quanto una de las dos columnas pierda de masa en un tubo mas estrecho, otro tanto ganará en velocidad ó en tendencia á ella (571).

Si la Columna C D de mercurio está contenida en un tubo de una capacidad 20 veces menor que la del tubo A B; esta columna C D tendrá que moverse y bajar con 20 veces mas velocidad que la columna opuesta A B. Ganará pues aumentándose su velocidad ó tendencia á ella, lo que pierde disminuyéndose su masa. De aquí el equilibrio entre estas dos Columnas fixamente al mismo punto de altura en que deben estar en equilibrio quando son de igual diámetro.

III.º Si en varios Tubos comunicantes se echan Líquidos de diferente pesantez específica de mercurio en R H, de agua en A B, de aceyte en Z S, y de espíritu de vino en D F habrá equilibrio entre todas estas Columnas quando cada una de ellas tenga otra tanta mas ó menos altura perpendicular quanta mas ó menos pesantez específica tenga el Líquido que la forma. (Fig. 79.)

La Columna de mercurio tendrá como 14 veces menos altura que la del agua. La de agua un poco menos que la de aceyte, y la de aceyte un poco menos que la de espíritu de vino.

La razon es porque no puede haber equilibrio entre todas estas fuerzas ó Potencias opuestas sino en el caso de que el producto de la masa por la velocidad sea igual en cada una de ellas, y este producto de la masa por la velocidad no puede ser igual en todas estas columnas opuestas sino en el caso de que la desigualdad de densidades ó pesanteces específicas sea compensada con la desigualdad de las alturas.

Luego las Columnas opuestas de Líquidos de diferente densidad ó pesantez específica echados en Tubos comunicantes y no capilares estarán en equilibrio entre sí quando sus alturas esten en razon inversa de las pesantezes específicas de los Líquidos. L. Q. P. D.

594. NOTA. En otra parte harémos ver que el Ayre es un flúido sujeto á las mismas Leyes que los Líquidos, que carga hácia todas partes en razon compuesta de su altura y de su base, y que una Columna de ayre hace equilibrio por su pesantez propia con una Columna de mercurio de unas 28 pulgadas, ó con una de agua de unos 32 pies de altura. (628, 634 y 637).

FENOMENOS DE LOS TUBOS CAPILARES.

595. DEFINICION. Llámense *Tubos Capilares* unos tubos que tienen muy poco diámetro, ó cuya canal es muy estrecha. Dáfeles este nombre sin duda por la semejanza que pueden tener con las Cerdas ó Cabellos que son como canales huecos en toda su longitud, y capaces de dar paso á ciertos humores: *Tubi capillorum instar tenues*. Pero no se ha de inferir de esta comparacion que todos los Tubos capilares deban tener la delgadez y disposicion de una cerda ó un cabello.

1.º El grueso de los *Tubos capilares* no necesita ser ni con mucho tan pequeño como el de una cerda ó un

un cabello. Los que se emplean por lo comun en las Experiencias son mucho ménos delgados, y aun se advierten los efectos que son propios de estas especies de tubos aunque tengan dos lineas y aun dos lineas y media de diámetro vacío.

II.º La *disposicion de los Tubos capilares* es enteramente indiferente: dos Planos de cobre, mármol, vidrio, ó de qualquiera otra materia acercados uno á otro á una distancia proporcionada producen los mismos efectos que una serie de Tubitos aislados, y aun todos los Cuerpos esponjosos ó bastante porosos para dar paso á los Líquidos pueden ser mirados como conjuntos de Tubos capilares.

Como parece que los efectos de los Tubos capilares *no guardan algunas Leyes fundamentales de la Hidrostática*; y que su Mecanismo físico influye muchísimo en la vegetacion de las Plantas, es sumamente importante dar una idea clara y precisa de su naturaleza y efectos.

596. EXPERIENCIA I. Sea un Baño bastante hondo lleno de agua, vino, aceyte, ó qualquiera otro Líquido excepto el mercurio y los metales fundidos.

I.º Si en este Baño se mete un *Tubo no capilar* abierto por ambas extremidades, el Líquido sube en este tubo á la misma altura que tiene en el baño, ó se pone á nivel en el baño y en el tubo; lo que concuerda con la primera Ley de los Líquidos que queda expuesta (571).

Pero si en el mismo Baño se mete un *Tubo capilar*, el Líquido sube en él mas arriba del nivel que tiene en el baño, lo que indica evidentemente que en el Tubo capilar influye una *Causa física* conocida ó no conocida que no obra en el Tubo no capilar.

II.º Si en el mismo Baño se meten *dos Tubos capilares* de diámetro y capacidad desigual, el Líquido sube en uno y otro mas arriba del nivel que tiene en el baño.

Pero la *elevacion del Líquido mas arriba del nivel que tiene en el baño* es tanto mayor quanto menor es el diámetro.

metro vacío del tubo. De modo que parece que es en razon inversa de los diámetros; por exemplo dos veces mayor en un tubo cuyo diámetro es dos veces menor.

III.º Para que el Líquido del baño suba en los Tubos capilares sobre el nivel que tiene no es necesario introducir los Tubos en el Líquido, pues basta que toquen á su superficie.

597. EXPERIENCIA II. Si se mete igualmente un mismo Tubo capilar en diferentes Líquidos, por exemplo en orina, espíritu de vino, espíritu de nitro, agua salada y aceyte de vitriolo, la orina subirá sobre el nivel que tiene en el baño mas que el aceyte de vitriolo; éste mas que el agua salada; ésta mas que el espíritu de nitro; y éste mas que el espíritu de vino.

De donde resulta que estos Líquidos no suben en los Tubos capilares en razon inversa de su densidad; pues el espíritu de vino que es el mas leve de todos ellos es el que sube ménos.

598. EXPERIENCIA III. Sean varios Tubos que comuniquen entre sí, de los que solo uno R H sea capilar. (*Fig. 79*).

I.º Si se echa agua, vino, aceyte, ó qualquiera otro Líquido semejante en el tubo A, Z, ó D, el Líquido se pondrá á nivel en los tres Tubos no capilares A, Z, D.

Pero en el Tubo capilar R H subirá sobre su nivel C D, y subirá otro tanto mas arriba de él, quanto mas pequeño sea su diámetro.

II.º Si en vez de los Líquidos de que acabamos de hablar se echa Mercurio en el tubo A ó Z, este Líquido se pondrá á nivel en los tres Tubos no capilares A, Z, D.

Pero lexos de subir en el Tubo capilar R H sobre el nivel C D ni aun llegará al punto C, sino que quedará otro tanto mas abaxo de este punto quanto menos diámetro y capacidad tenga el Tubo capilar.

Lo mismo sucederá si en vez de mercurio se echa en los Tubos no capilares Estaño ó Plomo derretido; y es mas que verosímil que con los demas Metales derreti-

dos sucedería tambien lo mismo que con el estaño y el plomo.

599. ASERCION. *Los Fenómenos de los Tubos capilares provienen de una Causa física conocida ó desconocida que altera la simple y quieta gravitacion de los Líquidos en ellos.*

DEMOSTRACION. Segun las Leyes de la quieta y simple gravitacion de los Líquidos todos los Líquidos homogéneos deben ponerse á nivel (571 y 584).

Luego los Líquidos que se colocan mas arriba ó mas abaxo del nivel deben forzosamente ó ser elevados sobre el nivel por una Causa que les haga subir ayudando en esto á la gravitacion de las Columnas opuestas, ó ser detenidos debaxo del nivel por una Causa que luche contra la gravitacion de las mismas Columnas, qualquiera que sea en sí misma esta Causa conocida ó desconocida, única ó no única. L. Q. P. D.

600. NOTA. Como acaso no está todavía suficientemente conocida, ó suficientemente descubierta y determinada la *Causa física* que produce los Fenómenos de los Tubos capilares no nos detendremos á hablar de ella en este Compendio. El que quiera puede ver lo que decimos sobre ella en nuestro Curso completo de Física.

SECCION SEGUNDA.

ORIGEN DE LAS FUENTES.

601. OBSERVACION. Las *Fuentes* forman los arroyos, los arroyos forman los rios, los rios van á desfaguar en los mares, reparando así en ellos las pérdidas que les causa la evaporacion.

¡ Pero en donde estan éstos *Depósitos eternos é inagotables* que desde el principio de los tiempos abastecen de su plenitud de aguas siempre nuevas á esta prodigiosa multitud de rios inmensos que despues de ha-

ber fertilizado los vastos países de todo el mundo conocido van á perderse y abismarse para siempre en el avaro Océano?

He aqui el objeto de la interesante expeculacion que ha excitado siempre la curiosidad de los hombres acostumbrados á reflexonar, y sobre la que se han formado varios Sistemas que tienen por basa la Destilacion, la Filtracion y la Evaporacion de las aguas del Mar.

SISTEMA DE LA DESTILACION.

602. SISTEMA I. Descartes hizo al Globo terrestre un Alambique químico (170) destinado á *destilar* continuamente las aguas del Mar.

El Centro de la Tierra fué para Descartes un *inmenso Horno* lleno de un fuego indestructible, siempre en accion, y aprisionado siempre por capas concéntricas de una peña inalterable. Encima de estas capas de peña calentada y encendida suponía Descartes que había unas *Cavernas inmensas* que comunicaban con el Océano, y cuyas aguas calentadas y reducidas á vapores eran impelidas con violencia por entre los poros de la tierra y de las peñas como por otros tantos Tubos capilares hasta lo alto de la superficie mas elevada del Globo terrestre desde donde colaban ó brotaban en fuentes.

REFUTACION. No es necesario nada ménos que el nombre del gran Descartes para hacer á *este Sistema* digno de ser refutado seriamente.

I.º ¿No es una pura *chímera* este fuego central? ¿Qual es su naturaleza? ¿Qual es su pábulo? ¿Como no se extingue sino tiene comunicacion con el ayre exterior? ¿Y si la tiene como no se escapa de sus profundas prisiones con una explosion horrible como hacen los fuegos de los Volcanes y los que hacen volar las fortificaciones de una Plaza? (499 y 500).

II.º En un Alambique químico el vapor se convierte en agua luego que toca en el Refrigerante (169). ¿Co-

mo pues los Vapores salidos de las profundas Cavernas que hacen el oficio de Cucurbitas encima del Fuego central podrán ménos de perder su estado de vapor al pasar por entre las inmensas y friísimas capas de tierra que median entre estas Cavernas y la superficie del Globo?

Y si el frio que tiene naturalmente el interior de la Tierra convierte estos Vapores en agua como no puede ménos de suceder: ¿Que *Fuerza física* los elevará por entre las entrañas de la Tierra contra su gravedad y la resistencia de los conductos hasta la superficie de las mas altas montañas del mundo adonde deben llegar para dar nacimiento á las Fuentes y Rios?

III.º Quando se ha visitado lo interior de la Tierra en las excavaciones que se han hecho de las Minas de mármol, sal, oro, plata, cobre, plomo, hierro y carbon se ha observado siempre y en todas partes que el *Agua baxa* de la superficie hácia el centro, y jamas se ha hallado que suba desde el centro hácia la superficie; lo que acaba de destruir completamente el Sistema infundado que impugnamos, y que debia lisonjear muy poco á la Naturaleza pues la sujeta en una de sus mas grandes obras al triste y penoso mecanismo de un Laboratorio químico.

SISTEMA DE LA FILTRACION.

603. SISTEMA II. Algunos Físicos han imaginado otro Sistema no ménos defectuoso para asignar el origen de las fuentes y de los arroyos, á saber la *Filtracion* de las aguas del Mar por entre la masa de la Tierra.

I.º Estos Físicos han supuesto que las Aguas del Mar se distribuian por todas partes en las entrañas de la tierra por medio de innumerables *Canales ramificados* de varias figuras y grandores, y como es propiedad de todos los Líquidos el tirar á ponerse á nivel, las aguas del Mar tiraban segun estos Físicos á subir por todas partes ó por canales de comunicacion, ó por los poros

de la tierra, de las arenas y piedras esponjosas hasta una altura igual á la que ocupan en las riveras que las detienen.

Quando estas aguas caminan y suben al seno de los Continentes por canales de Comunicacion rectos ó tortuosos sin filtrarse por entre las materias que les pudieran quitar su sal, conservan su qualidad de salobres. De aqui segun ellos las *Fuentes saladas*.

Pero quando estas aguas se filtran por entre materias aptas para dar paso á la sustancia aquéa, é impedirsele á la salina, suben por entre estas materias al seno de los Continentes hasta la altura de la superficie del Mar despojadas de su qualidad de salobres. De aqui en su Sistema las *Fuentes de agua dulce* que nacen en los Continentes cuya superficie no está mas alta que la del Mar.

II.º Por lo que hace á las fuentes de agua dulce que nacen en todos los Continentes á una altura considerable sobre la superficie del Mar, suponen que las aguas que las forman, elevadas primero por entre las entrañas de la Tierra hasta una altura igual á la del Mar en fuerza de la presion de las Columnas del agua marina son exáltadas despues mas arriba de esta altura ó del nivel del Mar por medio de *Tubos capilares* que las llevan lo ménos mal que pueden hasta la superficie mas elevada de los Continentes, desde donde corren despues á los terrenos mas baxos en fuerza de su gravitacion propia.

De aquí en este Sistema las *Fuentes de agua dulce* que dan nacimiento á los arroyos, torrentes, riachuelos y rios en los Países que estan considerablemente elevados sobre la superficie del Mar.

REFUTACION. El Sistema de la Destilacion se funda en suposiciones fabulosas, pero el de la Filtracion se funda á un mismo tiempo en suposiciones fabulosas y chíméricas.

I.º ¿Que fábula no son estos *Canales de comunicacion* que desde el fondo ó desde los bordes del Mar se ex-

tienden en ramificaciones por las entrañas de la Tierra? ¿Cabando ésta hasta inmenfas profundidades se han descubiertó por ventura alguna vez en su seno semejantes canales? ¿Aunque haya en efecto motivo para presumir que ciertos mares como el Mar Caspio comunican con otros mares por medio de grandes Canales subterráneos, es ésta una razon suficiente para presumir que hay semejantes canales en todas las partes del Globo terrestre quando hay millares de experiencias en contrario?

II.º El fondo del Mar está casi todo él cubierto de una *Materia viscosa y glutinosa* que forma como una especie de betun propio para no dexar pasar el agua é impedirla que se filtre por entre las tierras y peñas que componen el Globo terrestre.

III.º Consta por la Experiencia que aunque el agua del Mar se filtre por entre quantas tierras y arenas se quiera suponer, no pierde jamas toda su amargura y qualidad de salobre. Consta asimismo que la *parte de su Sal* que pierde al pasar por entre la arena y tierra queda adherente á las materias que la despojan de ella, y que estas materias cargadas de sal marina comunican la qualidad de salobre al agua dulce que pasa por entre ellas. De todo lo qual se sigue:

En primer lugar que el agua del Mar no puede perder *toda su qualidad de Salobre* por esta fabulosa filtracion, ó que si la pierde se la da á las substancias por entre quienes se filtra, las quales se la comunicarán al agua que las sigue.

En segundo que para que el agua del Mar se despojase efectivamente de la qualidad de salobre que tiene mediante su filtracion por entre la tierra, seria necesario que los Canales por donde se filtrase recibiesen otra tanta sal como el agua depone. Y como el agua del Mar tomada en su generalidad contiene por lo menos *una trigésima parte de Sal*, seria igualmente forzoso que el agua del mar filtrándose y desalándose continuamente en lo interior de la Tierra, dexase en su seno cada treinta años una masa de sal igual por lo ménos

á la masa de agua que todos los rios del mundo llevan cada año á los Mares: lo que es evidentemente falso y absurdo.

IV.º Este Sistema se funda principalmente en la propiedad que tiene el agua de subir mas arriba de su nivel por medio de los Tubos capilares; ¿Y que se puede imaginar mas frívolo, mas infundado y mas mal considerado que semejante fundamento y que un recurso tan insuficiente como éste?

En primer lugar es cierto que el Agua no puede subir en los Tubos capilares en fuerza de la presión de las Columnas comunicantes á una altura mayor que á la que sube en el Vacío, es decir á mas de treinta y dos pies mas arriba de su nivel. Y á la verdad que no hay poca distancia de treinta y dos pies á mil ó dos mil toesas mas arriba del nivel del Mar que es la altura á que sube el agua para dar nacimiento á los mayores rios del mundo.

Ademas aun quando pudiese el Agua subir hasta esta altura por medio de los Tubos capilares, no se seguiria de aquí que pudiese formar Fuentes que corriesen ó brotasen, pues como sabemos por la experiencia igualmente que por la teoría el agua que sube mas arriba de su nivel en un monton de arena ó en qualquiera especie de materias porosas y esponjosas, nunca tiene ni puede tener curso desde la altura á que ha subido á causa de que ni estas materias ni ningunas otras son capaces de comunicar al agua un impulso tan superior al de su gravedad que en fuerza de él rompa ó corra vertical ó horizontalmente.

Todo es pues fabuloso ó chímérico en los Sistemas de la *Destilacion* y *Filtracion*. ! Quanto no debe ésto preocuparnos á favor del Sistema de la *Evaporacion* que vamos á exponer y comprobar!

SISTEMA DE LA EVAPORACION.

604. SISTEMA III. Todos los Físicos de nuestros dias han adoptado en fin sobre el origen de las Fuentes y Arroyos el *verdadero sistema de la Naturaleza*, el que las da por principio la Evaporacion de las aguas del mar, lagos, rios y todo género de corrientes de agua, de la qual evaporacion resultan las Lluvias y Nieves. ¡Es cosa bien singular que las Verdades mas sencillas y palpables hallen con tanta dificultad una acogida favorable en el Entendimiento humano!

En el *Sistema de la Evaporacion*, mejor se diria en la verdad demostrada pues esta Sentencia no merece el nombre de Sistema sino en quanto presenta un corto encadenamiento de hechos ciertos y conseqüencias indudables:

I.º El Agua del mar, de los rios, lagos, estanques y demas corrientes y depósitos se eleva en vapores á la Atmósfera donde se forma en Nubes que se resuelven en lluvia ó nieve.

II.º El Agua de las lluvias y nieves ó corre por lo exterior de la superficie de la Tierra, ó se filtra por lo interior de ella hasta una cierta profundidad. Por lo comun parte corre por defuera, y parte se introduce por dentro de la Tierra. La que corre sobre la superficie de la tierra, produce rápida y pasageramente andaluvios: la que se filtra por entre las entrañas de la tierra, llena en infinitos parages grandes concavidades desde donde corre sucesivamente y poco á poco por conductos mas ó ménos grandes.

Los grandes Depósitos y los grandes Canales dan nacimiento á las Fuentes mas copiosas y mas abundantes, y las fuentes pequeñas traen su origen ó de depósitos pequeños, ó de pequeños canales que comunican con los grandes depósitos (580 y 581).

III.º El Agua de las lluvias y nieves es como lo demostraremos bien pronto, mucho mas que suficiente para

mantener constantemente todos los Rios del mundo en el estado de plenitud en que les vemos. Es pues absurdo imaginar otras Causas fabulosas ó chíméricas para explicar el origen de las Fuentes que los forman.

IV.º Para contemplar este Sistema como se debe, se ha de observar que los grandes Rios nacen en los Países mas elevados de los Continentes: que su volúmen de agua es casi siempre muy poco considerable en su primer origen, y que quando llegan á desfagar en el mar van ya aumentados con todas las aguas de los vastos países por donde pasan.

En los Climas mas cálidos en que no cae nieve alguna la mayor parte de la Lluvia que cae en un territorio se filtra en la tierra en donde las capas de greda forman una especie de betun propio para impedirla que penetre muy adelante. Esta Agua segun las Leyes de la Hidrostática colando lentamente por entre las arenas, piedras porosas y tierras arcillosas pasa sucesivamente de los terrenos mas elevados á los mas baxos. Por exemplo no contando con los Montes, supongamos que el Franco-Condado esté por todas partes mas elevado que el país de Bresa; que éste esté mas que el Leonés; el Leonés mas que el Delfinado; y el Delfinado mas que la Provenza. Con solo filtrarse el agua por entre las tierras la Lluvia que cae sobre estos Países irá á formar Fuentes y Arroyos siempre crecientes desde el Franco-Condado al País de Bresa, al Leonés, al Delfinado y á Provenza.

En los Países mas frios cubiertos por lo comun de montañas mas ó menos elevadas, la nieve que dura una gran parte del año y aun en ciertos parages todo él, se derrite en los grandes calores y distribuye á los terrenos mas baxos una gran cantidad de agua en la Estacion en que la Evaporacion que es mas abundante defeca con mucha prontitud la superficie de la Tierra.

V.º En los Países montuosos hay grandes Depósitos, unos en lo interior y otros sobre la superficie de la Tierra. En ellos se juntan las aguas de las lluvias y nieves, y

desde ellos cuelan poco á poco por millares de Canales subterráneos á los terrenos mas baxos en donde forman Fuentes perennes , unas mas y otras menos copiosas (609).

PROPOSICION.

605. *Todas las Fuentes del mundo así dulces como saladas provienen únicamente del agua de las Lluvias y Nieves.*

DEMOSTRACION. La simple exposicion de esta Verdad fisica basta para hacer sentir su evidencia. Es claro que las fuentes , arroyos , rios y toda especie de corrientes deben su origen á la *Causa fisica y sensible* cuyo influxo nos hace patente la experiencia ; á la *Causa constante y permanente* que indudablemente produce su aumento ó disminucion ; á la *Causa en fin sencilla y fecunda* por la que únicamente se pueden explicar de un modo satisfactorio todos los fenómenos que nos presenta el origen de las Fuentes.

Es así que esta Causa es evidentemente el agua de las lluvias y nieves, como acabamos de explicar y haremos aun mejor ver y comprehender refutando completamente así las varias dificultades que se oponen como las fútiles chimeras que se han querido substituir á esta Verdad fisica:

Luego es indudable que todas las Fuentes del mundo así dulces como saladas tienen por único origen el agua de las lluvias y nieves. L. Q. P. D.

OBJECIONES Y RESPUESTAS.

606. OBJECCION I. ¿A quien se persuadirá que la pequeña cantidad de lluvia que cae cada año sobre la Tierra baste para formar la inmensa cantidad de agua que todos los Rios del mundo llevan cada dia al seno de los mares.

RESPUESTA. Se persuadirá este *Hecho cierto* á qualquiera que sea capaz de comprehender una demostra-

cion sólida fundada sobre la experiencia mas sensible y el cálculo mas sencillo.

I.^o Consta *por la Experiencia*, que cae en Francia cada año una cantidad de lluvia igual á una capa de veinte pulgadas de grueso ó altura con corta diferencia; lo que se conoce facilmente recogiendo en vasijas proporcionadas el agua de lluvia, y teniendo quenta cada vez que llueve con la cantidad de agua que acaba de caer. Supongamos tomando las cosas por la parte mas corta que en vez de veinte pulgadas no caen al cabo del año mas que doce.

II.^o Consta *por el Cálculo*, que una capa de lluvia de doce pulgadas de altura sobre toda la Francia es mas que suficiente para abastecer á todos los Rios de Francia de la cantidad de agua que vierten cada dia en el Mar. Tomemos por exemplo general el Sena, y comparemos la *cantidad de lluvia* que junta en sí en su curso desde sus fuentes hasta Paris con la *cantidad de agua* de este rio que pasa cada año por debaxo del Puente Real de Paris.

Quando el Sena llega á Paris ha recogido todas las aguas de lluvia que caen sobre una superficie como de sesenta leguas de longitud sobre cinquenta de anchura, lo que da una superficie de tres mil leguas quadradas. Suponiendo la Legua en números completos de 2200 toesas de longitud, la *Legua quadrada* contendrá 4,840,000 de toesas quadradas. Conteniendo la *Toesa quadrada* 36 pies quadrados, 4,840,000 toesas quadradas darán 174,240,000 pies quadrados de superficie por cada Legua quadrada; y conteniendo cada Legua quadrada 174,240,000 pies quadrados de superficie, 3,000 Leguas quadradas darán 522,720,000,000 de *Pies quadrados* de superficie que tendrán cada uno un pie cúbico de agua por año con que contribuir á formar la cantidad de agua que lleva el Sena quando pasa por el Puente nuevo ó el Puente Real.

Restanos ahora exâminar que cantidad de agua pasa cada año por el Puente Real, y esto es tambien lo

que han averiguado con toda certeza algunos Miembros de la Academia de las Ciencias. Observando M. Mariotte al Sena en una altura media halló que pasaban por el Puente Real como unos 200,000 pies cúbicos de agua por minuto, lo que hace 12,000,000 de pies cúbicos por hora, 188,000,000 de pies cúbicos por día, y 105,120,000,000 de *Pies cúbicos* por año.

De todo lo qual resulta que la suma de agua de lluvia aun suponiendo que no sea mas de doce pulgadas por año es á lo ménos quatro veces mayor que la suma de agua que lleva el Sena quando pasa por Paris. Con que generalizando esta observacion las Lluvias contribuyen á los Rios con una cantidad de agua mas que suficiente para formar su caudal.

No puede haber motivo alguno para dudar de la exáctitud de la observacion de que acabamos de hablar. Un Académico ilustrado que hace sus observaciones á vista de unos Personages ilustrados como él, solo puede incurrir en errores de muy poca consecuencia. Pero para que no pueda quedar recelo alguno en esta materia, supongamos que se ha disminuido considerablemente en esta observacion el volúmen de agua que lleva el Sena: supongamos aun si se quiere, que se haya engañado en la mitad M. Mariotte, tendríamos todavia que la *cantidad de agua* que dan las Lluvias excede en la mitad á la que lleva el Sena.

III.º Se puede aplicar el mismo cálculo á qualquiera otro Rio que se quiera, por exemplo al Po. Segun el célebre Buffon este rio aumentado con varios riachuelos que entran en él, lleva al Mar las aguas de lluvia que caen sobre una superficie de 45,600 *Millas quadradas* con corta diferencia, y no da al Mar mas que una milla cúbica de agua en veinte y seis dias; lo que hace con corta diferencia catorce *Millas cúbicas* de agua por año.

Se hallará fácilmente por el cálculo que las lluvias ordinarias son mucho mas que suficientes para dar á este rio el enorme volúmen de agua que vierte en el mar. Porque el volúmen de agua que el Po lleva al mar es

como de 1,750,000,000,000 de *Pies cúbicos* por año, y el volúmen de agua que dan las lluvias á la superficie cuyas aguas vienen á parar á este rio es de 2,060,000,000,000 de *Pies cúbicos* por año (aun suponiendo que el agua de lluvia que cae en Italia no es mas que de 24 pulgadas de altura, lo que es rebaxar demasiado pues se sabe que caen en este país 40 pulgadas con corta diferencia de agua de lluvia cada año comun).

607. OBJECCION II. Evitando un abismo se ha dado en otro. El Sistema que adoptamos parecia al principio pecar por defecto, y segun lo que se acaba de responder hallamos aora que peca evidentemente por exceso. Porque qué se hace la *quantidad superabundante* de agua de lluvia si los rios apenas llevan la quarta parte tomando las cosas por la parte más corta? La dificultad será mucho mayor si nos atenemos simplemente y sin rebaxar nada á lo que nos enseña la experiencia, segun la qual cada año comun caen en Francia como veinte pulgadas de lluvia, en Italia y Alemania como quarenta, y en la Zona tórrida como sesenta.

RESPUESTA. El nuevo abismo en que se pretende que caemos en fuerza de la anterior respuesta es tan imaginario como el primero. El vicio por defecto ha desaparecido, el *vicio por exceso* va á desaparecer con igual facilidad. La cantidad superabundante de agua de lluvia que no llevan los rios tiene un destino digno de la fabiduría del Criador el qual abrazándolo todo con una ojeada infinita ha provisto á todo sin exceso y sin defecto.

1.º De esta superabundancia de agua de lluvia, una gran parte se emplea en la Nutricion de los Animales y Vegetales los quales por su transpiracion exálan por el ayre una cantidad inconceivable de ella, como que algunos exálan una cantidad mucho mayor que su masa y peso en solo un dia; otra parte va verosimilmente á formar arroyos y rios subterráneos que corriendo por debaxo de tierra deságuan en el mar; y la parte mas considerable se eleva en vapores y nubes para volver á caer en lluvias y nieves sobre la tierra muchas veces en cada año.

II.º En los Países en donde cae mayor cantidad de lluvia como en Italia, Alemania y en la Zona tórrida hay tambien ó rios en mayor número y mas caudalosos, ó una Evaporacion mas copiosa y pronta. Por lo comun estas dos Causas concurren unidas á descargar estos Países de la inmensa cantidad de agua que arrojan sobre ellos las lluvias copiosas y freqüentes. Así acabamos de ver que el Po lleva al mar proporcionalmente mas agua que el Sena.

608. OBJECCION III. ¿Es acaso verosímil que los *Vapores insensibles* que se elevan del seno de los mares, lagos, arroyos y partes húmedas del Globo terrestre puedan dar toda la inmensa cantidad de agua que vierten cada dia los rios en el seno de los mares? ¿La hipótesis que adoptamos y que supone ésta inmensa evaporacion no será fabulosa é infundada á lo menos por esta parte?

RESPUESTA. Seguramente que las Lluvias que caen de la Atmósfera no caen por arte de encantamiento. Es pues evidente que el agua que cae en lluvia habia subido á la atmósfera en vapor. Pero ademas apliquemos la Experiencia y el Cálculo á esta objecion.

I.º Si en un buen dia de Estío quando sopla el viento y el sol calienta bien, se expone al ayre y al sol un *Baño lleno de agua*, al cabo de veinte y quatro horas la superficie del agua baxa como una pulgada: de consiguiente una capa de agua como de una pulgada de grueso se va en vapores. En un tiempo muy frio la Evaporacion es mucho menor, pues la superficie del agua contenida en el mismo baño apenas baxa una ó dos lineas. Compensando lo uno con lo otro se puede evaluar la *Evaporacion diaria* durante todo un año en un quarto de pulgada por dia, lo que daria por un año en el baño de que hablamos noventa y una pulgadas de evaporacion.

La Evaporacion que padece el agua en la experiencia de que hablamos se verifica igualmente en el mar, lagos y rios siendo mayor en la inmensa extension de

la Zona tórrida que en las Zonas templadas, y mayor en éstas que en las glaciales. Compensando uno con otro se puede suponer sin recelo de incurrir en error considerable una Evaporacion como de noventa pulgadas por año en toda la superficie de las aguas que cubren el Globo terrestre. He aquí pues una *Capa de agua* como de noventa pulgadas de profundidad que pasa cada año del seno de todos los mares, lagos, rios, arroyos y demas partes húmedas del Globo á la Atmósfera para volver á caer de ella en lluvias. III 20131107.800

II.º Supongamos que la superficie del Mar es únicamente igual á la de los Continentes, no obstante de que está averiguado que es mucho mayor, y no contemos con los lagos, rios, &c. He aquí una Capa de agua de noventa pulgadas de profundidad, y cuya superficie es igual á la de la mitad del Globo terrestre que elevándose cada año á la Atmósfera forma en ella las lluvias, las quales cayendo parte sobre el Mar y parte sobre la Tierra darán á toda la superficie del Globo una masa ó *capa de agua de lluvia* igual á quarenta y cinco pulgadas de altura con corta diferenciencia; y precisamente otra tanta sobre poco mas ó menos es la cantidad de lluvia que la Tierra considerada en su generalidad recibe cada año de la Atmósfera. 61 15 197

Consta pues por la Experiencia mas sensible y el Cálculo mas sencillo que la Evaporacion es mas que suficiente para proveer á la Atmósfera de la inmensa cantidad de agua que cae en lluvia, y aun la cantidad de evaporacion es mucho mayor que la del agua de lluvia que resulta de ella: pero el Sereno y el Rocío vuelven á la tierra y al mar casi todos los dias una parte considerable del agua que se eieva en vapores, restableciendo así la igualdad entre la cantidad de agua que se eleva á la Atmósfera y la que cae de ella. 12

609. OBJECCION IV. Este Sistema sobre el origen de las Fuentes supone como cierto un hecho muy dudoso, á saber que hay *Cavernas subterráneas* en donde se junta gran copia de agua que proviene de las lluvias y
nie-

nieves, y desde donde cuela despues succesivamente por Canales subterráneos, los quales terminando en Fuentes mas ó menos copiosas dan nacimiento á los arroyos y rios. ¿Porque qué prueba bastante sólida y cierta acredita la exístencia de estos grandes Depósitos subterráneos de aguas?

RESPUESTA. Este Sistema sobre el origen de las Fuentes que se debe mirar como una Verdad física, bien rigurosamente comprobada y demostrada no necesita fundarse en suposicion alguna incierta para que pueda sostenerse. La exístencia de una infinidad de *grandes Depósitos así exteriores como interiores* dispuestos por la Naturaleza para distribuir el agua sobre la superficie de la Tierra no puede ser un hecho dudoso para ningun Naturalista algun tanto ilustrado.

I.º Se sabe que hay en infinitos parages sobre la superficie de la Tierra Cadenas de montañas que forman grandes hoyadas, capaces de contener una cantidad considerable de agua de lluvia y nieve. Esta agua se va filtrando poco á poco por entre las sustancias arcillosas y petreas, y va á salir á los terrenos mas baxos en virtud de su gravitacion. Ya tenemos aquí una especie muy frecuente y numerosa de *Depósitos exteriores* apropósito para proveer de agua de lluvia á los rios en los tiempos de sequía.

II.º Todo el mundo sabe que hay no lexos de la superficie de la Tierra una multitud de Grutas de varios grandores. ¿Visitando estas grutas subterráneas en quantas no se han hallado estanques llenos de agua? ¿Y no tendrémós suficiente motivo para suponer que hay otros *Depósitos* semejantes en las entrañas de la Tierra en otros mil parages que no hemos podido visitar?

Hace como unos treinta años que cerca de Hemburn en el Delfinado en un hermoso dia de Estío en que no se veia nube alguna en todo el horizonte, un torrente llamado *Bramafam* que estaba casi seco se hinchó tanto de un golpe, que detuvo el curso del Durango, enterró enteramente un Pinar de un medio quar-

to de legua de largo y llevó arrastrando peñas tan grandes que veinte pares de bueyes no hubieran podido mover. ¿A que Causa fisica se ha de atribuir este fenómeno sino á la de haberse desprendido alguna enorme masa de tierra ó de peña y caido sobre algun Lago subterráneo, ó á la de haberse roto súbitamente alguna inmensa Caverna llena de agua que hubiese en la montaña de Chateauroux en donde nace este torrente, y sobre la qual no habia en este dia ni nieve, ni nube, ni tromba, ni ninguna otra cosa semejante que pudiese ocasionar una inundacion tan grande?

Nosotros mismos hemos visto y paseado este Pinar bastantes veces algunos años antes de que hubiese sido enterrado entre las arenas y piedras, y hemos vuelto á ver con admiracion muchas veces despues de este acontecimiento el sitio en donde estaba, paseándonos sobre las cimas mas elevadas de los Pinos enterrados en compañía de los mismos que habian sido expectadores de este terrible acontecimiento, por el qual en pocas horas ó momentos fué destruido y sepultado todo el Pinar.

¿Un efecto semejante, un fenómeno como este no demuestra palpablemente la existencia ya por otra parte comprobada de varias Cavernas ocultas en lo interior de las montañas, y destinadas á servir de Depósitos á las aguas de lluvias y nieves?

Los Naturalistas dan noticia de varios acaecimientos producidos por la misma Causa que nosotros suponemos, y por el que fué producido el que acabamos de referir. „ En 1678, dice M. de Buffon en el segundo Tomo de su Historia natural (a), hubo en Gascuña una grande inundacion causada por el hundimiento de algunos pedazos de montañas de los Pirineos, que hicieron surtir las aguas contenidas en las Cavernas subterráneas de aquellos montes. Otra mayor acaeció en Irlanda en 1680 ocasionada tambien de haber-

(a) Artículo XVIII de la Teoría de la Tierra, y de la traduccion Castellana de la Edicion de Madrid de 1792 pag. 369.

„se hundido una montaña en Cavernas llenas de agua.”

III.º Aun quando estos Depósitos *subterráneos* fuesen tan raros como se puede querer suponer, sola la filtracion de las aguas de lluvia y nieve por toda la extension que separa los terrenos mas elevados de los mas baxos bastaria para conservar por mucho tiempo las varias Fuentes que riegan y fertilizan el Globo terrestre, á causa de que filtrándose el agua por entre millares de obstáculos no puede ménos de caminar muy lentamente, y así necesita el agua de las lluvias ó nieves un tiempo muy considerable para pasar filtrándose por entre las varias sustancias arcillosas y petreas desde lo alto de una montaña hasta el fondo de los Valles vecinos adonde va á brotar ó correr en fuentes; y aun necesitará mucho mas tiempo para pasar del mismo modo desde un terreno mas elevado á otro mas baxo en una extension de diez, veinte, ó treinta leguas.

En las grandes y largas sequías muchas fuentes se disminuyen ó se secan. Se *disminuyen* porque menguándose los Depósitos interiores ó exteriores de donde las viene el agua, cuyas pérdidas no se reparan con la lluvia ó nieve, las contribuyen solo con menor volúmen de agua (581). Se *secan*, ó ya sea porque los Depósitos de donde traen su origen se agotan, ó ya porque las aguas reunidas en los terrenos mas elevados no han tenido tiempo de andar todo el espacio que las separaba de las Fuentes distantes que iban á formar en los terrenos mas baxos.

610. OBJECION V. En tiempos de sequía se han hallado sobre la cima de montañas bien altas Fuentes que brotaban ó corrian. ¿Se dirá que estas fuentes deben su curso á unos Depósitos superiores ó mas elevados que por medio de canales de comunicacion suben sus aguas hasta esta altura? ¿Pero en donde se han de situar estos Depósitos superiores á la cima de estas elevadas montañas?

RESPUESTA. I.º Los Arroyos y Rios nacen siempre, ó casi siempre en los países mas elevados de los Con-

tinientes, no en la cima sino hácia el medio ó hácia la falda de las montañas; se pueden observar sobre la superficie de la Tierra ciertos países mas elevados que parecen ser *Puntos de division* señalados por la Naturaleza para la distribucion de las aguas.

Los contornos del Monte de San Gothardo en Suiza son uno de estos Puntos de division en Europa; de aqui nacen el Ródano al Sudoest, el Rhin al Norueste, y el Danubio al Oriente. Otro punto de division en Asia es el país de los Tártaros Mogoles en donde nacen varios rios que van á desembocar unos en el mar del Norte, otros en el mar de Corea, y otros en el de la China. La Provincia de Quito en la América meridional es tambien un Punto de division destinado á abastecer de aguas al mar del Sur, al del Norte y al Golfo de México.

II.º Se hallan con bastante frecuencia en la cima de Montañas elevadas *Aguas estancadas* ó Lagos de varios grandores que se han llenado con las aguas de lluvia ó nieves, y que estan destinados á producir fuentes hácia el medio ó hácia la falda de la montaña que ocupan; pero jamas se han visto Fuentes que broten ó corran, á ménos de que las montañas en que nacen esten dominadas de otras montañas con quienes tengan comunicacion por medio de canales subterráneos.

III.º Si acaso se ha hallado alguna vez alguna *Fuente que brote ó corra* sobre la cima de alguna montaña, obsérvense con cuidado los países vecinos y se hallará infaliblemente alguna montaña considerablemente mas elevada de donde traiga su origen esta fuente por medio de canales subterráneos: por exemplo: (Fig. 79)

Supongamos que R y A sean dos montañas muy elevadas, y cuyas cimas disten entre sí ocho ó diez leguas. Por mas que se haga no se hallará Fuente alguna que corra ó brote en R, si la montaña R es tanto ó mas elevada que todas las montañas vecinas.

Pero se podrá hallar Agua que corra ó brote sobre su cima en M por medio de un Depósito A S B

cuyo Canal interior y subterráneo B H C conducirá y elevará las aguas hasta M, de donde correrán ó brotarán á causa de estar mas abaxo del nivel C D del Depósito A S B.

611. OBJECION VI. En algunas Islas muy pequeñas se han hallado Fuentes de agua dulce. ¿Vendrán tambien estas fuentes de los Continentes por debaxo del mar por medio de Tubos de comunicacion? Se han hallado por el contrario Fuentes de agua salada en los Continentes; ¿Porque no diremos que estas aguas saladas vienen inmediatamente del Mar?

RESPUESTA. I.º Las *Fuentes de agua dulce* de las Islas pequeñas provienen como las de los grandes Continentes de las aguas de lluvia ó nieve, y así es inútil ir á buscarlas un origen diferente pues llueve en estas Islas lo mismo que en los Continentes.

¿Si por acafo se encuentra alguna pequeña Isla, ó alguna gran peña que se eleve sobre el nivel del mar y cerca del continente, en la que la cantidad de agua dulce exceda á la de agua de lluvia que puede caer en esta Isla ó peña; que imposibilidad habria en que parte de esta cantidad de agua dulce viniese de los Depósitos del Continente cercano? ¿Las cadenas de montañas no pueden comunicar entre sí por debaxo del mar como comunican por debaxo de la superficie de la tierra? Así siendo H B S N la superficie del mar, el agua del Continente A S B puede ir á brotar en M por medio del canal de comunicacion A S B H C. (Fig. 79)

II.º Las *Fuentes de agua salada* que nacen en los Continentes mas elevados que la superficie del mar, no pueden provenir del mar porque está demostrado que el agua del mar no puede tener curso quando sube mas arriba de su superficie (603).

Es incontestable que estas Fuentes de agua salada deben su origen así á las aguas de lluvia y nieve que las forman, como á las minas de sal por entre las quales pasan.

612. OBJECION VII. Algunos Físicos para conciliar

todos los Sistemas sobre el origen de las Fuentes quieren que provengan en parte de las lluvias, y en parte del mar. ¿Porque no seguiremos su exemplo que presenta un modelo tan bello de espíritu de conciliacion?

RESPUESTA. No es raro hallar de estos hombres equívocos que por carecer de ingenio se atreven á meter á conciliadores de los hombres que le tienen. Ha habido quien ha querido conciliar á Descartes y á Newton, ó lo que es lo mismo al Lleno y al Vacío.

Un gran Mecánico enfadado de ver rodar fácilmente un coche sobre quatro ruedas paralelas imaginó para dar pruebas de su ingenio añadir al Coche una *quinta Rueda* transversal; y esto es lo que hacen aquellos que llaman al mar al socorro de las lluvias para dar nacimiento á las Fuentes. A la influencia de una causa cierta y suficiente asocian la de una causa fabulosa y chímica que no sirve de nada y embaraza mucho.

613. CONCLUSION. Habiendo ya examinado en el Globo que habitamos la *Tierra* y el *Agua* que le componen, nos resta considerar la *Atmósfera* que le rodea por todas partes hasta una cierta altura que parece que es una continuacion suya en la Naturaleza; y éste será el objeto del Tratado siguiente.

ELEMENTOS DE FISICA

TRATADO OCTAVO.

TEORIA DEL AYRE.

614. OBSERVACION. **E**l Globo terrestre está rodeado por toda la extension de su superficie de un inmenso volúmen de Ayre que llega hasta una altura bastante considerable mas arriba de la Tierra y el Mar, y tiene el mismo movimiento diurno y anual que el Globo sólido y líquido que rodea, suponiendo que este globo rueda así al rededor de su centro como del Sol.

I.º Este inmenso volúmen de Ayre que rodea nuestro Globo no es un cuerpo simple y sin mezcla alguna, sino que está siempre unido ó combinado con una cantidad considerable de Vapores y Exálaciones, que suben los primeros de los Mares y Rios, y los segundos de los Cuerpos terrestres animales, vegetales y minerales.

Este conjunto de *Ayre, Vapores y Exálaciones* es lo que se llama *Atmósfera terrestre* cuya principal parte forma el Ayre.

II.º El Ayre es un principio elemental cuya naturaleza importa conocer: este mismo elemento agitado de un cierto modo produce el Sonido que en infinitas ocasiones es la fuente ó la imágen de nuestros pensamientos y afectos.

Por tanto en las dos Secciones siguientes trataremos de la *Naturaleza del Ayre* y de la del *Sonido*, ó del

Ayre considerado como cuerpo elemental y como cuerpo sonoro.

SECCION PRIMERA.

NATURALEZA DEL AYRE.

615. OBSERVACION. La naturaleza específica de un Cuerpo no es otra cosa que el conjunto de propiedades que le distinguen de los demas; y así conociendo las propiedades características de un cuerpo se conoce su naturaleza.

De las experiencias y observaciones que se han hecho con el Ayre resulta que el Ayre es un cuerpo aparte en la Naturaleza: un Cuerpo pesado por sí mismo: un cuerpo inmensamente compresible y dilatado: un cuerpo elástico, y cuya elasticidad perfecta y permanente es proporcional á su densidad; un cuerpo que entra en la composicion de todos ó casi todos los Mixtos: un cuerpo que es uno de los mas poderosos y generales agentes de la Naturaleza en la produccion, conservacion y destruccion de las Sustancias animales, vegetales y minerales, y principalmente en la produccion de los Meteoros.

PROPOSICION I.

616. *El Ayre es un cuerpo primitivo é inalterable.*

DEMOSTRACION. I.º *El Ayre es un verdadero cuerpo.* Aunque por ser el Ayre invisible, sin olor, ni sabor no podamos percibirle por ninguno de nuestros sentidos sino es por el tacto; esto solo nos basta para conocer evidentemente que es cuerpo: pues segun el axioma cierto y evidente de Lucrecio: Solo lo que es Cuerpo tiene la propiedad de hacer impresion sobre nuestros sentidos, y de conmover el órgano del tacto;

Tan-

Tangere enim et tangi, nisi corpus, nulla potest res.

Quando el Ayre es agitado sentimos sus impulsiones, y quando estando tranquilo le agitamos experimentamos su resistencia; por otra parte le condensamos y dilatamos segun queremos; todo lo qual es evidente que no puede convenir sino á un cuerpo.

II.º *El Ayre es un Cuerpo primitivo*: un cuerpo independiente de todas las composiciones que forma la Naturaleza.

Algunos Físicos han pensado ó presumido que el Ayre podria muy bien no ser otra cosa que un *Conjunto fortuito* de corpúsculos heterogéneos y muy fútiles, que escapados por una emanacion continua del seno de los varios Mixtos y no pudiendo recobrar su naturaleza primitiva á causa de su inmensa division, compongan reunidos un flúido distinto de todos los demas flúidos; pero esta opinion no está fundada sobre experiencia ni razon alguna, antes bien es contraria á la razon y á la experiencia; porque

En primer lugar si el Ayre no fuera otra cosa que un Conjunto fortuito de Corpúsculos emanados del seno de los demas Cuerpos, su naturaleza deberia variar otro tanto como varian los paises y las estaciones. Pero lexos de ser esto así, la naturaleza del Ayre siempre es la misma, siempre y en todas partes se halla caracterizada por signos específicos y efectos invariables que denotan infaliblemente un mismo cuerpo, una misma especie de sustancia, sea en Laponia, sea en Francia, ó sea en la Etiopia sin embargo de las pequeñas diferencias que pueden ocasionar á su masa los vapores y exâlaciones que estan mezcladas con ella.

En segundo lugar si el Ayre no fuera otra cosa que un Conjunto fortuito de vapores y exâlaciones emanados de los cuerpos terrestres sólidos ó líquidos, es evidente que la sustancia del Ayre deberia ser casi toda aquéa, y de consiguiente que condensando el Ayre otro tanto como está el agua se le deberia volver á su naturaleza primitiva y convertirle en un flúido aqueo mez-

ciado con algunos corpúsculos heterogéneos. Ahora pues, despues de haber hecho tomar al Ayre comprimiéndole, ó condensándole una densidad igual ó mayor que la que tiene el agua, se han hallado siempre en él los mismos efectos, los mismos caracteres, las mismas propiedades, en una palabra la misma naturaleza. Luego el Ayre es un cuerpo aparte, un cuerpo primitivo, un cuerpo totalmente distinto de los demas cuerpos, y no una mezcla singular y fortúita de corpúsculos emanados del seno de los varios cuerpos terrestres.

III.º El *Ayre es un cuerpo indestructible é inalterable*. Por mas que la Chímia le haya expuesto á muchas y diferentes pruebas, jamas ha podido ni descomponerle, ni desnaturalizarle, ni causar en él alteracion alguna esencial. Por mas que se le haya sometido á los fuegos mas violentos jamas se ha consumido ni convertido en otra alguna sustancia: por mas que se hayán echado en él los mas activos Disolventes quitándole de un cuerpo y uniéndole con otro, se le ha sacado siempre sin disminucion ni alteracion alguna. Luego el Ayre es un cuerpo primitivo é inalterable. L. Q. P. D.

617. NOTA. Es inútil investigar qual es la figura de las moléculas del Ayre pues por su prodigiosa pequeñez no las podemos observar, y los mas excelentes Microscopios no alcanzan á hacérmolas visibles.

Los Físicos se representan comunmente la masa del Ayre baxo de la imagen de un conjunto heterogéneo de pequeños resortes de figura espiral, flexîbles y elásticos, D E, R S, M N, *m n* &c. (Fig. 98)

Pero á esta opinion aunque ingeniosa y á propósito para dar razon de los principales fenómenos del Ayre no se la debe contemplar mas que como una hipótesis cuya realidad no tiene fundamento alguno suficiente.

PROPOSICION II.

618. *El Ayre es un cuerpo que pesa por sí mismo.*

DEMOSTRACION. I.º La Ley de gravitacion es una

Ley general á la qual está sometida toda la materia que podemos observar así en el Cielo como en la Tierra. ¿Porque causa el Ayre habria de estar exceptuado de esta Ley general? ¿Porque no habria de ser pesado por sí mismo como lo son la llama, el humo y todos los demas cuerpos conocidos? (243).

II.º Sea un globo grande de vidrio, hueco y muy delgado al que está adaptado un tubo de cobre A B por medio del qual se pueda extraer el ayre que contiene el globo (*Fig. 80*).

Si se pesa este globo de vidrio con todas las precauciones convenientes se hallará que pesa ménos estando vacío que estando lleno de ayre. Luego el Ayre tiene una pesantez real que le es propia.

III.º Una columna de Ayre hace equilibrio con otra de mercurio como de veinte y ocho pulgadas de alta, y con una de agua como de treinta y dos pies; segun lo explicaremos bien pronto (628 y 634).

Luego esta columna de Ayre pesa otro tanto como la columna opuesta con quien hace equilibrio (593); luego el Ayre tiene en sí mismo como todos los demas cuerpos una pesantez real. L. Q. P. D.

PESANTEZ, COMPRESIBILIDAD Y ELASTICIDAD DEL AYRE.

619. EXPERIENCIA. Sea un Tubo A B H C D de qualquiera capacidad igual por todo él, perpendicular al horizonte, abierto en A, herméticamente cerrado en D, y cuyo lado perpendicular A B tenga como sesenta pulgadas de altura, y su lado paralelo C D como un pie (*Fig. 75*).

I.º Llénese de Mercurio la parte B H C del tubo: quedará en él una pequeña columna de Ayre interpuesta entre C y D la qual resistirá á todo el peso de una columna inmensamente grande de ayre B A U que tiene por altura toda la altura de la Atmósfera, y que gravita en la direccion A B H C D. Harémos ver en otra

parte que una columna de ayre que tenga por altura la altura de la Atmósfera pesa tanto como una columna de mercurio del mismo diámetro, y de treinta pulgadas poco mas ó ménos de altura.

Así la *Columna de ayre* C D está siempre comprimida por un peso igual al de una columna de mercurio de treinta pulgadas poco mas ó ménos de altura. Suponemos que esta experiencia se hace en un sitio poco elevado sobre el nivel del mar, y en el tiempo en que el Ayre está muy pesado y muy elástico.

II.º Llénese despues de Mercurio la parte M N del Tubo de fuerte que se forme una columna M N como de treinta pulgadas de alta sobre el nivel N n. Hecho esto la columna de Ayre que ocupaba el espacio C D no ocupará ya mas que la *mitad de este espacio*, y se reducirá á la capacidad n D.

III.º Si se llena en fin de Mercurio la parte M A del Tubo, de fuerte que la columna N M A sea como de sesenta pulgadas de alta, la *Columna de Ayre* n D de medio pie de alta se comprimirá de nuevo y no ocupará mas que un tercio de pie m D.

IV.º Si en el punto B hay un tornillo mediante el qual se dexé ir saliendo poco á poco la columna B A de mercurio; á medida de que el mercurio salga y baxe succesivamente, la columna de Ayre comprimido D M se dilatará poco á poco y recobrará al fin por sí misma su primer volúmen C D.

V.º De toda esta experiencia resulta que el *Ayre es un cuerpo compresible y elástico, cuya reaccion es siempre igual á la fuerza que le comprime y cuya densidad crece hasta un cierto punto proporcionalmente á la fuerza comprimente.*

PROPOSICION III.

620. *La pesantez y resorte del Ayre estan demostrados evidentemente por una multitud de fenómenos físicos que la antigua Filosofía atribuía neciamente á un chímérico horror de la Naturaleza al Vacío.*

EXPLICACION. Vamos á exponer los principales fenómenos que provienen de la pesantez y elasticidad del Ayre, no tanto para comprobar de nuevo que el Ayre tiene estas dos propiedades fundamentales, lo que hemos ya demostrado suficientemente, quanto para hacer percibir por este medio las aplicaciones interesantes y usos útiles que se pueden hacer de ellas.

LA MÁQUINA PNEUMÁTICA.

621. DESCRIPCION. La *Máquina Pneumática*, ó la *Máquina del Vacío* inventada hacia el año 1654 por Othon de Gueric, Consul ó Burgo-Maestre de Magdebourg, y perfeccionada despues por Boyle Físico Ingles se compone de quatro piezas principales y esenciales, que son el Cuerpo de Bomba, el Embolo, la Platina y el Tornillo.

I.º El *Cuerpo de Bomba* es un tubo de cobre bastante grande cuya capacidad cilindrica está vacía y perfectamente lisa en toda su altura A B (Fig. 86).

II.º El *Embolo cilindrico* B debe subir y baxar en lo interior del *Cuerpo de Bomba* sin dar paso alguno al ayre entre él y la superficie interior del *Cuerpo de Bomba*.

Este *Embolo* se mueve de A á B, y de B á A por medio de un mango B V, el qual se puede construir y disponer de varios modos para subir y baxar con la mayor comodidad este émbolo.

III.º La *Platina de cobre* G H está fixada horizontalmente sobre los apoyos sólidos G N y H M, y cubierta con uno ó muchos cueros mojados sobre los quales se pone el *Recipiente* ó la *Campana* de vidrio E Z.

Esta *Platina* agujereada por el medio se adapta á un *Canalito* E A que forma una comunicacion entre el *Recipiente* y el *Cuerpo de Bomba*. Los *Cueros* de que está cubierta la *Platina* deben estar tambien agujereados en la parte por la que corresponden al *Canal* de comunicacion E A.

IV.º El *Tornillo de cobre* N M está colocado entre la *Platina* G H y el *Cuerpo de Bomba* A B.

La Llave R S de este Tornillo perfectamente lisa en su superficie tiene la figura de un cilindro ó de un cono truncado, y su diámetro tiene un agujero C D que en una postura corresponde al canal de comunicacion E A, y en otra postura no corresponde. Esta llave tiene tambien un canalito abierto á lo largo de su superficie R S, el qual igualmente puede corresponder ó no segun la mayor ó menor vuelta que se dé á la llave al *Canal de comunicacion E A* situado entre la Platina y el Cuerpo de Bomba.

Vamos á explicar el modo de obrar y los efectos de esta célebre Máquina del Vacío á quien la Física debe tantas luces.

Los Artistas modernos han dado varias formas ó varias especies de construccion á esta Máquina que hoy es por lo comun de dos Geringas ó Cuerpos de Bomba. Pero el Mecanismo físico es el mismo en todas, y aun la que hemos hecho gravar y acabamos de describir es acaso la mas sencilla y por lo mismo la mas apropiada para hacer percibir bien las *Verdades físicas* que tenemos que observar, ó queremos deducir de los fenómenos que en ella se nos muestran.

622. EXPLICACION. I.º Despues de haber colocado el Recipiente sobre la Platina de fuerte que el ayre exterior no pueda de modo alguno insinuarse dentro de él, se debe disponer la Llave N de modo que su agujero diametral C D cayga enfrente del hueco del canal de comunicacion E A. Estando la llave así dispuesta su canalito R S caerá á un lado y no comunicará con el Recipiente ni con el Cuerpo de Bomba. En este estado tírese del Embolo que debe estar forrado todo con fieltros untados de grasa ó azeite, y hágasele baxar desde A á B. Baxando arrojará delante de sí todo el ayre que se contenia en el cuerpo de Bomba A B.

¿Que debe suceder en fuerza de esta operacion? El *ayre del Recipiente* que se hallaba comprimido por toda la columna de ayre atmosférico que cargaba sobre él al tiempo en que ha sido encerrado debaxo del Re-

cipiente se *extiende y desplega en virtud de su resorte*, y se precipita por el agujero E en el cuerpo de bomba A B en donde no hay ayre alguno que le impida extenderse y dilatarse.

Suponiendo que la capacidad E del Recipiente y la capacidad A B del Cuerpo de bomba sean perfectamente iguales, *la mitad del ayre que estaba en el Recipiente quedará en él, y la otra mitad baxará al cuerpo de bomba*; y el Recipiente será ya oprimido contra la platina por la mitad del peso de la columna de ayre que sostiene, pues que el ayre que contenia se ha disminuido una mitad en densidad, y de consiguiente en reaccion en virtud de la operacion referida.

Quando se puso el Recipiente sobre la platina, el ayre encerrado en él hacía equilibrio por su reaccion con toda la columna de ayre que cargaba sobre él; pero este ayre dividido en partes iguales entre el Recipiente y el Cuerpo de bomba ha perdido la mitad de su densidad, y de consiguiente la mitad de su fuerza reactiva que siempre es proporcional á la densidad (619).

II.º Para enrarecer mas el ayre que queda todavía en el Recipiente despues de esta primera baxada del Embolo dése una media vuelta á la llave del tornillo de modo que el agujero C D que estaba vertical se ponga horizontal, y que el canalito R S corresponda á la parte inferior del canal de comunicacion del lado del Cuerpo de Bomba. El ayre exterior, la mitad mas condensado que el que está en el Recipiente y en el Cuerpo de bomba no puede introducirse en el Recipiente E, y puede muy bien entrar en el Cuerpo de bomba A B por medio del Canalito N M. Así pues el ayre exterior se precipitará impetuosamente en el Cuerpo de bomba A B hasta que el ayre contenido en él tenga tanta fuerza por su reaccion como tiene el ayre exterior por su presion.

Vuélvase á subir el Embolo de B á A, y en fuerza de su presion todo el ayre que estaba en la bomba A B será arrojado por él y saldrá por el canalito N

M, como es fácil sentir poniendo la mano á la extremidad de este canalito. Vuélvase á dar media vuelta á la llave de modo que el agujero C D se ponga vertical y caiga enfrente del canal de comunicacion E A. En este estado no puede entrar ayre alguno en la capacidad del Recipiente porque no le hay en el cuerpo de bomba que es con quien únicamente tiene comunicacion. Vuélvase á baxar el émbolo de A á B; se hará *un nuevo Vacío* en el Cuerpo de bomba A B, y el ayre encerrado en el Recipiente se volverá á extender y dilatar como antes por su fuerza elástica y expansiva, y se precipitará en el Cuerpo de bomba A B en donde no hay ayre alguno que le resista, hasta que quede otra vez distribuido con igualdad en estos dos espacios, á saber en la capacidad del Recipiente, y la del Cuerpo de bomba que suponemos iguales.

No habrá pues ya debaxo del Recipiente mas que una *quarta parte del ayre primitivo*, ó del ayre que habia antes de la primera baxada del émbolo, y así el Recipiente tendrá que sufrir las tres quartas partes de la presion de la columna de ayre que gravita sobre él; porque el ayre que contiene y que todavia exerce su reaccion no teniendo ya mas que la quarta parte de su densidad primitiva, no tiene tampoco mas que la quarta parte de su primera fuerza de reaccion (619).

III.º Si se repite muchas veces esta misma operacion, el Ayre contenido debaxo del Recipiente continuará siempre en virtud de su fuerza expansiva en dilatarse y dividirse proporcionalmente entre el Recipiente y el Cuerpo de bomba. Este ayre antes de la primera baxada del émbolo tenia una densidad y fuerza como 1 con la qual hacia equilibrio por su reaccion con toda la columna que cargaba sobre él; despues de las varias baxadas del émbolo que le dividen succesivamente en mitades, tendrá succesivamente una densidad y fuerza como $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{16}$, $\frac{1}{32}$, $\frac{1}{64}$, $\frac{1}{128}$, $\frac{1}{256}$, y así progresivamente.

Suponemos aqui que la Maquina está en su mayor perfeccion; lo que jamas se debe esperar en la práctica. Por

623. NOTA I. Por esta teoría práctica se echa de ver que quando se hace el Vacío en la Máquina Pneumática no se puede hacer jamas un *Vacío perfecto*, por que prescindiendo de que la materia etherea mas sutil que el ayre puede pasar libremente por los poros del Cuerpo de bomba y del Recipiente, por mas veces que se baxe y suba el émbolo no se hará mas que dividir la masa primitiva del ayre en porciones mas y mas rarefactas, mas y mas pequeñas.

I.º Así que se produce el Vacío el Recipiente adhierre fuertemente á la platina. Esta adherencia proviene de la pesantez de toda la columna de ayre que sostiene el Recipiente, y así si el Vacío fuera perfecto, para separar el Recipiente de la platina seria necesaria una fuerza capaz de levantar una columna de agua como de 32 pies de altura y de la misma base que el Recipiente. (628).

II.º Si se dexa volver á entrar el ayre debaxo del Recipiente, cesa la adherencia porque el ayre interior oprimido por el exterior se comprime, condensa y adquiere una reaccion enteramente igual á la presión de la columna de ayre que gravita sobre el Recipiente; y así el ayre que está debaxo del Recipiente tira á elevar el Recipiente hácia el Zenit con otra tanta fuerza como el ayre exterior tira á precipitarle hácia el centro de la Tierra, y siendo estas dos fuerzas iguales y opuestas se destruyen recíprocamente, y el Recipiente queda entregado á su simple gravedad propia.

III.º Hay no obstante una pequeña adherencia entre el Recipiente y la platina quando después de haber extraído el ayre se le dexa entrar libremente en el Recipiente por el cuerpo de Bomba y Canal de comunicacion. Esta pequeña adherencia es ocasionada por el contacto mas íntimo que ha dado á las partes del vidrio, cuero y platina la presión del ayre exterior y la salida del ayre interior: lo que confirma la explicacion que hemos dado en otra parte tratando de averiguar la causa de la Solidez de los cuerpos (221). La misma adhe-

rencia y por la misma causa se verifica en la Máquina de Magdebourg.

624. NOTA II. Se puede abrir en la parte superior de la *Campana de vidrio* E Z un pequeño agujero circular por donde pase y el que llene exactamente una barreta cilíndrica de cobre T Z (Fig. 81).

Este agujero cubierto por su parte interior y exterior de cuero y fieltro dado de aceyte y grasa dexará baxar y subir de Z á E la barreta cilíndrica perfectamente igual y lisa T Z sin dar paso al ayre exterior. Con esta barreta doblada en forma de gancho por su extremidad Z se podrán levantar y baxar, unir y separar los cuerpos colocados debaxo de la campana sin destruir el Vacío en que se opera, lo que es de muchísima utilidad para poder hacer infinitos experimentos curiosos é interesantes. Se verá una prueba y aplicacion de esto en la Máquina siguiente.

MAQUINA DE MAGDEBOURG.

625. DESCRIPCION. Sean dos *Hemisferios huecos* A y B de cobre ó de qualquiera otra materia sólida é impenetrable al ayre, y contruidos de fuerte que puedan unirse perfectamente uno á otro por la superficie bien lisa de su equador, y tenga uno de estos dos emisferios un Canal de cobre B m n que pueda abrirse y cerrarse segun se quiera por medio de un tornillo C agujereado en su diámetro, á fin de que por medio de este Canal, del Tornillo y de la Máquina Pneumática se pueda extraer el ayre contenido en la capacidad de estos dos Emisferios. Esta será la *Máquina de Magdebourg*, así llamada porque fué inventada en la Ciudad de este nombre por el mismo Othon de Gueric que inventó la Máquina del Vacío. (Fig. 82)

I.º Aplíquense uno contra otro estos dos Emisferios metiendo en medio de los círculos contiguos que forman su Equador y deben estar perfectamente lisos un cuero mojado agujereado por el medio, y despues de

haber puesto el Canal B *m n* sobre la platina E de la Máquina Pneumática extraigase el ayre contenido en su capacidad lo mas completamente que se pueda (Fig. 82 y 86).

Despues que se haya hecho el Vacío en lo interior de esta máquina, lo que se consigue subiendo y bajando el émbolo de la máquina Pneumática y abriendo y cerrando á tiempo el tornillo C de la Máquina de Magdebourg, el ayre circundante que obra por todas partes contra los dos Emisferios A y B sin que su accion sea destruida por la reaccion opuesta del ayre interior que se ha extraido les comprimirá uno contra otro con una fuerza tan grande que será capaz de resistir á la pesantez de un cuerpo de dos ó trecientas libras y que será mayor ó menor á proporcion de que el Vacío sea mas perfecto, de que el diámetro de los dos emisferios sea mayor, y de consiguiente mas considerable la columna de ayre que les comprime y aplica uno contra otro (Fig. 81 y 82).

II.º Si debaxo de una Campana grande de vidrio de una Máquina Pneumática se cuelga en Z la Máquina de Magdebourg A B, vacía de ayre y cargada con un peso P incomparablemente menor que el que pudiera sostener á ayre libre:

Así que se extrae el ayre del Recipiente los dos emisferios A y B se sepan uno de otro porque la causa que los unia y aplicaba uno contra otro que era la presión del ayre, se debilita y cesa en fin al paso que se hace el vacío debaxo de la campana, pues al mismo paso el ayre enrarecido no comprime estos dos emisferios uno contra otro con la misma fuerza que lo hacia quando era mas denso.

III.º Si estando vacía de ayre la Máquina de Magdebourg, y fuertemente adherentes entre sí sus dos emisferios se fija horizontalmente sobre la platina y debaxo de la campana de una Máquina Pneumática su emisferio inferior B, y se engancha en Z su emisferio superior A (Fig. 81.):

Hecho el Vacío debaxo del recipiente será fácil elevar en la direccion Z T el emisferio superior A que sin mucha resistencia se separa del emisferio inferior B.

Pero si despues de haber separado estos dos emisferios en el Vacío se les vuelve á aplicar uno contra otro dentro del mismo Vacío por medio de la barreta móvil T Z dexando que el ayre exterior vuelva á entrar en la Campana de vidrio, se les da otra vez á los dos emisferios su adherencia primitiva porque estando lo interior del globo como vacío de ayre, en el instante en que se unen íntimamente los dos emisferios el ayre que entra despues debaxo del recipiente y que no puede entrar en lo interior del globo emplea toda su fuerza lo mismo que antes en comprimir los dos emisferios uno contra otro.

ASCENSO DE LOS LIQUIDOS EN EL VACIO.

626. EXPERIENCIA I. Póngase debaxo de la Campana de una Máquina Pneumática una Mortera grande ó Artesoncillo M N lleno de agua y sobre él un *Tubo cilíndrico* de vidrio A B, largo pero de menos de treinta ó treinta y dos pies de altura, abierto en B, cerrado herméticamente en A, y perpendicular á la superficie del agua en que debe de estar algun tanto metido. (Fig. 73).

I.º Antes que se haga el Vacío debaxo de la campana, el ayre encerrado en el Tubo cilíndrico A B no sale de él porque comprimiendo á la superficie del agua al ayre que rodea este tubo, resiste á la fuerza elástica y expansiva del ayre encerrado en el tubo á la qual iguala y destruye. Y el agua no sube por el tubo B A arriba porque la accion del ayre exterior que tira á hacerla subir es destruida por la accion igual y opuesta del ayre encerrado en el tubo que tira á impedirsele; pues siendo *estas dos Fuerzas*, la accion del ayre exterior y la reaccion del interior iguales y opuestas no deben de producir efecto alguno.

II.º Si se hace el Vacío debaxo del recipiente por medio de una Bomba pneumática cuya capacidad sea

enteramente igual á la del Recipiente, baxado la primera vez el émbolo el ayre se enrarece una mitad (622).

De aqui debe resultar que el ayre contenido en el cilindro A B, la mitad mas denso que el ayre que le rodea debaxo del recipiente, en virtud de su mayor fuerza expansiva se abra paso por entre la masa del agua y se ponga en equilibrio con la masa de ayre que se contiene en el recipiente y la bomba. De fuerte que si la capacidad del tubo A B es como nula en comparacion de la de la bomba y el recipiente, el ayre que quede en él no debe tener mas que *la mitad* de la densidad y masa que tenia antes.

III.º Si despues de la primera baxada del émbolo que ha enrarecido una mitad el ayre del recipiente y del tubo A B se abre el tornillo de la Máquina Pneumática, el ayre exterior vuelve á entrar debaxo del Recipiente, sin que pueda volverse á introducir en el tubo B A cuyo orificio está metido en el agua: y así este ayre hace subir por el tubo B H una *columna de agua* B R que ocupa la mitad de él.

De modo que el ayre que se ha escapado de lo interior del tubo es reemplazado por una *cantidad de agua de igual volúmen*; y el ayre R A que queda en el tubo vuelve á tomar y conserva la densidad que antes tenia, así que el ayre que le rodea exerce libremente su accion y presion sobre la superficie del agua M N.

IV.º Si se enrarece el ayre del Recipiente de fuerte que quede reducido á un quarto de su densidad primitiva, se enrarece igualmente el ayre del pequeño cilindro A B, y quando en el ayre del recipiente cesa la rarefaccion sube por el cilindro A B una *columna de agua* B S que ocupa los tres quartos de su capacidad.

627. COROLARIO. Resulta de esta Experiencia, que el *volúmen de agua que sube en un Tubo en que el ayre se ha enrarecido es exáctamente igual al volúmen de ayre que ha salido.*

Podemos pues medir la cantidad de rarefaccion que ha padecido la masa del ayre á quien reemplaza el agua por la cantidad de ésta que sube mas arriba de su su-

perficie M B N en un tubo como el de que hablamos. Y recíprocamente si la columna de agua B R que ha subido en el tubo baxa y se disminuye, podremos medir por esta disminucion la cantidad de aumento que adquiere la masa del ayre encerrada en el tubo.

628. EXPERIENCIA II. Sea A B un Tubo no capilar de vidrio de quarenta ó cinquenta pies de altura, puesto sobre una tablita al modo que se suelen poner los barómetros, cerrado en A y abierto en B. (Fig. 73).

Despues de haberle puesto en una direccion un poco inclinada al horizonte llénesele de agua por el orificio B. Póngasele despues en una direccion vertical sobre un baño grande M N lleno de agua.

Se verá que el agua contenida en este Tubo no se sostiene en columna á la altura de quarenta ó cinquenta pies sino que baxa y refluye al baño hasta quedar en R en donde tiene como *treinta y dos pies de altura* sobre el nivel M N. Y entonces dexará de baxar mas abaxo sosteniéndose constantemente á la misma altura con algunas pequeñas alternativas, dexando de consiguiente mas arriba del punto R un gran vacío R A en donde no habrá ni ayre ni agua.

Si este Tubo en vez de estar lleno de agua lo estuviera de mercurio y puesto verticalmente sobre un baño lleno de mercurio, la columna de mercurio B V solo se sostendria á unos *dos pies y medio* sobre el nivel M N, y dexaria mas arriba un gran vacío V A en donde no habria ni mercurio ni ayre.

629. EXPLICACION. I.º La *Columna de agua* se sostiene en R como á treinta y dos pies mas arriba de su nivel porque la presion del ayre exterior lucha contra su pesantez con una fuerza igual y opuesta á la del agua. El ayre exterior que gravita por todas partes sobre la superficie M N del baño hace para subir de B á R otro tanto exfuerzo como hace la columna de agua para baxar de R á B y así siendo iguales y opuestas estas dos fuerzas se destruyen constantemente, y permanecen en equilibrio entre sí. (Fig. 73.)

La columna de agua R B no puede baxar á no ser que se haga mas débil que la fuerza opuesta ó que la presión de la *Columna de ayre* que tira á hacerla subir y la sostiene á una altura determinada. Tampoco puede baxar á no ser que adquiera mas masa y de consiguiente mas fuerza motriz que la que tiene la columna opuesta de ayre la qual debe ceder hasta que esten iguales en fuerza una con otra. De aquí el baxar el agua en el Tubo R hasta unos treinta y dos pies mas arriba del nivel M N en donde la acción de la columna de agua y la reacción de la de ayre estan enteramente iguales en fuerza.

II.º El Mercurio baxa y se sostiene dentro del mismo Tubo en V como á dos pies y medio mas arriba de su nivel M N, y de consiguiente mucho mas abaxo que el agua porque teniendo el mercurio mucha mas densidad que el agua, una columna de mercurio de menor altura basta para hacer equilibrio con la fuerza que haria subir al agua y hace subir al mercurio que es la presión de la *Columna de ayre* que gravita sobre el baño M N.

El Mercurio en igualdad de volumen tiene como catorce veces mas masa que el agua, y así una columna de mercurio de catorce veces menos altura que otra de agua basta para resistir y hacer equilibrio con la misma fuerza opuesta. De aquí el mayor descenso del Mercurio que del Agua.

630. COROLARIO. De esta Experiencia resulta que los *Líquidos no se sostienen en el Vacío á qualquiera altura sobre su nivel sino solamente á aquella que deben tener para hacer equilibrio por su masa con la Columna de ayre cuya presión lucha contra ellos.* (Fig. 73).

EXPLICACION. Debe pues ser diferente esta altura segun la diferente densidad de los Líquidos que se sostienen en el Vacío, menor en los mas densos y mayor en los ménos densos, ó lo que es lo mismo en *razon inversa de las densidades.*

631. NOTA. En el tiempo en que se atribuia todavia el ascenso de los Líquidos en el Vacío al horror de la *Naturaleza al Vacío*, se sorprendió Galileo al ver que

este horror de la Naturaleza tenia límites, que estos límites variaban segun la diferente densidad de los Líquidos, que en un Tubo de cinquenta ó sesenta pies lleno de agua el horror de la Naturaleza al vacío no hacia subir al agua á mas que á treinta y dos pies sin que el vacío superior de unos veinte ó treinta pies irritase á la Naturaleza y que en el mismo Tubo lleno de mercurio el horror al vacío no hacia subir al mercurio á mas que á unos dos pies y medio sin que el vacío superior de mas de quarenta ó cinquenta pies excitase mas la accion de la Naturaleza. (Fig. 73.)

Esta observacion bien comprobada y verificada hizo desvanecer la causa fabulosa, y descubrir la verdadera del *ascenso de los Líquidos en el Vacío*. Esta no es otra que la presion del ayre, la qual debe hacer subir los diferentes Líquidos á diferentes alturas en razon inversa de sus densidades, y jamas á una altura superior á la que pueden producir su peso y reforte.

LA GERINGA.

632. DESCRIPCION. Sea una *Geringa de vidrio ABC* armada con su émbolo D que llene perfectamente la capacidad cilíndrica de la Geringa en la parte que ocupa (Fig. 97).

I.º Si se mete verticalmente la Geringa en el agua, no entra en ella nada ó casi nada de agua, porque el ayre interior D B si es que queda alguno entre el émbolo y el fondo de la Geringa resiste eficazmente por su reforte á la presion del ayre exterior que hace esfuerzo para hacer entrar el agua en ella.

Y siendo dos fuerzas iguales y opuestas la *presion del ayre exterior* y la *reaccion del interior*, su efecto es nulo, y el agua no es solicitada por fuerza alguna á subir por el cuerpo de la Geringa.

II.º Si estando la Geringa metida en el agua se tira del émbolo haciéndole subir de D á A entra en la Geringa un volúmen de agua exáctamente igual al *espacio vacío* que ha dexado el émbolo, el qual pasando de A á

á B arroja delante de sí todo el ayre D A que se contenia en este espacio.

La razon de que entre en la Geringa este volúmen de agua, es porque la presion del ayre exterior fuerza al interior B D que se dilata por la subida del émbolo á recobrar su primera densidad, lo que no puede conseguir de otro modo que haciendo subir en la Geringa mediante su presion sobre toda la superficie del agua un volúmen de ésta igual al espacio que ha andado el émbolo pasando de D á A (626).

III.º Habiendo quedado algun volúmen de ayre entre el émbolo y el agua, si despues de haber sacado del agua la Geringa se empuja rápidamente el émbolo desde A á D haciéndole parar y quedar inmóvil en D, el agua saldrá con violencia por el orificio C aunque el émbolo no toque al agua, porque el ayre comprimido y condensado entre el émbolo y el agua tiene mucho mas reforte y fuerza expansiva que el ayre exterior (619), y así obliga al agua á salir por el orificio C no obstante la resistencia que la opone la accion mas débil del ayre exterior, hasta que la fuerza constante de éste llegue á igualar á la fuya que es una fuerza decreciente.

EL BAROMETRO.

633. DESCRIPCION. Sea un Tubo de vidrio G M H como de tres pies de altura, de dos ó tres lineas de diámetro, y abierto únicamente en el punto H. Llénese por este orificio H de un mercurio muy puro el tubo M G inclinándole de un modo conveniente para que el peso del mercurio haga salir todo el ayre que se contenia en este espacio. Désele despues á este Tubo una situacion vertical. Este tubo así colocado será un *Barómetro*, instrumento que inventó Torricelli discípulo de Galileo hacia el año de 1643 (Fig. 88).

