



DAD A
CIÓN C

RECREACION
FILOSOFICA

B795

A45

1841

V. 3

c. 1

011860

INTER FOLIA



1080023031

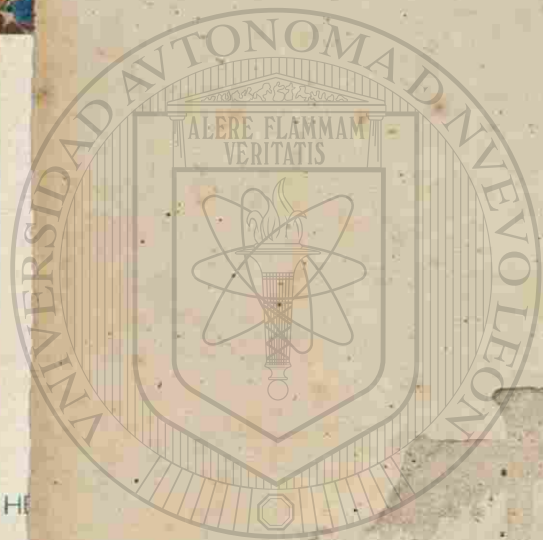
J. M. ANDRADE



EX LIBRIS

HEMETHERII VALVERDE TELLEZ

Episcopi Leonensis



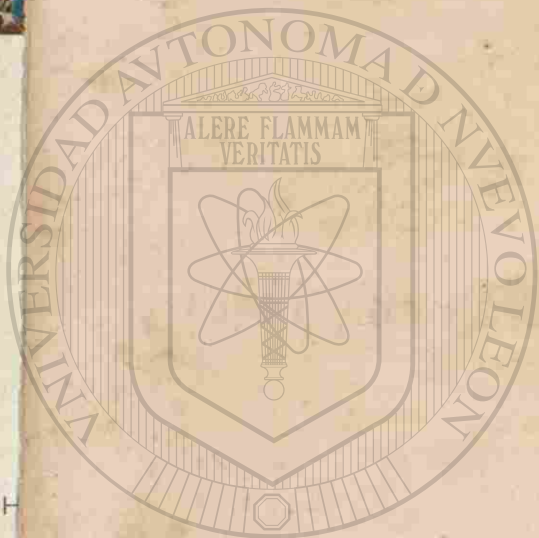
RECREACION FILOSOFICA.

U A N L

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS





RECREACION FILOSOFICA

ó DIALOGO SOBRE

LA FILOSOFIA NATURAL,

PARA INSTRUCCION DE PERSONAS CURIOSAS
QUE NO HAN FRECUENTADO LAS AULAS;

OBRA ESCRITA EN PORTUGUES

POR EL P. D. TEODORO DE ALMEIDA,

De la Congr. del Oratorio de S. Felipe Neri,
y de la Academia de las Ciencias de Lisboa, socio de la real
Sociedad de Londres y de la de Viscaya.

traducida al castellano.

NUEVA EDICION,

CONSIDERABLEMENTE REFUNDIDA, AUMENTADA Y PUESTA AL NIVEL
DE LOS CONOCIMIENTOS ACTUALES.

POR D. PEDRO MATA,

Médico cirujano de la ciudad de Barcelona,
miembro titular y correspondal del círculo médico de Montpellier,
miembro correspondal de la Sociedad médico-
quirúrgica de la misma ciudad, etc.

TOMO III.



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECA

LIBRERIA DE ROSA.

Schneider y Langrand, calle de Erfurth, 4.

1844.

47948

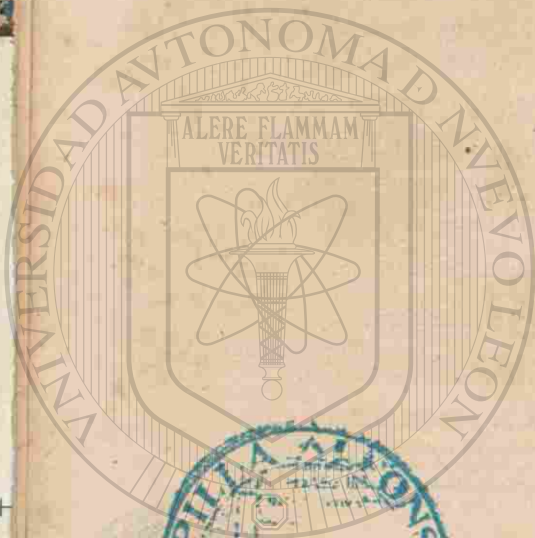
UNIVERSIDAD DE NUEVO LEÓN
Biblioteca Valverde y Vela

B795

A45

1841

V. 3



FONDO ESPECIAL
VALVERDE Y TELLEZ

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FONDO ESPECIAL VALVERDE Y TELLEZ

FISICA.

(CONTINUACION.)

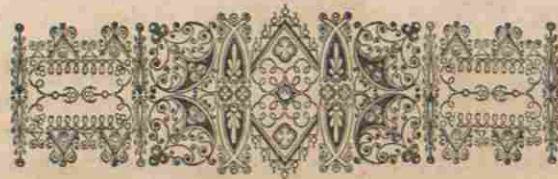
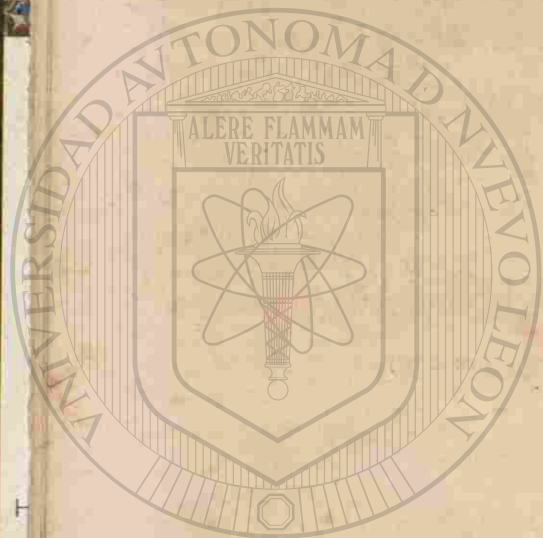
UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

FONDO GENERAL DE BIBLIOTECAS

011880



RECREACION FILOSOFICA.



TARDE NONA.

TRATASE DE LA LUZ.



§ 1.

Esplicanse los dos sistemas de la luz, y se trata de las generalidades de este cuerpo.

ERG. — No estrañeis, amigo Teodosio, que venga hoy riendo, porque por el camino me ha dicho Silvio que siendo tan clara la luz era la materia mas oscura de la física, y este contraste singular me ha caido tanto en gracia que me hace reir.

SILV. — No acierto por que esto os escita risa : cuando hablo de la claridad de la luz, la considero bajo sus efectos y propiedades, y cuando la llamo

oscura, lo digo con respecto á las teorías que se han ideado para explicarla.

TEOD. — En esto tiene Silvio mucha razon, pues en efecto es la luz ó la esplicacion de su esencia un asunto problemático en física, y cualquiera que sea el sistema que se adopte, hay sus inconvenientes al lado de sus ventajas.

EUG. — ¿ Con que hay muchos sistemas para explicar la luz ?

TEOD. — Dos sistemas hay en el dia que se disputan la preferencia, uno llamado de las *undulaciones*, otro de la *emision*. Yo os explicaré qué quieren decir estos términos de escuela. Descartes admitió que habia en todo el espacio un fluido que no afectaba nuestros sentidos cuando estaba en reposo; que los cuerpos luminosos tenian la facultad de hacerle vibrar, y que estas vibraciones, diversamente reflectidas ó combinadas producian todos los fenómenos de la luz. Despues vino Newton, y estableció que la luz era un fluido procedente de los cuerpos luminosos, lanzado ó arrojado por estos cuerpos al espacio, y que modificado en su marcha por los cuerpos que le reflejan ó dejan pasar al traves de su sustancia, daban lugar por contacto inmediato á los fenómenos luminosos.

EUG. — ¿ Y cual de estos dos sistemas es el segundo ?

TEOD. — Desde Newton hasta nuestros dias puede decirse que ha sido adoptado generalmente el sistema de este grande hombre; mas parece que el doctor Jown y Fresnel han renovado últimamente la posicion de un fluido preexistente en el espacio, y

han llegado á dar cuenta de una manera mas completa de los fenómenos de la luz, y han sujetado al cálculo los mas delicados, suponiendo que la luz se hace por medio de ciertas undulaciones del fluido preexistente. Como en el sistema de Newton se supone que los cuerpos luminosos emiten la luz, se llama sistema de la *emision*; y como en el otro sistema se supone que los cuerpos luminosos hacen undular el fluido que llena el espacio, lo llaman sistema de las undulaciones.

EUG. — ¿ Cual de estos sistemas seguís vos, Silvio ?

SILV. — Ninguno me satisface, pero si hubiese de escoger uno, daria la preferencia al de la *emision*, porque explica mas clara y fácilmente los fenómenos vulgares.

TEOD. — Yo no reputo por mejor lo que es mas claro, sino lo que es mas exacto, y el de las *undulaciones* lo es en efecto; sino que, como habeis dicho muy bien, por otra parte, no se presta tan fácilmente á la inteligencia de todos; puesto que está fundado en consideraciones de mecánica racional de altas miras, y hacen casi imposible su esplicacion bajo una forma elemental, cuando no se poseen las matemáticas trascendentales.

EUG. — En este caso ya veo que he de renunciar al sistema de las undulaciones.

TEOD. — No hay tal; ya cuidaré yo de que podais entenderlo todo, acomodándome al método que hemos seguido hasta aquí. Y como, á pesar de que los físicos modernos admiten en teoria, por causa de la luz las undulaciones del fluido preexistente, no de-

jan por esto de explicar las leyes de la luz, como si en efecto fueren rayos emitidos de los cuerpos luminosos; os daré una idea de ambos á dos sistemas, y hareis de ellos lo que mas os acomodare.

SILV. — Alabo vuestro proceder.

EUG. — También me satisface: andad diciendo:

TEOD. — Para explicar los fenómenos de la luz, admiten los físicos del día un fluido llamado *éter*, cuyas partículas se rechazan, y llenan todo el espacio. Su densidad es uniforme en todos los espacios vacíos, pero varia en todos los cuerpos, cuyo interior está igualmente habitado por un *éter* mas ó menos denso, segun la accion que las moléculas de los cuerpos ejercen sobre él. Esto supuesto, se considera un cuerpo luminoso bajo la idea de que sus moléculas de *éter* vibran ú oscilan en la posicion reciproca que ocupan. Estas oscilaciones se transmiten al *éter* ambiente; se estienden en todas las direcciones, bajo una forma esférica, como el agua de un estanque al caer en ella una piedra, en el caso en que el *éter* es homogéneo; al contrario, la figura de las olas cesa de ser esférica, cuando ciertas partes del *éter* tienen mas densidad que otras; esto es lo que acontece cuando las undulaciones se transmiten, desde un espacio vacío á un espacio ocupado por los cuerpos: Concebís pues que si se considera las ondas circulares cerca de su centro de origen, serán encorvadas: mas si las consideramos á mucha distancia de este punto, podrán tenerse por planas, y esto es lo que sucede, en la superficie del globo terráqueo, á las ondas luminosas producidas por el sol.