634. EXPLICACION. I.º El Mercurio baxará desde el punto G hácia A el espacio G A que quedará vacío de ayre y de mercurio. Baxando el mercurio este espacio, refluirá á la bola N H que debe así llenarse

de mercurio hasta la altura D N de su mayor diámetro. Si el mercurio sube mas arriba de N es necesario hacer salir el exceso, y si sube menos se debe añadir lo que falta. El nivel de N es el punto desde donde se empieza á contar la *elevacion de la columna* D A, pues la parte D M no se cuenta por nada porque solo sirve para hacer equilibrio con la otra parte N M (*Fig. 88*).

II.º La columna A D de mercurio en su *altura media* en Paris queda suspendida á veinte y siete pulgadas y media sobre el nivel D N. ¿Que fuerza sostiene á esta columna D A á esta elevacion de donde su pesantez la sollicita continuamente á baxar?

Es evidente que esta fuerza que hace equilibrio con la columna de mercurio y la impide baxar, no puede ser otra que la de la *Columna de ayre* que carga sobre la superficie N del mercurio tirando á subir por el Tubo en la direccion H M G con otra tanta fuerza como la columna de mercurio tira á baxar en la direccion A M H.

Es evidente que una columna de ayre que hace equilibrio con una columna de mercurio tiene otra tanta pesantez como ella; es pues evidente que el ayre tiene en sí mismo y por sí mismo una pesantez real.

III.º La columna de mercurio D A no tendrá siempre exáctamente la misma elevacion, baxará sucesivamente de A á B, y de B á C para volver á subir despues de C á B, y de B á A segun que la columna de ayre que hace equilibrio con ella se halle actualmente mas ó ménos pesada y elástica.

La columna A D de mercurio baxa quando la presion del ayre sobre la superficie N se hace mas débil; la columna D C de mercurio sube quando la presion del ayre sobre el mercurio N se hace mas fuerte; de modo que la accion ó pesantez de la columna de mercurio es siempre igual á la presion ó reaccion actual de la columna opuesta de ayre (637).

IV.º Si se lleva sucesivamente este Barómetro á diferentes alturas de una montaña, aunque durante el tiem-

po de este transporte la pesantez y reforte del ayre no padecen mudanza alguna, lo que se puede conocer con seguridad dexando al pie de la montaña un observador atento con otro igual Barómetro, se verá que la *Columna de mercurio D A se hace cada vez mas corta á medida de que se sube mas arriba.*

La razon es porque la columna de ayre que hace equilibrio con la de mercurio D A es mas corta, y por lo mismo ménos pesada y elástica en lo alto que al pie de la montaña.

V.º Si se pone el mismo Barómetro debaxo del Recipiente de una Máquina Pneumática cuya Bomba y Recipiente herméticamente cerrado en N sean exáctamente de igual capacidad uno y otro; (*Fig. 87*)

Después de la *primera baxada del émbolo*, el ayre contenido debaxo del recipiente habrá perdido la mitad de su densidad (622), y por lo mismo la mitad de la presión que hacia sobre la columna de mercurio suspendida en el tubo. De consiguiente la columna de mercurio baxará la mitad de su altura de A á B, por exemplo de veinte y ocho pulgadas á catorce.

Después de la *segunda baxada del émbolo*, el ayre del recipiente habrá otra vez perdido la mitad de su densidad y presión restantes, y de consiguiente la columna de mercurio baxará todavía la mitad de su altura restante de B á F de catorce pulgadas á siete.

Después de la *tercera baxada del émbolo* el ayre del recipiente enrarecido aun la mitad mas, perderá la mitad de su fuerza restante, y el mercurio baxará todavía en el tubo la mitad de su última altura de siete pulgadas á tres y media.

En suposicion de unos hechos como estos evidentemente comprobados y que todo el mundo puede fácilmente verificar, podrá quedar duda alguna acerca de la causa que sostiene la columna de mercurio en el Tubo vacío de ayre? Segun el Abate Nollet una Buena Máquina Pneumática hace baxar y sostiene la Columna de mercurio á una linea mas arriba del nivel C D,

como él mismo lo vió haciendo la experiencia por sí mismo. Pero al instante que se le dexa al ayre exterior volver á entrar debaxo del Recipiente el mercurio vuelve á subir con prontitud por el Tubo, y recobra su altura primitiva.

VI.º Si en vez de enrarecer el ayre en el Recipiente C D M N se le condensa, el mercurio sube en el tubo M A proporcionalmente á la densidad del ayre del recipiente. Por exemplo: supongamos que el Tubo vacío M A tenga como ciento y veinte pulgadas de altura, y que el recipiente C D M está de tal suerte fixado en la platina, que aunque se condense bastante el ayre contenido en él no le pueda separar.

Hágase entrar debaxo del Recipiente C D M por medio de una Bomba pneumática una cantidad de ayre igual á la que estaba ya en él. En este caso el mercurio que en fuerza de la presion del ayre en su estado anterior se sostenia á unas veinte y ocho pulgadas de altura subirá y se sostendrá en el tubo á una altura doble, ó á cinquenta y seis pulgadas; y si el ayre del Recipiente C D M se hace quatro veces mas denso la Columna de mercurio subirá y se sostendrá á una altura quatro veces mayor, ó á ciento y doce pulgadas sobre su nivel C D. Luego el *Resorte del ayre* es la causa que hace subir y sostiene el mercurio en el Vacío. Luego la fuerza del resorte del ayre es proporcional á su densidad.

635. NOTA I. Si se cierra herméticamente el Barómetro G M H en el punto H quando la columna de mercurio ha subido hasta el punto A, esta columna D A se sostendrá siempre invariablemente á la *misma altura* baxo de un mismo grado de calor y frio, sea que se lleve este barómetro á la cima de las mas altas Montañas, sea que se le ponga debaxo del Recipiente de una Máquina Pneumática vacía de ayre (*Fig. 88*).

La razon es porque el pequeño volúmen de ayre N H que lucha contra la superficie del mercurio conserva siempre la misma reaccion que tenia en el mo-

mento en que se cerró herméticamente el orificio H. Este ayre encerrado no carga ya sobre el mercurio en virtud de la pesantez de las columnas de la Atmósfera con quienes no tiene comunicacion alguna, pero carga sobre él en virtud de la reaccion que tenia quando estaba comprimido por toda la pesantez de la columna atmosférica á que correspondia quando se la cortó la comunicacion.

636. COROLARIO. De esta experiencia conocida de todo el mundo se deducen las dos verdades siguientes: á saber

I.º *Que el Ayre se comprime por su propio peso, y adquiere por esta compresion una reaccion siempre igual á la accion ó pesantez de toda la columna de ayre que le comprime (Fig. 87 y 88).*

II.º *Que la Elasticidad del ayre es una elasticidad perfecta tanto en su intensidad como en su duracion.*

637. NOTA II. Habiendo ya explicado suficientemente quanto pertenece al mecanismo físico del *Barómetro*, réstanos decir algo sobre su uso (*).

I.º El *Barómetro* señala siempre con mucha exactitud las *Mudanzas de pesantez ó resorte* del Ayre exterior con quien comunica por el orificio H: pues la Columna de mercurio D A sube mas ó ménos á proporcion de que el ayre exterior es mas ó ménos pesado, mas ó ménos elástico (Fig. 88).

En un buen *Barómetro* la altura media B D de la columna de mercurio es de unas veinte y siete pulgadas y diez líneas al nivel del Mar en Francia, Inglaterra, Italia, en el Perú, en el Cabo de Buena-Esperanza, en general en las quatro partes del mundo. Si algunos modernos Viageros la han hallado bastante menor en algunos paises meridionales se puede temer que sus observaciones no sean bastante exactas hasta que reiteradas

(*) ETIMOLOGIA. *Barómetro*, medida del peso del ayre; de *pondus* y de *mensura*. La columna de mercurio muestra el peso de una columna de ayre de igual diámetro y que tiene por altura la altura de la Atmósfera.

bastantes veces y con toda escrupulosidad hagan perder su autoridad á las de Bouguer, de la Condamine, y muchos otros célebres Observadores.

En un buen Barómetro suponiéndole colocado á diferentes alturas *sobre el nivel del Mar* en lo interior de los Continentes ó de las Islas, *la altura media* B D de la columna de mercurio varía indefinidamente; es de 27 pulgadas y 6 líneas en la Sala del Observatorio Real de Paris; de 20 pulgadas y 1 línea en Quito Ciudad del Perú; de 17 pulgadas y 5 líneas en el Pico de Tenerife; de 15 pulgadas y 11 líneas en la Cima pedregosa del Monte Pichincha en el Perú; y de 19 pulgadas y 8 líneas en la cima de algunas Montañas de los Alpes.

Demostraremos bien pronto como se puede inferir de esta desigualdad de altura de la Columna de mercurio la altura que tienen los Montes, Ciudades y diferentes Países ó terrenos situados sobre el nivel del Mar y baxo de la misma latitud (663 y 664).

II.º No señala el Barómetro con la misma exáctitud las *Mudanzas del tiempo* mas ó ménos próximas ó distantes. Nosotros hemos observado este Instrumento con bastante cuidado durante muchos años en el Delfinado y en el Franco-Condado, y hemos visto á veces la mayor elevacion acompañada ó cercana á un mal tiempo; bien frecüentemente la menor elevacion acompañada ó cercana á un buen tiempo; y la *altura media* acompañada indiferentemente por semanas y meses enteros con bueno y mal tiempo.

III.º Tambien hemos observado que los *Barómetros mas comunes* que los Tenderos venden muy baratos, son tan buenos para anunciar las mudanzas del tiempo, como los mas grandes y excelentes. Porque aunque en los primeros no suba por lo comun el Mercurio tan arriba como en los últimos, sube y baxa con tanta proporcion como en estos, segun que la pesantez y elasticidad actuales de la Atmósfera padecen mudanzas mayores ó menores.

Tanto unos como otros no contando con el Aspecto del Cielo y otros Indicios físicos que se pueden tener por otra parte, son garantes tan poco seguros del bueno ó mal tiempo que apenas se puede apostar sobre su indicio uno contra uno, en especial en la Primavera y en el Otoño. Pero quando su indicio concurre y se conforma con el que puede dar el conocimiento experimental de la Naturaleza en esta materia, entonces estos dos indicios se fortifican uno á otro, y dan juntos una Probabilidad incomparablemente mayor que la que daría cada uno de por sí.

LAS DIFERENTES BOMBAS.

Las *Bombas* son máquinas hidráulicas destinadas á subir el agua á diferentes alturas para los varios usos de la vida. Las hay *Atraentes*, las hay *Impelentes*, y las hay *Atraentes é Impelentes á un mismo tiempo*. Vamos á dar una idea sucinta y clara de la construccion, mecanismo y uso de unas y otras (566).

BOMBAS ATRAENTES.

638. DESCRIPCION. Sea un gran Cilindro hueco A B G perfectamente liso por de dentro y de igual diámetro en todo el espacio por donde se debe mover un Embolo de metal M de modo que el ayre no pueda de modo alguno introducirse por entre el émbolo y la superficie interior del cilindro. En el fondo de este Cilindro que estará metido en el agua deberá haber una *Válbula* ó portezuela V que pueda abrirse de abaxo arriba por el impulso del agua, y cerrarse despues perfectamente por su propio peso (*Fig. 94*).

El Embolo M debe tener en toda la longitud de su exe un *Orificio bastante grande* M N sobre el qual deberá haber tambien una *Válbula* N que pueda abrirse hácia arriba por el impulso del agua, y cerrarse des-

pues perfectamente por su propio peso (221). Con esto se tendrá una *Bomba atraente* cuyo mecanismo fisico explicaremos brevemente.

I.º Si el Embolo de metal M en fuerza de su propio peso baxa hasta el fondo de la bomba de modo que toque en la superficie del agua, no habrá vacío alguno entre el émbolo y el agua.

II.º Si el Embolo entregado á la accion de la potencia P sube de V á M cosa de un pie mas arriba de la superficie del agua se hará un vacío entre V y M, y la presion del ayre exterior que puede hacer subir el agua en el Vacío á la altura de treinta y dos pies la hará subir facil y prontamente á la altura de uno, forzando á la Válvula inferior V á que se abra y la dé paso á lo interior de la bomba V M (630).

III.º Quando la Potencia P que ha elevado el Embolo á M dexa de obrar, el émbolo M mucho mas pesado que igual volúmen de agua tendrá que precipitarse en virtud de su exceso de pesantez en V.

Como la *Válvula* V se cierra tanto por su propio peso como por el peso del émbolo y el agua que carga sobre ella, á medida de que el émbolo M baxe el agua á quien oprime subirá sobre él por su orificio diametral N, y quando el émbolo llegue á V toda la columna de agua M V de un pie de altura estará sobre él.

IV.º Quando el Embolo vuelve á subir á la altura de un pie de V á M eleva sobre sí la columna de agua M V que descansa sobre él. Forma pues un nuevo Vacío de un pie de altura entre V y M, el qual es bien pronto llenado por el agua que la presion del ayre exterior hace entrar en la Bomba por la Válvula V.

V.º Quando la Potencia P dexa otra vez de obrar, el Embolo en virtud de su exceso de pesantez vuelve á baxar de M á V, y la *nueva Columna de agua* que está entre el émbolo M y la Válvula V se abre paso por el orificio y válvula N, sube sobre el émbolo y va á ocupar el espacio N A.

A fuerza de subir y baxar en iguales términos el Embolo, hace subir sobre sí una columna de agua que ven-

vendrá á salir por C D á qualquiera altura dada, mientras que la Potencia P esté poniendo en movimiento la Bomba atraente. (*Antlia quæ agit, quasi sugendo, et aspirando aerem unde enascitur Vacuum.*)

VI.º Aun quando el Embolo M obrafe á veinte y cinco ó treinta pies mas arriba de la superficie del agua, no dexaria de subir del mismo modo el agua. Supongamos que el Embolo M colocado á veinte y ocho pies mas arriba de la superficie del agua B G se mueve desde M á H y desde H á M.

Quando el Embolo baxa de M á H comprime el ayre que media entre M y V, y éste comprimido abre por su resorte la Válvula N y sube sobre el émbolo. Quando el émbolo sube despues de H á M eleva sobre sí el ayre que se ha puesto sobre la Válvula cerrada N, y enrarece el ayre que queda entre él y la Válvula V.

Habiéndose enrarecido la Columna de ayre M V tiene menos accion que el ayre exterior mas denso que carga sobre la superficie del agua. Para restablecer el equilibrio el ayre exterior hace subir en la bomba mediante su exceso de accion por la Válvula V un *volúmen de agua* igual al volúmen de ayre que sube por la Válvula superior N cada vez que el émbolo baxa de M á H. (627). Asi subirá el agua sucesivamente en la Bomba V M hasta que llegue á tocar en el émbolo M, y entonces el émbolo baxando en la *Columna de agua* la hará subir sobre sí por el orificio N.

Pero si la altura V M fuese de mas que de treinta y dos pies, la Columna de agua jamas llegaria á tocar en el émbolo porque la presion del ayre exterior no puede hacer subir al agua en el Vacío á mas que á treinta y dos pies de altura (630).

VII.º No es necesario que la Bomba atraente sea en toda su altura lisa y cilíndrica como lo es en el espacio M H en que se mueve el émbolo. Mas arriba ó mas abaxo del sitio en que obra el émbolo se la puede hacer de la materia y darla la figura que se quiera.

639. NOTA. Hemos visto atras que los Líquidos gra-

vitan en razon compuesta de sus alturas y bafes, sea la que quiera la capacidad del resto del vaso que los contiene (575).

Y así si el Embolo M es de tal anchura que la columna de agua de que es la base pese diez libras por pie, y el resto del Tubo que está sobre él N A, qualquiera que sea su figura y grandor tiene treinta pies de alto: la suma de la carga que obra contra el Embolo M y la potencia P será 300 producto de 30×10 .

No se gana pues nada en favor de la Potencia P en hacer los Tubos mas estrechos desde el Embolo arriba; pero se puede ganar mucho en poner el embolo á una altura conveniente mas arriba de la superficie del pozo ó depósito B G.

BOMBAS ATRAENTES E IMPELENTES.

640. DESCRIPCION. Sea un Cilindro hueco A B V N que tenga una Válvula V y un canal C D con otra válvula C que se abra en la direccion C D. Ajústese á este cilindro un Embolo M que no está agujereado; se tendrá con esto una *Bomba atraente é impelente*. (Fig. 95).

I.º Quando el Embolo sube de V á M la válvula C se cierra herméticamente por su propio peso, y la válvula V se abre por el impulso del agua que la presion del ayre exterior hace subir en el Vacío V M.

II.º Quando el Embolo baxa de M á V, la válvula V se cierra, la otra válvula C se abre, y el agua M V cargada é impelida por la Potencia P sale por el canal C D, y es arrojada hasta F.

Si el canal C D es un *Canal flexible de cuero* se podrá muy bien dirigir hácia qualquiera parte el agua que sale con una fuerza proporcionada á la que la impele.

III.º Si á esta Bomba atraente é impelente se la asocia otra bomba semejante y paralela á ella, se tendrá una *Bomba doble* que arrojará el agua sin interrupcion adonde se quiera. (Fig. 93.)

Por medio de una doble palanca cuyo punto de apoyo N deberá estar situado entre los dos Cilindros huecos, el uno de los dos Embolos subirá quando el otro baxe, y de consiguiente el *agua continuamente arrojada* por una de las dos bombas A y B saldrá continuamente por uno de los dos canales V D que tienen una embocadura comun D. Esta Bomba portátil es de un uso maravilloso en los Incendios.

EL SIFON Ó CANTIMPLORA: SU MECANISMO FISICO.

641. DESCRIPCION. Sea S D H un Tubo curvo de vidrio ó metal, ó de qualquiera otra materia sólida. Este será un Sifon ó *Cantimplora*. (Fig. 83).

Si estando metida en un Líquido qualquiera la pierna mas corta D S del Sifon se aspira el ayre con la boca por la extremidad de la pierna mas larga, el Líquido correrá por esta *pierna mas larga* mientras que la extremidad S de la pierna mas corta está metida en el líquido. Por este medio se podrá sacar todo el líquido contenido en una botella, un tonel ú otro qualquiera vaso, con tal que la columna líquida que hay que hacer subir no pese mas que una columna de ayre del mismo volumen (630).

EXPLICACION. Antes de que se aspire el ayre en H no sube la columna de agua en el Sifon no capilar S D mas que hasta el *nivel del agua contenida en el Vaso*; porque como hemos dicho (571) los Líquidos homogéneos entregados á su simple gravitacion se ponen por todas partes á nivel en los tubos ó depósitos que comunican entre sí. Si la columna de ayre M S hace exfuerzo para hacer subir al agua por el Tubo S D, la columna K H D hace por su parte un exfuerzo igual para impedirle que suba, y siendo estas dos fuerzas iguales y opuestas se destruyen recíprocamente; y el agua no es elevada ni sostenida en el Tubo por otra fuerza que por la de la presion de las columnas de agua adyacentes.

Pero quando se aspira el ayre en H, el agua de

vaso sube contra su gravedad desde S á D; porque la *presion del ayre exterior* es capaz de hacer subir al agua en el vacío hasta la altura de treinta y dos pies. La columna de ayre M S consigue todo su efecto de *presion* y de *impulsion*, al paso que la columna opuesta K H D no consigue el fuyo de *resistencia* y *reaccion* quando se aspira el ayre en H.

El agua subida á D por la *presion* de la columna de ayre M S baxa á H, y viene á llenar la boca del que aspiraba y enrarecia el ayre del Sifon; despues de lo qual continúa corriendo sin interrupcion, y en esto es en lo que propiamente consiste el *fenómeno del Sifon* que tratamos de explicar aquí.

I.º La Columna de ayre M S tira á mover el agua contenida en el Sifon en la direccion S D, y la columna K H la tira á mover en la direccion H D. Estas dos *Columnas de ayre* tienen por altura comun la altura de la *Atmósfera* que es seguramente de mas de seis leguas y verosimilmente de quince ó diez y seis (665). Y así la mas corta M S solo se diferencia infinitamente poco de la mas larga K H, y de consiguiente ambas son sensiblemente iguales en *pesantez* y *presion*.

Pero estas dos columnas de ayre sensiblemente iguales luchan en nuestro caso contra dos pesos desiguales; porque la columna de ayre M S lucha contra la columna de agua mas corta y menos pesada S D, al paso que la columna de ayre K H lucha contra la columna de agua mas larga y mas pesada H D. Y así la *Columna de agua* D H por su exceso de *gravitacion* obra con mas fuerza contra la columna de ayre K H que la otra columna de agua D S contra la otra de ayre M S. Debe pues la columna de ayre K H cargada con un peso mas grande que la columna M S ceder á *proporcion* del exceso de *presion* que padece y destruye en parte su *accion*, y de consiguiente la columna de agua D H mas pesada que la otra D S debe por su exceso de *pesantez* baxar y correr continuamente en H.

Pero como el agua no puede correr de D á H sin

dexar un Vacío en D el qual será llenado al instante á medida de que este vacío se forme ó tire á formarse, la columna de ayre M S forzará por su accion victoriosa al agua á subir sin cesar, y ocupar continuamente el espacio que dexe el agua que corre en H.

II.º Si las dos *piernas del Sifon* fueran de igual longitud D S y D A, el agua se mantendria suspensa en dos columnas en el Sifon sin correr ni á A ni á S; porque estas dos columnas de agua S D y A D ferian impelidas hácia D por la presion de las dos columnas de ayre iguales é igualmente cargadas M S y K H.

Si la pierna mas corta del Sifon fuera la que estuviera fuera del agua, quando se aspirase el ayre en *n* se atraeria tambien el agua; porque la presion de la columna del ayre M S podria obrar con toda su fuerza para hacer subir el agua en el vacío S D *n*.

Pero en el instante en que se dexase de aspirar el ayre, lexos de baxar el agua á *n* volveria á subir de *n* á D y se precipitaria en el Vaso, porque la columna de ayre que cargaria al agua en *n* en la direccion *n* D S tendria menor peso que sostener, y perderia menor parte de su accion que la columna opuesta M S. Perdiendo menos de su accion la columna de ayre menos cargada por el peso del agua en *n* á causa de la menor resistencia del peso que sostiene, tiene un exceso de accion sobre la columna opuesta y la fuerza á ceder. Por eso el agua contenida en el Sifon entregada á la accion de estas dos fuerzas opuestas á quienes hace desiguales gravitando mas sobre una que sobre otra, cede á la presion de la fuerza que queda mayor subiendo de *n* á D, y baxando despues á S.

III.º Si la pierna S D del Sifon tuviera mas de treinta y dos pies de altura sobre la superficie del agua, por mas que se aspirase el ayre en H jamas se conseguiria atraer allí el agua, á causa de que la *presion de las Columnas de ayre* M S no puede hacer subir y sostener el agua en el Vacío á mayor altura que á la de unos treinta y dos pies; por lo que se ve que el Sifon no sirve

para conducir el agua á qualquiera altura (628 y 630).

Quanto mas la pierna exterior D H del Sifon exceda en longitud á la que está metida en el agua, mayor será la cantidad de agua que saldrá por H; porque quanta mas longitud tiene la columna de agua D H, tanta mas pesantez tiene para destruir la presion de la columna de ayre K H que se opone á su libre curso, y que impide que la columna de ayre opuesta M S consiga todo su efecto de presion.

Si la columna de agua D H tuviera treinta y dos pies de altura destruiria completamente la accion de la columna de ayre K H, y la columna M S conseguiria todo su efecto de presion sobre la columna de agua S D del mismo modo que si obrase sobre ella en un Vacío perfecto.

LA EOLIPILA, Y LAS VENTOSAS.

642. DESCRIPCION I. La *Eolípila* es un vaso hueco de vidrio ó metal de figura de una pera de Donguindo A B, cuyo artificio y mecanismo describirémos en pocas palabras. (Fig. 89.)

I.º Si se pone la *Eolípila* sobre brasas, el ayre interior se dilata por el calor y sale por el orificio N, lo que produce un *Viento continuo* en N que tiene su direccion de adentro á fuera, y dura otro tanto como la dilatacion.

II.º Si se dexa despues enfriar la *Eolípila*, el ayre interior se condensa con el frio, y el exterior se precipita continuamente dentro de la *Eolípila* por el orificio N, á medida de que el ayre interior se hace mas denso y ocupa ménos espacio; lo que produce en N un *Viento continuo* opuesto al interior.

III.º Si quando la *Eolípila* está sumamente caliente se pone su pico sobre agua fria, la presion del ayre exterior hace entrar al agua en torrente dentro de este vaso, y el volúmen de agua N B, A N que entra en ella es igual al volúmen de ayre que habia hecho salir la dilatacion (627).

IV.º Si quando la Eolípila A B está llena en parte de agua y en parte de ayre se la pone sobre brasas, de modo que el agua ocupe la parte A B N, la dilatacion del ayre y el vapor del agua que exercen á un tiempo su fuerza expansiva contra el agua inferior la harán brotar con violencia á una altura muy grande M.

Si esta misma Eolípila en vez de agua estuviese llena de espíritu de vino en la parte A B N, poniendo una vela encendida al orificio N se haria formar un *Caño de fuego* N M que duraria hasta que se consumiese todo el espíritu de vino.

643. DESCRIPCION II. Las *Ventosas* son vasos de vidrio ó barro A B proporcionados para ser aplicados contra la carne. (Fig. 96)

I.º Si en el fondo del vaso A B se meten unas estopas y se encienden, el ayre interior se dilata sumamente por el calor. Si inmediatamente se aplica la boca B de la ventosa sobre una parte carnosa del cuerpo humano á medida de que el ayre interior se condensa, acabándose el fuego se forma dentro de ella un Vacío considerable que no puede entrar á llenar el ayre exterior.

II.º El *Ayre contenido en la parte* sobre la que se aplica la ventosa, tira por su fuerza expansiva á introducirse en este Vacío B A, hace subir la carne, abre los poros y se introduce poco á poco en la Ventosa, trayendo consigo la sangre y humores á que estaba unido. Y esta accion dura debilitándose cada vez mas hasta que el ayre de la Ventosa que continuamente se va enrareciendo iguala en densidad y fuerza expansiva al ayre contenido en los humores, la sangre y las carnes, ó al ayre exterior.

PROPOSICION IV.

644. *El Ayre es un flúido al que condensa el frio, dilata el calor, cuyo resorte aumenta el fuego y cuya accion es necesaria á la vida de los animales, á la vegetacion de las plantas, y á la conservacion de la llama.*

DEMOSTRACION. Probarémos todas las partes de esta Proposicion con tres experiencias físicas que acreditarán su verdad separadamente.

645. EXPERIENCIA I. Sea el Tubo A B cerrado en A y abierto en B, lleno de agua en la parte S B y de ayre en la parte S A (Fig. 73).

I.º Si se calienta la parte A S del Tubo se verá al ayre interior A S ocupar mayor espacio A R, y forzar al agua á baxar de S á R: luego *el Ayre se dilata con el calor*.

II.º Este ayre A R así dilatado por el calor resiste á la acción del ayre exterior que es mas denso, y tira á hacer subir el agua en el Tubo hasta S. Luego *el Ayre dilatado por el calor aumenta su resorte á medida de que pierde de su densidad*, supliendo el calor intrínseco que le anima á la densidad que le falta.

Este fenómeno no tiene nada de contrario á lo que hemos hecho ver en otra parte; á saber que el resorte del ayre crece al paso que se aumenta su densidad, pues esto se entiende quando el temple es el mismo.

III.º Si se cubre de hielo la parte A S del Tubo se verá al ayre interior ocupar un espacio menor A, reduciéndose á un volúmen mas pequeño, y dexando subir el agua á una altura mas grande desde S á x. Luego *el Ayre se condensa con el frio*.

Si se le vuelve al ayre A S á su primer temple, ó al mismo grado de frio ó calor que antes tenía, recobra el mismo volúmen A S. De lo que se infiere evidentemente que el aumento y disminucion de volúmen de que acabamos de hablar provienen de las Causas físicas que les hemos asignado.

646. EXPERIENCIA II. Si debaxo del Recipiente de una Máquina pñeumática se mete un gato, conejo, pollo, paloma, ú otra qualquiera ave, éstos animales pierden la vida casi inmediatamente que se extrae el ayre y hace el Vacío.

Si debaxo del mismo Recipiente se pone un baño lleno de agua en que haya peces, la falta de ayre les ha-

hace perecer igualmente aunque mucho mas tarde.

Luego la experiencia demuestra que la *Accion del ayre es necesaria á la vida de los Animales.*

647. EXPLICACION. La Vida animal depende principalmente del movimiento del Corazon, y de la Circulacion de la Sangre; y estos dos Principios deben casi todo su movimiento y accion á la presion y resorte del ayre.

I.º Introduciéndose el ayre en los pulmones se calienta y adquiere mayor volúmen y fuerza expansiva, y por medio de su volúmen y resorte así aumentados impele á la Sangre que sale del Ventrículo derecho, y la fuerza á pasar al Ventrículo izquierdo (516).

Esta accion, este principio de movimiento y de vida es necesario que le falte al Animal así que dexa de renovarse el ayre en sus pulmones.

II.º Exerciendolo el ayre exterior su presion hácia todas partes sobre todas las del Cuerpo animal, carga é impele á las Venas, y facilita de este modo la vuelta de la Sangre de las venas al corazon. De este auxilio carece el Animal luego que el ayre exterior dexa de obrar sobre él con su fuerza ordinaria.

III.º Es cierto que hay en la sangre y en los humores de los Animales una cantidad bastante considerable de ayre flúido y elástico esparcido é interpuesto entre las moléculas de estos Líquidos, el qual le sirve de conservar por su resorte la fluidez, movimiento y circulacion de estos Líquidos. Y esto no puede suceder quando el Animal dexa de respirar con libertad un ayre propio para reemplazar continuamente al que sin cesar se disipa, ó pierde su resorte en la circulacion ó por la transpiracion.

Por otra parte este *Ayre interior* esparcido y metido en los poros de toda la sustancia animal, en las venas, arterias, carne y huesos está ó debe estar en equilibrio con el ayre exterior cuya presion contrarresta por su resorte. Luego si sustraído el ayre exterior *se acaba este equilibrio*, el ayre interior debe por su fuerza expansiva dilatarse con violencia, hinchar las partes y rom-

per los canales que le contienen, hacer mudar de rumbo y confundir la sangre y los humores; en una palabra interrumpir y destruir toda la Economía animal de que depende esencialmente la permanencia de la vida.

IV.º Los Animales que viven en el agua como los Peces y Anfibios, resisten á la sustraccion del ayre por mas tiempo que los animales acostumbrados á vivir siempre en este elemento; porque los animales aquáticos tienen una *Constitucion particular* que no necesita de tanta cantidad de ayre, y en fuerza de la que pueden vivir bastante tiempo con sola la pequeña porcion de ayre que está mezclada con el agua (651).

Con todo perecen en fin faltándoles el ayre, porque dentro del Vacío el ayre por su elasticidad se escapa de entre el agua, y de consiguiente llega en fin el agua á no contener la cantidad de ayre necesaria á la vida de sus habitantes.

V.º Quando despues de haber extraido el ayre se le dexa volver á entrar súbitamente en el Recipiente, se le ve al Animal experimentar una horrible convulsion en todo el interior de su máquina.

La razon es porque volviendo á entrar el ayre con un ímpetu inconceivable en lo interior del Animal, comunica á su sangre y humores un impulso destructor que por lo comun rompe sus pulmones, venas y arterias, y hace brotar á la sangre por los canales que ha rasgado y roto.

VI.º Los Animales domésticos se debilitan y perecen en fin si se les tiene en un establo en que el ayre no se renueve con libertad, ya sea porque en semejante lugar respiran un ayre cargado de exálaciones malignas, ya sea porque este ayre aunque sano á fuerza de pasar y repasar continuamente por sus pulmones se carga de vapores que le hacen perder su *virtud elástica*, la qual le es necesaria para poner en movimiento los órganos, y producir la circulacion de la sangre y humores.

Los mas de los Animales aquáticos necesitan tambien renovar de tiempo en tiempo el ayre que pone en

accion sus órganos, y ésta es la causa porque los Peces saltan tan frecuentemente fuera del agua para respirar con mas libertad, y porque en un Estanque helado se tiene cuidado de hacer agujeros en el hielo para que no perezcan los peces por falta de ayre.

VII.º Si es verdad que se hayan hallado en lo interior de algunos árboles ó peñas ciertos animales como culebras y sapos que vivian allí sin que al parecer tuviesen comunicacion alguna con el ayre exterior, es verosímil que estos animales tuviesen una renovacion de ayre por algun camino que se ocultó á la vista de los Observadores, ó que las sustancias sólidas ó líquidas de que se alimentaban en estas tenebrosas prisiones les proporcionasen constantemente una nueva masa de ayre que se renovaria sin cesar en ellos mediante la nutricion, como sucede en ciertos peces que estan siempre en el fondo del agua y á los que el agua sola supedita continuamente una nueva cantidad de ayre suficiente segun su organizacion, constitucion y naturaleza para que vivan.

VIII.º La *analogía de Organizacion* que hay entre el Reyno animal y el vegetal nos da suficientemente á conocer que el ayre debe ser necesario á la vida de los Vegetales como lo es á la de los Animales.

En efecto el ayre conserva la fluidez y movimiento de los jugos nutritivos en las Plantas, como lo hace en los Animales. La *substraccion del ayre* causa mas pronto y mayores estragos en el Cuerpo animal que tiene grandes canales y depósitos de ayre, que en el vegetal cuyos canales y depósitos de ayre son menores. Pero la accion del ayre es sin disputa absolutamente necesaria á la vida de los vegetales, y así se ve que las plantas se marchitan y perecen muy pronto en un sitio en que el ayre carezca de resorte, ó en que no se renueve con libertad.

648. EXPERIENCIA III. Póngase debaxo del Recipiente de una Máquina pneumática una *Vela encendida*. Esta Vela da su llama ordinaria antes que se extraiga el ayre; pero á medida que se enrarece el ayre da una

llama mas débil y ménos brillante: y en fin se apaga quando se ha extraido casi todo el ayre.

La *Pólvo*ra puesta debaxo del mismo Recipiente y expuesta al foco de un espejo ustorio, despues de extraido el ayre se consume sin ruido ni resplandor, y se exâla en un humo denso en que apenas se percibe una débil llama azulada que se debe á una cortísima cantidad de ayre sumamente enrarecido que ha quedado debaxo del Recipiente.

El choque de un eslabon y una piedra de hacer lumbres no produce en el Vacío (624) chispas tan brillantes como á ayre abierto.

Si quando una *Luz encendida* de mucho tiempo en un pequeño espacio bien cerrado parece que va á apagarse, se abre la puerta de la linterna ó del sitio qualquiera en que está puesta, se la ve tomar una nueva vida y un nuevo resplandor á medida de que el ayre se renueva.

De todo esto resulta evidentemente que *el Ayre es necesario á la produccion y conservacion de la llama*. ¿Pero que analogia puede haber aqui entre la llama y el ayre? ¿Que influencia puede tener el elemento del ayre en el del fuego?

649. EXPLICACION. Sea la que quiera *la naturaleza del Fuego* es verosímil que la llama consista en un movimiento de vibracion constantemente impreso á las moléculas del cuerpo inflamable, las quales se disipen como un flúido muy sutil movido hácia todas partes.

Un *movimiento de Vibracion hácia todas partes* en las moléculas de un cuerpo que se consume exige la reaccion de un Flúido circundante que por su fuerza expansiva conserve la explosion permanente de las moléculas entre las que se insinúa, se dilata y despliega con violencia á medida de que la combustion aumenta su volumen y resorte. De aquí la necesidad del ayre para la produccion y conservacion de la llama.

1.º El ayre demasiado enrarecido debaxo del Recipiente de la Máquina pneumática no tiene bastante fuerza ni resorte para insinuarse con violencia entre las par-

tículas encendidas de la Vela ó de otro qualquier cuerpo combustible; para impeler con bastante fuerza expansiva el Fuego de estas partículas encendidas haciéndolas que se introduzcan entre las que quedan por encender, ni para repercutir y acumular este fuego en el seno del cuerpo combustible en donde debe continuamente dividir sus partes, desunir su flogístico, dilatar el ayre unido y combinado con su sustancia, haciendo que este ayre interior salga con violencia de sus prisiones, y arroje en torrentes impetuosos las partículas divididas que se oponen á su expansion.

La Pólvara no hace en el Vacío una explosion pronta y ruidosa, no da una llama clara y resplandeciente, porque debilitado el ayre por la rarefaccion no tiene bastante fuerza para ayudar lo suficiente á la accion del fuego exterior que enciende la pólvara.

Una Luz que arde en un pequeño espacio bien cerrado exâla vapores que primero debilitan y despues destruyen el resorte del ayre circundante, privando así al ayre de la fuerza necesaria para imprimir á la sustancia oleosa el movimiento de vibracion con que debe arrojar las partes encendidas, y para obligar al fuego á que se insinue entre las partes que quedan por encender.

II.º De qualquier modo que la accion del Ayre contribuya á la produccion y conservacion de la llama, ó ya sea simplemente como causa, ó ya sea como parte componente de ella; es cierto

En primer lugar que ningun *Cuerpo combustible* puede arder ni consumirse sin el concurso del ayre, y que con quanta mas libertad y fuerza obra el ayre en los cuerpos encendidos mas rápidamente les hace arder.

En segundo que los Cuerpos combustibles como las maderas, pueden estar por mucho tiempo expuestas á la accion del fuego mas violento en vasos cerrados *sin que ardan ni se consuman*; porque aunque penetradas de un fuego extraño, su propia sustancia permanece inalterable mientras que el ayre exterior no se insinua con el fuego entre sus partes integrantes.

III.º Este último fenómeno que es conocido de todos los Chímicos parece que convierte en demostracion la explicacion que acabamos de dar de la combustion de los cuerpos, para la qual suponemos que el ayre circundante tiene una accion real ó inmediata, una accion expansiva y explosiva sobre las partes internas de los cuerpos que el fuego divide y consume.

Acafo tambien se podria inferir de esta última experiencia ó fenómeno que el ayre es como un *intermedio necesario* de los cuerpos combustibles, sin el qual no hay afinidad real entre el fuego y estos cuerpos, y por medio del qual se produce semejante afinidad en virtud de la que viene á ser el fuego para estos cuerpos un Disolvente propiamente tal. (87, 101 y 110).

EL AYRE EN LOS CUERPOS: EL AYRE INTERPUESTO:
EL AYRE FIXO Y COMBINADO.

650. OBSERVACION. El Ayre que rodea el Globo terrestre se halla tambien en mas ó menos cantidad en lo interior de los cuerpos; pero está en ellos en dos estados muy diferentes que importa mucho no confundir.

I.º En ciertos cuerpos y ciertas circunstancias el Ayre está *simplemente alojado*, *esparcido é interpuesto entre sus partes integrantes*, pero sin adherir á ellas ni estar con ellas combinado. En este estado está el ayre en los poros de una esponja ó de una tela.

Este Ayre compresible y dilatable, flúido y elástico no se diferencia del ayre natural ó del ayre que respiramos: no hace parte constituyente del cuerpo en que está metido, pues le podemos muy bien separar sin destruir su naturaleza por medios puramente mecánicos, como comprimiendo el cuerpo que le contiene, ó enraciando el ayre que le rodea.

II.º En los mas de los Cuerpos, ademas del ayre natural metido y esparcido en sus poros *hay una cantidad muy grande de Ayre combinado con su sustancia de ayre privado de su fluidez y elasticidad, de ayre que no*

se puede separar de los cuerpos en que está de otro modo que descomponiéndolos y destruyendo su naturaleza.

A este ayre así combinado con los cuerpos se le debe mirar como á uno de sus principios primitivos ó partes constituyentes. (7 y 180).

PROPOSICION V.

651. *Los Cuerpos tanto sólidos como líquidos contienen en sus poros una pequeña cantidad de ayre puro y no combinado, y contienen tambien á lo ménos los mas de ellos una cantidad inmensa de ayre fixo y combinado con su sustancia.*

DEMOSTRACION I. Harémos ver y sentir la verdad de la primera parte de esta proposicion así en los Cuerpos sólidos como en los líquidos por la experiencia y la expeculacion, las que ambas á una la prueban claramente.

I.º Métese en un Vaso lleno de agua un trozo de piedra ó de madera, y póngase este vaso debaxo del recipiente de una Máquina pneumática.

A medida de que el émbolo baxa y el ayre del Recipiente se enrarece, se ven salir por todas partes del feno de la piedra ó de la madera pompitas de ayre que llegan hasta la superficie del agua. Es fácil dar razon de este fenómeno supuestos los principios que hemos sentado.

Despues de que se ha extraido el ayre del Recipiente, el ayre encerrado en los poros de la piedra á la madera se dilata, y por su expansion fluye y se acumula á la extremidad de los poros de donde halla salida. Porque como el ayre es ménos pesado que el agua, ésta por su exceso de pesantez fuerza á las pompitas de ayre á subir sobre su superficie.

Quando despues se dexa volver á entrar el ayre en el Recipiente la presion del ayre exterior fuerza al ayre contenido en los poros de la piedra ó madera á recobrar su densidad primitiva, y hace entrar en ellos un volúmen de agua igual al volúmen de ayre que ha-

bia salido (627). De modo que la piedra y madera se hallan mas mojadas habiendo estado sujetas á esta operacion, que si hubieran estado simplemente metidas en el agua á ayre libre.

II.º Pónganse debaxo del recipiente de una Máquina pneumática varios vasos, y sin llenarlos enteramente échese leche en el primero, cerveza en el segundo, agua en el tercero, y espíritu de vino en el quarto, y extraígafe despues el ayre. Se verán subir á la superficie de estos licores pompitas de ayre salidas de su seno.

El agua tibia y el espíritu de vino parece que hierben, porque no hallando las pompas de ayre que se dilatan en su seno viscosidad alguna que vencer en estos licores suben rápidamente y como sin obstáculo á su superficie, lo que imita bastante al movimiento de herbor.

La leche y cerveza se hinchan, acumulan en bóveda, y se derraman fuera del vaso, porque hallándose el ayre que se dilata en estos líquidos detenido por su viscosidad, le es mas fácil elevarlos que dividirlos, y así les echa fuera del vaso antes que haya conseguido separarlos y abrirse paso por entre sus moléculas viscosas y adherentes entre sí.

III.º Por un Juicio de analogía se puede concluir que los demas cuerpos sólidos y líquidos contienen en sus póros igualmente que éstos de que acabamos de hablar cierta cantidad de ayre natural, de ayre flúido y elástico, de *Ayre no combinado con sus substancias*.

L. Q. P. D. *en atiq 201 no obstando ayre lo, gualq*

652. DEMOSTRACION II. Réstanos hacer ver que los mas de los Cuerpos naturales contienen una cantidad bastante mayor de *Ayre combinado con su sustancia*, de ayre principio y parte constituyente de los cuerpos. (*Fig. 92*).

Sea un Tubo largo de vidrio A N D C que tenga otro pequeño Tubo lateral con una llave por donde se le pueda extraer el ayre con la boca por B; se hace entrar primeramente por el orificio C en la bola A el cuerpo que se quiere disolver, se coloca despues el tubo sobre la superficie del agua, y se extrae el ayre por B

has-

hasta que el agua suba y se sostenga en columna á una altura determinada D; y en fin despues de haber cerrado la llave en B reconcéntrense los rayos del Sol sobre el Cuerpo que se quiere disolver por medio de un Vidrio convexo V pegado á la bola A.

I.º A medida de que el Cuerpo A se disuelve por la accion del fuego solar, el agua es forzada á baxar de D hácia C por la reaccion del ayre A N D que va aumentando continuamente su volúmen y resorte hasta que se ha disuelto enteramente el cuerpo que se ha metido en la bola A.

II.º Despues de haberse enteramente disuelto el Cuerpo A se dexa enfriar el Tubo hasta que haya vuelto al mismo grado de temple que tenia antes de que la accion del fuego solar le calentase; y á medida de que el ayre interior se condensa por la dissipacion del fuego se ve subir el agua otra vez de C hácia D, y dexar de subir fixándose en F quando el ayre interior ha recobrado su equilibrio con el exterior.

III.º Mídefe despues la cantidad de agua que se contenia en el espacio D F de donde ha sido expelida, y por aqui se conoce el volúmen de ayre que ha salido del seno del cuerpo combustible A durante su disolucion.

Porque claro está que la *Columna de agua* no ha sido repelida de D á F por otra causa que porque el ayre interior se ha aumentado en volúmen en una cantidad suficiente para llenar este espacio D F. Ademas se ve bien claramente que esta cantidad de ayre nuevo no puede ménos de provenir del seno del cuerpo disuelto, pues si se hace la misma operacion sin poner cuerpo alguno combustible en la bola A, la columna de agua B C vuelve á subir despues de que se ha enfriado el Tubo al mismo punto D adonde se habia elevado antes.

Luego este cuerpo igualmente que otros muchos en que se produce el mismo efecto contienen una cantidad muy considerable de ayre fixo y combinado con su sustancia. L. Q. P. D.

653. NOTA. Conociendo el volúmen D F del agua

echada de su lugar lo que es sumamente fácil, se conocerá de consiguiente el *Volúmen de ayre* que se contenia en el cuerpo que se ha disuelto en la bola A. Por este método ú otros semejantes se ha averiguado

I.º Que un pie cúbico de *sangre de Cerdo* contenia y daba 33 pulgadas cúbicas de ayre.

II.º Que una pulgada cúbica de *cuerno de Ciervo* daba 234 pulgadas cúbicas de ayre.

III.º Que un pie cúbico de *Encina* daba 256.

IV.º Que una pequeña cantidad de *Pólvoa* daba un volúmen de ayre como 200 veces mayor que su volúmen.

V.º Que el azufre, el agua fuerte y algunos otros cuerpos léjos de dar ayre en su combustion absorbian parte del ayre contigüo, de modo que en vez de hacer baxar la columna de agua D C la hacian subir de D hácia N.

654. COROLARIO. *Resulta de estas Experiencias que el Ayre que respiramos debe ser diferente notablemente del Ayre combinado con los Cuerpos, á lo menos en quanto al modo de estar.*

EXPLICACION. El Ayre que respiramos es evidentemente flúido y elástico como tambien lo es el que está simplemente esparcido en los poros de los Cuerpos, é interpuesto entre sus partes integrantes, y que podemos separar de ellas por la operacion de la Máquina pneumática, por la Compresion, ó por otros medios puramente mecánicos.

Pero el ayre que está unido y combinado con las partes integrantes de los cuerpos y que no se puede separar de ellos á no ser que se los analize, descomponga y destruya su naturaleza, parece que no tiene fluidez ni elasticidad alguna, pues que la inmensa cantidad de ayre que se halla combinado con la encina no da señal alguna de fluidez en las partes divididas y movidas de esta sustancia en que se muestra siempre fixo y sólido hasta el tiempo de la disolucion; y porque si la inmensa cantidad de ayre que se halla combinado con la sangre de los animales tuviera su elasticidad na-

tural, debería respecto de su condensacion fuma arrojar y disipar con un ímpetu violento las partículas líquidas entre quienes está interpuesto.

Este estado ó este modo de estar del ayre en los Cuerpos de que hace parte constituyente ha atormentado siempre mucho á los Físicos que han querido dar razon de la diferiencia que se halla entre el Ayre que respiramos, y el *Ayre combinado* con los cuerpos: se han imaginado sobre este objeto varios sistemas que no han producido conocimiento alguno claro acerca de él, y que de consiguiente seria inútil referir. Sea lo que quiera del motivo de la diversidad de estos dos estados, es cierto

I.º Que el *Ayre combinado* con las varias sustancias que componen los cuerpos sólidos y líquidos como el aceyte y la madera, no tiene en este estado de combinacion su fluidez y elasticidad ordinarias como lo acabamos de hacer ver.

II.º Que ésta falta de fluidez y elasticidad cesa á medida de que el cuerpo se descompone por la combustion ó disolucion: lo que parece que indica que el Ayre en su estado de combinacion conserva siempre el principio que le hace fluido y elástico, y que éste principio aprisionado y suspendido durante este estado por una fuerza superior recobra su accion en el instante en que se le quita este obstáculo.

III.º Que este Ayre combinado que parece fixo y sólido en la encina, el cuerno de ciervo y otros muchos cuerpos puede absolutamente conservar su naturaleza primitiva en este estado de combinacion: al modo que el agua no muda realmente de naturaleza aunque se transforme en hielo y vapores que son dos estados en que no parece la misma.

IV.º Que no se debe tener por sustancia puramente aerea todo el *Volúmen de materia flúida* que se extrae del seno de un Cuerpo que se ha quemado y descompuesto (653), sino antes bien por una mezcla de ayre y de otras sustancias heterogéneas atenuadas y hechas

flúidas por el fuego, en la qual mezcla la parte predominante es no obstante una verdadera sustancia aerea, suelta de las prisiones en que estaba encerrada y como encadenada en el cuerpo que se ha descompuesto.

V.^o Que se hacen continuamente en la Naturaleza *nuevas Combinaciones*. La tierra y el agua se convierten en sustancias animales, vegetales y minerales, y éstas sustancias vuelven á ser tierra y agua por su disolucion. El ayre por unas metamorfosis semejantes se transforma en varios cuerpos haciéndose parte constituyente de ellos, como sucede tambien con la tierra, el agua y el fuego.

De aquí la mayor ó menor cantidad de ayre que se extrae del seno de los Cuerpos con los que está combinado, á causa de que su afinidad con las sustancias que los constituyen liga sus moléculas, detiene su resorte, disminuye inmensamente su volumen, y le mantiene en este estado hasta que destruyendo el Compuesto la accion del fuego ó de algun disolvente, desata sus lazos, le arranca á sus afinidades, le vuelve á poner en libertad, y le hace recobrar la simple accion de su naturaleza.

Por esto se echa de ver que en la Primavera y el Estío en que la Naturaleza forma una infinidad de *nuevos Mixtos*, su produccion debe absorber una cantidad inmensa de ayre, y que por el contrario en el Otoño y en el Invierno en que los mas de estos mixtos se descomponen por la putrefaccion debe salir de su seno un volúmen inmenso de ayre que hinche la masa de ayre que cubre la tierra.

Se echa ademas de ver que los *varios Alimentos* que se descomponen en el estómago é intestinos deben producir un volúmen considerable de ayre en estas vísceras. Una parte de este ayre se combina con el chilo, la sangre, los humores, la carne y con todas las partes animales; otra sirve para expeler mediante su resorte la porcion mas grosera de los alimentos, y á veces se emplea en molestar de varios modos á la *Persona* en quien la descomposicion y recomposicion de las sustan-

cias nutritivas no son simultáneas, ó no se hacen del modo debido.

EL AGUA EN VAPOR.

655. EXPERIENCIA. Sea un Globo grande de vidrio hueco D que remate en un pequeño tubo D E abierto únicamente en E (Fig. 73).

Despues de haber medido la capacidad D E échese en D una cantidad de agua catorce mil veces menor que la que seria necesaria para llenar todo el vaso D E. Póngase despues sobre brasas el Globo D dándole lentamente vueltas, y teniendo su mango D E en una situacion horizontal hasta que la pequeña cantidad de agua reducida á vapores se extienda y esparza por toda la capacidad D E. Y entónces póngase el orificio E sobre el baño lleno de agua M N, de modo que el tubo D E quede perpendicular á la superficie del agua.

EFFECTOS. El Agua del baño subira por el Tubo E D y llenará toda la capacidad así del tubo como del globo sin que quede en uno ni en otro vacío alguno. De lo que resultan las Verdades siguientes:

I.º Resulta en primer lugar que el Agua reduciéndose á vapor expelle el ayre y ocupa el lugar que ha dexado; pues que no queda ayre alguno en el vaso en que ésta agua se ha convertido en vapor.

II.º Resulta ademas que el Agua convertida en vapor adquiere un volúmen catorce mil veces mayor que el que tenia en su estado natural; pues que esta pequeña cantidad de agua que no ocupaba en su estado natural mas que la quatuordécima milésima parte de la capacidad D E, convertida en vapor la ocupa toda entera, como lo acredita el que expelle al ayre; lo que no puede hacer sino ocupando su lugar y resistiendo eficazmente á su presion continua.

III.º Resulta en fin que en dexando el Agua su estado de vapor, recobra su densidad natural; porque en el instante en que el frio del baño M N se comunica al vaso de vidrio y al agua convertida en vapor, ésta agua inmen-

famente dilatada se condensa, recobra su primer estado, y se reduce á un volúmen catorce mil veces menor. De lo que resulta que se forme un Vacío en el vaso E D, y que la presion del ayre exterior haga entrar en él un volúmen de agua igual al volúmen de ayre que habia expelido el agua dilatada (627).

Aora bien el *Volúmen de agua* que entra en el vaso E D llena toda su capacidad; luego todo el volúmen de ayre que estaba antes en este vaso ha sido expelido por el agua reducida á vapor.

Puede fer acaso que el agua se *enrarezca* mas ó menos *reduciéndose á vapores*, y que un grado mayor de calor produzca una dilatacion mayor en los Vapores que ocasiona. De aquí acaso la mayor ó menor elevacion de las Nubes que se forman de ellos. Pero es cierto que ésta rarefaccion es siempre muy grande, y que no dista mucho del grado que acabamos de determinar.

ASCENSO DE LOS VAPORES Y EXALACIONES EN LA ATMÓSFERA.

656. OBSERVACION. El ascenso de los *Vapores y Exalaciones* en la masa del Ayre ó en la Atmósfera terrestre es un hecho cierto y conocido de todo el mundo. ¿Pero qual es la causa? ¿Qual es el mecanismo fisico en virtud del que se produce este fenómeno? Esto es lo que no es fácil explicar de un modo claro y bastante satisfactorio.

I.º Parece que el *Calor* es una de las principales causas del ascenso de los vapores y exálaciones en la Atmósfera, pero no es la única porque la exáltacion de los vapores y exálaciones no es proporcional al calor; pues freqüentemente haciendo un frio muy intenso la nieve se deshace y el hielo se disminuye elevándose uno y otro en vapores.

II.º Es cierto que la *accion del Ayre* contribuye mucho á la exáltacion de los vapores y exálaciones. ¿Pero como y de que modo se obra este fenómeno? Comun-

mente responden que los vapores y exhalaciones son exalados por la presion del ayre que viene á ser específicamente mas pesado que estos corpúsculos inmensamente divididos ó dilatados por el Calor.

Pero esta razon no es suficiente porque para que un volúmen por exemplo de agua se haga específicamente mas leve que igual volúmen de ayre, es necesario que se dilate tanto que su volúmen llegue á ser á lo ménos ochocientas veces mayor que antes, para lo que se necesita un calor incomparablemente mayor que el que hace quando nosotros vemos que los vapores se elevan en la mayor abundancia.

III.º ¿No se podria presumir una Afinidad ó *Atraccion especial* entre el ayre y los corpúsculos que eleva bastante semejante á la que tiene el agua con las sales que divide y con las que se combina? (105).

En esta hipótesis tan natural se daria razon del ascenso de los vapores y exhalaciones mediante la accion del Calor y del Ayre que en ella concurririan juntos ó separados á producir este gran fenómeno causa cierta é indudable de todos los Metéoros.

Primeramente la *accion del Calor* dilatando los cuerpos y disminuyendo la adherencia de sus partes facilitaria la separacion de una infinidad de corpúsculos que estarian de consiguiente como próximamente dispuestos á ser atraídos por el ayre.

Despues la *accion del Ayre* atraeria estos corpúsculos con otra tanta mas ó ménos fuerza quanto su afinidad estuviese mas ó ménos saturada, quanto su masa fuese mas ó ménos densa, y quanto su influencia se repetiese y renovase mas ó ménos eficazmente sobre un mismo objeto como sobre un mismo depósito de agua quando sopla el viento.

IV.º No se seguiria de esto que los Vapores y Exhalaciones debiesen elevarse á la mayor altura de la Atmósfera, al modo que los corpúsculos salinos se elevan del fondo de un vaso hasta la superficie del agua.

Porque como el ayre va decreciendo siempre en

densidad á medida que se alexa de la tierra , puede ser muy bien que á la altura de mil ó dos mil toefas no tenga ya bastante *Accion atractiva* para elevar mas arriba estos corpúsculos cuya gravedad siempre constante con corta diferencia lucha continuamente contra la fuerza atractiva siempre mas y mas decreciente.

En efecto se observa que esta masa que llamamos vapores y exálaciones no sube á una altura muy grande en la region del ayre , y que la elevacion perpendicular de las *Nubes* fobre la tierra apenas es de mas que de algunos centenares de toefas.

OBJECIONES Y RESPUESTAS.

657. OBJECION I. Si el Ayre fuera un cuerpo realmente pesado por sí mismo, su pesantez deberia hacer trozos al Recipiente ó campana de vidrio de la Máquina pneumática ; porque supongamos que la base de ésta campana es igual á un pie quadrado. Como la presion de una columna de ayre es igual á la presion de una columna semejante de agua de unos 32 pies de alta , es consiguiente que éste Recipiente ó campana sostiene un peso igual al de 32 pies cúbicos de agua ó un peso de 2240 libras , el qual seguramente es mas que suficiente para vencer la adherencia que tienen las partes del vidrio entre sí.

RESPUESTA. La pesantez del ayre es un hecho tan comprobado é indudable como la pesantez del agua , del mármol y de todos los demas cuerpos terrestres. (618) Lo único que hay que hacer es tranquilizar la Imagen en punto á ciertos fenómenos que sorprendiéndola la hacen á veces resistirse á una Verdad que no se considera baxo del aspecto que se debe. (Fig. 86.)

I.º La Campana de vidrio está hecha en forma de una bóveda sobre la que carga el flúido circundante igualmente en todos los puntos exteriores , y el efecto de esta presion léjos de destruir una bóveda la consolida. Como la superficie interior de una campana es menor que

que su superficie exterior se deben mirar todas las dovelas que la componen como otras tantas Cuñas cuyo corte está á la parte de adentro, y cuya base ó cabeza está á la parte de afuera, y ya se echa de ver que un compuesto de cuñas no puede ceder á una presión uniforme sobre todos los puntos, á no ser que compenetrándose las partes de la base ésta se hiciese igual al corte, lo que repugna naturalmente.

Por otra parte esta campana no sería rota por la presión gravitante de una columna de agua de quarenta ó cinquenta pies de altura; porque pues lo ha de ser por la presión de una columna de ayre de igual ó menor pesantez?

II.º No es difícil demostrar que la Campana de vidrio debe á su figura casi esférica ó cilíndrica la fuerza que tiene para resistir á la presión del ayre quando se hace el vacío. Porque si se pone sobre la platina un Recipiente de vidrio plano por alguna de sus superficies, así que se extrae el ayre interior, éste recipiente á no ser que sea muy grueso cede á la presión del ayre, se rompe con violencia y hace trozos.

La razón es porque la presión que hace el ayre hácia todas partes no halla la misma resistencia en una superficie plana cuyos trozos perpendiculares pueden tirar á moverse sin tirar á penetrarse, que en una esférica ó cilíndrica cuyas dovelas no se pueden mover hácia abaxo sin que sus cabezas se penetren.

658. OBJECCION II. Si el Ayre tuviera realmente la presión y pesantez que le atribuimos, el peso de la *Columna de ayre* que gravita continuamente sobre nosotros debería abrumarnos; y la presión de las Columnas de ayre que nos rodean por todas partes debería quitarnos la libertad de andar, hacernos incapaces de inspirar y respirar y causarnos el mismo sentimiento que experimentamos quando algunas fuerzas opuestas comprimen las varias partes de nuestro cuerpo. Todo lo qual es contrario á la experiencia.

RESPUESTA. La pesantez y presión del Ayre no de-

ben producir en nosotros ninguno de los efectos perjudiciales que se objetan. Lo demostraremos de cada uno de por sí.

1.º El Ayre no debe *abrumarnos con su peso*. Para hacer mas sensible esta verdad supongamos que la Columna de ayre que gravita sobre nuestras cabezas y hombros tenga un pie de larga sobre medio de ancha. Esta columna igual en pesantez á otra semejante de agua de treinta y dos pies de alta pesará 1120 libras. Ahora pues un peso como éste no debe abrumarnos ni aun fatigarnos en manera alguna.

Estando nosotros colocados en el ayre como lo está el pez en el agua, así como á éste no le abruma ni fatiga el peso de su elemento, así tampoco el peso de nuestro flúido debe abrumarnos ni fatigarnos á nosotros. La accion de la columna superior es destruida por la reaccion igual y opuesta de la inferior. Si la columna de ayre que gravita sobre nuestra cabeza y espaldas nos impele de arriba abaxo hacia el centro de la tierra, la columna de ayre que exerce su reaccion de abaxo arriba contra nuestros pies y piernas tira á subirnos hácia el Zenit con otra tanta fuerza como la que tiene la columna anterior; y estas dos fuerzas iguales y opuestas se destruyen. Impelidos pues hácia el centro de la tierra con una fuerza igual á 1120 libras, y repelidos hácia el Zenit con otra igual tambien á 1120 libras quedamos entregados á nuestro propio peso, el que estamos en estado de sostener con facilidad mediante la accion de nuestros músculos y nervios.

Léjos de que nos hagamos mas pesados por estar metidos en el Ayre que gravita sobre nosotros, nos hacemos por esto efectivamente un poco mas ligeras; porque como segun las Leyes de la Hidrostatica los Sólidos metidos en los líquidos pierden una parte de su peso igual al peso del Líquido que échan de su lugar (583), metidos nosotros en el ayre perderemos una cantidad de nuestro peso igual al peso del Ayre cuyo sitio ocupa nuestro cuerpo. De modo que si nuestro cuerpo con-

tiene tres pies cúbicos de materia echa de su lugar tres pies cúbicos de ayre ; y de consiguiente pierde de su peso otro tanto como pesan tres pies cúbicos de ayre : esto es un poco mas de quatro onzas (660).

II.º El Ayre no debe tampoco *impedirnos el que nos movamos* en todas direcciones ; porque como la presion del ayre se exerce tambien en todas direcciones , quanto las columnas de ayre que nos impelen por delante se oponen á que caminemos , otro tanto nos lo facilitan las columnas que nos impelen por detras , y lo mismo se puede decir de los demas movimientos. Quedamos pues nosotros en medio del Ayre que nos rodea por todas partes entregados á la simple accion de nuestros músculos , nervios y fibras.

III.º El Ayre no debe *comprimirnos de un modo perjudicial* ; porque el Ayre interior que se renueva sin cesar en nuestros pulmones , que habita en nuestro estómago , intestinos y en todos los poros de nuestro cuerpo , y que circula en nuestra sangre y humores hace equilibrio por su reaccion con la presion del ayre exterior (651).

Lejos de que estas dos Presiones opuestas perjudiquen á la armonía de nuestra máquina animal , contribuyen por el contrario á conservarla , perfeccionarla y confortarla. Dan mayor consistencia á las partes que la constituyen aplicandolas mas íntimamente unas á otras , unen y aprietan los canales de la sangre y humores en que estos Líquidos se mueven segun la Ley de todos los Líquidos con otra tanta mas velocidad quanto mas estrechos son sus conductos. La experiencia nos enseña que estamos mas alegres , mas vivos y mas activos quando el ayre que respiramos es mas elástico y tiene mas presion ; luego esta presion del ayre lejos de sernos perjudicial nos es por el contrario muy útil.

IV.º El Ayre no debe *excitar en nosotros un sentimiento relativo á su presion habitual* ; porque segun las Leyes establecidas por el Autor de nuestra naturaleza , para que tengamos qualquier sentimiento relativo á un

objeto es necesario que se haga en alguno de nuestros órganos una alteracion, una mutacion nueva. ¿Que admiracion pues nos debe causar el que no sentimos la presion del ayre á la que estamos acostumbrados desde nuestro nacimiento y que siendo constante y uniforme obra siempre sobre nosotros de un mismo modo sin ocasionar modificacion alguna nueva en nuestros órganos?

Quando una fuerza por pequeña que sea afecta alguno de nuestros órganos de un modo nuevo, por exemplo quando se toca ligeramente á nuestra mano con los *pelos de una pluma*, experimentamos un sentimiento relativo á esta leve presion porque con ella se causa en las fibras de nuestra mano un temblor á que no estamos acostumbrados, que hace nacer en nuestra alma un sentimiento espiritual relativo á la causa de esta conmocion orgánica.

Quando el Ayre comprime nuestra mano en todas direcciones con una fuerza incomparablemente mayor que la de la pluma de que acabamos de hablar, no tenemos sentimiento alguno relativo á esta presion del ayre; porque esta presion que experimentamos habitualmente desde que existimos, y que es siempre equivalentemente de una misma fuerza y naturaleza no da á nuestra mano ninguna nueva afeccion, ningun nuevo modo de ser por el que nuestra alma pueda ser afectada.

Antes bien si esta *Presion habitual del Ayre* cesase por un solo instante, nuestra alma tendria un sentimiento relativo á la falta de esta presion: porque en este caso los órganos de nuestra mano tomarian un nuevo modo de ser que ocasionaria en nuestra alma una sensacion interior relativa á la sensacion orgánica de nuestra mano (*Met.* 324 y 329).

659. OBJECION III. Si la presion del Ayre fuera la que sostuviese en el Barómetro la *Columna de mercurio*, ésta columna deberia tener mas elevacion quando el ayre estuviese mas pesado, y ménos quando estuviese mas ligero; lo que es contrario á lo que nos enseña la experiencia. Porque quando en un tiempo nebuloso ó liu-

vioso el ayre está muy cargado de vapores que necesariamente aumentan su peso, la columna de mercurio baxa, y al contrario quando despues de haber llovido el ayre puro y sereno ha perdido con sus vapores una parte notable de su peso, la columna de mercurio vuelve á subir. Luego la suspension del mercurio en el Barómetro no conuerda con las variaciones de pesantez del ayre. Luego la suspension del mercurio en el Barómetro no proviene de la pesantez del ayre. Luego ni de la reaccion del ayre que es siempre proporcional á su pesantez. (Fig. 86.)

RESPUESTA. Está rigurosamente demostrado por la experiencia que la suspension de la columna de mercurio en el Barómetro proviene de la presion del ayre, pues que la altura del mercurio se aumenta ó disminuye á proporcion de que se aumenta ó disminuye la densidad del ayre que le resiste (633). Y asi todas quantas dificultades se podrian imaginar contra esta Verdad demostrada, no pueden menos de ser frívolas é infundadas. Sin embargo harémos ver que no es imposible conciliar las variaciones del Barómetro con las del Ayre que hace equilibrio con la Columna de mercurio ya mas, ya ménos elevada D A, D B, D C.

1.º ¿Está acaso demostrado que quando en un tiempo de niebla ó lluvia el ayre está considerablemente cargado de Vapores y Exálaciones gravitantes las Columnas de ayre sean realmente mas pesadas? No por cierto. Porque entrando en la Atmósfera estos vapores y exálaciones aunque pesados por su naturaleza echan de su lugar un volúmen de ayre igual á su volúmen (655). Y asi las columnas de ayre que gravitan contra la columna de mercurio pierden en masa de ayre otro tanto como adquieren en masa de agua y de otras sustancias heterogéneas.

II.º En vano se objetaria que estos Vapores y Exálaciones gravitantes hinchando la masa de ayre en que se insinuan dan mas elevacion á las columnas de ayre, y las dexan toda su pesantez intrínseca con el aumento

de la pesantez de estas sustancias heterogéneas. Esta sería una objecion infundada, porque las *Columnas de ayre* hinchadas por los vapores y exálaciones que segun las Leyes del equilibrio hidrostático se ponen en equilibrio con sus diferentes capas á una altura mas ó ménos considerable (591), en vez de elevarse y acumularse en forma de montaña sobre la region que produce las exálaciones y vapores deben vaciarse digámoslo así, ó fluir sobre las columnas de ayre de los países vecinos poniéndose de este modo á nivel con ellas.

Por exemplo: las Columnas de ayre que hinchan y dilatan los vapores en un tiempo de nieblas en el Franco-condado deben fluir y precipitarse sobre las columnas que tienen menos altura en la Alsacia ó en otro país cercano en que el Ayre esté en este mismo tiempo muy seco y muy puro. De aquí una altura mayor de la columna de mercurio en la Alsacia, porque allí hace equilibrio el mercurio en estas circunstancias con unas columnas de ayre que tienen mas altura, mas pesantez y mas resorte que antes.

III.º En la misma circunstancia de un tiempo lluvioso la *Columna de mercurio* debe tener menor altura en el Franco-condado, porque no tiene sensiblemente mas pesantez y tiene sensiblemente menos resorte que en un tiempo puro y sereno.

La razon es porque los vapores y exálaciones que estan mezclados con el ayre tienen la misma pesantez, y no el mismo resorte que el ayre que echan fuera. La columna de ayre que está apoyada sobre la superficie del mercurio imprime por su peso á las moléculas que tocan al mercurio un resorte proporcional á la densidad del ayre que la forma. Y como este ayre que exerce su reaccion sobre el mercurio está mezclado con vapores y exálaciones que no tienen la misma elasticidad que sus moléculas debe perder una cantidad de su resorte proporcional á la cantidad de moléculas aereas que han echado fuera las sustancias estrañas (655).

De aquí menor reaccion en las moléculas aereas

que luchan por su resorte contra la columna de mercurio, y de aquí menor altura en esta columna de mercurio que debe elevarse otro tanto ménos quanto es mas débil la acción de la fuerza que la hace subir.

IV.º Es cierto que los vientos, las borrascas, el frio y el calor deben producir grandes variaciones en las Columnas de ayre que condensan y dilatan, que hacen subir y baxar alternativamente en fuerza de su conflicto. De aquí infinitas variaciones en la causa de la suspension del mercurio en el Barómetro, aunque ésta causa sea siempre de la misma naturaleza, á saber el peso y resorte del ayre.

En un tiempo de borrasca puede absolutamente el Barómetro estar muy elevado, porque pueden muy bien los vientos opuestos acumular un gran volumen de ayre muy denso y muy elástico sobre el parage en que se halla colocado este instrumento. Y en otro tiempo tambien de borrasca el Barómetro podrá estar muy baxo, sea porque el ayre esté menos puro, sea porque soplando los Vientos de abaxo arriba destruirán en parte la presión de las columnas de ayre.

RESOLUCION DE VARIOS PROBLEMAS.

660. PROBLEMA. I. Hallar la relacion de Pesantez entre el Ayre y el Agua (Fig. 80).

SOLUCION. I.º Despues de haber puesto en equilibrio sobre una Balanza exácta un Globo grande de vidrio A C B D lleno de ayre de una parte, y un peso igual de otra (618), sáquese el ayre de este globo y vuélvasele á poner en el mismo platillo. Este Globo hueco privado del ayre que contenia en su capacidad bastante grande no hará ya equilibrio con el peso opuesto. El peso que será necesario añadir á este globo para restablecer el equilibrio será el *Peso del ayre* que se ha extraido por medio de la Máquina pneumática.

II.º Métase el Orificio A de este globo vacío de ayre en agua perfectamente purgada de ayre, y ábrase la

llave A. La presión del ayre exterior hará entrar en el globo por el tubo perpendicular A B un volumen de agua exactamente igual al del ayre que se había extraído (627).

Vuélvase á poner este globo en el platillo en que estaba, y échese en el platillo opuesto el peso necesario para restablecer el equilibrio. Este peso que será necesario poner en el platillo opuesto será *el Peso de un volumen de agua igual al volumen de ayre cuyo peso está ya averiguado y conocido.*

III.º Compárense entre sí los dos Pesos hallados, á saber el peso del volumen de ayre extraído, y el peso del volumen de agua que se ha substituido en su lugar. Su relacion será la relacion de pesantez entre el ayre y el agua.

Mediante experiencias semejantes á ésta, es como se ha hallado que la pesantez específica del ayre es á la pesantez específica del agua como 1 á 800 con muy corta diferencia, y que *un pie cúbico de Ayre pesa una onza y dos quintos.*

Como éstas Experiencias aunque bastante simples en la apariencia, sumamente delicadas en la práctica exigen mucho cuidado y atencion de parte del que las hace, y como por otra parte el Ayre y el Agua padecen grandes variaciones en su naturaleza, sea á causa de sus diferentes grados de condensación y dilatación, sea á causa de la mayor ó menor cantidad de corpúsculos heterogéneos con que estan mezclados, nadie debe extrañar las notables diferencias que hay en los Resultados de las varias experiencias que se han hecho en este punto en tiempos y lugares diferentes. Atendiendo á esto hemos tomado entre las diferentes relaciones halladas una *Relacion media* entre las mayores y las menores, que es como hemos dicho la de 1 á 800.

661. PROBLEMA II. Hallar sobre poco mas ó ménos el Peso de toda la Atmósfera ó de toda la masa de Ayre que rodea el Globo terrestre.

SOLUCION. Suponiendo que conocemos á punto fijo la

la extension de la superficie de la tierra que esta superficie mirada en su generalidad echando lo mas por lo menos tiene equivalentemente la misma elevacion por todas partes sobre el nivel del mar que en Paris, y que las Columnas de ayre mas pesadas á par ó al nivel del mar y menos sobre este nivel, tienen por *Pesantez media* la que se observa en ellas en Paris, y en fuerza de la que sostienen el agua en el Vacío á unos treinta y dos pies de altura, se puede resolver este Problema de pura curiosidad aunque no con una exáctitud matemática, del modo siguiente:

I.º Una *Columna de ayre* hace equilibrio con otra de agua de la misma base y de treinta y dos pies de altura. Luego conocido el peso de una columna de agua de treinta y dos pies de altura está conocido el peso de una columna igual de ayre (629).

II.º Sea una *Columna de agua* de un pie quadrado de base y treinta y dos pies de altura. Tendrá treinta y dos pies cúbicos de agua, y pesando el pie cúbico de agua setenta libras, treinta y dos pies cúbicos pesarán 2240 libras; y así cada columna de ayre apoyada sobre cada pie quadrado de la superficie de la tierra pesará 2240 libras.

III.º Hay en la Atmósfera terrestre otras tantas Columnas de 2240 libras cada una como pies quadrados tiene la Superficie sólida ó líquida del Globo terrestre, que son unos 4, 838, 052, 829, 484, 160 pies quadrados (496).

Luego en multiplicando este último número por 2240 tendríamos el peso de toda la masa de ayre que rodea nuestro globo que será de unos 10, 837, 238, 338, 042, 518, 400 libras.

Si hay en la Naturaleza un *Ayre mas sutil* que el que está fometido á nuestras observaciones, que el que condensamos y entarecemos como y quando queremos, éste ayre ó no gravita sensiblemente, ó su gravitacion se confunde con la del ayre mas grosero.

662. NOTA. Aunque el Barómetro sea poco útil para anunciarnos de ante mano las mudanzas del tiempo, (637) es muy propio y acaso el mas propio de todos los ins-

trumentos para medir la *Altura de las Montañas y Continientes* sobre la superficie de los Mares correspondientes, ó de los mares situados debaxo de la misma Latitud (495 y 571).

Todos saben que siendo todo lo demás igual, la *Columna de mercurio* se hace otro tanto mas corta en el Barómetro quanto mayor es la altura á que éste está colocado sobre el nivel del mar. Por exemplo si hay en una sala dos Barómetros cuyas columnas de mercurio sean perfectamente iguales en altura, y se lleva el uno de ellos á lo alto de una torre ó de una peña de unas once ó doce toesas de altura perpendicular, se verá que la columna de mercurio tiene una línea ménos de altura en el Barómetro colocado en la torre ó peña que en el que quedó en la Sala. (*)

Pero quanto sea á punto fijo lo que debe elevarse el Barómetro sobre una altura dada para que la columna de mercurio baxe sucesivamente una línea, no está todavia fuficientemente averiguado; pues las observaciones que se han hecho sobre éste punto en varios tiempos y lugares no concuerdan exáctamente entre sí.

II.º Consta por las observaciones mas modernas y mas exáctas que desde el nivel del Mar hasta mil ó mil y doscientas toesas de altura perpendicular sobre él se pueden contar por cada línea de descenso en la columna de mercurio unas diez toesas poco mas ó ménos de elevacion. Añadiendo ademas un pie á la primera decena de toesas, dos á la segunda, tres á la tercera, quatro á la quarta, y así progresivamente.

663. PROBLEMA III. *Medir por medio del Barómetro la altura perpendicular de una Montaña, ó su elevacion sobre el nivel del mar.* (Fig. 88).

(*) NOTA. El Pavimento de la Sala del Observatorio Real de París está elevado 45 toesas, 3 pies y 5 pulgadas sobre el nivel del mar en Brest; y como 24 toesas y media sobre el nivel del Sena en su altura media debaxo del Puente Real.

En esta Sala la *Columna de mercurio* tiene 4 líneas y un dozavo ménos de altura que la *Columna correspondiente* en Brest.

SOLUCION. I.º Sean dos Barómetros perfectamente correspondientes, y déxese uno á la orilla y al nivel del mar con un Observador atento; llévase el otro sobre la cima de la Montaña cuya altura se quiere averiguar. A causa de la diferente altura de las Columnas de ayre que gravitan sobre estos dos barómetros, sus dos *Columnas de mercurio* tendrán una altura perpendicular desigual, la que cuidarán de medir con la mayor exáctitud posible los dos Observadores, contando con las variaciones que la mutacion de la *Atmósfera* puede á veces causar en los Barómetros de una hora á otra.

II.º Supongamos que la *diferencia de altura* en las dos Columnas de mercurio haya sido invariablemente de 15 líneas. Por el último resultado de la observacion precedente la diferencia de altura entre las dos Estaciones en que estaban colocados los dos Barómetros será de 150 toesas $+ 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6 + 7 + 8 + 9 + 10 + 11 + 12 + 13 + 14 + 15$ pies que hacen 120 pies ó 20 toesas. Y así la estacion superior tendrá 170 toesas poco mas ó menos de altura perpendicular sobre la estacion inferior que es al nivel del mar.

Digo poco mas ó menos, porque este modo de medir no da jamas una exáctitud perfecta, ya sea porque es muy difícil medir sin yerro alguno aunque leve la altura fixa de las Columnas de mercurio; ya sea porque la Regla en que se funda ésta especie de medida puede absolutamente no quadrar con entera exáctitud con todos los temples y variaciones de la *Atmósfera*.

III.º Si la Estacion en que está colocado el Barómetro inferior está considerablemente elevada sobre el nivel del Mar, es necesario conocer á lo menos con corta diferencia quanto es este exceso de elevacion antes de determinar la diferencia de altura perpendicular que hay entre las Estaciones de los dos Barómetros; porque el número de pies que se deben añadir á las decenas de toesas por cada línea de descenso en el mercurio del Barómetro superior depende de la altura que tiene ya sobre el nivel del mar el Barómetro inferior.

Por exemplo supongamos que el *Barómetro inferior* en vez de estar colocado al nivel del mar lo este sea mas cerca, sea mas léjos del mar á 50 toefas de altura perpendicular sobre su nivel. El número de pies que en este caso se deberán añadir á las 15 líneas de descenso en vez de empezar por el número 1 que corresponde á la primera decena de toefas sobre el nivel del mar, debe empezar por el número 6 que corresponde á la sexta decena.

Así pues el número de pies que en este caso se debe añadir para las 15 líneas de descenso en la columna del Barómetro superior será $6 + 7 + 8 + 9 + 10 + 11 + 12 + 13 + 14 + 15 + 16 + 17 + 18 + 19 + 20$, lo que hace 195 pies en vez de 120. Segun lo qual la *diferencia de altura* entre las dos estaciones en vez de ser de 170 toefas será de 182 y medio.

IV.º Si la Montaña cuya altura se quiere averiguar por medio del Barómetro tiene una *Elevacion excesiva*, por exemplo una elevacion perpendicular de tres ó quatro mil toefas sobre el nivel del Mar situado á la misma latitud, es verosímil que la altura que se hallare siguiendo la progresion asignada será un poco menor que la que efectivamente tenga la montaña (665).

En este caso para averiguar con mas exâctitud la altura perpendicular de esta montaña, será necesario juntar á las medidas del Barómetro las medidas geométricas, y corregir ó rectificar lo mas que sea posible unas por otras. (*Math.* 425).

V.º Quando las Montañas cuya altura *perpendicular* sobre el nivel del mar se quiere averiguar no estan elevadas sobre él mas que 1000 ó 1200 toefas, el mejor método para averiguar la altura es el que acabamos de exponer. Los Geómetras modernos le prefieren á sus métodos geométricos á causa de que siendo ya mas ya menos densos los vapores y exâlaciones que cubren éstas montañas cerca del horizonte, refractan ya mas ya menos la Luz haciendo variar con mucha desigualdad la direccion del Rayo visual, y dan de un dia á otro en

un mismo lugar ángulos sensiblemente diferentes (762). Esta desigualdad de Refraccion se disminuye al paso que las Montañas tienen una altura considerablemente mayor, porque los vapores y exálaciones mas densos no se elevan, ó se elevan en mucha menor cantidad hasta sus cimas, y por otra parte éstas cimas se pueden percibir por rayos visuales que se acerquen mas al Zenit en que la Refraccion es nula. Así quando las Montañas cuya altura se quiere averiguar tienen como legua y media de altura perpendicular, nos parece que se puede averiguar esta altura con mas exâctitud usando de los métodos geométricos, que usando de el del Barómetro.

664. PROBLEMA IV. *Hallar sobre poco mas ó menos por medio del Barómetro la elevacion de un Lugar muy distante del mar, por exemplo de Besanzon sobre el nivel de éste.*

SOLUCION. Como la Columna de mercurio se hace otro tanto mas corta quanto está mas elevada sobre el nivel del mar la estacion en que está colocado el Barómetro, se puede comparar la altura media del Barómetro en Besanzon con la altura media del Barómetro colocado al nivel del mar en un parage de la misma latitud con corta diferenciencia, por exemplo á la embocadura del Loira.

I.º Sean dos excelentes Barómetros colocados el uno en Besanzon, y el otro á la embocadura del Sena ó Loira. Sus alturas medias durante el discurso de un año serán diferentes únicamente á causa de la diferente altura de las elevaciones en que están colocados, así como la altura media del Barómetro en el Observatorio de Paris es diferente quatro líneas de la altura media del Barómetro en Brest por razon de las 46 toesas de elevacion que tiene la Sala del Observatorio de Paris sobre el nivel del mar en Havre ó en la embocadura del Loira. (662)

II.º La altura media del Barómetro en Havre y en Brest es de 27 pulgadas y 10 líneas; en la Sala del Observatorio de Paris es de 27 pulgadas y 6 líneas; y en

Befanzon de 27 pulgadas y 3 líneas. Hay pues 7 líneas de diferencia entre la altura media del Barómetro en Befanzon, y su altura media al nivel del Océano.

III.º Aplicando á este caso la Regla del Problema precedente, y considerando á Befanzon y á la embocadura del Sena ó Loira como dos Estaciones de diferente altura en que estan colocados dos Barómetros correspondientes, se puede valuar sobre poco mas ó menos la altura de Befanzon sobre el nivel del mar en 70 toefas $+ 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6 + 7$ pies; lo que denotaria en Befanzon como 75 toefas sobre el nivel del mar.

Suponiendo que el Doux tenga desde Befanzon hasta el Mediterraneo media línea de declive por toefa, la mitad mas del que tiene el Sena en su curso desde Paris al Océano (574), se sacaria igualmente que la elevacion de Befanzon sobre el nivel del mar era con corta diferencia la misma que la que acabamos de indicar, y á la verdad que la velocidad que debia tener el Doux en su curso total en esta suposicion no distaria mucho de la que tiene en realidad desde Befanzon hasta el Golfo del Leon en el Mediterraneo.

Aunque este método no de medidas bastante exáctas, ni se pueda esperar averiguar por medio de él la altura de un lugar mas que sobre poco mas ó menos, con todo nos podemos valer de él en infinitas ocasiones en que no se pueden conseguir medidas mas exáctas, y en que el conocer la altura de un lugar ó de un parage sobre poco mas ó menos nos basta para lo que queremos averiguar.

665. PROBLEMA VI. *Estimar conjeturalmente por medio del Barómetro la altura que tiene la Atmósfera terrestre sobre el nivel del mar.* (Fig. 88).

SOLUCION. R.º Como la Columna de mercurio A D baxa con bastante regularidad una quantidad conocida á medida de que se sube el Barómetro á mayor altura perpendicular sobre el nivel del mar (662); Supongamos colocado el Barómetro á una altura en que segun esta proporcion conocida de descenso la Columna de mercurio debiese baxar hasta el nivel de N en el depósito inferior N H.

Suponiendo que la Columna de mercurio A D tiene 28 pulgadas de altura en un punto de la superficie terrestre que esté al nivel del mar; ¿ á qué altura se debería subir el Barómetro segun la progresion de descenso que conocemos por la Experiencia que tiene la columna de mercurio segun se va subiendo el barómetro á mayor altura, para que la columna de que hablamos baxase las 28 pulgadas, ó perdiese toda su altura A D?

Reduciendo las 28 pulgadas á líneas tendríamos en esta Columna de mercurio 336 líneas de altura. Cada línea de mercurio hace equilibrio con una columna de ayre de 10 toesas y un número creciente de pies en la progresion ya indicada. Multiplicadas de este modo las 336 líneas darán 3360 toesas + 56, 616 pies que hacen 9,436 toesas; y así segun esta primera computacion la altura de la Atmósfera seria de 12,796 que vienen á componer unas seis leguas.

Es cierto que la Atmósfera no puede tener menos de 12,796 toesas de elevacion sobre el nivel del mar. Pero es necesario observar que debe tener mucho mas.

III.º Si el Ayre no se enrareciera en toda la altura de la Atmósfera segun otra progresion que la que sigue hasta la altura de 1000, ó 1200 toesas la altura de la Atmósfera seria simplemente qual la hemos calculado de unas 6 leguas.

Pero si más arriba de estas 1000, ó 1200 toesas el Ayre se despliega y enrarece en una progresion mucho mayor, como efectivamente debe suceder á medida de que pierde diferentes partes del peso que le encoge y comprime cerca de la tierra, es claro que la Atmósfera terrestre debe tener una elevacion considerablemente mayor que la que sacamos por la computacion que acabamos de hacer.

Como nos es imposible hacer experiencias en el Ayre á una elevacion superior á la que tienen nuestras mas altas montañas, se echa de ver fácilmente que no podemos observar la region media ni la region mas alta de la Atmósfera. No podemos pues conocer de otro

modo que por conjeturas la progresion que sigue el ayre en su expansion y rarefaccion mas allá de las alturas en que podemos tocarle y someterle á nuestras observaciones. De aqui nuestra incertidumbre sobre la altura fixa de la *Atmósfera*.

III.º Es cierto que la *Atmósfera* tiene mucho mas de 6 leguas de altura perpendicular sobre el nivel del mar. Los mas de los Físicos la dan comunmente 15 ó 16 leguas, lo que concuerda bastante bien con las ilaciones que se han procurado facar acerca del mismo objeto, del fenómeno del *Crepúsculo* que no es otra cosa que la luz del Sol refractada por la *Atmósfera*.

De la Hire y Halley despues de haber exâminado con la mayor atencion y penetracion el *Crepúsculo* y sus dependencias han inferido con bastante verosimilitud que la *Atmósfera* debia estenderse como á 15 ó 16 leguas mas arriba de la superficie del *Globo terrestre* para que pudiese refractar hácia nosotros del modo que lo hace la luz del Sol quando éste astro está á unos 18 grados sobre el horizonte. (762 y 763).

666. NOTA. Como la *Atmósfera terrestre* tiene los mismos movimientos diurno y anual que el *Globo* á quien cubre, es verosímil que su figura sea la misma que la de la *Tierra*, esto es aplanada hácia los *Polos*, y elevada hácia el *Equador*.

Las mismas causas que producen el descenso de las aguas del mar yendo del *Equador* hacia los *Polos*, deben producir un descenso semejante en las *Columnas de ayre*, que teniendo tanta menos fuerza centrífuga quanto mas se alejan del *Equador* deben necesariamente para quedar en equilibrio con las *Columnas* adyacentes que estan mas cerca ó menos léjos del *Equador* ser otro tanto mas cortas quanto menos pierden de su gravedad. (492 y 593).

SECCION SEGUNDA.

NATURALEZA DEL SONIDO.

667. OBSERVACION I. El *Sonido* que tiene tanto imperio sobre nuestra alma, que calma o irrita tan poderosamente nuestras pasiones, el sonido tierno y lastimero que nos entenece y hace derramar tan dulces lágrimas, el sonido vivo y animado que arrancándonos á la melancolía nos alegra y regozija, pone en accion nuestras fibras aletargadas, y parece que nos hace mover en cadencia; el sonido dulce y apacible que aquietta el furor y defarma la ferocidad, el sonido fiero y amenazante que intimida á la audacia é infunde terror, el sonido firme y apasionado que hace nacer el odio, anima á la venganza, infunde y sostiene el valor: todos estos sonidos no son en suma mas que un *Ayre modificado*.

Un ayre modificado por los timbales y tambores, los clarines y trompetas hace la mitad del valor del Soldado á quien anima y trasporta, y concurre en mucha parte á la gloria de la Nacion que consigue la victoria. Un ayre modificado por medio de diferentes instrumentos mecánicos se transforma en *Melodia y Harmonia* que interesan al alma, regocijan el corazon, y varian al infinito nuestros placeres, ¿Y que no será quando este ayre modificado por un órgano animado é interesante es sucesivamente la imágen, ó de un bello pensamiento ó de un sentimiento tierno? ¿Que poder no debe tener un ayre así modificado sobre un Alma delicada y sensible?

668. OBSERVACION II. Se puede considerar el Sonido ó en el cuerpo que le produce, ó en el medio que le transmite, ó en el organo á quien mueve, ó en el alma que tiene el sentimiento de él. (Fig. 98)

I.º El Sonido en el Cuerpo que le produce es un temblor mas ó menos rápido de las partes insensibles de este cuerpo, el qual temblor se comunica no á toda la masa

del ayre circundante, sino únicamente á ciertas moléculas de él que son capaces de adquirir é imitar perfectamente el temblor actual del Cuerpo sonoro.

II.º El Sonido *en el Medio que le transmite* desde el Cuerpo sonoro al Organó que recibe la impresion de él es un temblor de cierta especie de moléculas del Fluido aereo, el qual siendo *elástico y heterogéneo* está compuesto de moléculas, unas mas groseras D E ó R S que con su vibracion transmiten los Sonidos graves, y otras mas sutiles M N ó *m n* que con la fuya transmiten los Sonidos agudos.

III.º El Sonido *en el Organó á quien mueve*, ó en el Oído es un temblor determinado de tal ó tal fibra del Caracol auricular, la qual está en unísono así con el Cuerpo sonoro como con tal especie de Ayre á quien hace temblar el Cuerpo sonoro (*Fig. 85 y 100*).

Este *Caracol* es una especie de clave natural compuesto de una multitud innumerable de fibras de diferente longitud, de diferente grueso, y de diferente tension. Entre las fibras del Caracol una está en unísono con el tono *ut*, otra con el tono *re*, ésta con el tono *mi*, aquella con el tono *fa*, y así proporcionalmente de las demas. Cada una de estas fibras no tiembla sola sino quando es movida por moléculas aereas que estan en unísono con ella, como lo explicaremos bien pronto (672 y 673).

IV.º El Sonido *en el Alma que tiene el sentimiento de él* es una sensacion espiritual ocasionada por una determinada sensacion material en el Organó del oído, y relativa á la causa extrínseca que ocasiona primariamente en el Oído este temblor ó esta sensacion orgánica. (*Met. 324 y 329*).

EXPERIENCIAS FUNDAMENTALES SOBRE EL SONIDO.

669. EXPERIENCIA I. Sea A X B una cuerda de Clave, Violin, ó Vihuela de dos pies de larga, tirante y fixada en los dos puntos inmóviles A y B, y sepa-

rada de todo cuerpo sólido ó líquido en su longitud A B (*Fig. 98*).

Si con un mondadientes ó un alfiler se toca ó mueve rápidamente el medio X de la cuerda A B, ésta cuerda da un Sonido que dura algunos instantes, y en el discurso de todo el tiempo que está resonando se la ve describir paralelogramos decrecientes A C B D, A c B d; y el Sonido se debilita á proporcion que los paralelogramos decrecen, y se acaba enteramente en el instante en que la cuerda dexa de moverse desde X hacia C y hacia D.

I.º Está observado que todos los paralelogramos A C B D, A c B d se describen en tiempos iguales: es decir que moviéndose la Cuerda desde X hacia C y hacia D gasta el mismo tiempo ni mas ni menos en hacer su primera y mayor vibracion A C B D que en hacer la última, y menor A c B d.

De donde se sigue que *todas las Vibraciones decrecientes de una Cuerda sonora son isócronas*; esto es de una misma duracion.

II.º Aunque se debilita el Sonido á medida y proporcion de que las vibraciones van siendo mas pequeñas A c B d, no obstante el Sonido primero mas fuerte y despues mas débil es siempre el mismo sonido; es siempre el tono *ut*, por exemplo mas ó menos sensible.

De donde se sigue que *si la fuerza ó intensidad del Sonido depende del grandor de las vibraciones del Cuerpo sonoro, la qualidad del Sonido es totalmente independiente de él.*

III.º Quando todavia no se tenian todos los conocimientos necesarios sobre el objeto de que tratamos se creia que el sonido tenia por causa eficiente, por forma determinativa y constitutiva de su ser las *Vibraciones generales y totales* del Cuerpo sonoro, por exemplo las vibraciones A B C D, A b C d de la cuerda A X B.

Peró las observaciones y reflexiones de Perrault, Carré, de la Hire y algunos otros Físicos ilustrados y penetrantes han hecho desvanecer esta falsa persuasion,

y han probado y demostrado que la *Causa formal del Sonido* consiste en la conmocion, temblor y latido recíproco y alternativo de las partículas insensibles del Cuerpo sonoro, por exemplo de las partículas vx , vx de la Cuerda T V en que se suponen representados así los poros como las partículas insensibles de la Cuerda A B.

670. EXPERIENCIA II. Sea la misma Cuerda A X B la mitad mas corta que antes y dispuesta del mismo, tocada por el medio con un mondadientes da un tono que es exáctamente la *Oitava del Tono precedente*. Describe tambien paralelogramos decrecientes é isócronos A C B D, y A c B d; pero gasta la mitad menos de tiempo que antes en describir cada paralelogramo.

De donde se sigue que *la diferencia de los Sonidos mas ó menos graves, mas ó menos agudos depende de la frecuencia de las Vibraciones en el Cuerpo sonoro*.

Se ve claramente que al pasar rápidamente de C á D, de c á d la Cuerda elástica A X B debe comunicar su movimiento y temblor al flúido elástico que la rodea. Por exemplo si se conciben las moléculas de ayre baxo de la forma de un conjunto de muellecitos doblados y comprimidos D E, es claro que toda la columna compresible y elástica D E debe participar de las vibraciones de la Cuerda A X B, y que un Oido colocado en E debe ser afectado de las mismas vibraciones que tiene la Cuerda sonora.

671. EXPERIENCIA III. Sea A C B una Campana de vidrio colgada en el ayre y fixada en C. Sea tambien un Martillo V fixado cerca de la extremidad inferior de la campana, el que arrimará desde V hácia B dexándole muy cerca de la campana inmóvil sin que llegue á tocarla (*Fig. 105*).

Si se dan blandamente muchos golpes en la extremidad A B de esta Campana inmóvil se oye un pequeño temblor ó latido de la campana contra el martillo, el qual subsiste mientras que dura el Sonido de la Campana.

EXPLICACION. Se puede considerar una Campana como una serie de faxas circulares 1,2,3,4,5, puestas unas sobre

otras y cada faxa como una *Cuerda elástica* á quien la percusion hace pasar del estado circular al elíptico.

Hagamos cuenta de que el anillo circular *a b c d* es una de estas faxas de la campana. Verémos que este anillo elástico tiene despues de la percusion una serie de vibraciones muy rápidas *m n* que imitan bastante bien las vibraciones isócronas de la cuerda de que acabamos de hablar. Pues éstas vibraciones *n d m*, *m b n*, *n a m*, *m c n*, son las que comunicándose al ayre circundante producen el Sonido. (669 y 670)

Quanto mayor es la Campana mas lentas son las vibraciones que hace; es la imágen de una *Cuerda* mas larga que da un Sonido mas grave. Quanto mas pequeña es la Campana mas rápidas y frequentes son sus vibraciones; es la imágen de una *Cuerda* mas corta que da un Sonido mas agudo.

672. EXPERIENCIA IV. Quando dos cuérdas estan en *unísono* en un mismo instrumento que tenga tambien otras cuérdas de diferentes tonos, si con un mondadientes ó con un Arco se hace temblar y resonar una de las dos Cuérdas que estan en *unísono* sin tocar á la otra, se verá que la que tiembla y resuena imprime un *pequeño temblor* femejante al suyo y claramente perceptible á la vista á la otra que está en *unísono* con ella sin que con todo imprima un temblor igual á las demas cuérdas mas ó menos cercanas, mas ó menos tirantes que no estan en *unísono* con ella.

I.º Al describir sus paralelogramos la *Cuerda conmovida* (669), conmueve á una masa de ayre á quien hace imitar sus movimientos, ó sus *idas y venidas* C M D, D M C. (Fig. 98)

IIº. Esta masa de ayre que recibe é imita los movimientos de la *Cuerda conmovida* y que suena, tira por su impulsión á imprimir sus vibraciones, sus *idas y venidas* á todas las cuérdas del Instrumento. No obstante no las imprime sensiblemente á ninguna mas que á la *Cuerda que está en unísono* y que tiene una movilidad perfectamente igual á la de la cuerda que suena; por-

que esta es la única que está continuamente expuesta á las vibraciones, á las idas y venidas de la Columna de ayre D E, ó R S.

Las *Cuerdas menos móviles* que la columna de ayre D E no pueden adquirir una vibratilidad igual, porque son primero salvadas, y despues detenidas y repelidas por esta columna.

Las *Cuerdas mas móviles* que la Columna de ayre D E acaban la infinitamente pequeña vibración que se les ha impreso al principio antes de que esta Columna haya acabado la fuya, y así no pueden ir y venir continuamente como ella, ni ser constantemente conmovidas por sus impulsos sucesivos infinitamente pequeños.

III.º Es claro que una Columna de ayre D E conmovida por una Cuerda de latón ó de vihuela no puede comunicar súbitamente y de un golpe un *movimiento sensible* á otra cuerda de vihuela ó de latón, y que para que se haga ésta comunicacion es preciso que la una cuerda haga contra la otra mediante la columna de ayre D E muchas vibraciones sucesivas y no destruidas.

La conmocion así comunicada por la columna de ayre será la mayor y mas sensible que puede ser en el caso en que la columna de ayre y la cuerda que ha de ser conmovida por ella tengan cada una una vibratilidad perfectamente igual, ó que esté como 1 á 1.

Se hará tambien la conmocion aunque mas debilmente quando la vibratilidad respectiva de la columna de ayre y de la cuerda que ha de ser conmovida sea como 2 á 1, ó como 1 á 2; porque en qualquiera de estos casos al cabo de dos vibraciones volverá la columna de ayre á impeler de nuevo á la cuerda, y así progresivamente (674).

673. NOTA. Si el Oido es una especie de *Clave natural* compuesto de una infinidad de fibras de diferente longitud, grueso y tension;

I.º Es claro segun la Experiencia precedente que una Cuerda qualquiera de violín ó clave, conmovida y puesta

en accion debe hacer temblar únicamente á la *Fibra auricular* que esté en unísono con ella. De aqui la percepcion de este Sonido, la qual es propia y depende únicamente del temblor orgánico de esta fibra A B por exemplo (Fig. 85).

II.º Otra *Cuerda* de un tono mas grave ó mas agudo conmovida y puesta en accion hará tambien temblar únicamente á otra *Fibra auricular* que esté en unísono con esta nueva cuerda. De aqui la percepcion de un nuevo Sonido propia y dependiente únicamente de un nuevo temblor en una nueva fibra C D de la Lámina espiral.

III.º Si estos dos temblores diferentes son producidos á un mismo tiempo en dos diferentes Fibras auriculares A B y C D, el Alma tendrá á un mismo tiempo la sensacion ó percepcion espiritual de estos dos Sonidos diferentes.

Y como no hay Sonido alguno posible que no esté en unísono con alguna de las Fibras auriculares *m n*, *m n* se sigue que no hay Sonido alguno que no pueda hacer temblar alguna de las Fibras auriculares, y por este medio hacerse sentir del alma. (Fig. 100 y 84).

DIVERSIDAD Y PROPAGACION DE LOS SONIDOS.

674. OBSERVACION I. Por las varias observaciones que se han hecho en cuerdas tañidas de varios modos, consta:

I.º Que dos *Cuerdas* que hacen en un mismo tiempo un mismo número de vibraciones dan el unísono, esto es hacen dos sonidos perfectamente semejantes en naturaleza que parece que se reunen en un sonido solo.

II.º Que dos *Cuerdas* de las que la una hace dos veces mas vibraciones que la otra en un mismo tiempo dan dos tonos de los que el uno es la *Oitava* del otro.

III.º Que la *Cuerda* cuyas vibraciones son dos veces mas rápidas da la *Oitava superior*; que la que hace tres vibraciones contra dos da la *Quinta*; la que hace quatro contra tres la *Quarta*; la que hace cinco contra qua-

tro la *Tercera mayor*; y la que hace seis contra cinco la *Tercera menor*.

He aqui la relacion y expresion numérica de estos *diferentes Tonos* considerándolos relativamente á la diferente frecuencia de las Vibraciones del Cuerpo sonoro que los produce: 1 á 1 es el unísono: 2 á 1 la octava: 4 á 1 la octava doble: 3 á 2 la quinta: 4 á 3 la quarta: 5 á 4 la tercera mayor: y 6 á 5 la tercera menor.

675. OBSERVACION 11. Segun Descartes cuya opinion ya casi ninguno sigue, el sonido se estiende y transmite en el Ayre *por la via de Undulacion*: esto es imitando los círculos líquidos que se forman en un Depósito lleno de agua quieta quando se arrojan en él á un tiempo ó sucesivamente varias piedras.

Segun los demas Físicos el sonido se transmite y propaga *por la via de Presion*: para lo qual suponen que las moléculas de ayre que le transmiten y causan su percepcion son como una serie de muellecitos compresibles y elasticos que se hallan interpuestos y son agitados entre el oido y el cuerpo sonoro. (Fig. 98)

De qualquiera modo que se propague el Sonido consta por las experiencias que se han hecho repetidas veces en diferentes tiempos y lugares;

I.º Que el Sonido sea grave ó sea agudo, sea fuerte ó sea débil se transmite constantemente con la misma velocidad durante todo el tiempo que subsiste y se hace oír.

II.º Que el Sonido anda uniformemente 173 toesas por segundo sea en la mayor cercanía, sea á la mayor distancia del Cuerpo sonoro.

III.º Que la velocidad del Sonido sea grave, sea agudo, sea fuerte ó sea débil se aumenta por un viento favorable, y disminuye por un viento contrario.

El Sonido con un viento favorable anda 173 toesas por segundo, lo que es un espacio mayor que el que el viento hace andar en un mismo tiempo á la masa del ayre: con un viento contrario anda 173 toesas por segundo lo que es un espacio menor que el que el viento hace andar en igual tiempo á la masa del ayre.

No

No es fácil determinar á punto fixo la *Velocidad del viento*. Segun las Observaciones de Mariotte el Viento mas violento no corre mas que 5 toefas y 2 pies por segundo ; pero segun las de Derham corre como el doble. Como estos dos Físicos han hecho sus observaciones en lugares y vientos diferentes no es de extrañar esta diferencia de sus observaciones.

676. NOTA. Mediante este conocimiento de la determinada velocidad del Sonido se puede en bastantes casos hacer averiguaciones útiles y divertidas. Por exemplo se puede determinar con corta diferencia á que distancia está un Cañon cuya luz vemos primero , y cuyo sonido oímos despues ; ó á que distancia está una Nube de la que vemos primero el relámpago , y oímos despues el trueno.

I.º Como la Luz anda á lo menos 65,666 leguas en un segundo (716), se puede muy bien tomar el instante en que se ve la luz del Cañon , ó el relámpago de la Nube por el instante en que se hace la erupcion de la pólvora fuera del Cañon , ó de la materia fulminante fuera de la nube. Habrá pues entre el Cañon ó la nube , y el sitio en donde se oye el sonido otras tantas veces 173 toefas quantos Segundos han pasado desde el instante en que se vió la Luz hasta el en que se oyó el Sonido.

Supongamos que desde un instante á otro han pasado diez Segundos. La distancia será $173 \times 10 = 1,730$ toefas que hacen un poco mas de tres quartos de legua.

II.º La dificultad consiste pues únicamente en saber el número de Segundos que pasan desde el instante en que se ve la Luz hasta el instante en que se oye el Sonido.

Esto se podrá saber sobre poco mas ó menos por medio de las pulsaciones del Pulso ; el qual en el Adulto late como 65 ó 70 veces por Minuto. Y así suponiendo como 160 toefas andadas por el Sonido durante cada pulsacion , se averiguara con muy corta diferencia la distancia del Cañon ó de la Nube. (680)

OBJECIONES Y RESPUESTAS.

677. OBJECCION I. En la hipótesis que adoptamos acerca del Sonido, una sola y misma Cuerda de violín ó clavicordio conmovida y puesta en acción debería dar á un tiempo todos los Tonos posibles así graves como agudos; porque esta Cuerda con sus vibraciones totales y particulares imprime forzosamente un movimiento á todas las especies de ayre que la rodean. Es así que la rodean tanto las diferentes especies de ayre destinadas á dar los tonos mas ó menos graves, como las destinadas á dar los tonos mas ó menos agudos: Luego esta Cuerda conmovida y puesta en acción debería hacer temblar á un tiempo todas las diferentes especies de ayre; y por lo mismo producir todos los tonos posibles, pues que los diferentes tonos no son otra cosa que el temblor de diferentes especies de ayre.

RESPUESTA. Es evidente que una Cuerda conmovida y puesta en acción no puede hacer sus vibraciones mas ó menos rápidas en el Ayre sin mover todas las diferentes especies de ayre que la rodean y comprimen en todas direcciones. Y así si el Sonido consistiera únicamente en el simple movimiento del ayre es evidente que una sola y misma Cuerda debería dar todos los tonos posibles á un tiempo. Pero el Sonido no consiste en un movimiento cualquiera del ayre sino que consiste en un movimiento de vibración sostenido en un temblor regular y durable de las moléculas aereas. Y una Cuerda conmovida no puede dar un movimiento de vibración sostenido, un temblor regular y durable á otra especie de ayre que á aquella cuya vibratilidad es análoga á la suya. Así

I.º Una Cuerda puesta en movimiento da un Tono único, sensible y dominante, porque solamente imprime un temblor sensible, regular y dominante á aquella especie de ayre cuya vibratilidad es igual á la suya (672).

II.º La misma Cuerda imprime tambien un pequeño temblor regular y sostenido á ciertas otras especies de ayre cuya vibratilidad tiene alguna analogia con la suya; á saber á las *Especies de ayre armónicas*: es decir á aquellas cuya vibratilidad es tal que sus vibraciones pueden y deben volver á empezar despues de un cierto número de movimientos al mismo tiempo que las vibraciones de la cuerda que suena. Por exemplo

Una Cuerda puesta en movimiento, en primer lugar hace temblar y resonar clara y sensiblemente las moléculas de ayre propias á hacer precisamente otras tantas vibraciones como ella. Este es el *Tono principal y dominante*.

La misma Cuerda hace tambien temblar y resonar aunque con mucha ménos fuerza las moléculas de ayre que hacen dos vibraciones contra una; esta es la *Oitava*; despues y mas débilmente aun hace temblar y resonar á las que hacen tres vibraciones contra dos; esta es la *Quinta*; y así progresivamente; de modo que un solo y mismo Cuerpo sonoro conmovido y puesto en accion forma siempre un pequeño concierto.

Estos Sonidos que nacen del sonido principal y que se llaman *Tonos armónicos* son á la verdad confundidos y como cubiertos por el sonido principal. Pero quando éste llega á debilitarse, un Oído delicado puede sin trabajo percibirlos distintamente.

La Cuerda que suena y da el Tono principal hace una impresion sobre las *Especies armónicas de ayre*, otro tanto mas viva y sensible quanto mas armónicas son, ó quanto mas prontamente vuelven sus vibraciones á concurrir con las de la cuerda que suena. La razon es porque quanto mas se acerca la vibratilidad de las Moléculas de ayre á la de la Cuerda que suena, ó quanto mas prontamente vuelven á empezar á un mismo tiempo unas y otras vibraciones, tanto mas frecuente y eficazmente reciben éstas moléculas el impulso de la cuerda.

III.º La misma Cuerda puesta en movimiento imprime tambien algún movimiento irregular á las demas es-

pecies de ayre contigüo, cuya vibratilidad difiere enteramente ó demasiado de la fuya, sea siendo mayor, sea siendo menor. Pero este movimiento por la falta de correspondencia entre el resorte de la cuerda conmovida y el de la especie de ayre que ha de conmover no es un movimiento de vibracion sostenida y regular, de la qual únicamente depende la produccion del Sonido.

678. OBJECCION II. En la hipótesis que adoptamos el Sonido agudo debería transmitirse con mas velocidad que el grave, pues que las vibraciones del agudo son mas prontas y rápidas que las del grave (674), y consta por la experiencia que el sonido grave y el agudo, el mas fuerte y el mas débil se transmiten con la misma velocidad, y se hacen oír á lo léjos en un tiempo igualmente corto ó igualmente largo.

RESPUESTA. Hay una diferencia esencial entre la propagacion del Sonido y la de la Luz.

La Luz se estiende y propaga *por el transporte sucesivo de las Moléculas luminosas*. Por exemplo yo veo al sol mediante la impulsión que hacen sobre las fibras de mi ojo las moléculas mismas que han sido despedidas y han escapado del seno de este astro.

El Sonido al contrario se transmite y propaga *por la simple presión sucesiva de las Moléculas aereas*, que al modo de otros tantos muellecitos contigüos exercen su reaccion unas contra otras. Por exemplo las moléculas de ayre que dan en las fibras de mi oído y me hacen oír el sonido de una Campana distante un quarto de legua de mí, no son aquellas mismas moléculas que ha conmovido el temblor de la campana.

Concibamos una *Columna* de moléculas aereas perfectamente elasticas, la qual se extiende sin interrupcion desde la campana hasta mi oído. Las moléculas aereas que tocan á la campana que suena reciben de ella sus vibraciones, las quales se comunican rapidamente de una á otra molécula en toda la extension de esta columna sin que las moléculas aereas que la componen muden de lugar para mas que para hacer sus vibraciones.

en el sitio mismo en que se hallan. La primera molécula conmovida por el temblor de la Campana conmueve á la segunda, la segunda á la tercera, la tercera á la quarta y así progresivamente; de modo que la última que toca inmediatamente á mi oído recibe al fin por comunicacion el temblor de la primera. Esta explicacion sencilla y clara desvanece enteramente la fuerza de la objecion que se propone. Porque

I.º Fácilmente se concibe que si *dos Cuerdas de un clave* que esten la una en octava con la otra hacen á un mismo tiempo sus vibraciones contra dos especies diferentes de ayre que se estíenden en columnas hasta mi oído, cada molécula del tono agudo necesitará para hacer dos vibraciones en su espacio otro tanto tiempo sensiblemente como necesitará cada molécula del tono grave para hacer una sola vibracion en el suyo.

II.º Se concibe igualmente que si *dos Cuerdas* fueran, la una débil y la otra fuertemente, la primera necesitará para producir en las moléculas aereas una compresion mas débil, de un tiempo sensiblemente igual al que necesitará la segunda para producir en ellas una compresion mas fuerte. De lo que se sigue que el tono grave y el agudo, el fuerte y el débil deben transmitirse con una velocidad sensiblemente igual.

679. OBJECION III. Las flautas, los oboes, los clarinetes, los bajones y algunos otros instrumentos de viento hacen Sonidos otro tanto mas agudos siendo todo lo demas igual, quanto el ayre sale por menos agujeros y mas cerca de la embocadura. ¿Se dirá que la especie de ayre que sale de una flauta por el agujero *Sol* es diferente de la especie de ayre que sale de la misma flauta por el agujero *Fa* ó *La*? Esto seria adoptar una estraña paradoxa. ¿Y aun caso de que se la adoptase, porque quando el soplo y movimiento de la lengua en la flauta, ó el temblor de la caña en el oboe han impreso un temblor determinado á cierta especie de ayre no conserva ésta el mismo temblor al salir por qualquiera de los agujeros de la flauta ó del oboe?

RESPUESTA. El ayre contenido en la capacidad de una flauta, de un oboe ó de qualquier otro instrumento semejante recibe de la boca un impulso que le comunica un movimiento, pero un movimiento diferente del que le hace formalmente sonoro; pues que no suena hasta el instante en que sale fuera del instrumento, y da en el ayre exterior. Sobre lo qual se ofrecen las observaciones siguientes.

I.º La Columna de ayre contenida en el instrumento es la causa del sonido, y no el sonido mismo. A esta columna se la debe considerar como una *Cuerda sonora* que produce Sonidos otro tanto mas agudos quanto es mas corta, y cuya longitud es igual á la distancia que hay desde la embocadura hasta el agujero mas cercano por donde sale el ayre. Los dedos que tapan y destapan los agujeros del instrumento alargan ó acortan la columna sonora y la ponen en estado de dar tonos mas graves ó mas agudos. Esta accion de los dedos sobre los instrumentos de boca produce efectos semejantes á los que causa el movimiento de los dedos en un violin ó vihuela.

El *Soplo de la boca* produce el mismo efecto en esta Columna de ayre que el Arco en una cuerda de violin; él la conmueve y la pone en estado de conmover el ayre circundante al salir del instrumento. Y la columna mas corta da un tono mas agudo que la mas larga si todo lo demas es igual (670).

II.º La Columna de ayre contenida en la capacidad de una flauta ó de un oboe no produce el Sonido sino por su salida fuera del instrumento. Semejante á una cuerda de clave ó violin, quanto mas corta es tiene vibraciones mas frecuentes; y quanto mas frecuentes vibraciones tiene con un mismo soplo, mas frecuentes vibraciones imprime á las moléculas de ayre en que da al salir del instrumento. De aquí la diferencia de los Tonos graves y agudos de que es la causa.

III.º Quando se llega á los agujeros mas inmediatos á la embocadura de la flauta, para hacerla dar tonos

mas agudos es necesario un soplo y un movimiento de lengua de una especie nueva. Este soplo y estos movimientos de lengua mas vivos y rápidos imprimen vibraciones mas prontas á la *Columna sonora* que se contiene en la flauta, y la ponen en estado de imprimir al salir fuera del instrumento vibraciones mas rápidas y frecuentes al ayre exterior.

De aquí los Tonos mas ó menos agudos de la segunda octava á medida de que los dedos tapando y destapando los agujeros acorten ó alarguen la *Columna sonora*, la qual se debe siempre tener por la causa del sonido y no por el sonido mismo.

IV.º Aunque la *Columna de ayre* de que hablamos sea la principal causa del Sonido, no se sigue de esto que la materia de la flauta ó del oboe no influyan nada en la produccion del sonido. Es muy verosímil que el instrumento mismo contribuye mucho mediante el temblor de sus partes insensibles á la formacion y perfeccion del Sonido que hace la *Columna de ayre* contenida en la flauta ó el oboe, así como el temblor de las partes insensibles del clave ó violin contribuye seguramente á la formacion y perfeccion del sonido que produce en ellos la cuerda sonora.

Se distingue una buena Flauta de una mala no solamente en lo entonado ó desentonado sino tambien en lo armónico de su Sonido. ¿Y qué es esta armonía sino un temblor ocasionado por las partes insensibles del instrumento, temblor que no es siempre destruido por el contacto del cuerpo sonoro pues le percibimos fácilmente en el violin, bocina y en el tambor, aunque estos instrumentos esten apoyados sobre los que les hacen sonar?

V.º Resulta de todo esto que la *diversidad de los Tonos* en la flauta y en el oboe no tiene ninguna particularidad mas en estos que en los demas cuerpos sonoros, fuera de la de que en estos el ayre mismo es en mucha parte la causa del Sonido. ¿Pero porque una *Columna de ayre* de toda especie no podria hacer lo que hace una cuerda de tripa ó de metal, esto es im-

primir un ayre determinado al ayre circundante?

Esta *Columna de ayre* contenida en la capacidad del instrumento debe recibir mediante el impulso de la lengua y de la boca un movimiento otro tanto mayor quanto es mas corta; y segun la Ley comun á todos los fluidos debe acelerar su movimiento al salir por los agujeritos del instrumento. Quanto mayor es su velocidad á la salida mas rápidas deben de ser las vibraciones que imprima á las partes insensibles del instrumento, y mas prontitud y frecuencia debe tener el temblor que imprime al ayre exterior. De aquí la diversidad de los Tonos.

680. NOTA. Es bastante verosímil que el Sonido del cañon, del fusil y de qualquiera otra arma de fuego proviene tambien principalmente de la *accion del ayre contra el ayre*: á saber de la accion del ayre combinado con el azufre y carbon á quien la inflamacion desune dentro del cañon, y pone en estado de impeler con vibraciones muy violentas el ayre exterior al salir fuera de él.

Este ayre así desunido es lo que los Físicos modernos llaman *Ayre inflamable* á causa de las partículas igneas que la fermentacion, electrizacion ó inflamacion le unen, y que causan su explosion y detonacion.

La fuerza explosiva de la pólvora encendida debe tambien producir un temblor bastante considerable á las partes insensibles del arma de fuego de cuyo seno rompe con esfuerzo; y este temblor concomitante contribuye sin duda no poco á formar, perfeccionar y caracterizar el sonido producido principalmente por la explosion de la pólvora y del ayre (669).

681. OBJECCION IV. En la hipótesis que adoptamos, quando *dos Cuerdas que estan en unísono* fueran á un mismo tiempo heridas de dos diferentes arcos, no se debería oír mas que un simple Sonido, mas fuerte y lleno á la verdad, pero único; y no obstante se oye y distingue el sonido de una y de otra. Luego la hipótesis que adoptamos es contraria á la experiencia.

Pruebo el antecedente. Las dos Cuerdas que estan
en

en unísono no deben hacer temblar mas que á una sola y misma especie de ayre: el temblor de una sola y misma especie de ayre no debe hacer temblar mas que una misma fibra auricular, y el temblor de una sola y misma fibra auricular no debe ocasionar en el Alma mas que una sola y misma sensacion relativa á un mismo y simple Sonido, á un mismo y único cuerpo sonoro.

RESPUESTA. Este pequeño fenómeno ha parecido tan singular á la mayor parte de los mas célebres Físicos que han desesperado de que jamas se llegase á dar de él una explicacion que quadrase bien con la teoría demostrada del Sonido; nosotros confesamos que sentimos como ellos toda la fuerza de la objecion propuesta, pero no por eso juzgamos que sea absolutamente indisoluble é inconciliable con la teoría del Sonido. Interin que la meditacion ó el acaso nos dan nuevas luces sobre este objeto, he aqui nuestra opinion y respuesta.

I.º Aun quando fuese verdad que este fenómeno es inexplicable é inconciliable con la teoría del sonido, no se seguiria de esto que se debia abandonar esta teoría demostrada por la experiencia; Porque segun el Axíoma general que hemos expuesto en nuestra Metafisica (*Met.* 20), lo que hay de claro y cierto en una cosa no se debe abandonar á causa de lo obscuro é incierto que pueda hallarse en la misma cosa.

II.º ¿Pero acaso este fenómeno es realmente tan inexplicable y tan opuesto á la teoría del Sonido como se ha querido persuadir? No sin duda. Es cierto que dos Cuerdas que estan en unísono y fueran heridas de dos diferentes arcos no deben hacer temblar mas que á una misma especie de ayre en la Atmósfera, y á una misma fibra en el Oido; y que de consiguiente el Alma no debe sentir mas que un solo Sonido, siempre que las *dos Cuerdas* que le ocasionan tengan entre sí una semejanza entera y perfecta: de modo que no haya absolutamente diferencia alguna ni aun la mas mínima entre sus partes sensibles, ni entre sus partes insensibles.

Pero si estas dos Cuerdas bastante semejantes en

grueso y en su generalidad que da su *Tono comun*, se diferencian entre sí en algunas pequeñas particularidades capaces de hacerse sentir de una parte y de otra en este Tono comun, ¿porque no deberá el alma percibir y distinguir en el Tono general y comun que podria muy bien referir á una sola causa algunas modificaciones un poco diferentes que la anuncien *dos distintas Causas*, y que sean relativas á dos Cuerdas que hagan cada una su sonido?

No hay en la Naturaleza una semejanza enteramente perfecta entre dos Cuerpos qualesquiera por semejantes que parezcan. Hay siempre entre dos cosas materiales algunos rasgos, algunos lineamentos, algunos accidentes que hacen que la una difiera de la otra.

Dos Cuerdas de Clave ó violin sensiblemente de la misma longitud, del mismo grueso y de la misma tension no se asemejan perfectamente en todo su ser, en todos sus poros, en todas sus partes insensibles. Lo que tienen de *semejanza* basta para que conmuevan en grueso la misma especie de ayre, y para que haga cada una en el oido una impresion de la misma naturaleza en general. He aqui el Tono comun. Lo que tienen de *diferencia* basta tambien para que la una conmueva algunas moléculas aereas que no conmueva la otra; y para que un oido delicado y atento que recibe estas dos impresiones sienta alguna alteridad ó diferencia real, alguna falta de identidad perfecta entre ellas. De aqui la percepcion de dos Cuerdas y dos Sonidos que estan en unísono.

632 OBJECCION V. En la Sentencia que adoptamos sobre la transmision del Sonido, el Sonido de una campana metida debaxo del recipiente de una Máquina pneumática no deberia oirse fuera, pues el ayre de afuera no recibe temblor alguno comunicado por el ayre agitado debaxo del recipiente, respecto de que el recipiente es como una pared impenetrable que separa eficazmente el ayre interior del exterior. Parece pues que el *Medio* que sirve de transmitir el Sonido desde el cuer-

po que le produce al órgano que recibe su impresion debe ser un fluido mas futil que el ayre, el qual pueda pasar libremente por entre los poros del vidrio.

RESPUESTA. Para defatar completamente esta dificultad harémos ver que la transmision del Sonido no se puede atribuir á un fluido diferente del ayre, y que el temblor del ayre encerrado debaxo del recipiente puede fácilmente comunicarse al ayre exterior. (Fig. 103)

I.º La *transmision del Sonido* no se puede atribuir á un Fluido diferente del ayre, mas futil que él, y que pueda pasar libremente por entre los poros del vidrio; porque se experimenta que á medida de que se extrae y se enrarece el ayre del Recipiente se disminuye y debilita el Sonido;

Lo que no deberia suceder si el Sonido se transmitiese mediante un fluido diferente del ayre que pasase libremente por entre los poros del vidrio. Pues en esta hipótesis habria siempre debaxo del Recipiente la misma *causa del Sonido*, á saber la misma Campana destinada á producirle, y el mismo fluido destinado á transmitirle.

II.º El *ayre encerrado debaxo del recipiente* puede muy bien comunicar su temblor al ayre exterior; porque aunque no tenga comunicacion inmediata con él la tiene mediata, y ésta basta para que le transmita el temblor que él tiene.

Mas claro, quando la Campana conmovida debaxo del recipiente por el golpe del martillo imprime sus vibraciones totales y particulares á la masa del ayre que le rodea (671), este ayre temblante comunica su temblor y vibraciones á las partes del vidrio que le aprisiona; estas partes temblantes del vidrio comunican su temblor y vibraciones á las moléculas del ayre exterior que las circundan; y este ayre circundante comunica su temblor y vibraciones á la masa del ayre interpuesto entre el recipiente y el oido que recibe la impresion del Sonido.

Es verdad que la *Masa de ayre encerrado debaxo*

del recipiente y conmovida por el temblor de la campana debe conmover con bastante mas dificultad y debilidad las partes del vidrio que conmovéria á una simple masa de ayre. Pero tambien se percibe claramente que el Sonido de la Campana encerrada debaxo del recipiente es en efecto considerablemente mas débil y menos sensible que lo que seria si la misma Campana sonase á ayre libre fuera del recipiente.

EL ECO, IMAGEN DE LA VOZ.

683. DESCRIPCION. El Eco, ésta invisible divinidad de las cuevas y las rocas, tan ponderada por los Poetas, tan interesante para los Amantes, y que toda voz y todo sentimiento parece transformarse en los que la hablan; imágen fiel de sus penas, de sus triunfos, de sus diversiones y transportes; lastimera con los que se lamentan, alegre con los que se regocijan, y terrible con aquellos cuya rabia prorumpe en amenazas: el *Eco* vuelve á decir; no es otra cosa que un Ayre reflexado cuyas vibraciones excitadas por el Cuerpo sonoro vuelven despues de un cierto tiempo á afectar el órgano del oido.

Yo mismo he oido á un Eco repetir clara y distintamente todo el primer verso de la Eneyda: *Arma virumque cano Trojæ qui primus ab oris*. Quando recitamos distintamente este Verso en voz alta, nuestro oido percibe succesivamente todas sus sílabas, porque á cada instante el ayre modificado por nuestra voz hiere nuestro oido con modificaciones diferentes. ¿Para que oigamos pues segunda vez este mismo Verso, que es necesario? Unicamente que el mismo ayre vuelva con las mismas modificaciones succesivas á herir y conmover las mismas fibras de nuestro oido. Pues esto es precisamente lo que debe suceder por medio del Eco, como lo vamos á explicar. (Fig. 90)

I.º Supongamos que á una distancia considerable del punto A hay una Caverna B C D E F, de tal modo con-

figurada que quando alguno habla en el punto A todas las Columnas vocales y aereas A B , A C , A D , A E , A F terminen en pequeñas superficies á quienes sea perpendicular su direccion.

Segun las Leyes generales de la *Reflexion de los Cuerpos elásticos* todas estas Columnas aereas , impelidas y comprimidas contra el plano en que terminan tendrán un movimiento comun de reaccion hácia el punto A ; pues que siendo recto el ángulo de incidencia , el de reflexión es perfectamente el mismo ; y así las moléculas aereas que den succesivamente en la Caverna con un cierto grado de temblor serán succesivamente repercutidas por ella con el mismo género de temblor con el qual irán succesivamente á afectar el oido en A. He aqui la repeticion del Sonido ; he aqui el Eco.

II.º Si en el punto H y en el punto K hay otras dos *Cavernas semejantes* habrá en A tres repeticiones del sonido , ó se oirán tres Ecos.

Así si una persona da un grito , ó pronuncia una voz en el punto A , oye primeramente este sonido mediante el temblor que imprime su voz á las moléculas aereas , y le oye despues succesivamente tres veces mediante la repercusion que padecen estas moléculas temblantes en los puntos K H M. El Eco mas cercano repite el primero , y el mas distante el último ; porque la propagacion del sonido sea directo , sea reflexo es uniforme , y el sonido necesita tanto mas tiempo para ir ó volver quanto mas distante está el término en que da y que le reflexa.

Se puede facilmente determinar la *distancia del Eco* ó de la Concavidad que reflexa el sonido , porque si se pasan quatro segundos por exemplo desde que se oye el sonido directo hasta que se oye el reflexo , es visto que el sonido tarda dos Segundos en llegar al Eco , y otros dos en volver ; y de consiguiente que el Eco dista dos veces 173 toefas del que forma el sonido y oye su repeticion en el punto A (675).

III.º Si los *Planos reflexantes* B C D E F estan todos

desigualmente inclinados de modo que las Columnas vocales A B, A C, A D, A E, A F reflexen dando en sus planos respectivos hácia un punto comun N, el Eco ó la repetición del Sonido se oirá no en el punto A sino en el punto N.

Así en este caso se oirá primeramente el Sonido directo en N por la línea A N, y despues la repetición del Sonido por la línea A M N.

IV.º Quando no hay *Concavidad alguna que reflexe* cerca del que habla no se oyé la Repetición ó el Eco; ya sea porque el ayre libre que no es detenido y reunido no se comprime con bastante fuerza para que tenga una reaccion sensible, ya sea porque esta reaccion dirigida y dispersada por la irregularidad de los planos reflexantes hácia una infinidad de puntos diferentes no puede hacer en parte alguna una impresion eficaz y sensible en el Organo del oido.

V.º En los templos, en las arboledas, y en los valles se experimentan Ecos con bastante frecuencia, porque la Naturaleza ó el arte han proporcionado en estos parages *Concavidades* apropósito para dar al Sonido reflexo una direccion general y comun hácia ciertos puntos.

El Eco es otro tanto mas sensible quanto mas fuerte es el Sonido primitivo; quanto mas general es la convergencia de las Columnas sonoras hácia un mismo punto, y quanto mas cerca está el Oido del centro de convergencia.

El Oido puesto en S oirá el Eco M, pero le oirá mucho mejor en el punto A en donde se concentra toda la accion de las Columnas reflexadas. Es claro que este centro de convergencia puede estar mas cerca ó mas lejos del Eco, que aquel que forma el Sonido directo.

VI.º Hay á veces *Eco de Eco*. Por exemplo el Sonido formado en A puede reflectir á N por el Eco M, y este sonido reflexo puede hallar en N una concavidad que le reflexe de nuevo á A. En este caso se oirá en A la repetición del Sonido reflexo, ó el Eco del Eco.

VII.º Quando hablamos cerca de un Eco, el Eco

repite igualmente todas las sílabas de una larga frase. ¿Porque pues no oímos por lo común mas que las últimas?

La razon es porque el Sonido directo hace mientras dura en las fibras del oído una impresion mucho mas fuerte que el Sonido reflexo, y la *Impresion dominante absuerve la atencion del Alma*, y la impide ser afectada sensiblemente por impresiones mas débiles.

Pero quando se acaba el temblor mas sensible ocasionado en las fibras del oído por el sonido directo, el temblor mas débil ocasionado por el reflexo se hace la impresion dominante, y el alma vuelve á él toda su atencion. De aqui la percepcion de las últimas sílabas que repite el Eco.

EL ORGANO DE LA VOZ.

684. DESCRIPCION. La Voz humana, esta imagen sensible de los pensamientos, de los sentimientos y de todas las modificaciones de una sustancia intelectual; este espejo sublime que pinta ó debe pintar las almas para unir los hombres en Sociedad, para consagrar sus empeños recíprocos, y para hacer del Género humano una sola Familia de Hermanos destinados á prestarse socorros mutuos de ilustracion y de asistencia; la *Voz humana* repito, no es mas que un ayre modificado que la Trachea arteria pone en movimiento, que la Lengua divide, y que perfecciona la Concavidad de la boca (Fig. 106).

I.º A la extremidad superior de la Trachea-arteria G g H h hay un pequeño orificio K como de una linea de diámetro, de figura oval, bastante semejante á la embocadura de una gaita, y apropósito para abrirse mas ó ménos segun se quiera: esta es la *Glottis* (516).

Sobre este orificio hay una pequeña lengüeta móvil que se llama *Epiglottis*, la qual baxando sobre la Glottis la puede tapar enteramente.

La Epiglottis no tapa enteramente á la Glottis sino durante el instante en que los alimentos sólidos ó líqui-

quidos entran por el Esófago al Estómago. En todo el demas tiempo la Glotis está sumamente abierta para dexar un libre exercicio á la inspiracion y expiration, las quales haciéndose tranquilamente no imprimen temblor alguno sensible, ni al entrar ni al salir á las moléculas del ayre.

II.º Quando queremos hacer algun Sonido, ó pronunciar alguna palabra empezamos por estrechar mas ó ménos la Glotis K, ó impelemos despues con mas ó ménos vehemencia el ayre de los pulmones haciéndole entrar en las sinuosidades *g* G, *h* H de la Trachea-arteria.

¿Que debe resultar de esto? El ayre de los pulmones comprimido en las sinuosidades de la Trachea-arteria sale con violencia por la Glotis á quien hace temblar de varios modos, y cuyo temblor se comunica y transmite al ayre contenido en la concavidad de la boca. Quanto mas estrechada está la Glotis K mas rapidéz tiene el ayre que pasa por ella, y quanta mas rapidéz tiene el ayre al pasar por la Glotis, mas freqüencia tiene el temblor que imprime á sus fibras. De aqui la diferencia de tonos mas ó menos graves, mas ó menos agudos (670).

III.º ¿Pero como y por que mecanismo produce la Glotis el Sonido? ¿Es acaso por un latido alternativo y recíproco de las partes que la forman, que se podria imaginar semejante al de las dos lengüetitas que forman la caña de un Oboe ó de un Bajon? ¿O es por un simple temblor causado en un hacedillo de fibras mas ó menos tirantes al rededor de ella, el qual sea propio para dar Tonos otro tanto mas graves ó agudos, quanta mayor ó menor longitud tengan estas fibras susceptibles de diferentes grados de tension?

Casi todos los Físicos eran de parecer que el Sonido se produce por el latido alternativo de las dos semi-elipses de la Glotis una contra otra; pero M. Ferrein ha hecho desvanecer esta opinion. Este ingenioso Físico observó que el contorno eliptico de la Glotis K está formado de un hacedillo de fibras susceptibles de diferente ten-

tension. De aquí sospechó que el ayre expelido de los pulmones imprimia á estas fibras un temblor mas ó menos frecuente y rápido segun sus diferentes grados de tension, sin ocasionar latido alguno alternativo entre las dos semi-elipses de la Glotis. Esto no era mas que una sospecha, pero la experiencia lo convirtió en certidumbre de este modo.

Tomó la Trachea-arteria de un Hombre que acababa de morir, y con un fuelle hizo pasar el ayre de la Trachea-arteria á la Glotis. Con solo esto vió á la Glotis producir el Sonido sin latido alguno de sus partes ó de sus semi-elipses una contra otra. De esto se sigue que se debe mirar el órgano de la Voz como un instrumento á un mismo tiempo de viento y de cuerdas.

IV.º El Sonido formado por el temblor de las fibras que forman la Glotis se modifica y perfecciona en la Concavidad de la boca por la inflexión de la lengua y el movimiento de los labios. La concavidad de la boca es respecto de las fibras de la Glotis lo que la caja de un violín es respecto de las cuerdas que estan sobre ella. Ella hace el Sonido mas sensible, mas fuerte y mas armonioso.

El movimiento de la lengua y de los labios dividiendo convenientemente el Sonido continuo de la Glotis le transforma en articulaciones ó en Voz humana. El orificio de la Nariz dando paso al ayre sonoro de la boca contribuye tambien mucho á la suavidad de la voz. Quando este orificio está tapado se da un tono nasal que disgusta, de modo que lo que se llama *hablar por las narices* es propiamente una contradiccion física.

Los Papagayos cuya lengua es capaz de algunos movimientos bastante semejantes á los de la lengua del hombre no pronuncian *Sonidos articulados* sino porque las inflexiones de su lengua pueden dividir convenientemente los sonidos formados por su Glotis. Y los mas de los Animales no son capaces de articular porque su lengua y su boca no tienen un movimiento bastante suelto para executar de un modo conveniente ésta division de sonidos.

Los Mudos no pueden hablar aunque por lo co-

mun dan gritos, porque su lengua ligada ó mal configurada no es apropiado para dividir y modificar convenientemente estos gritos.

EL ORGANO DEL OIDO.

685. DESCRIPCION. El *Oido del hombre* se compone de muchas partes principales que son el ala, la concha, el conducto auditivo, el tímpano, la caja del tambor, el laberinto, el caracol y el nervio auditivo (*Fig. 84*).

I.º El *Ala de la oreja* es la parte saliente y visible A B, que como es hueca sirve para disponer el sonido á introducirse fácilmente en la concha y el conducto auditivo.

Cuidando la Naturaleza de lo útil en la produccion de esta pequeña parte de nuestro cuerpo no se ha olvidado de lo agradable. Las orejas terminan graciosamente la cara de una parte y de otra, y tienen sus gracias naturales sin el auxilio de estas brillantes Pedrerías que cuelga de ellas el lujo, y que por lo comun valen mas que las Personas que las llevan.

II.º La *Concha* es esta cavidad visible A C B que forma la ala de la oreja al rape de la cabeza, y que está situada delante del Conducto auditivo C D.

III.º El *Conducto auditivo* C D es un canal cartilaginoso que sale de la concha, y termina en el tímpano. Está cubierto en toda su extension de una túnica delgada que viene de la piel, y se continúa hasta sobre la membrana del tímpano.

IV.º El *Tímpano* es una membrana delgada, seca, transparente, cóncava del lado del Conducto auditivo, y convexa del lado interno del oido.

Un Físico Ingles agujereó de ambos lados el tímpano de un Perro. Este animal oia muy bien á pesar de haber perdido esta membrana en ambos oidos; pero el mas pequeño ruido le causaba dolor. De esta experiencia se infiere que el Tímpano no es el órgano principal y esencial del oido.

V.º La *Caja del Tambor* es una cavidad D E F R

llena de ayre. Esta cavidad comunica con la boca por un canal *Ff* que se llama *Canal de Eustaquio*: de modo que comunicando siempre el ayre del Tambor con el ayre exterior mediante éste canal, está siempre en equilibrio con el ayre que llena el Condueto auditivo. El ayre del Tambor no tiene comunicacion alguna inmediata con el del Condueto auditivo, porque el Tímpano no tiene orificio alguno por donde se pueda verificar esta comunicacion.

En la Caja del Tambor se hallan quatro Huesecillos á quienes por su figura se les llama el *Hueso orbicular* 1: el *Estrivo* 2: la *Yunque* 3: el *Mazo* ó *Martillo* 4. Una parte de éste que se llama el *Mango* termina en el centro del Tímpano, y sirve de tirar de él mas ó menos hácia dentro; no se sabe que destino tienen los demas huesos.

VI.º El *Laberinto* es una cavidad de figura irregular situada detras de la Caja del Tambor en la parte mas interior del oido.

Esta cavidad comprehende primero el *Vestíbulo G*, despues los tres *Conduetos semi-circulares H I K*, y en fin el orificio *r* del caracol *r L*.

VII.º El *Caracol* es un cono un poco truncado *M N X*, rodeado de un Condueto *a b c d e* que al modo de un pazo de rosca hace casi dos espiras y media al rededor de este cono. Como este condueto *a b c d e* es el principal órgano del oido, conviene dar de él una descripcion mas circunstanciada (*Fig. 85.*).

Este Condueto *a b c d m n* que va estrechándose en forma de cono desde la base *M N* hasta el remate *x* está dividido por el medio en toda su longitud en dos canales bien separados por medio de una especie de tabique membránoso.

Las fibras de esta especie de tabique que se llama *Lámina espiral* nacen del exé *V X* del Caracol, y van á salir fuera en medio del Condueto espiral á quien dividen, al modo que los radios de un círculo parten del círculo á la circunferencia.

Quando se examina la longitud de estas fibras que forman la Lámina espiral, se echa de ver que esta longitud se disminuye desde la base hasta el remate del Caracol M N X. De modo que esta membrana prolongada hasta el exe del Caracol es como una Faja triangular compuesta de un conjunto innumerable de cuerdecitas tirantes de diferente grueso y longitud, como son las de un clave.

Este Conducto dividido en dos canales por la Lámina espiral, ó por la membrana de que vamos hablando tiene dos orificios separados, uno de los cuales va á dar al vestíbulo del Laberinto, y el otro á la caja del Tambor.

VIII.º El *Nervio auditivo* r O es un hacecillo de fibras dividido en muchas ramas que nace del Cerebro en donde está la sede del Alma, y se esparce por todas las partes del Laberinto (Fig. 84).

Es verosímil que cada fibra del Nervio auditivo remata en una fibra análoga de la Lámina espiral para recibir de este modo el temblor ocasionado en el ayre por el cuerpo sonoro, y transmitirle á la sede del Alma (Met. 717).

APLICACION GENERAL DE ESTA TEORIA.

686. RESULTADO. He aquí en breve como y porque mecanismo físico se executa la *Percepcion de los diferentes Sonidos*.

I.º El *Cuerpo sonoro* imprime sus vibraciones á las moléculas aereas de igual vibratilidad, las cuales se estienen en columna ó cono desde el punto sonoro hasta el oido (Fig. 84).

II.º La Oreja hueca A B C corresponde á una gran cantidad de *Moléculas temblantes* cuyo temblor hace reconcentrar en la masa decreciente de ayre C D que termina en el Tímpano que está bien tirante.

III.º El Temblor del ayre exterior que da en el Tímpano comunica su temblor al ayre análogo encerrado

en la caja del Tambor, y esta especie de ayre que tiembla en la caja del Tambor E F R hace temblar del mismo modo que ella á la *fibra de la Lámina espiral* que está en unísono con ella sin comunicar su temblor á las demas fibras mas largas ó mas cortas de la misma Lámina que no estan con ella en unísono (672).

IV.º El temblor particular y distinto de tal fibra de la Lámina espiral L r se comunica á alguna *fibra análoga y correspondiente* del Nervio auditivo; la qual yendo á parar á la sede del Alma la ocasiona la sensacion de tal Sonido.

V.º Quando se hacen á un tiempo *muchos Sonidos diferentes*, muchas especies de ayre tienen su temblor particular fuera del oido y en el oido, lo que ocasiona el temblor simultáneo de diferentes fibras análogas de la Lámina espiral. De aqui la percepcion simultanea de diferentes Tonos.

687. NOTA. I.º Las personas de edad avanzada tienen por lo comun el oido duro y difícil. Este vicio puede provenir de que el Tímpano está ya ó demasiado floxo, ó demasiado tirante. En qualquiera de estos dos casos es necesario que las vibraciones del ayre sean muy fuertes para que puedan imprimir un temblor sensible á esta membrana.

Se han imaginado con buen suceso para esta clase de Personas *Trompetillas acústicas* propias para conducir una gran cantidad de Columnas sonoras á su oido. Por este medio todas las columnas aereas que terminan en la capacidad mas ancha de la Trompetilla son dirigidas á su Oido, y el tímpano afectado por una gran cantidad de columnas temblantes recibe de este modo una impresion mas fuerte y mas sensible.

II.º Hay segun dicen, personas que oyen muy distintamente ciertos sonidos, por exemplo *ut*, y no ciertos otros por exemplo *la*, aunque estos últimos sean tan sensibles ó aun mas que los primeros. Esta rara singularidad si es efectiva puede provenir del vicio de ciertas fibras de la Lámina espiral.

Supongamos que en la Lámina espiral la fibra que está en unísono con *ut* está bien constituida, y la que está en unísono con *la* está obstruida ú osificada. En este caso la primera temblará y dará la percepcion del tono *ut*, y la segunda no podrá temblar, y de consiguiente no dará la percepcion del tono *la*.

III.º La Sordera puede provenir ó de varias obstrucciones que impiden la comunicacion del conducto auditivo con el tímpano, del tambor con el laberinto, ó del laberinto con el caracol; ó de varios vicios en la lámina espiral ó en el nervio auditivo, pues éstos órganos pueden ó afloxarse enteramente, ú osificarse, ó alterarse y destruirse de mil modos (*Fig. 84*).

IV.º Se ve á veces á las *Personas que tienen dificultad en oír* abrir la boca para oír mejor. La razon es porque las vibraciones del ayre exterior que transmite el sonido pueden comunicarse al ayre del Tambor de dos modos ó por dos partes; á saber por el conducto auditivo C D que remata en el Tímpano, y por el Canal de Eustaquio F f por donde el ayre del Tambor comunica con el ayre de la boca.

Quando la boca está abierta, la impresion del Sonido afecta mas fácil y sensiblemente el ayre contenido en este Canal y en la caxa del Tambor. De aquí un temblor mas fuerte en el ayre del Tambor análogo al sonido actual; un temblor mas fuerte en la fibra de la Lámina espiral análoga á la especie de ayre que tiembla en el oído, y de consiguiente un temblor mas fuerte en la fibra del Nervio auditivo que termina en la sede del Alma y la ocasiona la percepcion espiritual del Sonido material, por el que son actualmente afectados los órganos del Cuerpo á quien preside.

Tal es en pocas palabras el admirable mecanismo mediante el qual se executa la percepcion del Sonido.

ELEMENTOS DE FISICA

TRATADO NONO.

TEORIA DE LA LUZ.

En este interesante Tratado vamos á hablar de la naturaleza de la Luz, de la diversidad de los Colores, de las Leyes de la propagacion de la Luz fuera del ojo, y de sus Fenómenos en el mismo ojo.

SECCION PRIMERA.

NATURALEZA DE LA LUZ.

688. DESCRIPCION I. *La Luz es este flúido sutil y brillante que dando en nuestros ojos retrata en ellos los objetos sensibles pintando sus figuras, situaciones y colores.*

I.º *La Luz es una sustancia distinta así del órgano que ve, como del objeto que es visto; pues que no es otra cosa que el medio de comunicacion mediante el qual el ojo toca á los objetos separados de él, y sin el qual no puede absolutamente tocarlos.*

II.º *La Luz es una verdadera materia; un verdadero cuerpo; pues que tiene por propiedad el movimiento, el qual resulta necesariamente de una masa por una velocidad, y no puede convenir sino á una verdadera ma-*

teria. Otra prueba evidente y demostrativa de que la Luz es una verdadera sustancia material es el que podemos aumentar, disminuir, reflejar y refractar segun queremos su movimiento; lo que no podriamos hacer sino fuese verdadera materia, pues sola la materia puede afectar nuestros sentidos y prestarse á nuestras experiencias:

Tangere enim et tangi, nisi corpus, nulla potest res.

Por esto se ve quan absurda y contraria á la razon es la opinion de algunos Filósofos de ideas extravagantes paradoxales, que han querido hacer á la Luz una sustancia media entre la materia y el espíritu.

689. NOTA. ¿La Luz que en un bello dia parece que llena ó inunda la inmensidad de los Cielos, y en una noche hermosa se esparce en millares de hacecillos desde nuestro ojo á todos los puntos radiantes del firmamento es un flúido constantemente existente en la Naturaleza, y que para brillar no tiene necesidad de mas que de ser agitado y conmovido por el cuerpo luminoso? ¿O es un Flúido que con una emanacion continua es á cada instante arrojado del seno del cuerpo luminoso, por exemplo del seno del Sol y de las Estrellas? He aqui un gran motivo de disputa entre los Discípulos de Descartes y los de Newton, cuyos Sistemas opuestos tienen dividido el Mundo filosófico.

I.º Segun Descartes la Luz es un flúido que existe fuera del Cuerpo luminoso, está esparcido dia y noche por toda la Naturaleza, llena los espacios inmensos que nos separan del Sol, los Planetas y las Estrellas, y consiste en los globitos duros é incompresibles de su segundo elemento (163).

II.º Segun Newton la Luz no es un flúido que exista fuera del Cuerpo luminoso, sino un torrente de partículas infinitamente pequeñas que el Cuerpo luminoso despide continuamente con una velocidad inconceivable, y que se esparcen en línea recta á distancias inmensas por los Espacios vacíos. El Cuerpo luminoso en esta sentencia es como un centro de esfera, y los chorros ó torrentes de luz son como sus radios.

Es-

Esta Hipótesis Newtoniana, si es que se puede dar este nombre a una teoría cierta é indudable supone en la Naturaleza un Vacío inmenso cuya existencia demostraremos en otra parte (792 y 793).

PROPOSICION.

690. La Luz es un flúido que emana del seno del Cuerpo luminoso.

DEMOSTRACION. La teoría que adoptamos sobre el origen de la Luz concuerda perfectamente así con las leyes de la Física como con los fenómenos de la Luz. Porque

I.º Concíbense simplemente el Sol y las Estrellas como otros tantos hornos inmensos que arden con un fuego muy vivo y muy violento, y de ésta sola suposicion se verá derivar toda la teoría de la Luz.

Estos hornos ardientes despedirán de su seno una infinidad de torrentes divergentes de una materia muy sutil, que con un movimiento muy rápido caminará libremente y sin obstáculo en líneas rectas por los espacios inmensos. De aquí la *inconceivable Velocidad de la Luz*, y su movimiento en línea recta y en radios divergentes.

Estas partículas arrojadas por la fermentacion ó combustion fuera del cuerpo luminoso, y movidas en los espacios vacíos con una velocidad como infinita son perfectamente elásticas por su naturaleza, y encuentran á veces con sustancias por las que no pueden penetrar; deben pues reflexar. De aquí la *Reflexion de la Luz* al dar en un cuerpo impenetrable.

Estas mismas partículas encuentran á veces obliquamente en su camino cuerpos penetrables que resisten mas ó ménos á su direccion primitiva; deben pues torcer su movimiento y mudar de direccion. De aquí la *Refraccion de la Luz* quando pasa obliquamente de un Medio á otro mas ó menos accesible, mas ó ménos penetrable para ella (399 y 408).

II.º El modo que tenemos de excitar el Fuego y la Luz concuerda bastante bien con la idea que acabamos de formarnos del Sol y las Estrellas. Una vela no luce sino disipando hácia todas partes su sustancia; una tea puesta al fuego no produce la Luz sino confumiéndose y dividiéndose en moléculas de una pequeñez inconceivable, que la accion del fuego esparce por todas partes.

Luego la teoría que adoptamos sobre el origen y difusion de la Luz es sin duda el verdadero sistema de la Naturaleza. L. Q. P. D.

OBJECCIONES Y RESPUESTAS.

691. OBJECCION I. Si la *Luz del Sol* por exemplo, fuera una sustancia emanada del seno de este Astro, hace ya mucho tiempo que la sustancia del Sol deberia haberse disipado y agotado enteramente. ;Porque qué enormes arroyos de materia luminosa no seria necesario que saliesen de él continuamente para que pudiesen iluminar y llenar los espacios inmensos que le separan por todas partes de las Estrellas, y de los que en cada punto se hace sentir la Luz sin duda alguna!

RESPUESTA. Esta objecion aterra mas á la Imaginacion que á la Razon; procuraremos tranquilizar á una y otra haciendo ver que ésta emanacion continua de materia luminosa no debe disminuir sensiblemente el Sol, que por una parte pierde ménos de lo que se imagina, y por otra recobra con corta diferencia otro tanto como pierde.

I.º *El Sol puede despedir la Luz de su seno sin perder mucho de su sustancia*; porque como la Materia está dividida mucho mas de lo que nuestra imaginacion puede concebir, y como ademas es divisible al infinito, es claro que se puede con toda seguridad suponer la mas pequeña *porcion sensible de materia*, por exemplo una cantidad igual á un pequenísimos grano de arena dividida en otras tantas y aun mas partes como puntos sensibles hay en el espacio inmenso de los Cielos (20, 60 y 61).

Supongamos pues dividida en estos términos la *Materia luminosa* que arroja el Sol. Fácilmente concebirémos como una cantidad muy pequeña de la sustancia solar puede por una emanacion continua supeditar y distribuir la Luz durante un tiempo considerable á todos los puntos sensibles de todo el espacio que media entre el Sol y las Estrellas.

Si un pequeño *grano de admizcle* puede exálar de su seno durante mas de veinte años torrentes continuos de corpúsculos olorosos, sin que su peso ni su masa se disminuyan sensiblemente (33); ¿porque la masa enorme del Sol como un millon de veces mayor que la de nuestro Globo no podrá tener una emanacion semejante sin que se perciba en ella disminucion alguna?

II.º *El Sol debe adquirir con corta diferencia otra tanta sustancia luminosa como pierde.* Llamemos Turbillon ó Sistema Solar al espacio que media entre el Sol y las Estrellas, en el que hacen sus revoluciones los Planetas y Cometas.

En primer lugar siendo las *Estrellas* luminosas como el Sol, arrojan á el Turbillon solar otra tanta luz con corta diferencia como el Sol arroja á sus Turbillones: este comercio, este trueque de materia luminosa ya se ve que no debe disminuir al Sol.

En segundo mucha parte de la Luz que el *Sol* esparce por su Turbillon, y que no sale de él vuelve á caer en el Sol adonde la lleva su atraccion ó gravitacion hácia este Astro luego que se acaba ó destruye su movimiento de proyeccion.

Así aun quando supongamos que es bastante considerable la *cantidad de Materia* que sale continuamente del Sol, ésta pérdida sin cesar reparada no deberia disminuirle; al modo que los vapores y exálaciones que salen continuamente de la Tierra no disminuyen sensiblemente su masa porque vuelven otra vez á ella ó en su misma naturaleza, ó en sustancias equivalentes.

III.º No nos debemos imaginar el ardimiento del Sol como el de los Cuerpos combustibles que vemos consumirse por el fuego.

Una *Vela que me alumbra* consume y disipa toda su sustancia en seis ó siete horas, pero no toda su sustancia se convierte en luz. Mucha parte de ella se resuelve en vapor y en humo. Otra y muy considerable en ayre; y otra en fin en carbon y cenizas. Si la sustancia de esta vela se dividiese en cien mil millones de partes, la porcion realmente luminosa de ella, la porcion realmente destinada y empleada en alumbrar no equivaldria acafo á una de estas pequenísimas partes.

Pero la *Sustancia Solar*, á lo ménos la que la fermentacion intestina arroja en torrentes luminosos hasta nosotros no tiene ayre, vapores ni cenizas que se disipen fuera del seno de este astro, y puedan disminuirle insensiblemente. Si en el abrafamiento del Sol hay algunas sustancias crasas semejantes á las del fuego terrestre que se exâlen de este astro; estas sustancias divididas y consumidas vuelven en fuerza de su pesantez á caer en el seno del Sol, al modo que las lavas y cenizas de un Volcan vuelven á caer hácia el centro de la tierra no léjos del volcan que las arroja y disipa por los ayres.

692. OBJECCION II. De la teoría que adoptamos sobre el origen de la Luz se sigue un absurdo palpable: á saber que mas allá de las Estrellas mas distantes de nosotros y fuera de los límites del Mundo existente que es necesariamente finito en el Espacio infinito, debe haber una verdadera Materia, la Materia de la luz. (*Met.* 245 y 668)

Lo demuestro: Segun la teoría del Movimiento todo Cuerpo conserva su velocidad y direccion hasta que alguna causa ocasione en él alguna mudanza en una ú otra (307). Es asi que la Materia luminosa arrojada en los Vacios inmensos no encuentra en ellos causa alguna capaz de mudar su velocidad ó direccion: luego toda esta inmensa porcion de materia luminosa que despiden de sí el Sol ó una Estrella, y que no encuentra en su camino con Planeta, Cometa, ni Estrella alguna, debe moverse constantemente segun su direccion y velocidad

primitivas, y apartarse al infinito de su fuente en los espacios infinitos por toda la infinita duracion de los tiempos.

RESPUESTA. Es fácil asignar la causa que debe impedir á la Luz del Sol y las Estrellas que se vaya á perder en los espacios infinitos mas allá de los límites del Mundo. Esta causa es la *Gravitacion general de la Materia* hácia ciertos centros.