EUG. — Esto parece que tiene mucha analogia

con el modo de producirse y propagarse el sonido.

TEOD. — Pero esta apariencia es engañadora, pues hay notable diferencia. El rayo sonoro oscila de un modo y el luminoso de otro. En el primero, las moléculas del cuerpo que vibra lo hacen segun la longitud del rayo sonoro; en el segundo las del *éter* undulan en una direccion perpendicular á esta longitud; de suerte que en el primero las moléculas se hallan ahora mas cerca, ahora mas lejos, mientras que en el segundo se hallan ahora á derecha, ahora á izquierda. Os acordais de lo que dijimos sobre la vibracion de las cuerdas: dijimos que ofrecian vibraciones trasversales y longitudinales; pues bien, el *éter* presenta las primeras, el aire en el sonido, las segundas. No es esto decir que no pueda presentar absolutamente undulaciones longitudinales; mas el ojo parece que no aprecia sino las trasversales; así como el oido no aprecia sino las longitudinales. En cuanto á la intensidad de la luz, la explican los partidarios de este sistema por la fuerza viva de que estan animadas las moléculas del *éter*. Por lo que toca á los colores diversos, se explican por la mayor ó menor estension de las undulaciones, estension que no tan solo el cálculo ha determinado, sino que se ha podido medir con grande precision. Así se ha dicho que la mayor estension que pertenece al encarnado es de 0,000,620 de milímetro, y la menor, propia del color de violeta, es de 0,000,425 de milímetro. Hânse calculado igualmente el número de vibraciones que deben operarse en un dado tiempo, y se ha visto que el número de vibraciones que han de hacer en una millonésima parte de segundo las

moléculas de éter es de 564,000. Esto es lo que hay que decirnos por ahora sobre la teoría de la luz de los modernos. A medida que vayamos viendo cada orden principal de fenómenos luminosos, os explicaré como se verifican según uno y otro sistema. He querido estenderme en esto, porque es el que está adoptado generalmente en el día, y apenas hay escuela notable que no siga este sistema. Con todo advertid que en la exposición de los fenómenos luminosos emplearemos la expresión de rayos, irradiación y demás fórmulas del lenguaje acostumbrado, porque sea cual fuere la teoría consiente bien estas expresiones, las cuales para vos han de ser mucho más inteligibles. Ahora quiero enteraros de algunas generalidades de la luz que no debéis ignorar. En primer lugar sabed que todo lo relativo á la luz forma una ciencia llamada *óptica*, la cual abraza dos ramos; uno que lleva el nombre de *catóptica*, y trata de los fenómenos de la reflexión de la luz, y otro llamado *dióptica* que estudia los efectos producidos cuando la luz atraviesa los cuerpos ó sea de la refracción. De unos y otros hablaremos en la conferencia de hoy y sucesivas; pero antes es preciso que os dé alguna idea de la irradiación, dirección, velocidad é intensidad de la luz, como y también de lo que es la *sombra* y la *penumbra*. Cualquiera que sea el sistema que adoptéis es menester admitir que cada uno de los puntos de un cuerpo luminoso se trasmite en todos sentidos á la vez, de modo que en una superficie de alguna extensión los rayos se entrecruzan sin perjudicarse, ó descomponerse. Mucho importa que tengáis una idea clara de esta ir-

radiación; porque si suponeis un cuerpo de una superficie circular espuesto á la irradiación luminosa de otro, se pueden concebir tantos conos luminosos cuantos puntos hay en la superficie del cuerpo radiante, y todos estos conos tendrán por base la cara circular del cuerpo iluminado y por puerta el punto de partida. Por otra parte si se recibe por un agujero la luz que de todos lados ó de todos puntos envía el sol, se formará en el aposento á donde vayan á parar un cono luminoso, cuya base descansará en la pared opuesta, y cuya punta, ligeramente truncada, será formada por el agujero. Es decir, que los rayos luminosos han formado los conos opuestos por sus puntas; uno viniendo de todos los puntos de la superficie del sol, donde tiene su base á la abertura, y otro, desde la abertura, donde tiene su punto, á la pared; para lo cual los rayos luminosos han tenido que cruzarse indispensablemente: hacedos bien cargo de esto porque nos servirá en lo sucesivo. Veamos ahora la dirección: en el sistema de la emisión se admite que las moléculas que parten de la superficie de un cuerpo luminoso empiezan desde que salen á moverse en el espacio con grande velocidad, y siempre en línea recta: admítase también que estas moléculas se hallan en su camino, situadas á grandes distancias las unas de las otras, relativamente á su volumen, lo cual permite concebir como una multitud de estas filas de moléculas pueden pasar á la vez por el agujero más pequeño, sin pararse ó estorbarse trasversalmente. En el sistema de las undulaciones, se dice otro tanto de las líneas de las moléculas etéreas que vibran trasversalmente.

Mas fuerza es que os advierta una cosa : como no poseemos ningun medio para aislar una fila de moléculas luminosas, lo cual constituiria verdaderamente un rayo de luz, á causa de que por pequeño que sea el agujero por donde se haga pasar, esta puede admitir todavía un grande número de estos rayos elementales, todo lo que os ande diciendo del rayo luminoso, se entenderá del cono ó pirámide que tiene por base el agujero ó la superficie que recibe la luz, y por punta uno de los puntos del cuerpo luminoso. Igualmente todo lo que diga de la direccion de este rayo lo entenderéis del eje de este cono.

EUG. — Habeis dicho que la luz se mueve en línea recta, y os habeis contentado con decirlo.

TEOD. — Porque es tan claro que no necesita prueba : poned un objeto entre vuestros ojos y una luz, y dejareis de verla. Y advertid que no solo se mueve en línea recta sino que solo de esta suerte se propaga y produce efecto. La razon la teneis en que, todo cuerpo que se mueve impelido por una sola fuerza, se mueve siempre en línea recta. Ya sabeis que las direcciones curvas no vienen á ser en último resultado mas que una serie de líneas rectas; por lo tanto aunque nos faltase la esperiencia, hay la razon que viene en apoyo de lo dicho.

EUG. — ¿Y qué me decís de la velocidad de la luz: á guiarme por mi solo conocimiento se me figura que su propagacion es instantánea; que se encienda una hoguera en una montaña, al instante se ve muchas leguas lejos; nace el sol, y ya le vemos.

SILV. — Decís bien, Eugenio, yo soy de vuestro mismo modo de pensar, y esto mismo me induce á

creer que lo del éter no es cosa que valga, porque en este caso no atino como habia de poderse comunicar la luz tan rápidamente desde el sol hasta la tierra.

TEOD. — Voy á responderos : en cuanto lo que decís, Silvio, sobre la dificultad de comunicarnos la luz el eter, queda vencido, sabiendo que si con un palo moveis el borde de un estanque, por grande que sea, acabareis por hacerlo undular todo.

SILV. — Es que el agua es liquida y se mueve con mucha facilidad.

TEOD. — El eter es fluido y sutilisimo, y su facilidad de moverse es todavía mayor, de suerte que por vos mismo queda probada esta posibilidad.

EUG. — En esto no tengo la menor duda : lo que quiero que me probeis es que no es instantánea la propagacion de la luz, pues yo veo ó al menos creo ver que lo es.

TEOD. — Es un error de vuestros ojos, pues alguna dilacion hay desde que sale el sol hasta que lo vemos, lo mismo que desde que se pone hasta que dejamos de verlo; y ha llegado el arte de los hombres, y su continua observacion, á calcular el tiempo que es preciso para comunicarse la luz del sol hasta la tierra, que son de siete á ocho minutos, es decir, que corre 70,000 leguas por segundo : el modo con que vinieron á conocer esto no lo habeis de entender, porque juega con la astronomia *. Llegaron tambien á medir el tiempo que gasta la luz en venir á la tierra desde las estrellas; y afirma

* Es demostracion del célebre Romer.

un célebre newtoniano que desde las estrellas de la primera magnitud hasta nosotros gastará la luz en venir seis años y un mes, y de las estrellas mas distantes tardará mas de treinta y seis años y medio.

SILV. — Id á persuadir esas cosas á quien os pareciere, que para mí son asunto de risa, porque yo veo que en el mismo instante en que el sol nace está iluminada toda la tierra.

TEOD. — Yo no os obligo á que deis asenso á estos cálculos, ni hago dependiente de ellos esta opinion; pero os aseguro que estos hombres son exactísimos en medir y calcular, especialmente los newtonianos, y no establecen sus proposiciones sin demostracion matemática muy repetida y segura. Si tuviéscis noticia de la astronomía yo os haria la demostracion, á la que no podriais dar salida; mas prescindamos ahora de eso. El argumento de que usais no vale nada, ni es para un filósofo de tan buen discurso cual sois vos, porque si la luz gasta siete minutos en llegar desde el sol hasta acá, tambien sucederá que no vereis el sol sino siete minutos despues que naciere, porque solo podemos ver el sol cuando llegare á nuestros ojos su luz; y así, aunque aparezca la tierra iluminada luego que veis el sol, no se sigue que está iluminada así que nace. Pongamos un ejemplo. Supongamos que en este correo os llegó noticia de una batalla que vencieron los franceses en los Países-Bajos, y que veis luego á los apasionados celebrar esta victoria con festines y luminarias: ¿os atreveréis á decir que en el

mismo dia en que se consiguió la victoria la celebraron aquí los apasionados?

SILV. — Ciertamente no, porque medió todo el tiempo del correo que fue preciso para llegarnos acá la noticia.

TEOD. — Pues este es nuestro caso: así que tuvisteis noticia por los ojos de que el sol habia nacido, visteis toda la tierra iluminada; pero de aquí no se sigue que al instante que él nació quedase toda la tierra iluminada, porque medió el tiempo que gastó el correo de los ojos, que son los rayos de la luz, y sin que ellos lleguen no podeis ver el sol nacido.

ETG. — Ahora, mi doctor, bien se ve que el discurso que formó Teodosio no es tan contrario á la razon como os parecia.

SILV. — Con todo eso, mientras no se me probare esta demora de la luz evidentemente no he de creerla. Vamos continuando por respeto de Eugenio.

TEOD. — Vamos enhorabuena. Habeis de saber, Eugenio, que la luz segun esta opinion se comunica de esta suerte: el sol con su movimiento trémulo que tiene á manera del que vemos en el fuego, mueve la materia etérea que tiene inmediata á sí, esta mueve la otra, y como toda está continuada hasta nosotros, toda se mueve de la misma suerte; así como sucede en el agua del estanque, y mas claramente en la mesa de trucos, porque si pusiéreis siete ú ocho bolas de marfil en una continuada fila, dando acá un golpe en la primera, luego se mueve

allá la última; así sucede con las partículas de la materia etérea.

EUG. — ¿Pero cómo se acaba la luz tan presto como se cierran las ventanas?

TEOD. — La materia etérea está esparcida por los poros del aire; mientras se mueve hay luz, luego que se acaba este movimiento se acaba la luz. Estando la ventana abierta la materia de afuera comunica con la de adentro, y como la de fuera está movida por el sol, también la de adentro se mueve; pero después que se cierran las ventanas ya la materia que está allá fuera no puede mover la que está dentro; por tanto se acabó su movimiento trémulo, y quedó todo á oscuras; si una vela encendida vuelve á poner en movimiento la materia etérea, tenemos otra vez la casa con claridad.

SILV. — Eso tiene contra sí esta objecion convincente que voy á decir: aun cuando la ventana está abierta y el sol entre en casa, vemos que en donde da el sol está mucho mas claro que hácia los lados; y siguiendo vuestros principios toda la materia que está en casa se mueve con ese movimiento.

TEOD. — Así es, toda se mueve, pero con un movimiento mas ó menos rápido; el que va por línea derecha hácia delante es mas fuerte que el del costado; usemos de una comparacion: cuando por una puerta viene entrando un gran tropel de gente, mas padecen los que estan dentro de la casa enfrente de la puerta, que los que están á los costados, no obstante que también participan de la incomodidad del tumulto; así también cuando la luz del sol entra por la casa adentro, las partículas de la materia etérea que es-

tan enfrente por línea derecha al sol han de ser movidas mas fuertemente que la que queda á los lados; y cuanto menos frontera estuviere al sol menos movimiento tendrá, y por consiguiente mas oscura ha de estar la casa hácia esa parte.

EUG. — ¿Y podremos dar la razon por qué la luz unas veces es mas fuerte y otras mas remisa, v. g. unos dias estan mas sombríos, otros mas claros?

TEOD. — Nada mas facil que daros cuenta de ello. La intensidad de la luz es variable, porque depende, en parte, de la naturaleza de los cuerpos luminosos. A mas, si no habeis olvidado los conos que forma la luz, vereis que ha de suceder en ella lo que con los rayos del calórico, esto es, que ha de disminuir en su tensidad, á medida que se aleja del cuerpo luminoso; pues cuanto mas lejos está menos rayos hay, en un punto iluminado.

EUG. — ¿Y es acaso también en razon del cuadrado de las distancias?

TEOD. — Precisamente: es de rigor matemático. Una superficie circular iluminada presenta la base de un cono luminoso. Si se prolonga el cono á una distancia doble la superficie de su base será cuadruple, y por lo mismo si se trasporta la superficie que formaba esta base á una distancia doble, no recibirá mas que la cuarta parte de rayos luminosos, que ella interceptaba. En cuanto á ser unos dias mas sombríos otros mas claros he aquí de que depende. Si el cielo está cubierto de nubes es clara la razon de quedar la tierra con menos luz, pues las nubes impiden que se comunique el movimiento de la materia etérea que queda por encima, á la materia

etérea que está acá abajo; y quanto mas gruesa es la nube, mas embaraza este movimiento.

SILV. — Si las nubes embarazan que se comunique el movimiento de la materia que queda encima de la otra que está acá bajo, se sigue, que no solo ha de quedar el dia sombrío, sino que hemos de quedar totalmente á oscuras como si fuera de noche.

TEOD. — No ha de ser así; porque las nubes no embarazan el movimiento totalmente, solo impiden que no sea tan fuerte como sería si no hubiese nubes; las nubes son como un humo, y por entre el humo pasa visiblemente la luz. Fuera de que la luz que se difunde por los lados de la nube tambien nos alumbra.

EUG. — ¿Y cómo se hace esta mudanza alternativa de dia y noche? ¿por ventura de noche no hay este movimiento en la materia etérea?

TEOD. — De noche no anda el sol acá por encima, y así no comunica movimiento á la materia etérea que hay en nuestras tierras: anda allá por abajo, alumbra á los antípodas, esto es, á los hombres que allá viven, porque comunica movimiento á la materia etérea de sus regiones. Cuando volviere á venir acá hácia arriba entonces tendremos luz, porque volverá á poner en movimiento la materia etérea que hay en nuestras regiones. Pero debemos advertir, que de noche la materia etérea que tenemos sobre nosotros siempre recibe algun movimiento de las estrellas, de la luna y de los demas planetas; por lo mismo cuando el cielo está limpio, aun sin hacer luna, está la noche mas clara con la luz pro-

cedida de las estrellas, á veces de Venus, á la que llaman vulgarmente estrella del alba, y de Júpiter, que es otro planeta el mayor de todos, sale tan fuerte luz, que entrando por la ventana adentro hacen las rejas su sombra como si hubiese luna. Mas si el cielo está cubierto, es tan poca la luz que á veces vamos por la calle tropezando en las paredes; pero esa luz que hay procede de algun movimiento muy ténue en la materia, el cual nace del sol que anda allá por abajo. El modo con que esto puede ser se ve claramente; porque así como cuando el sol entra por la ventana solo mueve rectamente la materia que le está frontera, y esta va moviendo la otra, y esta á la otra, de tal suerte que en la tercera ó cuarta sala aun se percibe alguna luz, bien que muy poca, causada por la luz de la primera sala, así tambien en nuestro caso. Valgámonos de pluma y tinta para que entendais bien esto (Fig. 4.) Esta bola redonda es la tierra; aquí la puse su nombre: abajo bien veis que está el sol; suponed que vivimos en la parte superior de la bola, y en estos términos bien veis que ha de ser noche para nosotros; pero siempre ha de



Fig. 4.

haber alguna luz en *c*, porque el sol mueve toda la materia que está en *a* y en *b*; y como esta materia está continuada con la otra que está en el medio, también le ha de comunicar algún movimiento, y por eso hace alguna luz. Ahora, pues, pinto las nubes; veis que la materia que está en *a* siempre es movida por el sol, y puede mover á la otra que tiene inmediata á sí hasta *c*, por la misma razón del agua del estanque que ya dije. De lo que se acaba de decir podeis sacar que el sol, la luna y las estrellas son para nosotros manantiales de luz. Mas como durante la noche y hasta durante el día, el hombre necesita para sus quehaceres luz artificial, no se ha contentado con las fuentes naturales de este inmenso don del cielo, sino que ha procurado construirse manantiales artificiales de luz. La combustion ha sido un recurso grande para el efecto, el aceite, la cera, las grasas, las resinas han servido y servirán por largo tiempo al hombre para facilitarse luz, y no data de mucho la grande invención del gaz hidrógeno, con que se iluminan no solo los grandes establecimientos sino las ciudades mas vastas de Europa.

EUG. — Me gustaria que me esplicaseis esta iluminación por el gas.

TEOD. — Dejadlo para la ocasion en que se trate de este gas en particular que será cuando veamos la química. Cualquiera que sea el cuerpo que arroje luz, sigue estas dos reglas generales.

1º. Todo cuerpo se hace luminoso desde luego que su temperatura es de 500 grados del termómetro centígrado.

2º. En igualdad de temperatura, los cuerpos sólidos producen mas luz que los gaseosos.

EUG. — ¿Y qué viene á ser la *sombra*?

TEOD. — Os he dicho que la luz se mueve en línea recta, y que solo de este modo se propaga; si hay cuerpos que no la dejen pasar, por fuerza el espacio que se halle detras de ellos ha de quedar al menos hasta cierto punto sin luz. Pues, este espacio, sin luz, se llama *sombra*, y los cuerpos que dan margen á ella, *opacos*.

EUG. — ¿Y qué es lo que determina las formas de las sombras?

TEOD. — La situacion y figuras relativas de los cuerpos luminosos y opacos.

SILV. — Segun vos la sombra es la ausencia de la luz; la ausencia de la luz son las tinieblas; luego la sombra son las tinieblas, y como ahora estamos en la sombra, pues aquí no da el sol directamente, resulta que nos hallamos sumergidos en las tinieblas. Ved, Eugenio, á que os conduce Teodosio.

TEOD. — Habeis argumentado como un escolástico; con todo, aunque á lo peripatético no dejaria vuestro argumento de ser válido, si yo pretendiese que hay sombra absoluta, esto es, completamente falta de luz; mas yo no supongo tal cosa. El espacio donde se halla la sombra, determinado por un cuerpo luminoso, está habitualmente penetrado de rayos de luz procedentes de los cuerpos cercanos que la reflectén, como vereis luego; así observareis que aun cuando la sombra parezca en general negra, es siempre mas ó menos colorada. A mas de que, sin luz no se ven los objetos, y estos se ven en

la sombra por intensa que sea; claro está, pues, que en ella hay luz. La intensidad de la sombra es siempre á proporción de la intensidad de la luz, puesto que resulta para nuestros ojos de la comparación de los puntos iluminados con los que no lo están. Esta propiedad ha suministrado un medio de medir la intensidad comparativa de diferentes luces; porque se puede siempre arrojar sobre un plano una al lado de otra dos sombras producidas por dos luces diferentes; y si estas dos sombras parecen igualmente negras se puede concluir que ambas luces son iguales en intensidad. Así cuando queráis comparar, por ejemplo, la luz de una bugia con la de un velon, haced que caigan las sombras de dos pedazos cuadrados de carton en un papel blanco, una producida por la bugia, otra por el velon. Hallareis que la del velon es más fuerte; mas si alejáis el velon, ó aproximáis la bugia, las sombras podrán igualarse; si en este caso medís las distancias que van de uno y otro cuerpo luminoso al plano de papel, y eleváis estas distancias al cuadrado, la relación de estos cuadrados dará la de la intensidad de las luces.

EUG. — Bello es por cierto y sencillo el modo de experimentar y calcular este punto.

TEOD. — Hay otra cosa que también pertenece deciros aquí, y es lo que se llama *penumbra*.

EUG. — ¿Qué viene á ser este terminacho?

TEOD. — Es una especie débilmente sombreado que envuelve siempre la sombra principal de un cuerpo redondeado. Cuando hablemos de los eclipses y de los astros, ya os explicaré con figuras todo esto, y allí vendrá bien estendernos sobre el parti-

cular, explicándoos este fenómeno en la luna por ejemplo. Entre tanto veamos la parte de la óptica que hemos llamado *catóptrica*, ó sea como se conduce la luz cuando es reflectida.

EUG. — Sin duda para ello teneis aquí preparado tanto instrumento.

§ II.

Trátase de la catóptrica ó sea reflexión de la luz, de los espejos planos.