I.º La Luz como qualquiera otra materia tiene una gravitacion real en virtud de la qual tira hácia el centro del Sol, de alguna Estrella, de algun Planeta ó Cometa, segun que es atraida de mas cerca y con mas fuerza por alguno de estos cuerpos.

II.º La *Luz del Sol* por exemplo, aunque sale de este astro con una velocidad inconceivable, tiene siempre en sí misma una causa que debe retardar continuamente cada vez mas, y destruye en fin enteramente su movimiento de impulsión aun en el seno mismo de un Vacío perfecto. Esta es su gravitacion permanente hácia el Sol, la qual oponiéndose continuamente á su movimiento de impulsión debe destruirle en fin en sus moléculas, asi como la gravitacion de una *bala de fusil* á quien el impulso de la pólvora encendida arroja hácia el Zenit destruiria poco á poco, y en fin enteramente su movimiento vertical, aun quando el Ayre no la opusiera resistencia alguna (376 y 808).

III.º De aqui resulta que la Luz del Sol ó de las Estrellas arrojada mas allá de los límites del mundo debe en virtud de su gravitacion que destruye poco á poco su movimiento primitivo volver en fin sobre sí misma y caminar hácia el Astro opaco ó luminoso que estuviere mas cerca de su ruta, y que exerciere contra ella una Atraccion activa mas fuerte y poderosa.

Se ve por todo lo que acabamos de decir sobre este objeto quan bien concuerda la teoría que adoptamos sobre el *origen de la Luz* con la mas sencilla teoría del movimiento; lo qual está muy léjos de convenir á la fabulosa hipótesis que impugnamos, y que hace de la

Luz un Flúido tranquilamente esparcido al rededor del Cuerpo luminoso y por toda la inmensidad de la Naturaleza.

693. OBJECCION III. En la Teoría que adoptamos, los chorros ó torrentes de Luz que despiden hácia todas partes de su seno muchos cuerpos luminosos deberian turbarse y confundirse cruzándose de mil modos. Porque sean quatro velas por exemplo, que arden á los quatro rincones de una sala: no consideremos aquí mas que dos (*Fig. 111*).

Como los Cuerpos luminosos esparcen por todas partes su luz en línea recta, es claro que el rayo *a A a* despedido por la vela *A* debe ser detenido y turbado en su curso por el rayo opuesto *b B b* que despide la vela *B*. Si las fuerzas de estos rayos opuestos son iguales, se destruyen y no se debe ver ni una ni otra vela. Si son desiguales solo se debe ver aquella vela cuya luz es mas fuerte. Estas dos conseqüencias son enteramente opuestas á la experiencia.

RESPUESTA. Es un *Abuso bastante comun* en materia de Ciencias y que conviene advertir una vez por todas oponer al Sistema que se impugna unas dificultades que le son comunes con el Sistema que se quiere ó que no se puede menos de adoptar.

La dificultad propuesta es de esta especie. Es inevitablemente comun á qualquier Sistema que se quiera seguir sobre la naturaleza y propagacion de la luz, porque es evidente que la Luz no puede menos de ser ó un flúido que emana del seno del cuerpo luminoso, ó un flúido preexistente al rededor del cuerpo luminoso y puesto en movimiento por su accion. No hay seguramente medio alguno entre estos dos partidos. ¿Y quien no ve que la dificultad que se objeta tiene igual fuerza, sea que los rayos *a A a*, *b B b*, *A R*, *B R* brillen por presion, sea que brillen por emanacion?

1.º Los que sostienen que la Luz se produce *por presion*, responden que las velas *A* y *B* exercen su accion impulsiva sobre diferentes filas de globitos, quienes á

causa de su infinita pequeñez se mueven ó tiran á moverse separadamente unos al lado de otros sin turbar su accion respectiva. ¿Pero que esta respuesta se puede conciliar con la suposicion del Lleno, y con la idea del fluido que forma este Lleno, mas ó menos perfecto?

II.º Los que pretenden y demuestran que la Luz se produce *por emanacion*, responden que siendo de una pequeñez infinita las moléculas despedidas por las dos velas A y B hallan fácilmente en los vacíos del espacio en que son arrojadas *senderos libres* en los que no es interrumpido su curso, y que si algunas moléculas se encuentran por acaso en su curso opuesto reflexarán segun las Leyes de los cuerpos elásticos, sin que con todo hagan en el ojo en que terminen despues del choque una impresion bastante sensible para pintar en él la luz de la vela, á causa de que no llegarán á él, ni en cantidad suficiente, ni en el orden que convendria para que produxesen este efecto.

Si mil velas ardiesen á un tiempo en un gran salon, un solo y mismo ojo podria verlas todas á un tiempo, porque los chorros luminosos que cada una despiden hallan en los vacíos del espacio D ó R en que se cruzan *senderos libres* por donde pueden pasar en cantidad suficiente para afectar sensiblemente un mismo ojo, y pintar en él la imágen del cuerpo que las produce y despide.

Igualmente la *Luz reflexada* no turba el movimiento de la Luz directa, porque una y otra hallan en los vacíos del espacio en que se mueven *senderos* aparte por donde sus moléculas de una velocidad inconceivable hallan libre paso. Por viva que sea la Luz en un espacio R la suma de todas sus moléculas reunidas en una sola y misma masa no ocuparia sin duda le centésima milésima millonésima parte del espacio en que se mueve. ¿Que de admirar es pues, que estas moléculas se crucen y muevan en este espacio sin turbar sensiblemente su curso respectivo?

III.º Esta dificultad léjos de oponerse á la teoría que

damos sobre el origen y propagacion de la Luz se convierte en prueba que la apoya y consolida; porque resolviéndose de un modo satisfactorio en la hipótesis del Vacío es enteramente indisoluble en la del Lleno, y así acaba de echar por tierra la única hipótesis que se podría querer sustituirla.

Unos dicen que conciben mas fácilmente la Luz en la hipótesis de Descartes; otros que la conciben mejor en la de Newton; y así lo que debemos hacer es exâminar qual de estos dos modos de concebir la Luz es conforme á la Naturaleza, la qual no siempre hace las cosas del modo que nosotros las concebimos mas fácilmente. Ahora pues toda la teoría de la Luz, toda la del Movimiento y toda la de la Astronomía física se opone á la hipótesis de Descartes; luego esta hipótesis no concuerda en nada con la naturaleza de la Luz.

SECCION SEGUNDA.

DIVERSIDAD DE LOS COLORES.

694. OBSERVACION. Se debe distinguir bien la sensación de los Colores de la causa que los produce ú ocasiona.

I.º La *Sensacion de los Colores* considerada en el alma es una modificacion del alma misma, y de consiguiente una modificacion espiritual cuya naturaleza no se asemeja en nada al aspecto colorado que tiene por término y objeto fuera del alma.

II.º Esta Sensacion mental de los colores es producida ú ocasionada por dos causas de las cuales la una es *intrínseca al hombre*; á saber la impresion hecha en la retina del ojo; y la otra es *extrínseca al hombre*: á saber la materia ó disposicion de la materia que produce ú ocasiona esta impresion en el órgano de la vista.

Solo tratamos aqui de la *Causa extrínseca de los Co-*

Colores, ó de la materia que ocasiona en nosotros su sensacion.

695. OBSERVACION II. Todos los Físicos convienen en que la causa extrínseca que nos hace sentir los Colores es la materia misma de la Luz, pero difieren en la explicacion que dan de la naturaleza y accion de la Luz sobre el ojo.

I.º Segun Descartes la Luz es toda homogénea, compuesta de partículas semejantes así en naturaleza como en masa y figura. Pero este *Fluido homogéneo* puede recibir vibraciones diferentes de parte del cuerpo luminoso, ó de parte del cuerpo que le agita y le conmueve (*Fig. 74*).

Una cierta especie de vibracion excitada en el fluido luminoso produce segun él en el ojo una impresion que hace nacer en el alma la sensacion de un color, por exemplo del verde. Otra especie de vibracion mas fuerte ó mas débil, ó en direccion diferente ocasiona al ojo otra impresion, y al alma otra sensacion, por exemplo de violado ó roxo. Otra tercera especie de vibracion en el fluido luminoso diferente de las dos precedentes dará al ojo y al alma la sensacion de un color diferente de los dos anteriores, y así de las demas.

II.º Segun Newton la Luz es un *fluido heterogéneo* compuesto de siete especies de moléculas diferentes entre sí en masa ó en figura, ó acaso en uno y otro, ó mas verosimilmente solo en masa (*Fig. 104 y 107*). Entre estas siete especies de moléculas que forman el cuerpo de la luz hay una A B que nunca ocasiona otra sensacion que la del roxo: otra C D que solo ocasiona la de pajizo: otra E F que solo produce la de azul: otra G H que solo da la de violado, y así de las demas.

Por exemplo la *Rosa* y la *Violeta* segun Descartes producen en el ojo dos impresiones muy diferentes, aunque una y otra envien al ojo la misma materia ó la misma especie de materia: porque la Luz aunque toda homogénea, toda compuesta de globitos de una misma naturaleza, de un mismo volumen y de una misma figura

recibe al reflexar dando en la rosa una especie de movimiento y vibracion muy diferente del que recibe al reflexar dando en la violeta.

Segun Newton la Rosa y la Violeta producen en el ojo dos impresiones muy diferentes, porque envian á él dos diferentes especies de materia luminosa. Por exemplo la *Rosa* abluerve ó disipa todas las especies de moléculas luminosas á excepcion de las moléculas A B destinadas á producir la sensacion de roxo; y así solo estas envia al ojo, el qual de consiguiente recibe solo la sensacion de roxo. La *Violeta* abluerve ó disipa todas las especies de moléculas luminosas á excepcion de las moléculas G H destinadas á ocasionar la sensacion de violado, y así solo estas envia al ojo, el qual de consiguiente recibe solo la sensacion de violado (*Fig. 107*).

III.º Ya se ve que se hubiera podido estar disputando eternamente en pro y en contra de estas dos Opiniones sin decidir nada, si la experiencia no hubiera venido al socorro de los racionios.

El gran Newton emprendió analizar y descomponer la Luz como la Chímia descompone los cuerpos groseros; y el resultado de sus bellas experiencias parece que ha convertido su opinion en Verdad demostrada. He aquí en resumen el modo y la sustancia de sus experiencias y descubrimientos en este punto.

DESCOMPOSICION DE LA LUZ.

696. EXPERIENCIA. Sea una Sala que bañe el Sol, cuyas ventanas bien cerradas solo den paso á la Luz por un pequeño tubo de cosa de una pulgada de diámetro. Preléntese al rayo solar hácia H el ángulo de un Prisma grande de vidrio B C; se tendrán los efectos siguientes.

I.º El Rayo solar A H en vez de seguir su direccion primitiva A C H torcerá en C, se irá á pintar ensanchándose sobre un carton blanco M N, y presentará siete colores diferentes divididos en otros tantos

circulitos separados. Estos siete colores se colocarán por el orden siguiente, empezando por los que se han apartado ménos de la direccion primitiva A C H del rayo solar, *roxo*, *anaranjado*, *pajizo*, *verde*, *azul*, *purpúreo*, *violado*.

II.º Si se agujerea el Carton M N por el medio de uno de estos circulitos colorados, por exemplo del circulito roxo R y se recibe el Rayo roxo solo y aparte en otro Prisma de vidrio D E, este Rayo torcerá nuevamente, y se irá á pintar ensanchándose sobre otro carton F, pero no se verá sobre este carton F mas que un solo color, el color roxo.

III.º Igualmente si se agujerea el Carton en otro qualquiera circulito colorado, por exemplo en el circulito violado V, el Rayo violado refractado y dividido en P por un Prisma, ó por veinte prismas sucesivos no dará jamas mas que un color violado en G. Asimismo por qualquier número de Prismas que se haga pasar el color verde no dará nunca mas que el color verde; y lo mismo sucederá con los demas colores.

IV.º Aunque el Carton M N fea todo él de un mismo color, por exemplo blanco, el punto en que caen los rayos roxos se pinta de roxo; el punto en que caen los rayos violados se pinta de *violado*; y así de los demas puntos.

Si en lugar de este Carton blanco se pone otro pajizo ó roxo, el punto de este nuevo carton en que cayeren los rayos verdes parecerá verde; y el punto en que cayeren los violados, violado.

V.º Si con un Vidrio convexô grande se recogen y reúnen todos estos Rayos que estan divididos en circulitos colorados sobre el carton M N, estos rayos de diversos colores toman reuniéndose un color comun que es el blanco.

Si despues de reunidos se les refracta de nuevo con un Prisma, se vuelven á dividir como antes en diferentes colores, lo que no sucede con una especie sola de rayos colorados; por exemplo con la especie roxa: pues

esta aunque se la reuna y refracte succesivamente quanto se quiera no da nunca mas que un color roxo en F, qualquiera que sea su densidad, y sea el que se quiera el objeto F sobre que cae.

De esta Experiencia se derivan varios Corolarios contra Descartes, Malebranche y todos aquellos que pretenden que la Luz consiste en una materia homogénea, y los Colores en las diferentes vibraciones de esta materia elástica ó no elástica. Expondrémos algunos de estos Corolarios.

LOS COLORES EN LOS RAYOS.

697. COROLARIO I. *La materia de la Luz es heterogénea* pues que sus moléculas pasando por un Prisma de vidrio C B padecen unas mas refraccion que otras, lo que no deberia suceder si todas las moléculas luminosas que componen el rayo A C fueran de la misma masa y figura (Fig. 104).

I.º Los Rayos rojos son siempre los que menos tuercen, los menos refractados, los que se apartan menos de la direccion primitiva y comun A C H, lo que debe provenir de que teniendo estos rayos mas masa y por lo mismo mas fuerza motriz resisten mas fuerte y eficazmente á la causa refractante C B.

II.º Por el contrario los Rayos violados son siempre los que mas tuercen, los mas refractados, sin duda porque siendo de una masa mas pequeña tiene menos fuerza motriz que los otros, y ceden mas fácilmente á la causa refractante C B.

III.º Por la misma razon las demas especies de Rayos tuercen y refractan otro tanto mas, quanta menos fuerza motriz tienen que oponer á la causa refractante C B.

Asi la masa de estas moléculas luminosas debe crecer succesivamente desde la especie roxa hasta la violada en el orden que hemos observado en la experiencia precedente. Los rayos rojos deben ser los que tengan mas masa, y á estos deben seguir siempre descre-

ciendo los naranjados, los pajizos, los verdes, los azules, los purpúreos, los violados.

IV.º El mas pequeño rayo ó hilo de luz aunque tenga menos volúmen que el cabello mas delgado se descompone en siete colores diferentes igualmente que el rayo mas voluminoso de la experiencia precedente.

De donde se sigue que *todo Rayo sensible de luz emanado del Sol contiene siempre siete especies de moléculas*, que aunque unidas y mezcladas son entre sí diferentes en masa.

698. COROLARIO II. *La diferenciencia de los Colores proviene de la diferenciencia de los rayos y no de la de sus vibraciones*, pues que una especie sola de rayos, por exemplo la especie roxa reunida y condensada con un vidrio convexo, refractada y dividida con un número qualquiera de prismas no pinta jamas sobre un carton blanco, verde, ó pajizo otro color que el roxo.

¿Porque estos Rayos roxos reunidos con un vidrio convexo, refractados con diferentes prismas y reflexados sobre diferentes objetos no adquiririan diferentes vibraciones como al pasar por el prisma B C? ¿Porque adquiriendo diferentes vibraciones no se esparcirian en diferentes colores semejantes á los que se pintan en el carton M N, si la diferenciencia de los colores proviniera del diferente movimiento ó de la diferente vibracion de los rayos, y no de la diferenciencia de su naturaleza? (Fig. 104)

Un Observador moderno creyó haber pillado en error al gran Newton porque le pareció que habia descompuesto el Rayo roxo r F en diferentes colores. Pero fué él quien se engañó, y su engaño provino de que habia tomado el Rayo roxo mal deparado, mal analizado, y mezclado todavia con otros colores. Esta experiencia exige hacerse con los mejores prismas y las mas cuidadosas precauciones, pero es segura; y el Abate Nollet la ha hecho en Paris del mismo modo que Newton en Londres.

699. COROLARIO III. *No hay mas que siete especies de*

Colores primitivos en la Naturaleza, pues que la diferencia de los colores consiste en la diferencia de los rayos, y no hay mas que siete especies de Rayos diferentes.

700. COROLARIO IV. *Los colores primitivos son inalterables*, pues que reflexados ó refractados por qualquiera especie de cuerpos permanecen los mismos sin la mas leve mudanza.

Por exemplo sea una especie primitiva de Colores el *Rayo roxo*, puro y solo. Este rayo roxo recibido en un carton ó en un paño blanco, ó negro, verde, ó pajizo se pinta siempre roxo, y aunque pase por un vidrio azul ó violado sale siempre roxo.

Lo mismo sucede con cada especie primitiva de Colores; cada una conserva su color primitivo sea el que quiera el cuerpo en que reflexa ó refracta.

701. COROLARIO V. *La diferencia del Color en los Objetos sensibles proviene de la diferencia de los Rayos que reflexan á nuestros ojos*, pues que los colores consisten en los rayos, y estos no pueden hacer su determinada impresion en nuestro ojo, y pintar en él el objeto en que reflexan á no ser que sean repercutidos por él. Por exemplo

I.º La *Escarlata* excita en nuestro ojo la sensacion de roxo, porque esta tela abfuerve y retiene todas las especies de rayos, á excepcion de la roxa que refleja y envia á nuestro ojo.

El *Azafran* se pinta en nuestro ojo baxo de un color pajizo, porque esta materia abfuerve y retiene todas las especies de rayos menos la pajiza que reflexa y envia á nuestro ojo. Y lo mismo sucede respecto de los demas colores primitivos. (*Fig. 104*)

II.º El *Color blanco* es un conjunto y mezcla de todos los colores uniformemente reflexados. La azucena nos parece blanca porque esta flor reflexa y envia á nuestro ojo una cantidad igual de todas las siete especies de rayos. Así el blanco es un color compuesto, y el mas compuesto de todos los colores.

III.º El *Color negro* consiste en la ausencia á pri-

vacion de todos los colores. Una sala en que brillen durante el dia todas las especies de colores me parece negra en una noche obscura, porque ni las paredes que la componen, ni los muebles que la adornan reflexan por la noche especie alguna de rayos que pueda afectar mis ojos. Un vestido me parece negro por el dia porque su tela absuerve uniformemente una cantidad muy grande de todas las especies primitivas de rayos, y no reflexa á mi ojo mas que una cantidad muy pequeña pero casi igual de todas las especies de rayos, lo que hace que mi retina solo reciba una impresion muy débil ocasionada por la mezcla de todas las especies de rayos, y á la que esti afecta la sensacion de negro.

El color *Negro* es opuesto al *Blanco*, porque un objeto blanco reflexa uniformemente en cantidad muy considerable todas las especies de rayos; y por el contrario un objeto negro absuerve uniformemente todas las especies de rayos que recibe, ó solo reflexa uniformemente una cantidad muy pequeña de cada especie.

IV.º La Mezcla y combinacion de *dos Colores primitivos* produce un tercer color que participa de los dos colores á quienes debe su origen.

Por exemplo si reuniendo por medio de un Vidrio convexo ó de una lente el rayo rojo y el violado V, y analizados y bien depurados se les hace dar sobre un mismo Punto mas ó menos extenso de un Carton blanco, este punto del carton se pintará de un color que ni será rojo ni violado, pero que tirará á violado y á rojo.

RAYOS EFICACES Y RAYOS INEFICACES.

702. OBSERVACION. Se pueden distinguir con algunos Físicos modernos rayos eficaces y rayos ineficaces en la Luz reflexada por los Objetos sensibles.

I.º Los *Rayos eficaces* son aquellos que hacen en cada punto del ojo la *Impresion dominante*, esto es la impresion que siendo mas sensible anula en algun modo to-

das las impresiones mas débiles por las quales es tambien afectado el mismo punto del órgano de la vista.

II.º Los *Rayos ineficaces* son aquellos que hacen en el ojo una impresion real pero muy débil, y que viene á ser como nula á causa de la impresion mas fuerte y mas sensible que produce la especie dominante y mas abundante de rayos sobre un punto del órgano de la vista.

Por exemplo la *Escarlata* nos parece únicamente de color roxo aunque reflexe á nuestro ojo juntamente con los rayos rojos una cantidad bastante grande de rayos verdes, pajizos, violados y de las otras especies, porque los Rayos rojos cuya suma es incomparablemente mayor y mas activa hacen en nuestro ojo una impresion mayor, una impresion que domina en nosotros mas que la de las otras especies de rayos, y que absuerve la atencion de nuestra alma.

III.º Esta teoría de las *Sensaciones eficaces y dominantes* es sumamente conforme á la experiencia, porque todos saben que un ruido grande impele y anula la sensacion que produce en el Oido un sonido débil que se oiria muy claramente sino se hiciera al mismo tiempo otro algun sonido; y que un bayonetazo que recibe un Militar en una refriega le impide hacer atencion á una leve herida que recibe al mismo tiempo en alguna otra parte de su cuerpo.

Una *connecion grande en el Alma* absuerve la atencion que prestaria en un estado tranquilo y sereno á otros objetos menos sensibles.

PROPOSICION.

703. *La causa de la diversidad de los Colores es la diversidad de los Rayos que despide de su seno el Cuerpo luminoso, y que refleñen mezclados ó divididos los Objetos sensibles.*

DEMOSTRACION. Esta Proposicion no es como se ve mas que una consecuencia y dependencia de lo que acaba-

bamos de observar y demostrar sobre la naturaleza de los Rayos y Colores.

Consta por lo que nos enseña la experiencia de la descomposicion de la Luz, que sus moléculas son heterogéneas, que una misma especie de rayos, por exemplo la *especie roxa* que está mas ó que está menos condensada, mas ó menos dividida y esparcida, que está agitada de este ó del otro movimiento no excita nunca mas que una misma sensacion en el ojo y en el alma; la sensacion de roxo, y que qualquiera especie de movimiento ó vibracion que se intente dar á la especie roxa sea haciéndola refractar por medio de varios prismas colorados ó no colorados, sea haciéndola reflexar en diferentes cuerpos, jamás dexa de dar constante y únicamente la misma especie de color, el color roxo.

Se puede tambien segun lo que nos enseña la misma experiencia decir lo mismo de cada una de las *siete especies diferentes de Rayos*, pues aunque se las haga refractar y reflexar de qualquier modo que sea no dan nunca mas que su color primitivo, su color propio (696).

Luego es cierto y demostrado que los *Rayos saben colorados del seno del Cuerpo luminoso*, y que la causa de la diferencia de los Colores que observamos en los Objetos sensibles no es otra que la diversidad de los rayos que despiden el cuerpo luminoso, y que reflejan los objetos sensibles. L. Q. P. D.

704. COROLARIO. Luego la única teoría que se puede adoptar sobre los Colores es la de Newton, pues que sola ella se funda en la experiencia y es conforme á los fenómenos.

705. NOTA. Aunque en nuestra teoría consistan los Colores en los Rayos luminosos no pretendemos atribuir á estos rayos colorados qualidad alguna oculta, cosa alguna sensible que se distinga de la materia y movimiento y que se asemeje mucho ó poco á las imágenes coloradas por las que es afectada nuestra alma á la presencia de los objetos.

I.º Estos Colores en los rayos luminosos no son otra

TOMO II.

cosa que la propiedad que estos tienen por su masa y velocidad de ocasionar en las fibras de nuestro ojo ciertas impresiones ó sensaciones organicas que llegan á ser la causa ocasional de las imágenes ó sensaciones que experimenta nuestra alma á la presencia de los objetos colorados, y que llamamos imágenes ó sensaciones de los colores.

II.º Teniendo dos Rayos rojos igual velocidad y mayor masa que los anaranjados, es claro que los primeros deben producir en el ojo una impresion organica diferente de la que producirian los últimos: ¿Y que mas se necesita para que estas dos especies de rayos ocasionen al alma sensaciones interiores totalmente diferentes? La impulsión mas fuerte hecha en el ojo por los rayos que tengan mas masa ocasionará al alma la sensación interior ó mental de *rojo*. La impulsión un poco mas débil hecha en el ojo por los rayos que tengan un poco menos masa, por los rayos anaranjados ocasionará al alma la sensación de *anaranjado*. Y proporcionalmente á una impulsión mucho mas débil hecha por los rayos cuya masa es la menor de todas estará afectada la sensación de *violado*. Si estas tres diferentes impulsiones é impresiones se hacen á un mismo tiempo sobre tres puntos separados de la retina, el alma tendrá á un tiempo las tres sensaciones de que acabamos de hablar.

III.º Así pues la *Sensación de los diferentes Colores* de que nuestra alma es afectada no supone en los rayos ú objetos que los envian á nuestro ojo la existencia de alguna cosa semejante á las imágenes coloradas que hacen nacer en nuestra alma (190 y 694).

OBJECIONES Y RESPUESTAS.

1706. OBJECCION I. Si los Rayos del Sol son heterogéneos; si se diferencian en masa y refrangibilidad, cómo no se descomponen en sus siete Colores primitivos al pasar por nuestra Atmósfera en donde está demostrado que efectivamente se refractan?

RESPUESTA. Esta objecion es común á todos los Sistemas que se han inventado sobre los Colores, y en todos ellos se la resuelve fácilmente diciendo conforme á lo que nos acredita la experiencia, que no toda refraccion es suficiente para descomponer la Luz, y dividirla en sus diferentes especies de colores.

Para producir este efecto, para analizar y separar sensiblemente los colores de un rayo de Luz, es necesario que este rayo padezca una Refraccion muy fuerte, una refraccion capaz de apartar notablemente unas de otras las diferentes especies de rayos; es necesario que cada especie de rayos pueda despues de la refraccion ir á dar separadamente á puntos bastante distantes que la reflequen claramente, y sin mezcla alguna á nuestro ojo. Tal es la refraccion que produce un Prisma de vidrio, y tal tambien la que producen los globos de agua en una Nube en que contemplamos el arco Iris.

Pero aunque la Luz se refracte en una vidriera, en un baño de agua quieta, ó en la masa del ayre que cubre la tierra, no padece una refraccion suficiente para que se descomponga sensiblemente en sus diferentes colores. Porque sus rayos muy poco separados unos de otros por una refraccion bastante débil van á dar sensiblemente á los mismos puntos de los Objetos, y de ellos resaltan mezclados y confundidos sensiblemente casi en los mismos términos que antes de la refraccion.

707. OBJECCION II. En la Teoría que adoptamos sobre la Luz y los Colores un prado nos parece verde, porque refleja los rayos verdes, y abluérve los demás. Pero miremos este prado por un vidrio roxo; nos parecerá todo él roxo. Mirémosle por un vidrio pajizo ó violado; nos parecerá pajizo ó violado. Esta experiencia conocida de todos no echa al parecer por tierra toda la teoría de Newton que adoptamos?

RESPUESTA. Esta experiencia que parece á primera vista tan decisiva y triunfante en favor del Sistema Cartesiano se concilia fácilmente con la teoría de Newton, que está acreditada y demostrada por las experiencias

mas ciertas. La Naturaleza no está jamas en contradicción consigo misma. Y así quando dos experiencias acerca de un mismo objeto parece que se oponen, es claro que una de las dos está mal considerada, y que es necesario someterlas ambas á un nuevo exámen para descubrir en qual de las dos nos equivocamos.

I.º Consta indudablemente por experiencias auténticas é infalibles, repetidas y verificadas en todas partes que despues de la refraccion por la que se descompone un rayo de luz en siete especies diferentes, una especie separada de rayos, por exemplo la especie verde no da nunca mas que el color verde qualquiera que sea el color del cuerpo que la refracta ó refleja.

Luego los Rayos que refleñen al ojo un prado ó una arboleda no son simplemente la especie verde, pura y sin mezcla de otros rayos rojos, violados, pajizos &c.

II.º Un prado y una arboleda vistos sin vidrio alguno colorado nos parecen verdegueantes porque refleñen á nuestro ojo una cantidad mucho mayor de rayos verdes que de rayos de otra especie, aunque tambien refleñen una cantidad bastante grande de rayos de las demas especies, rojos, pajizos, violados, purpúreos &c.

Así pues la especie verde de rayos es la que hace en nuestro ojo la *Impresion dominante*, y ésta hace nacer en nuestra alma una sensacion relativa á la especie de rayos que la excita, al paso que la impresion hecha en el ojo por las especies mas débiles queda como anulada, y como si no hubiese llegado á él (702).

III.º Quando se mira despues este prado ó arboleda por un *Vidrio colorado*, por un vidrio teñido de rojo por exemplo, no nos parecen ya verdegueantes, porque los rayos verdes que refleñen en cantidad siempre muy grande son absorbidos ó disipados por el vidrio rojo que colocado delante del ojo les impide pasar á él, y hacer en él su impresion.

Este prado y arboleda nos parecen en este caso de color rojo, porque sola la pequeña porcion de rayos rojos que reflexa de ellos mezclada con una multitud

de rayos verdes, y una pequeña cantidad de los de las demas especies halla paso libre por entre los poros del vidrio roxo. Y así sola ella penetra en el ojo en donde hace la *Impresion dominante*, y produce una sensacion relativa á la especie de rayos que la ocasiona.

IV.º Así pues la solucion de la dificultad propuesta consiste únicamente en distinguir los *Colores puros y homogéneos de los Rayos*, de los colores heterogéneos y mezclados que reflektan los Objetos.

No hay objeto alguno en la Naturaleza que reflekte una sola y única especie de rayos, pero la especie notablemente predominante de rayos reflexados de un objeto, por exemplo de la escarlata es la que determina la sensacion del ojo, y el color que el alma atribuye á este objeto.

Mas este objeto reflekte tambien juntamente con la especie dominante de rayos, por exemplo de la especie roxa varios rayos de cada una de las demas especies. Y quando un *Vidrio colorado* colocado delante del ojo solo dexa pasar la especie de rayos análogos á su color, el ojo no percibe ni debe percibir este objeto sino baxo del color que tienen los rayos que le afectan, baxo del color violado si el vidrio es violado.

708. OBJECCION III. ¿A quien se podrá persuadir que la yerba de un prado absuerve todas las especies de rayos á excepcion de la especie verde que repercute; que un pedazo de escarlata absuerve todas las especies de rayos á excepcion de la especie roxa que reflekte en parte, y en parte transmite; que un ojo afectado de ictericia absuerve ó disipa todas las especies de rayos que tocan en él excepto la pajiza á quien dexa pasar libremente á su retina? ¿Como y porque mecanismo fisico la yerba de un prado podrá descubrir y elegir entre las siete especies mezcladas de rayos que el Sol despide sobre ella la especie verde para reflektirla, y las otras seis para empaparlas y absorverlas? ¿Que insostenible sueño no es pues esta Teoría de Newton sobre la Luz y los Colores!

RESPUESTA. La *Posibilidad* de estos fenómenos se persuadirá fácilmente á todo el que tenga las mas simples nociones de Física y Chímia, de la diversa contextura de los Cuerpos, de la desigualdad y desemejanza de sus Poros, y de las diferentes Afinidades simples ó compuestas que pueden tener con tal y tal especie de rayos. Se persuadirá aun la *Realidad* de estos fenómenos á cualquiera que haya reflexionado con alguna atencion sobre las famosas experiencias de la descomposicion de la Luz, que nos enseñan que una especie homogénea de rayos da á todos los objetos en que toca un mismo color, su color propio (696).

Estos fenómenos no deben admirar y chocar mas á un Físico que otros mil que todo el mundo conoce y nadie pone en duda. El Mecanismo físico que aquí se impugna es muy verosimilmente un mecanismo que depende en parte de la diversa *Contextura* de los Cuerpos, y en parte de la diversa *Afinidad* simple ó compuesta de ellos con tales y tales especies de rayos.

I.º ¿Porque el Agua abfuerve un trozo de Sal muy duro y pesado, al paso que dexa intacto otro de cera muy blando y ligero? ¿Porque el Agua fuerte abfuerve una pieza de cobre ó plata, al paso que no toca á una pieza de oro ó á un trozo de vidrio? ¿Porque una especie de tela atrae el rocío y se empapa en él, al paso que otra especie de tela semejante le repele y no le abfuerve; y así de otros mil fenómenos físicos y chímicos?

Es claro que todos estos fenómenos son á lo ménos en mucha parte una dependencia de las *Afinidades naturales* ó Atracciones especiales que tienen entre sí ciertas sustancias, y no tienen ciertas otras (93, 136, 137).

II.º ¿Y que no se podrá suponer con toda la verosimilitud posible que un Mecanismo físico semejante á éste produce á lo menos en parte los fenómenos de los Colores en los Cuerpos? ¿No es evidente que una diferencia de contextura de poros, de afinidad puede hacer que un Prado reflecta la especie verde de rayos,

y que un pedazo de Escarlata, la abfuerva? Segun esta teoría evidentemente posible, y muy verosimilmente real: La Yerba abfuerva eno mucha parte, todas las especies de rayos, á excepción de la verde, sea porque tiene una afinidad muy grande con las primeras y no tiene ninguna con la última, sea porque la contextura de sus partes y configuracion de sus poros exigen que esto suceda así (1981).

Un pedazo de Escarlata mediante las sustancias de que ésta tela se ha impregnado en el tinte ha adquirido además de una nueva contextura una afinidad considerable con todas las especies de rayos á las que por tanto abfuerva, y no con la especie roxa á quien de consiguiente no atrae sino que la dexa á su actividad natural.

Con todo la yerba y escarlata no abfuervén todos los rayos cuya especie tiene una afinidad mas considerable con ellas, porque no teniendo todos los Puntos de la yerba y escarlata sobre que cae la Luz una naturaleza perfectamente semejante tampoco tienen una misma afinidad con estas especies de rayos, y por otra parte no todos los puntos de la yerba y escarlata tienen poros igualmente propios para abforver estos rayos. De lo que debe seguirse que parte de los rayos que tienen una afinidad mas considerable con la yerba ó escarlata no sean atraídos por estas sustancias, y reflexen en virtud de su elasticidad natural.

709. Nota I. Un Vidrio sin calor da paso indistintamente á todas las especies de rayos, porque sus poros son igualmente accesibles á todas ellas.

Un Vidrio teñido interiormente de rojo mediante ciertas sustancias íntimamente unidas á sus moléculas vitrificadas adquiere poros mas fácilmente accesibles á los rayos rojos, y una afinidad considerable con todas las especies de rayos á excepción de la roxa; y en virtud de esta Afinidad atrae y tira á abforver todos los rayos excepto los rojos á los que no atrae igualmente.

710. Nota II. Una Persona que tenga *Ictericia*, ve

pajizos todos los Objetos, ya sea porque el humor que inunda sus ojos y altera la constitucion de ellos no da paso á otra especie de rayos mas que á esta, ya sea porque este humor por su Afinidad simple ó compuesta absuerve todas las especies de rayos que despiden ó reflejan los objetos excepto los pajizos con los que no tiene afinidad; los quales penetran solos ó en mucho mayor número hasta la retina en donde hacen la impresion sensible y dominante.

Esta enfermedad causa en el que la tiene el mismo efecto que causaria un Vidrio pajizo continuamente puesto sobre sus ojos.

711. OBJECCION IV. La explicacion y respuesta que se acababan de dar á las dos objeciones precedentes parece que encierran principios contradictorios, porque sea un Vidrio colorado, por exemplo un *Vidrio roxo*. Si se pregunta porque este vidrio parece roxo, se responde que porque refleja los rayos roxos y absuerve todos los demas. Y si despues se pregunta porque si se pone este vidrio delante los ojos se ven roxos todos los objetos, se responde que porque da paso á solos los rayos roxos y absuerve todos los demas. ¿Repercutir los rayos roxos y dar paso á solo ellos no es una contradiccion palpable?

RESPUESTA. Repercutir todos los rayos roxos y dar paso á algunos rayos roxos en un mismo objeto seria una contradiccion manifesta. Pero repercutir una porcion de rayos roxos y dar paso á otra porcion en un mismo Objeto es una cosa evidentemente muy posible.

Un Vidrio teñido interior y exteriormente de roxo absuerve ó disipa sin que sepamos bien porque y como todas las especies de Rayos excepto la de los roxos. En quanto á estos últimos refleja una porcion por medio de sus partes sólidas, y admite otra por sus poros por donde pasan con libertad. Dando la porcion reflexada por este vidrio en un ojo que le mira, le hace ver baxo de un color roxo, y dando la porcion que pasa por sus poros en un ojo colocado detras de él pinta en este

ojo

ojo el objeto que la ha reflexado, y el vidrio que la ha dado paso baxo de un color roxo.

712. NOTA. Un *Vidrio roxo* visto por un vidrio verde parece de color verde, porque como lo hemos dicho en la respuesta á la segunda objecion los objetos parecen á la vista baxo del color de la especie dominante de rayos que reflejen, y esta especie predominante está siempre mezclada con una multitud de rayos de todas las demas especies.

El Vidrio de que se trata *parece roxo* á la simple vista porque la mayor cantidad de rayos que refleja es de la especie roxa. Visto por un vidrio verde *parece de color verde*, porque los rayos roxos que reflejan en mayor abundancia son absorbidos por el vidrio verde, el qual no dexa entrar en el ojo mas que los rayos verdes que mezclados y confundidos en pequeña cantidad con los roxos y los de las demas especies reflejan el vidrio roxo.

713. OBJECCION V. La teoría que adoptamos sobre la Luz y los Colores parece que no concuerda bien con lo que se dice en el Capítulo quarto del Génesis, á saber que *en el primer dia* crió Dios la Luz, y *en el quarto* crió el Sol y las Estrellas.

Pues segun este Pasage la Sagrada Escritura hace como Descartes una verdadera distincion entre la Luz y los Cuerpos luminosos. Luego es falso que la Luz sea una emanacion del Cuerpo luminoso. Luego es falso que los rayos salgan colorados del seno del Cuerpo luminoso.

RESPUESTA. I.º La Sagrada Escritura es el Oráculo mas infalible, pero este infalible Oráculo á veces mal interpretado y aplicado por la Ignorancia no tiene por objeto la Física cuyos conocimientos pertenecen enteramente á la Razon y á la Experiencia.

II.º No es muy difícil conciliar lo que dice el texto alegado del Génesis con la teoría que adoptamos sobre la Luz. Así como el Criador segun el Génesis dió á la Tierra la existencia en el primer dia, y la fecundidad en

el tercero; así tambien se puede decir que *en el primer dia* crió la materia de la Luz, pero que esta quedó sin accion, esparcida y confundida en el caos hasta el quarto, *en el que* la separó del caos, formó de ella el Sol y las Estrellas, y la dió la configuracion y movimientos necesarios para brillar.

La Tierra segun la Escritura misma no fué en el primer dia mas que un caos informe, y en el tercero la dió el Criador una forma, un movimiento, una accion que la hiciéron fecunda y viviente. Igualmente la Luz fué criada y empezó á existir *en el primer dia*; pero no fué convertida en cuerpos luminosos, no fué animada de un movimiento conveniente, ni empezó á brillar, ni á alumbrar al Universo hasta el *quarto dia*.

III.º La idea ó teoría de la Luz que adoptamos, lejos de ser opuesta á la Sagrada Escritura es muy conforme á lo que ella nos enseña. En el Eclesiástico se nos representa al Sol, esta obra maestra del Altísimo como un gran horno destinado á despedir incesantemente de su seno torrentes de rayos de fuego. *Fornacem custodiens in operibus ardoris, triplicitér Sol exurens montes, radios igneos exsufflans, et resurgens radiis suis obcecatur oculos. Eccles. 43.*

714. NOTA. Querer con algunos Físicos modernos formar la teoría de la Luz y los Colores uniendo los dos Sistemas de Descartes y de Newton es á mi parecer querer juntar cosas evidentemente incompatibles, querer conciliar la fábula con la verdad.

El *Espíritu de Conciliacion* es admirable en la Política y en la Sociedad, pero es comunmente muy absurdo en la Física (612).

SECCION TERCERA.

LEYES DE LA PROPAGACION DE LA LUZ FUERA
DEL OJO.

La Luz se mueve segun ciertas Reglas fixas é invariables que llamamos *Leyes de su propagacion*, y éstas son las que tratamos aquí de determinar y comprobar conforme á las Observaciones experimentales.

LEY PRIMERA.

715. *La Propagacion de la Luz es sucesiva.*

DEMOSTRACION. El sentido de esta proposicion es, que la Luz gasta un espacio de tiempo en ir desde el Cuerpo que la produce ó la refleja hasta el ojo que recibe su impresion (*Fig. 113*).

1.º Consta por las Observaciones astronómicas que Júpiter tiene cinco Satélites ó cinco Lunas que hacen sus revoluciones al rededor de este Planeta del mismo modo que la Luna hace las suyas al rededor de la Tierra á diferentes distancias de su centro. El Satélite mas cercano á Júpiter, su *primer Satélite*, el único que consideraremos por ahora, hace su revolucion al rededor de su Planeta en 42 horas y media poco mas ó ménos, y en cada revolucion padece un eclipse al pasar por la sombra de Júpiter. De modo que siendo periódicos sus eclipses se sabe el momento en que debe suceder su emersion ó su salida de la sombra despues de cada eclipse.

Esto supuesto sea S el Sol colocado en el centro de nuestro Mundo Planetario; R T D V la órbita anual de la Tierra al rededor del Sol; Z I Y X la órbita de Júpiter al rededor del Sol; *m n r* la órbita del primer Satélite de Júpiter al rededor de su Planeta I; sea tambien la Tierra colocada en T, y Júpiter en perigeo ó cerca de la Tierra en I.

Despues de cada revolucion de unas 42 horas y me-

dia, se ve al Satélite n salir de la sombra I n ; y si la Tierra permaneciese siempre en la misma situacion y á la misma distancia respecto de Júpiter, las Emersiones del Satélite n sucederian siempre invariablemente despues de cada periodo de unas 42 horas y media.

Pero como la Tierra gasta en andar su órbita T D V R un año, y Júpiter como unos doce años en andar la fuya mucho mayor I Y X Z ; despues de haber estado la Tierra cercana á Júpiter en T se va alejando sucesivamente de él que corre con menos velocidad que ella. Y así Júpiter despues de haber estado en perigeo respecto de la Tierra se halla en fin en apogeo ó en su mayor distancia respecto de ella, quando estando Júpiter en I la Tierra se halla en V .

Ahora pues Casini, Romer, Halley y otros muchos Astrónomos han observado que las *Emersiones del Satélite* en vez de suceder siempre uniformemente al cabo de unas 42 horas y media se retardaban cada vez mas desde el tiempo en que Júpiter estaba en perigeo hasta el en que estaba en apogeo respecto de la Tierra. De modo que estas Emersiones que se verifican regularmente al cabo de 42 horas y media quando Júpiter está en I , y la Tierra en T no se verifican sino al cabo de 42 horas y media mas unos 14 minutos quando Júpiter está en I , y la Tierra en V . He aquí pues unos 14 minutos de retardacion en estas emersiones suponiéndolas sucesivamente observadas desde la distancia T I , y desde la distancia V I . Segun las observaciones de los mismos Astrónomos, quando estando Júpiter en I la Tierra está en D , suceden ya las emersiones siete minutos mas tarde que sucedian quando la Tierra estaba en T . Y quando estando Júpiter como le suponemos siempre en I , la Tierra está en R , las emersiones suceden siete minutos mas pronto que sucedian quando la Tierra estaba en V .

De estas Observaciones astronómicas bien ciertas, bien constantes y que todas concuerdan en el fondo se infiere evidentemente que la propagacion de la Luz debe ser sucesiva. Porque

En primer lugar si la propagacion de la Luz fuera instantanea, es evidente que el Rayo luminoso que refleja el Satélite n asi que sale de la sombra I n se haria sentir en todas partes en un mismo instante y sin diferencia alguna de tiempo sin adelantar nunca ni retardar su vibracion y percusion, ó ya la Tierra estuviese en T cerca de Júpiter, ó ya estuviese en V lejos de Júpiter. Luego no se puede admitir ni sostener que la propagacion de la Luz sea instantanea.

En segundo suponiendo que la propagacion de la Luz es sucesiva, es claro que el Rayo que da siempre en el Satélite n en el mismo instante en que sale de la sombra de su Planeta, necesita menos tiempo para ir de n á T que para ir de n á V . Luego suponiendo sucesiva la propagacion de la Luz se dará una razon satisfactoria de un fenómeno astronómico que no se puede explicar de modo alguno en qualquiera hipótesis en que absurdamente se suponga instantanea la propagacion de la Luz. Luego la propagacion de la Luz es realmente sucesiva.

II.º La propagacion sucesiva de la Luz se comprueba tambien y demuestra por el fenómeno de la *Aber-
racion de las Fixas* (777); pues de este fenómeno se da facilmente razon en la hipótesis de que la Luz gaste un tiempo en venir desde las Estrellas hasta nosotros, y no se puede dar razon alguna suponiendo instantanea la propagacion de la Luz.

Luego por la observacion de los fenómenos está demostrado que la propagacion de la Luz es sucesiva como la del Sonido, del Calor, de los Olores y de todos los Flúidos, lo que reconocen hoy todos los Astrónomos y Físicos. L. Q. P. D.

716. NOTA I. Como el Rayo luminoso n T V que refleja el Satélite de Júpiter al salir de la sombra de este Planeta llega á V unos 14 ó 15 minutos mas tarde que á T , y el espacio T V tomado en la mayor anchura de la Eclíptica R T D V es igual á dos veces la distancia de la Tierra al Sol, se sigue que la Luz tarda como

siete minutos y medio en venir desde el Sol á la Tierra (Fig. 113).

I.º Suponemos aquí que la Luz sea directa, sea reflexada se mueve con una velocidad siempre sensiblemente uniforme, y no hay razon alguna que se oponga á esta suposicion.

Porque la Luz reflexada en fuerza de su elasticidad perfecta debe tener despues del choque la misma suma de movimiento que tenia antes de él. De consiguiente debe tener la misma velocidad.

II.º Suponemos tambien aquí que la línea T V representa sensiblemente el diámetro de la Eclíptica, ó la mayor línea recta que se puede tirar desde el centro del Sol S á los dos puntos opuestos de la Eclíptica R T D V.

III.º No todas las Observaciones astronómicas concuerdan perfectamente en punto á la cantidad fixa de la retardacion que se advierte en las Emersiones del Satélite desde el tiempo en que Júpiter está en perigeo hasta el en que está en apogeo.

Pero todas las observaciones concuerdan en que hay efectivamente en estas emersiones una verdadera retardacion, una retardacion bastante considerable, que crece cada vez mas desde el perigeo hasta el apogeo, y se disminuye despues en los mismos términos desde el apogeo hasta el perigeo.

Los mas de los Astrónomos han fixado esta retardacion en su mayor duracion á 14 ó 15 minutos lo que hace como unos 7 ú 8 por la mitad del espacio T V, la qual mitad es con corta diferencia igual á la distancia que hay entre la Tierra y el Sol.

IV.º Demostrado ya que la Luz tarda unos 7 minutos y medio, ó 450 segundos en andar el espacio que media entre el Sol y la Tierra, y siendo este espacio á lo ménos de unos 30,000,000 de leguas comunes: dividiendo 30,000,000 por 450 se hallará que la Luz anda en un Segundo á lo ménos unas 66,666 leguas comunes.

Esta velocidad de la Luz será de unas 75,555 leguas

por segundo si la Tierra dista del Sol unos 34,000,000 de leguas comunes como se deduce de las últimas Observaciones astronómicas que se han hecho con motivo del paso de Vénus por encima del Sol.

717. NOTA II. Suponiendo como se puede suponer con toda la verosimilitud posible que la Luz de las Estrellas se mueve con la misma velocidad que la del Sol, es claro que la inmensa distancia á que estan las Estrellas exíge un tiempo muy largo para que los rayos que salen de su seno lleguen hasta nosotros.

Algunos Astrónomos han hallado por el cálculo que el rayo que traza actualmente en nuestro ojo la *Estrella menos distante de la Tierra* debe haber salido de su seno hace ya mas de diez y seis ó diez y siete meses. Si esta Estrella fuera errante como los Planetas, la veriamos á veces al Oriente quando ella realmente estaria al Medio dia ó al Occidente, ó hácia el Nadir. Pero como está siempre sensiblemente fixa é inmóvil en un mismo punto del Cielo nos es indiferente que el rayo que nos la hace actualmente visible haya salido de su seno hace algunos minutos ó hace muchos años. Este rayo mas ó menos recientemente salido de su seno hace la misma impresion sobre nuestros ojos, y nos determina á referir la Estrella de donde ha emanado al mismo punto del Firmamento en que está inmovilmente colocada.

LEY SEGUNDA.

718. *En un mismo medio la Luz despedida por un Cuerpo luminoso ó reflexada por un Cuerpo iluminado en rayos divergentes se mueve en línea recta.* (Fig. 102 y 109).

DEMOSTRACION. La experiencia nos da suficiente-mente á conocer que los Rayos despedidos por un punto luminoso, ó reflexados por un punto iluminado imitan sensiblemente con bastante semejanza los *rayos divergentes de una Esfera* que tuviese por centro el punto radiante ó iluminado. Solo se trata aquí de demostrar

que estos rayos divergentes no se apartan de la línea recta.

I.º Póngase en una Sala bien cerrada sobre una mesa á una altura qualquiera una *Vela encendida* cuya luz se interceptará segun se quiera por medio de un carton *M N* colocado entre el ojo del que mira y la vela, el qual tenga un agujerito en *n*.

En qualquier punto de la Sala que se coloque el que mira á la vela, recibirá la luz despedida de ella siempre que el agujerito está en la línea recta tirada desde su ojo á la llama de la vela, y dexará de recibirla en el instante en que el agujerito no se halle en esta línea recta.

El ojo del que mira recibirá siempre la impresion de la luz por la línea recta *ang*, *afh*, y nunca por una línea torcida. Luego en un medio homogéneo qual es el Ayre, la Luz despedida por un cuerpo luminoso se mueve únicamente en línea recta.

II.º En medio de una Sala bien iluminada colóquese la misma *Vela apagada*, la qual de consiguiente no se podrá ver sino por los rayos que refleja. Se verá su pávilo *a* por exemplo, desde todos los puntos que se quiera al rededor de ella siempre que no haya cuerpo alguno opaco en la línea recta tirada desde el ojo del que la mira al punto iluminado *a*. Pero se le dexará de ver desde el instante en que haya algun cuerpo opaco en esta línea recta. Luego la Luz reflexada por un cuerpo opaco igualmente que la Luz despedida por un cuerpo luminoso se mueve en un mismo medio, por exemplo en el ayre únicamente en línea recta.

Sobre esta propiedad característica de la Luz se fundan las operaciones del Geómetra y del Cazador. El Geómetra quando dirige sus alidadas, y el Cazador quando dirige su escopeta suponen que el *Rayo visual* que les sirve de regla comun viene en línea recta desde el objeto á que apuntan á su ojo que recibe la impresion de él. El conocido acierto de sus operaciones demuestra la verdad del Principio sobre que estan fundadas.

III.º

III.º El movimiento de la Luz en línea recta en un mismo medio concuerda perfectamente con la Teoría general del Movimiento, según la qual un cuerpo puesto en movimiento debe conservar su velocidad y direccion primitivas mientras que ninguna nueva causa ocasiona en él alguna nueva mudanza (307).

Aora pues en un mismo medio, en un medio homogéneo no halla la Luz causa alguna nueva que pueda mudar su velocidad ó direccion. Luego debe continuar moviéndose del modo que ha empezado, y de consiguiente en línea recta pues que no ha podido menos de empezar á moverse en línea recta (308).
L. Q. P. D.

LEY TERCERA.

719. La Luz decrece en densidad segun se va apartando del punto luminoso que la produce, ó del punto iluminado que la refleja; y esta disminucion de densidad es proporcional al quadrado de su distancia al punto luminoso ó iluminado. (Fig. 102).

DEMOSTRACION I. En primer lugar es evidente que segun se va apartando la Luz del punto luminoso ó iluminado se divide y esparce en rayos divergentes C A, C R, C B que parten de un mismo centro C, y lo es tambien que no puede la Luz esparcirse y dividirse de este modo sin que se disminuya en densidad segun se vaya apartando del punto C, segun se vaya esparciendo de un espacio menor en otro continuamente mayor.

En segundo lugar es evidente que esta disminucion de densidad en la Luz segun que se va apartando del punto luminoso ó iluminado es proporcional al quadrado de su distancia al punto de donde ha partido por emanacion ó reflexion; porque como la Luz se propaga en rayos divergentes se ve claramente que cada porcion sensible de Luz alejandose del punto luminoso ó iluminado se hace un verdadero cono luminoso cuya cúspide es el punto luminoso ó iluminado, y cuya base

se hace otro tanto mayor quanto mas se aleja de la cúspide.

DEMOSTRACION II. Sea A el punto luminoso ó iluminado, F A G el cono formado por una porcion de rayos divergentes; B C un carton cuyo plano se presentará al cono luminoso á diferentes distancias del punto A. Con solo esto se verá formarse sobre el carton los círculos luminosos B C, D E, F G que serán otro tanto mayores quanto mas distante está el carton del punto A. (Fig. 108).

Es claro que toda la Luz que se halla en cada instante en el círculo F G estaba antes en el espacio circular D E, en el espacio tambien circular B C, y en el punto luminoso ó iluminado A; y que la Luz que ilumina sucesivamente estos diferentes espacios A, B C, D E, F G está otro tanto menos densa y mas enrarecida quanto mayor espacio ocupa, quanto mayor es el círculo en que está dividida y esparcida. No hay pues mas que hacer que comparar entre sí estos *diferentes espacios* para valuar la rarefaccion de la Luz que los ilumina.

Para esto sea la distancia del primer círculo B C al punto luminoso $= 1$; la distancia del segundo círculo D E $= 2$; y la del tercer círculo F G $= 3$. Esto supuesto afirmo que la densidad de la Luz será como 1 en el primer círculo, como $\frac{1}{4}$ en el segundo, como $\frac{1}{9}$ en el tercero: lo que es precisamente en *razon inversa del quadrado de las distancias*.

Para demostrarlo comparemos primeramente entre sí los dos círculos B C y D E. Siendo el triángulo B A C semejante al triángulo D A E, sus lados homólogos B C y D E que son los Diámetros de los dos círculos luminosos del carton son entre sí como las bases A C y A E, ó como las distancias A M, A N de estos dos círculos al punto A. (Math. 403). Luego el lado ó diámetro B C es al lado ó diámetro D E como 1 á 2.

Es así que las superficies de dos círculos son entre sí como los quadrados de sus diámetros (Math. 501).

Luego la superficie del círculo B C es como el cuadrado de $1 = 1$; y la superficie del círculo D E es como el cuadrado de $2 = 4$. Luego la Luz está quatro veces mas dividida y menos condensada en el círculo D E á la distancia 2, que en el círculo B C á la distancia 1.

Por la misma razon la Luz está nueve veces mas dividida y menos condensada en el círculo F G que en el círculo B C; porque siendo el diámetro F G tres veces mayor que el diámetro B C la superficie F G nueve veces mayor no tiene mas que la misma Luz que ilumina al círculo B C nueve veces menor que ella.

Luego segun se va alejando la Luz del punto que la despide ó refleja, padece una *Rarefaccion* proporcional al cuadrado de su distancia al punto luminoso ó iluminado. L. Q. P. D.

720. COROLARIO I. De aquí se infiere que á una cierta distancia los Objetos luminosos ó iluminados pueden y deben dexar de ser visibles.

La razon es porque la Luz á fuerza de enrarecerse y debilitarse alejándose del punto que la despide ó refleja, debe en fin dexar de tener la densidad y fuerza suficiente para producir en el órgano de la vista una impresion clara y sensible.

721. COROLARIO II. Se sigue tambien que la Luz debe tener una densidad muy grande al salir del seno del Sol, pues que á treinta millones de leguas del Sol que la despide despues de haberse dividido y enrarecido inmensamente conserva todavia bastante densidad para hacer en nuestros ojos una impresion tan fuerte (716).

LEY CUARTA.

722. Los rayos de Luz se cruzan de mil modos sin turbarse en su curso ni funciones (Fig. 110).

DEMOSTRACION. Sea A B C el postigo de una ventana bien cerrada en el que se hayan abierto tres agujeros cilindricos por los quales se harán pasar tres rayos solares por tres vidrios planos colocados á la parte de

afuera, de modo que al agujero A se adapte un *Vidrio roxo* plano ó lenticular el qual solo dé paso á los rayos roxos; al agujero C se adapte un *Vidrio verde* que solo dexé pasar los rayos verdes, y al agujero B no se le ponga vidrio alguno, ó solo se le adapte un *Vidrio sin color* para que pasen por él libremente todas las siete especies de rayos mezcladas y confundidas del mismo modo que vienen del Sol; y diríxanse de tal modo estos tres Rayos que se crucen y atraviesen en el punto D antes de que lleguen á dar en el plano de un carton blanco E F G.

I.º Todo así dispuesto el rayo roxo A R D va á trazar un círculo roxo en G, el rayo verde C T D un círculo verde en E, y el rayo natural B S D un círculo blanco en F. (693)

II.º Estos tres rayos aunque cruzados y atravesados unos por otros en D no se apartan de la línea recta, y llegan cada uno de por sí á su término en donde exercen separadamente su funcion clara y distinta, del mismo modo que si cada rayo llegase solo sin haber sido atravesado ni cruzado en su camino por otro rayo semejante ó diferente (693 y 718).

Luego la Luz puede cruzarse sin turbarse en su curso ni funciones. L. Q. P. D.

723. NOTA. Supongamos que el carton E F G sea el fondo de un ojo vivo, sea una retina sensible y animada. (Fig. 110 y 117).

I.º Estos tres rayos harán en esta retina tres impresiones distintas en tres puntos bien distintos E F G, y este ojo recibirá á un mismo tiempo tres imágenes separadas, y todas tres diferentes.

II.º Si en el punto D se colocase una lente proporcionada, estos tres conos luminosos o G, m E, n F irian á terminarse en conos inversos en los puntos E F G en donde trazaria en cada uno una imagen incomparablemente mas viva, y la imagen formada por las cúspides de estos tres conos seria roxa en G, blanca en F, y verde en E.

III.º Si estos tres Rayos representasen tres cuerpos diferentes, el rayo superior A R un toro, el rayo inferior C T una águila, y el rayo del medio B S una veleta; el toro se iría á pintar en la parte inferior del carton en G, el águila en la parte superior en E, y la veleta en el medio en F.

LA SOMBRA: CONOS UMBROSOS.

724. DESCRIPCION. La *Sombra* no es otra cosa que una privacion ó grande disminucion de Luz ocasionada por la interposicion de un Cuerpo opaco (Fig. 123).

I.º Quando el globo luminoso R S R es igual al globo opaco A B A á quien ilumina la Sombra del cuerpo opaco es un cilindro infinito C A B D cuyo diámetro es igual al del globo opaco. La razon es porque los rayos R A S B que parten de las extremidades del cuerpo luminoso y pasan al rape de las extremidades del cuerpo opaco son paralelos y se mueven sin acercarse ni apartarse uno de otro. Estos rayos son Tangentes del diámetro A B, y el arco iluminado A T B es igual al arco sombrío A M B.

II.º Quando el globo luminoso *r s r* es menor que el globo opaco á quien ilumina, la sombra del globo opaco es un cono truncado *v m n x* que va creciendo al infinito á medida de que se aleja del cuerpo opaco que le produce.

La razon es porque los rayos *r m s n* que parten de las extremidades del cuerpo luminoso y pasan al rape de las del cuerpo opaco son divergentes, y se apartan cada vez mas uno de otro al infinito.

Estos Rayos son Tangentes no del diámetro del globo opaco, sino de los radios *t c* y *t e* del mismo globo, y así el arco iluminado *c b e* es menor que el arco sombrío *c a e*.

III.º Quando el globo luminoso R S R es mayor que el cuerpo opaco á quien ilumina, la sombra del globo opaco es un Cono *m d n* cuya base *m n m* está apoyada

sobre el cuerpo opaco, y cuya punta d está en la línea recta que pasa por los dos centros de los cuerpos luminoso y opaco. (Fig. 123).

La razon es porque los rayos $R m S n$ que parten de las extremidades del cuerpo luminoso y pasan al rape de las del Cuerpo opaco son convergentes, y se acercan continuamente uno á otro á medida de que se van alejando de su origen. Deben pues juntarse en un punto d en el que su luz será sensible y se acabará la sombra. Estos rayos son tangentes no del diámetro del globo opaco sino de los radios $t m t n$ del mismo globo; y así el arco iluminado $m b n$ es mayor que el arco sombrío $m a n$.

IV.º En el primero de los casos propuestos el globo luminoso ilumina á la mitad justamente de la superficie opaca. En el segundo menos de la mitad, y en el tercero mas de la mitad de la superficie opaca.

725. NOTA. Con lo dicho sobre los Conos umbrosos se puede formar una idea general de los Eclipses de Sol y de Luna. (Fig. 123).

I.º Un *Eclipse de Sol* es una desaparicion de la Luz de este Astro ocasionada por la interposicion de la Luna entre la Tierra y el Sol.

Es claro que estando la Tierra en $A B$, y el Sol en $R S$ habrá un Eclipse de Sol si la Luna se halla en $m n$, y que este Eclipse será total para todos los países que estuvieren situados dentro del Cono umbroso $T M d$ que forma la Luna $m b n a m$.

II.º Un *Eclipse de Luna* es una cesacion de luz en este Planeta, ocasionada por la interposicion de la Tierra entre la Luna y el Sol.

Es claro que estando el Sol en $A B$, la Tierra en $m n$, y la Luna en $r s$ habrá necesariamente Eclipse de Luna; pues en este caso la Luna caerá dentro del cono umbroso $m r s n$ que forma la Tierra iluminada por el Sol $A B$.

III.º El *Cono umbroso* de un Planeta es la sombra que el Disco $m n m$ del Planeta menor que el Disco

R S R del Sol forma y trae tras de sí por la parte opuesta al Sol.

Estando el Sol en R S, la Luna en $m n$ y la Tierra en A B, los Países terrestres T estarán dentro del Cono umbroso de la Luna, y los Países colocados entre T A y T B fuera de este Cono umbroso estarán en la *Penumbra* que no es otra cosa que una privación mayor ó menor de la Luz solar en las cercanías del Cono umbroso, por exemplo en $d n D$, y $d m C$.

En un Eclipse de Sol estando el Sol en R S, la Luna en $m n$, y la Tierra en A B, los Países terrestres T A y T B que estan fuera del Cono umbroso $m d n$ estarán en la *Penumbra* de la Luna.

IV.º Como *nada podemos ver sin Luz* es claro que no podríamos percibir de modo alguno á un Cuerpo colocado en una entera privación de Luz.

Pero un objeto puesto á la sombra de un árbol ó de una casa nos es visible por los rayos que reflejen sobre él los objetos que le rodean, y que él despues refleja á nuestro ojo.

En un *Eclipse total de Luna* suponiendo la Luna en M y la Tierra en $m n$, la Luna nos será visible por medio de ciertos rayos solares $d R C$, $d S D$ que forman la *Penumbra*, y que refractados en la *Atmósfera* terrestre tuercen hácia el Cono umbroso de la Tierra, van á caer sobre la superficie de la Luna colocada en M dentro de este cono umbroso, y son reflexados por la Luna hácia la Tierra. Y estos rayos recibidos en un ojo colocado en a bastarán para trazar en él débilmente una imágen sombría y obscura de la Luna eclipsada (702).

SECCION QUARTA.

FENOMENOS DE LA LUZ EN EL OJO; Ó PRINCÍPIOS DE LA VISION.

726. OBSERVACION. Al entrar la Luz en nuestro ojo padece en él diferentes refracciones de que prescindiremos por ahora, y así no consideraremos en el Ojo mas que la *Pupila* P que miraremos como un simple agujero sin cubiertas refractantes, y la *Retina* ó cubierta fibrosa *r* R *r* que forma la concavidad del fondo del ojo, y en donde van á dar los rayos luminosos que pasan por la pupila (Fig. 120).

727. DEFINICION. La *Vision* es el acto del Alma por el que tiene presente la figura y situacion de un objeto con ocasion de una impresion hecha en el ojo por la Luz que este objeto despidе ó refleja.

I.º La *Vision* es *distinta* quando cada parte notable del objeto se traza separadamente en la retina baxo de sus rasgos propios y característicos, separados de los rasgos propios y característicos de las demas partes.

II.º La *Vision* es *confusa* quando las imágenes de los objetos se forman y trazan mal en el ojo, y quando trazándose sobre un mismo punto del ojo muchas partes notables de un mismo objeto, sus diferentes imágenes se confunden en una sola y misma imagen.

AXIOMA FUNDAMENTAL.

728. Los Objetos sensibles trazan su imagen en el ojo, y la Vision clara y distinta de los objetos está afecta á la formacion clara y distinta de su imagen en la retina.

EXPLICACION I. Sea A B una Caja de madera redonda de tres ó quatro pulgadas de diámetro que tenga dos agujeros redondos diametralmente opuestos, ésta será una *Imitacion artificial del ojo* (Fig. 99).

El agujero B de cosa de pulgada y media de diámetro.

metro debe estar tapado con un papel dado de aceyte, y al agujero A se le debe adaptar un pequeño tubo cilíndrico de una pulgada de diámetro y como otra de largo, el qual debe de estar enangostado interiormente á modo de embudo, y tener á su extremidad mas angosta en lo interior de la caja una Lente V cuyo foco esté con corta diferencia á la distancia del papel dado de aceyte; de modo que se le pueda hacer que venga á dar justamente en él metiendo ó sacando un poco el pequeño tubo A.

Si hecho esto se coloca el tubo A adaptándole al agujero del postigo de una ventana en un Quarto bien cerrado, de modo que caiga en frente de un *Objeto bien iluminado* que no diste de él mas que treinta ó quarenta pasos, se ve este objeto M N pintado con todos sus colores en el papel dado de aceyte B, pero en una situacion inversa, ó digamoslo así pies arriba y todo trastrocado.

De modo que el punto mas alto del objeto ocupará la parte mas baxa de la imágen, el punto mas baxo del objeto la parte mas alta de la imágen, la parte que está á la derecha en el objeto estará á la izquierda en la imágen, y así proporcionalmente sucederá con las demas partes (723).

729. EXPLICACION II. Hágase en el postigo de una ventana bien cerrado un pequeño agujero circular, y adáptese á él un *Ojo de buey*, de modo que la pupila caiga á la parte de afuera, y la retina á la de adentro. Es necesario que á esta Retina se la hayan quitado con destreza los tegumentos groseros que la cubren por su parte exterior, y que podrian impedir que se viese lo que pasa en ella. (Fig. 117 y 120).

En este *Ojo natural*, y sobre esta *Retina* se verán trazadas claramente y sin confusion las imágenes de los diversos Objetos cercanos que estando bien iluminados pueden enviar sus rayos por la pupila á la retina.

I.º En este *Ojo natural* del mismo modo que en la imitacion artificial de que acabamos de hablar se pin-

tan trocadas las imágenes de los objetos. Por exemplo la imagen de un hombre que va andando por un camino tiene los pies arriba y la cabeza abaxo, su mano derecha está á la izquierda, y su mano izquierda á la derecha. Pero cada parte de la imagen se traza y dibuja sobre la retina con las proporciones mas exáctas, y con colores naturales.

II.º A medida de que este hombre se aleja, su imagen siempre trazada en la retina del ojo de buey se va haciendo mas pequeña, y las dos dimensiones de esta imagen, su altura y su anchura descrecen sensiblemente en la misma proporcion en que se aumenta la distancia. (Fig. 114)

De modo que la altura de la imagen de un hombre á veinte pasos es como 1, á quarenta como $\frac{1}{2}$, á sesenta como $\frac{1}{3}$, á ciento como $\frac{1}{5}$, y así proporcionalmente hasta que el objeto está bastante distante para que la imagen se reuna y confunda toda en un solo punto de la retina en el que dexa de ser distintamente visible.

Es cierto que los diversos diámetros de las Imágenes que traza en el ojo un objeto visible, puesto en frente de él á diferentes distancias, todas poco considerables descrecen real y geoméricamente en una proporcion un poco menor que en la que se aumentan las distancias, y recíprocamente. Pero esta diferenciencia aun á pequeñas distancias es siempre insensible al ojo. Esta diferenciencia se disminuye todavia cada vez mas á medida de que la distancia es mayor. De modo que en las grandes distancias es infinitamente pequeña y por lo mismo geoméricamente nula.

De donde se sigue que los diámetros de las Imágenes trazadas en un ojo por un mismo Objeto puesto sucesivamente en A B, en C D, en E F son siempre sensiblemente en razon inversa de las distancias.

III.º Para poderse pintar los Objetos en el ojo de que hablamos es necesario que caigan dentro de un ángulo recto a P b formado por dos líneas r a, r b tiradas desde las extremidades de la retina r R r por

las extremidades de la pupila P. (Fig. 120)

Pues los objetos colocados delante del ojo fuera de este ángulo recto no trazan su imagen sobre la retina $r R r$, porque los rayos que despiden ó reflejen en línea recta no pueden ir por la pupila P á la retina, ni de consiguiente hacer en ella su impresion.

Por esto se comprehende porque todo lo que vemos de una sola mirada está ordinariamente comprehendido en un *Angulo recto* al modo del ángulo $a P b$.

IMAGENES DE LOS OBJETOS SOBRE LA RETINA, E IDEA DE LA VISION.

730. EXPLICACION. Sea una flecha A D B puesta en frente del ojo de que vamos hablando. Esta flecha se debe ir á pintar al revés sobre la retina $a b d$ (Fig. 117).

I.º Todo Punto iluminado, lo mismo que todo Punto luminoso es como un centro de esfera de donde parten en línea recta una infinidad de rayos divergentes que van á hacer visible este punto á diferentes distancias (718). Es así que los puntos A D B son puntos iluminados; luego reflejen por todas partes rayos divergentes propios para trazarlos y hacerlos sensibles en el ojo. De aquí las *imágenes de los objetos en el ojo*.

De todos los rayos divergentes que reflejen el punto A solo el rayo M A N puede entrar por la pupila R, é ir á hacer su impresion sobre la retina en a . Igualmente de todos los rayos divergentes que reflejen los puntos D y B, solos los rayos N B M y D R pueden entrar por la pupila y hacer su impresion sobre la retina en d y en b .

II.º Como los rayos de Luz despedidos por un cuerpo luminoso, ó reflexados por uno iluminado caminan siempre en *línea recta* en un mismo medio (718), es claro que el rayo A R reflexado por la parte superior del objeto debe hacer su impresion en la parte inferior de la retina en a , que el rayo B R reflexado por la parte inferior del objeto debe hacer su impresion en la par-

te superior de la retina en b ; que el rayo $D R$ reflexado por la parte media del objeto debe hacer su impresion en medio de la retina en d ; que los demas rayos reflexados por los puntos succésivos del objeto deben hacer su impresion en la retina en puntos otro tanto mas baxos quanto mas altas son las partes de que han salido, y recíprocamente: que los rayos reflexados por la parte derecha del objeto deben ir á dar á la parte izquierda de la retina; y así proporcionalmente.

De donde resulta que la *Imágen formada en la retina por la impulsión de estos rayos debe de ser al revés del objeto*: del mismo modo que se presenta al Observador en el ojo artificial ó natural (728 y 729).

III.º Si el objeto $A D B$ es de diferentes colores, cada punto de este objeto se irá á pintar con su color propio á la retina.

Si el punto A del objeto es roxo solo reflexará rayos roxos, y así el rayo roxo $A R$ irá á trazar un punto roxo en a . Si el punto B del objeto es violado solo reflexará rayos violados, y así el rayo violado $B R$ irá á trazar un punto violado en b . Si el punto D es verde solo reflexará rayos verdes, y así el rayo verde $D R$ irá á trazar un punto verde en d . De consiguiente toda la imágen $a b d$ representará respectivamente todos los colores del objeto $A D B$.

IV.º A medida de que el objeto $A B$ se acerca al ojo su imágen se hace mayor; y por el contrario menor á medida de que se aleja. (Fig. 114).

La razon es porque los rayos $A N$ y $B N$ que parten de las extremidades de este objeto forman un ángulo $B N A$ otro tanto mas agudo, quanto el objeto está mas lejos, y otro tanto menos agudo quanto el objeto está mas cerca.

Quando el objeto $A B$ se acerca, el ángulo $b N a$ se hace mas abierto, y la imágen $a b$ se aumenta. Quando el objeto $A B$ se aleja á $D C$, el ángulo $b N a$ se hace mas pequeño, y la imágen $a b$ se disminuye.

Quando el objeto $A B$ está á una distancia muy

grande en VX , el ángulo aNb es como infinitamente pequeño; y así en este caso la imagen ab comprendida en este ángulo se hace infinitamente pequeña, y por lo mismo insensible ó imperceptible. (Fig. 117)

V.º Nos ceñiremos por ahora á hacer notar que no es un rayo solo el que traza cada punto de la imagen sobre la retina ab , sino que es un pequeño manojó de rayos divergentes que refractados en los humores y cubiertas del ojo se hacen convergentes dentro de él, y van á dar con la punta de sus conos en diferentes puntos de la retina. (Fig. 117)

Mediante esta reunion en un mismo punto en el ojo es como la percusion de los rayos MAN , MDN , MBN por exemplo, produce en los diferentes puntos a, d, b una imagen clara y sensible de cada porcion del objeto que los refleja.

AXIOMA II.

731.º *Nosotros vemos cada punto de un Objeto luminoso ó iluminado en el exe del cono luminoso que afecta la superficie exterior de nuestro ojo; en el momento en que se forma en nuestra retina la imagen de este objeto.*

EXPLICACION. Es fácil hacer ver y sentir bien la verdad de este Axioma por medio de la Experiencia (Fig. 102).

I.º Sea un Punto luminoso C . Nosotros vemos este Punto luminoso C en la línea recta $RC D$, y esta línea es el exe del cono luminoso ACB que despidie este punto radiante y que afecta nuestro ojo AB .

Igualmente si el punto C es un punto bien sensible, bien iluminado y poco distante nosotros vemos este Punto iluminado en la línea recta $RC D$, la qual es el exe del cono luminoso ACB que reflexa este punto iluminado, y que afecta nuestro ojo AB .

Quando el Punto luminoso ó iluminado C está poco distante de nosotros, estimamos y valuamos sobre poco mas ó menos la distancia RC , cuya extremidad refe-

rimos al punto en que se reunen las líneas convergentes $A C$ y $B C$ que circunscriben el cono luminoso que hace su impresion en nuestro ojo.

Pero quando este Punto C está muy distante de nuestro ojo, el ángulo $A C B$ es como infinitamente pequeño, y por tanto siendo sensiblemente paralelas las líneas $A C$ y $B C$ no podemos estimar ni juzgar en que punto C ó D se juntan. En este caso no hacemos mas que situar el objeto C en el exe $R C D$ del cono luminoso á una distancia indefinida. Este es el motivo de que confundamos la *distancia de los Planetas* con la de las Estrellas, refiriendo igualmente estas dos especies de cuerpos celestes á un punto imaginario del Firmamento.

II.º Sea una flecha $A D B$. Nosotros vemos el punto A en el exe del cono luminoso $N A M$, el punto B en el exe del cono luminoso $N B M$, y el punto D en el exe del cono luminoso $N D M$. (Fig. 117)

El punto A por exemplo, nos parece otro tanto mas distante quanto mas léjos del ojo se van á reunir las líneas $M A$ y $N A$, y recíprocamente. Este punto A nos parece menos distante quanto mas cerca del ojo van á reunirse las líneas $M A$ y $N A$. De aqui proviene el que en un mismo Objeto bien iluminado y poco distante juzguemos ciertos puntos mas, y ciertos otros menos distantes de nosotros como lo estan en efecto.

III.º Esta misma *Ley de vision* que se observa en la Luz directa se observa tambien en la Luz reflexada y refractada, por exemplo (Fig. 136)

Sea una Estrella M cuya Luz venga á nuestro ojo $O N$ reflexada por un Espejo plano $u x$; esta Estrella en vez de verla nosotros en M en donde está la veremos detras del espejo en m en donde no está, en el exe del Cono luminoso $O m N$, y en el punto en que van á coincidir y juntarse los rayos convergentes $N m$ y $O n$ mediante los cuales la Luz de esta Estrella afecta nuestro ojo $O N$: y así nos parecerá tan distante del espejo plano en m como lo está en efecto en M .

IV.º De estas Observaciones experimentales resulta

que vemos siempre los Objetos en la direccion que sigue la Luz en el instante en que hace su impresion en la superficie y en el fondo de nuestro ojo, sea la que quiera la direccion que pueda haber tenido antes esta Luz, la qual solo hace su impresion en el ojo en virtud de su última direccion, ó de la direccion que tiene en el momento en que afecta nuestro ojo.

732. NOTA. La misma Ley se guarda respecto de todos los Cuerpos que hacen impresion en nuestros órganos; lo que hace ver que es una verdadera *Ley de la Naturaleza*, y no una simple hipótesis imaginada gratuitamente para explicar ciertos fenómenos.

Nosotros juzgamos general y constantemente que la *Causa de nuestras Sensaciones* está en la línea que ha seguido el Cuerpo movido que las causa: por exemplo juzgamos que un Cuerpo sonoro está á nuestra derecha por la impulsión que en esta direccion se hace en nuestros oídos, y que un Cuerpo oloroso está á nuestra izquierda por que la impresion que recibimos viene de este lado.