TEOD. — Cuando la luz que produce un cuerpo luminoso, atravesando el espacio, según las leyes establecidas, viene á dar contra los cuerpos naturales, puede suceder que estos sean incapaces de darle paso, ó bien que dejen penetrarse por ella al través de su grueso. Los primeros llevan el nombre de *opacos*, que son, como ya lo hemos visto, los que forman la sombra, y estos rechazan la luz de su superficie. Pero advertid que no lo hacen de un modo absoluto, pues siempre se dejan penetrar en parte por ella; en prueba de lo cual basta reducir un cuerpo opaco á una chapa delgada para volverlo un poco trasparente. Los segundos se llaman *transparentes* ó *diáfanos*, en cuyo interior sufre la luz algunas modificaciones que veremos en su lugar. Igualmente debo deciros tocante á estos que, aunque dan paso á la luz no dejan de reflectir parte de ella. Los fenómenos pertenecientes á los primeros van á constituir el objeto de nuestra

la sombra por intensa que sea; claro está, pues, que en ella hay luz. La intensidad de la sombra es siempre á proporción de la intensidad de la luz, puesto que resulta para nuestros ojos de la comparación de los puntos iluminados con los que no lo están. Esta propiedad ha suministrado un medio de medir la intensidad comparativa de diferentes luces; porque se puede siempre arrojar sobre un plano una al lado de otra dos sombras producidas por dos luces diferentes; y si estas dos sombras parecen igualmente negras se puede concluir que ambas luces son iguales en intensidad. Así cuando queráis comparar, por ejemplo, la luz de una bugia con la de un velon, haced que caigan las sombras de dos pedazos cuadrados de carton en un papel blanco, una producida por la bugia, otra por el velon. Hallareis que la del velon es más fuerte; mas si alejáis el velon, ó aproximáis la bugia, las sombras podrán igualarse; si en este caso medís las distancias que van de uno y otro cuerpo luminoso al plano de papel, y eleváis estas distancias al cuadrado, la relación de estos cuadrados dará la de la intensidad de las luces.

EUG. — Bello es por cierto y sencillo el modo de experimentar y calcular este punto.

TEOD. — Hay otra cosa que también pertenece deciros aquí, y es lo que se llama *penumbra*.

EUG. — ¿Qué viene á ser este terminacho?

TEOD. — Es una especie débilmente sombreado que envuelve siempre la sombra principal de un cuerpo redondeado. Cuando hablemos de los eclipses y de los astros, ya os explicaré con figuras todo esto, y allí vendrá bien estendernos sobre el parti-

cular, explicándoos este fenómeno en la luna por ejemplo. Entre tanto veamos la parte de la óptica que hemos llamado *catóptrica*, ó sea como se conduce la luz cuando es reflectida.

EUG. — Sin duda para ello teneis aquí preparado tanto instrumento.

§ II.

Trátase de la catóptrica ó sea reflexión de la luz, de los espejos planos.

TEOD. — Cuando la luz que produce un cuerpo luminoso, atravesando el espacio, según las leyes establecidas, viene á dar contra los cuerpos naturales, puede suceder que estos sean incapaces de darle paso, ó bien que dejen penetrarse por ella al través de su grueso. Los primeros llevan el nombre de *opacos*, que son, como ya lo hemos visto, los que forman la sombra, y estos rechazan la luz de su superficie. Pero advertid que no lo hacen de un modo absoluto, pues siempre se dejan penetrar en parte por ella; en prueba de lo cual basta reducir un cuerpo opaco á una chapa delgada para volverlo un poco trasparente. Los segundos se llaman *transparentes* ó *diáfanos*, en cuyo interior sufre la luz algunas modificaciones que veremos en su lugar. Igualmente debo deciros tocante á estos que, aunque dan paso á la luz no dejan de reflectir parte de ella. Los fenómenos pertenecientes á los primeros van á constituir el objeto de nuestra

conferencia actual. Como la superficie de los cuerpos opacos, sobre los cuales puede caer la luz ya es plana, ya convexa, ya cóncava, y en todos estos casos puede ser bruñida, ó desigual, será bueno que veamos cada uno de estos casos en particular. Examinemos primeramente como se conduce la luz en los espejos planos. No habeis olvidado sin duda que hemos supuesto la luz, como formada de grupos de moléculas, ó globulillos sutilísimos que se mueven con mucha velocidad. Vais á ver como esto no es tan fuera de propósito, pues observamos que la luz reflecte de los espejos y cuerpos semejantes, siguiendo enteramente las leyes que observan en la reflexion los cuerpos redondos: v. g., las pelotas, las bolas de marfil, etc. Bien sabeis que si las pelotas no fueren redondas no han de saltar con regla; luego tambien si los grupos de particulas de la luz no fueren redondos, no han de reflectir con regla, como vemos que hacen. Por el mismo fundamento los habeis de considerar como eminentemente elásticas, porque vemos que reflecten del mismo modo que los cuerpos elásticos. Supuesto esto, asientan que un rayo de luz es una serie de bolillas, unas tras las otras, todas con el movimiento que dijimos. Pero notad bien que estas bolillas son grupos de moléculas luminosas, de lo contrario no podria haber efectos de elasticidad. La idea de elasticidad envuelve la de contraccion; la de contraccion, envuelve la de reduccion de espacio; la de reduccion de espacio envuelve la de poros; y la idea de poros en una particula, molécula, ó atomo es un absurdo, puesto que se considera como el último tér-

mino de la divisibilidad de la materia. Por esto insisto en que mireis estos rayos como compuestos de grupos de moléculas. Si estas bolillas, pues, ó si este rayo de luz cayere perpendicularmente sobre un espejo, ha de reflectir otra vez por el mismo camino.

EUG. — ¿Y por qué?

TEOD. — Porque todas las veces que un cuerpo elástico redondo cae perpendicularmente sobre otro, reflecte por la misma línea, como os mostré anteayer con el ejemplo de la pelota. La razon que entonces dimos para todos los cuerpos elásticos milita tambien en el rayo de la luz en esta sentencia.

EUG. — Bien me acuerdo de esa ley general.

TEOD. — Demos otro paso. Si el rayo de luz ó esta serie de bolillas cayere sobre el espejo oblicuamente, ha de reflectir todo el rayo hácia la otra parte, haciendo un ángulo igual al que hizo cuando cayó en el espejo. La razon es la misma que di para la reflexion oblicua de los cuerpos elásticos; pero para que lo entendais mejor, aquí tenemos ya una figura hecha que yo habia prevenido (Fig. 2.). Aquí



Fig. 2.

teneis un espejo *mn* tendido en el suelo : el rayo que viene del sol cae en el espejo oblicuamente, y es compuesto de bolillas elásticas : esta primera bolilla *u* cae por línea oblicua, y reflecte conforme á la ley general por la misma línea de puntos que aqui veis ; detras de ella cae en el mismo sitio la segunda bolilla *o*, y va por el mismo camino que la otra ; síguese la bolilla *i*, y tras ella las otras, y van por el mismo camino ; y de esta suerte reflecte el rayo haciendo un ángulo en la reflexion, igual al que hizo cuando cayó.

EUG. — Supuestas las reglas generales estas fácilmente se entienden, porque son una aplicacion de aquellas.

TEOD. — Pues ahí teneis la razon de algunos efectos curiosos que se fundan en esta ley. Primeramente sucede muchas veces estar puesta junto á la ventana una palangana con agua ó algun pedazo de espejo echado en el suelo, y entrando el sol por la ventana adentro vemos un resplandor en el techo de la casa, el cual muchas veces tiembla temblando el agua de la palangana ; y la razon no es otra que esta ley de la reflexion que he explicado. Entran por la ventana los rayos del sol, y caen oblicuamente ó en el espejo ó en la superficie del agua, y reflecten hácia dentro de la casa por una línea que va á parar al techo ó á alguna pared, segun está puesto el espejo respecto del sol, observando siempre la igualdad en los ángulos, cuando reflecten del espejo y cuando caen en él ; y como todos los rayos vienen paralelos y el espejo es plano, todos reflecten sin esparcirse ni juntarse, como mostré que sucedia

á muchas bolas cuando caian oblicuamente y emparejadas : reflectiendo pues todos los rayos hácia el techo, de la misma suerte que cayeron en el espejo, han de hacer en el techo un resplandor.

EUG. — ¿ Y por qué tiembla ese resplandor temblando el agua, ó si movemos el espejo ?

TEOD. — Es porque moviendo el espejo, unas veces quedan los rayos del sol mas inclinados respecto del espejo, otras veces menos ; y así unas veces han de reflectir mas altos, otras mas bajos, porque los rayos, cuando reflectieren, siempre han de hacer un ángulo igual al que hicieron cuando cayeron en el espejo ; por eso si los rayos del sol vinieren muy bajos y con poca inclinacion hácia el espejo, tambien han de reflectir muy bajos y con poca elevacion del suelo ó del espejo puesto en él. Aquí teneis tambien la razon de lo que estamos viendo ahora. Mirad hácia el mar, allá hácia la barra, y vereis que está plateada, y brilla tan vivamente, que no se puede mirar sin mortificacion de los ojos. El sol está allá en el cielo muy distante del mar, y sus rayos dan oblicuamente en el agua como si fuese en el espejo, y reflecten hácia nosotros ; de aquí se sigue que como los rayos del sol reflecten del agua hácia nuestros ojos, hacen el mismo efecto que si estuviese en la superficie del agua el mismo sol.

SILV. — ¿ Y por qué no brilla el agua del Tajo acá hácia arriba ? ¿ Por ventura ahí no le da el sol ? Bien veis, Teodosio, que no puede ser la razon de este efecto esa que dais.

TEOD. — Los rayos del sol tambien dan en el agua del Tajo que está mas arriba de nosotros ; pero ob-

servando la igualdad de los ángulos van á parar á otros sitios que quedan mas allá por el Tajo arriba : no vienen á parar acá á nuestros ojos ; y como no vienen á parar acá, no podemos ver brillar esa agua. Ejemplo : si cuando está una palangana con agua á la ventana, y refleja la luz del sol hácia dentro de la casa, os pusiéreis de suerte que el resplandor del agua os dé en los ojos, vereis el agua brillar tanto como si fuese el mismo sol ; pero si os apartáreis á cualquier lado, de suerte que la luz no os dé en los ojos, no vereis brillar el agua, y con todo eso es cierto que aun le da el sol ; mas porque los rayos que de ella reflecten no vienen á parar á vuestros ojos, no hacen efecto alguno en vuestra vista : lo mismo digo del agua del mar.

EUG. — Ahora ya entiendo tambien la razon de lo que muchas veces me admiró caminando por el campo ; veia unas como estrellitas en medio del suelo, las cuales yéndome llegando hácia ellas las perdía de vista, sin poder dar en el sitio determinado donde estaba aquella luz que tanto brillaba : supongo que era algun pedazo de vidrio que reflectia de tal suerte los rayos del sol, que me daban en los ojos cuando yo venia lejos, y que llegándome mas de cerca no venian á parar á mis ojos los rayos del sol, y por eso no veia resplandecer el vidrio.