Igualmente un Ciego introducido en un tiempo frio en una gran Sala en que haya un buen brasero que no ve, es dirigido seguramente hácia este brasero por la impresion de los corpúsculos del fuego, los quales le enseñan que para acercarse al brasero no tiene mas que seguir la línea directamente opuesta á la de la impresion que recibe; por exemplo estando este Ciego en A B él atinará y juzgará bien pronto que el brasero está en C. (Fig. 102)

733. COROLARIO I. Aunque un Objeto se pinte al revés en el ojo debemos verle en su situacion natural. (Fig. 117)

EXPLICACION. Como vemos siempre los Objetos en la direccion que sigue la Luz en el instante en que hace su impresion y en que traza su imagen en nuestro ojo, es claro que debemos ver el punto *a* de la imagen trocada en A, el punto *b* en B, y el punto *d* en D, y es claro igualmente que la parte que está á la izquierda en la imagen *a d b* debe ser vista á la derecha en el obje-

to A D B, y así proporcionalmente respecto de las demás partes.

Luego aunque la *imagen de un Objeto* se pinte al revés en el ojo debemos ver el objeto en su situación natural.

734. COROLARIO II. *Un mismo Objeto se ve otro tanto mas lejos y menos claramente quanto han andado mas sin mudar su divergencia antes de llegar al ojo los rayos despedidos ó reflexados por él.* (Fig. 121)

Quando podemos estimar por sola la vista las distancias de los *Objetos* los vemos en el punto en que terminan las líneas convergentes A S y B S del cono luminoso A S B que afecta nuestro ojo A B (731). De aquí resulta

I.º Que un ojo puesto en A B verá el objeto S en el punto S en donde van á reunirse las líneas convergentes A S y B S que describen los rayos que circunscriben el cono luminoso A S B.

II.º Que el mismo ojo puesto en C D á una distancia doble verá el objeto S en el punto S en que terminan y se reúnen las líneas C S y D S que circunscriben el cono luminoso C S D, cuya base está apoyada sobre el ojo á causa de que siendo las líneas C S y D S la mitad menos convergentes que las líneas A S y B S, y siendo la distancia C D igual á la distancia A B las líneas C S y D S deben irse á reunir dos veces mas lejos que las líneas A S y B S.

III.º Que el mismo ojo puesto en F G á una distancia triple de la primera verá tres veces mas lejos el objeto S, á saber en el punto S en que se reúnen las líneas convergentes F S y G S que circunscriben el cono luminoso F S G cuya base siempre del mismo grandor está apoyada sobre el mismo ojo F G.

IV.º Que el ojo en A B recibirá una luz quatro veces mas densa y viva que en C D, nueve veces mas densa y viva que en F G, y así proporcionalmente al infinito pues que la densidad de la luz decrece en la misma proporción que se aumenta el quadrado de la distancia.

(719)

AN-

ANGULOS ÓPTICOS.

735. DEFINICION. Llámase *Angulo óptico* un ángulo $A N B$ cuya cúspide corresponde al centro de la pupila, y que se forma por los rayos $A N$ y $B N$ despedidos ó reflexados por las extremidades del objeto $A B$ (Fig. 114).

A este Angulo óptico fuera del ojo corresponde en el ojo otro ángulo igual $a N b$ opuesto á su cúspide, y que termina y circunscribe la imagen $a b$ trazada en el ojo.

El Angulo óptico $A N B$, ó $H N K$, ó $C N D$ puede comprehender dentro de sí una simple línea, un espacio sin anchura ni profundidad $A B$, y entónces solo se forma de dos rayos $A N$ y $B N$.

Quando el Angulo óptico comprehende un Sólido regular ó irregular se forma de todos los rayos que parten de todas las extremidades del cuerpo luminoso ó iluminado $A B$, ó $C D$, ó $H K$.

736. LEMA. Si un Objeto $A B$ fixado á dos líneas indefinidas $N A$ y $N B$ que parten de un mismo punto N se mueve en la direccion $N D$, ó $D N$ siempre paralela (Fig. 114),

I.º Es claro que las dos líneas $N A$ y $N B$ se acercarán continuamente una á otra quando el objeto $A B$ se alejare del punto N .

En este caso el Angulo óptico $A N B$ se va haciendo cada vez mas pequeño igualmente que el ángulo opuesto á su cúspide $a N b$ el qual termina y circunscribe la imagen del objeto $A B$ en el ojo.

II.º Es claro que estas mismas dos líneas $N A$ y $N B$ se apartarán continuamente una de otra quando el objeto $A B$ se acercare al punto N . En este caso el Angulo óptico $A N B$ se hace continuamente mayor, igualmente que el ángulo siempre igual á él $a N b$ que en este caso hace tambien cada vez mayor la imagen del objeto en el ojo.

III.º Si el ángulo $A N B$ es muy pequeño, el objeto $A B$ está muy distante, y el diametro $A B$ está pues-

to en la direccion del arco $A B$, es claro que el diámetro del objeto se confunde sensiblemente con el arco $A B$ que mide el grandor del Angulo óptico.

La razon es porque á una distancia grande de la cúspide de un ángulo un arco muy pequeño $A B$ ó $C D$ solo se diferencia infinitamente poco de la línea recta $A B$ ó $C D$ que es el diámetro del objeto. Y así se puede en este caso tomar el diámetro del objeto por el arco $A B$ ó $B C$, y recíprocamente. (*Math.* 710)

AXIOMA III.

737. *El grandor de los Angulos ópticos determina por lo comun el grandor aparente de los Objetos; es decir que los objetos nos parecen ordinariamente otro tanto mayores ó menores quanto mayor ó menor es el ángulo óptico baxo del qual los vemos.*

EXPLICACION. I.° Este Axioma está comprobado por la Experiencia. Por exemplo aunque el Sol sea inmensamente mayor que la Luna vemos estos dos globos en el Cielo baxo del mismo grandor con corta diferencia, porque los vemos baxo de dos Angulos ópticos sensiblemente iguales, ó porque se trazan en la retina imágenes casi iguales.

Igualmente sean en el Cielo dos Estrellas A y B , y dos Planetas a y b : aunque el espacio $A B$ sea inmensamente mayor que el espacio $a b$, ambos espacios nos parecen de un mismo grandor, porque los vemos baxo del mismo ángulo óptico $A C B$, y porque los puntos en que terminan uno y otro espacio se trazan en la retina baxo de un mismo ángulo (*Fig.* 112).

II.° Este axioma es conforme á la Razon; porque dos Objetos $A B$ y $H K$ que se pintan en el ojo baxo de un mismo Angulo óptico $H N K$ trazan en él dos imágenes $a b$ de igual grandor. Ahora pues dos imágenes de igual grandor en el ojo, siendo todo lo demás igual por otra parte deben determinar al alma á ver baxo de un mismo grandor estos dos objetos $A B$ y $H K$. (*Fig.* 114)

Por la misma razon dos Objetos iguales ó desiguales A B y C D que se ven baxo de dos Angulos ópticos de desigual grandor trazan en el ojo imágenes proporcionales á estos ángulos ópticos A N B y C N D. Luego todo lo demas siendo igual por otra parte, el alma debe ver estos dos objetos baxo de un grandor proporcional á los Angulos ópticos que forman y terminan sus imágenes.

III.º Este Axioma necesita todavía de una ilustracion y una restricción que le vamos á dar en las dos aserciones siguientes.

1738. ASERCION I. *El diámetro aparente de un mismo Objeto colocado á diferentes distancias considerables del ojo descrece sensiblemente como se aumentan las distancias; ó es en razon inversa de las distancias.* (Fig. 114)

DEMOSTRACION. Supongamos que hay un ojo en N, el Objeto A B colocado á una distancia considerable del ojo á una distancia $= 1$ se verá baxo del ángulo óptico A N B, y su diámetro A B parecerá como 1. El mismo objeto colocado en C D á una distancia doble $= 2$ se verá baxo del ángulo óptico C N D sensiblemente la mitad menor que el precedente, y su diámetro C D parecerá como $\frac{1}{2}$. El mismo objeto colocado en E F á una distancia triple $= 3$ solo se verá baxo de un ángulo óptico sensiblemente tres veces menor que el ángulo A N B, y su diámetro E F solo parecerá como $\frac{1}{3}$.

I.º Los triángulos A N B y R N D son semejantes, pues que sus ángulos homólogos son los mismos ó iguales. Luego el lado R D es doble del lado A B asi como la base N D es doble de la base N B. Luego por la misma razon el lado T F es tres veces mayor que el lado A B, como la base N F tres veces mayor que la base B N. (Math. 403)

Es así que si el objeto A B permaneciendo siempre paralelo á sí mismo pasa sucesivamente á C D, á E F, es claro que en C D su diámetro no ocupará mas que la mitad de la línea R D que es dos veces mayor que

la línea A B. Luego no se le verá mas que baxo del ángulo óptico C N D el qual es sensiblemente la mitad menor que el ángulo A N B. Es claro que en E F su diámetro no ocupará mas que la tercera parte de la línea T F tres veces mayor que la línea A B, y así no se le verá mas que baxo del ángulo óptico F N E, el qual es sensiblemente tres veces menor que el ángulo A N B.

II.º Quando el Objeto A B, C D, E F es bastante pequeño y está muy distante del ojo, por exemplo es un hombre que va andando por un camino á un quarto de legua, á media legua, y á una legua del ojo que le observa sus diámetros A B, C D, E F se confunden sensiblemente con los arcos A B, C D, E F que miden los diversos ángulos ópticos baxo de los quales se ve el objeto á diferentes distancias del ojo; y así se pueden substituir estos arcos á los diámetros del objeto (736).

Es así que el objeto se ve en A B á una distancia $= 1$ baxo del ángulo óptico A N B $= 1$, en C D á una distancia $= 2$ baxo del ángulo óptico C N D $= \frac{1}{2}$, en E F á una distancia $= 3$ baxo del ángulo óptico F N E $= \frac{1}{3}$.

Luego pues que el diámetro aparente de los Objetos es por lo comun proporcional al grandor de los ángulos ópticos baxo de los quales se ven, el diámetro aparente del objeto A B parecerá como 1 á la distancia 1, como $\frac{1}{2}$ á la distancia 2, como $\frac{1}{3}$ á la distancia 3, y así proporcionalmente á las demas distancias. Luego el diámetro aparente de un objeto colocado á diferentes distancias del ojo será en razon inversa de las distancias. L. Q. P. D.

739. COROLARIO. La superficie aparente de un mismo objeto visto sucesivamente á diferentes distancias considerables es sensiblemente en razon inversa de los quadrados de las distancias.

EXPLICACION. La razón es porque las dos dimensiones aparentes de un mismo Objeto, su altura y su anchura descrecen proporcionalmente á medida de que el objeto se aleja, y trazan en el ojo imágenes mas ó me-

nos grandes pero siempre semejantes. Es así que en las figuras semejantes las superficies son entre sí como los quadrados de una de sus dimensiones (*Math.* 499):

Luego suponiendo iguales las dos dimensiones la altura y la anchura del Objeto A B, la superficie aparente de este objeto será $1 \times 1 = 1$ en A B; $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$ en C D; $\frac{1}{3} \times \frac{1}{3} = \frac{1}{9}$ en E F, y así proporcionalmente siempre en razon inversa del quadrado de las distancias.

Se debe notar aquí con motivo del Axioma precedente y demas á él perteneciente que *un mismo objeto H K puesto á la misma distancia K parece mayor en su posicion perpendicular H K que en su posicion obliqua V K*; porque en la primera situacion se ve baxo de un ángulo óptico mayor H N K, y en la segunda baxo de uno menor V N K.

740. ASERCION II. *El Angulo óptico no es la única regla de nuestros juicios sobre el grandor de los Objetos, aunque sea sí la principal.*

EXPLICACION. La razon de esta restricción ó modificación es que freqüentemente atribuimos á ciertos objetos mayor grandor que el que exige el ángulo óptico baxo del que les vemos, y la imágen baxo de la qual se trazan en nuestro ojo. Por exemplo (*Fig.* 114)

I.º Un hombre á quien yo veo en un camino primero en A B á la distancia de 100 toefas, se pinta en mi ojo baxo del ángulo óptico A N B. El mismo hombre á quien veo despues en C D á la distancia de 200 toefas se pinta en mi ojo baxo del ángulo óptico C N D la *mitad menor* que el precedente. No obstante yo atribuyo á este hombre el mismo grandor en A B que en C D. Luego el ángulo óptico baxo del qual se nos muestra un Objeto no es la única regla por donde juzgamos de su grandor.

II.º Un hombre que ve por la primera vez el Mar puesto á su orilla, divisa muy á lo lejos un Objeto que flota sobre las olas, y él le toma por una pequeña Barca: otro hombre acostumbrado á ver arribar navios al puerto divisa el mismo Objeto, y juzga que es un Navio grande.

Estos dos hombres perciben el mismo Objeto baxo de el mismo *Angulo óptico*, y no obstante el primero le atribuye mucho menos grandor que el segundo. Luego el *Angulo óptico* no es siempre la única regla de nuestros juicios sobre el grandor de los Objetos.

III.º De esto se sigue que el modo de ver depende bastante del uso y de la experiencia, y que hay una verdadera *Ciencia de ver* que se forma, rectifica y perfecciona por el hábito y la reflexión.

Por exemplo el uso y la experiencia nos han enseñado que la estatura de un hombre es de cinco pies poco mas ó menos, y que esta estatura no se muda en sí misma sea la que quiera la imágen baxo de la qual se traza en nuestro ojo. Nosotros juzgamos pues fundados en este *Conocimiento experimental* que el mismo hombre que se presenta á nuestro ojo y se pinta en nuestra retina baxo de ángulos diferentes es siempre de la misma estatura en sí mismo, y este juicio ahoga y destruye en nosotros la inclinación que tendríamos á juzgar del grandor de este Objeto por el diferente grandor de los Angulos baxo de los que se traza en nuestro ojo.

Igualmente un hombre que ve el Mar por la primera vez no tiene otra regla para juzgar del *grandor del Objeto* que observa á una gran distancia, que el *Angulo óptico* baxo del qual se presenta á su ojo, y por eso le juzga bastante pequeño para que sea una simple barca. Otro hombre acostumbrado á ver arribar y partir navios, á seguirles con la vista largo trecho sobre las aguas ha aprehendido que un mismo Navio que cerca de él se presenta á su ojo baxo de un ángulo muy grande no se muestra á una gran distancia sino baxo de un ángulo muy pequeño, y que á una gran distancia una barca es casi invisible, y un navio se traza en el ojo baxo del grandor de una pequeña barca vista á menor distancia.

Estos dos hombres forman juicios diferentes del grandor del Objeto que observan, porque juzgan de él

por Reglas diferentes. El primero juzga del grandor del Objeto que ve únicamente por el Angulo óptico baxo del qual le percibe, el segundo por el contrario juzga del grandor del mismo Objeto por la experiencia que le ha enseñado que un navio grande á tal distancia no se pinta en el ojo sino baxo de una imágen muy pequeña.

IV.º De estas Observaciones experimentales resulta, no que el Angulo óptico es una regla falaz de los juicios que formamos sobre el grandor de los Objetos, sino que estos juicios fundados sobre el diferente grandor de los *Angulos ópticos* deben ser dirigidos y rectificados por la experiencia y reflexi6n; de donde debe nacer la Ciencia de ver en infinitas circunstancias.

OBJETOS Y MOVIMIENTOS INSENSIBLES.

741. OBSERVACION I. Hemos visto que el *diámetro aparente de un objeto* es sensiblemente proporcional al grandor del Angulo óptico que le comprehende ó le termina. Pero como este Angulo óptico puede decrecer al infinito se ha procurado averiguar hasta que punto necesita decrecer para que el Objeto que comprehende dexede de ser visible.

I.º Segun las Observaciones del Doctor Hook un *Objeto luminoso* que brilla con la mayor claridad qual es una Estrella, dexa de ser visible quando el Angulo óptico que la comprehende tiene menos de medio minuto ó menos de 30 segundos de grado.

Segun el mismo Autor la *superficie de la imágen trazada en el ojo* necesita tener una octomilésima parte de una pulgada para que el Objeto que la ocasiona sea sensible, y este objeto será insensible así que el grandor de su imágen sea menor en el ojo.

II.º Segun los mas de los Observadores los *objetos iluminados* que brillan siempre con mucha menos luz que los objetos luminosos, necesitan para ser visibles presentarse al ojo baxo de un Angulo óptico mayor, baxo

de un ángulo de 40 segundos poco mas ó menos.

Otros Observadores exigen unos un poco mas, y otros un poco menos grandor en los Angulos ópticos para que hagan sensible y visible un Objeto; pero la diferiencia es poco considerable.

742. COROLARIO I. Se sigue de aquí que un *Cuerpo de un grandor inmenso, por exemplo un Planeta ó un Cometa mucho mayor que la Tierra debe parecernos como un punto á cierta distancia, y desaparecer en fin á una distancia mayor.*

EXPLICACION. Así un Planeta mayor que la Tierra nos parecerá como un punto quando se presente á nuestro ojo baxo de un Angulo óptico de 30 ó 40 segundos. Un Cometa mayor que la Tierra desaparecerá y dexará de ser visible quando á fuerza de alejarse de nosotros se presente á nuestro ojo baxo de un ángulo óptico menor que el de 30 ó 40 segundos (736 y 741).

743. COROLARIO II. *Las mismas Reglas que nos sirven para estimar el grandor de los Objetos nos sirven tambien para estimar el grandor de sus velocidades.*

EXPLICACION. La *Velocidad real* se estima por el grandor del espacio andado en un tiempo determinado. Ahora pues el movimiento ó mutacion succesiva de lugar de un Objeto se pinta en el ojo del mismo modo que el objeto mismo, y el grandor de este movimiento ó espacio andado se estima como el del objeto por el Angulo óptico que le comprehende. Por exemplo (Fig. 114)

Si el punto M pasa succesivamente de M á O en un tiempo determinado, este punto describirá en el ojo la línea *a b*, y trazará succesivamente su imágen en todos los puntos de la retina comprendidos entre *a* y *b*; y así el grandor aparente del espacio andado por el punto M será proporcional al Angulo óptico M N o que comprehende este espacio, ó al Angulo igual á N b. De donde resulta no atendiendo por ahora mas que á solo el grandor de los Angulos ópticos (Fig. 112),

I.º Que si dos Cuerpos A y a puestos á diferentes distancias del ojo andan dos arcos semejan-
tes A B y a b

nos

nos parecerá que se mueven con la misma velocidad uno que otro, aunque la velocidad del Cuerpo mas distante sea mucho mayor que la del Cuerpo menos distante.

II.º Que si la *Velocidad aparente* de dos Cuerpos A y a que se mueven al rededor de un mismo centro C es la misma, sus velocidades reales son como sus distancias AC y aC de su centro comun de movimiento, pues que sus velocidades son como los arcos que andan en un mismo tiempo, y estos arcos AB y ab son entre sí como sus radios AC y aC que representan estas distancias (*Math.* 474).

744. OBSERVACION II. El *Movimiento de un Cuerpo* es á veces sensible, y á veces insensible á la vista. Por exemplo la vista percibe facilmente en la esfera de un Péndulo de segundos el movimiento de la manecilla que denota los segundos sin poder jamas percibir de un instante á otro el movimiento de la que señala las horas, aunque esta última manecilla ande en un segundo un arco de 21 ó 22 segundos de grado. Segun el Abate Nollet el Movimiento de un Cuerpo se hace *insensible á la vista*, quando solo anda en un segundo el arco ó la cuerda de un arco como de 20 segundos de grado, sea la que quiera su velocidad absoluta. De donde es fácil concluir que el Movimiento de este Cuerpo se hará *sensible á la vista* quando ande en un segundo un espacio que corresponda á un arco mayor, á un arco de 25 ó 30 segundos de grado poco mas ó menos.

La razon es porque la Retina está cubierta de una infinidad de nerviecitos bastante semejantes á los pelos de un terciopelo, y estos nervios conmovidos por los rayos de luz que despide ó refleja sobre ellos el objeto visible se enderezan y tiemblan durante un cierto tiempo despues de la percusion hecha por estos rayos. Este temblor dura bastante verosimilmente por espacio de un segundo, segun el atento y juicioso Observador Muskembroek, y el objeto que despide ó refleja el rayo luminoso se ve en el exe de este rayo mientras que dura el temblor en las fibras de la retina; por consiguiente (*Fig.* 114)

I.º Si el Objeto visible M no anda en un segundo mas que el arco ó la cuerda de un Angulo óptico infinitamente pequeño, ó de un Angulo óptico que no tenga mas de 20 segundos de grado poco mas ó menos el Rayo luminoso despedido ó reflexado por el Objeto visible M cae durante todo este segundo sensiblemente sobre el mismo punto a de la retina.

Y así el Objeto visible M visto siempre en la línea recta a N M tirada de la retina al objeto será referido por nosotros durante todo este segundo al mismo punto sensible M , y nos parecerá que no se ha movido ni mudado de lugar durante este segundo.

II.º Si el Objeto ó Punto visible M qualquiera que sea su velocidad absoluta anda en un segundo el arco ó cuerda M O de un Angulo óptico de mas de 30 ó 40 segundos de grado, los Rayos luminosos que parten de las dos extremidades de este arco hacen sobre diferentes puntos de la retina a b una serie de impresiones distintas que existen á un mismo tiempo, y que representan el tránsito succesivo del objeto M de un punto del espacio al punto siguiente.

Y así el Objeto ó punto visible M visto siempre en la direccion del rayo que envia al ojo será referido por nosotros á dos puntos diferentes M y O , y nos parecerá que ha pasado durante este segundo de M á O .

745. NOTA. Es fácil aplicar esta teoría á muchísimos fenomenos mas ó menos dignos de una atencion filosófica. Por exemplo

I.º Si el Punto M es un punto radiante ó luminoso que corre en un segundo la línea M O , este espacio M O se pintará en la retina a b como un rastro ó reguero de fuego ó de luz (*Fig. 114*).

La razon es porque los nervieciticos de la retina comprehendidos dentro del arco a b tiemblan á un mismo tiempo durante todo el segundo que gasta el punto radiante M en pasar de M á O . Por esta misma razon es por lo que un Cohete, las Exâlaciones que se llaman Carretillas, una Mecha encendida agitada con ra-

pidez se pintan en nuestro ojo como líneas de fuego rectas, curvas, ó mixtas segun la diferencia de sus movimientos.

II.º Vemos fácilmente mover sobre la esfera de un Péndulo de segundos á la *Manecilla que indica los segundos*, porque esta manecilla, en especial en su extremidad se mueve con bastante velocidad para andar en un segundo un arco de mas de 25 ó 30 segundos de grado, cuyo centro es el ojo del Observador.

Por el contrario no vemos mover la *Manecilla que señala las horas* porque ésta no anda en un segundo un ángulo bastante grande para afectar dos puntos bien separados y distintos de la retina.

III.º Aunque las Estrellas y Planetas tengan una velocidad real ó aparente incomparablemente mayor que la de una bala de cañon, esta velocidad, este movimiento no es sensible á la vista, porque por grande que sea esta velocidad en las Estrellas y Planetas no basta para hacer andar á estos Astros en un segundo un espacio capaz de corresponder en el ojo á un ángulo de mas de 20 segundos de grado (*Fig. 112*).

IV.º Una Varita que hace su revolucion al rededor de un exe en un segundo poco mas ó menos, traza en el ojo que le observa la imágen de una *superficie continua* cónica ó cilíndrica, porque la impresion que hace en el ojo el rayo luminoso que refleja cada punto de esta varita durante su revolucion, dura y subsiste en el ojo hasta que la varita vuelve al mismo punto de su curva á reflejar nuevos rayos al ojo, y renovar la misma impresion.

V.º Si esta Varita da vueltas con muchísima rapidez *no se la ve á lo menos distintamente* porque pasa tan rápidamente por cada parte del espacio que anda que no tiene tiempo para reflejar una cantidad de rayos suficiente para conmover sensiblemente las fibras de la retina.

Esta es la razón porque no vemos una *Bala de cañon* que pasa por delante de nuestro ojo en una direccion casi

perpendicular á nuestros exes ópticos, aunque la veamos quando corre delante de nosotros paralelamente á nuestros exes ópticos.

746. DEFINICION. Llámanse *Exes ópticos* dos líneas D A y D B tiradas desde un mismo punto luminoso ó iluminado D al centro de una y otra Pupila A y B de un mismo hombre (Fig. 122).

Estas dos líneas forman un ángulo A D B, ó A E B otro tanto mas agudo quanto mas distante está el punto D ó E de donde parten las dos líneas (736).

La base ó lado constante de este triángulo es la distancia A B comprendida entre los centros de las dos pupilas, ó entre los centros de las dos retinas. El ángulo que van á formar en cada punto sensible del Objeto luminoso ó iluminado los Exes ópticos A D y B D, ó A E y B E nos sirve para estimar la distancia de este Objeto.

AXIOMA IV.

747. *Estimamos la distancia de los Objetos, ó por la intensidad de la Luz que los hace visibles, ó por el número y grandor de los Cuerpos que los separan de nosotros, ó por la mayor ó menor convergencia de los Exes ópticos que afectan nuestros ojos.*

EXPLICACION. Para estimar la distancia de los Objetos es para lo que nos sirve principalmente la *Ciencia de ver*, ciencia que se forma en nosotros con el instinto, con el hábito, con la experiencia, y con la reflexión. Como todos los Objetos cercanos ó distantes se pintan indiferentemente en nuestra retina sobre diferentes puntos separados, es probable que de recién nacidos veamos todos los objetos mezclados unos con otros dentro ó encima de nuestros ojos, y que solo despues de un cierto tiempo nos habituamos á colocarlos á diferentes distancias fuera de nosotros en virtud de un instinto natural que suple á la razon, y que hace veces de ella para bastantes cosas en la mas tierna infancia. Vamos á hacer ver que las *tres Causas* que asignamos son las

que nos sirven para apreciar la diferente distancia de los Objetos que se presentan á nuestra vista.

I.º La *intensidad de la Luz* que despiden un Cuerpo luminoso, ó que refleja un Cuerpo iluminado, se disminuye como se aumenta el quadrado de la distancia (719). Luego la percusion de la luz sobre el ojo, la qual es siempre proporcional á su densidad debe debilitarse en la misma proporcion. Luego la luz despedida ó reflexada por un objeto debe producir sobre nuestro ojo una impresion otro tanto más viva y fuerte, quanto menos distante de nosotros está el objeto, y otro tanto menos viva y menos fuerte quanto el objeto está mas distante.

Luego la intensidad de la Luz y la impresion mas ó menos sensible que hace sobre nuestros ojos deben ser una regla que nos pueda servir para estimar la distancia mayor ó menor á que está de nosotros el objeto que la despide ó refleja.

II.º El *número y grandor de los Cuerpos* que vemos colocados entre nuestro ojo y el objeto cuya distancia queremos estimar, es tambien un medio de que podemos servirnos á este fin. Nuestro ojo que percibe entre él y un objeto distante un gran número de Cuerpos salientes cuyo grandor nos ha hecho conocer el uso y la experiencia, conoce mas fácilmente el intervalo que le separa de este objeto distante: porque estando este intervalo dividido en muchas porciones separadas y bien señaladas tenemos menos motivo de confundirle y de errar en su estimacion, y podemos mas fácilmente convertir en nuestro entendimiento las porciones mejor conocidas de este intervalo en una suma total que represente sobre poco mas ó menos la totalidad del intervalo ó distancia que queriamos apreciar.

Por exemplo: Un Objeto situado á la extremidad de una grande llanura uniforme, ó una grande distancia en medio del mar nos parece siempre considerablemente menos distante que lo está en efecto, porque entre este objeto y nosotros no hay nada que nos señale bien dis-

tintamente las porciones de este espacio. Pero colóquense entre este objeto y nosotros un gran número de lugares en la llanura, y de navios en el mar; y la distancia aparente de este Objeto se hará sensiblemente mayor, y se acercará mucho mas á la distancia verdadera y real, porque las diferentes porciones de este espacio serán mejor señaladas y presentadas á nuestro entendimiento.

III.º No es menos cierto que la mayor ó menor *Convergencia de los Exes ópticos* que se van á reunir en cada punto visible de un objeto no sirve para juzgar de su distancia; porque un instinto natural nos enseña á referir los Objetos que se pintan en nuestros ojos al punto en que se van á reunir los Exes ópticos, por exemplo al punto D ó al punto E (Fig. 122).

Ahora pues quanto mas distante está un Objeto menor convergencia tienen los Exes ópticos A E y B E que se van á reunir á una mayor distancia en E, y aqui es en donde colocamos el objeto. Por el contrario quanto mas cerca de nosotros está un objeto mas convergencia tienen los exes ópticos A D y B D que se reunen á una distancia menor D, y aqui es adonde referimos naturalmente este objeto.

IV.º Quando la distancia del objeto á nosotros es sumamente grande no podemos estimarla, porque á cierta distancia los Exes ópticos A E y B E vienen á ser sensiblemente paralelos, y porque en el triángulo A E B la base constante A B viene á ser como nula respecto de los lados A E y B E.

Esta es la razon porque confundimos la distancia de los Planetas y Estrellas cuyos rayos que forman nuestros Exes ópticos no tienen una convergencia suficiente para hacer sensible á nuestros ojos su diferente distancia.

La intensidad de la luz despedida ó reflexada por estos Cuerpos celestes no puede en este caso suplir la falta de los Exes ópticos, porque no estamos habituados á estimar por medio del instinto natural la intensidad mayor ó menor que debe tener la luz á tales dis-

tancias, que son siempre sensiblemente las mismas para nosotros.

748. NOTA. Se puede tambien estimar sobre poco mas ó menos la distancia de los Objetos *con un ojo solo*, pero esta estimacion es siempre mas difícil y menos exacta. Esta estimacion quando el objeto no está muy distante se hace por medio de los ángulos RCA y RCB que forman los rayos CA y CB sobre el único exo óptico RC (Fig. 102). Sobre lo qual conviene hacer estas dos observaciones.

I.º El objeto D se verá en la línea AD *si se le mira con un ojo solo A* , en la línea BDb *si se le mira con un ojo solo b* , y en la línea CD *si se le mira á un tiempo con los dos ojos A y B* (Fig. 122).

II.º Sea en el punto D á una distancia de tres ó quatro pies una *Sortija colgada de un hilo*, de modo que su plano esté en la direccion CD , y el ojo no pueda ver su hueco. Si tomando un palo que tenga á su extremidad una varita transversal que quepa en el hueco de la sortija, queremos meter en él esta varita lo conseguiremos fácilmente si hacemos esta operacion mirando á la varita y sortija con ambos ojos. Pero si lo queremos hacer cerrando uno de ellos daremos siempre ó casi siempre con la varita transversal ya en uno, ya en otro lado de la sortija: lo que hace ver de quanto sirve para la estimacion de las distancias la Convergencia de los dos Exes ópticos en D .

APLICACION DE ESTOS VARIOS AXIOMAS Ó PRINCIPIOS A LA VISION.

749. COROLARIO I. *Dos Líneas ó dos Superficies paralelas deben parecer convergentes á un ojo que las observa colocado entre ellas, y si éstas dos líneas ó superficies son de una longitud inmensa debe parecerle que se tocan en la extremidad opuesta á él.* (Fig. 116).

EXPLICACION. Sean dos Hileras de árboles parale-

las M N y R S entre las que esté colocado el ojo A.

I.º La *Distancia siempre igual* que separa los Árboles correspondientes debe parecer al ojo otro tanto mayor quanto mas cerca de él están los árboles, y otro tanto menor quanto éstos están mas léjos, porque el ojo A ve la distancia que separa los dos primeros árboles correspondientes baxo del ángulo óptico 1 A 1; La distancia que separa los dos árboles siguientes de cada hilera baxo del ángulo óptico 2 A 2; La distancia que separa los dos quintos árboles correspondientes de cada hilera baxo del ángulo óptico 5 A 5, y así proporcionalmente los demas árboles.

Es así que estos *Ángulos ópticos* van descreciendo desde el primero al último. Luego los espacios que comprehenden que son las distancias de los árboles correspondientes deben parecerle que descrecen como estos ángulos ópticos (737). Luego las Líneas paralelas M N y R S deben parecerle convergentes, deben parecerle que se aproximan al paso que se alejan del ojo.

II.º Si las dos extremidades N y S de estas Líneas ó superficies paralelas estan sumamente distantes del ojo deben parecer que se tocan; porque á una distancia muy grande del ojo la distancia constante N S se ve baxo del Angulo óptico N A S el qual será como infinitamente pequeño si los dos lados A N y A S son sumamente grandes (736).

Así la distancia N S de una legua de ciento ó de cinquenta millones de leguas vista baxo de un Angulo óptico de treinta segundos poco mas ó ménos será insensible á la vista, y parecerá que los dos puntos N y S que no aparecerán sensiblemente separados se confunden en uno solo y mismo punto (741).

Por esto se comprehende que dos Estrellas distantes una de otra cinquenta ó cien millones de leguas deben parecernos contiguas porque el espacio que las separa una de otra es como infinitamente pequeño en comparacion del espacio que las separa de nosotros, y porque á la distancia á que están las Estrellas un espacio de

cin-

cinquenta ó cien millones de leguas no es bastante considerable para que termine un arco de treinta segundos, que es baxo del qual los objetos y distancias se empiezan ya á hacer insensibles á la vista.

750. NOTA. Esta teoría se aplica como por sí misma á muchísimos fenómenos interesantes.

I.º Por esta razón todo *Quadrilongo*, por exemplo una gran Calle formada por dos hileras de árboles paralelas, una larga Galería formada por dos paredes paralelas, y una vasta Pradera comprendida entre dos canales paralelos nos parece que se estrechan hácia la extremidad opuesta al sitio desde donde las vemos. Porque la distancia aunque la misma por todas partes en este quadrado se traza á nuestro ojo baxo de un Angulo óptico mucho mayor cerca de nosotros, y baxo de ángulos ópticos siempre menores léjos de nosotros (*Fig. 116*).

II.º Esta misma razon es por la que un hombre puesto de pies á la orilla de un Lago de quatrocientas ó quinientas toesas de diámetro, en vez de ver la *Superficie del agua* en el horizonte sensible como lo está en efecto, se imagina que esta superficie se eleva cada vez mas sobre este horizonte segun que está mas léjos de él.

Porque supongamos que la Línea R S representa la *Superficie del agua*, aunque no haya aqui mas que una sola línea ó un solo plano R S, el ojo colocado en A á la altura de cinco pies poco mas ó menos fuple á la línea ó plano paralelo que falta por la dirección de su mirada A B que dirige paralelamente á la línea R S. Suponiendo pues inmóvil é invariable en su altura esta línea A B, el hombre de que hablamos estima en todas partes la distancia del agua respecto de esta línea por los Angulos ópticos comprendidos entre ella y la superficie del agua.

Así como se ve esta distancia succesivamente baxo de los Angulos ópticos decrecientes B A R, B A 1, B A 2, B A 3, B A 4, B A 5 le parecerá que decrece segun que dista mas del ojo, y la superficie del agua le parecerá que se acerca cada vez mas á la lí-

nea A B que supone siempre á una misma altura.

III.º Si las dos líneas M N y R S representan el Techo y Pavimento de una Galería muy larga nos parecerá que la línea M N se baxa segun que se va alejando del ojo porque éste compara la altura M N con la direccion A B de su mirada, la que juzga á una altura siempre constante, y porque conforme á esta suposicion ve la *distancia del Techo respecto de esta línea A B* baxo de los ángulos ópticos decrecientes B A M... B A 2... B A 5.

IV.º Esta es tambien la razon porque nos parece que una serie de *Nubes paralelas al horizonte*, y muy distantes de nosotros se va baxando cada vez mas hácia el horizonte. El ojo refiere la distancia de estas nubes respecto del horizonte á una línea horizontal que él se traza, y que forma con la altura de las nubes ángulos otro tanto mas pequeños quanto éstas estan mas distantes del ojo.

Por exemplo supongamos que la línea M N corresponde á cinco nubes elevadas como media legua sobre el horizonte. El ojo despues de haber dirigido su mirada horizontal A B á la que refiere la altura de las nubes que observa, ve la distancia de la primera nube M respecto de la línea fixa A B baxo del ángulo óptico B A 1; la distancia ó altura de la segunda nube baxo del ángulo óptico menor B A 2, y la distancia ó altura de las nubes siguientes baxo de los ángulos ópticos siempre menores B A 3, B A 4, B A 5. De modo que si la altura de la última nube N no se presenta al ojo sino baxo de un ángulo de 30 ó 40 segundos, esta altura de media legua vendrá á ser insensible á la vista, y nos parecerá que la nube N toca en el horizonte.

751. COROLARIO II. Si un Observador sin percibirlo anda una Curva al rededor de un Punto inmóvil luminoso ó iluminado, le parecerá que este punto inmóvil ha dado vuelta al rededor de él (Fig. 115).

EXPLICACION. Sea S el Punto inmóvil luminoso ó iluminado, el qual colocado en el cielo será siempre visto en un punto del firmamento. Sea tambien Z el ojo del

Observador que anda la curva $Z X P O Z$ al rededor del punto inmóvil sin echar de ver que hace esta revolucion.

I.º Se ha de suponer que la parte $c Z a$ del ojo está vuelta y dirigida hacia el Punto luminoso S durante todo el tiempo de su revolucion al rededor de él.

Quando el ojo está en Z ve el Punto luminoso en P en el exe ó direccion del Cono luminoso por el que es afectado (731 y 747).

Quando pasa sin percibirlo de Z á X ve el Punto luminoso en O en la direccion del rayo luminoso $X S O$.

Quando el ojo llegue á P verá el Punto luminoso en Z , y quando haya pasado de P á O le parecerá que el Punto luminoso ha pasado de Z á X .

Así pues le parecerá al Observador que se cree siempre inmóvil, que el *Punto luminoso* S ha andado al rededor de él la Curva $P O Z X P$ con un movimiento opuesto é igual al que él efectivamente ha tenido.

II.º En esto se ve la explicacion anticipada de un grande fenómeno astronómico: á saber, *porque nos parece que el Sol inmóvil en el centro del Mundo planetario da una vuelta cada año al rededor de la Eclíptica*, siendo así que es la Tierra la que hace cada año su revolucion por la Eclíptica al rededor del Sol inmóvil en el centro del Mundo planetario. (777)

752. COROLARIO III. Si un Observador da vueltas sobre sí mismo en un mismo sitio sin percibirlo, le parecerá que un Punto luminoso inmóvil que ve, ha descrito al rededor de él una Curva cuyo radio será la distancia de él al Punto luminoso. (Fig. 119)

EXPLICACION II. Sea $a b c d$ el ojo del Observador, el qual ojo dé vueltas sobre sí mismo en la direccion $a b c d$ al rededor del centro inmóvil N . Sea tambien S el Punto luminoso ó iluminado inmóvil en el punto S , en el cielo por exemplo. La curva $S N O M$ será la que le parecerá al Observador que describe el punto inmóvil S . Esta curva puede representar la Eclíptica á qual-

quiera otra Curva: nosotros supondremos aquí que representa el Horizonte cuyo punto S será el Occidente, y el punto N el Norte.

Supongamos en primer lugar que el ojo $a b c d$ es todo *Pupila*, y todo *Retina*; pupila del lado del punto luminoso, y retina del lado opuesto: de modo que en su revolución sobre sí mismo pueda siempre ser afectado por el rayo luminoso que pasa por su centro n .

I.º El ojo colocado y fijo en n ve primeramente el Objeto S en la línea $c n a$ S al Occidente S; y como él se cree inmóvil juzgará necesariamente que el objeto S ha mudado de lugar quando la luz despedida por este objeto afectará su retina en un punto diferente del punto c , pues que siempre vemos y referimos los Objetos en la línea recta tirada del punto en que la retina es afectada por el centro de la pupila hácia el objeto.

II.º Quando el punto a del ojo pase al punto b , el punto d estará en a , y el punto b en c . Entonces el rayo luminoso afectará la retina en b , y será visto en la línea recta $b n d$ prolongada hasta S.

Como el ojo se cree inmóvil, y en vez de ser afectado como antes por la luz del objeto en c es afectado en b juzgará necesariamente que el objeto S ha pasado de S á N corriendo el arco S N de occidente á norte, igual y opuesto al arco $a b$ que el mismo ojo ha corrido de occidente á medio-día.

III.º Quando el punto c pase á a , el rayo luminoso afectará la retina en a , y el ojo verá el punto luminoso en la línea $a n c$ prolongada hasta S que le parecerá estar en O.

Como el ojo se cree inmóvil juzgará que el objeto S que estaba en n ha pasado de n á o corriendo el arco $n o$ de norte á oriente.

IV.º Quando el punto b pase á a , el rayo luminoso afectará la retina en d , y el objeto luminoso será visto en la línea $d n b$ prolongada hasta S, que parecerá estar en M, y el objeto S parecerá que ha corrido el arco O M de oriente á medio-día.

V.º Si el ojo está siempre á la misma distancia del objeto S, ve siempre este objeto á la misma distancia de él, á saber á la cúspide del cono luminoso *a S*, y la Curva que parece que ha descrito el punto inmóvil S al rededor del ojo es un círculo.

Como durante la revolucion *a b c d* del ojo el rayo luminoso afecta sucesivamente todos los puntos de la retina, y el objeto ó punto luminoso es siempre visto á la extremidad del rayo luminoso, este Punto S será visto sucesivamente á la extremidad de las líneas *c n a S*, *b n d N*, *a n c O*, *d n b M*; y así parecerá que este punto luminoso S, ó si es un cuerpo que presenta á la vista una superficie bastante grande cada punto sensible del objeto luminoso ó iluminado S, ha descrito al rededor del ojo que se cree inmóvil una Curva en una dirección opuesta á la revolucion *a b c d* del ojo.

EXPLICACION II. Hemos supuesto que el Ojo del Observador es toda pupila y retina para hacer más sencilla é inteligible la explicacion y demostracion de este importante Corolario. Restanos hacer ver que esta suposicion no altera ni destruye en nada la verdad que acabamos de explicar y probar.

El Observador vuelto primero hácia el punto luminoso S le percibe por medio del rayo *S a n c* que pasa por medio de su pupila y afecta el medio de su retina *c*, y refiere este punto luminoso hácia alguno de los principales puntos del mundo, por exemplo al Occidente. Y como se cree constantemente inmóvil, tiene siempre por Occidente el punto de donde debe partir el rayo luminoso para pasar por medio de su pupila y afectar el medio de su retina. De consiguiente

1.º Quando la pupila *a* haya pasado á *b*, el Observador deberá tener por occidente el punto M, y por norte el punto S que tiene ya una direccion muy obliqua hácia su pupila.

Y así le parecerá que el Objeto luminoso S ha dexado el occidente, y ha retrocedido por todo el arco MS de occidente á norte.

II.º Quando la pupila a haya pasado á c , el Observador debe tener por occidente el punto O , y por oriente el punto diamétralmente opuesto á su pupila, el punto S .

Le parecerá pues que el objeto luminoso S ha retrocedido por todo el arco OMS caminando de occidente á norte, y de norte á oriente, y lo mismo le deberá suceder en todos los demas puntos de su revolución.

III.º Este Corolario sirve para dar razon de un gran Fenómeno astronómico, á saber *porque nos parece que el Sol y las Estrellas aunque inmóviles dan cada dia vuelta al rededor de la Tierra siendo así que la Tierra misma es la que con todos sus habitantes da vuelta cada dia sobre su eje.*

753. NOTA. Sirve tambien este Corolario para dar razon de una *Ilusion óptica* que se experimenta con bastante frecuencia. Por exemplo un hombre que sentado sobre una barca y llevado rápidamente por la corriente de un rio fixa inmovilmente su vista en la orilla cercana verá esta orilla huir detras de él con una velocidad proporcional á la de la barca que le lleva.

La razon es porque la luz reflexada por los objetos que hay en la orilla da sucesivamente en diferentes puntos de su retina, la qual participa del movimiento de la barca. De donde se sigue que al paso que se mirará como inmóvil en la barca deberá referir continuamente el mismo objeto á nuevos puntos del cielo ó del horizonte. Por exemplo (Fig. 118)

Sea $R S$ el curso del rio de occidente á oriente. El ojo a r del que suponemos sentado en la barca herido por el rayo $T r$ en medio de su retina referirá el objeto T al norte. Puesto su ojo en $d m$ creyéndose siempre en r herido por el rayo $T n$ fuera del medio de su retina juzgará que el objeto T ha retrocedido hácia el occidente una cantidad correspondiente al ángulo $m d n$, ó que el objeto T ha andado hácia el occidente el espacio $V T$.

754. COROLARIO IV. Quando los Objetos estan muy distantes del ojo la Vision es débil y confusa, y el ojo no puede percibir la verdadera figura, la verdadera postura, ni la verdadera distancia de los objetos.

EXPLICACION. La razón es porque las varias partes de los objetos muy distantes se presentan al ojo baxo de ángulos ópticos muy pequeños, y se trazan en la retina baxo de imágenes muy pequeñas y muy poco iluminadas. Por exemplo

I.º Una Torre quadrada vista de muy léjos parece cilíndrica, porque los rayos que reflexan en ella y que se van siempre enrareciendo y debilitando á medida de que se alejan del punto reflexante, no son bastante sensibles ni eficaces para que trazan clara y distintamente en el ojo los ángulos en que termina, lo que hace que la Torre se trace en el ojo como sino tuviera ángulos, y por tanto como si fuera cilíndrica.

II.º Una Hilera de árboles que forma un semi-círculo parece á mucha distancia que está en línea recta; porque á mucha distancia la luz reflexada por los árboles un poco mas distantes es sensiblemente igual en densidad á la que reflecten los árboles un poco menos distantes, y porque los exes ópticos que se van á reunir en cada punto sensible de cada árbol son muy poco diferentes en convergencia para que nos hagan sentir que tal árbol está un poco mas ó ménos distante que tal otro.

Así pues las diferentes causas que nos hacen apreciar la distancia de los Objetos no tienen en el caso de que hablamos bastante influencia sobre nosotros para hacernos sentir la diferencia de distancia que hay desde cada árbol de por sí á nosotros en esta hilera circular de árboles. (747)

III.º Quando una Araña que no tiene mas que una vela encendida da vueltas sobre sí misma hacia el medio de una gran sala, le parece al Espectador colocado muy léjos al extremo de esta sala, que la vela que da vueltas describe alternativamente una línea recta en la pared opuesta.

La razon es porque nosotros referimos los objetos á la extremidad del rayo luminoso que afecta á nuestro ojo, y porque la suma de todos los rayos luminosos que afecta nuestro ojo durante la revolucion circular de la vela encendida termina en la pared opuesta en diferentes puntos que forman sensiblemente una línea recta.

755. COROLARIO V. *La Luz que un Astro despide ó refleja á nuestros ojos debe ser mas débil quando el astro está hácia el horizonte, y mas viva y fuerte quando está hácia el meridiano* (Fig. 135).

EXPLICACION. La Tierra está rodeada de una gran masa de ayre que se eleva siendo cada vez mas rara á unas quince leguas sobre su superficie, y que está siempre cargada á lo menos en su parte inferior de una gran cantidad de vapores y exâlaciones (665 y 614).

Sea *T* el Globo terraqueo, *v a x t* la Atmósfera que le cubre, *S* el Sol ó la Luna, ó qualquier otro Astro en el Horizonte, *Z* el Sol en el Meridiano, *m* y *a* la altura de la Atmósfera, *m* un ojo dirigido ya hacia *S*, y ya hácia *Z*.

Es evidente que este conjunto de ayre de vapores y exâlaciones que forma la Atmosfera terrestre *v a x t*, debe debilitar la luz de este astro otro tanto mas quanto mas larga y voluminosa es la masa que se opone á sus rayos.

Ahora pues es claro que quando el Sol está en el horizonte *m n S*, es necesario para que sus rayos vayan á iluminar á un ojo en *m* que atraviesen la Atmósfera terrestre en toda la longitud *m n*, en vez de que quando el Sol está hácia el Zenit en el meridiano *m a Z* sus rayos solo tienen que atravesar la Atmósfera terrestre en la longitud mucho mas corta *a m*.

De donde resulta que la *Luz del Sol quando está en el horizonte* debe ser mas débil, ménos viva y ménos fuerte que quando está en el Meridiano; y se puede decir lo mismo de la Luz de la Luna, Planetas, Cometas y Estrellas.

EL ORGANQ DE LA VISTA.

756. OBSERVACION. El Ojo, este globo prodigioso en que se pinta de un modo inefable la Naturaleza visible es un verdadero *Telescopio de refraccion* en que se obtenta toda la destreza del Supremo Artifice que le formó.

Este globo, este telescopio, este órgano de la vista, el *Ojo* está compuesto principalmente de *Túnicas* que le cubren, de *Humores* que le ponen en estado de refractar convenientemente la Luz, y de *Nervios* que le inclinan, alargan, encogen é imprimen todos los movimientos necesarios á sus funciones.

757. DESCRIPCION I. Las principales *Túnicas del ojo* son la Cornea, la Coroyde y la Retina. (Fig. 101)

I.º La *Cornea* es la túnica mas exterior del ojo, que le cubre todo al rededor. Es esférica y opaca excepto en la parte anterior del ojo en la que es transparente y sale afuera D P D.

Segun M. Petit célebre Médico y hábil Anatómico la parte transparente de la cornea en un adulto es un segmento de esfera cuyo diámetro es de unas siete líneas, cuya cuerda es de unas cinco, y cuyo grueso es de unas dos ó tres duodécimas partes de línea.

II.º La *Coroyde* es la segunda túnica del ojo á quien cubre tambien todo al rededor. En el feto es blanquecina, y en el adulto entre morena y roxa. Esta túnica opaca por su naturaleza tiene en el medio un orificio circular *vv* que se llama *Pupila*, y que sirve de dar paso á la luz para que penetre al fondo del ojo. La parte de la Coroyde que forma un círculo al rededor del orificio *vv*, y que se transparenta por la Cornea, se llama *Iris* á causa de la variedad de sus colores.

La Coroyde se encoge y estiende segun es necesario para aumentar ó disminuir el diámetro de la pupila, y poder de este modo recibir un volúmen mayor ó menor de rayos A P C a.

III. La *Retina* es la tercera y última túnica del ojo á quien cubre en toda su parte interior *r a s C*. El espacio casi esférico *r a s C* cubierto por la retina está vacío.

La *Retina* es transparente debaxo de la pupila, y negruzca y cubierta de una infinidad de nerviecos en el fondo del ojo *r a s*.

758. DESCRIPCION II. Los principales humores del ojo, los que contribuyen á la refraccion conveniente de los rayos *A P* son el humor aqueo, el humor cristalino, y el humor vitreo (*Fig. 101*)

I.º El *Humor aqueo* es un humor claro, ferofo, limpio, y bastante semejante al agua pura. Está entre la *Cornea* y la *Coroyde* encerrado entre dos membranas sutiles y transparentes. Su figura es la de un menisco, convexo de un lado y concavo de otro como los Vidrios con que se cubren las Muestras.

II.º El *Humor cristalino*, ó simplemente el *Cristalino* es una especie de pequeña lente solida *C* de unas quatro líneas de largo, convexa de ambos lados, y situada debaxo del humor aqueo y la pupila.

El *Cristalino* no es absolutamente necesario para ver, pues que hay personas á quienes se les ha quitado totalmente en la operacion de las Cataratas, y que no obstante ven muy bien despues.

III.º El *Humor vitreo* es un cuerpo muy transparente, mas viscoso que el humor aqueo, menos sólido que el cristalino, un poco cóncavo en su parte anterior en que el *Cristalino* está como engastado, y bastante convexo en su parte posterior que mira al fondo del ojo.

Al rededor de este cuerpo transparente, de este *Humor vitreo* se ve un arco de *Fibras musculares* que mediante su contraccion y expansion pueden alejarle y acercarle á la pupila y retina.

759. DESCRIPCION III. Los *Nervios* son cordones blanquecinos de diferente grueso, susceptibles de contraccion y expansion, principios del movimiento, y órganos ó sedes del sentimiento (*Met. 794*).

I.º El Ojo tiene sus *Nervios principios del movimiento*, por medio de los quales se mueve de abaxo arriba, de arriba abaxo; de derecha á izquierda, y de izquierda á derecha: hace mas ó menos convexa su Cornea, da mas ó menos anchura á su Pupila, y lleva hácia adelante, ó retira hácia atrás las Membranas en que se contienen sus diferentes Humores ópticos, y principalmente el Cristalino.

II.º El Ojo tiene sus *Nervios órganos del sentimiento*. El principal de ellos, el único que merece, en este Tratado una atencion particular es el Nervio óptico O r s en el que se executa la vision.

El Nervio óptico viene del cerebro dividido en una multitud de ramificaciones, y se esparce por el fondo del ojo en infinitos cordoncitos que el Microscopio representa como los pelos de un terciopelo.

Este Terciopelado segun la opinion mas general está en la Retina, y segun la opinion de M. le Cat rechazada y combatida fuertemente por M. Haller y otros varios Anatomicos célebres está en la Coroyde colocada debaxo de la Retina transparente y sin color.

ARTIFICIO DE LA VISION.

760. OBSERVACION. Para que se verifique la *Vision*, es necesario que los rayos despedidos ó reflexados por los Objetos sensibles traen por su coincidencia una imágen clara y distinta de estos objetos en el fondo del ojo sobre el Nervio óptico; sea que este Nervio óptico esté en la Retina, sea que esté en la Coroyde contigua á la retina. Por exemplo. (Fig. 101)

El Cono luminoso A P compuesto de rayos divergentes nunca iria á coincidir y formar una imágen en el fondo del ojo en el punto *a*, si estos rayos divergentes no padeciesen en el ojo unas refracciones capaces de darles un punto comun de reunion y concurso. La naturaleza y configuracion del ojo les da esta condicion esencial á la Vision, como lo vamos á explicar.

I.º La Cornea y el Humor aqueo son para la Luz medios mas facilmente penetrables que el ayre ; y así los Rayos A P que pasan obliquamente del ayre á estos medios se acercan á su Perpendicular P C, que en un Medio convexo es una línea recta tirada desde el punto de incidencia al centro de la curvatura. (403 y 408)

Padecen pues estos Rayos *divergentes* A P así que entran en el ojo, una primera refraccion que les acerca unos á otros, y hace que lleguen mas condensados á la Pupila C.

II.º El Cristalino C es para la Luz un Medio todavia mas facilmente penetrable que el Humor aqueo, así como el Vidrio es para ella un Medio mas fácil y menos resistente que el Agua.

Este *Cristalino* cuya configuracion es lenticular hace el oficio de una Lenté, y refractando fuertemente los rayos A P C les acerca considerablemente unos á otros, les hace *Convergentes* en la direccion C N, y aun les haria coincidir en N antes de llegar á tocar en el fondo del ojo.

III.º El Humor vitreo colocado debaxo del Cristalino es para la Luz un Medio menos denso y mas difficilmente penetrable que el Cristalino. Y así los Rayos *demasiado convergentes* C N padecen en este nuevo Medio una *nueva Refraccion* que les hace menos convergentes y les separa lo bastante para hacerles que vayan á coincidir fixamente al fondo del ojo en a.

Este es el admirable Mecanismo mediante el qual el Objeto A se pinta en el fondo del Ojo, y el Alma percibe la *imagen de este objeto* con ocasion y mediante la conmoción que produce este manojo de Rayos coincidentes en las fibras infinitamente delicadas y sensibles del Nervio óptico, las quales no son otra cosa que el Afelpado ó Terciopelado que se observa en el fondo del ojo.

IV.º Igualmente de cada punto del Objeto A D B parten haccitos de Rayos *divergentes* que el Ojo refrac-

ta, vuelve convergentes y hace coincidir en diferentes puntos de su Retina (*Fig. 117*).

El punto A va á pintarse en *a* por medio del rayo refractado A R *a*, el punto D se va á pintar en *él* por medio del rayo refractado D R *d*, y el punto B se va á pintar en *b* por medio del rayo refractado B R *b*.

Lo mismo se puede decir de cada punto sensible del Objeto. Cada punto del Objeto se va á pintar sobre un punto particular de la Retina *a d b* mediante un cono luminoso que refleja de sí y envia al Ojo, y que el Ojo refracta y hace coincidir en un mismo punto asemejándose bastante en esto á un Espejo convexo ó á una Lente. De este modo todo el Objeto visible tiene su *imagen clara y distinta* en el fondo del Ojo, en donde el alma la percibe con ocasion de la conmocion sensible que producen en él los rayos que la trazan.

V.º Por esto se comprehende como vemos á un mismo tiempo una multitud de Objetos sin confusion alguna. La razon es porque cada Objeto colocado fuera del ojo en diferentes puntos del espacio traza necesariamente su imagen sobre diferentes puntos de la Retina.

Un Objeto puesto en A no puede pintarse en otro punto que en *a*. Otro Objeto puesto en B no puede pintarse en otro punto que en *b*. Cien Objetos intermedios solo se pueden pintar sobre otros tantos puntos intermedios de la Retina *a d b* á distancias proporcionadas á los ángulos baxo de los quales los rayos despedidos ó repercutidos por ellos vienen á refractarse al ojo.

Quando estos Objetos á causa de su pequenez, distancia, ó falta de iluminacion suficiente hacen en el ojo una impresion demasiado débil, ó trazan en él una imagen demasiado pequeña dexan de ser visibles, y el Alma no los ve porque no hacen sobre las fibras de la Retina una impresion bastante clara y sensible para que consigan excitar la atencion del alma (728, 741, 744).

MIOPE Y PRESBYTAS.

761. OBSERVACION. No todos los Ojos tienen exactamente un mismo grandor y configuracion de partes. De aquí la *diferencia de Vistas*. Unos tienen la Cornea mas convexa, otros mas aplanada: De aquí una inflexión desigual en los mismos rayos, los cuales refractan otro tanto mas fuertemente quanto mas convexo y obliquo á su línea de incidencia es el medio refractante. El Cristalino es tambien verosimilmente como una Lente, mayor en unos que en otros, en unos mas y en otros menos convexa, y mas ó menos apropósito para refractar los rayos y abultar los objetos. De donde se sigue que no deben siempre unos mismos objetos ser vistos con la misma claridad y baxo del mismo grandor absoluto por diferentes Personas.

De estas varias *diferencias de Vistas* no consideraremos aquí mas que tres. La de los Miopes, la de los Presbytas, y la que reúne las perfecciones de estas dos Vistas opuestas sin tener sus defectos. (Fig. 101)

1.º Los *Miopes* ven claramente los Objetos cercanos, y confusamente los distantes. Esto proviene de que su ojo es como un *Vidrio muy convexo* que refracta fuertemente los rayos.

Los rayos que vienen al ojo del Miope de cada punto de un *Objeto muy cercano* ó muy poco distante tienen demasiada divergencia.

El Ojo del Miope siendo muy convexo en su cornea D P D, ó en su cristalino C refracta con mucha fuerza los rayos divergentes A P, y los hace coincidir justamente en *a* sobre la retina, y así la vision es clara y distinta (734 y 760).

Por el contrario los rayos que vienen de cada punto de un *Objeto muy distante* tienen muy poca divergencia, y refractando el Ojo del Miope con mucha fuerza los rayos muy poco divergentes A P, los hace coincidir en N, desde donde van divergentes á esparcirse so-

bre la retina sin producir en ella una impresion clara y distinta, y así la Vision es débil, confusa y aun nula.

Los Miopes tienen necesidad para ver los objetos muy distantes de un *Vidrio cóncavo*, que aumentando la divergencia de los rayos poco divergentes A P antes que lleguen al ojo, les aparte lo suficiente para que mediante la refracción que padecen en el ojo puedan coincidir exactamente en el punto *a* de la retina.

II.º Los *Présbytas* ven claramente los Objetos distantes, y confusamente los cercanos. La razon es porque su ojo mas aplanado que lo necesario es como un Vidrio poco convexo que refracta muy poco los rayos.

Los rayos A P que parten de cada punto de un *Objeto muy distante* tienen muy poca divergencia, y refractándolos débilmente el Ojo présbyta les hace coincidir exactamente en el punto *a* de la retina, y la Vision es clara y distinta.

Por el contrario los rayos que parten de cada punto de un *Objeto poco distante* tienen mucha mas divergencia, y refractándolos débilmente el Ojo présbyta, les haria coincidir en M mas allá de la retina; Y así estos rayos A P M llegan á la retina divididos y esparcidos, y no hacen en ella una impresion comun y reunida; de lo que proviene que la Vision siempre afecta á una impresion hecha sobre un mismo punto de la Retina por los rayos que parten de un mismo punto del Objeto visible es débil, confusa y aun nula.

Los Présbytas tienen necesidad para ver los Objetos muy poco distantes de un *Vidrio convexo* que disminuyendo la divergencia de los rayos muy divergentes A P antes que entren en el ojo, supla la falta de virtud refractante que tiene el ojo, haga convergentes estos rayos A P, y los disponga á que vayan á coincidir precisamente en el punto *a* de la retina despues de las nuevas refracciones que padecen en los Humores del ojo.

III.º Un *Ojo perfectamente bien conformado* es el que ve distintamente así de cerca como de léjos, teniendo la facultad de convertirse alternativamente en Ojo mio-

pe ó alargado quando mira objetos poco distantes, y en présbyta ó aplanado quando mira objetos muy poco distantes.

Esta facultad de hacerse mas convexô ó mas plano, reside principalmente en los músculos y fibras ciliares que rodean el *Cristalino*, y que verosimilmente pueden aproxímarle á la Cornea, ó alejarle de ella.

Es tambien probable que las fibras y músculos que terminan en las Túnicas y Membranas del ojo pueden dar á este maravilloso Organó un poco mas ó menos convexidad segun sea necesario, ya sea haciendo un poco mas convexâ y oblongada la Cornea D P D, ya sea haciendo un poco mas cóncava, y retirando un poco mas atrás la Retina *r a s* en que se trazan las imágenes de los Objetos.

REFRACCION ASTRONÓMICA.

762. DEFINICION. Llámase *Refraccion Astronómica* la inflexion que recibe la Luz de los Astros al atravesar la Atmósfera terrestre (755) quando da en ella obliquamente (Fig. 135).

I.º La Atmósfera que rodea y cubre nuestro Globo es un Medio sensiblemente esférico, mas facilmente penetrable para la Luz que el espacio que hay mas allá de esta Atmósfera (qualquiera que sea la causa de este fenómeno). *Debe pues la Luz al penetrar obliquamente en este nuevo Medio padecer una refraccion bastante semejante á la que padece al pasar obliquamente del ayre al agua.* (408)

El rayo S *n* por exemplo, se acercará á su perpendicular que es una línea recta *n T* tirada desde el punto de incidencia en la Atmósfera *n* al centro de su curvatura que es el centro mismo de la Tierra.

II.º La Atmósfera que cubre la Tierra no tiene igual densidad por todas partes: las capas cercanas á la superficie del globo son mucho mas densas que las superiores, las cuales se van enrareciendo cada vez mas desde las mas baxas hasta las mas altas (662). Si la Virtud

re-

refractante de la Atmósfera es por todas partes proporcional á la diferente densidad de sus capas como es bastante verosímil, *al atravesar la Luz todas las capas de la Atmósfera padecerá una refraccion siempre creciente desde las mas altas hasta las mas baxas.*

Por consiguiente si suponemos la Atmósfera dividida en capas concéntricas, refractándose en las diferentes capas de la Atmósfera el rayo obliquo Rb describirá la línea curva $b d m$ acercándose siempre cada vez mas á sus perpendiculares sucesivas bT , y dT , al paso que la Potencia refractante se aumente con la densidad de las capas, y el Astro R de donde viene el rayo $Rb d m$ será visto en r por un ojo puesto en m . (731)

III.º La Refraccion va decreciendo desde el Horizonte hasta el Zenit del Observador.

La razon es porque el rayo por el que el Observador ve á este Astro subir del horizonte al zenit atraviesa otro tanta menor porcion nm , y am de la Atmósfera quanto mas cerca del zenit está el Astro.

IV.º Todos los Astros que estan á una misma altura sobre el horizonte sean mas, sean menos luminosos ó iluminados, esten mas ó esten menos cerca de la Tierra padecen igual Refraccion.

La razon es porque la Refraccion no depende ni de la distancia del astro, ni de la cantidad de su luz, sino simple y únicamente de la Atmósfera que exerce su Potencia refractante sobre el rayo qualquiera que la penetra, sea el que quiera su origen y densidad.

V.º La Refraccion de un mismo Astro en un mismo punto del Cielo no es perfectamente constante, ó siempre igual á sí misma.

La razon es porque debe participar de todas las variaciones de la causa refractante que es el ayre, el qual está ya mas ya menos condensado, ya mas ya menos cargado de exhalaciones y vapores.

VI.º Consta por las Observaciones astronómicas, que la Refraccion es de unos 33 minutos en S y R en el horizonte; de unos tres y medio en s y r á 15 grados so-

sobre el horizonte; como de 1 minuto en N á 45 grados sobre el horizonte; y como de 10 segundos en M á 80 grados sobre el horizonte; y en fin que es totalmente nula en Z en el zenit.

LOS CREPUSCULOS.

763. DEFINICION. El *Crepúsculo* es aquella luz que se aumenta ó disminuye por grados insensibles por la mañana desde el romper del dia hasta el salir del Sol, y por la tarde desde ponerse el Sol hasta cerrar la noche. Por lo comun se da el nombre de *Aurora* á la luz que precede á la salida del Sol, y el de *Crepúsculo* á la que sigue á su ocafo.

Consta por las Observaciones, que el *Crepúsculo* empieza y acaba quando el Sol está á unos 18 grados debaxo del horizonte, es decir una hora y doce minutos antes de salir y despues de ponerse; pero que ésta *duracion del Crepúsculo* es mayor en los Solsticios que en los Equinoccios, mayor en la Esfera obliquia por exemplo en la Europa, que en la Esfera recta debaxo del Equiador.

EXPLICACION. Sea el Sol que hace su revolucion real ó aparente debaxo del horizonte R T S desde media noche hasta que se dexa ver en el horizonte. (Fig. 135)

I.º Es claro que el Sol puesto debaxo de T, ó de T en el Nadir ó no léjos del Nadir no puede despedir á el ojo puesto en *a* ninguno de sus rayos por ser todos detenidos y repelidos por la masa opaca de la Tierra T.

II.º El Sol pasa succesivamente debaxo del horizonte R T S desde R hácia G. En llegando á G á unos 18 grados debaxo del horizonte S despide hácia todas partes rayos divergentes sobre la Atmósfera terrestre, los quales teniendo diferentes grados de *Refrangibilidad* padecen unos más, y otros menos refraccion (616).

Entre los rayos que despide el Sol desde el punto G consideremos solo el hacecillo de rayos G n, que es

el solo que puede inclinarse hácia el ojo puesto en *m*. De estos rayos *G n* los mas refrangibles y mas refractados empiezan á ir en muy corto número al ojo *m* por la línea torcida *G n m*, al paso que los menos refrangibles, menos refractados y menos inclinados se van á perder sobre el ojo en *a*. Colocado pues el Sol en *G* empieza el ojo *m* á recibir con gusto una débil impresion de luz que le prepara á la dichosa vuelta de este Astro que debe iluminar y vivificar la Naturaleza.

Estos Rayos mas refrangibles y mas refractados caen sobre los Objetos terrestres que los repercuten á el ojo *m* que por este medio empieza á distinguir los objetos que estan muy cerca de él.

III.º A medida de que el Sol sube de *G* á *S*, la luz se aumenta succesivamente sobre la superficie terrestre en que está el ojo. Porque á proporcion de que el Sol se acerca al horizonte los rayos menos refrangibles que iban á perderse en la Atmósfera encima del horizonte, se refractan é inclinan suficientemente para poder caminar sobre el horizonte juntamente con los rayos mas refrangibles. De donde proviene que los Objetos terrestres reciban ya una cantidad abundante de rayos que reflexando en ellos les hacen mas visibles.

IV.º Los rayos del Sol refractados quando este Astro está todavia algun tanto debaxo del horizonte, dan ya una luz suficiente para anunciar su próxima llegada é iluminar enteramente los objetos terrestres, pero no pueden todavia trazar en el ojo la *imagen misma del Sol*.

La razon es porque estos rayos desigualmente refractados y demasiado esparcidos no llegan todavia al ojo con la densidad y combinacion que les son necesarias para poder trazar en la retina la imagen de este Astro, la qual debe resultar de una impresion hecha por rayos bastante denfos y combinados sobre poco mas ó menos en los mismos términos que lo estan quando parten del Sol.

V.º El Crepúsculo de la tarde es comunmente un poco mas largo que el de la mañana; porque la Atmósfera

calentada y dilatada durante el día, y resfriada y condensada durante la noche tiene mas altura por la tarde que por la mañana, y la duracion de la Refraccion astronómica es siempre sensiblemente proporcional á la altura del Medio en que se hace.

VI.º El Crepúsculo es mas largo en los Solsticios que en los Equinoccios, suponiendo que todas las demas cosas sean por otra parte iguales; porque atravesando la Luz mas obliquamente la Atmósfera en los Solsticios, está expuesta durante una travesía mas larga á la *Potencia refractante* de la Atmósfera, y por otra parte necesita el Sol mucho mas tiempo para meterse unos 18 grados debaxo del horizonte R T S con un movimiento obliquo, que con un movimiento perpendicular al Horizonte.

De aquí la menor *duracion del Crepúsculo* debaxo y cerca del Equador que en las Zonas templadas, y en especial en las glaciales.

VII.º Seria inútil detenernos aquí á ponderar la Sabiduría y Beneficiencia de la Providencia divina en el Fenómeno que acabamos de explicar.

Todos saben que el Crepúsculo haciéndonos pasar por grados insensibles de la luz mas clara á las tinieblas, y de las tinieblas á la luz mas clara se acomoda á la delicadeza de nuestros ojos, prolonga la duracion de nuestros trabajos, en especial los campestres, y nos prepara convenientemente así á la ausencia como á la vuelta de la Antorcha del Mundo.

Nadie ignora que los Pueblos cercanos á los Polos deben á esta benéfica refraccion de la Luz aquellas bellas noches, aquellas noches bastante semejantes á nuestros crepúsculos que les consuelan y desquitan durante cinco ó seis meses cada año de la ausencia total y permanente del Astro del día: ausencia cuya causa fisica explicaremos en otra parte (770 y 772).

ELEMENTOS DE FISICA

TRATADO DECIMO.

TEORIA DEL CIELO.

764. OBSERVACION. Sin incluir al Sol que parece que es un Astro aparte, se dividen los Astros en Estrellas fijas, Planetas y Cometas.

I.º Llámanse *Estrellas fijas* aquellos Astros que son luminosos por sí mismos, y que conservan siempre una misma relacion de distancia entre sí. Un grupo ó un cierto número de estrellas juntas se llama *Constelacion*.

II.º Llámanse *Planetas* ciertos Astros opacos que se ven errar constantemente en la region del Cielo acercándose unas veces, y alejándose otras á diferentes Estrellas fijas.

De aquí el nombre que se les da de Planetas, de la palabra griega *planetes* que significa errante: *Astra errantia*.

III.º Llámanse *Cometas* ciertos Astros opacos como los Planetas, que aparecen en el Cielo durante un tiempo mas ó menos considerable, y desaparecen despues durante mucho mas tiempo, y andan así apareciendo y desapareciendo segun lo exige su revolucion regular y periódica al rededor del Sol.

Estos Astros que no son siempre visibles como lo son los Planetas llevan por lo comun arrastrando tras sí

en el Cielo una larga cola á modo de cavellera, lo que ha sido causa de que se les dé el nombre de Cometas. De *cometes* *Cometa*: Astro con cavellera: *Astra cometa*.

765. NOTA. Tres grandes Hombres que han florecido en estos últimos siglos son los que mas han contribuido á elevar la Astronomía al punto de perfeccion que tiene hoy en la Europa ilustrada: *Copérnico* que descubrió el verdadero Systema del Mundo, ó la verdadera colocacion de los Cuerpos celestes: *Keplero* que dió á conocer las verdaderas Leyes de sus movimientos; y *Newton* que atinó con las verdaderas Causas de estos movimientos y revoluciones.

I.º Antes de Copérnico se tenia la extravagancia de hacer al Sol, los Planetas y las Estrellas dar vueltas al rededor de la Tierra inmóvil en el centro del Firmamento. De aquí resultaba en los Astros un curso chocante, un curso diametralmente opuesto á toda teoría del Movimiento.

Copérnico puso la Tierra en su verdadero sitio, en la clase de los Planetas: colocó al Sol inmóvil en el centro del Mundo planetario, é hizo de las Estrellas otros tantos Soles inmóviles, destinados á iluminar á otros Planetas ó Astros opacos que debian errar al rededor de cada uno de estos Soles.

II.º Antes de Keplero, despues aun de Copérnico no se conocia, ó no se conocia sino muy mal el curso de los Planetas que se suponía circular.

Keplero descubrió que los Planetas ya mas, ya menos distantes del Sol hacian sus revoluciones periódicas al rededor de este Astro, no en círculos sino en elipses, segun dos Leyes generales conforme á las que se podian calcular todos sus movimientos, y de las que Newton supo hacer tan grande uso.

III.º Antes de Newton, despues aun de Copérnico y Keplero se ignoraba la Causa ó Principio fisico que retiene en su órbita á los Planetas durante su revolucion al rededor del Sol.

Newton hizo ver que esta causa era su Pesantez

ó Gravitacion hácia el Sol centro común de sus movimientos, y demostró que esta gravitacion ó pesantez en un mismo Planeta, por exemplo en la Tierra ó en Júpiter era siempre en razon inversa del *quadrado de las distancias* del Planeta al Sol, y que de la influencia de ésta pesantez ó gravitacion de los Planetas hácia el centro del Sol provenian todos los grandes Fenómenos celestes.

En esta Obra elemental nos ceñiremos á explicar y probar bien lo que concierne al Sistema de Copérnico, á los Vacíos de Newton, y á las Leyes de la Atraccion universal.

SECCION PRIMERA.

EL SISTEMA DE COPERNICO, Ó EL VERDADERO SISTEMA DEL MUNDO.

766. OBSERVACION. Aristarco de Samos, Pitágoras y algunos otros Filósofos de la célebre Antigüedad habian llegado á entrever que el Sol debia estar inmóvil en el centro del Mundo Planetario, y que la Tierra debia ser un Planeta que errase al rededor del Sol. Pero esta Opinion mal expuesta, mal explicada y mal combinada habia parecido un simple sueño, y habia caido en un total olvido. Un Hombre grande la examina, profundiza y presenta baxo de su verdadero aspecto al principio del Siglo XVI, y quando antiguamente habia sido despreciada como un sueño, ha sido en fin generalmente adoptada en estos últimos Siglos como el verdadero Sistema del Mundo.

Este grande Hombre fué Copérnico, natural de Thorn en la Prusia Real, y Canónigo que fué de Varmia. He aqui en pocas palabras su idea que expondremos mas por extenso en toda esta primera Seccion. (Fig. 124)

I.º En el centro sensible del Mundo planetario está si-

tuado el Sol inmóvil F, centro común de todos los movimientos de los Planetas.

Las Estrellas son otros tantos Soles inmóviles al rededor de los cuales es verosímil que hagan sus revoluciones unos Planetas semejantes á los que ilumina y da color nuestro Sol.

II.º Al rededor del Sol inmóvil F hacen sus revoluciones seis Planetas principales, que son Mercurio, Venus, la Tierra, Marte, Júpiter y Saturno.

La Tierra T tiene una Luna; Júpiter I tiene quatro; Saturno S cinco, las quales hacen sus revoluciones aparte al rededor de su Planeta, al mismo paso que éste Planeta que los arrastra consigo hace su revolucion mas ó menos lenta al rededor del Sol.

III.º La Tierra-planeta tiene tres movimientos diferentes, que son:

Un Movimiento diurno de Occidente á Oriente al rededor de su eje siempre sensiblemente paralelo á sí mismo, en virtud del qual nos parece que todo el Cielo da vuelta en direccion contraria de Oriente á Occidente en el espacio de 24 horas. (Fig. 127)

Un Movimiento anual en la Eclíptica, y segun el orden de los Signos *a, b, c, d, e, f, g, h, a* en virtud del qual nos parece que el Sol inmóvil corre la Eclíptica segun el orden de estos Signos en el espacio de un año.

Un Movimiento retrógado en todos los puntos de su masa de Oriente á Occidente, y paralelamente á la Eclíptica. Este movimiento es muy lento, y en virtud de él nos parece que todas las Estrellas aunque inmóviles caminan hácia adelante cada año segun el orden de los Signos, y se acercan ó alejan un poco del Equador haciendo una revolucion entera segun el orden de los Signos al rededor de los Polos P y O de la Eclíptica en el espacio de 25,740 años.

IV.º Así segun Copérnico el Sol está fixo é inmóvil en S en el centro sensible del Firmamento, ó de la Region de las Estrellas, y la Tierra T ó E al mismo tiempo que hace cada dia una Revolucion al rededor de

su *axe* *v x* de Occidente á Oriente hace cada año otra al rededor de la *Eclíptica* *E C E* de Occidente á Oriente segun el orden ó serie de las Constelaciones *h a b d n g h* que estan distribuidas en el Zodiaco. (Fig. 127)

El Zodiaco es en el Firmamento una grande faxa circular de unos 16 grados de anchura, atravesada por el medio de toda su circunvolucion por la *Eclíptica* ó por la curva *E C E* que describe en un año el centro de la Tierra-planeta. Dentro de esta Zona circular se comprehenden las diferentes curvas de todos los Planetas principales que dentro de ella cortan cada uno la *Eclíptica* baxo de ángulos de diferente grandor.

V.º Pensaba Copérnico que las órbitas *m n m T D T, K I K* de los diferentes Planetas eran círculos: mas las observaciones posteriores han demostrado que no son sino Elipses. (Fig. 124)

Pero la misma Colocacion ó el mismo orden de cosas que él habia supuesto en el Mundo planetario con los círculos, queda y permanece con las Elipses que se les ha substituido. (Math. 738, 749, 757, 767)

PROPOSICION I.

767. El Sistema de Copérnico concuerda perfectamente con todos los Fenómenos Astronómicos, con solo hacer en él la leve mutacion de substituir el movimiento elíptico al circular que él atribuia á los Astros.

DEMOSTRACION. Para comprobar y demostrar la verdad de esta Proposicion fundamental no hay que hacer como se ve, mas que dar una explicacion satisfactoria de los diferentes Fenómenos celestes, pues por ella se verá que es tan sencilla y natural en el Sistema de Copérnico como absurda y chocante en qualquiera otro Sistema.

De estos Fenómenos celestes nos ceñiremos á explicar aquí los mas patentes é interesantes, y omitiremos algunos de aquellos que por ser menos sensibles y mas complicados necesitarian para su inteligencia de que

hubiésemos hecho gravar, y presentásemos muchas Figuras particulares.

Pero con sola la explicacion de los Fenómenos que vamos á proponer hay bastante para hacer ver con claridad que este Sistema es el verdadero Sistema del Mundo. El que quiera podrá ver en el quarto Tomo de nuestro Curso completo de Física la explicacion de aquellos de que no hacemos aquí mencion alguna.

FENÓMENO PRIMERO.

768. *El Movimiento diurno de todo el Cielo, ó la Vicisitud periódica del Dia y de la Noche.* (Fig. 132)

EXPLICACION. Para que se verifique este fenómeno no puede menos de suceder una de dos cosas: ó que en el espacio de 24 horas todos los Cuerpos celestes hagan una revolucion entera de Oriente á Occidente al rededor de la Tierra inmóvil; ó que durante el mismo tiempo teniendo por inmóviles á todos los Cuerpos celestes, dé la Tierra una sola vuelta sobre sí misma de Occidente á Oriente al rededor de su exe confundido siempre con el del Mundo. Es claro que en una y otra de estas dos suposiciones las apariencias de los movimientos de los Cuerpos celestes serian enteramente las mismas, como lo hemos hecho ver y comprehender anteriormente. (752)

I.º En el Sistema de la *Tierra inmóvil* el fenómeno que vamos explicando exige que todos los Cuerpos celestes, y en especial las Estrellas tengan un movimiento real cuya velocidad es mas que inconcebible, y cuya uniformidad y exáctitud son todavia infinitamente mas prodigiosas.

II. En el Sistema de la *Tierra móvil al rededor de su exe* estos movimientos cuya rapidez nos choca, y cuya exáctitud y uniformidad parecen una especie de milagro no son otra cosa que simples apariencias, ó puras ilusiones ópticas. En este Sistema no hay mas movimiento diurno que sea real que el de la Tierra al

rededor de su eje de occidente á oriente.

Para hacer sensible la explicacion de este fenómeno en este Sistema sean el Sol inmóvil en S, una Estrella inmóvil en Y, y un Planeta que habrémos de considerar como inmóvil por espacio de 24 horas en Z.

Y supongamos que la Tierra puesta en P en el plano de la Eclíptica haga una revolucion sobre su eje D P F en la direccion A B A de Occidente á Oriente. Como una mitad de la superficie de la Tierra está siempre iluminada por el Sol, es claro que un hombre puesto en A durante el espacio de tiempo que tarda la Tierra en hacer una revolucion sobre sí misma y sobre su eje se hallará sucesivamente

Al principio del Disco iluminado; y entonces el Sol S, el Planeta Z, y la Estrella Y estarán en su horizonte oriental, y parecerá que salen para él;

Al medio del Disco iluminado: y entonces parecerá que los mismos tres cuerpos aunque inmóviles han pasado del oriente á su meridiano;

A la extremidad del Disco iluminado, y entonces parecerá que los mismos tres cuerpos siempre inmóviles han pasado de su meridiano á su occidente;

Al medio del Disco umbroso, ó tenebroso en A; y entonces le parecerá que los mismos tres cuerpos todavía inmóviles están hácia su Nadir, y que como anteriormente volverán á salir seis horas despues por su horizonte. (752)

Luego el Sistema de Copérnico da razon del modo mas sencillo y satisfactorio de la *revolucion diurna del Cielo*, la qual por otra parte es inconceivable y chocante en el Sistema de la Tierra inmóvil.

759. NOTA. Si la Tierra permaneciese inmóvil en S es evidente que todas las Estrellas harían cada dia una revolucion al redor de la Tierra describiendo una curva B A B, C D C, G D G, E H E, F O F cuyo radio S A debaxo del Equador fuese á lo menos de 2,800,000,000,000 de leguas. (Fig. 127)

I.º Si calculamos segun esto la velocidad que deberian

tener las Estrellas que hiciesen su revolucion diurna en el plano del Equador A B A quedarémos plenamente convencidos del movimiento de la Tierra, y de la *inmovilidad del Cielo estrellado*.

Porque suponiendo que estas Estrellas tuviesen una velocidad constante igual á la de una bala despedida de un Cañon de batir (391), hallarémos que las Estrellas mas cercanas á la Tierra tardarian mas de 11,349,000 años, mas de 4,142,385,000 dias en hacer una simple revolucion diurna al rededor de la Tierra en el Plano del Equador.

Seria pues necesario que aquellas Estrellas de las que hiciesen sus revoluciones diurnas en el plano del Equador que estan mas cercanas á la Tierra, y que de consiguiente tendrian un movimiento mas lento tuviesen una velocidad á lo menos 4,142,385,000 veces mayor que la de una bala despedida de un cañon de batir.

¿Y quien será tan necio que quiera recurrir á una velocidad tan chocante asi á la imaginacion como á la razon, quando es evidente que una simple revolucion de la Tierra al rededor de su exe de Occidente á Oriente puede producir todos los fenómenos que se podrian querer atribuir á la revolucion diurna de las Estrellas al rededor de nuestro Globo de Oriente á Occidente?

II.º ¿Por otra parte que *Fuerza central* se puede imaginar suficiente para determinar á estas Estrellas á moverse en línea curva al rededor de la Tierra contra lo que exige la primera Ley de todo movimiento, conforme á la qual debe efectuarse en línea recta?

¿Como componer ademas que todas las Estrellas G C B H O describiendo cada dia círculos, unos mas grandes B A B, y otros mas pequeños C D C, O F O corran los arcos semejantes de sus círculos desiguales en tiempos iguales, empiecen y acaben todas sus revoluciones diurnas en 23 horas, 56 minutos y 4 segundos ni mas ni menos de tiempo?

¿Como componer sobre todo que las Estrellas que andan hoy un círculo mas grande B A B, descrezcan

en velocidad pasando á un círculo mas pequeño $C D C$, ó $G P G$, y que las que andan hoy un círculo mas pequeño $C D C$, ó $G P G$ se aumenten en velocidad pasando á un círculo mayor $B A B$.

Es claro que si esta revolución diurna de las Estrellas es real y no simplemente aparente, no sabemos nada acerca de la teoría del Movimiento, la que no obstante está tan rigurosamente demostrada.

III.º Empecemos pues desde aqui á suponer que hay una *Ilusion óptica* en todos los movimientos que observamos en las Estrellas, pues que el movimiento que nos parece en ellas mas sencillo y mas manifesto no puede ser real sin chocar á la razón y ser opuesto á todas las Leyes del Movimiento y de la Física. (752)

FENÓMENO SEGUNDO.

770. *La vicisitud periódica de las Estaciones, ó la Revolución anual y periódica del Sol por el Zodiaco.*

EXPLICACION I. Si la Tierra está inmóvil en S es evidente que el Sol $E T C E$ hace cada dia una *Revolucion espiral* al rededor de la Tierra avanzando ya de medio-dia á norte, ya de norte á medio-dia siempre segun el orden de los Signos (Fig. 127).

Estas Espiras continuas empezando en el Signo de Capricornio E por exemplo, pasan sucesivamente por todos los grados siguientes de la Eclíptica del medio-dia al norte, hasta el principio del Signo de Cáncer C .

En llegando á este Signo el Sol muda de direccion sin que se pueda presumir porqué, ni como: vuelve á describir sus Espiras diarias en direccion opuesta de norte á medio-dia pasando por todos los grados siguientes de la Eclíptica desde Cáncer hasta el principio de Capricornio.

En llegando el Sol á Capricornio es de nuevo detenido y repellido de medio-dia á norte contra todas las Leyes del movimiento, en virtud de las cuales debería continuar moviéndose al infinito hacia el Polo bor-

real, ó hácia el austral segun la dirección del movimiento que le lleva de Capricornio á Cáncer, ó de Cáncer á Capricornio.

Todo es absurdo y chocante en estos movimientos en el Sistema de la Tierra inmóvil, y al paso que todo es en ellos sencillo y natural en el Sistema de la Tierra-planeta.

EXPLICACION II. Para hacer sensible la explicacion de este *gran Fenómeno* con todas sus dependencias sea P Q R T P la Eclíptica; C S X el Equador sobre cuyo plano cae siempre perpendicularmente el eje prolongado de la Tierra, y supongamos que las circunferencias de estos dos círculos la Eclíptica y el Equador se atraviesan una á otra en dos puntos P y R, y que el plano de la Eclíptica declina al norte y al medio-día del Equador de modo que los arcos C E y M X que separan estos dos círculos sean cada uno de unos 23 grados y medio. (Fig. 132)

Supongamos además que en esta hipótesis tan sencilla y natural la Tierra-planeta haga en virtud de sus dos *Fuerzas conspirantes*, proyectil y centrípeta (361 y 362) su revolucion anual P Q R T P al rededor del Sol S de Occidente á Oriente teniendo siempre su eje prolongado *h h*, *m m*, *n n*, *o o*, *r r* paralelo á sí mismo, y perpendicular al plano del Equador C S X.

Este *Eje de la Tierra* indefinidamente prolongado en el Cielo describirá al rededor del Sol y de los Poles del Mundo un cilindro inmenso cuyo diámetro será igual á la distancia de la Tierra al Sol tomada dos veces.

Supuestas estas ideas é imágenes que se deben comprender bien y no perder nunca de vista, será fácil dar razon del fenómeno de que vamos tratando. (751)

I.º Quando la Tierra está en P debaxo del Signo de Libra C se ve al Sol en X en el Signo de Aries, y se tiene el principio de la Primavera.

Supongamos que la Tierra en P colocada en el punto de interseccion de la Eclíptica y del Equador, y de

consiguiente en el Plano del Equador haga una revolucion sobre su exe DFh . En este caso el exe del cono luminoso que la ilumina será perpendicular al exe DPF ; los dos Polos terrestres D y F serán tocados por el cono luminoso DSF ; todos los puntos de la superficie de la Tierra serán sucesivamente iluminados, estarán expuestos durante doce horas á la luz del Sol, y privados de ella durante otras doce, y de consiguiente los dias serán iguales á las noches en toda la Tierra.

II.º Quando la Tierra esté en Q debaxo de Capricornio E se verá el Sol en M debaxo de Cáncer, y se tendrá el principio del Estío. En esta postura de la Tierra el exe del cono luminoso que la ilumina es obliquo al exe terrestre DFm , el Polo boreal D está siempre expuesto á la luz, y el meridional F siempre privado de ella ó en las tinieblas.

Supongamos que la Tierra en esta postura haga una revolucion sobre su exe DFm siempre perpendicular al Equador. En este caso todo el Círculo polar boreal KHK estará continuamente expuesto á los rayos del Sol, y todo el Círculo polar meridional $N'GN$ estará continuamente privado de ellos ó sepultado en las tinieblas. Todos los payfes comprehendidos entre el Círculo polar boreal y el Equador terrestre ABA tendrán el arco diurno mayor que el nocturno, ó el dia mayor que la noche, y por el contrario todos los situados entre el Círculo polar austral y el mismo Equador terrestre tendrán el arco diurno menor que el nocturno, ó la noche mayor que el dia.

III.º Quando la Tierra caminando siempre por la Eclíptica de occidente á oriente, y conservando siempre su Exe á quien nada hace ni puede hacer inclinar, paralelo á sí mismo llegue á R baxo de Aries X en el otro punto de interseccion de la Eclíptica y del Equador, se verá el Sol en C en Libra, y se tendrá el principio del Otoño.

El exe del cono luminoso que en esta postura ilumina la Tierra es perpendicular al exe terrestre DFN , como

lo era quando la Tierra estaba en P, y así produce los mismos fenómenos que producía quando la Tierra tenía aquella postura, ó que en la Primavera. *Fig. 101.* IV.º Quando la Tierra llegue á T baxo del Signo de Cáncer M se verá el Sol en E en Capricornio, y se tendrá el principio del Invierno. En este caso los rayos del Sol caen todos obliquamente sobre el exe al rededor del qual se hace la revolucion diurna, bañando siempre el polo austral F, y nunca tocan al boreal D.

Si en esta postura hace la Tierra una revolucion sobre su exe D F *a*, el Círculo polar austral G N G caerá todo entero dentro del cono luminoso, y el Círculo polar boreal K H K en las tinieblas: los arcos diurnos serán mas pequeños en las Zonas templada y tórrida boreales, y mas grandes en las zonas tórrida y templada australes que los arcos nocturnos.

771. NOTA. Para concebir el *Movimiento curvilíneo* de la Tierra, de los Planetas y Cometas al rededor de su centro qualquiera de gravitacion pongámonos con el pensamiento en el origen del tiempo y de las cosas quando aun no estaban dadas las Leyes de la Naturaleza y del Movimiento, y consideremos un Planeta ó un Cometa puesto en un punto qualquiera del Espacio infinito en el Vacío ó en un Medio nada resistente, indiferente por su naturaleza al movimiento y á la quietud, pero capaz de moverse de todos modos y en todas direcciones. (*Fig. 127*).

I.º Es claro que este Planeta ó Cometa T permanecerá eternamente inmóvil en el punto T si ninguna causa le solicita á mudar de lugar: que por su naturaleza no tira á acercarse, ni á alejarse del Sol S, ni de otro qualquier cuerpo: que siendo por su naturaleza indiferente al movimiento y á la quietud si recibe un impulso en una direccion qualquiera debe moverse en esta direccion hasta que alguna causa extraña le aparte de ella; y en fin que subir y baxar son términos enteramente extraños á este Planeta, pues *no hay arriba, ni abajo en el Espacio infinito* antes de la creacion del Movimiento.

miento, y del establecimiento de sus Leyes.

II.º Supongamos que el Autor de la Naturaleza, perfectamente libre en la asignacion de las Leyes del movimiento decreta que este Planeta ó Cometa tire constantemente y perpetuamente hácia el Sol S con una fuerza central que sea siempre en razon inversa de los quadrados de sus distancias respecto de este Astro. He aqui que en fuerza de esta Ley ó voluntad libre del Omnipotente el Planeta ó Cometa T antes indiferente para acercarse ó alejarse del Sol S tendrá desde este momento una tendencia permanente hácia este astro, que llamaremos indistintamente Pesantez, Atraccion ó Gravitacion.

III.º Supongamos ademas que el mismo Autor de la Naturaleza da de una vez para siempre un impulso á este Planeta ó Cometa en una direccion qualquiera capaz de alejarle del Sol S, y que de este impulso nace una fuerza centrífuga (360) que sea siempre en razon inversa de los cubos de sus distancias al Sol.

En virtud de esta accion, y de esta nueva Ley del Criador el Planeta ó Cometa T antes indiferente para alejarse del Sol tendrá una tendencia permanente á alejarse de este astro, que llamaremos Fuerza centrífuga, y que será siempre opuesta á la central ó centrípeta.

IV.º De esta Hipótesis, que es muy verosímil que no sea otra cosa que la Historia misma de las primeras Leyes de la Naturaleza y del Movimiento provendrá necesariamente la permanente revolucion de este Planeta ó Cometa en línea curva, y que vuelve sobre sí misma (361 y 362) al rededor del Sol puesto en F ó en C (Fig. 28. y 29).

EL INVIERNO, EL ESTIO, LA PRIMAVERA, EL OTOÑO:

PRIMAVERA PERPETUA.

772. EXPLICACION. La diferente duracion de los Dias, la diferente altura á que sube el Sol sobre el horizonte dan succesivamente á los diversos payses de la Tierra

una desigualdad de temple, una *diferencia de Estaciones* que vamos á exâminar aqui con relacion al punto terrestre x que se puede suponer si se quiere, que es Paris ó Roma. Este punto terrestre x tendrá la Primavera quando estando la Tierra en P baxo de Libra, el Sol sea visto en X en Aries. El Invierno quando la Tierra esté en T, el Otoño quando la Tierra esté en R, y el Estío quando la Tierra esté en Q mas allá del Equador C S X. (Fig. 132.)

I.º Quando la Tierra está en T baxo del Trópico boreal M, el Sol es visto en E en el Trópico opuesto al Polo visible: se eleva poco sobre el horizonte del punto x y permanece poco sobre él. Debe pues sentirse poco el calor de sus rayos en este punto, así porque dan muy obliquamente en los Payfes X K situados sobre este horizonte como porque no tienen bastante tiempo para calentar mucho la masa del ayre que los envuelve: De aquí el *Invierno* en estos payfes.

II.º Quando por el contrario estando la Tierra en Q el Sol es visto en M en el Trópico del Polo visible, sube á mayor altura sobre el horizonte de los Payfes situados en X; despidе sus rayos, ó perpendicular, ó mucho menos obliquamente sobre ellos; da mas calor y por mas largo tiempo á la masa del ayre que los cubre y envuelve: De aquí el *Estío* en estos Payfes.

III.º Quando el Sol está en los Puntos Equinocciales C y X, estas dos causas, á saber la cantidad de su elevacion, y la duracion de su aparicion sobre el horizonte están en un estado medio: De aquí las dos Estaciones de *Primavera* y *Otoño*.

El principio de la primera es mas frio que el de la segunda porque *en la Primavera* se opone á la accion ó á la actividad de los rayos del Sol la intensidad del frio que el Invierno ha acumulado y reconcentrado sucesivamente sobre los Payfes terrestres, y que no puede ser disipado súbitamente y de un golpe; y por el contrario *en el Otoño* ayuda á la actividad de los rayos Solares la intensidad del calor de que estos mismos Payfes

han sido sucesivamente impregnados durante el Estío, y que no se disipa sino sucesivamente y poco á poco.

IV.º Para que la Tierra gozase de una *Primavera perpetua*, que sería necesario únicamente una de estas dos cosas:

O que la Tierra en vez de hacer su revolución anual alrededor de la Eclíptica P Q R T P la hiciese en el Plano del Equador C S X C conservando siempre la misma dirección en su eje D F.

O que en caso de que la Tierra hiciese su revolución anual por la Eclíptica tuviese su eje puesto y dirigido de otro modo con relación al plano de la Eclíptica. De fuerte que en vez de estar este eje terrestre D F inclinado, estuviese siempre perpendicular al plano Q S T de la Eclíptica.

FENÓMENO TERCERO.

773. *Los Apogeos y Perigeos, los Aphelios y Perihelios y las diferentes Fases sucesivas de los Planetas y Cometas* (Fig. 124).

EXPLICACION. Como los Planetas y Cometas hacen sus revoluciones periódicas del mismo modo que la Tierra en elipses mas ó menos excéntricas al rededor del Sol centro comun de su gravitacion, en el Vacío ó en un Medio nada resistente, es claro que estos diferentes Cuerpos movidos con velocidades desiguales deben ya acercarse, ya alejarse alternativamente del Sol y de la Tierra.

Sea el Sol inmóvil en F al rededor del qual hagan todas sus revoluciones elípticas los Cometas y Planetas principales. El Sol en este caso estará fuera de los centros C de las diferentes Órbitas elípticas de los Planetas y Cometas. (766)

I.º Considerando todas estas Órbitas como Elipses cuyo Foco comun F ocupa el Sol, la Tierra está en perihelio en T, y en aphelio en D: Saturno en peri-

helio en *S*, y en aphelio en *Z*: Mercurio en perihelio en *n*, y en aphelio en *m*: y así de los demas. (*)

II.º Supongamos que quando la Tierra está en *T*, Saturno esté en *S*, Júpiter en *I*, Mercurio en *m*, y Marte hácia *M*. En este caso Saturno estará en Perigeo, Júpiter y Mercurio en Apogeo, Marte hácia una de sus quadraturas, y así de los demas Planetas y Cometas.

III.º Siendo los Planetas y Cometas Astros opacos, y no teniendo como tampoco la Tierra otra luz que la que reciben del Sol; es claro que no son luminosos, ó mas bien no estan iluminados sino en la parte de su superficie que mira á este Astro: y que. ésta parte iluminada que nunca es mas que la mitad de su superficie (724), y que es la única que puede percibir un habitante de la Tierra, se halla ya mas, ya menos distante de ella, ya mas, ya menos expuesta á la vista del Observador, por exemplo esté la Tierra en *t*:

Marte en Perigeo en *M* parece muy grande y da mucha luz porque su disco iluminado está todo, dirigido hácia la Tierra *t*. El mismo Planeta en Apogeo en *N* parece menor y da menos luz; porque aunque en este caso esté todavia todo su disco iluminado dirigido hácia la Tierra *t*, su luz se debilita á causa de la mayor distancia y se muestra al habitante de la Tierra baxo de un ángulo óptico menor (735). El mismo Planeta en quadratura parece á modo de media luna porque en este caso su disco iluminado es en parte visible y en parte invisible al Observador terrestre, al modo que lo es el de la Luna en quadratura, siete ú ocho dias antes ó despues del Plenilunio.

Igualmente suponiendo la Tierra en *A*; Venus en apogeo en *V* está en su mayor brillo, el mismo Planeta en perigeo en *X* no da ninguna, ó solo da muy

(*) NOTA. Perihelio; cerca del Sol: Aphelio; léjos del Sol: Perigeo; cerca de la Tierra: Apogeo; léjos de la Tierra: Fases; mutaciones de estado aparente.

poca luz; porque en el primer caso todo su disco iluminado V está expuesto á la vista del Observador en A, y en el segundo su disco iluminado X está dirigido al lado opuesto del mismo Observador.

FENÓMENO CUARTO.

774. *Los Solsticios ó Estaciones del Sol en los dos Trópicos* (Fig. 127).

EXPLICACION. El fenómeno de los Solsticios consiste en que el Sol dexa dos veces al año durante algunos dias de alejarse ó acercarse sensiblemente al Equador en su revolucion real ó aparente al rededor de la Eclíptica.

En la hipótesis en que el Sol móvil ande realmente la Eclíptica *abcdefgha* debe este Astro quando esté en C y en E no acercarse ni alejarse sino infinitamente poco del Equador A B A; porque las dos curvas de la Eclíptica y del Equador serán sensiblemente paralelas en C y en E, lo mismo que en A y en G. Este mismo fenómeno se verificará igualmente en la hipótesis del Sol inmóvil en el centro S del Mundo Planetario, pues en ella correrá la Tierra la misma curva que se atribuia al Sol, y segun las Leyes de la Optica el Sol será siempre visto en la parte opuesta á esta curva alejándose ó acercándose al Equador en los mismos términos que la Tierra se acerca ó se aleja.

Ahora pues corriendo la Tierra-planeta la Eclíptica cuyo plano corta el Equador baxo de un ángulo de unos 23 grados y medio se acerca y aleja alternativamente del Equador; pero de modo que hay dos pequeños arcos en su curva que son los dos arcos mas apartados del Equador hácia el norte y medio-dia en que su movimiento es sensiblemente paralelo al Equador, por exemplo (Fig. 132).

I.º Quando la Tierra pasa de R á T de medio-dia á norte se aleja del Equador hácia el norte una quantidad X M, y el Sol visto siempre á la parte opuesta del punto en que se halla la Tierra parece que se aleja

del Equador una cantidad igual CE hácia el polo austral.

Quando la Tierra está en T acerca de 90 grados del punto equinoccial de la Primavera R , el arco que corre en su Curva es sensiblemente paralelo al arco correspondiente del Equador. Así el Sol visto en E á la parte opuesta del punto T parecerá que no se acerca ni se aleja del Equador, y nos parecerá en quanto á este movimiento estacionario durante algunos dias.

II.º Quando seis meses despues la Tierra esté en Q acerca de 90 grados del punto equinoccial del otoño P , el arco que corre en su Curva será tambien sensiblemente paralelo al arco correspondiente del Equador. Corriendo este arco la Tierra, ni se acerca ni se aleja sensiblemente del Equador, y nos parecerá igualmente que el Sol visto en M va andando segun el orden de los Signos sin acercarse ni alejarse sensiblemente durante algunos dias del Equador.

De aquí el *Fenómeno de los Solsticios* tan absurdo y chocante en la hipótesis de la Tierra inmóvil, y tan sencillo y natural en la de la Tierra-planeta; en la que para verificarse periódicamente no necesita de mas que de la continuacion de los movimientos proyectil y central de la Tierra al rededor del Sol inmóvil en el Vacío, ó en un Medio que no oponga resistencia alguna á estos dos movimientos (770 y 771).

FENÓMENO QUINTO.

775. *La mansion del Sol en los Signos septentrionales unos ocho dias mas larga que en los Signos meridionales* (Fig. 124).

EXPLICACION. Sea $ATBDA$ la órbita que describe el centro de la Tierra en su revolucion anual al rededor del Sol puesto fuera del centro C , y en uno de los focos F de esta *Orbita elíptica*. Mientras que la Tierra-planeta anda el arco septentrional ATB de su curva, el Sol F visto siempre á la parte opuesta al punto

en que se halla la Tierra en su órbita nos parece que pasa por los diferentes Signos meridionales; y por el contrario miéntras que la Tierra corre el arco meridional B D A de su curva, vemos al Sol F successivamente en los diferentes Signos septentrionales. De aquí la explicación sencilla y fácil del fenómeno de que nos hemos propuesto dar razón.

Consta por las Observaciones astronómicas, ó resulta evidentemente de ellas que la Órbita elíptica A T B D A de la Tierra tiene su grande eje T C D dirigido de norte á medio-día, y que el Sol ocupa el *Foco boreal* F E de esta elipse, y de consiguiente que la Tierra está en Perihelio en T, y en Aphelio en D.

Dos razones deben pues concurrir á hacer que se nos muestre el Sol durante mas tiempo en los Signos septentrionales que en los meridionales.

La primera es que el arco A T B que es la parte de la Eclíptica situada mas acá del Equador baxo de los Signos septentrionales es mas pequeño que el arco B D A que es la parte de la Eclíptica situada mas allá del Equador baxo de los Signos meridionales.

La segunda es que la velocidad de la Tierra en el arco B D A que corre desde el equinoccio de la primavera hasta el del otoño durante el qual tiempo vemos al Sol en los diferentes signos septentrionales, es menor que en el arco A T B que corre desde el Equinoccio de Otoño hasta el de la Primavera; porque las *Velocidades absolutas* de un Planeta qualquiera en los diferentes puntos de su órbita son siempre en razon inversa de sus radios vectores, como lo prueban las Observaciones astronómicas.

En dos palabras; El Sol aparece mas largo tiempo en los signos septentrionales porque la parte austral B D A de la *Órbita terrestre* es un poco mayor que la boreal A T B, y porque la *velocidad real de la Tierra* es un poco menor en la primera que en la segunda.

FENÓMENO SEXTO.

776. *Las Estaciones y Retrogradaciones de los Planetas.* (Fig. 124).

EXPLICACION I. Si hubiéramos de juzgar del movimiento de los Planetas al rededor del Sol por solas las apariencias, su movimiento sería la cosa mas extravagante y absurda; porque en vez de describir los Planetas una curva regular y continua S Y Z S, R V X R de occidente á oriente al rededor del Sol centro comun de su movimiento, parece que ya se mueven realmente de occidente á oriente, ya suspenden su movimiento y se detienen durante un tiempo mayor ó menor en los mismos puntos del Cielo, ya retroceden por el camino que llevaban y se mueven en direccion opuesta de oriente á occidente, de modo que en vez de ser su curva una curva fixa y regular parece que es una curva infinitamente variable é irregular *a b c d e g* á la que es imposible asignar *Causa alguna física* en el Sistema de la Tierra inmóvil.

Pero en la hipótesis de la Tierra errante al rededor del Sol inmóvil ésta absurda irregularidad de movimiento no es realmente mas que una simple *ilusion óptica*, y la curva que describe el centro de cada Planeta es una elipse continua y regular S Y Z S, R V X R, J K L J, &c. La irregularidad aparente de estas curvas solo proviene de la diferente postura que toma sucesivamente la Tierra respecto de los Planetas en el curso de su revolucion anual caminando mas veloz que los Planetas superiores Marte, Júpiter y Saturno, y menos que los inferiores Vénus y Mercurio.

Porque la Tierra hace su revolucion en un año, Marte en cosa de dos, Júpiter en diez años poco mas ó menos, Saturno en cerca de treinta años, Vénus en ocho meses y diez dias, Mercurio en poco menos de tres meses ó de la tercera parte de un año; de modo que la Tierra hace dos revoluciones al rededor del Sol,

mién-

miéntras que Marte no hace mas que una, y mientras que ella no hace mas que una tercera parte de su revolucion, hace Mercurio toda la fuya, &c.

EXPLICACION II. Para hacer sensible esta teoría astronómica la harémos patente en los Planetas superiores, y la indicarémos en los inferiores. (Fig. 128)

I.º Supongamos que mientras que la Tierra hace una de sus revoluciones *a b c d e a* en un año, Marte haga la mitad de la fuya *m n o r s t u m*. Es claro que en esta suposicion la Tierra unas veces seguirá, otras alcanzará, y otras se adelantará y precederá á Marte. Supongamos por exemplo á la Tierra en *d*, y á Marte en *t*, Marte será visto en *J*.

Supongamos que mientras la Tierra llega á *e*, Marte mas tardío llega á *v*, Marte será visto en *X*, y parecerá que ha tenido un *movimiento directo* de *J* á *X*.

Supongamos igualmente que mientras la Tierra llega desde *e* á *A*, Marte llegue desde *v* á *m*; Marte será visto en *K*, y parecerá todavía que ha tenido un *movimiento directo* pero mas lento que antes.

Supongamos que mientras la Tierra va desde *a* á *b*, Marte vaya desde *m* á *n*, Marte será visto en *X*, y parecerá que ha tenido un *movimiento retrógrado* desde *K* á *X*.

Supongamos en fin que mientras que la Tierra va desde *b* á *e* Marte continúe en ir desde *n* á *a*; Marte será todavía visto en *X*, y parecerá que ha estado durante todo este tiempo *estacionario y sin movimiento* en el mismo punto del Cielo *X*.

II.º Si se supone que la curva mas distante del Sol es la de la Tierra, y la mas cercana la de Mercurio, como éste Planeta hará tres revoluciones poco mas ó menos mientras que la Tierra mas tarda hará solo una, tendrémos los mismos fenómenos en términos contrarios, los que será fácil á cada uno hacerse sensibles trazando para sí á este fin una Figura aparte, ó viendo si quiere la Figura 36 del Quarto Tomo de nuestro Curso completo de Física.

PROPOSICION II.

777. *La Tierra es un verdadero Planeta, que haciendo sus revoluciones diurnas al rededor de su Exe, hace sus revoluciones annuas al rededor del Sol inmóvil, ó como inmóvil en el centro del Mundo planetario.*

DEMOSTRACION. Una multitud de razones poderosas y pruebas demostrativas de las que unas son mas, y otras menos fuertes, pero cuyo conjunto forma una demostracion completa, concurren á comprobar evidentemente el movimiento de la Tierra, y la quietud del Sol. Expondrémos aquí unas y otras en breve, y baxo de un mismo aspecto. (Fig. 124 y 132)

I.º *Las Vicisitudes periódicas del Día y de la Noche:* prueba primera. Una simple revolucion de la Tierra al rededor de su exe aorra al Sol, á los Planetas, y sobre todo á las Estrellas de que se muevan al rededor de la Tierra en 24 horas con una velocidad mas que inútil, mas que inconceivable, mas que repugnante (768 y 769).

II.º *La Vuelta periódica de las Estaciones:* segunda prueba. Una simple revolucion de la Tierra al rededor del Sol aorra á este Astro de que ande neciamente de medio-dia á norte, y de norte á medio-dia con una multitud de revoluciones espirales cuya causa es inconceivable, cuyo mecanismo se opone á todas las Leyes del movimiento, y cuya explicacion es forzoso ir á buscar fuera de todas las Leyes conocidas de la Naturaleza. De modo que si el Sol se mueve realmente al rededor de la Tierra y de la Eclíptica es necesario admitir que el Autor de la Naturaleza le mueve con cuidado especial y constantemente milagroso, mediante un mecanismo y conforme á unas Leyes que en nada convienen con el mecanismo de los demas Cuerpos. (770)

III.º *La Precision de los Equinoccios;* prueba tercera. Para formar idea de este gran Fenómeno se debe saber que ademas del movimiento diurno de Oriente á Occidente, en virtud del qual parece que todo el Cielo da vuelta

cada día en esta direccion al rededor del exe del Mundo M S N hay en el Cielo, esto es en todo el Firmamento imaginario en que parecen clavadas las Estrellas otro *Movimiento de Occidente á Oriente*, en virtud del qual parece que todas las Estrellas dan vuelta en esta direccion al rededor del exe O S P de la Eclíptica en 25,740 años. (Fig. 127)

Para dar razon de este gran Fenómeno que seguramente no puede ser otra cosa que una *Ilusion óptica*, bastara suponiendo inmóvil el Firmamento suponer que la Tierra ademas de su revolucion diurna de Occidente á Oriente al rededor del exe $v x$ hace otra revolucion de Oriente á Occidente al rededor de otro exe $m n$, la qual tarda en efectuarse el espacio de 25,740 años.

En esta hipótesis tan sencilla un simple movimiento cónicamente retrógrado en el exe $v x$ de la Tierra al rededor de otro exe $m n$ aorra á todo el Firmamento, á toda la innumerable multitud de Estrellas visibles é invisibles de que hagan una revolucion al rededor de los Polos P y O de la Eclíptica de Occidente á Oriente al mismo tiempo que hacen una infinidad de revoluciones al rededor de los Polos del mundo de Oriente á Occidente: los quales *dos Movimientos* al rededor de los polos de la Eclíptica, y al rededor de los polos del Mundo si fueran reales en vez de ser como son en efecto simplemente aparentes, harian al Universo la Máquina mas grotescamente construida, mas extravagantemente complicada que se puede imaginar. ¡Que admirable sencillez no da á toda la Naturaleza la hipótesis de la Tierra-planeta, si es todavia permitido dar el nombre de hipótesis á la Verdad mas bien probada de toda la Física!

Se puede ver si se quiere una explicacion mas extensa de este Fenómeno en nuestro Curso completo de Física desde el número 1327 hasta el 1330.

IV.º La *Aberracion de las Fixas*: quarta prueba. Para formarse una idea de este fenómeno celeste se debe fa-

ber que las Estrellas tienen ademas de su *movimiento diurno* en virtud del qual parece que dan vuelta cada dia de Oriente á Occidente al rededor del exe M S N del Mundo (*), y ademas de su *movimiento retrógrado* de que acabamos de hablar en virtud del qual parece que dan vuelta de Occidente á Oriente en 25,740 años al rededor del exe O S P de la Eclíptica, un *Movimiento de aberracion* por el qual estan casi siempre apartadas algunos segundos de grado del verdadero lugar que ocupan en el Cielo: de modo que las que estan situadas en los Polos P y O de la Eclíptica parece que describen al rededor de su verdadero lugar en el espacio de un año un círculo cuyo diametro es de 40 segundos de grado: las que estan en el Plano C E C de la Eclíptica parece que describen al rededor de su verdadero lugar una línea ó un arco de unos 40 segundos de grado, adelantándose hácia el Oriente durante seis meses, y retrocediendo hácia el Occidente durante otros seis meses de un mismo año: y las que estan situadas entre el plano y los polos de la Eclíptica parece que describen al rededor de su verdadero lugar elipses cuyo exe grande es de 40 segundos de grado, y el pequeño otro tanto menor quanto mas léjos estan de los polos, y mas cerca del plano de la Eclíptica. (Fig. 127)

¡ Que nueva extravagancia ! ¡ que nueva complicacion en el movimiento de las Estrellas, si la Tierra es inmóvil ! Durante su movimiento diurno de Oriente á Occidente paralelamente al Equador: durante su movimiento retrógrado de occidente á oriente paralelamente á la Eclíptica tendrán ademas las Estrellas en cada año un movimiento de *Aberracion periódica* al rededor de

(*) NOTA. La *revolucion diurna de las Estrellas* se efectua en 23 horas, 56 minutos y unos 4 segundos; lo que hace que siendo esta revolucion mas corta que la del Sol anden las Estrellas cada dia mas que el Sol hácia el Occidente, y que hagan 366 revoluciones diurnas mientras que el Sol hace 365.

su verdadero lugar. Unas describirán anualmente una pequeña línea, otras un pequeño círculo, otras una pequeña elipse, ¿y todo esto para qué? La hipótesis de la Tierra-planeta destierra de la Naturaleza todos estos movimientos inutilmente convulsivos, en los que está muy lejos de mostrarse la magestuosa sencillez que debe reynar y reyna en efecto en todas las Obras del Sabio Arquitecto del Universo.

En esta hipótesis la Aberracion de las Fijas no es mas que una simple ilusion óptica ocasionada por el movimiento de la Tierra al rededor del Sol y en la Eclíptica. Se puede ver si se quiere una explicacion bastante sencilla, bastante sensible y extensa de esta ilusion en el Quarto Tomo de nuestro Curso completo de Física desde el número 1331 hasta el 1336.

V.º *Las Estaciones y Retrogradaciones de los Planetas:* quinta prueba. Una simple revolucion de la Tierra al rededor del Sol con una velocidad mayor que la de los Planetas superiores, y menor que la de los inferiores, aorra á todos los Planetas de las necias y repugnantes contorsiones que en la hipótesis de la Tierra inmóvil estan precisados ó hacer continuamente durante todo el curso de sus revoluciones: y hace sus movimientos tan sencillos, tan naturales, y tan dependientes unos de otros como lo es el movimiento de una bomba ó de una bala cuya curva es determinada por la combinacion de la fuerza proyectil y de la central.

En el Sistema de la Tierra-planeta, los Planetas superiores é inferiores están siempre directos, nunca estacionarios ni retrógrados; y sus estaciones y retrogradaciones en este Sistema no son mas que simples apariencias, simples *Ilusiones ópticas* cuya causa fisica se asigna y se demuestra. (776)

VI.º *Las famosas Leyes de Keplero:* sexta prueba. Segun la Teoría de las Fuerzas centrales, segun la Ley segunda de Keplero que no es otra cosa que una Ley general y fundamental de la Naturaleza, todos los Cuerpos que se mueven al rededor de un mismo centro tie-

nen los *quadrados de sus tiempos periódicos* proporcionales á los *cubos de sus distancias medias*: es así que si la Tierra estuviera inmóvil la Luna y el Sol se moverían al rededor de ella: Luego el *quadrado del tiempo periódico de la Luna* debería ser al *quadrado del tiempo periódico del Sol*, como el *cubo de la distancia media de la Luna* es al *cubo de la distancia media del Sol*; lo que es evidentemente falso y enteramente opuesto á lo que realmente sucede; como es fácil convencerse de ello por un cálculo muy sencillo.

Es cierto que esta *segunda Ley de Keplero* se observa y verifica respecto de todos los Cuerpos celestes así Planetas como Cometas que hacen sus revoluciones al rededor del Sol; ¿Se les pregunta pues á los que llevan el Sistema de la Tierra inmóvil porque esta Ley general no se observa tambien en los movimientos de la Luna y del Sol al rededor de la Tierra, si es así que estos dos Astros se mueven al rededor de ella? ¿Que razon ha podido tener el Autor de la Naturaleza para dispensar al Sol de una Ley comun á todos los Cuerpos, de una Ley general á la que un Físico no puede atribuir una excepcion en un caso particular, á menos que no la haya fundado en una demostracion irrefragable que compruebe necesariamente la existencia de semejante excepcion?

Así pues, en dos palabras: el Sol no puede tener un movimiento diurno y annuo al rededor de la Tierra sin que en esto se deroguen las Leyes generales del Movimiento y de la Naturaleza: Luego el Sol no tiene semejante movimiento al rededor de la Tierra.

Se podrá ver, si se quiere una Teoría bastante extensa de estas *Leyes de Keplero* en nuestro Curso completo de Física desde el número 1255 hasta el 1307.

VII.º *La Analogía de la Tierra con los Planetas*: séptima prueba. Siendo la Tierra opaca como los demas Planetas, sensiblemente esférica como ellos, y menor que algunos de ellos, ¿por qué habia de haber sido elegida con preferencia para ser el centro de todos los movi-

mientos celestes? Pues que los demas Planetas ruedan sobre su exe para procurarse el aspecto succesivo del Sol, y la vicisitud de dias y noches, ¿porque la Tierra estará esenta de la Ley comun á los Cuerpos de su especie, no siendo la Tierra mas que un punto insensible en el Universo? ¿Porque estarán precisados el Sol, todos los Planetas, todos los Cometas visibles, y aun toda la infinidad de las Estrellas á hacer cada dia su especie de ronda al rededor de ella para procurar succesivamente á sus diferentes puntos, el pomposo espectáculo de una revolucion tan inconceivable y extraña? (Fig. 124 y 127)

El Autor del Universo que ordena todas las cosas en la Naturaleza, que refiere las partes al todo y no el todo á las partes, que produce grandes efectos á poca costa, y no á mucha costa efectos pequeños habria trastornado en este punto el orden de las cosas y de nuestras ideas? ¿Habria ordenado y referido un Todo, y un Todo como infinitamente grande á una parte; y á una parte como infinitamente pequeña de él? ¿Habria querido mover una infinidad de máquinas con movimientos infinitamente rápidos é infinitamente complicados para procurar á un átomo del Universo un espectáculo de que puede gozar mediante una simple revolucion al rededor de sí mismo, y al rededor de un Astro en torno del qual se mueven tambien todos los demas átomos cercanos de su especie?

VIII.º El Aplanamiento de los Polos, y Elevación del Equador: octava y última prueba. Si la Tierra está inmóvil, ¿porque las aguas del Mar estan seis ó siete leguas mas elevadas debaxo del Equador que debaxo de los Polos, quando segun las Leyes de la Hidrostatica deberian ponerse á nivel por todas partes? (571)

Este fenómeno que no admite explicacion alguna en el Sistema de la Tierra inmóvil no es mas que una simple consequencia del Movimiento diurno de la Tierra al rededor de su exe; porque dando la Tierra vueltas al rededor de su exe de occidente á oriente imprime á todas sus partes una fuerza centrífuga opuesta á la pesan-

tez, ó á la fuerza que hace á los cuerpos terrestres tirar hácia su centro. Esta *Fuerza centrífuga* es otro tanto mayor quanta mayor velocidad tiene cada parte, y cada parte tiene una velocidad proporcional á su distancia del eixe sobre el qual, ó al rededor del qual se hacen las revoluciones diurnas de toda la masa terrestre (Fig. 70).

Luego la Fuerza centrífuga debe de ser muy grande baxo del Equador, mas pequeña en las Zonas templadas, y ninguna absolutamente baxo de los Polos.

Luego para que haya equilibrio entre los Mares que estan baxo del Equador, y los que estan baxo de los Polos es necesario que las *Columnas de Agua C.A.* tengan mas altura baxo del Equador en donde la fuerza centrífuga disminuye la pesantez de todas las partes aqueas, y menos altura baxo de los Polos en donde siendo ninguna la fuerza centrífuga, en náda disminuye la pesantez de las partes aqueas.

Luego la elevacion del Equador demuestra el movimiento de la Tierra al rededor de su eixe, como otros muchos fenómenos demuestran su movimiento al rededor del Sol.

Luego la Tierra es un verdadero Planeta que hace sus revoluciones diurnas al rededor de su eixe, y sus revoluciones annuas al rededor del Sol inmóvil en el centro del Mundo planetario. L. Q. P. D.

778. NOTA. Estas son las principales razones sólidas á las que en fin ha cedido, y delante de las que ha desaparecido en fin de entre los Filósofos la *Preocupacion vulgar* que fixaba ciegamente la Tierra inmóvil en el centro del Universo; y que han hecho ver en éste el mérito de parecer una Obra digna de la infinita Sabiduría que le formó.

El movimiento de la Tierra no es ya un problema para los Astrónomos y Físicos de alguna reputacion, sino que es un punto fixado y decidido sobre el qual parece que no es permitido ni aun dudar á ninguno que aspire á no parecer enteramente nuevo en materias de Física.

Una

Una hipótesis está demostrada verdadera y real quando es evidente que quadra con todos los fenómenos de la Naturaleza, y que estos fenómenos son absurdos en qualquiera otra hipótesis; y tal es la hipótesis de la Tierra-planeta. Si se piden otras pruebas para demostrar que esta hipótesis es verdadera y real; que diga el mas obstinado Pirrónico con que otras pruebas se podría comprobar y establecer su realidad.

Se pueden poner contra el movimiento de la Tierra algunas objeciones frívolas cuya solucion acabará de mostrar toda la evidencia de la Teoría de Copérnico, de Keplero, de Newton, y de todos los Astrónomos modernos sobre el Sistema ó Disposicion del Universo: Vamos á proponerlas y refutarlas.

OBJECIONES Y RESPUESTAS.

779. OBJECCION I. Si la Tierra diese vuelta cada dia sobre su exe, todos los Cuerpos puestos sobre su superficie, y no unidos á su masa como las aguas, las arenas, las piedras, los navios, los hombres, los brutos &c deberían escapar por la tangente, y dispersarse á lo lejos en la inmensidad de los Cielos. Porque sea por exemplo un hombre sentado tranquilamente en una silla baxo del Equador terrestre A B A. (Fig. 70)

Si la Tierra da vuelta cada dia sobre su exe, este hombre tiene ademas de su movimiento anual al rededor del Sol un movimiento diurno, que le hace andar unas 9,000 leguas por dia, 375 por hora, 6 y $\frac{1}{4}$ por minuto, y unas 238 toefas por segundo. Luego este hombre tiene una velocidad dos veces y un tercio por lo menos mayor que la de una bala despedida de un cañon de batir (391). Luego este hombre en virtud de esta prodigiosa velocidad debería tener una Fuerza centrífuga capaz de arrojarle por la tangente muy lejos de la superficie terrestre en la inmensidad de los Cielos.

Este mismo hombre A tiene por otra parte un mo-

vimiento que le lleva anualmente al rededor del Sol, el qual es ciento treinta veces mas rápido que el de una bala despedida de un cañon de batir. Deberia pues ser arrojado muy lejos de la Tierra por la Fuerza centrífuga que debe nacer de los dos movimientos que le animan.

RESPUESTA. Se hallan con alguna frecuencia personas poco consigüientes y poco filósofas, cuya imaginacion se espanta al concebir estos dos Movimientos de la Tierra, y no se espanta de modo alguno al concebir los movimientos inmensamente mas rápidos que estan obligados á atribuir al Sol, á los Planetas, y sobre todo á las Estrellas en su opinion de la inmovilidad de la Tierra: ¿Que les hemos de hacer?

I.º El movimiento diurno de la Tierra al rededor de su eje no debe arrojar á lo lejos los Cuerpos terrestres por la tangente de la Tierra; porque aun los cuerpos que tienen mas velocidad no andan mas que 238 toefas por segundo, lo que solo les da una fuerza centrífuga capaz de alejarlos en un segundo siete ú ocho líneas del centro de la Tierra (*Math.* 534), al paso que su fuerza centrípeta, ó su pesantez tira á acercarlos al mismo centro unos 15 pies por segundo (248).

Así pues estos Cuerpos deben permanecer aplicados á la superficie de la Tierra en virtud de su fuerza centrípeta incomparablemente mayor que su fuerza centrífuga.

II.º El movimiento anual de la Tierra al rededor del Sol no debe tampoco arrojar á lo lejos en la inmensidad de los Cielos los Cuerpos terrestres por la Tangente de la Orbita de la Tierra, porque el centro de la Tierra tiene el mismo movimiento anual que los cuerpos puestos sobre su superficie, y porque así el centro como la superficie de la Tierra son animados de una fuerza centrípeta hácia el Sol que contrarresta siempre á la fuerza centrífuga nacida del movimiento por la Tangente.

780. OBJECCION II. Si la Tierra diese vueltas so-

bre su exe con la velocidad que la atribuimos:

Deberíamos percibir este movimiento; deberíamos experimentar continuamente aquellos vértigos que ocasiona un movimiento rápido de rotacion; deberíamos ser continuamente el blanco de la resistencia del ayre que en este caso seria semejante, pero inmensamente superior á la que producen los uracanes mas violentos.

Una Ave que saliendo de su nido vuela hácia el occidente no debería ya jamas acertar á su nido que huye de ella con una velocidad inmensa hácia el oriente. Una Bala despedida de un fusil verticalmente hácia nuestro Zenit debería caer no perpendicularmente sobre nuestra cabeza sino obliquamente sobre un punto muy distante de ella hácia el occidente.

Una Bala despedida de un cañon de batir debería echar por tierra una muralla situada al Oriente, pero no debería causar estrago alguno en una situada al Occidente. Pues en el primer caso esta bala daría en la muralla con la velocidad de la Tierra, mas la velocidad que la imprime la pólvora; en el segundo solo daría con la velocidad que la imprime la pólvora, menos la velocidad mayor y opuesta que la da la revolucion de la Tierra.

Es asi que nada de esto sucede: Luego el movimiento de la Tierra al rededor de su exe y del Sol es una pura fábula que se desvanece con las observaciones mas sencillas.

RESPUESTA. La revolucion de la Tierra al rededor de su exe y del Sol no debe producir ninguno de los efectos que se objetan, como es facil demostrarlo y hacerlo sentir.

I.º No debemos percibir el *movimiento de rotacion* que tiene constantemente la Tierra, porque todos los cuerpos que terminan y fixan nuestra vista durante esta revolucion dan vuelta con nosotros, y conservan siempre respecto de nosotros la misma situacion, y asi no teniendo sensacion alguna que nos haga echar de ver nuestra mutacion continua de lugar, nos movemos sin percibir nuestro movimiento.

Al modo que un hombre metido en lo interior de un Navio obscuro ó iluminado durante una tempestad anda cien leguas en un dia de norte á medio-dia, ó de oriente hácia occidente sin saber si la tempestad le lleva lejos, ó si no hace mas que atormentarle en un mismo parage; porque en el pequeño espacio en que está encerrado ninguna cosa le ocasiona sensaciones por las que pueda conocer el camino que sigue, y el movimiento que le lleva lejos del lugar ó del punto del Espacio infinito en que se hallaba antes de la tempestad.

II.º No debemos tampoco experimentar aquellos *Vértigos* que ocasiona una revolucion rápida y de alguna duracion al rededor de un mismo centro tomado en nuestro cuerpo, ó no lejos de él.

Quando damos vuelta rápidamente sobre un mismo punto de nuestro cuerpo, ó al rededor de un mismo punto poco distante de él, es claro que nuestra sangre, nuestros humores, y nuestros espíritus vitales deben necesariamente adquirir un *Movimiento centrífugo* proporcional á la rapidez de nuestra revolucion, y que este movimiento centrífugo en virtud del qual todos nuestros Fluidos tiran á escapar con violencia fuera de nuestro cuerpo por todas sus partes como por otras tantas tangentes de nuestra revolucion debe necesariamente turbar en nosotros su curso natural, alterando así toda nuestra economía animal, y desordenando toda la accion regular de los diversos órganos de que dependen las varias funciones del alma.

Pero nada de esto debe sucedernos en virtud del movimiento diurno de la Tierra, pues en fuerza de él no hacemos mas que una sola revolucion al rededor de nosotros mismos en 24 horas, y pues que durante esta revolucion cuyas pequeñas porciones son todas sensiblemente líneas rectas (*Math.* 534), todas las partes de nuestro cuerpo son moderada y uniformemente inclinadas y apartadas de la tangente por un simple movimiento de gravitacion que las es natural y comun, que nada tiene de repentino y violento, y que de consi-

guiente no puede interrumpir ni alterar de manera alguna la armonía y accion natural de nuestros órganos.

III.º No debemos asimismo experimentar *Resistencia alguna sensible* de parte de la masa del ayre; porque la Atmósfera que rodea la Tierra, qualquiera que sea su altura (665) da vuelta con la Tierra y con nosotros con un movimiento comun en el Vacío, ó en un Medio nada resistente.

Al modo que un Pez metido en un pequeño baño lleno de agua dentro de un Navio es llevado por el movimiento rápido del Navio sin que el agua en que nada con libertad le haga experimentar resistencia alguna á que no esté acostumbrado, y que le sea sensible.

IV.º Es cierto que si la Atmósfera terrestre no diese vueltas con la Tierra una *Ave que saliendo de su nido vuela por el ayre* se hallaria en menos de un minuto á muchas leguas de él. Pero como la Atmósfera tiene exáctamente el mismo movimiento de revolucion que la Tierra, no se aleja el Ave de su nido mas que la cantidad que su vuelo añade ó quita al movimiento de la Atmósfera que la lleva y arrastra consigo.

Al modo que un Salvage que desde su Canoa se arroja al agua en medio del inmenso Rio de las Amazonas, y se echa á nadar ó en la direccion del rio, ó contra la direccion de este; si nada en la direccion del rio, lo que consigue con su exfuerzo es ir delante de su Canoa que le sigue llevada por el rio; y si nada contra la direccion del rio, lo que consigue con su exfuerzo es substraerse á una parte del movimiento del rio que le lleva con su Canoa en la direccion de su corriente, y alejarse á proporcion de su Canoa que va delante de él. Si este Salvage no percibe el movimiento del rio, creará seguramente que no ha andado mas que el espacio que media entre él y su Canoa, siendo así que otro movimiento que él no echa de ver le ha llevado á él y á su Canoa bien lejos del sitio en donde se ha tirado al agua.

V.º Una *Bala de Plomo* despedida verticalmente hácia

el Zenit de un fusil inmóvil y perpendicular al horizonte no debe caer detras sino en la boca misma del fusil, porque esta bala sale del fusil animada de doble movimiento, á saber del movimiento de la Tierra por la tangente, y del movimiento que la da la Pólvara encendida perpendicularmente á esta tangente, y estos dos movimientos deben conducirla por una doble diagonal, ó mas bien por una doble parábola al punto mismo de donde ha salido. (350)

Aunque esta Bala corra realmente una doble parábola al subir y al baxar por la Atmósfera: á un ojo puesto sobre la boca del fusil le pareceria siempre que sube y baxa perpendicularmente porque como sube y baxa obliquamente por una infinidad de diagonales, se halla siempre en el Zenit del ojo que muda á cada instante de Zenit en los mismos términos que la bala.

Si esta Bala es elástica y cae sobre un plano horizontal capaz de hacerla reflectir, este plano que se está siempre moviendo le imprimirá de nuevo un movimiento semejante al que sacó del fusil quando la arrojó la pólvora, esto es un movimiento vertical sensiblemente y en apariencia, aunque no matemáticamente y en realidad.

Lo mismo se puede decir de la caída perpendicular de todos los Cuerpos sobre la superficie de la Tierra.

VI.º Una *Bala de Cañon* debe producir un mismo efecto en una muralla situada al Oriente que en una situada al Occidente.

La Bala que da en una *Muralla situada al Oriente* lleva el movimiento de la Tierra mas el movimiento que le imprime la pólvora; pero la muralla huye delante de ella, y se subtrae á su percusion segun toda la velocidad de la Tierra; no debe pues la muralla padecer mas percusion que la proporcional al movimiento impreso por la pólvora á la bala.

La Bala que da en una *Muralla situada al Occidente* lleva el movimiento que la imprime la pólvora menos el movimiento de la Tierra. Pero la muralla se

avanza y camina hácia ella con todo el movimiento de la Tierra, y así la percusion que padece es igualmente que en el caso anterior proporcional al movimiento impreso por la pólvora á la bala (323).

En uno y otro caso opone el ayre igual resistencia á la Bala, y hace oír un mismo silbido; porque moviéndose la Bala, ó con mas velocidad en la direccion del ayre, ó con menos contra su direccion, le atraviesa, y echa de su lugar en iguales términos, dobla fuertemente sus moléculas elásticas, y ocasiona en ellas aquella vibracion y temblor de que resulta y debe nacer el Sonido. (669 y 675)

781. OBJECCION III. ¿Si la Tierra da vuelta cada dia sobre su exe en la direccion A B C D A: al cabo de doce horas el hombre B tendrá la situacion del Hombre D, y en este caso como podrá menos de caer al infinito de D á V en la inmensidad de los cielos? (Fig. 133)

RESPUESTA. Ya hemos observado que no hay *propiamente arriba ni abaxo absoluto en el Espacio infinito* (771), y que los Cuerpos terrestres tienen una tendencia hácia el centro de la Tierra sin que la tengan á acercarse al Nadir, ó alejarse del Zenit.

Asi un hombre ó un cuerpo qualquiera puesto sobre la superficie de la Tierra tira siempre eficazmente hácia el centro de ella en virtud de su gravitacion ó pesantez A T B T C T D T sin estar expuesto en ningún punto sea superior, sea inferior de la superficie terrestre á ser llevado á la region de las Estrellas R M V H N X R hácia las quales no tiene tendencia alguna sensible.

Todo el mundo sabe que un navio que parte de Londres, ó de Brest con destino á dar *vuelta al Mundo* va costeando la América meridional, pasa por el Estrecho de Magallanes, atraviesa el inmenso Mar del Sur hallándose asi entre los antípodas de la Francia ó de la Inglaterra, llega á la China y á las Indias Orientales, y vuelve por el Cabo de Buena-Esperanza á Brest ó Londres. Durante toda esta vuelta al rededor del

Globo terrestre su gravitacion ó pesantez le hunden en las aguas, y tira á precipitarle hácia el centro de la Tierra igualmente en el Oriente que en el Occidente, en los antípodas de Londres que en el mismo Londres. Así, lejos de tirar este návio puesto en D hácia V tira hácia un punto diametralmente opuesto T.

782. OBJECION IV. Si la Tierra diese vuelta cada año al rededor del Sol en la Eclíptica deberíamos tener continuamente un nuevo Polo en el Cielo; por exemplo supongamos un Ojo colocado en D y en F á las dos extremidades del exe sobre el qual la Tierra hace sus revoluciones diurnas, mientras que este exe siempre perpendicular al plano del Equador C S X corre la Eclíptica P Q R T P. (Fig. 132)

Quando la Tierra está en Q este ojo D tendrá por Polo celeste el punto *m*, y quando seis meses despues la Tierra esté en T tendrá por Polo celeste el punto *o*: dos puntos que distan entre sí unos 60 ó 66 millones de leguas que son la medida del exe grande de la órbita terrestre, ó la doble distancia media de la Tierra al Sol.

RESPUESTA. Es cierto que la Tierra andando la Eclíptica tiene á cada instante por Polo un nuevo punto del Cielo, pues que su exe *mm* prolongado indefinidamente de una y otra parte describe cada año en el Cielo un Cilindro *mo m* cuyo diámetro es de unos 60 ó 66 millones de leguas.

Pero como el diámetro *m V o* de este Cilindro no substiende en el Cielo mas que un arco de unos tres ó quatro segundos segun las Observaciones y cálculos de los mas célebres Astrónomos de estos últimos tiempos, se sigue que este diámetro debe parecer como un punto en el Cielo, y de consiguiente que debe parecernos que el exe terrestre que hace su revolucion anual al rededor de él termina siempre sensiblemente en un mismo punto del Cielo.

Nadie ignora que segun las Leyes de la Optica dos líneas paralelas *mm* y *oo* deben parecernos convergentes,

tes, y que coinciden en un mismo punto á una distancia inmensa. Luego sea que la Tierra esté en Q, sea que esté en T debe parecernos que su eje *mm* y *oo* terminan sensiblemente en los mismos puntos del Cielo V y V. (749.)

No ha sido necesario nada menos que toda la penetracion y destreza de los Astrónomos modernos para descubrir que el Exe terrestre no termina siempre en los mismos puntos fixos del Cielo, y que en un espacio de seis meses hay entre estos puntos una diferencia de tres ó quatro segundos; pero esta *diferencia* ya se ve que es *insensible*, y que no se puede descubrir aun con los ojos mejor constituidos y armados de los mejores Instrumentos astronómicos, sin el auxilio de los mas sutiles y profundos conocimientos de Geometría y Astronomía. Asi pues, el Exe de la Tierra debe dar siempre sensiblemente el mismo Polo durante cada revolucion anual al rededor del Sol.

783. OBJECCION V. Si la Tierra da vuelta cada año al rededor del Sol, *el Polo del mundo* debe alternativamente baxar y subir relativamente al horizonte de un habitante de la Tierra. Porque si yo ando de medio-dia á norte baxo de un mismo meridiano un espacio de 25 leguas veo subirse el Polo boreal cosa de un grado; si ando de norte á medio-dia baxo de un mismo meridiano un espacio de 50 leguas veo al mismo Polo baxarse cosa de dos grados. ¿Pues con quanta mas razon no deberia la Tierra mudar de altura de Polo pasando de un Trópico á otro, y acercándose alternativamente á uno y á otro Polo celeste muchos millones de leguas? (Fig. 132.)

RESPUESTA. La *altura de Polo* es el arco mas pequeño que se puede tirar desde el Polo sobre el horizonte de un lugar. Este arco es siempre el mismo respecto de un mismo lugar, sea que la tierra esté baxo del Trópico de Cancer, sea que esté baxo del de Capricornio, porque el Exe terrestre *mm* ó *rr* ú *oo* que da el Polo celeste permanece siempre paralelo á sí mismo, y

siempre conserva la misma inclinacion sobre el horizonte de este lugar.

La grande revolucion cónica del Exe terrestre al rededor de los Polos de la Eclíptica no muda tampoco la altura de Polo respecto de un mismo lugar, porque el horizonte de este lugar hace la misma revolucion que el Exe terrestre, y este Exe terrestre permanece siempre durante su revolucion cónica inclinado sobre el *Plano del Equador* la misma cantidad de unos 66 grados y 32 minutos.

Si se pregunta ahora porque yendo de medio-dia á norte ó de norte á medio-dia baxo de un mismo meridiano NXR , se tiene *diferente altura de polo*, al paso que yendo de un Trópico á otro de G á H se conserva la misma altura, es fácil dar la razon. (*Fig. 133*)

Y es porque yendo de medio-dia á norte ó de norte á medio-dia sobre la superficie terrestre *se muda de horizonte*, en vez de que yendo de un Trópico á otro sobre el mismo punto C ó B de la superficie terrestre se conserva siempre el mismo horizonte. En el primer caso el horizonte baxa ó sube respecto del Polo, en el segundo el horizonte conserva siempre la misma situacion respecto del Polo. Por exemplo

I.º Si sobre un lugar qualquiera A de la superficie terrestre estuviera puesto un plano AE paralelo al horizonte RTV , y se caminase sobre este plano de medio-dia á norte ó de norte á medio-dia por espacio de diez años ó de ciento se tendria siempre sensiblemente el mismo Zenit M , y de consiguiente la *misma altura de polo*. Porque considerando el espacio andado AE como la base del ángulo AME formado por dos líneas tiradas del Zenit M á las dos extremidades de este espacio se tendria un triángulo cuya base AE seria como nula en comparacion de los lados.

Luego el ángulo M opuesto á la base AE seria sensiblemente nulo en comparacion de los otros dos ángulos (*Math. 701*). Luego los dos ángulos formados sobre la base serian siempre sensiblemente de 90 grados

cada uno. Luego el punto M sería siempre visto sensiblemente en el mismo sitio.

II.º Pero quando se va de medio-día á norte ó de norte á medio-día por encima de la superficie de la Tierra se camina sobre una superficie curva que se inclina continuamente, y de consiguiente da á cada instante un nuevo zenit y un nuevo horizonte. Por exemplo: sean R y V los Polos del mundo: Un Hombre en C baxo del Equador tiene por zenit el punto N, y por horizonte un círculo R T V cuyo plano termina en los dos polos.

Si este Hombre pasa de C á f tendrá por zenit el punto S, y por horizonte un círculo H T G que dista de los polos todo el arco celeste R G. Aunque el espacio andado C f de algunos centenares de leguas no sea nada en comparacion del arco celeste N X S R es considerable en el arco terrestre C k f B, y da un ángulo C T f que prolongado hasta el firmamento comprehende todo el arco N X S, y hace subir el polo R una quantidad igual R G.

III.º No es pues el espacio andado de medio-día á norte ó de norte á medio-día el que ocasiona una mudanza sensible de zenit ó de altura de polo, sino la inclinacion ó curvatura de este espacio.

Así un Hombre que pasa de un Trópico celeste á otro, colocado siempre sobre un mismo punto de la superficie terrestre no muda sensiblemente de zenit ni de altura de polo; porque la Tierra se mueve en la Eclíptica como sobre un plano, y porque el espacio andado por ella de norte á medio-día ó de medio-día á norte es como infinitamente pequeño en comparacion del espacio que separa la Tierra de las Estrellas.

784. OBJECION VI. El vicio grande del Sistema de Copérnico es atribuir á la Tierra dos Movimientos incompatibles, uno de occidente á oriente al rededor del exe del Equador, y otro de oriente á occidente al rededor del exe de la Eclíptica. ¿Porque no es evidente que estos dos movimientos deben destruirse recíprocamente,

y que el movimiento de occidente á oriente no puede subsistir en un mismo móvil con el de oriente á occidente? Luego el Sistema de Copérnico es enteramente ruinoso en este punto fundamental.

RESPUESTA. ¿Si los dos movimientos de que se trata fuesen incompatibles en la Tierra lo serian menos en el Firmamento? ¿Y quien no ve que es cierto y evidente que estos dos movimientos que se dicen incompatibles existen forzosamente ó en el Globo terrestre, ó en el celeste? Así esta Objecion milita igualmente contra Ptolomeo y Tycho-Brahe, que contra Copérnico y contra la Naturaleza misma. Pero demostraremos su futilidad en el Sistema de Copérnico que es el que nos incumbe defender.

Repugna á la verdad que un mismo Móvil tenga á un mismo tiempo un movimiento de occidente á oriente, y otro de oriente á occidente al rededor de unos mismos puntos, de un mismo exe. Pero no repugna en manera alguna que estos dos movimientos se verifiquen á un mismo tiempo en un mismo Móvil al rededor de dos exes diferentes. Es fácil hacer sensible la posibilidad y compatibilidad de los tres movimientos de la Tierra con un solo exemplo conocido de todo el mundo.

Supongamos en medio de un gran Patio embaldosado á un Estudiantillo que mientras llega la hora del trabajo y el enfado se entrega todo al tumultuoso placer de perseguir y atormentar su *Peonza* (*). Mediante una larga correa que envuelve al rededor de la parte superior de la peonza la imprime un movimiento de rotacion sobre su exe: pégala un latigazo con que la

(*) En el Diccionario de la Lengua Castellana de la Real Academia se llama *Peonza* al Cono inverso de madera sin punta de hierro ó reja con el que se divierten los muchachos azotándole con una correa atada á un palo, que es del que habla aqui el Autor; y *Peon* á la pieza de madera casi de la misma figura, que tiene pico de hierro ó reja, y que tiran á andar con un cordel; pero en algunos Pueblos de Castilla la Vieja truecan los nombres, y llaman *Peon* á la primera pieza, y *Peonza* á la segunda.

evanta en el aire, y la imprime un movimiento proyectil sin destruir su movimiento de rotacion. En esta Peonza observamos los tres movimientos que se pretende que sean incompatibles en la Tierra.

I.º La Peonza levantada en el aire y arrojada de occidente á oriente por exemplo, continúa en dar vueltas sobre su exe volviendo á caer hácia el centro de su gravitacion: he aqui una imágen sensible del *Movimiento diurno* y del *anual* de la Tierra, la qual enmedio de estos dos movimientos no dexa de tirar continuamente hácia su Punto central ó hácia el Sol.

II.º Si se coge súbitamente en un plano de carton ó de cobre la Peonza que va dando vueltas, y se observa con cuidado su movimiento de rotacion se percibirá que su exe rodando siempre sobre sí mismo no es siempre perpendicular al plano que le sostiene: que este exe al rededor del qual todos los puntos de la Peonza describen siempre círculos paralelos tiene él mismo por lo comun un *Movimiento cónico*, ya mas ya menos considerable: que este Movimiento cónico del exe de la Peonza no destruye en nada el movimiento de rotacion con que se mueven siempre circularmente al rededor del exe y con bastante frecuencia en una direccion opuesta á la revolucion cónica del exe todas las partes de la peonza: que si suponemos que esta Peonza es un pequeño mundo, un ojo puesto á la extremidad de este exe tendria sucesivamente en el Cielo diferentes polos segun sus diferentes posiciones, y que los diferentes puntos del Cielo en que terminaria este exe prolongado serian los Polos móviles de todas las revoluciones circulares al rededor del exe.

Se ve pues en esta Peonza una imágen sensible del *Movimiento cónico de la Tierra*, cuyo exe rodando siempre sobre sí mismo se inclina sucesivamente de oriente á occidente, sin que ésta inclinacion regular cuyo periodo es de 25,740 años perjudique en nada al movimiento con que se mueven siempre circularmente al rededor de él de occidente á oriente todas las partes de la Tierra.

785. OBJECCION VII. El Sistema de Copérnico que concuerda tan perfectamente con las Leyes del movimiento, con las Observaciones astronómicas, con toda la Teoría de la Física, y con todas las luces de la sana Razon es por desgracia contradicho y desmentido por la Sagrada Escritura que atribuye el movimiento al Sol, y la quietud á la Tierra: luego este Sistema que tiene todas las apariencias de una Verdad demostrada no es en el fondo mas que una ingeniosa impostura, una hipótesis vana fundada en falso. (*)

RESPUESTA. El mayor ultraje que se puede hacer á la Sagrada Escritura es interpretarla mal, es darla un sentido que no tiene. Todo Edificio humano implantado sobre el Edificio del Espíritu Santo le es extraño, se arruina tarde ó temprano sobre él, y le abruma con el peso de su ruina. En el punto de que tratamos tenemos de esto un exemplo que será para siempre memorable.

La Sagrada Escritura recuerda á los hombres que el Sol en su curso magestuoso pasa regularmente de oriente á occidente, de medio-dia á norte, y de norte á medio-dia sin apartarse un punto del camino que le ha asignado y trazado el Arbitro supremo de la Naturaleza: que no obstante este *Curso fijo y regular del Sol*,

(*) NOTA. He aqui algunos de los Textos sagrados que se han alegado y hecho valer seriamente en un tiempo de ignorancia y desatino consta el Sistema de Copérnico, y que ciertamente nada tienen que ver con ningun Sistema astronómico.

I.º *Oritur Sol, et occidit, et ad locum suum revertitur: ibique renascens girat per Meridiem, et flectitur ad Aquilonem.* Ecclesiastes 1.

II.º *Sol contra Gabaon ne movearis; et Luna, contra vallem Ailon! Steteruntque Sol, et Luna, donec ulcisceretur se Gens de inimicis suis. Stetit itaque Sol in medio coeli, et non festinavit occumbere spatio unius diei.* Jossue, 10.

III.º *Invocavit itaque Isaias Profeta Dominum, et reduxit Umbram per lineas quibus jam descenderat in Horologio Achaz, retrorsum decem gradibus.* Reg. IV. 20.

IV.º *Firmavit orbem Terræ qui non commovebitur.* Ps. 92.

Generatio præterit, et generatio advenit: Terra autem in æternum stat. Ecclesiastes. 1.

ha sido á veces interrumpido milagrosamente por una beneficencia especial del Omnipotente Dios de Israel, y que estos beneficios milagrosos merecen de parte de la Nacion Santa un reconocimiento eterno. Este es el sentido general de los diferentes Textos de la Escripura en que se hace mencion del movimiento del Sol, y de la milagrofa interrupcion de este movimiento.

¿Pero no es evidente que estos Textos de la Escripura pueden tener indiferentemente por objeto, ó el *Movimiento real*, ó el *Movimiento aparente* de la antorcha del mundo, pues que una y otra especie de movimiento es igualmente propia para hacer sentir á los hombres el poder y la beneficencia del Eterno en la economía de la Naturaleza y de la Religion? ¿Porque pues restringir de un golpe y sin exámen su significacion al solo movimiento real? ¿Porque excluir de su significacion temerariamente y sin razon alguna el movimiento aparente?

El único objeto de los Autores sagrados en estos Textos es recordar á los hombres los beneficios naturales y sobre-naturales de la Providencia, hacerles admirar la sabiduría, y amar la beneficencia del Ser Supremo así en el órden de la Naturaleza como en el de la Religion, y no dogmatizar secamente sobre puntos de Física y Astronomía (713). Siendo este último objeto enteramente extraño á la Religion y á las Costumbres, la Sagrada Escripura prescinde y debe prescindir enteramente de él.

Hablando pues la Sagrada Escripura de las maravillas de la Naturaleza, ó de los milagros que tienen relacion con ellas no habla ni debe hablar á la generalidad de los hombres de otro modo que conforme á las apariencias: de otro modo que acomodándose al modo de ver y entender que tiene la Multitud la qual está muy lejos de ser filósofa, ni astrónoma. Es pues claro que el sentido de los Textos sagrados que se objetan contra el Sistema de Copérnico no es mas propio del movimiento real que del movimiento aparente. Es

pues claro que estos Textos se pueden entender indiferentemente del movimiento aparente, ó del movimiento real; y he aqui ya desvanecida toda la fuerza de la objecion que se propone.

RESPUESTA II. Supuesta esta observacion general cuya verdad conoce todo entendimiento á quien no ciegue el fanatismo, digo:

I.º Que en los Textos sagrados que atribuyen al Sol un movimiento de oriente á occidente, de medio-dia á norte, y de norte á medio-dia no se trata mas que de un *Movimiento aparente*, y que nada prueba que se trate en ellos de un *Movimiento real*.

Que estas expresiones *el Sol sale, pasa al meridiano, se pone* no significan otra cosa en la Escritura del mismo modo que en la boca de los Astrónomos de profesion, sino que el Sol móvil ó inmóvil empieza á alumbrar el horizonte, está en su mayor elevacion sobre el horizonte, acaba de alumbrar el horizonte &c.

II.º Que en el Texto en que se refiere que al órden de Josué el Sol suspendió su movimiento durante un espacio de tiempo igual al de un dia, solo se trata de una suspension de *Movimiento aparente*. Que el milagro consignado en los Libros sagrados es el mismo, sea que el movimiento real que fué entonces interrumpido está en el Sol mismo, sea que está solamente en la Tierra: que aun suponiendo que Josué estuviese instruido de que la Tierra se movia, y el Sol estaba quieto no debia explicarse en otros términos. Porque si hubiera dicho simplemente que la Tierra habia suspendido milagrosamente su movimiento, nadie hubiera comprendido el *memorable Milagro* que queria consignar y eternizar en la memoria de su Nacion: que este memorable milagro consistió en que contra el órden de la Naturaleza, la Tierra dexó de moverse asi al rededor de su Eje como en la Eclíptica durante un dia entero, lo que hizo que pareciese contra el curso natural de las cosas durante un dia entero, ó durante un espacio de tiempo igual á un dia que el Sol correspondia constan-

tc-

temente á un mismo punto del Cielo: lo que jamas habia sucedido hasta entonces, y nunca ha vuelto á suceder despues.

III.º Que la retrogradacion milagrosa del Sol en el Reynado de Ezechías fué solo una *Retrogradacion aparente*, y que este milagro consistió en que la Tierra en vez de continuar rodando sobre su exe de occidente á oriente conforme al curso natural de las cosas, rodó milagrosamente sobre su exe en direccion opuesta de oriente á occidente, y anduvo retrocediendo un arco de diez grados, lo que dió necesariamente al Sol un movimiento retrógado semejante en su aparente revolucion diurna, y que el Milagro es el mismo en este caso igualmente que en el anterior, sea que el movimiento milagrosamente interrumpido esté en el Sol, sea que esté en la Tierra (752).

IV.º Que los Textos que se citan para probar la quietud ó inmovilidad de la Tierra no tienen el sentido que se les atribuye. Por exemplo

En el Texto del Ecclesiastes *Terra autem in æternum stat* se pone en contraste la deplorable caducidad de la vida humana con la inalterable duracion de la Tierra, y así se trata en él no de la quietud ó inmovilidad de la Tierra, sino de su permanencia.

En el Texto del Psalmista *Firmavit orbem Terræ qui non commovebitur* se opone la fragilidad de las obras humanas á la indestructibilidad de las del Eterno. Las obras de los hombres tiran siempre á su ruína por alguna parte, pero el Globo terrestre que es la Obra del Criador no tiene en sí causa alguna que le altere, que le descomponga, que deba causar su destruccion, ó que se oponga á su eterna existencia, y así en este pasage habla el Psalmista no de la quietud, sino de la inalterabilidad de la Tierra.

786. OBJECCION VIII. La interpretacion que acabamos de dar á los Textos mencionados de la Sagrada Escritura substituyendo en todos ellos la apariencia á la realidad de los Movimientos no tira á nada menos que á trastornar toda la Religion; porque con solo gene-

ralizar este modo de interpretar los Libros sagrados se podrá decir por exemplo que el Verbo ha encarnado ó muerto por los hombres en apariencia, y no en realidad! ¿Y en este caso que será de todo el Depósito de la Revelacion? Se debe pues segun el Axioma generalmente recibido entender los Textos de la Sagrada Escritura en el *sentido natural y obvio*; y de consiguiente renunciar á un Sistema que no se puede sostener de otro modo que alterando el Sentido natural de la Escritura.