SILV. — Esta tambien será la razon por qué dando el sol en las vidrieras de las ventanas, unas veces se ven brillar como el sol y otras no ; porque muchas veces esos rayos no vienen á parar á nuestros ojos, y así no vemos brillar las vidrieras ; pero los que estuvieren en los sitios adonde van á parar los ra-

ynos que reflecten de las vidrieras las verán brillar como el sol.

EUG. — Ya no queda en que dudar. Mas decid, ¿ para qué nos trajisteis á esta antecámara de los espejos ?

TEOD. — Aquí estan estos dos espejos enfrente uno del otro ; si pusiéremos una vela encendida enfrente de uno, vereis una multitud de luces en los espejos : aquí teneis esta vela encendida, llegad y ved ; pero poneos de suerte que vuestros ojos queden mas altos que la luz de la vela, y llegaos hácia los lados de los espejos, de suerte que no embarceis el camino que los rayos de luz llevan de un espejo al otro... Decidme, ¿ qué veis ?

SILV. — Yo veo una multitud de luces representadas en aquel espejo.

EUG. — Y lo mismo se ve acá en este hácia donde teníamos las espaldas.

TEOD. — Discurramos ahora sobre la causa de este efecto tan agradable á la vista ; mas no lo podré explicar sino valiéndome de pluma y tinta, como hemos hecho en algunos casos : aquí teneis esta figura, que al intento tenia ya prevenida (Fig. 5).

EUG. — ¿ Quien ha de entender esto ? Esta figura está confusa.

TEOD. — Sosegaos, que todo lo habeis de entender. Esta vela que está aquí dibujada despide rayos hácia todas partes ; de ellos escojámos tres solamente para evitar la confusion : uno es el rayo que desde la vela va á parar á *i*, otro el que va á parar á *o*, y otro el que va á parar á *a* : los represento aquí diversamente para que no se confundan unos con

otros. Supuesto esto, bien veis que estos tres rayos

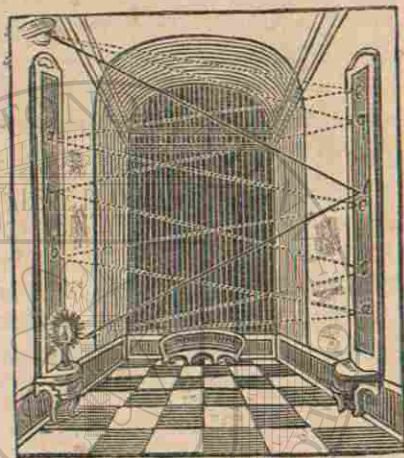


Fig. 5.

oblicuamente.

TEOD. — Todos caen oblicuamente, pero no caen con ángulo igual: unos tienen mayor inclinación hacia el espejo que otros; y así también cuando reflectieren han de hacer diferentes ángulos, é ir á parar á diversas partes: el rayo que de la vela va á parar hasta *i*, conforme á la ley de la reflexión, ha de ir á parar á los ojos del hombre que están dibujados sobre este espejo del lado izquierdo, y por consiguiente ha de ver el hombre la luz de la vela en *i*, porque de ahí le vienen los rayos hacia los ojos.

EUG. — Hasta aquí lo entiendo: vamos á los otros.

saliendo de la misma vela no dan en la misma parte del espejo; unos dan mas abajo, otros mas arriba, ni van por líneas paralelas: ¿no es así?

EUG. — Así es; mas todos caen

TEOD. — El rayo que sale de la vela y va á parar á *o*, que es este del medio que yo señalo con unas pequeñas rayas, reflecte de *o* hacia *p*, y de ahí vuelve á reflectir hacia *q*, y de *q* vuelve hacia los ojos del hombre; y por estas cuentas ya el hombre ha de ver también la luz en *q*, porque desde allí le vienen los rayos hacia los ojos; y es regla cierta que los objetos se ven en aquel sitio y lugar de donde nos vienen los rayos, sea que el objeto esté allí ó que no, como se ve en cualquier espejo que nos representa enfrente el objeto que muchas veces tenemos detras de las espaldas; y la razón es, porque los rayos nos vienen del espejo.

EUG. — Estoy en eso, no os canséis en persuadirme.

TEOD. — Bien estamos; luego ya tenemos que el hombre ha de ver dos luces, una en *i*, otra en *q*. Vamos ahora al otro rayo que nos falta: el rayo que saliendo de la vela va á parar hasta *a*, que es este que yo señalé con puntos, conforme á las leyes de la reflexión reflecte hacia *b*, y de allí va hacia *c*, despues vuelve al otro espejo, y da en *d*; luego vuelve á reflectir hacia *e*, y de allí últimamente hacia los ojos del hombre; y tenemos que entra por los ojos tercer rayo que representa la luz de la vela en *e*, porque de allí sale en derechura hasta los ojos: he aquí cómo el hombre ha de ver en el espejo tres luces, una en *e*, otra en *q*, otra en *i*, aunque en realidad sea una sola la vela encendida.

EUG. — Lo entiendo bellamente: ahora ya no hallo confusion en la figura.

SILV. — Pero aquí aun no está explicado todo lo

que vimos poco há, pues hemos visto en el espejo mas luces que tres.

TEOD. — Explicado el modo con que siendo una sola la luz podemos ver tres, fácilmente se explican las demas: aquí en esta figura ve el hombre tres luces, porque son tres los rayos que he supuesto salian de la vela hácia el espejo; pero en la realidad salen muchos mas, y todos van reflectiendo de un espejo hácia el otro, guardando siempre la igualdad de los ángulos que tengo dicho: muchos no van á parar á los ojos, ó van mas abajo ó mas arriba; pero otros allá van á parar; y cuanto mas rayos entran en los ojos del hombre, reflectiendo de diversos lugares del espejo, mas luces ha de ver, ó mas luces se le han de representar en el espejo.

SILV. — Aun tengo otro reparo, y es, que nosotros en la realidad no nos pusimos en el lugar en donde representais en ese dibujo que estan los ojos del hombre que está viendo; nosotros estábamos acá mas abajo.

TEOD. — Tambien hice eso de propósito para que hubiese menos confusion en los rayos que habia de pintar: si pusiese los ojos á poca distancia de la vela, no podria señalar el lugar por donde habian de pasar los rayos sin gran confusion; pero advertid que los ojos siempre deben estar mas altos que la luz de la vela, para ver la serie de luces que va subiendo hácia arriba; pero si estuvieren mas bajos que la luz, veremos la serie de luces venir hácia abajo; como tambien si pusiéreis la luz á un lado del espejo, y vos os pusiéreis en el otro lado, ve-

reis tambien que las luces se van multiplicando hácia el lado.

SILV. — Todo sucede así: yo creo que cuando estais solo os divertís con estas curiosidades, pues veo que estais tan cierto en todas sus circunstancias.

TEOD. — No lo llevo tanto por la esperiencia como por el discurso, porque es la misma razon. Reparah ahora, Eugenio, en lo que os digo: poneos bien enfrente del espejo, y coged la vela; id levantándola de suerte que la luz quede en la misma altura de vuestros ojos entre ellos y el espejo, y vereis solo una luz.

ERG. — Así es; ¿pero cuál es la razon?

TEOD. — De la luz salen muchos rayos; pero los que caen oblicuamente no vuelven por el mismo camino por donde fueron, y así no vuelven á la luz, ni por consiguiente á los ojos que estan detras de la luz; y como no entran en los ojos, no pueden representar en ellos la luz; únicamente el rayo perpendicular que de la luz cae en el espejo vuelve por el mismo camino á la luz, y tambien á los ojos del hombre que quedan detras de ella, y por eso solo ha de ver el hombre una luz.

ERG. — Lo he entendido.

TEOD. — La igualdad de ángulos que los rayos guardan infaliblemente, cayendo en el espejo, y reverberando de él, es el principio fundamental de toda la catóptrica, y de esta fuente dimana la razon de los admirables efectos que vemos en todos los instrumentos en que hay reflexion de la luz ó de los colores. Para seguir un método mas claro iré in-

sensiblemente tejiendo una serie de proposiciones fundamentales que encierran en sí la razon de los efectos que veremos, y salen de la precedente. Lo primero es que *los rayos que caen en un espejo plano retroceden con el mismo orden, inclinacion ó divergencia con que pasarían adelante si no hubiese espejo*. Esta proposición puede demostrarse geométricamente para los que entienden estos términos ¹; mas para vos basta esplicarla en esta figura que voy á mostraros (Fig. 4). Supongamos que esta línea *mn*



Fig. 4.

es un espejo plano: los rayos que vienen desde *sf*, y que naturalmente se juntarian en *a* si no encontrasen el espejo, ahora encontrándole vuelven atras, y se van á juntar en el punto *g* tan distante del espejo como lo estaria el punto *a*. Por la misma razon de la igualdad de los ángulos, si los rayos salieren

¹ Demuéstrase: el ángulo de la reflexion es igual al de la incidencia; luego el ángulo *mes* es igual al ángulo *neg*: por otra parte el ángulo *mes* es igual tambien al ángulo opuesto *nea*, y por consiguiente todos tres son iguales, quedando el ángulo *neg* igual al ángulo *nea*. Del mismo modo se prueba que el ángulo *nig* es igual al ángulo *nia*; luego tambien el ángulo obtuso *gim* es igual al otro inferior *aim*, pues cada uno de estos obtusos junto con el agudo que tiene al lado, que son iguales, vale dos rectos. Por consiguiente tenemos que el triángulo de rayas *gei* tiene en la base dos ángulos iguales á los del triángulo de puntos *nei*; y siendo la base comun, serán los dos triángulos enteramente iguales, y se juntarán los rayos de la parte del espejo á la misma distancia, y de la misma suerte que lo harian en la parte inferior si no hubiese espejo.

del punto *g*, y cayeren en el espejo *mn*, retrocederán y caminarán hácia los puntos *sf* con la misma divergencia con que irian á estos *uc*, igualmente distantes del espejo por la parte de abajo, si no encontrasen con él. ¿Percibis esto?

EUG. — Y con facilidad: bien que no alcanzo la razon; pero como me decís que se demuestra geométricamente, doyme por satisfecho.

TEOD. — De aquí infiero que *los espejos planos no causan mudanza alguna en los rayos considerados en sí; solo hacen que lo que habia de suceder en el lugar posterior al espejo (si hubiese paso libre) se haga en el anterior, guardándose infaliblemente la misma distancia del espejo*. Sentado, pues, esto, tenemos la razon de casi todo cuanto sucede en los espejos planos. Lo primero cuando vemos un objeto en el espejo no se nos representa en la misma superficie de él sino allá dentro.

EUG. — Es así, y unas veces se representa á mayor, otras á menor distancia hácia el fondo.

TEOD. — *La distancia que se nos representa del espejo hasta el objeto allá dentro, es la misma que hay en realidad entre el espejo y el objeto acá fuera*. La esperiencia lo persuade: acerquémonos á este espejo: ponéos fijo en un sitio de donde me veais á mí pintado en él. Observad ahora que á medida que yo me voy llegando al espejo, se viene tambien acercando á él mi figura; y cuando yo me hago atras ó me retiro de él, tambien se retira mi imagen hácia allá dentro. ¿No es así?

EUG. — Así es: no puedo dudarle.

SILV. — De la esperiencia no dudamos; pero vamos á la razon, que es lo principal.

TEOD. — Voy á dárosela. Nosotros, segun lo que queda dicho, juzgamos de las distancias de los objetos, fundándonos en varias circunstancias que experimentamos en los rayos que entran por los ojos. La primera es, que los rayos que salen de las estremidades del objeto mas distante entran en los ojos con ángulo mas agudo, y por eso forman menor imagen allá dentro. La segunda, que los rayos que salen de cualquier punto del objeto traen su divergencia, la cual tanto es menor, quanto es mayor la distancia. Supuesto esto (que ya queda probado), todas las veces que nosotros recibiéremos los rayos con las mismas circunstancias de divergencias, ángulos, etc., hemos de hacer juicio de la misma distancia del objeto; y ya os tengo dicho que los espejos planos no causan mudanza alguna en los rayos, solo si hacen que lo que habia de suceder en el lugar posterior al espejo suceda en el anterior; por consiguiente como no alteran la divergencia de los rayos, ni su inclinacion y ángulos, sucede que de un mismo modo entran los rayos en nuestros ojos, sea que el objeto diste del espejo tres varas hácia afuera ó hácia adentro. Dejad que me explique con una estampa delante. Mirad esta (Fig. 5). El objeto *as* dista tres varas del espejo *mn*: los rayos de las estremidades si no encontrasen con él se juntarian en *r*; pero el espejo hace á los rayos retroceder al lugar *e*, y estos se encaminan al dicho punto, del mismo modo que lo ejecutarían estando el objeto en *ic*, de que se sigue que como los ojos

que estan en *e* reciben los rayos que salen de *as* con la misma inclinacion y divergencia, etc., que ellos traerian si saliesen de *ic*, al alma que está acostumbrada á juzgar de la distancia del objeto por esta

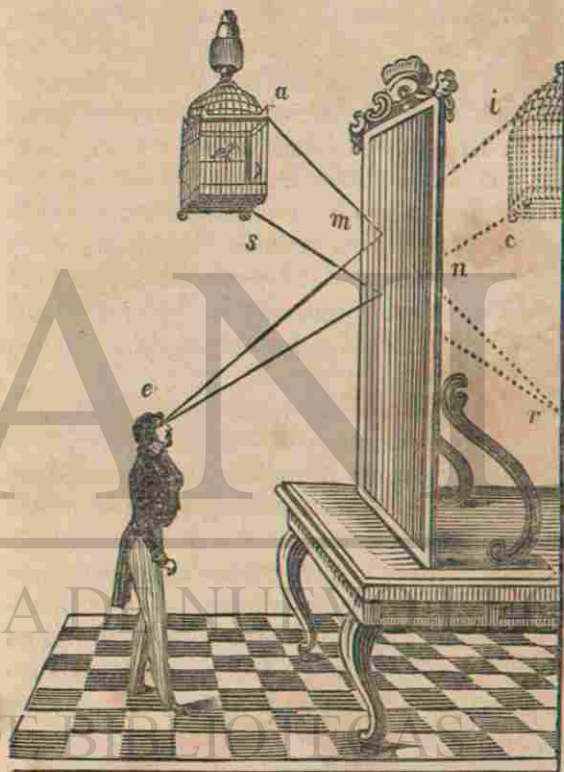


Fig. 5.

inclinacion y divergencia de los rayos se le repre-

senta que el objeto está en *ic*. En una palabra, los espejos planos no dan ni quitan, ni aumentan ni disminuyen la divergencia ó la convergencia de los rayos; por consiguiente andando los rayos igual espacio, han de llegar con igual abertura ó igual distancia. Ahora, pues, es bien claro que, ya salgan los rayos de *as*, ya de *ic*, cuando llegan á los ojos en *e* tienen andado igual camino, y entran con igual abertura, convergencia, etc.: la imagen se forma dentro del ojo de un mismo modo, y el alma percibe una misma distancia. El engaño está en que se le representa que la distancia respecto del objeto es hácia dentro, y en realidad es hácia afuera; y este error se funda en la esperiencia que ella tiene de que los objetos suelen estar en aquel lugar á que directamente corresponden los rayos que entran por los ojos.

SILV. — Está explicado. Con la estampa se entiende clarisimamente.

EUG. — Y cuando yo me veo á mí mismo en el espejo, ¿á qué distancia me representa el mismo espejo mi figura?

TEOD. — Yo os lo diré: á la distancia que hay de vos al espejo, pero doblada, porque á mí se me representa mi figura del espejo adentro otro tanto como yo estoy del espejo afuera; luego contando toda la distancia aparente de mí á mi imagen, viene á ser doble de la que hay de mí al espejo.

EUG. — Tengo comprendido todo lo que toca á los espejos ordinarios y planos.

§ III.

De los espejos cóncavos y convexos.

TEOD. — Tratemos ahora de los espejos cóncavos. En los espejos cóncavos se ven pasmosos efectos. Para que me entendais, sabed que es preciso distinguir dos puntos en cada espejo, uno que es el centro de la esfera, otro que es el foco de los paralelos. Ved: aquí tenemos estampa hecha de propósito para el caso: mirad esta (Fig. 6). Supongamos este espejo cóncavo AE, que tiene una concavidad tal, que si fuésemos continuando una línea hácia los lados con igual curvatura hiciera ese círculo de puntos que está ahí señalado, en tal caso decimos que el espejo es una porción de la esfera AEFH. El

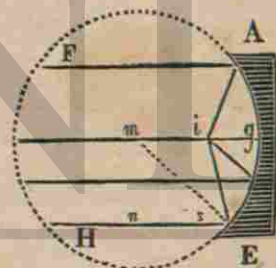


Fig. 6.

centro de esta esfera supongamos que cuadra en *m*: este es el centro de la esfera del espejo, y nunca lo confundais con el centro del espejo, que ese es en *g*. Siendo esto así, el foco de los paralelos (esto es, el lugar donde se juntan los rayos que vienen paralelos) queda casi á la mitad de la distancia que hay entre el centro de la esfera y el espejo, aquí en

senta que el objeto está en *ic*. En una palabra, los espejos planos no dan ni quitan, ni aumentan ni disminuyen la divergencia ó la convergencia de los rayos; por consiguiente andando los rayos igual espacio, han de llegar con igual abertura ó igual distancia. Ahora, pues, es bien claro que, ya salgan los rayos de *as*, ya de *ic*, cuando llegan á los ojos en *e* tienen andado igual camino, y entran con igual abertura, convergencia, etc.: la imagen se forma dentro del ojo de un mismo modo, y el alma percibe una misma distancia. El engaño está en que se le representa que la distancia respecto del objeto es hácia dentro, y en realidad es hácia afuera; y este error se funda en la esperiencia que ella tiene de que los objetos suelen estar en aquel lugar á que directamente corresponden los rayos que entran por los ojos.

SILV. — Está explicado. Con la estampa se entiende clarisimamente.

EUG. — Y cuando yo me veo á mí mismo en el espejo, ¿á qué distancia me representa el mismo espejo mi figura?

TEOD. — Yo os lo diré: á la distancia que hay de vos al espejo, pero doblada, porque á mí se me representa mi figura del espejo adentro otro tanto como yo estoy del espejo afuera; luego contando toda la distancia aparente de mí á mi imagen, viene á ser doble de la que hay de mí al espejo.

EUG. — Tengo comprendido todo lo que toca á los espejos ordinarios y planos.

§ III.

De los espejos cóncavos y convexos.

TEOD. — Tratemos ahora de los espejos cóncavos. En los espejos cóncavos se ven pasmosos efectos. Para que me entendais, sabed que es preciso distinguir dos puntos en cada espejo, uno que es el centro de la esfera, otro que es el foco de los paralelos. Ved: aquí tenemos estampa hecha de propósito para el caso: mirad esta (Fig. 6). Supongamos este espejo cóncavo AE, que tiene una concavidad tal, que si fuésemos continuando una línea hácia los lados con igual curvatura hiciera ese círculo de puntos que está ahí señalado, en tal caso decimos que el espejo es una porción de la esfera AEFH. El

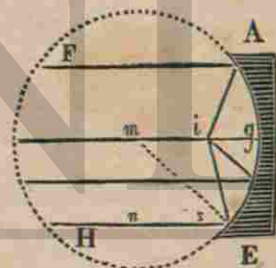


Fig. 6.

centro de esta esfera supongamos que cuadra en *m*: este es el centro de la esfera del espejo, y nunca lo confundais con el centro del espejo, que ese es en *g*. Siendo esto así, el foco de los paralelos (esto es, el lugar donde se juntan los rayos que vienen paralelos) queda casi á la mitad de la distancia que hay entre el centro de la esfera y el espejo, aquí en

el punto i . Y esta es la primera ley de la reflexion en los espejos cóncavos. Los que entienden los términos de la geometría pueden saber la razon por qué cuadra en este lugar el foco de los paralelos ⁴. Esto supuesto, bien sabeis que los rayos de cualquier esfera son perpendiculares á su superficie, y por consiguiente esta línea de puntos ms , y todas las demas que del centro m fueren á dar en el es-

⁴ Demuéstrase: tirados los rayos paralelos ns y mg , y corrida la línea de puntos ms desde el centro de la esfera, tenemos un ángulo gms : tírese la línea i de manera que el ángulo ism sea igual al ángulo gm . Digo que en el punto i , donde esta línea cruza, la línea mg será el foco, porque la línea ms , siendo rayo de la esfera, es perpendicular al espejo, y hace de una y otra parte ángulos iguales con él: por otra parte, como las dos líneas mg y ns son paralelas, los ángulos alternos ims y msn son iguales; y como por la construcción el ángulo ims es igual al ángulo ism , resultan por buena cuenta tambien iguales los ángulos ism , mns , y tenemos el ángulo de la reflexion igual al de la incidencia, como queda demostrado que debe suceder en toda reflexion de la luz: por consiguiente para que haya esta igualdad de ángulos, en i vendrá á cuadrar el foco de los paralelos. Ahora, pues, cuando la distancia de g hasta s es pequeña, poco menor es ig que is , y tambien que im su igual (por ser el triángulo isosceles ó equilátero); y entonces viene á quedar el foco i casi á la mitad de la distancia del centro m hasta g . Pero cuando la distancia de g hasta s es mayor, mayor es esta diferencia entre la línea ig ó is ó im , su igual: por consiguiente cuanto mas lejos de g cayere el rayo, mas cerca del espejo caerá su foco; por lo cual es error pensar que en los espejos grandes y muy cóncavos cae el foco en un punto