RESPUESTA I. Sin entrar aqui en ninguna discusion metafisica sobre el modo de explicar los Textos sagrados que parecen susceptibles de diferentes sentidos, es cierto *que jamas se debe dar á estos Textos un sentido absurdo*, un sentido evidentemente falso, un sentido diametralmente opuesto á las Verdades incontestablemente establecidas por la razon ó por la revelacion. Interpretar la Escritura del modo que pretenden los impugnadores del Sistema de Copérnico seria dar armas á la Impiedad, seria imprimir á los Libros sagrados un carácter de mentira y absurdidad incompatible con el origen divino que les atribuye la Religion.

Este Axioma basta para justificar auténticamente la interpretacion que hemos dado. Porque he aqui como razona la Incredulidad suponiendo con Ticho-Brahe que la Escritura atribuye realmente el movimiento al Sol, y la quietud á la Tierra. *La Divinidad no es absurda ni ignorante*: Luego no ha inspirado la Divinidad unos Libros que combaten dos Verdades ciertas y demostradas entre los Físicos y Astrónomos, quales son el movimiento de la Tierra, y la quietud del Sol.

Este raciocinio viene á quedar evidentemente sin réplica si se conviene en que la Escritura en los Textos de que se trata tiene realmente el Sentido que le da y que está interesada en darle la Incredulidad. Luego el Sentido que acabamos de dar á la Escritura en los Textos en que se hace mencion del movimiento real ó aparente del Sol, lejos de ser un atentado contra ella es el único sentido de que conforme á razon es susceptible.

II.* No se sigue de esto que se puede arbitrariamente substituir en todos los Textos de la Escritura la apariencia á la realidad. Porque no hay acafo en toda ella materia alguna mas que el *Movimiento del Sol* en la que la apariencia y la realidad den los mismos puntos de creencia, y los mismos motivos de afecto y de reconocimiento para con el Ser Supremo. Así pues no se debe de facar induccion alguna del movimiento del Sol para la Encarnacion del Verbo.

La *realidad de la Encarnacion del Verbo* es un Dogma fundamental que es la base de toda la Religion, y á quien no destruye ninguna demostracion física, ni observacion astronómica. La realidad del movimiento del Sol es por el contrario un punto totalmente indiferente á la Religion, é inconciliable con la Teoría del Movimiento, con las Leyes de la Física y con las Observaciones astronómicas. Y así las razones que nos obligan á entender del movimiento aparente los Textos de la Escritura que hablan del movimiento del Sol no nos autorizan para que substituyamos la apariencia á la realidad en los Textos que hablan de la Encarnacion y de otros infinitos objetos.

Adoptamos pues, el Axioma general; *que se debe siempre interpretar ó entender la Sagrada Escritura en el sentido natural y obvio, pero con esta restriccion quando no hay razon sólida y convincente que nos obligue á entenderla en sentido diferente.*

787. OBJECCION IX. ¿No se podrian conciliar en parte los Sistemas opuestos que hay sobre esta materia atribuyendo á la Tierra un movimiento de revolucion diurna sobre su exe en un mismo punto del Espacio infinito, al Sol un movimiento de revolucion anual al rededor de la Tierra, á los Planetas y Cometas una revolucion periódica mas ó menos larga al rededor del Sol, y á las Estrellas un movimiento de revolucion al rededor de los Polos de la Eclíptica? En esta hipótesis tendria la Tierra una inmovilidad suficiente, y el Sol, los Planetas y las Estrellas quedarian libres de este movi-

miento diurno que parece y es en efecto tan chocante.

RESPUESTA. No dexa de ser frecuente hallar en la Física como se hallan en la Sociedad de estos necios conciliadores, y hombres que como aquel Maese-Jacobo de Moliere en su Comedia del *Avaro*, fértiles en recursos mal imaginados y en expedientes mal concertados, no tienen otro mérito que el de irritar igualmente á los dos partidos opuestos. La Hipótesis que se nos propone es un modelo perfecto de este espíritu necio de conciliacion.

I.º Esta hipótesis es altamente rechazada por los partidarios del Sistema de la Tierra inmóvil, si es que quedan todavia algunos. Porque es evidente que si los Textos de la Escritura que son la única base y fundamento de este Sistema atribuyen realmente la inmovilidad á la Tierra, no es menos opuesto á ellos el movimiento diurno de la Tierra, que su movimiento anual.

II.º Lo es igualmente por todos los partidarios de Copérnico, por todos los Físicos, y por todos los Astrónomos, pues es evidente que no es menos absurdo hacer dar vueltas al rededor de la Tierra contra todas las Leyes de la Física y del Movimiento al Sol con sus Planetas y Cometas, y al Firmamento con todas sus Estrellas en el espacio de un año, ó de 25,740 años, que en el espacio de un dia. Así esta Hipótesis no es otra cosa que un sueño antifilosófico á todos aspectos.

SECCION SEGUNDA.

EXAMEN DEL LLENO Y DEL VACÍO.

788. OBSERVACION. De la Questión que vamos á examinar aqui depende manifiestamente toda la Física, y asi merece una especial atencion filosófica.

I.º Todo está lleno segun Descartes: de modo que si el Omnipotente quisiera hoy criar y colocar entre el Sol y las Estrellas una *Pulgada cúbica de materia*, le seria necesario apartar proporcionalmente del punto en

que hoy están todos los límites del Universo.

El Espacio inmenso comprendido por todas partes entre el Sol y las Estrellas está lleno en la opinión de este Filósofo de una mezcla de materia globulosa, y de materia sutil cuyo conjunto forma un flúido á quien da el nombre de *Ether*, ó *materia etherea*. En esta materia etherea, en este flúido sin coherencia ni pesantéz nadan segun él algunos globos sólidos que son los Planetas y Cometas con sus pequeñas atmósferas (163 y 164).

II.º Todo está casi vacío segun Newton. En sentir de este Filósofo no hay en el Espacio inmenso que media entre el Sol y las Estrellas ninguna otra materia que la que compone los seis Planetas principales, los Planetas secundarios, y un cierto número todavía poco conocido de Cometas.

Fuera de este pequeño número de *Puntos sólidos* rodeados de sus pequeñas atmósferas, fuera de algunos rayos de luz esparcida en la inmensidad de los espacios celestes, y que se debe reputar por nada á causa de su inconceivable division, todo segun él está vacío en nuestro Mundo Planetario.

De modo que en sentencia de Newton en el Espacio inmenso comprendido entre el Sol y las Estrellas el Lleno no es mas que como un infinitamente pequeño en comparacion del Vacío, y aun es verosímil que suceda lo mismo en el espacio que separa unas de otras las diferentes Estrellas, que son ellas mismas otros tantos Soles destinados á iluminar un pequeño número de Planetas y Cometas esparcidos en el Vacío, y errantes al rededor de ellas.

IDEA EXACTA Y PRECISA DEL VACÍO.

789. OBSERVACION. Hemos demostrado en nuestros Elementos de Metafísica que el Vacío es posible, y que el Vacío, y aun un Vacío infinito existe fuera de la Naturaleza material. (*Met.* 242 y 246)

Solo pues nos resta exâminar aqui la Qüestion de hecho : á saber si el Vacío existe realmente en la Naturaleza en el espacio comprehendido entre el Sol y las Estrellas mas ó menos distantes ; pero antes conviene formarse una idea exâcta del Vacío de que aqui tratamos.

I.º El término *Vacío* presenta una idea muy diferente al Pueblo que al Filósofo. El Pueblo entiende por este término un espacio en que no hay cuerpo alguno capaz de hacer impresion sobre alguno de nuestros sentidos , pero el Filósofo entiende por él un espacio en que no hay absolutamente materia alguna qualquiera sensible ó insensible.

Una botella en que hubiese una gran cantidad de ayre condensado , ó una gran cantidad de materia ígnea, luminosa , eléctrica ó magnética seria para el Pueblo una botella vacía , pero para que la capacidad de esta botella fuese un verdadero Vacío en el sentido en que lo entiende el Filósofo seria necesario que no hubiese en ella ni ayre , ni fuego , ni luz , ni ninguna otra materia qualquiera.

II.º El Vacío de que aqui tratamos es pues una privación de toda materia qualquiera sensible ó insensible en todo el espacio , ó en una parte inmensamente grande del espacio comprehendido entre el Sol y las Estrellas. Vamos á hacer ver , en primer lugar que los diversos movimientos de los Cuerpos que nos rodean no pueden efectuarse sin dexar entre ellos algunos *Vacíos reales* mas ó menos grandes ; y en segundo que los movimientos de los Planetas y Cometas al rededor del Sol no pueden efectuarse sin suponer un *Vacío casi perfecto* en los Espacios celestes.

PROPOSICION I.

790. Los Movimientos de los Cuerpos que nos rodean no pueden efectuarse sin dexar una infinidad de *Vacíos* mas ó menos grandes en la Naturaleza.

DEMOSTRACION. Hay movimiento en la Naturaleza, hay en ella Cuerpos cuyas partes se acercan ó apartan unas de otras: luego hay Vacío en la Naturaleza, en la que los Cartesianos quieren que todo esté lleno. Demuestro la consecuencia.

I.º Como la Materia no está ni puede estar infinitamente dividida (67) segun confiesan los Cartesianos mismos, consideremos en la Materia dos *Elementos de la especie mas pequeña* y supongamoslos contiguos: sobre estos dos elementos ratiocino de este modo.

Consta por los movimientos que observamos en la Naturaleza que estos dos elementos ú otros dos cualesquiera semejantes se separan y apartan uno de otro. Es así que estos dos elementos no pueden separarse uno de otro sin dexar entre sí un *Vacío* que ningún cuerpo pueda ocupar ni llenar. Y lo demuestro:

El uno de estos dos elementos no puede apartarse del otro en toda la longitud de su diámetro sin que antes se haya apartado en la longitud de su semi-diámetro: es así que en este instante en que estos dos elementos los mas pequeños que hay en la Naturaleza no estan todavía apartados el uno del otro mas que la *mitad de uno de sus diámetros* hay entre ellos un Vacío que ninguna materia puede ocupar y llenar: y lo demuestro. Para que el espacio de que hablamos pudiese ser ocupado y llenado por otra materia, seria necesario que hubiese en la Naturaleza elementos de materia cuyo diámetro entero fuese igual á la mitad del diámetro de los elementos mas pequeños: es decir, seria necesario que hubiese elementos mucho mas pequeños que los mas pequeños de todos los elementos, lo que es evidente que seria una contradiccion manifiesta.

Luego entre estos dos elementos en el estado en que los suponemos hay un Vacío que ninguna materia puede ocupar ni llenar: luego hay entre ellos un verdadero Vacío: luego hay Vacío en la Naturaleza.

II.º Si uno de los mas pequeños elementos está contiguo á otro elemento de una especie mas gruesa estos

dos elementos no pueden tampoco separarse sin dexar entre sí un *Vacío* que ninguna materia pueda ocupar.

Porque es evidente que el elemento mas pequeño debe apartarse del elemento contigüo una cantidad igual á la *mitad de su diámetro* antes de apartarse una cantidad igual á todo su diámetro: luego el elemento pequeño no puede apartarse y separarse del grande sin dexar un *Vacío* en la Naturaleza.

III.º Si un número inmenso de elementos de diferente especie y grandor estan unidos en una sola masa sólida ó líquida sin *Vacíos*, digo que aun en este caso estos elementos no pueden separarse sin dexar entre sí una *infinidad de Vacíos* en el instante de su separacion.

Porque sea esta masa una mezcla de agua, arena, arcilla, diferentes sales, diferentes aceytes, y de todos los flúidos invisibles que se insinúan en los cuerpos. Para que en esta masa no haya *Vacío* alguno es necesario que los intersticios que dexan entre sí los elementos mas gruesos sean llenados por otros elementos de una especie mas pequeña: es necesario que los *Vacíos* que dexan entre sí estos últimos sean llenados por otros elementos aun mas sutiles y así progresivamente hasta la total contigüidad de todos los elementos en todos los puntos de su superficie.

Aora pues en este caso de contigüidad total los elementos mas pequeños de toda esta masa estan contigüos ó á elementos tan pequeños como ellos, ó á elementos mas grandes que ellos, y en una y otra suposicion la separacion no puede hacerse sin dexar *Vacíos*, como acabamos de demostrar.

IV.º De lo dicho resulta que es forzoso ó que los elementos que componen una gota de agua por exemplo, no puedan jamas separarse ni apartarse unos de otros, ó que la separacion succesiva de estos elementos dé succesivamente lugar á la exístencia de una *infinidad de Vacíos pequeños*.

Es así que es evidente que el movimiento de separacion se verifica constante y continuamente en el elemento-

mento del agua, en el del ayre, en el del fuego, en todo el mecanismo del reyno animal y vegetal; en una palabra en toda la Naturaleza expuesta á nuestras observaciones. Luego sin exâminar todavía si exîstên efectivamente los grandes *Vacíos de Newton*, es cierto que hay en la Naturaleza por lo menos una infinidad de pequeños Vacíos y que el Lleno de los Cartesianos es una verdadera chîmera que destruyen los Fenómenos del Movimiento que por todas partes se presentan á nuestra vista. L. Q. P. D.

791. OBJECCION. Se puede suponer la *Materia sutil de Descartes* destinada á llenar los intersticios que puede haber entre los otros dos elementos de una ductilidad sin término. ¿Que inconveniente habria pues en decir que al paso que dos elementos contigüos de materia sutil se apartan uno de otro un quarto, ó una mitad de su diámetro, otra materia sutil en virtud de su ductilidad se subtiliza todavía mas para llenar siempre el espacio que causa la separacion en su principio y progresos?

RESPUESTA. Esta *infinita Ductilidad* que se ven forzados los Cartesianos á atribuir á la *Materia sutil* en su Hipótesis del Lleno es la mayor chîmera de una hipótesis compuesta toda ella de chîmeras.

I.º Hemos probado ya en otra parte que los elementos primitivos de la *Materia*, ó los principios de los cuerpos han recibido del Criador una masa fixa que nada puede decentar, y una figura determinada que no está sujeta á alteracion alguna; lo que á no ser así no habria estabilidad, uniformidad ni permanencia alguna en la Naturaleza, la que vemos siempre semejante á sí misma (145).

¿Porque causa la *Materia sutil* habria sido substraída á la Ley que comprehende á todos los otros elementos? ¿Porque mecanismo fisico, ó mas bien porque virtud mágica la *Materia sutil*, este Proteo mas prodigioso que el de la Fábula puede tomar en un solo instante una infinidad de formas diferentes sin alterar su naturaleza primitiva?

II.º Pero supongamos por un momento la realidad de esta chîmera, de esta infinita ductilidad de la materia sutil, y exâminemos las conseqüencias que de ello deben resultar. Sean *dos globitos de luz contigüos* y de una pequeñez inconceivable.

En la hipótesis de un *Lleno perfecto*, para que estos dos globitos puedan apartarse uno de otro la longitud de uno de sus diámetros, es necesario que una materia infinitamente menor venga á llenar mediante una infinidad de capas succesivas el espacio que se forma succesivamente entre ellos, y que es igual á uno de sus diámetros.

Esto no basta. Es necesario ademas que este número infinito de capas interpuestas entre estos dos globitos de luz en un espacio igual á uno de sus diámetros, se separen unas de otras, pues sin esto toda la Naturaleza seria bien pronto una masa privada de movimiento. Ahora pues es claro que una capa no puede separarse de otra una cantidad igual á todo su grueso sin haberse ántes apartado una cantidad igual al cuarto, á la mitad, á los dos tercios, á los tres cuartos de él, y así progresivamente. Será pues necesario para evitar en esta separacion la exîstencia del Vacío, que una infinidad de capas nuevas de una materia sutil infinitamente mas atenuada que la precedente venga á llenar los infinitamente pequeños intersticios que dexarán entre sí las capas de que hablamos, al apartarse succesivamente una de otra el cuarto, la mitad, el todo de su grueso, el qual no es en sí mas que una parte infinitamente pequeña del diámetro de un globito como infinitamente pequeño.

Aun hay mas; para separar unas de otras estas últimas capas cuyo grueso es ya infinitamente menor que el de las primeras, el qual es en sí infinitamente pequeño será necesario imaginar una infinidad de nuevas capas de una materia siempre infinitamente mas atenuada para introducir las succesivamente entre las capas que se quiere apartar y separar sin que quede entre ellas

Vacío alguno, y así progresivamente al infinito. ¿Y no es esto un delirio? ¿No es esta chîmera?

PROPOSICION II.

792. *Los Fenómenos del Movimiento que observamos al rededor de nosotros en los Cuerpos terrestres destruyen el Lleno de Descartes, y demuestran la existencia de los grandes Vacíos de Newton.*

DEMOSTRACION I. Si todo está lleno, sino hay vacío alguno en la Naturaleza es evidente que los medios en que se mueven los cuerpos sólidos, son iguales á ellos en densidad. Si estos medios son iguales en densidad á los cuerpos sólidos deberán segun las *Leyes de la comunicacion del movimiento* (321) hacer perder en un instante á los cuerpos sólidos todo su movimiento; lo que es manifestamente contra la experiencia, como lo vemos en una bomba ó bala que se mueven en el ayre.

Luego es necesario que una bala que la pólvora inflamada despidе por el ayre se mueva en un medio de muy poca densidad; en un medio que tenga una cantidad muy grande de Vacío; en un medio que contenga incomparablemente ménos materia que contiene la bala misma, la qual tiene mucho Vacío: mucho mas Vacío que Sólido (199).

II.º Newton ha observado y demostrado por una multitud de experiencias, que las esferas que se mueven en el ayre experimentan siempre una resistencia proporcional á sus superficies, qualquiera que sea su densidad. Por exemplo, que un globo de carton de un medio pie de diámetro experimenta en el ayre precisamente la misma resistencia que un globo de plomo del mismo diámetro.

Es así que si todo estuviese lleno como lo pretenden los Cartesianos, estas Esferas deberían experimentar no una resistencia proporcional á sus superficies, sino una resistencia proporcional así á su superficie como á su densidad; porque siendo la materia sutil segun los mismos Cartesianos de una futilidad inconcebi-

ble, es claro que debería insinuarse por entre los poros de estas esferas, y oponer una resistencia no solo á sus partes sólidas exteriores, sino tambien á todas sus partes sólidas, sean exteriores, sean interiores. Luego debería oponer al movimiento de estas esferas no simplemente una resistencia proporcional á su superficie, sino una resistencia proporcional asi á su superficie como á su densidad; lo que con todo no sucede. Luego la hipótesis del Lleno es tambien en esto opuesta á la experiencia.

III.º Quando por medio de una Máquina Pneumática se ha extraído el ayre contenido en un largo Tubo de vidrio A B (*Fig. 11*), una pluma ligera y una motita de lana entregadas á su pesantez caen al fondo de este tubo con la misma velocidad que una laminita de oro ó plomo (245).

Luego quando se extrahe el ayre de este Tubo se disminuye inmensamente la *densidad del Medio* en que se mueven estos cuerpecitos, pues á no ser así, aun despues de que se hubiese hecho obrar á la Máquina todo lo que se quisiese, experimentarían como ántes una resistencia proporcional á sus volúmenes que les haría caer con velocidades desiguales. Luego despues que se ha extraído el ayre de este Tubo hay en él incomparablemente menos materia que antes.

Luego el Ether Cartesiano que no se saca del Tubo quando se extrae de él el ayre, está muy léjos de producir un *Lleno perfecto* en la Naturaleza, pues que ni aun tiene la densidad suficiente para oponer una resistencia sensible á los cuerpos que le atraviesan y le echan de su lugar.

IV.º De estas varias Experiencias se sigue que la Atmósfera que nos rodea está muy léjos de tener la densidad que la suponen gratuitamente y sin prueba los Cartesianos: y que esta Atmósfera contiene Vacío y una cantidad muy grande de Vacío, la qual puede ser sometida al cálculo, y determinada sobre principios fixos y ciertos.

Porque se sabe que la *densidad del Ayre* es proporcional al peso que le comprime (619), y que el Ayre está otro tanto menos comprimido quanto sus capas se alejan mas de la superficie del Mar (662). De donde se sigue que el Ayre que es ya un cuerpo como 800 veces menos denso que el agua cerca de la superficie terrestre, se disminuye en densidad, y aumenta en vacío á medida de que sus capas se alejan mas y mas de nuestro Globo.

Newton ha hallado por el cálculo que á la altura de 40 millas de Inglaterra, que hacen como unas 13 leguas y media de Francia el Ayre debe ser mil veces mas raro y menos denso que cerca de la Tierra: que á la altura de 80 millas ó 27 leguas debe de ser un millon de veces mas raro y menos denso: y que á la altura de 160 millas ó de 54 leguas debe de ser 1,000,000,000 de veces menos denso, ó mas enrarecido y mas vacío que en el que estamos envueltos y que respiramos.

De donde se infiere que si se prosigue calculando la menor densidad y mayor cantidad de Vacío que debe tener el Ayre á proporcion de su mayor distancia de la Tierra, se hallará que la Luna, los Planetas y los Cometas se mueven en un Vacío casi perfecto, y de consiguiente que existen los grandes Vacíos de Newton. L. Q. P. D.

PROPOSICION III.

793. *Los Fenómenos del Movimiento que observamos lejos de nosotros en los Planetas y Cometas destruyen el Sistema del Lleno y de los Turbillones, y demuestran la necesidad y existencia de un Vacío casi perfecto en los Espacios celestes.*

DEMOSTRACION. Harémos ver la verdad de esta Proposicion con dos Pruebas igualmente sensibles y solidas, tomadas la una del movimiento de los Planetas, y la otra del de los Cometas (164).

I.º Consta por las Observaciones astronómicas que los

Planetas hacen sus revoluciones periódicas al rededor del Sol unos en *tiempos* mas largos, y otros en *tiempos* mas cortos, todos ellos en *Curvas* cuyo foco y no el centro ocupa el Sol, y en *Planos* que no son paralelos entre sí, y que se cortan unos á otros. He aqui tres cosas que es imposible conciliar de un modo satisfactorio con la existencia del Lleno y de los Turbillones.

¿Porque suponiendo que los seis Planetas sean arrebatados al rededor del Sol por uno ó muchos Turbillones inmensos de materia sutil tal como la imaginan los Cartesianos. (Fig. 124)

Se concibe acafo como mientras que la Tierra hace una revolucion entera A D A al rededor del Sol no hace Júpiter mas que una décima, y Saturno mas que una trigésima parte de su revolucion?

¿Se concibe acafo como cortándose unos á otros los diferentes Planos de las Orbitas de los Planetas pueden deber estos sus revoluciones fixas y regladas á una materia impulsiva que se mueve de consiguiente cortándose regular y continuamente baxo de ángulos diferentes?

II.º Es cierto que los Cometas son globos opacos tan antiguos como el Mundo, y bastante semejantes á nuestros Planetas. Consta por las Observaciones astronómicas que estos *Globos Cometas* haciendo continuamente sus revoluciones periódicas al rededor del Sol se mueven en los Espacios celestes hácia todos lados y en todas direcciones. Unos de occidente á oriente como la Tierra en la direccion M N O P M. Otros de oriente á occidente en la direccion *m n o p m*. Estos de medio-dia á norte en la direccion G H K L G, y aquellos de norte á medio-dia en la direccion *g h k l g*, y así de los demas. (Fig. 125.)

¿Pero si es verdad que el impulso del gran *Torrente de materia etherea* arrebatara los Planetas A B C D A de occidente á oriente al rededor del Sol, no es evidente que este mismo impulso debe detener el curso de los Cometas que van de oriente á occidente, apartar de su carrera á los que van de norte á medio-dia ó de medio-dia á norte, y arrastrar en su direccion y con

una velocidad igual á la fuya los que van de occidente á oriente?

Casi todos los Cometas de que tenemos observaciones mas puntuales, quando han llegado á estas Regiones del Cielo en que se mueven los Planetas se han acercado al Sol mucho mas que lo está la Tierra A B C D A despues de haber atravesado casi todas las órbitas de Saturno, Júpiter, Marte y la Tierra. (*Fig. 124 y 125.*)

¿Como han podido meterse y undirse fuccesivamente en los Turbillones particulares de estos diferentes Planetas, Turbillones mas ó menos opuestos á su curso sin alterar su movimiento, sin perder su direccion que permanece siempre la misma? ¿Y despues de haber estado fumidos durante un tiempo considerable en estos diferentes Turbillones, y haber llegado hasta cerca del Sol mismo, como han podido salir de ellos? ¿Como y porque milagro han resistido continuamente á la fuerza impulsiva de los diferentes Turbillones de Saturno, Júpiter, Marte y la Tierra, los quales deberian haberles arrasrado cada uno en su propia direccion? ¿Como y porque milagro despues de haber en fin salido de estos diferentes abismos, y hallarse ya mas arriba del Turbillon de Saturno podrian tener todavia algunas veces mas velocidad que Saturno y que Júpiter, á pesar de que segun los mismos Cartesianos las diferentes *Capas de los Turbillones* tengan una revolucion cada vez mas lenta á medida de que se alejan del Sol centro comun de todas las revoluciones?

III.º Resulta evidentemente de todo lo que acabamos de observar sobre los movimientos regulares y periódicos de los Planetas y Cometas al rededor del Sol centro comun de sus revoluciones, que estos movimientos en tantas direcciones tan diferentes y opuestas no pueden efectuarse á no ser que sea en un *Espacio perfectamente libre*, en un Espacio totalmente incapaz tanto de impulsión como de resistencia, en una palabra en un Espacio vacío ó casi vacío.

Luego los Espacios celestes en donde se efectuan

en todas direcciones y á todas distancias los movimientos regulares de los Planetas y Cometas son evidentemente *Vacios inmensos* en los términos en que los admite Newton.

Luego el Sistema del Lleno y de los Turbillones inventado por Descartes, reformado por Malebranche, largo tiempo sostenido y en fin abandonado por los mas bellos Ingenios de diferentes Naciones no es otra cosa que un *brillante Romance* que todos los grandes Fenómenos de la Naturaleza acreditan y demuestran ser una *chîmera*, y que puede muy bien lisongear y seducir la imaginacion, pero que se desvanece quando se le exâmina á la luz de la Experiencia, de las Observaciones astronómicas, de la Teoría del Movimiento, en una palabra á la luz de una Razon sensata é ilustrada.
L. Q. P. D.

OBJECIONES Y RESPUESTAS.

794. OBJECCION I. El *Ether Cartesiano*, ó la Materia globulosa y subtil que llena la inmensidad de los Cielos no tiene pesantez alguna, pues que es ella misma la causa de la pesantez, y la causa debe necesariamente distinguirse del efecto. Luego este Ether no puede ni debe oponer resistencia alguna al movimiento de los Cometas. Pruebo la consecuencia:

Un *Globo de cera* puesto sobre un Plano horizontal necesita de una cierta cantidad de fuerza motriz para ser movido en la direccion ó contra la direccion del Plano; porque este globo tiene una pesantez por la qual tira contra el plano, por la qual resiste á qualquier movimiento opuesto á la direccion de la pesantez.

Pero si este mismo *Globo de cera* esta metido en un Líquido de la misma pesantez específica que él, en este caso estando en equilibrio con este Líquido no tiene pesantez, y la experiencia enseña que una fuerza infinitamente pequeña basta para moverle en una direccion qualquiera dentro de este Líquido. Luego los Cuerpos
son

solo resisten al movimiento en virtud de su pesantez: luego el Ether Cartesiano que se supone sin pesantez no puede oponer resistencia alguna al movimiento de los Planetas y Cometas.

RESPUESTA. Sería difícil reunir mas paradojas, mayores falsedades, contradicciones é inconseguencias en menos palabras. Examinemos cada una de por sí las diferentes partes de esta Objecion.

I.º Harémos ver bien pronto que toda Materia sea sólida, sea líquida, sea fluida tiene una *Pesantez inherente á su naturaleza* é independiente del Ether Cartesiano, y que esta pesantez inherente á todo cuerpo, á toda materia qualquiera es el efecto de una *Ley general de la Naturaleza*, en virtud de la qual todos los Cuerpos tienen unos hácia otros una tendencia general que es siempre proporcional á la masa del Cuerpo atraente dividida por el quadrado de la distancia del Cuerpo atraído (800 y 805.)

II.º Aun quando el Ether Cartesiano no tuviese pesantez, no se seguiria que no opusiese resistencia; porque hay en los Cuerpos una *Fuerza de inercia*; una resistencia al movimiento, independiente de su naturaleza. Lo demuestro:

Sean dos globos de medio pie de diámetro, el uno de plomo y el otro de carton, el uno muy pesado y el otro muy leve. Si abandonando succesivamente estos dos globos á su gravedad, y dexándolos caer perpendicularmente al horizonte les doy á uno y á otro durante su caída vertical un fuerte martillazo en la direccion que llevan, experimento una *Resistencia* que seguramente no puede provenir de su pesantez, pues la pesantez lejos de oponerme resistencia alguna subtrae por el contrario el globo en que pegó al golpe que le doy. Luego estos dos globos tienen una resistencia independiente de su pesantez, y es claro que se puede decir lo mismo de qualquiera otra materia.

En vano se diria que la Resistencia que experimento proviene de la pesantez del Ayre en que se mueve el

globo herido: porque si el Ayre fuera la única causa de la resistencia que experimento, ambos globos el de carton y el de plomo como que echan de su lugar una columna igual de ayre, me opondrian una resistencia igual. Lo que es evidentemente contrario á la experiencia, por la que consta que el globo de plomo resiste mas que el de carton. Luego los Cuerpos tienen una resistencia independiente de su pesantez, una resistencia inherente á su naturaleza, una resistencia proporcional á su densidad, una resistencia en fin nacida de su Fuerza de inercia (286.)

Luego aun quando el Ether Cartesiano no tuviese pesantez como gratuitamente se supone, no se seguiria que no opusiese resistencia alguna.

III.º ¿Pero que la experiencia del *Globo de cera* es bastante decisiva? ¿Acaso este globo de cera metido en un Líquido de igual pesantez carece realmente de ella? No por cierto; pues su pesantez se emplea actualmente en sostener á una cierta elevacion un volúmen de Líquido igual al suyo.

La pesantez del globo y la del Líquido que echa de su lugar se destruyen en sus efectos iguales y opuestos, pero no en su naturaleza siempre reciprocamente puesta en accion contra la fuerza opuesta, y así esta pesantez del globo metido en el Líquido obra continuamente. Luego subsiste: luego no está destruida. (583 y 584.)

IV.º Pero supongamos aun si se quiere, que este *Globo de cera* no tiene pesantez alguna dentro de su Líquido, y con una cuerda tiremos de él muy rápidamente en una direccion horizontal ó vertical en el seno del Líquido. Experimentarémolos al moverle de este modo una resistencia que crecerá como el quadrado de la velocidad, no obstante de que la pesantez del Líquido no oponga resistencia alguna al movimiento horizontal ó vertical de este globo que esté en equilibrio con él.

Luego hay en los Cuerpos una resistencia independiente de la pesantez. Luego aun quando el Ether Car-

tesiano no tuviese pesantez alguna, suposicion que no es conforme á las Leyes establecidas por el Criador en el órden presente de la Naturaleza, no por eso dexaria de oponer una resistencia inmensa á los globos celestes que se mueven dentro de él en una direccion mas ó menos opuesta á la suya.

V.º Es claro que no puede haber percusion real y propiamente tal entre dos Cuerpos sin que haya una *Resistencia recíproca* entre el cuerpo herido y el que hiere;

Porque el Cuerpo herido tiene una resistencia al movimiento que no puede ser vencida sino por una *Resistencia superior y opuesta* en el cuerpo que tira á echarle de su lugar. ¿Como el cuerpo que hiere echará de su lugar al herido *sino resiste eficazmente* á la accion y resistencia que éste le opone?

Luego si el Ether Cartesiano arrebatara mediante su impulsión los Planetas como pretenden Descartes y sus Discípulos, es necesario que tenga una resistencia opuesta á la *Fuerza de inercia de los Planetas*, y superior á ella. Luego si el Ether Cartesiano es la causa mecánica cuya accion siempre subsistente mueve los Planetas haciéndoles seguir su direccion, esta misma accion mas ó menos grande, mas ó menos eficaz debe producir el mismo efecto en los Cometas.

VI.º Los Cometas son la verdadera *Piedra de toque* del Sistema Cartesiano; porque ó los Turbillones son la verdadera causa física de los movimientos celestes, y en este caso su influencia mecánica debe de ser la misma sobre los Cometas que sobre los Planetas, ó estos Turbillones no obran sobre los Cometas, y en este caso no deben tampoco obrar sobre los Planetas.

Si los Turbillones no obran ni sobre unos ni sobre otros, son enteramente inútiles en la Naturaleza; si obran, su accion es opuesta á los fenómenos de la Naturaleza, y debe de mil modos turbarse, confundirse, alterarse y destruirse.

Luego los Turbillones no son mas que una *vana y brillante chimera*: luego su impulsión no es la verda-

dera causa física de los Movimientos celestes.

795. OBJECCION II. Los Espacios celestes están llenos de una cantidad inmensa de materia luminosa: porque en qualquiera punto del Cielo que se suponga colocado un ojo recibirá una impresion sensible que trazará en él la imagen del Sol: es así que esta cantidad inmensa de materia luminosa que existe evidentemente en los Espacios celestes no es otra cosa que el Ether Cartesiano: luego existe el Ether Cartesiano.

RESPUESTA. La Luz esparcida por los Espacios celestes no tiene nada de comun con el Lleno de Descartes, nada de opuesto á los inmensos Vacíos de Newton, ni nada de incompatible con la libertad, y regularidad de los Movimientos celestes, como es fácil demostrarlo y hacerlo sentir.

I.º Esta Luz nada tiene de comun con los Turbillos de Descartes, porque los Turbillones de éste se mueven en una direccion comun, paralela con corta diferencia á una superficie de esfera; y esta Luz se mueve en linea recta en la direccion de los radios de una esfera cuyo centro es el Sol. Los Turbillones conservan siempre y por todas partes *la misma densidad*; y ésta Luz decrece en densidad á medida de que se aumenta el quadrado de su distancia al punto luminoso. (719)

II.º Esta Luz nada tiene de incompatible con los *grandes Vacíos de Newton*; porque aunque no se pueda asignar en la inmensidad de los Cielos espacio alguno en que colocado un ojo no reciba un número de rayos suficiente para trazar en él la imagen mas ó menos grande, mas ó menos sensible del Sol y de las Estrellas no se sigue de esto que haya en los Espacios celestes una cantidad muy grande de materia luminosa.

Para concebir como éstos chorritos infinitamente pequeños de Luz que se cruzan y atraviesan en infinitas direcciones en cada punto sensible de los Espacios celestes (722 y 693) no destruyen los inmensos Vacíos de Newton, conviene recordar aqui lo que diximos en otra parte sobre la division y divisibilidad de la Materia. Quan-

do tratamos de estos dos puntos hicimos ver con muchísimas experiencias que la Materia está realmente dividida mas allá de todo lo que nuestra imaginacion puede concebir, é hicimos ver por el raciocinio que la Divisibilidad de la Materia no tiene límites asignables; y que una porcion qualquiera de Materia, por exemplo un grano de arena, ó un ala de mosca dividida y subdividida quanto se quiera en moléculas siempre mas pequeñas, puede ser distribuida en un Espacio de un gran dor qualquiera aun en todo el Espacio que media entre el Sol y las Estrellas, de modo que los Vacíos que queden en este espacio entre una molécula y la molécula inmediata sean cada uno menor que una millonésima, que una centésima millonésima parte de línea (61). Supóngase pues, que la Materia luminosa está en estos términos dividida, en estos términos atenuada como lo está en efecto, y se concebirá fácilmente como puede estar esparcida en todos los puntos sensibles de la inmensidad de los Cielos sin perjudicar á los grandes Vacíos de Newton, pues segun lo dicho una cantidad de materia luminosa igual en masa á un grano de arena, ó á una ala de mosca puede estar dividida en porciones y moléculas tan pequeñas que se podrán suponer muchas en cada punto sensible de la inmensidad de los Cielos sin que la suma de todas estas partes reunidas ó dispersas dexé de ser una cantidad igual á un grano de arena, ó á un ala de mosca, la qual ya se ve evidentemente que es ninguna en comparacion de la inmensidad del Espacio que queda vacío por todos lados al rededor de este número como infinito de moléculas esparcidas por todas partes en él.

796. OBJECCION III. ¡Que riqueza, que abundancia y que grandeza en las Obras del Criador en la Hipótesis del Llento! ¡Y que escasez, que pequeñez en estas mismas obras en la Hipótesis de los grandes Vacíos! Segun Descartes, Dios ha criado un Mundo inmenso, un Mundo lleno, un Mundo en que todo es Ser. Segun Newton, Dios no ha criado en el espacio eterno é

infinito mas que algunos *pequeños Puntos sólidos* separados por Vacíos inmensos, mas que un Mundo que apenas se puede comparar con un esqueleto descarnado, mas que una obra en que el Ser es infinitamente pequeño, y la Nada es infinitamente grande.

RESPUESTA. La Obra del Criador es bastante grande y bastante magnífica por sí misma para no tener necesidad de una *fabulosa hinchazon* que la enriquezca y aumente.

En el Espacio eterno é infinito en que nada existia mas que Dios, la Voz fecunda del Todo-poderoso hizo salir de la Nada un número inmenso de Globos opacos ó luminosos de diferente naturaleza y grandor. Mandó á los *Globos luminosos* que diesen vuelta sobre su eje y sobre sí mismos, que fermentasen en toda su substancia y que despidiesen continuamente de su seno en radios divergentes en el espacio vacío é increado una materia infinitamente sutil animada de una velocidad inconcebible á la que nada destruye. Mandó á los *Globos opacos* que diesen vueltas sobre su eje y sobre sí mismos, y que las diesen tambien en diferentes direcciones alrededor de un Globo luminoso en virtud de un movimiento proyectil, y de un movimiento centrípeto que los imprimió (771), y al que nada destruye en el Espacio vacío é increado. Tal es en su generalidad la Obra del Criador, obra infinitamente sencilla, infinitamente grande, é infinitamente digna de la Sabiduria y Omnipotencia de su Autor.

La brillante y fecunda *Imaginacion de Descartes* osó emprender llenar los Vacíos de esta Máquina admirable; osó prestarla una infinidad de quiméricos resortes de que no necesita, que la embarazan y que no pueden menos de arruinarla y destruirla. El *sublime Genio de Newton* ha dado en tierra con todos estos resortes positivos, con todo este armatoste extraño á la Naturaleza, y ha reducido la Obra del Criador á no ser en nuestras ideas otra cosa que lo que ella es en sí misma. He aquí la honrosa nota que ha habido el atrevimiento de

poner á Newton en una Obra que hubiera restablecido el Imperio de los Turbillones si fuera capaz el Ingenio de realizar la Fábula y la Chíméra.

SECCION TERCERA.

EXISTENCIA Y LEYES DE LA ATRACCION.

797. DEFINICION. La *Atraccion* es una tendencia permanente de los Cuerpos unos hácia otros, ó un movimiento por el qual tiran los cuerpos á acercarse unos á otros, qualquiera que sea la causa de esta tendencia ó movimiento. (80 y 84)

I.º En virtud de esta *Atraccion mutua de los Cuerpos* que se llama tambien *Gravitacion* ó *Pefantez*, la Luna tira á acercarse continuamente á la Tierra, y si nada se opusiese á esta *Atraccion* ó tendencia se precipitaria la Luna hácia la Tierra con un movimiento acelerado por una línea recta tirada del centro de la Luna al de la Tierra.

II.º En virtud de la misma fuerza la Tierra tira tambien continuamente hácia la Luna, y si nada se opusiese á esta *atraccion* ó tendencia caminaría la Tierra hácia la Luna con un movimiento acelerado por una línea recta tirada del centro de la Tierra al de la Luna.

III.º Hay tambien una *Atraccion semejante* entre la Tierra y el Sol, el Sol y la Tierra, y si nada se opusiese á la *atraccion mutua* de estos dos globos caminarían recíprocamente uno hácia otro por una línea recta tirada del centro del Sol al de la Tierra.

Se puede decir lo mismo de la *Atraccion* recíproca entre la Tierra y Marte, entre Marte y la Tierra, y así de todos los Cuerpos celestes y terrestres.

798. DIVISION. La *Atraccion* de un cuerpo respecto de otro, por exemplo de la Tierra respecto de la Luna es á un mismo tiempo activa y pasiva.

o I.º Llámase *Atraccion activa de un cuerpo* la accion que exerce contra el Cuerpo atraído, ó el movimiento que imprime hácia sí al cuerpo á quien atrae: por exemplo la Tierra tiene respecto de la Luna una virtud *atractiva en fuerza de la qual hace nacer en la Luna una tendencia hácia ella.*

Esta Accion de la Tierra sobre la Luna, este movimiento impreso á la Luna por la accion de la Tierra es lo que se entiende por la *Atraccion activa* de la Tierra respecto de la Luna.

o II.º Llámase *Atraccion pasiva de un cuerpo* la accion que padece de parte del Cuerpo atraente, ó el movimiento que tira á llevarle hácia el cuerpo que de atrae. Por exemplo al mismo tiempo que la Tierra atrae á la Luna hácia su centro, es atraída por la Luna hácia el suyo.

Esta tendencia de la Tierra hácia la Luna, este movimiento hácia la Luna que imprime á la Tierra la accion *atractiva* de la Luna es la *Atraccion pasiva* de la Tierra respecto de la Luna.

Se concibe por esto que la Luna tiene tambien su *atraccion activa* por la que atrae á la Tierra, y su *atraccion pasiva* por la que es atraída hácia la Tierra, y lo mismo se puede decir de qualesquiera otros dos Cuerpos cuyas atracciones mutuas y recíprocas se comparen entre sí.

799. NOTA. Lo único que choca comunmente en la *Atraccion* es la falsa idea que se ha formado de su naturaleza y de su causa. Aclaremos estos dos puntos, y no tendrá ya la *Atraccion* nada que pueda prevenir contra ella, nada que pueda impedir á un Aficionado á la Física exâminar y apreciar con ánimo sereno las pruebas en que se funda.

I.º No nos debemos figurar la *Atraccion activa de los Cuerpos* como una qualidad intrínseca á su naturaleza, como una virtud activa y eficaz de la Materia, como una influencia oculta de los cuerpos mismos, ó como una fuerza ó accion independiente de la accion libre y per-

ma-

manente del mismo Criador. Considerar así la Atraccion de los Cuerpos seria volver á la Física la *Chimera de las Qualidades ocultas* de que felizmente la ha purgado la sana razon en estos últimos Siglos. (*Met.* 98 y 99)

II.º Qualquier partido que se tome sobre la causa ocasional de la gravitacion de los Cuerpos, sea que se la atribuya á la Impulsion con Descartes, sea que se la atribuya á la Atraccion con Newton es cierto que el movimiento de gravitacion tiene por *Causa eficiente* no la accion misma de la Materia, no la accion de alguna qualidad criada inherente á la Materia sino la accion eficaz y permanente del Criador única causa eficiente de todo movimiento en la Naturaleza. (74 y 76)

Descartes y Newton estan enteramente de acuerdo sobre este punto. Uno y otro suponen, y todos sus Sequaces respectivos suponen tambien unanimemente con ellos que la *Gravitacion de los Cuerpos* lo mismo que qualquier otro Movimiento de la Naturaleza tiene por Causa eficiente la accion permanente del Criador. Pero no concuerdan igualmente sobre qual sea la causa ocasional de este Movimiento.

Descartes pretende que la Gravitacion de los Cuerpos tiene por causa ocasional la *Impulsion de una materia*, ó que el Criador no imprime á los Cuerpos este movimiento que les hace tirar unos hácia otros sino con ocasion del contacto del choque ó de la impulsion de una materia despedida contra ellos.

Newton por el contrario, es de sentir que la Gravitacion de los Cuerpos tiene por causa ocasional no la impulsion de una materia sea la que quiera, sino la *simple Coexistencia de estos Cuerpos*; ó que el Criador imprime á todos los Cuerpos coexistentes sea en el Vacío, sea fuera del movimiento que les hace tirar unos hácia otros segun ciertas Leyes fixas sin que le dé ocasion á ello ningun contacto, ningun choque, ni ninguna impulsion.

III.º ¿Qual es pues en el Sistema Newtoniano la *Causa ocasional* que mueve al Autor de la Naturaleza á im-

primir á los Cuerpos y conservar continuamente en ellos este movimiento que les hace tirar unos hácia otros, y que llamamos indiferentemente atraccion, pefantez, ó gravitacion?

La causa ocasional de este movimiento de gravitacion es en este Sistema una *Ley primitiva de la Naturaleza*, ó una Voluntad eficaz y permanente del Criador, el qual ha querido y decretado que todos los Cuerpos coexístentes al rededor del Sol tuviesen una tendencia recíproca y permanente unos hácia otros.

La simple coexistencia de estos cuerpos sin el auxilio de impulsión alguna recibida en ellos le basta al Criador para moverse conforme á la Ley establecida por él, á producir continuamente en estos cuerpos el movimiento que les lleva sin cesar unos hácia otros. Esta es según Newton la causa ocasional de la *Atraccion mutua de los Cuerpos* en la Naturaleza.

PROPOSICION FUNDAMENTAL.

800. *La Atraccion existe: la Atraccion es una Ley general de la Naturaleza.*

DEMOSTRACION. I.º La Atraccion, Pefantez ó Gravitacion no es otra cosa que una *Tendencia permanente* de los Cuerpos unos hácia otros hácia ciertos centros comunes. Es así que semejante tendencia existe evidentemente en los Planetas y Cometas respecto del Sol, y en los Satélites respecto de su Planeta principal: Luego la Atraccion existe evidentemente y se manifiesta en todos estos diferentes Cuerpos.

II.º Esta *Tendencia permanente* de los Globos celestes hácia el centro comun de su movimiento no tiene por causa la impulsión de una materia que dando en ellos les empuje hácia este centro; pues es indudable que estos cuerpos se mueven en espacios vacios; en espacios en que no hay materia alguna capaz de darles un impulso sensible y eficaz; en espacios en que la única materia que puede encontrarse con ellos que es la ma-

teria luminosa tiraria mas bien á alejarlos del centro del Sol hácia el qual gravitan, que á acercarlos á él. (792 y 793)

Luego hay en estos Cuerpos una *Atraccion independiente de la impulsión*, una Atraccion que no tiene por causa ocasional mas que su coexistencia y la Ley primitiva del Criador; en una palabra, una Atraccion en los términos en que la admite Newton.

III.º El conjunto de estos diferentes Cuerpos, del Sol, los Planetas y Cometas forma toda la Naturaleza fometida á nuestras experiencias en este punto. Luego toda la Naturaleza fometida á nuestras observaciones está sujeta á la Atraccion.

Luego por un juicio de analogía (*Met.* 101) se debe presumir que la Atraccion tiene el mismo imperio en la parte de la Naturaleza que se oculta á nuestras observaciones. Por exemplo en los Cometas todavia desconocidos respecto de nuestro Sol; y en los Planetas y Cometas que verosimilmente hacen sus revoluciones al rededor de cada Estrella. Luego la Atraccion es una Ley general de la Naturaleza. L. Q. P. D.

LEYES GENERALES DE LA ATRACCION.

801. LEY I. *La Atraccion activa y pasiva de los Cuerpos es reciproca, ó todo cuerpo atrae á aquel por el que es atraído.*

DEMOSTRACION. Sean por exemplo la Tierra y la Luna puestas á una gran distancia una de otra en el Vacío inmenso de los cielos. Para que se verifique nuestra proposicion en estos dos Planetas tenemos que probar que la Tierra ejerce una atraccion sobre la Luna, y que la Luna la ejerce tambien sobre la Tierra; vamos á hacerlo. (*Fig.* 124)

I.º Es cierto que la Luna y todas sus partes tienen una tendencia permanente hácia el centro de la Tierra. Pues es evidente que no hay otra alguna causa que pueda aprisionar y retener la Luna en su órbita, y que pueda inclinar continuamente su movimiento, é impedir

que se efectúe á cada instante en la direccion de la Tangente de su curva conforme á la exígencia natural del movimiento. (308)

Es así que esta tendencia ó gravitacion de la Luna hácia la Tierra no tiene ni puede tener por causa en el Vacío de los espacios celestes mas que la Atraccion activa de la Tierra. Luego *la Tierra exerce una Atraccion activa sobre la Luna.*

II.º No es menos cierto que las diferentes partes de la Luna tienen una tendencia permanente hácia el *centro de este Planeta.* Pues á no ser así, al paso que la Luna diese vueltas sobre su centro y exe como las da en el espacio de cosa de un mes, todas las partes que componen su superficie y que no estan unidas á ella, como las aguas, las arenas, el ayre y otras substancias semejantes escaparian necesariamente por la Tangente de su Curva de rotacion en virtud de la fuerza centrífuga que las da este movimiento de rotacion.

Es así que esta tendencia ó gravitacion de las diferentes partes de la Luna hácia el centro de este Astro no tiene ni puede tener por causa en el Vacío de los espacios celestes otra que la Atraccion activa de la Luna misma: Luego *la Luna exerce una Atraccion activa sobre sus diferentes partes.*

III.º ¿Pero si esta Atraccion activa de la Luna se extiende desde su centro hasta su superficie, porque no se habrá de extender con mas ó menos fuerza hasta la Tierra la qual en este caso padecerá una atraccion de parte de la Luna? De consiguiente *la Tierra será atraida por la Luna*, así como la Luna lo es por la Tierra.

La Atraccion activa de la Tierra no está ceñida á solo impedir que los mares, rios y demas partes desunidas de su superficie, como asimismo que toda la masa de la atmósfera no escapen por la Tangente en virtud de la Fuerza centrífuga que los imprime la revolucion diurna de la Tierra al rededor de su exe, sino que ademas extiende su accion decreciente hasta la Luna cuyo movimiento inclina continuamente hácia el centro de la Tierra,

¿Pues porque *la Atraccion activa de la Luna* estaria restringida y limitada á su Esfera? No se pueden asignar límites algunos á la accion atractiva de la Tierra. ¿Pues sobre que principio y fundamento se asignarian á la accion atractiva de la Luna cuyos prodigiosos efectos se hacen por otra parte sentir diariamente en el grande y permanente fenómeno del *fluxo y refluxo del Mar*?

Está pues suficientemente demostrado que hay una Atraccion mútua y recíproca entre la Tierra y la Luna; que la Tierra atrae á la Luna y es atraída por ella, y recíprocamente.

IV.º Se puede aplicar la misma teoría al Sol y á un Planeta ó Cometa qualquiera. El Sol tiene un movimiento de revolucion sobre sí mismo, y da vuelta al rededor de su exe fensiblemente inmóvil en 25 dias y medio, y su virtud atractiva que aprisiona y retiene al rededor de su centro las diferentes partes que le componen se extiende á aprisionar y retener á Júpiter en su órbita. Júpiter tiene tambien un movimiento de revolucion sobre sí mismo; pues da una vuelta al rededor de su exe errante y móvil en 9 horas y 56 minutos. ¿Porque la *virtud atractiva* de Júpiter que impide á todas sus partes que cedan á su fuerza centrífuga, y escapen por la Tangente no se estenderia fuera de su esfera y hasta el Sol?

V.º Y como no podemos menos de atribuir la misma *Virtud atractiva* á todos los Cuerpos celestes asi Planetas como Cometas sobre los que podemos hacer observaciones, debemos por una Induccion filosófica ó por un Juicio de analogia contra el que no hay prueba alguna, tenerla por propia de toda materia.

Se debe pues reconocer que la *Atraccion de los Cuerpos* es en todos ellos recíproca, ó que todo cuerpo atrae á aquel por el que es atraído. L. Q. P. D.

802. LEY II. *La Atraccion activa, ó la Fuerza con que un Cuerpo atrae á otro es proporcional á la masa del Cuerpo atraente.*

DEMOSTRACION.. Siendo recíproca la Atraccion activa

de los Cuerpos es claro que debe convenir á *todas las partes de un Cuerpo*; es claro que cada parte debe tener una Atraccion activa que la sea propia.

Luego la Fuerza atractiva de un Cuerpo debe ser otro tanto mayor ó menor, quantas mas ó menos partes atractivas tiene el tal Cuerpo. Luego la fuerza atractiva de un cuerpo debe ser proporcional á su masa.
L. Q. P. D.

803. COROLARIO. Si dos Cuerpos, por exemplo la Tierra y la Luna fuesen abandonados á la fuerza de su Atraccion recíproca, se acercarian uno á otro andando espacios que serian en razon inversa de sus masas.

Y el Punto en que se encontrarian uno con otro debe ser mirado como el centro comun de su accion atractiva relativamente á otro tercer Cuerpo que fuese atraído á un mismo tiempo por los dos primeros. (Fig. 126.)

DEMOSTRACION. Sea la masa del Cuerpo A igual á 10, y la masa del Cuerpo B igual á 1.

I.º Segun la demostracion precedente el Cuerpo A exerce sobre el Cuerpo B una fuerza atractiva como 10, al paso que este exerce sobre aquel una fuerza atractiva como 1. Luego siendo necesariamente los efectos como las causas que los producen, el Cuerpo B se moverá hácia el Cuerpo A con una velocidad como 10, al paso que el Cuerpo A solo se moverá hacia el Cuerpo B con una velocidad como 1.

Luego los espacios andados serán en razon inversa de las masas. Y si estos dos Cuerpos caminasen uno hácia otro se encontrarian en un punto C diez veces mas cerca del Cuerpo A que del Cuerpo B.

II.º Si suponemos ahora que los Cuerpos A y B inmóviles cada uno en su sitio no obstante su Atraccion recíproca, atraen juntamente hácia sí á un tercer Cuerpo D, es claro que este Cuerpo D entregado á la accion de estas dos fuerzas conspirantes A y B debe tirar hácia uno y otro siguiendo la diagonal D C de un paralelogramo construido sobre la direccion y proporcion de las dos fuerzas que obran sobre él (345).

Se acercará pues este Cuerpo D otro tanto mas al Cuerpo A quanto mayor es la masa y virtud atractiva que tiene el Cuerpo A respecto de la del Cuerpo B.

804. LEY III. *La Atraccion pasiva de un Cuerpo, ó la cantidad de movimiento que recibe en virtud de la Atraccion activa que padece es proporcional á la masa del Cuerpo atraido.* (Fig. 126.)

DEMOSTRACION. La Atraccion pasiva de un Cuerpo no es otra cosa que su gravitacion ó pesantez. Es asi que la gravitacion ó pesantez es proporcional á la masa del Cuerpo que gravita;

Porque consta por las observaciones que en un Espacio libre en el Vacío todos los cuerpos caen con igual velocidad en virtud de su gravitacion cuya causa fisica es la Atraccion activa de la Tierra, y de consiguiente que la Tierra no imprime por su virtud atractiva mas velocidad á una pluma que á una bomba, ó á una bomba que á una pluma (245).

Es asi que siendo iguales las *Velocidades* en el Vacío donde las atracciones pasivas se muestran con toda libertad y sin obstáculo alguno, es claro que las cantidades de movimiento en diferentes cuerpos son entre sí como sus masas (273).

Luego el Cuerpo B por exemplo, en virtud de su *Atraccion pasiva* proporcional á su masa se moverá hácia el Cuerpo atrahente A con una cantidad de movimiento, ó con una fuerza motriz como 1 si su masa es como 1, como 100 si su masa es como 100, y asi proporcionalmente con una fuerza motriz, ó cantidad de movimiento tanto mayor ó menor, quanto mayor ó menor fuere su masa. L. Q. P. D.

805. LEY IV. *La Atraccion activa y pasiva de los Cuerpos crece y decrece en razon inversa de los cuadrados de las distancias que los separan.* (Fig. 124.)

DEMOSTRACION. Está demostrado por la Teoría del movimiento que todo Cuerpo que describe una curva hace exfuerzo en cada instante para escapar por la Tangente de ella. Es necesario pues que este Cuerpo está

continuamente animado de una tendencia hácia su centro, ó de una *Fuerza central* que en cada instante le aparte mas ó menos de la Tangente (362 y 771).

I.º Es claro en primer lugar que la Luna describe una curva al rededor de la Tierra, y que la fuerza central que produce esta curva no es otra cosa que la tendencia, gravitacion ó pesantez de la Luna hácia el centro de la Tierra, asi como la fuerza central que aparta á cada instante una bomba, una bala de Cañon, ó qualquiera otro móvil de la direccion horizontal no es tampoco otra cosa mas que su tendencia, ó gravitacion, ó pesantez hácia el centro de la Tierra.

Para demostrar pues nuestra proposicion no tenemos mas que hacer ver que la pesantez que inclina á cada instante el movimiento proyectil de la Luna en su órbita á la distancia de sesenta radios terrestres del centro de la Tierra es á la pesantez que tendria la Luna sobre la superficie de la Tierra, ó á la distancia de un radio del centro de la Tierra como el *quadrado de la última distancia* es al *quadrado de la primera*, ó como el cuadrado de $1 = 1$ es al de $60 = 3600$.

Consta por la experiencia como todos saben que en la caída libre de los Cuerpos la *quantidad de la caída es precisamente la misma*, sea que un cuerpo cayga perpendicularmente ó por el radio, sea que cayga por la línea circular elíptica ó parabólica. Así con solo comparar la inflexion que padece la curva lunar en un tiempo determinado á la distancia de 60 radios, con la inflexion que padecería esta misma curva cerca de la superficie terrestre á la distancia de un solo radio del centro de la Tierra en un mismo tiempo determinado, por exemplo en un minuto hallaremos la proporcion que buscamos.

Ahora pues segun las Observaciones astronómicas la Luna no baxa en un minuto mas que 15 pies mas abaxo de la tangente de su curva, quando cerca de la superficie terrestre deberia baxar 3600 veces 15 pies mas abaxo de una tangente semejante en virtud de su pesantez ó tendencia hácia el centro de la Tierra. Luego la

pe-

pesantez de la Luna en su órbita es 3600 veces menor que lo que sería sobre ó cerca de la superficie terrestre: lo que es cabalmente la razón inversa que intentábamos probar.

II.º Consta además por las Observaciones astronómicas que todos los Planetas principales guardan la misma *Ley de gravitacion*. En un tiempo determinado, por exemplo en un minuto su curva se inclina debaxo de su Tangente otro tanto menos quanto mas distantes estan del Sol, y la *quantidad de inflexion ó caída* es siempre en razón inversa del quadrado de su distancia al mismo Astro. Por exemplo (*Fig. 124*)

Suponiendo que la distancia de Mercurio al Sol fuese á la distancia de la Tierra respecto del mismo astro exactamente como 1 es á 3, en el espacio de un minuto de tiempo la caída rr de Mercurio sería á la caída rr de la Tierra como 9 es á 1.

Y por consiguiente su pesantez respectiva rr hacia el centro del Sol, efecto de la Atracción activa de este Astro sería en razón inversa de la distancia que media entre el Sol, y uno y otro Planeta.

III.º Por las Observaciones astronómicas, ó por un juicio de analogía se hallará ó concluirá en fin que todos los demas cuerpos qualesquiera celestes y terrestres guardan esta misma Ley.

Luego la gravitacion ó pesantez de los Cuerpos que no es otra cosa que su *Atracción pasiva* crece y decrece en razón inversa de los quadrados de sus distancias.

Luego la *Atracción activa* de los Cuerpos atraentes que es la única causa á que se puede atribuir la gravitacion ó pesantez crece y decrece tambien en razón inversa de los quadrados de las distancias, lo que á no ser así el efecto no sería proporcional á su causa, ni la causa á su efecto: lo que es evidentemente falso y absurdo. L. Q. P. D.

806. NOTA. Hace ya cerca de un siglo que ésta última *Ley de la Atracción* que acabamos de exponer y demostrar está recibida por todos los Astrónomos ilus-

trados así Newtonianos como Cartesianos, ó como un *Principio físico* de donde provienen todos los grandes Fenómenos celestes, ó como una *Regla geométrica* que concuerda perfectamente con estos fenómenos sin ser no obstante causa de ellos. Nosotros como se ha visto, la admitimos juntamente como uno y otro, como Principio físico, y como Regla geométrica.

LA LEY DE ATRACCION CAUSA UNICA DE LA PESANTEZ DE LOS CUERPOS.

807. *EXPLICACION.* Segun Newton la *Pesantez de los Cuerpos* es un efecto de la Ley general de Atraccion en razon directa de las masas, y en razon inversa de los quadrados de las distancias así en el Vacío como fuera de él, y la Pesantez conviene generalmente á toda materia, sólida, flúida, ó líquida, porque toda materia está igualmente sujeta á la accion del Cuerpo que la atrae hácia sí con una fuerza que es siempre y en todo caso el producto de su masa dividido por el quadrado de su distancia al Cuerpo atraído, qualquiera que sea la naturaleza y masa de éste.

Es claro que la Pesantez es un *efecto general en la Naturaleza*, en la que vemos á todos los Cuerpos gravitar hácia ciertos centros comunes, y que este efecto debe forzosamente nacer ó resultar de una Causa general de la Naturaleza.

Ahora bien: las dos únicas Causas generales de la Naturaleza de quienes pudiera resultar este efecto son la Impulsion y la Atraccion: luego la Pesantez debe necesariamente resultar de una de estas dos causas, sino resulta de ambas á un tiempo.

PROPOSICION FUNDAMENTAL.

808. *La Pesantez de los Cuerpos es un efecto físico no de la Impulsion, sino de la Atraccion.*

DEMOSTRACION I. Es cierto que la *Pesantez de los Cuerpos* no tiene por causa la Impulsion.

I.º Porque la *Pesantez* existe y obra en los Planetas y Cometas que estan colocados en espacios vacios: en espacios en que no hay materia alguna impulsiva, en espacios en que la *Pesantez* no puede ser producida ni perpetuada por ninguna impulsion qualquiera (793).

II.º Porque aun quando supusiésemos reales todas las fabulosas hipótesis de impulsion á las que se podria querer atribuir la *Pesantez de los cuerpos*, jamas puede nacer de ellas una *Pesantez tal qual existe en la Naturaleza*: una *Pesantez tal qual nos la muestran los Fenómenos*. (Fig. 134)

En primer lugar, si la *Pesantez de los Cuerpos terrestres* proviniese de la impulsion de los Turbillones que se suponen movidos circular, ó elípticamente de occidente á oriente, es claro que en vez de gravitar los *Cuerpos terrestres* hácia el centro C de la Tierra deberian gravitar hácia el Exe M N, y hácia un punto correspondiente á su Latitud. Por exemplo: El Cuerpo P impelido del Turbillon P S P deberia gravitar hácia H, y no hácia C, lo que es evidentemente contrario á la Experiencia (247).

En segundo, si la *Pesantez de los Cuerpos terrestres* proviniese de la impulsion de estos Turbillones, es claro que no deberian los *Cuerpos* acelerar su movimiento segun la *progresion de los números impares* quando caen libremente hácia el centro de la Tierra (366); porque para que se verifique esta aceleracion es necesario que la fuerza impulsiva que obra sobre el cuerpo que cae obre siempre en él con igual fuerza, lo que no puede ser así en la Hipótesis de la impulsion. Pues en esta hipótesis el *Cuerpo* que cae se substraeria otro tanto más á la Impulsion, quanto mayor velocidad tuviese ya adquirida hácia su centro de movimiento.

Por exemplo, sea una Bala pequeña de Cañon colgada en el ayre de un hilo que no tenga mas fuerza que para sostenerla. Si yo pego á esta bala centralmente

de arriba abaxo con un martillo á quien dé una velocidad considerable la imprimo un *movimiento determinado*, que será por exemplo como 10. Pero si la pegase en los mismos términos quando cae perpendicularmente bastante abaxo con una velocidad ya como 9, se substraeria á las 9 décimas partes de la impulsión de mi martillo, y el *movimiento determinado* que la imprimiria, en vez de ser igual al anterior no seria mas que una décima parte de él, lo que es tambien manifestamente contrario á la Experiencia. (323 y 366.)

En fin se puede tambien demostrar por otras muchísimas razones semejantes todas fundadas en la Teoría y en la Experiencia que en la Hipótesis de que la *Pesantez de los Cuerpos* tuviese por causa la impulsión de los Turbillones baxo de qualquiera forma que se les imagine ó conciba, la *Pesantez* que resultaria no se pareceria en nada á la que existe en la Naturaleza.

DEMOSTRACION II. Primeramente es cierto que la *Pesantez* es una *propiedad comun á todos los Cuerpos* sólidos, líquidos, y flúidos, á la Tierra, al Agua, al Ayre, á los vapores mas sutiles, al humo, á la llama; en una palabra á todas las sustancias corporeas que pueden ser sometidas á nuestras experiencias y observaciones (243). Pues que todos los Cuerpos en que podemos hacer experiencias, y que podemos observar gravitan unos hácia otros; la Luna y los Cuerpos terrestres hácia la Tierra; los Cometas y Planetas principales hácia el Sol, y los Planetas subalternos hácia su Planeta principal en unos espacios en donde seguramente no hay materia alguna capaz de darles ningun Impulso ni *Pesantez*.

Es cierto ademas que los *Fenómenos de la Pesantez* que no pueden conciliarse con la Teoría de la Impulsión en los términos en que nos los muestran la experiencia y observacion quadran perfectamente en todo y por todo con la Teoría de la Atracción mutua de los Cuerpos. Porque supuesta la *Ley de Atracción recíproca* en razon directa de las masas é inversa del quadrado de las distancias entre todos los Cuerpos de nuestro Mun-

do Planetario (805), se deducirán de esta Ley demostrada todos los Fenómenos de la Pesantez de los Cuerpos, tales como los descubrimos por la experiencia y la observacion. Por exemplo

I.º Resulta de esta Ley que todos los Cuerpos que forman el *Globo terrestre* ó que pertenecen á él de cerca ó de lejos como los cuerpos B ó P deben gravitar hácia su centro C en una direccion perpendicular al horizonte sensible, ó á la Tangente B T. Porque siendo todas las moléculas atractivas A y D, r y s , m y n Fuerzas iguales y conspirantes (343), deben tirar eficazmente á hacer andar el móvil P ó B la diagonal P C E (Fig. 129).

Que si el Globo terrestre no es perfectamente esférico la gravitacion de un Cuerpo P ó x no debe de tirar por todas partes precisamente al centro C de la Tierra sino hácia un Punto D tomado al rededor del centro. Porque siendo en este caso desiguales las Fuerzas atractivas A y B por razon de su desigual distancia del Cuerpo atraido P, este se moverá ó tirará á moverse por la Diagonal P D, la qual siempre es perpendicular al horizonte sensible del Punto x , ó á la Tangente de este Punto (Fig. 130).

Que la gravitacion de un *Cuerpo mas distante del centro de la Tierra* debe de ser menor que la de otro mas cercano al mismo centro, y que esta gravitacion es siempre y en todo caso en razon inversa de los cuadrados de las distancias. (251 y 805)

Que en un mismo espacio vacio y sin resistencia una pluma y una bala deben caminar con una misma velocidad hácia el centro de la Tierra (245), porque una y otra son movidas por una misma fuerza aceleratriz que es la Atraccion activa de la Tierra (245 y 802).

Que en virtud de esta fuerza aceleratriz, la *caida de los Cuerpos* debe acelerarse en el Vacío segun la progresion de los números impares (366), con tal de que los espacios andados no sean bastante considerables; pero que si esta caida se efectuase en un espacio muy gran-

de y durase bastante largo tiempo, el movimiento acelerado creceria en una relacion mayor que la de los números impares; porque en este caso la fuerza aceleratriz dexaria de ser sensiblemente uniforme é iria creciendo relativamente al Cuerpo atraído.

II.º Resulta igualmente de esta Ley que la Tierra debe gravitar hácia la Luna, asi como la Luna gravita hácia la Tierra. (801)

Que los Satélites de Saturno y Júpiter deben gravitar hácia su Planeta principal, así como el Planeta principal gravita hácia el Sol, y así como la Luna gravita hácia la Tierra.

Que dos Planetas bastante cercanos uno á otro, por exemplo Saturno y Júpiter en conjuncion deben obrar recíprocamente uno sobre otro, alterar la regularidad de su curva y de su movimiento, como en efecto sucede así.

Que la Gravitacion ó Pesantez hácia el Sol debe de ser menor en los Planetas mas distantes de este Astro que en los mas cercanos á él, y que las Pesantezes respectivas deben de ser siempre y en todo caso como lo son en efecto en razon inversa de los cuadrados de las distancias (805).

Que en los Cometas que estan á veces muy cerca, y á veces inmensamente lejos del Sol (*Fig. 125*), la Pesantez debe variar inmensamente como consta que varia en efecto; y así de los demas fenómenos terrestres y celestes de la Pesantez.

III.º ¿A quien se podrá persuadir que todos los *Fenómenos de la Pesantez de los Cuerpos* puedan concordar en todo y por todo con la Ley de una Atraccion universal entre todos ellos sin que estos Fenómenos resulten de ella, sin que sean un efecto de esta Ley? ¿Y á quien se podrá persuadir que todos los Fenómenos de la Pesantez de los Cuerpos puedan ser en todo y por todo opuestos á la Teoría de la impulsión y que no obstante nazcan constante y universalmente de esta Ley?

Luego es cierto y demostrado por la observacion de los Fenómenos que el gran Fenómeno de la *Pesan-*

tez de los Cuerpos tiene por causa no la Impulsion baxo de qualquier aspecto que se la considere, sino la Atraccion recíproca y universal en razon directa de las masas, é inverfa de los quadrados de las distancias. L. Q. P. D.

OBJECCIONES Y RESPUESTAS.

809. OBJECCION I. Por bellos que sean los colores baxo de los que se nos presenta la Atraccion no es ésta en el fondo mas que una qualidad oculta, un principio dudoso, un ser obscuro é inconceivable, una causa abstracta y sin influencia alguna fisica. Y así un Sistema de Física que tiene por basa la Atraccion es un Sistema muy poco filosófico.

RESPUESTA. I.° Ya hemos observado y es fácil conocer que la Atraccion no conviene en nada con las *Qualidades ocultas del Peripato*, pues estas no se pueden concebir ni definir, y la Atraccion se concibe y define muy claramente.

La Atraccion es un movimiento impreso por el Criador á dos Cuerpos uno hácia otro. La ocasion de este movimiento es la coexistencia de estos dos Cuerpos: su efecto acercarlos continuamente entre sí, ú oponerse á qualquier movimiento que tire á alejarlos uno de otro. ¿Que obscuridad se puede hallar en estas ideas ni en su objeto? Es pues absurdo objetar el vicio de obscuridad á un Principio fisico en que todo es luz.

II.° Un Principio fisico que se anuncia continuamente por sus efectos en toda la Naturaleza expuesta á nuestras Observaciones no es un *Principio dudoso*, no es un Principio cuya existencia puede ser puesta en problema, y tal es evidentemente la Atraccion general de los Cuerpos.

Vemos á los Cuerpos celestes, así Planetas como Cometas tirar continuamente hácia el centro de su movimiento; vemos á los Terrestres tirar siempre y por todas partes hácia el centro de la Tierra. Estos efectos anuncian indudablemente la existencia de una Causa. He-

mos demostrado que esta Causa no es la Impulsion: de donde resulta que no puede ser otra que la Atraccion. Luego la Atraccion no es un Principio equivoco ni dudoso.

De la Naturaleza y Leyes de la Atraccion se deriva la explicacion de casi todos los grandes Fenómenos de la Naturaleza, y por el contrario no puede derivarse de la Impulsion. ¿Que prevencion, ó mas bien que demostracion á favor de la Atraccion tal qual la hemos mostrado! ¿Se puede acaso sin una preocupacion mas que ciega dexar de ver la existencia de la Atraccion en la sencilla conveniencia de esta Causa con el mecanismo general del Universo?

Descubriendo Newton el *Principio de la Atraccion* ha dado á la Física un hilo seguro que la conduce con toda la certidumbre y precision posibles por el Laberinto de la Naturaleza; una antorcha luminosa que ilumina su curso, la descubre con la mas perfecta exactitud los fenómenos antes de que los observe: y una regla segura é infalible que somete toda la Teoría del Cielo al rigor del cálculo mas exacto. De modo que las observaciones mas escrupulosas y mas exactas no dan resultados mas justos y conformes á los fenómenos, que los que da ella.

¿Si sin embargo de todo esto se puede aun tener á la Atraccion por un Principio equivoco y dudoso, que principio se podrá tener por cierto en la Física?

III.º ¿Que se quiere decir quando se objeta á la Atraccion que es una *Causa abstracta*? La Atraccion lo mismo que la velocidad, la extension, la impulsion, y qualquiera otra causa fisica puede á la verdad ser considerada en estado de abstraccion. ¿Pero por ventura se sigue de aquí que la Atraccion no sea mas que un ser imaginario? No por cierto. Pues si esto se siguiese, se seguiria igualmente que la velocidad, la extension, la impulsion, y todas las demas causas fisicas no son mas que seres imaginarios, lo que es manifestamente un absurdo.

- IV.º ¿Se entiende acaso mejor lo que se quiere decir
quan-

quando se objeta á la Atraccion, que no es una *Causa mecánica*, un principio que no tenga una influencia física? Tampoco. Digo que la Atraccion es una causa tan mecánica, y un principio tan físico como la Impulsion.

¿Porque en que consiste el *mecanismo de la Impulsion* segun Descartes, Malebranche, Privat de Moliere, segun todos los Cartesianos antiguos y modernos? En que con ocasion del choque entre dos Cuerpos produce Dios en el cuerpo chocado una cantidad de movimiento igual á la que pierde el chocante.

¿En que consiste el *mecanismo de la Atraccion* segun Newton y casi todos sus següaces? En que con ocasion de la coexistencia de dos cuerpos produce Dios en ellos cierta cantidad de movimiento que les hace tirar uno hácia otro.

Asi como el choque no es la causa eficiente sino simplemente la ocasional del movimiento producido en la Impulsion, del mismo modo la coexistencia no es la causa eficiente sino simplemente la ocasional del movimiento producido en la Atraccion. De donde resulta ó que la Impulsion no es una causa física y mecánica, ó que la Atraccion es una causa tan física y mecánica como ella (74 y 84).

V.º Es facil adoptar las mismas respuestas á las objeciones semejantes á estas que se podrian poner contra las Afinidades químicas, ó Atraccion especial de los Cuerpos: Atraccion cuya naturaleza es susceptible de una definicion muy luminosa, cuya existencia se nos manifiesta en infinitos fenómenos (93), y cuyo mecanismo consiste en último analisis en una tendencia recíproca entre ciertos cuerpos, ocasionada por su contigüidad mas ó menos perfecta, y producida por la accion del Criador única Causa eficiente de todo movimiento, único Executor de todas las Leyes establecidas por él en la Naturaleza.

810. OBJECCION II. ¿Que diferencia tan sensible no hay entre el mecanismo que se nos manifiesta en la *Impulsion*, y el pretendido mecanismo que se imagina en la *Atraccion*?

El primero es un mecanismo fundado en la naturaleza del Movimiento que tira á subsistir siempre sin

disminucion alguna, en la naturaleza de la Materia que siendo móvil é impenetrable debe moverse y ceder su lugar para no destruir el movimiento de los Cuerpos impelentes, y en la naturaleza de los mas de los Cuerpos que estando destinados á formarse y destruirse por la adquisicion y pérdida continua de muchísimas substancias diferentes necesitaban de una impulsión entre estas diferentes substancias.

El segundo por el contrario es un mecanismo que no se funda ni en la naturaleza del movimiento, ni en la de la materia, ni en la de los cuerpos; un mecanismo obscuro y tenebroso, fundado únicamente en una Voluntad arbitraria del Criador, y en que todo se reduce á decir muy poco filosóficamente, que los Cuerpos se atraen porque le plugo al Autor de la Naturaleza que se atraxesen.

RESPUESTA. ¿Supuesto que convienen ambas partes como en efecto convienen los Cartesianos y Newtonianos, en que el movimiento no es un efecto absurdo de una Qualidad oculta de la Materia, en que *todo movimiento tiene por causa eficiente la accion del Criador*, único Autor, motor y conservador de la Naturaleza visible, como se puede hallar tanta diferenciencia entre el mecanismo de la Impulsión y el de la Atracción? La causa eficiente del movimiento de Impulsión y de Atracción es la misma; la determinatriz de uno y otro es la Voluntad primitiva y siempre subsistente del Criador que ha establecido libremente una y otra Ley; la primera con ocasion del choque de los Cuerpos; y la segunda con ocasion de su coexistencia. ¿En donde está pues la diferenciencia palpable entre el mecanismo de la Impulsión y el de la Atracción? Se debe confesar que ó no hay mecanismo en la Impulsión, ó hay un mecanismo igual en la Atracción.

I.º *El movimiento de Impulsión* no debe esencialmente nada ni á su naturaleza, ni á la de la materia, ni á la de los cuerpos. Todo lo debe únicamente á la Voluntad del Criador que ha establecido libremente tales y tales Leyes del movimiento relativas al

Orden que le plugo establecer en la Naturaleza.

¿Porque por exemplo, un *Cuerpo sin resorte* no puede dar en otro que tampoco le tenga sin comunicarle la mitad de su movimiento si sus masas son iguales, y los dos tercios si el chocado es doble en masa? ¿Porque un *Cuerpo de resorte* no puede dar en otro que tambien le tenga sin perder todo su movimiento si las masas son iguales, y retroceder si es mayor la masa del cuerpo en que da? (322 y 331)

Es claro que no se puede dar otra razon fisica de estos fenómenos de Impulsion que la Voluntad primitiva del Criador. Es claro que el Autor de la Naturaleza que ha establecido libremente estas Leyes del choque entre los Cuerpos, hubiera podido establecer otras enteramente diferentes, que hubiera podido decretar por exemplo, que despues del choque los dos Cuerpos ó quedasen ambos enteramente quietos, ó ambos se moviesen en la misma direccion con la velocidad primitiva, ó retrocediesen ambos con velocidades iguales ó desiguales á la velocidad primitiva.