Fig. 7.

sensible, porque en realidad los rayos reflejos hacen esta figura que os muestro en esta (Fig. 7): el rayo que da en a va hácia a , el que da en e se dirige á e , y el que en i á i ; de donde veréis que no cortan el eje oo todos en un punto: cada uno le corta en un punto diferente; y así los rayos reflejos hacen esta figura, lo cual se conoce visiblemente poniendo al sol un espejo ustorio grande, y arrojando unos polvillos, ó haciendo pasar humo por el lugar del foco.

pejo, caen perpendiculares en él. Luego si el objeto se pusiere en el centro de la esfera del espejo, aquí en m los rayos divergentes que salen de cualquier punto, dando en el espejo, volverán por el mismo camino, pues caen perpendiculares; y ya hemos dicho que todo rayo que cae perpendicularmente en un cuerpo liso refleja por el mismo camino; y por buena consecuencia puesto el objeto en el centro de la esfera del espejo, los rayos divergentes que salen del objeto para el espejo reverberan, y se vuelven á juntar en el lugar en que está el objeto. Y esta es la segunda ley de la reflexion ó reverberacion que pertenece á los espejos cóncavos. Añado ahora que si pusiéremos el objeto en el foco de los paralelos (en i), los rayos divergentes que salen de él, dando en el espejo, reflecten paralelos entre sí, y nunca llegarán á juntarse, que es la tercera ley; la razon de ella es, porque, como queda dicho, la igualdad de los ángulos pide que viniendo el rayo de n para s , de ahí retroceda hácia m ; luego por la misma razon viniendo de m para s , reverberará hácia n , y así de los demas.

EUG. — Todo eso es conforme á razon.

SILV. — Pero me parece demasiada prolijidad.

TEOD. — No lo es, y vos lo conoceréis bien presto. Prosigamos: si pusiéremos el objeto enfrente del espejo, pero mas lejos que el foco de los paralelos, siempre los rayos divergentes que salen de cualquier punto se han de juntar en un punto despues que reflectan (cuarta ley): la razon es..... pero vamos á esta (Fig. 8.). La línea curva mns representa un es-

pejo cóncavo : suponemos que a es el centro de la esfera : r será el foco de los paralelos. Esto supuesto, digo que si el objeto estuviere en r , los rayos reverberarán paralelos hácia gh , haciendo ángulos

iguales con el espejo los rayos rm y gm ; luego á causa de la igualdad de los ángulos en la reflexion é incidencia, si fuere mayor el ángulo que el rayo em hace con el espejo á la parte de abajo, tambien ha de ser mayor el ángulo que el rayo reflejo haga con el espejo á la de arriba; y así no reflecte el rayo de m á g sino mas hácia abajo; y por la misma razon el rayo e no retrocede de n para h sino mas hácia arriba. Y de este modo se han de ir á cruzar en alguna parte, pues no retroceden paralelos, ni tampoco divergentes sino convergentes. Con lo cual queda probado lo que yo decia, que estando el objeto mas lejos del espejo que el foco de los paralelos r , en alguna parte se han de juntar despues de reverberados los rayos divergentes que salieron de cualquier punto del objeto. Y poco mas ó menos si el objeto estuviere en e , los rayos reflejos se juntarán en i : por el mismo motivo si el objeto estuviere en i , los rayos reflejos se juntarán en e . La razon viene á ser, porque la igualdad de los ángulos si obliga al rayo que sale de e á que vaya á i , por la misma razon le precisa á que si saliere de i venga

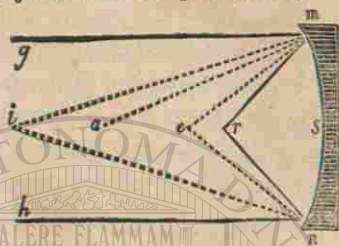


Fig. 8.

á e , y tenemos que así como puesto el objeto en e se juntan los rayos reflejos en i , del mismo modo puesto el objeto en i , los rayos reflejos se juntan en e . ¿Percibís esto?

EGG. — Con la figura á la vista se entiende con facilidad.

TEOD. — De aquí se saca la quinta ley. Volvamos á la figura 8 (tened paciencia, Silvio, que luego vereis comprobadas con la esperiencia estas doctrinas que os parecen superfluas). Ya os he dicho que puesto el objeto en el centro de la esfera a , en ese lugar irán á juntarse los rayos reflejos. Ahora digo (quinta ley): *cuanto mas acercáremos el objeto desde el centro de la esfera al espejo, tanto se retira del centro hácia atras el foco en que se juntan los rayos divergentes que salen del objeto.* Por el contrario (ley sexta): *cuanto mas retiráremos los objetos del centro hácia atras, tanto mas se acerca el foco de sus rayos al espejo.* Nótese que por mucho que el objeto diste del espejo nunca su foco llegará á r foco de los paralelos; pues nunca los rayos traerán tan poca divergencia que sean equidistantes. Tambien advierto que si el objeto se acercare al espejo, tanto que caiga en el foco de los paralelos, desaparece á una enorme distancia el foco de los rayos divergentes; y es la razon porque, segun tengo dicho, los rayos entonces retroceden paralelos. Vamos á ver para qué sirve esto.

SILV. — Si no sirviese, era materia bien enfadosa.

TEOD. — Pues vamos á hacerla divertida. Venga el espejo ustorio, y vereis maravillosos efectos. Si

delante del espejo cóncavo pusiéremos un objeto que cuadre entre el centro de la esfera de ese espejo y el foco de los paralelos, vereis en el aire una imagen del objeto mucho mas cerca de vos de lo que está el objeto verdadero. Vamos á la esperiencia (Fig. 9.). Cuelgo esta bola *a* enfrente del espejo :



Fig. 9.

el foco de los paralelos queda á esta distancia *e* : el centro de la esfera corresponderá aquí *i* si la bola cuadra entre un lugar y otro: mirándola yo aquí de frente me ha de parecer que

está muy cercana á mí en este sitio *m* que toco con el dedo. Mirad vosotros ambos: poneos junto á mí.

EUG. — Así es: yo veo dos bolas, una con el cordel hácia arriba, que es la verdadera, y está mas lejos; pero aquí hay otra con el cordel hácia abajo, que me parece que la toco con el dedo, y no es posible encontrarla.

SILV. — Yo la veo ahí junto á vuestro dedo: voy á darle un golpe: hallo el aire, y nada mas. Cualquier hombre del vulgo tendria esto por hechiceria.

TEOD. — La razon de este efecto es la que poco ha os he dicho. Los rayos que salen del objeto al dar en el espejo retroceden, y se juntan (por la ley 4) en un punto. Como se juntan ahí, pasando adelante, erúzanse, y se van esparciendo como si ahí estuviese el objeto. Ahora, pues, nosotros que por la esperiencia cotidiana sabemos que el objeto está en aquel sitio, desde donde los rayos comienzan á esparcirse, juzgamos que el objeto está en ese mismo lugar en *m*, y que le podemos tocar. Por tanto aparece el objeto en aquel parage donde se juntan los rayos reverberados del espejo; y por eso inquirimos con tanto cuidado en dónde ha de ser en este caso ó en aquel el foco de los rayos divergentes que salen del objeto para averiguar el lugar donde este ha de aparecer.

EUG. — Mas por esa razon si colgásemos la bola en este sitio *m* apareceria su imagen mas allá en *a*.

TEOD. — Inferis bien; porque, como ya os he dicho (sesta ley), cuando el objeto se aparta del centro de la esfera hácia fuera, los rayos se juntan entre el centro de la esfera *i* y el foco de los paralelos *e*.

SILV. — ¿Y si pusiéremos la bola en el foco de los paralelos, v. g. aquí en *e*?

TEOD. — Entonces no se juntarán los rayos, y se hará en los espejos tal confusion que no se verá figura alguna. Aquí lo teneis.

SILV. — Es así. Poned ahora la bola bien en el centro de la esfera.

TEOD. — Entonces caerá la imagen de la bola sobre ella misma; pero si os inclináis un poco hácia

el costado, vereis la bola aerea al lado de la verdadera.

SILV. — Estas cosas como se fundan en demostraciones matemáticas son infalibles.

EUG. — Pero aun no sé yo la razon por que esta bola aerea está puesta al revés con el cordel hácia abajo.

TEOD. — La razon es, porque los rayos que salen de las estremidades de la bola cuando retroceden del espejo, forman en el aire una pintura, pero inversa, como sucede en los telescopios, trocándose los rayos, así como se truecan pasando por una lente cuando pintan el objeto dentro de un telescopio. Pero si pusiéreis la bola entre el foco de los paralelos y el espejo, la vereis pintada dentro de este, mas al derecho con el cordel hácia arriba, porque entonces veis el objeto y no su pintura. ¿Veislo?....

EUG. — Así es, y la misma razon milita aquí que en cualquier otro espejo.

TEOD. — Pero ahora no vemos la bola en el aire, sino allí dentro del espejo; porque solo se nos representaba en el aire cuando se volvian á juntar en él los rayos que salian divergentes de cualquier punto del objeto; pues entonces sucede lo mismo que suele suceder cuando en ese lugar está el objeto verdadero.

SILV. — Pero reparad, Eugenio, que en el espejo se representa mucho mayor de lo que en realidad es.

EUG. — ¿Qué razon nos dais para esto, Teodosio?

TEOD. — Sabed que los espejos cóncavos aumentan los objetos cuando no los vuelven de arriba á

abajo. Mirad de cerca este espejo, y vereis unas manos de gigante.

EUG. — ¡Horrendas y monstruosas por cierto! ¡y la cara qué cosa tan asombrosa! Goliat no la tendría mayor.

TEOD. — La razon de este efecto se saca de los principios ya establecidos de la igualdad de los ángulos, de la cual deduciré ahora algunas conclusiones, que servirán para esplicar estos y los demas efectos. Vamos á esta (Fig. 10.). Suponiendo que esta línea curva

mon es un espejo cóncavo, de las estremidades de la saeta vienen rayos al espejo, el cual si fuese plano como la línea ea representa los rayos, y á causa de la igualdad de los ángulos se

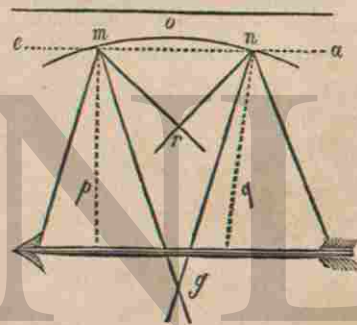


Fig. 10.

juntarian en *g*, entrando por el ojo que ahí estuviere. Pero como el espejo es cóncavo y el rayo que habia de retroceder hácia *g* se dirige á *r*, sucediendo lo mismo al otro; por eso se juntan en *r*, y ahí entrarían por el ojo si le encontrasen. Sentado esto, bien veis que el ángulo en *r* es mucho mayor que en *g* y mas abierto, y tambien sabeis que cuanto mas abierto es el ángulo, que los rayos hacen al entrar por la pupila, tanto mayor es la pintura que

se nos forma en los ojos, y mayor nos parece el objeto; luego en el espejo cóncavo han de parecer los objetos mayores como os lo ha mostrado la experiencia.