No hay pues en la Impulsion como no le hay en la Atraccion otro *Mecanismo fisico* que el que produce en ellas la accion y la ley del Autor y motor de la Naturaleza.

II.º ¿Si el orden de la Naturaleza, si la renovacion eterna de los Seres exígia una *Ley de Impulsion*, este mismo orden de la Naturaleza, esta misma renovacion de los Seres exígian acaso menos una *Ley de atraccion*? ¿Por ventura está demostrado que la Atraccion hace un papel menos brillante en la Naturaleza, que la Impulsion?

Al contrario está demostrado, en primer lugar que *sola la Atraccion* sin el auxilio de la Impulsion fujeta á movimientos eternamente periódicos y regulares los Globos celestes en el seno del Vacío inmenso.

Es cierto en segundo, que si la Impulsion influye mucho en la accion que anima, vivifica y eterniza la Naturaleza de los Seres al rededor de nosotros, la Atraccion sea general, sea especial tiene tambien una influencia

muy sensible y patente en esta misma accion de la Naturaleza, y en los fenómenos que de ella nacen, como lo hemos hecho notar en varios lugares del primer Tratado de esta Obra (93, 220, 228, 241.)

III.º Si sola la Impulsion bastase para dar razon de todos los fenómenos de la Naturaleza, deberia es verdad ser desechada la Atraccion como una causa inútil, y cuya existencia no tendria prueba alguna.

¿Pero no pudiendo obrar la Impulsion en los espacios celestes en donde no hay materia alguna impulsiva, no pudiendo tampoco conciliarse con una infinidad de fenómenos que observamos en pequeño en las operaciones químicas, y que se nos presentan en grande en la formacion y descomposicion de casi todos los Cuerpos terrestres, porque se ha de reusar asociar á la Impulsion una causa que con sus efectos constantes y permanentes anuncia su existencia y influencia en toda la Naturaleza?

IV.º Si se hace un delito al Newtonianismo, de que atribuye el movimiento de los Cuerpos que se atraen á la accion del Criador, la misma imputacion se puede hacer al Cartesianismo que atribuye igualmente el movimiento de dos Cuerpos que se chocan, no á alguna qualidad ó virtud oculta de la materia conforme á la antigua preocupacion que solo existe ya en las ideas de los ignorantes, sino á la accion eficaz y permanente del Autor de la Naturaleza.

Pero á la verdad obrando sensatamente no se puede hacer un crimen por esta causa ni á Descartes ni á Newton. Qualquier partido que se tome entre estos dos grandes Hombres, entre estos dos Restauradores de la Filosofia no se puede menos de reconocer un primer Autor y un Eterno Conservador de la Naturaleza, quien solo ha establecido y quien solo executa las *Leyes del Movimiento* que libremente ha impuesto.

Una Física en la que no se supusiese un Dios, ó solo se supusiese un Dios ocioso y sin accion seria una Física mas digna de un estúpido Epicureo que de un Filósofo ilustrado.

V.º Atribuir á la accion del Criador el movimiento de los Cuerpos que se chocan ó atraen no es destruir el mecanismo de la Impulsion ó Atraccion, no es reducir la Física á decir simplemente que tal fenómeno acontece porque Dios le produce, como la ignorancia ó la preocupacion objetan á veces á Descartes y á Newton; es decir á los dos Príncipes de la Filosofía moderna, ó los dos Maestros del Mundo filosófico.

Si se le pregunta á un Newtoniano por exemplo, porque los Graves aceleran su movimiento segun la progression de los números impares (366) quando caen libremente y sin obstáculo alguno hácia su centro, no responderá estúpidamente que este movimiento se acelera asi porque Dios lo quiere, sino que su respuesta será que este fenómeno es una *dependencia de la Ley de Atraccion*: que supuesta esta Ley general y primitiva que ha hecho conocer y descubrir la observacion de los movimientos celestes, el fenómeno de la aceleracion de los Graves debe suceder en los mismos términos que le observamos.

Semejante respuesta es evidentemente muy digna de un Físico; ¿porqué en que consiste ni en que puede consistir la Física sino en observar á que Leyes generales y primitivas está sometida la Naturaleza, y que influencia pueden y deben tener estas Leyes en tales y tales circunstancias?

VI.º Por lo que hace á estas Leyes primitivas y generales de la Naturaleza sería evidentemente absurdo pedir alguna explicacion física de ellas, y buscar alguna causa ulterior, pues que como se supone estas Leyes son la causa general y primitiva de todos los efectos de la Naturaleza, y es evidente que no se puede ni debe dar mas razon de las Leyes y Causas primitivas de la Naturaleza, que la *Voluntad libre y siempre subsistente del Criador*, que habiendo querido y decretado tal Orden de cosas en la Naturaleza criada y formada por él, ha debido necesariamente establecer algunas causas primitivas, algunas causas independientes de toda otra cau-

sa ulterior para mover y animar por medio de ellas la Naturaleza conforme á sus miras y designios.

811. OBJECCION III. Newton no ha admitido la Atraccion mas que como una hipótesis á propósito para dar razon de los fenómenos, mas que como una teoría de la que se deducen facilmente por el cálculo todos los movimientos de los Cuerpos celestes. ¿Porque pues realizar nosotros una hipótesis, una teoría que no ha realizado su Autor?

RESPUESTA. I.º Importa muy poco saber que idea se habia formado Newton de Atraccion, pues que no fundamos la existencia y realidad de esta Ley sobre la autoridad de este grande Hombre. Lo que importa saber en este punto es únicamente que idea nos debe dar de ella la *observacion de la Naturaleza* que está expuesta á nuestra vista como lo estuvo á la de Newton.

Ahora bien: La observacion de la Naturaleza nos demuestra que la Impulsion no es la única causa primitiva de su accion, y que á esta causa es necesario afociarla otra, á saber la Atraccion. Luego la existencia y realidad de la Atraccion está tambien demostrada como la de la Impulsion.

II.º Por confesion de todos los Físicos y Astrónomos asi Cartesianos como Newtonianos, la Hipótesis de la Atraccion quadra perfectamente con todos los fenómenos de la Naturaleza, con todas sus dependencias, con todas sus particularidades y con todas sus irregularidades aparentes.

¿Como seria posible que una hipótesis que es en todo la imagen y expresión de la Naturaleza no fuese una realidad en ella? Supuesto todo esto, sospechar que la Atraccion no es mas que una hipótesis vana seria dar derecho á formar igual sospecha acerca de la Impulsion, y formar esta sospecha acerca de la Impulsion seria evidentemente un absurdo.

Asi Newton en su Teoria de la Atraccion declara que no inventa un Sistema, que no trabaja sobre una hipótesis; *et ego Hipótesim non fingo*: sin duda porque

estaba persuadido á que esta Teoría no era otra cosa que la teoría misma de la Naturaleza.

III.º Algunos Partidarios de la Atraccion Newtoniana han querido darla por causa física una emanacion permanente de la sustancia solar (Fig. 102 y 108) dispuesta en forma de cono, y cuya densidad descrezca en razon inversa de los quadrados de las distancias A M, A N, A O (719).

Pero semejante *Causa física* es manifestamente un absurdo, pues léjos de que esta emanacion de la sustancia solar atraxese los Planetas y Cometas hácia el Sol en razon inversa de los quadrados de las distancias, debería por el contrario tirar en la misma razon á alejarlos de este Astro. Por exemplo (Fig. 132).

Supongamos que el cono luminoso D S F sea una emanacion solar que tenga la masa y velocidad que se quiera. Es claro que un torrente como este de materia despedida del Sol hácia la Tierra, lejos de atraer la Tierra á S debería impelerla á C ó á X, á E ó á M al modo que las balas con que se bate una Ciudadela no tiran á traer la Ciudadela hácia la Bateria, sino al contrario á apartarla y á alejarla de ella.

812. NOTA. Si alguno quisiese objetar todavia contra la existencia y leyes de la Atraccion Newtoniana ciertas experiencias hechas en estos últimos tiempos al pie y en la cima de los Alpes, se podrá ver en nuestro Curso completo de Física al número 1417 que juicio se debe formar de estas experiencias que han debido su celebridad únicamente á las falsas consecuencias que por desgracia ha sacado de ellas una precipitacion inconsiderada.

En el lugar citado hemos hecho ver claramente que estas *Experiencias de los Alpes*, aun concediendo que tengan toda la certidumbre y exáctitud posibles no son en nada opuestas á la Ley de Atraccion ó Gravitacion establecida y demostrada por Newton, y que la nueva Ley de Atraccion ó Gravitacion en razon directa de las distancias que se podría querer inferir de ellas, en pri-

mero lugar no se infiere de modo alguno, y en segundo es enteramente opuesta á todas las Observaciones astronómicas que tienen por objeto las curvas y los movimientos de la Luna respecto de la Tierra, y de Mercurio, Venus, la Tierra, Marte, Júpiter y Saturno respecto del Sol, en todas las cuales curvas y movimientos lejos de ser la Gravitacion en razon directa de las distancias ó radios vectores es tan solo en razon inversa de los quadrados de estas mismas distancias ó radios (805).

RESULTADO GENERAL DE ESTA TEORÍA.

813. CONCLUSION. *Todo depone pues en la Naturaleza á favor de la Atraccion Newtoniana;* pues que todo en ella nos descubre y demuestra su existencia é influencia. Esta Ley general de Atraccion en razon directa de las masas, é inversa de los quadrados de las distancias se nos muestra palpablemente en el fenómeno permanente de la pesantez de los Cuerpos, en los diversos movimientos elípticos de los Planetas y Cometas, y en todo el gran Teatro de la Naturaleza visible del que es el resorte secreto y el principal móvil.

Antes de Newton se empezaba á conocer la Naturaleza en sus efectos, pero todo en ella parecia extravagante porque se ignoraba la principal causa de todo. Newton rasgó con destreza el velo que nos ocultaba el gran *Resorte motor del Universo*, y desde entonces todos los grandes fenómenos de la Naturaleza en toda la inmensidad de los Cielos vinieron á ser simples dependencias de una *Causa igualmente sencilla y fecunda*, cuya teoría especulativa lleva al conocimiento del Cielo tan indefectiblemente como las observaciones mas exáctas. Pues con quanta mas exáctitud se llega á conocer el Cielo, tanto mas se acercan las observaciones á la Teoría de Newton, á la teoría de la Atraccion.

Se osaria sospechar despues de esto que un Principio tan sencillo y fecundo, que un principio que quadra
dar

tan perfectamente con toda la teoría de la Naturaleza, que concuerda en todo y por todo con los fenómenos astronómicos y físicos, con todas sus circunstancias, particularidades y variaciones puede no ser mas que una feliz é ingeniosa ficción, una causa ideal y sin realidad, un Ser puramente imaginario y metafísico? Esto sería formar una sospecha bien singular y estraña: sería llevar el Pirronismo á su último extremo, y establecer su absurdo imperio sobre todas las *Causas físicas* que no se descubren ni dan á conocer sino por sus efectos, y de las que ninguna nos muestra mas espléndida y universalmente su existencia y influencia que la Atraccion descubierta y explicada por Newton.

La Atraccion pues unida á la Impulsión sobre la Tierra, separada de ella en la inmensidad de los Cielos es la principal *Causa física* de los grandes fenómenos que observamos en la Naturaleza en este *gran Todo* en que se despliega por todas partes la sabiduría, el poder y la accion permanente de un Ser increado y creador, y cuyo abundante quadro acabamos de presentar desenvolviendo al mismo tiempo su interesante mecanismo en esta Obra Elemental que abraza con separacion y por menor todas las principales partes de la Física, y cuyo objeto no tiene otros limites que los de la Naturaleza misma.

FIN.

En el momento en que se le presenta a la vista el cuadro de la vida, se ve en todo y por todo con sus colores y sus formas, con todas sus contradicciones y sus armonías, y en su totalidad, no se ve nada más que una gran unidad, una gran armonía, una gran belleza. En el momento en que se le presenta a la vista el cuadro de la vida, se ve en todo y por todo con sus colores y sus formas, con todas sus contradicciones y sus armonías, y en su totalidad, no se ve nada más que una gran unidad, una gran armonía, una gran belleza.

En el momento en que se le presenta a la vista el cuadro de la vida, se ve en todo y por todo con sus colores y sus formas, con todas sus contradicciones y sus armonías, y en su totalidad, no se ve nada más que una gran unidad, una gran armonía, una gran belleza. En el momento en que se le presenta a la vista el cuadro de la vida, se ve en todo y por todo con sus colores y sus formas, con todas sus contradicciones y sus armonías, y en su totalidad, no se ve nada más que una gran unidad, una gran armonía, una gran belleza.

TIN

En el momento en que se le presenta a la vista el cuadro de la vida, se ve en todo y por todo con sus colores y sus formas, con todas sus contradicciones y sus armonías, y en su totalidad, no se ve nada más que una gran unidad, una gran armonía, una gran belleza. En el momento en que se le presenta a la vista el cuadro de la vida, se ve en todo y por todo con sus colores y sus formas, con todas sus contradicciones y sus armonías, y en su totalidad, no se ve nada más que una gran unidad, una gran armonía, una gran belleza.

INDICE ALFABETICO

DE LAS MATERIAS DE QUE SE TRATA EN ESTA OBRA.

El signo = significa en este Indice *desde.... hasta*, por exemplo estas notas 764 = 787 significan que la materia que se indica está tratada en estos Elementos *desde* el número 764 *hasta* el 787.

A

ABERRACION de las Fixas: fenómeno solo aparente, 777.

ACCELERACION DE LOS GRAVES, ó teoria de Galileo, 363 = 392.

Accidos y Alkalís, 173, 102.

Acero templado, 232 y 575.

AFINIDADES CHÍMICAS, Ley de la Naturaleza, 85 = 141. Afinidad simple y compuesta, 87. Posibilidad de las afinidades, 90. Su causa eficiente 91. Sus efectos, 93 = 141. Objeciones contra su existencia, 92 y 809. Efectos de la Ley de Afinidad en la atracción del agua, en las gotas esféricas de agua y de mercurio, en las disoluciones de las sales y de los metales, en las precipitaciones químicas, en los fenómenos de las cristalizaciones, 94 = 135; en los grandes fenómenos de la Dureza y de la Elasticidad de los Cuerpos, 220 = 230; en muchos fenómenos de los colores, 708.

AGUA, su naturaleza, 94. Sus afinidades, 95 = 109. El agua, principio de los Cuerpos, 179 y 161. Agua en vapor 143 veces menos densa que en su estado natural, 653.

AGUA fuerte y regia, 111 = 119.

AHOGADOS: frecuentemente muertos en apariencia y vivos en realidad, 589.

AIRE, principio de los Cuerpos, 180 y 651. El aire es un cuerpo primitivo é inalterable, pesado por si mismo, compresible y elástico, 614 = 620. Fenómenos de su pesantez y de su elasticidad perfecta y constante en la máquina pneumática, en la de Magdeburg, en la geringa, en el barómetro, en las bombas, en el sifon, en la eolípila, en las ventosas, 620 = 643. Influencia de la acción del aire en el mecanismo físico de la vida animal, de la combustion de los cuerpos, de la vegetacion de las plantas, 644 = 649. Inmensa cantidad de aire combinado en ciertos cuerpos, 650 = 654. El aire transmite el sonido mediante el temblor de sus moléculas, 668 y 682.

Alambique químico, 169.

Alchimistas, 166. Sus absurdos intentos, 147.

Almizcle. Difusion de su olor, 33.

Alto y bajo: términos que no convienen al espacio infinito, 771 y 781.

Análisis química, 163 y 169.

Ángulos de reflexión, 394.

Ángulos ópticos, 745=750.

ANIMAL. Su descripción, 511.

Su división general en las dos especies racional é irracional, 513.

La *Especie racional* solo se divide en muchas razas accidentalmente diferentes, 514. La *Especie irracional* comprende una muchedumbre inmensa de especies subalternas esencialmente diferentes entre sí, 518=521. Sentido é instinto de los brutos, 522. Investigaciones y sistemas acerca del gran misterio de la reproducción de los seres vivientes, 524=557.

Animales microscópicos, 520, y 35=40.

ANTIGÜEDAD DE LA TIERRA: no hay monumento alguno histórico, físico, ni astronómico que demuestre que nuestro globo tenga mas de siete ú ocho mil años de existencia, 507=510.

Antípodas, 781, v. Zenith.

Apelios y Peribelios, Apogeos y Perigeos, 773.

APLANAMIENTO DE LOS POLOS, 255, 492 y 777.

Armas de fuego, su acción y retroceso, 334; su construcción, 392.

Arterias y venas, 516.

Ascenso de los Líquidos en el Vacío, 626=631.

Ascenso de los Vapores y de las Exhalaciones en la Atmósfera, 656.

ASTRONOMÍA, ó teoría de los Cuerpos celestes, 764=813.

ATMÓSFERA TERRESTRE, 614. Su peso y altura, 661 y 665.

Átomos, extensos segun Epicuro, 55; inextensos segun Zenon, 46.

ATRACCIÓN RECÍPROCA de los Cuerpos en razon directa de las masas, é inversa de los cuadrados de las distancias: ley de la Naturaleza descubierta y demostrada por Newton, 80=84, y 797=813.

ATRACCIONES ESPECIALES, v. Afinidades químicas.

Aurora: ó crepúsculos de la mañana, 763.

Aves: 520.

B

*B*alanceo de los Cuerpos puestos en equilibrio, 441=444.

Balanza ó peso común: Romana, 432 y 433.

BALÍSTICA: sus fenómenos y teoría, 379=392.

Baño de arena y baño maría, 71.

BARÓMETRO: su construcción y fenómenos, 633=637. Regla bastante segura para medir por aproximación la altura de las Montañas y de la Atmósfera, 662=665; pero muy falaz en indicar el buen ó mal tiempo, 637. Descenso del mercurio en el barómetro sobre las montañas altas, 637 y 662.

Barcas de remos y de velas, 433.

Barcas y Navios porque se sostienen sobre el agua, 586.

BOMBAS, atraentes, 638: atraentes é impelentes, 640.

Botánica, 538=544.

Brújula, 550.

BRUTOS, multitud de sus especies, 518=521. Sus sentidos y su instinto, 522 y 523. Su reproducción, 524=537.

Cabrestante y torno, 449=455.

Calcination de los Cuerpos, y

explicacion de un fenómeno singular que presenta la calcinacion de ciertos metales, 563 y 564.

Cañon: velocidad y direccion que da á la bala, 391.

Caracol y *Lámina espiral* en el oído, 668 y 685.

Catróptica: ciencia de la direccion que debe seguir el rayo de luz reflexado, 399.

CAUSAS FÍSICAS, 77=93.

Cerebro: su descripcion, 516.

Centros de gravedad, y líneas de gravitacion, 411=417. Mutaciones del centro de gravedad en el Globo terrestre; posibles y probables, 506.

Cblimia y *Cblímicos*, 166=187.

Chupamiento de las plantas, 542.

Cbronologías, 507=510.

Cobre: metal imperfecto, 128, 546 y 554.

COMETAS: astros opacos tan antiguos como el mundo, bastante semejantes á nuestros planetas, y que hacen sus revoluciones periódicas al rededor del Sol en elipsis sumamente excéntricas, 764, 793 y 505.

Compresion de los Cuerpos, 203=209.

Condensacion de los Cuerpos, 203=209.

Cono umbroso de los Planetas y Cometas, 724 y 725.

CONTINUO: definicion de este término, 44. Divisibilidad del continuo, 45=71.

COLORES: en los rayos, 694=714; en los objetos colorados, 701 y 730; sus transformaciones, 701 y 707.

Corazon humano: descripcion de esta prodigiosa entraña, 510.

Crepúsculos, 742 y 743.

Cric: máquina, 454.

Cristal de roca, 131; facticio, 135.

Cristalino: humor del ojo, 758 y 760.

CRISTALIZACION de las Sales, piedras y metales, 120=135.

CUERPO HUMANO, descripcion de sus principales órganos y de su accion mecánica, 516.

Cuerdas mecánicas: su peso y tiesura, 487=491.

Cuerdas de violin y de clave, cuyas vibraciones producen el sonido, 669=682.

Cuña: máquina, 474=479.

D

Declive de las aguas en los aqueductos y en los rios, 574 y 662.

Densidad de los Cuerpos, 202 y 149.

Descomposicion de las Fuerzas, 351=357.

Destilacion cblímica, 170.

Diamante, 131; su formacion, 134.

Digestion y Nutricion, 517.

Dilatacion y Condensacion de los Cuerpos, 203=210.

Dilatabilidad del agua, 655.

Diluvio, 502=506.

Dios. Ser increado y criador, único Autor, Conservador y Motor de la Naturaleza, 74, 76, 148.

Disoluciones cblímicas, 101=117.

Distancias de los Objetos, como se valuan, 747.

Divisibilidad de la Materia, 45=71.

Division de la Materia, 20=44.

Dorado, verdadero y falso, 27=29.

Dureza ó Solidez de los Cuerpos, su causa física, 217=225.

E

ECO 6 Reflexión del Sonido, 683.

Eclipses de Sol y de Luna, 724 y 725.

Eclíptica, 766 y 774.

ELASTICIDAD de los Cuerpos, su naturaleza y su causa física, 226 = 240. Excitada por medio de la presión y de la tensión, 238; produce en el cuerpo compresible y comprimido una reacción igual a la acción, 327 y 393 = 490.

ELEMENTOS de los CUERPOS, 4: su inseparabilidad e indestructibilidad natural, 11 y 145: homogéneos por su naturaleza, pero heterogéneos por la diversidad de sus masas y figuras, 145: los tres Elementos de Descartes, 163: los cuatro Elementos de Aristóteles y de los Químicos modernos, 156 y 187.

Elevamiento del Equador terrestre, 255, 492 y 777.

Emanación de la Luz, 42 y 690.

Enfermedades contagiosas, 34.

Eolípila, 642.

Equador, 492 y 494.

Equilibrio: mecánico, 421 y 426: hidrostático, 99, 566, 593.

Equinoccios y Solsticios, 770, 774, 777.

Espira del reloj, 455 y 232.

ESTACIONES: su vicisitud, 770.

Extensión, penetrable e impenetrable, 14 = 19.

Estómago, 516.

ESTRELLAS, astros fijos y luminosos, 764, 766, 777.

Estrella del Régulo de Antimón, 134.

Estigmas y estambres de las plantas, 541.

Ether Cartesiano, 794.

Evaporación del agua, 608.

Exhalaciones y vapores, 614 y 564: su ascenso por la atmósfera en donde forman los meteoros, 608 y 656.

EXE TERRESTRE, su paralelismo sensible en cada revolución anual de la Tierra al rededor del Sol, 492 y 770.

Exes ópticos, 746 = 748.

F

Fases de los Planetas, 773.

Fermentación, 560, y 100 = 119.

Fixeza y volatilidad de los Cuerpos, 9 y 170.

Flogístico, 186, 561, 130.

Flores y frutos de los vegetales, 541 y 539.

FLUIDEZ de los CUERPOS, su causa, 221 y 222.

Fluidos y líquidos, 8.

Formas sustanciales del Peripateto, 157, y 189 = 195.

Fosiles, propios y extraños a la tierra, 545 y 552.

Frio y hielo, 221.

Fuego, principio de los Cuerpos, 185; acción del aire sobre el fuego, 649.

Fuego central; su chimera, 500 y 602.

FUENTES y Rios, provienen únicamente de las lluvias y nieves, 601 = 612: cantidad media del agua que se evapora diariamente y de que se forman en la Atmósfera las lluvias y las nieves, 608: puntos de división para la distribución de las aguas en la superficie terrestre, 610.

Fuerza de inercia, 286 = 294.

FUERZAS MOTRICES; su estimación, 268 = 284: su descomposición, 351 = 357.

FUERZAS CENTRALES ó Fuerzas

proyectil, centripeta y centrifuga, 360: combinacion de estas tres Fuerzas en el movimiento de los Planetas y Cometas, 771.

Fuerzas vivas y muertas, 278 = 284.

G

Gérmenes de los Vegetales, 540 y 544.

Glutis y *Epiglottis*, 516 y 684.

GRAVEDAD, ó Pesantez, ó Fuerza aceleratriz, 242: propiedad común á todos los Cuerpos terrestres, 243: igual en todos los Cuerpos igualmente distantes del centro de la tierra, 245; mayor debaxo de los Polos que en Francia, y en Francia que debaxo del Equador, 251 y 252; en nuestros Países hace andar á los Cuerpos qualesquiera en el primer segundo de su caída libre en el Vacío unos 15 pies de Francia ó 16 de Inglaterra, 248: Su direccion es siempre y en todas partes perpendicular al horizonte, 247 y 808: esta direccion no tira en todas partes exáctamente al centro de la Esferoyde terrestre, 808: Su accion crece y mengua en todos los Cuerpos que podemos observar en razon inversa de los Cuadrados de sus distancias al centro de su movimiento, 805: su causa no es la impulsión en el Lleno perfecto ó imperfecto, sino la Ley de Atraccion recíproca en el Vacío, 808.

Grua: máquina, 453.

Gusanos similares, 529.

H

Harmonía preestablecida, 52.

HETEROGENEIDAD de los Elementos de los Cuerpos, 145: de las moléculas aereas, 668; de las luminosas, 695 y 697.

Hierro y *Acero*, metal imperfecto, 128 y 554.

HOMOGENEIDAD de la Materia, 142 = 152.

Horizonte, v. *Zenith*.

Huevo que contiene el feto, 527 y 530.

Huesos y *Músculos*, su accion mecánica, 516.

Humores del ojo, aqueo, cristalino y vitreo, 758 y 760.

Hydráutica, 566.

HYDROSTÁTICA, sus leyes y fenómenos, 566 = 594.

I

Ilusiones ópticas, 742 = 753.

IMÁGENES DE LOS OBJETOS en el Ojo, 727 = 733.

IMPRESION DOMINANTE, en la percepcion del sonido, 684; en la de la luz y de los colores, 702.

IMPULSION, Ley de la Naturaleza, 78: es la causa física de los movimientos mecánicos, 317 y 421: lo es tambien del movimiento curvilíneo de los Planetas y Cometas, 808.

Incompresibilidad de los Líquidos, 206 = 209.

Incrustaciones y *petrificaciones*, 556 y 557.

INERCIA DE LA MATERIA, 72 = 76: Fuerza de inercia, 286 = 294.

Insectos y *transformaciones*, 520.

Instinto de los Brutos, 523.

Instrumentos de viento y de cuerdas, 669, 671, 679.

Inertacion de los Arboles, 544.

L
LÁMINA ESPIRAL, especie de clave natural compuesto de infinitas fibras de diferente grueso y tension, 668 y 685.

Latitud y Longitud, 495.

Líquidos, 8 y 221: su gravitación propia en todas direcciones, 568 y 569: equilibrio de los líquidos homogéneos, 571=574: de los heterogéneos, 591 y 593: presiones y salidas de los líquidos, 575=582. **Sólidos metidos en los líquidos**, 583=591: **Relaciones de pesantez específica entre los líquidos, y entre estos y varios sólidos**, 584 y 585.

LEYES DE LA NATURALEZA, 77 y 141: las tres Leyes generales y fundamentales de la Naturaleza son la de Impulsión, la de Atracción, y la de Afinidad ó Atracción especial, v. estas voces.

LLENO DE DESCARTES, su química, 788, y 793=796: semi-lleño y lleno perfecto, 790 y 791.

LUNA, Satélite de la Tierra, 766 y 777: sus eclipses, 725.

Luz, su división, 41=44: su naturaleza y origen, 688=693: su descomposición en siete especies diferentes de rayos, 696: sus colores en los rayos y en los objetos que los repercuten, 697=714: su velocidad, 716: leyes de su propagación, 715=722: principios de la vision, 726=767.

M

Máquina pneumática, 621=624.

Máquina de Magdeburg, 625.

Máquinas mecánicas, todas pue-

den considerarse como palancas, 422.

Mares, Continentes, Islas, 493.

Masa y volumen de los Cuerpos, 200.

MATERIA, su naturaleza, 2 y 5: sus elementos, 4: su extension, 14=16: su división, 20=44: su divisibilidad, 45=71: su inercia, 72=76: sus leyes, 73 y 78=85: sus afinidades, 75=136: su homogeneidad, 142=152: principios y propiedades de las varias sustancias materiales que componen la Naturaleza, 153=256.

Materia subtil, 223, 228, 794, 795, 868.

Matriz: en el Reyno animal, 525: en el mineral, 545.

Mecánica, ó teoría de las fuerzas motrices, 410=491.

Mercurio: mineral, 128: su suspensión en el Vacío, 629 y 633: mercurio químico, 168.

Meridiano, terrestre y celeste, 492.

METALES, su ductilidad, 21=30: perfectos, imperfectos, y semi-metales, 128=130: su disolución, 110: su cristalización, 134: acción de los espejos ustorios sobre los metales perfectos, 150: formación de los metales, 552, 554 y 563.

Milagro de Josue, ó interrupción milagrosa del movimiento real ó aparente del Sol por espacio de 24 horas, 785 y 786.

MINERAL, 512, y 545=564.

Moléculas orgánicas en la reproducción de los animales y vegetales, 531=537.

Molinos de mano, de agua y de viento, 452.

Monades de Leibnitz, 50=53.

Monstruos, por exceso y por defecto, 536.

Montañas y Valles, 498 y 663.

Mo-

MOVIMIENTO, su causa eficiente, 76: su naturaleza y diferencias, 257=261: su estimacion, 272=277: fuerzas vivas y muertas, 278, 284: obstáculos del movimiento, 285=305: leyes generales del movimiento, 306=316: comunicacion del movimiento en los Cuerpos no elásticos, 317=325: en los elásticos, 326=340: leyes del movimiento compuesto, y descomposicion de las fuerzas, 342=362: leyes del movimiento acelerado en la caída de los Graves, y fenómenos de la Balística, 363=392: leyes del movimiento reflexo, 394=400: leyes del movimiento refracto, 401=409: leyes del movimiento en la acción de las Máquinas, v. Mecánica.

Movimiento perpetuo, su chimería, 313.

Músculos, su acción y fuerza prodigiosa, 516.

Myopes y Présbytas, 761.

N

Nadadores, sus movimientos en el agua, 588.

NERVIOS y músculos, 516: nervio auditivo, 683: nervio óptico, 759 y 760.

NIVEL, 563: altura del Sena, y del Observatorio Real de Paris sobre el nivel del mar, 662.

Noche y día, 768.

OBJETOS y movimientos insensibles, 741=745.

ORDO, mecanismo del sonido en todas las partes de este admirable órgano, cuya lámina espiral puede mirarse como un clave natural, 585=587.

Tomo II,

OJO NATURAL, 729, y 756=761: artificial, 728.

OLORES, su difusión é impresión, 31=33.

Organization de los Vegetales, 542 y 544.

ORO, metal perfecto, 128 y 571: su prodigiosa ductilidad, 21=27: acción de los espejos ustorios sobre el oro, 150.

Ovarios, 553 y 556.

P

PALANCAS de diferentes especies, 423=425: acción perpendicular á la palanca, 421=431: acción obliqua á la palanca, 434=440: todas las Máquinas pueden considerarse como palancas, lo que simplifica mucho la teoría de la Mecánica, 422.

Parábola, movimiento parabólico, 380.

Partículas similares de Anaxágoras, 160.

Peces, 520: sus movimientos, 585.

Pecho, 516.

Péndulo de Segundos, 251.

Penumbra, 725.

Peon, su movimiento, 309 y 784.

Pérlas, su formación, 134.

PERPENDICULARES á los varios medios refractantes, 402.

PESANTEZ, ó Gravedad, ó tendencia de los Cuerpos hacia ciertos centros, ó gravedad y fuerzas centrales: pesantez específica de los Cuerpos, 202 y 585: causa física de la pesantez de los Cuerpos, 808=811: dirección de la pesantez, siempre perpendicular al horizonte, 247 y 808.

Peso y pesantez, diferenciación que hay entre estos dos términos, 246.

Petrificaciones y Congelaciones, 134 y 555.

PIEDRAS, sus diferentes especies, 547 y 549: su cristalización, 133: piedra imán, 550: piedra en la vegiga, 134.

Piedra filosofal, su chimera, 147 y 166.

Plano inclinado, máquina, 456 = 465.

PLANETAS PRINCIPALES, 766: su revolución diurna y anual, 771: sus estaciones, retrogradaciones, perihelios, aphelios, apogeos y perigeos, 773 y 776.

Platina, metal perfecto, 28.

Plomo, metal imperfecto, 128.

Poleas, móvil é inmóvil, 445 = 448.

Polos de la Tierra y del Mundo, 492 y 495. *Polos de la Eclíptica*, 766 y 777. *Aplanamiento de la Tierra* hacia los Polos, 492 y 797.

Polypos, 195 y 545.

Poros, 10: Porosidad de los Cuerpos, 197 = 216.

Potencia mecánica, 343, y 418 = 421.

Pozos y Chorros de agua, 573 y 574.

Precipitaciones químicas, 118 y 119.

Présbytas y Myopes, 761.

PRINCIPIOS DE LOS CUERPOS, 153 = 195: según los Chímicos de la edad media ó según los Paracelsistas, 168: según los Chímicos modernos, 178.

PROPAGACION DE LOS ANIMALES, varios sistemas y experiencias acerca de este objeto, 524 = 537.

PROPIEDADES DE LOS CUERPOS, comunes y específicas, 196.

Pulmon, 516.

PUNTOS FÍSICOS, 46 = 49: inflados, 54: sin contacto, 56.

Pupila y retina, 756.

Putrefaccion, 560.

Pyrómetro, 216.

Q

Quadratura, posición de los Planetas, 773.

Quadrúpedos, 520.

Qualidades ocultas del Peripato, 157, 189 = 195, y 809.

QUALIDADES SENSIBLES de los Cuerpos, 190 y 193.

Quantidad de Movimiento ó su estimación, 268 = 284.

R

R *Reaccion*, igual y opuesta á la acción, 327.

REFLEXION DEL MOVIMIENTO, ó movimiento reflexo, 394 = 400: de la Luz, 399, 690, 140.

REFRACCION DEL MOVIMIENTO, ó movimiento refracto, 401 = 409: de la Luz, 408 y 760.

Refraccion astronómica, 762 y 753.

Reptiles é insectos, 520.

RESISTENCIA y potencias mecánicas, 418: resistencia de Cohesion, 295 = 298: resistencia de los Medios, 299 = 305: resistencia de las Máquinas ocasionada por el rozamiento de los Cuerpos y por la tiesura de las Cuerdas, 480 = 489.

Retina y Pupila, 756.

Retroceso de las armas de fuego, 334.

Retrogradaciones de los Planetas, 776 y 777.

REYNO animal, vegetal y mineral, 511 = 564.

Rosca, 466 = 471: rosca de Archimedes, 473: rosca sin fin, 472.

Rozamiento de las Máquinas, 481 = 486.

Ruedas dentadas, 454.

Ruedas de los Carruages, 463.

SALES en general, 102: su disolucion, 104=108: su cristalización, 120=127: Sal comun, su formacion, 127: sus propiedades, 176: Sales químicas, 168=172: Accidos y Alkalis, 173 y 174: Sales neutras, 175: Sales esenciales, 176.

Satélites ó Planetas secundarios, 766.

Savia ascendente y descendente, 542.

Semi-metales, 128 y 554.

Sensitiva planta, 194.

Sifon, máquina hidráulica, 641.

Signos del Zodiaco, 766 y 770.

SOL, su posicion y movimientos aparentes, 766, 768, 770: sus estaciones, 774: su irradiacion permanente no debe disminuirle sensiblemente, 691.

SOLIDEZ ó Dureza de los Cuerpos, su causa, 217=225.

Solsticios y Equinoccios, 770, 774, 777.

Sombra, 724.

SONIDO, su naturaleza y fenómenos, 667=687.

Sordera, sus causas, 687.

Sujeto cultivado y silvestre, 544.

Superficie terrestre, su grandor, 496 y 497.

Suspension del agua, del mercurio y de todos los líquidos en el Vacío 626=621.

Systema de Copérnico, 764=787.

T

Terremotos, 495.

Termómetro, 210=215.

Tiradores de Oro, 22=26.

Tierra, principio de los Cuerpos; vitrificable, arcillosa, vegetal, cal-

caria, mercurial, 181=184, y 547=549.

TIERRA ó Globo terraqueo, su naturaleza y estructura, 492=505: sus revoluciones físicas, 501=506: su formacion, 501=507: su antigüedad, 507=510: sus tres Reynos, 511=564: *Tierra-planera*, sus tres movimientos reales, 776, 777, 778, 784: los tres movimientos reales de la tierra no son en manera alguna opuestos á la Sagrada Escritura, 785 y 786.

Tonos dominantes y armónicos, 677.

Torno, máquina, 449=455.

Trachœa arteria, 516, y 684: trachœas de los vegetales, 542.

Tróculas ó poleas tróculas, 447.

Trópicos, círculos que terminan las dos Zonas tórridas, 494.

TUBOS CAPILARES, sus fenómenos, 595=600.

Turbiliones de Descartes, 163 y 788: su chímérica influencia en el movimiento de los Planetas y Cometas, 793=796: en el gran fenómeno de los Cuerpos, 808=810.

V

Vacío de Newton, 788, y 790=796: no deroga en nada á la grandeza de las Obras del Criador, 796.

VAPORES y exhalaciones, 564, 608 y 614: su ascenso por la Atmósfera en donde forman los metéoros, 656.

VASOS, sanguíneos, limpháticos, lacteos, aéreos en la organizacion animal, 516: limpháticos, propios, aereos ó trachœas en la organizacion vegetal, 542 y 543.

Vegetal, su naturaleza, 511 y 538: su division y organizacion,

539=543: ingertacion de los Arboles, 544: formacion de los Vegetales, 542, 544, 152.

VELOCIDAD: su naturaleza y estimacion, 262=267: velocidad de una bala de Cañon de batir, 391: de la luz que viene del Sol á nosotros en cosa de siete minutos y medio, 716: del Sonido que se alcanza á oir de un lugar á otro, 673: de la Tierra en su revolucion annua al rededor del Sol, 779: de un punto terrestre en su revolucion diurna al rededor del exe de la Tierra, 779.

Venas y Arterias, 516.

Ventosas, 643.

Vértigos, ocasionados por un movimiento de rotacion, 780.

Vida animal, 647 y 517.

Villar, 341 y 400.

VISION, 726: imágenes de los objetos en el ojo, 730=734: ángulos ópticos, 746: objetos y movimientos insensibles, 741: artificio de la vision, 760 y 761: ojo natural, 729 y 756: ilusiones ópticas, 742=743.

Vitrificacion de los Cuerpos, 135.

Vivíparos y Ovíparos, 519.

Volatilidad de los Cuerpos, 9, y 167=170.

Volcanes, 499.

Volumen de los Cuerpos, 201.

Voz humana, producida por un órgano que se puede mirar como instrumento de viento y de cuerdas, 684.

ZENIT y NADIR de un Punto terrestre, son los dos puntos del Cielo en que terminaria el radio terrestre tirado del tal punto de la tierra, suponiendo este radio prolongado indefinidamente por encima y por debaxo de su **Horizonte sensible**, esto es, de un círculo indefinido cuyo centro tocase en este punto sensible, y al qual fuese perpendicular este radio, 781.

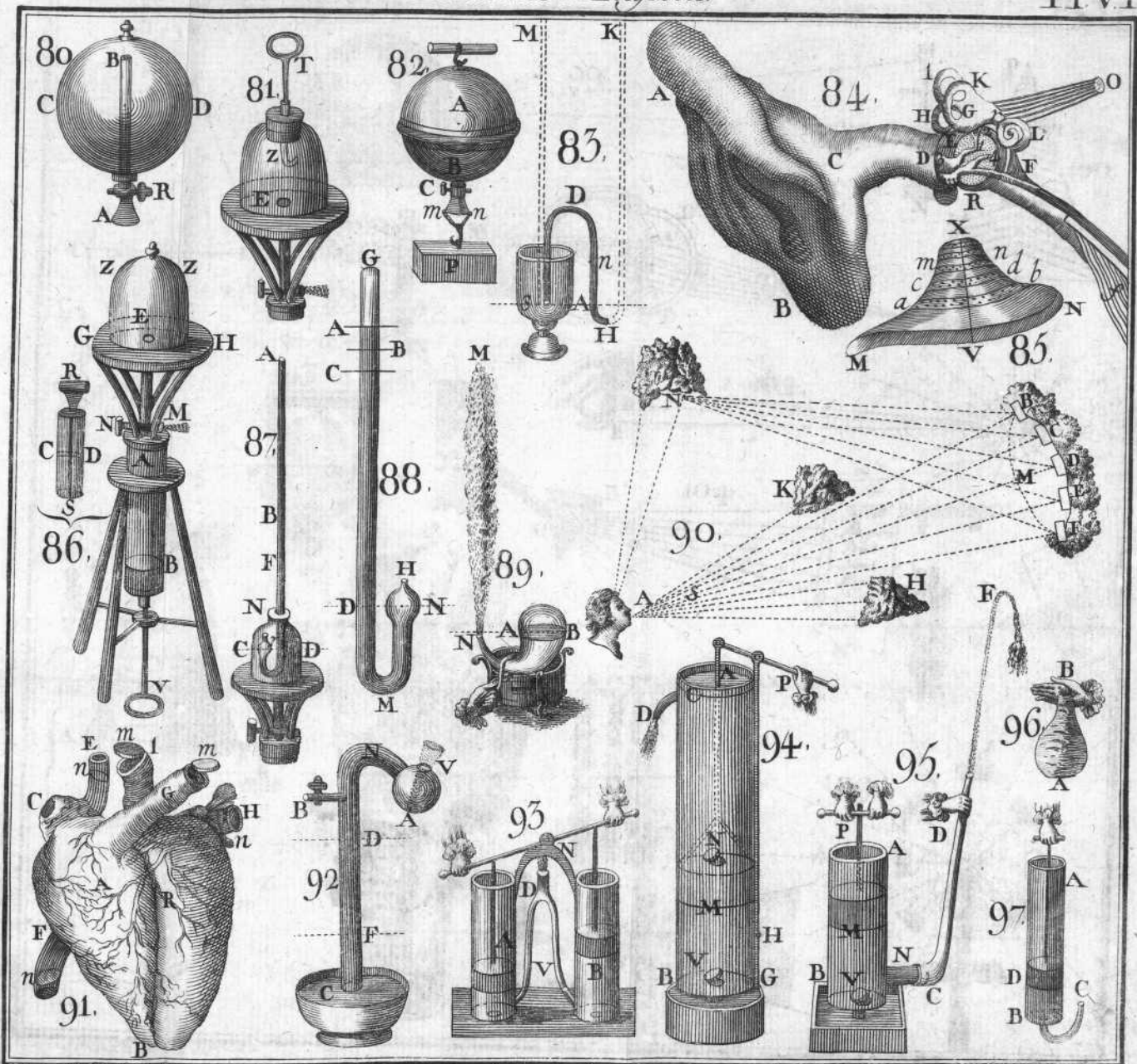
Zodiaco, zona terrestre en la que están situados los doce Signos, 766.

Zonas terrestres, 494.

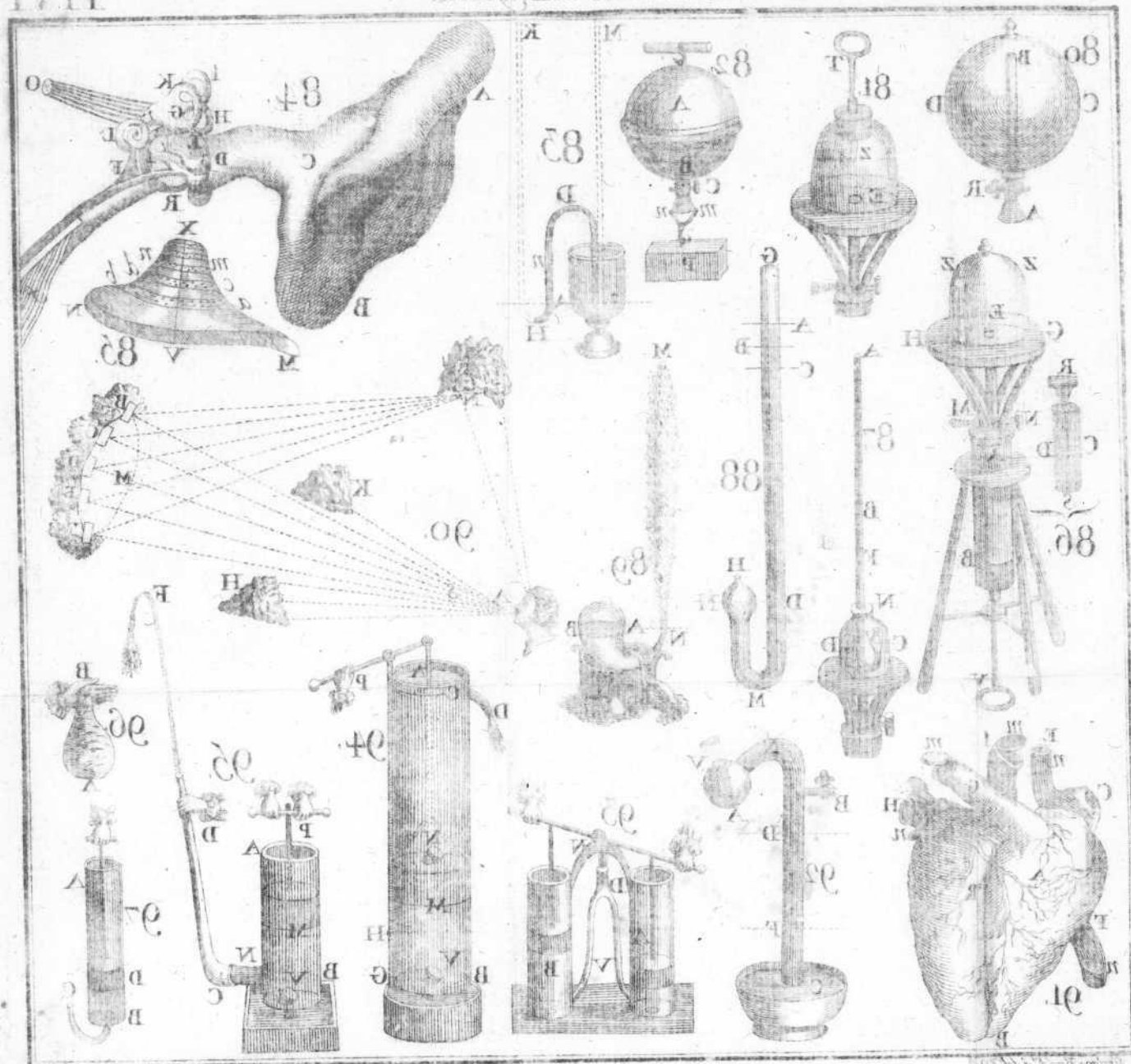
Zoóphitos, ó Animales-plantas, 520.

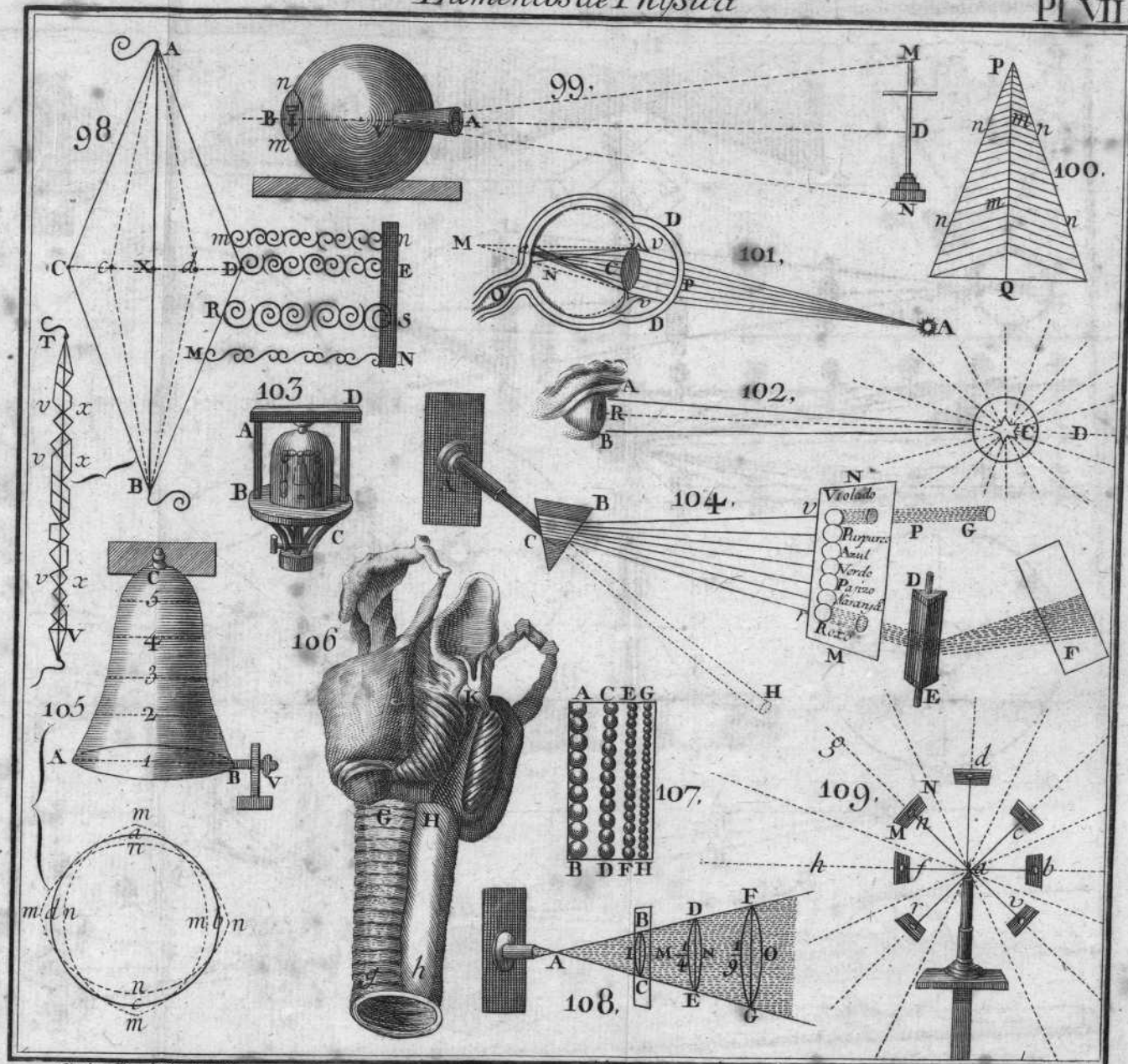
FIN DEL

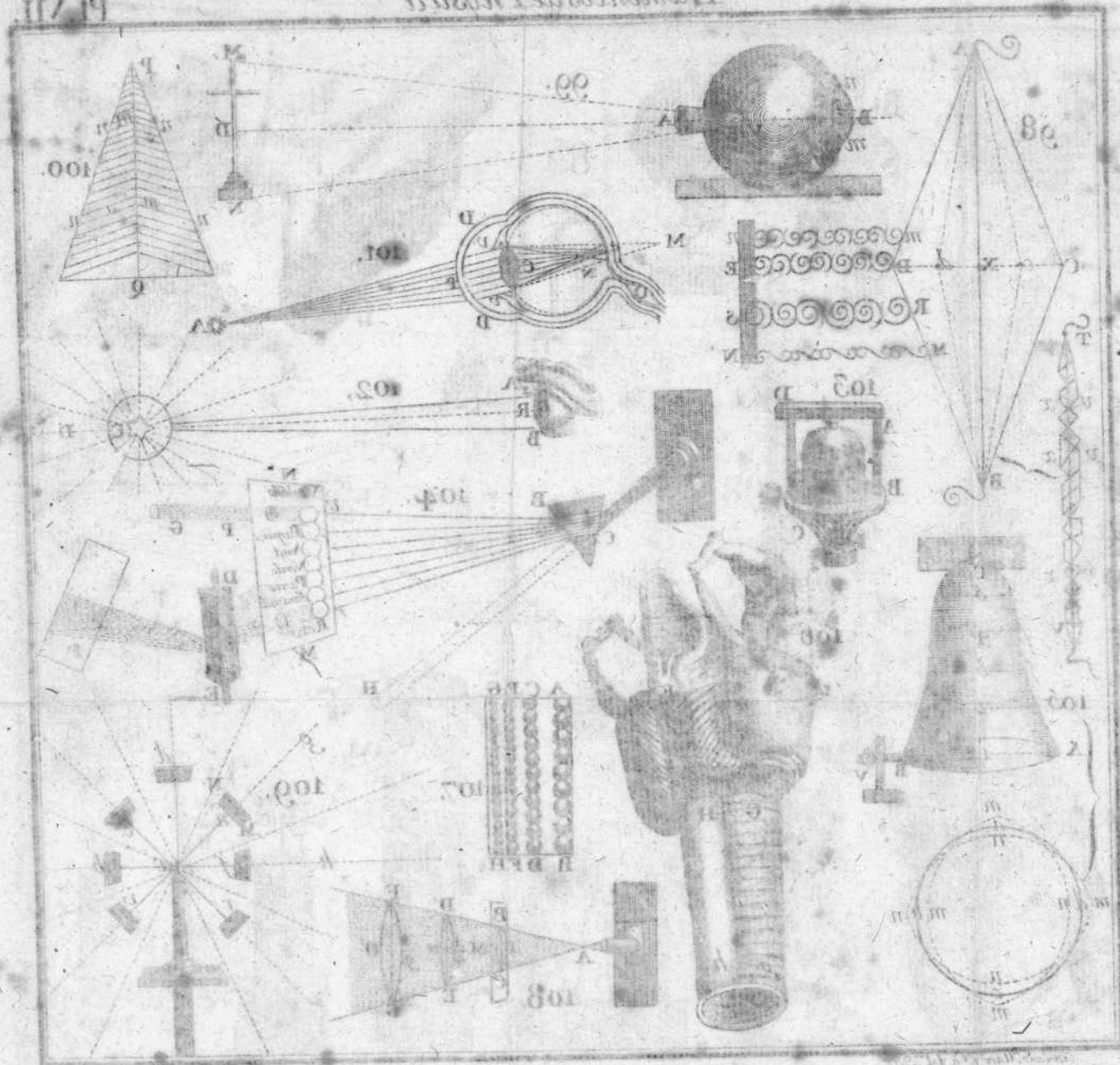
INDICE.

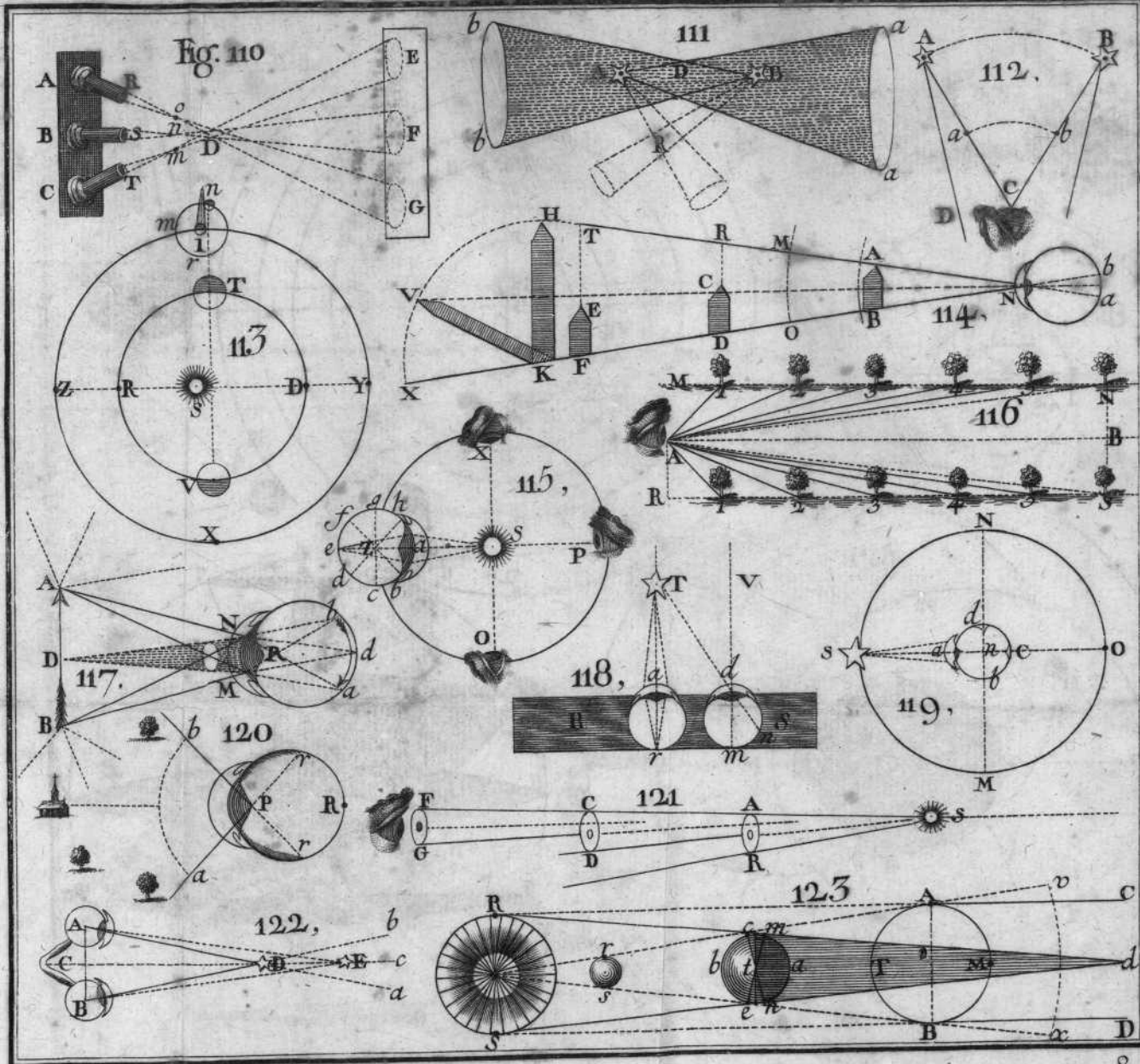


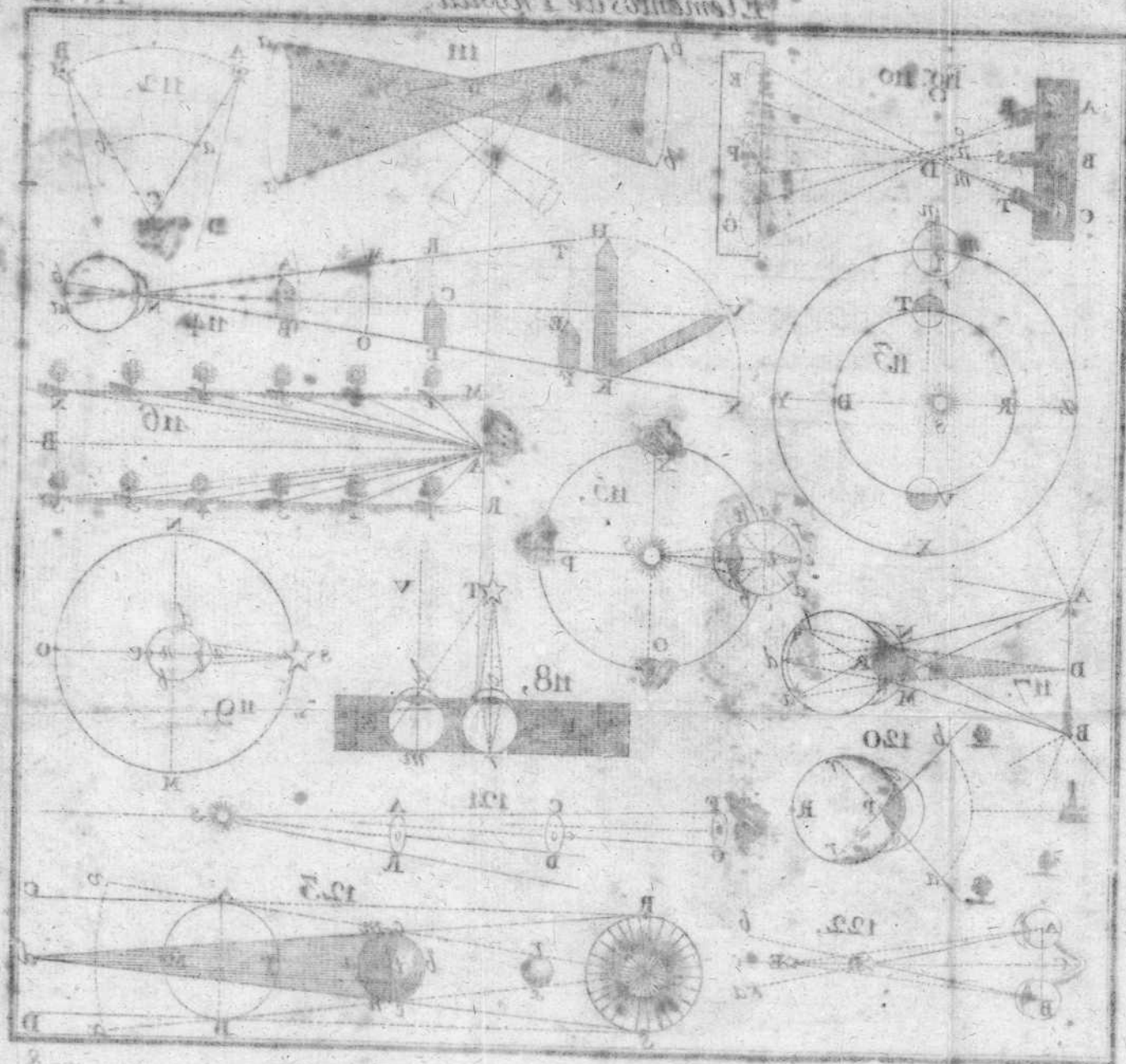
Cipriano Nave f.º a del 793.











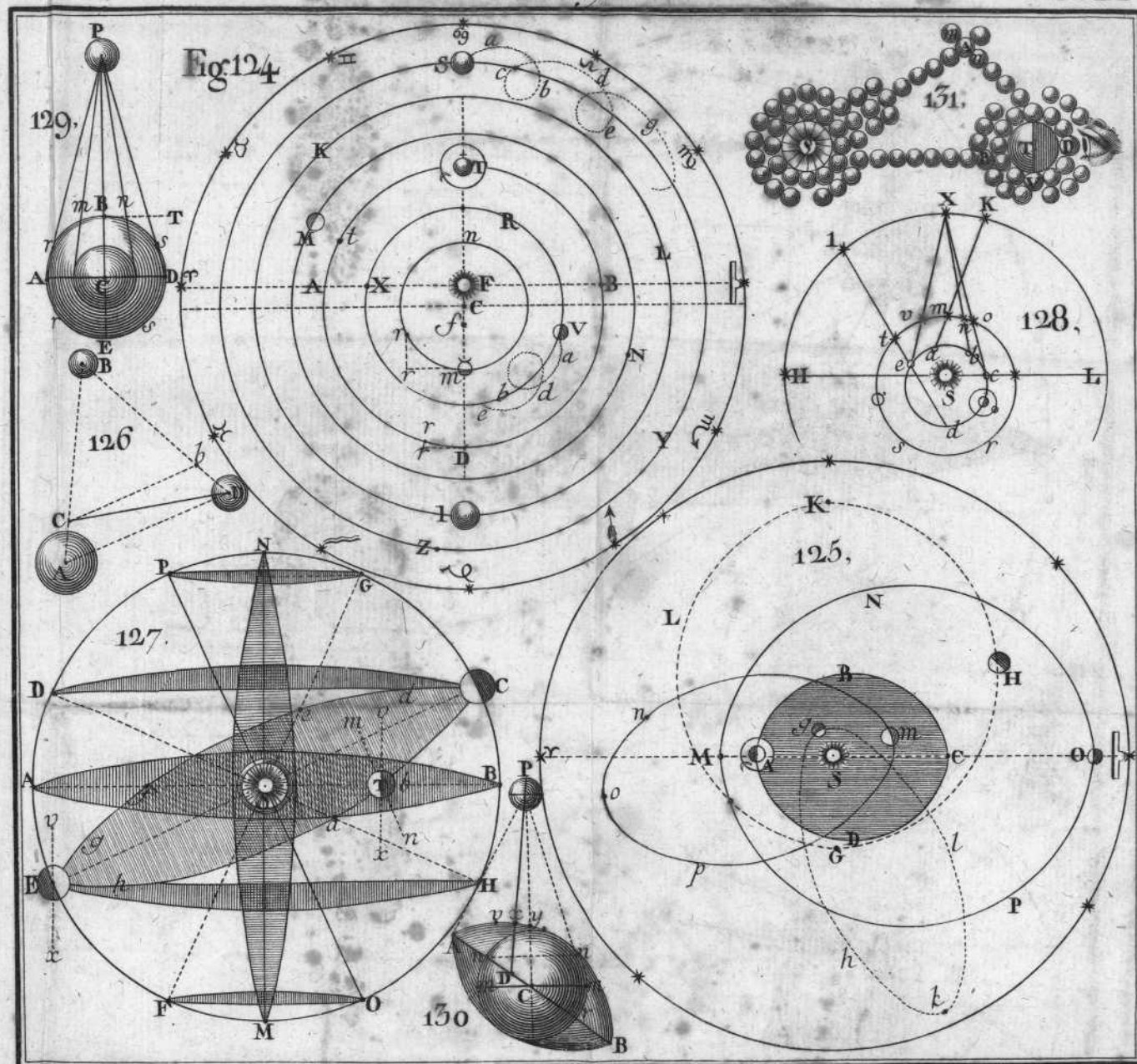
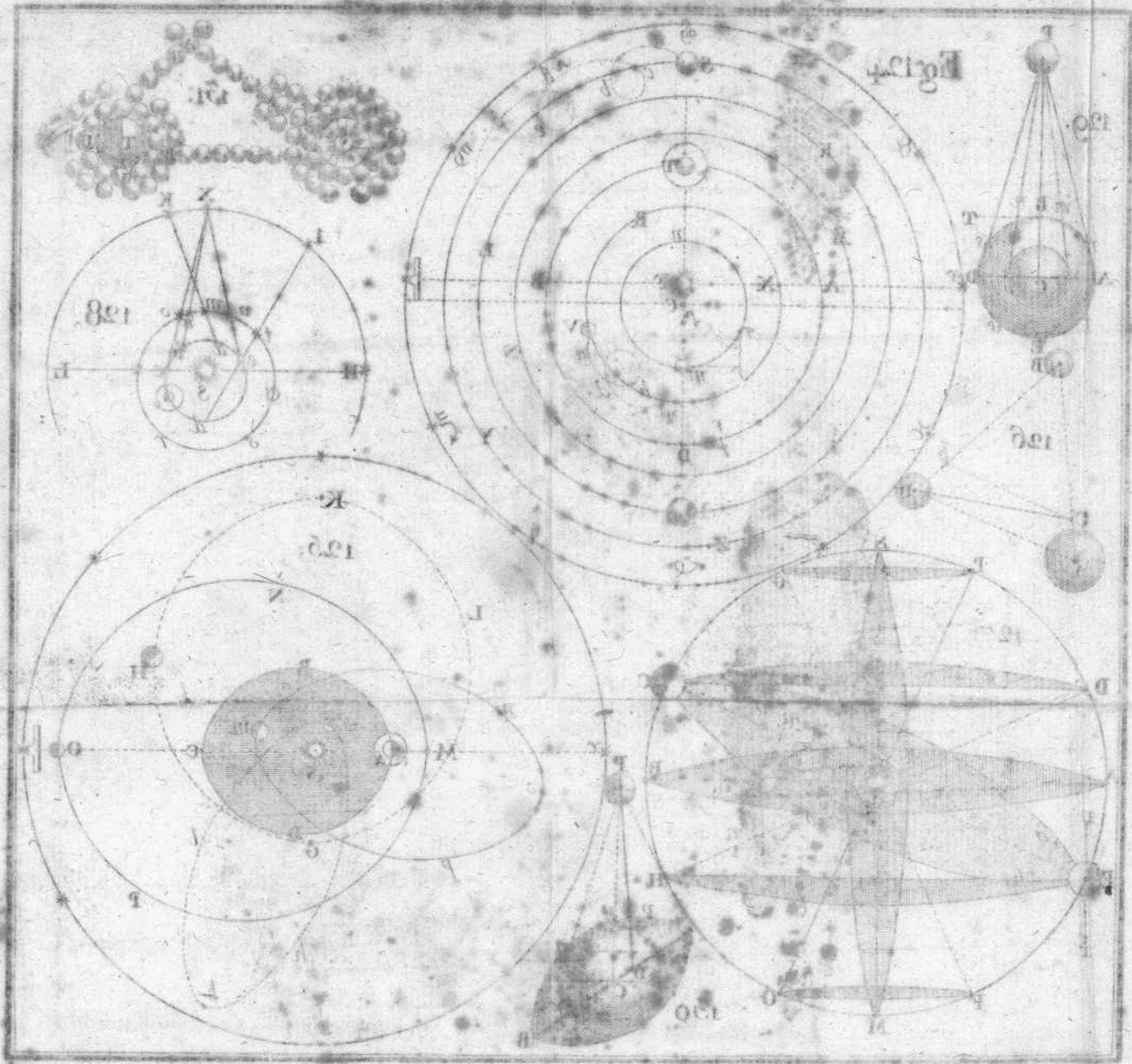
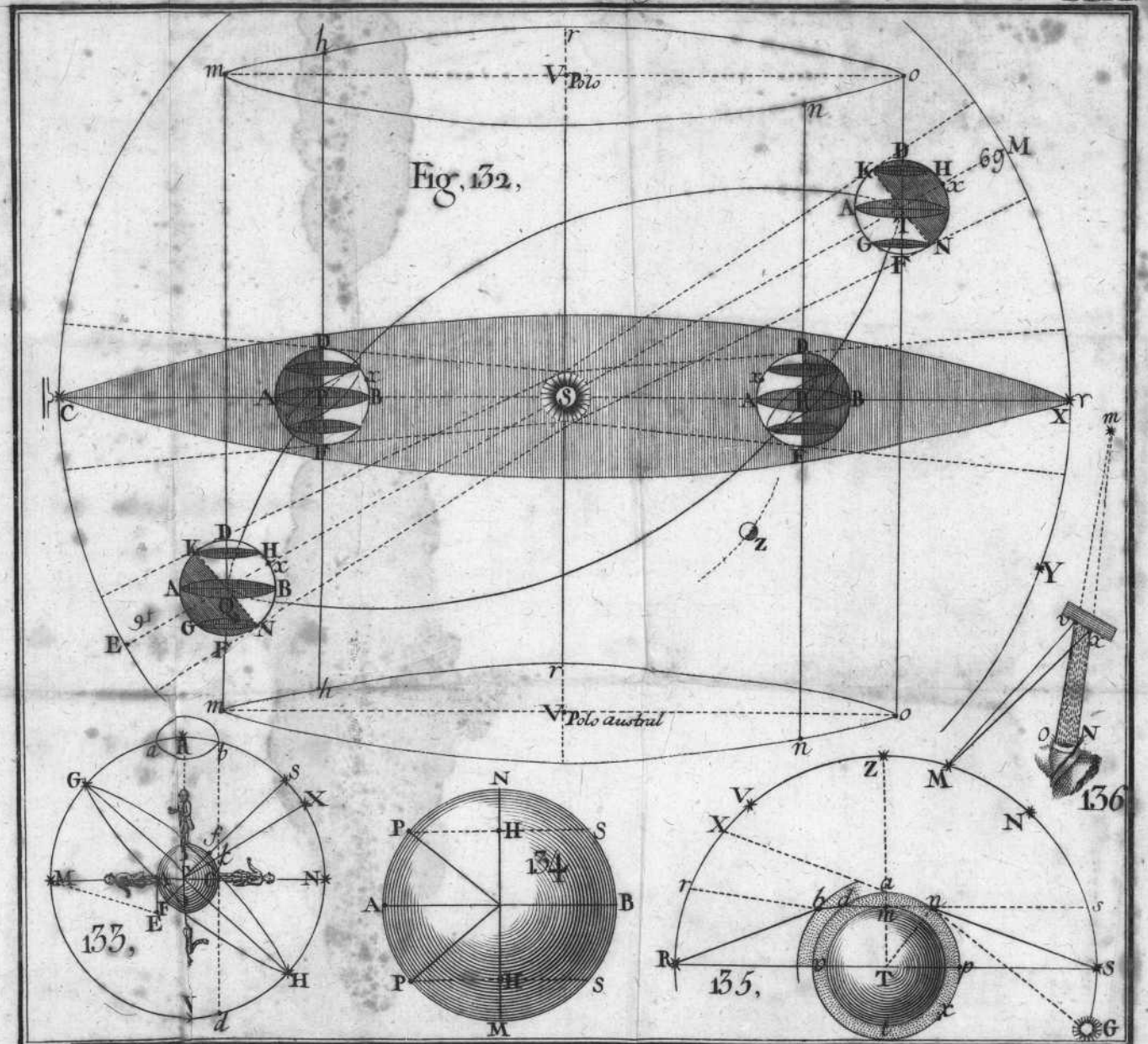
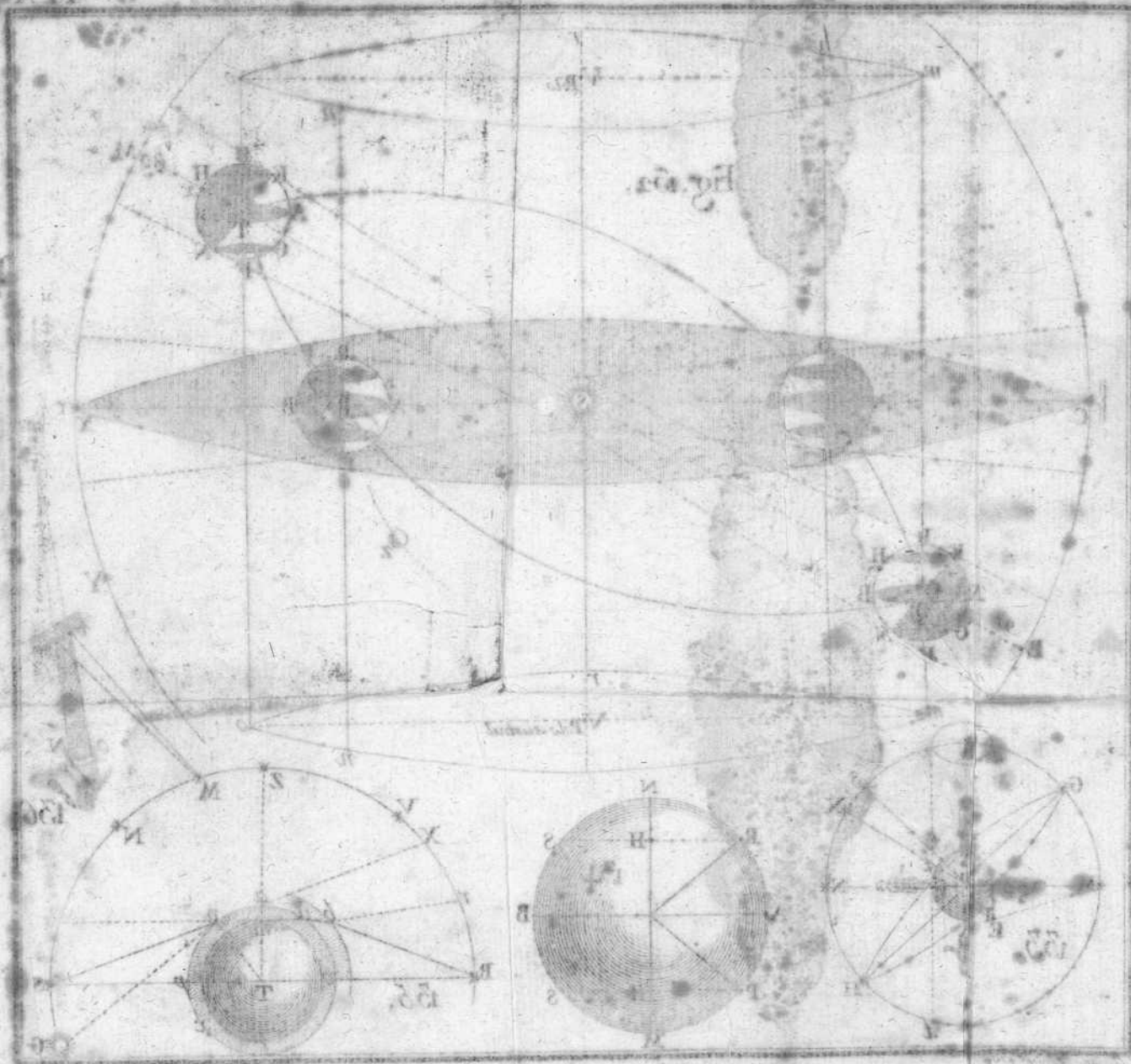


Fig. 124













PARA
DE
FANTAS

2

FILLOS

77

F.A.
164

UNED