EUQ. — ¿Y que son estas dos líneas de puntos *mp nq*?

TEOD. — Son las perpendiculares por donde os habeis de guiar para conocer, si con efecto los rayos hacen ángulos iguales en la reflexion caminando adonde yo dije que habian de ir. Este *mp* seria la perpendicular del espejo, si fuese plano, y la otra *nq* es la perpendicular del espejo cóncavo.

EUQ. — Téngolo entendido.

TEOD. — Pasemos ahora á los espejos convexos: si los rayos de la luz viniendo paralelos caen sobre un cuerpo liso y convexo, han de reflectir esparciéndose *todos*. Si muchas bolas elásticas cayesen por líneas paralelas sobre una piedra convexa, habian de reflectir separándose entre sí.

EUQ. — Bien me lo figuro porque solo una bola cae por línea perpendicular, y las otras por líneas oblicuas, pues viniendo por líneas á plomo hallan la superficie de la piedra inclinada hácia abajo, y así caen oblicuamente y reflecten hácia los lados.

TEOD. — Esto supuesto, os es facil aplicar esta misma ley á los rayos de la luz, suponiendo que son compuestos de bolillas; y así viniendo todos paralelos, y cayendo sobre un vidrio convexo, han de reflectir esparciéndose todos. En esta figura (Fig. 11), veis que los rayos del sol vienen todos paralelos, y caen en el vidrio A redondo y convexo: todos los rayos, escepto el del medio, hallan la superficie inclinada, por eso no vuelven por el mismo camino;

mas reflecten hácia el lado unos mas, otros menos, conforme la inclinacion que hallan en la superficie.

EUQ. — Cuando me explicásteis estas leyes no me pareció que tuviesen tanta utilidad.

TEOD. — No lo conocereis cabalmente hasta que no veais explicados por ellas

algunos efectos: reparad en ésta garrafa redonda de vidrio que está en la ventana; en cualquier sitio que os pongais, con tal que veais la parte iluminada de la garrafa, siempre vereis en ella brillando una estrella: haced la experiencia y ved.

EUQ. — Así es: dadme la razon.

TEOD. — Los rayos del sol dando en este vidrio redondo y convexo se esparcen hácia todas partes; y así en cualquier sitio que os pongais siempre ha de ir á parar á vuestros ojos algun rayo de los que reflecten del vidrio, y consiguientemente siempre lo habeis de ver lucir y brillar; y esto no ha de suceder en cualquier vidrio si no fuere convexo. Aquí teneis un espejo pequenito, ponadlo al sol, y observareis que solo poniendoos en un sitio determinado lo vereis brillar, y que en apartándoos hácia el lado ya no lo veis lucir. La razon ya se ha dado cuando se habló de los pedazos de vidrio que á veces brillan en el medio del campo. De aquí, pues, se

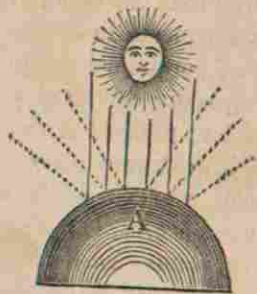


Fig. 11.

infiere claramente la razon de otro efecto, y es, que en el espejo pequeño cuando lo llegais á ver lucir luce todo él y toda su superficie; pero en la garrafa solamente luce una pequeña parte, y la razon es, porque del espejo reflecten paralelos todos los rayos que dan en él, y de la garrafa reflecten esparcidos; y así en el espejo cogéis muchos rayos, en la garrafa muy pocos. Ya veis pues que en los espejos convexos ha de suceder lo contrario que en los cóncavos. Porque *si el espejo fuere convexo, los rayos que vienen de las estremidades del objeto han de reflectir con ángulo menor que si fuese plano, y el objeto parecerá mas pequeño.* Supongamos que esta línea curva *ao* (Fig. 12) es un espejo conve-

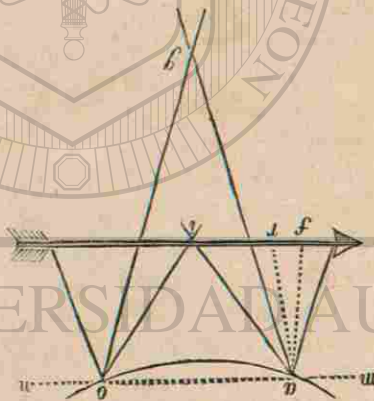


Fig. 12.

mas ó menos; pero como el espejo es convexo, la perpendicular á esa superficie es otra, y viene á ser con corta diferencia *af*; y sirviéndonos ella de regla, en

atencion á la igualdad de los ángulos, han de juntarse los rayos en *g*. Sentado lo cual bien veis que en *g* hacen los rayos un ángulo menor que en *i*; luego los ojos que reciben los rayos que reverberan del espejo convexo han de tener una imagen mas pequeña que la del espejo plano, y tambien menor que el objeto verdadero.

ETG. — Como su figura es opuesta á la del espejo cóncavo ha de hacer efectos opuestos: el cóncavo aumenta la figura, el convexo la disminuye. Vamos á confirmar con la esperiencia la doctrina dada si tenéis instrumentos para ello.

TEOD. — Sí, tengo. Ved aquí este espejo cilíndrico. (Fig. 15). Si os mirais á él vereis vuestra figura muy angosta.

ETG. — ; Qué figura tan ridícula estoy viendo! Reparad, Silvio.

SILV. — Bien la veo: poned ahora el espejo tendido.

TEOD. — Entonces vereis el rostro con su anchura natural; pero la altura se disminuirá de tal manera, que quedará todavía mas disforme.

SILV. — Es así; pero es preciso saber la razon de este efecto.

TEOD. — La razon es la que ya dije. Los espejos convexos disminuyen la imagen del objeto; luego si el espejo solo fuere convexo de un lado al otro, solo se ha de disminuir vuestra imagen á lo ancho; y no menguando la altura, siguese que saldrá una imagen desproporcionada. Lo mismo sucede si pusiéreis el



Fig. 15.

espejo atravesado, porque entonces cuadra la convexidad de alto abajo, y se ha de disminuir solo la altura en vuestra imagen, permaneciendo el mismo ancho, y por eso resultará la imagen disforme por otro principio. De esta misma doctrina nace la esplicacion de otro efecto maravilloso: aquí teneis esta pintura (Fig. 14) que parece informe y monstruosa; pues sabed que será una cara bastante regular si la viéreis en este espejo cilíndrico.



Fig. 14.

TEOD. — Pongamos este papel pintado sobre el bufete, y encima de él á plomo el espejo en este círculo que tiene en el medio *a*: poneos á esta parte *e*, de suerte que la pintura cuadre entre vos y el espejo, y vereis en él una cara proporcionada.

SILV. — No puedo creer lo que veo. Mirad, Eugenio.

EUG. — Los ojos que en la pintura son dos rayas muy largas, en el espejo aparecen regulares, y lo mismo sucede á las demas facciones.

TEOD. — La razon es, porque el espejo puesto derecho disminuye la anchura del objeto; luego para que ella despues de disminuida quede proporcionada, es preciso que en sí sea mucho mayor de lo que debiera ser; y así como en el espejo vuestro rostro proporcionado se hacia monstruoso, del mismo modo el que en sí es monstruoso se vuelve proporcionado.

EUG. — Así debe ser por buena razon.

TEOD. — Este mismo efecto se ve en los espejos cilíndricos cóncavos, como este que os muestro (Fig. 15). Ponedlo sobre el papel pintado, y vereis la misma figura proporcionada en el espejo. Hagamos la esperiencia.

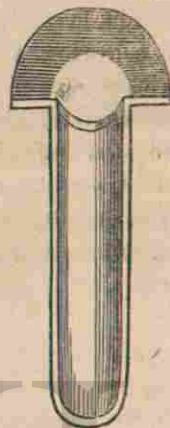


Fig. 15.

EUG. — La esperiencia bien la veo; pero estoy confuso, y no atino con la razon, porque siendo el espejo cóncavo me parece que debia aumentar el objeto, y no disminuirle como hace el convexo.

TEOD. — Teneis razon; mas yo os diré cómo es esto. Suponed que en esta (Fig. 16) este semicírculo *aeio* es el espejo cilíndrico cóncavo de que tratamos: la saeta *mn* es el objeto que se quiere ver en él: el rayo que saliendo de la punta *a* en *i* retrocede hácia *r*: lo mismo sucede al que sale de las plumas y da en *e*, que reverbera tambien hácia *r*. Esto supuesto forman en *r* un ángulo muy agudo, y los ojos que estuvieren ahí verán el objeto muy pequeño, como sucede en el espejo convexo. Que esto es así, lo conoceréis, porque este espejo cóncavo invierte los

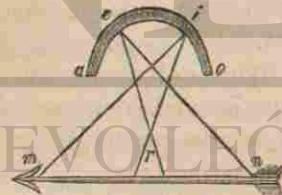


Fig. 16.

objetos de manera que la punta de la saeta que está á vuestra derecha en el espejo se ve puesta á la izquierda, lo cual no sucederá en los espejos cilindricos convexos. Advierto que esto solo se observará en los espejos cilindricos cóncavos que tuviere una gran curvatura de superficie para que los rayos puedan reverberar haciendo ángulo mas agudo.

ERG. — Estoy enteramente satisfecho en cuanto á las leyes de la reflexion.

TEOD. — Entonces espliquemos la causa.

§ IV.

ERG. — Decidme antes una cosa si os viene bien: lo que habeis dicho acerca de la reflexion supongo que es cosa cierta y asentada entre todos los modernos.

TEOD. — No hay controversia si hablamos de las leyes de la reflexion; mas si hablamos de la causa de la reflexion mucha controversia hay: los que no son newtonianos dicen que la luz hiriendo en la superficie del vidrio pulido, como halla una superficie muy lisa, refleja regularmente; y si halla una superficie áspera se perturba y refleja desordenadamente, como en el ejemplo de la pelota ó de las bolas de marfil; y de la diversa disposicion con que estan las partes sólidas del vidrio dicen que depende la reflexion de la luz, por cuanto pasa por los

poros y no refleja. Mas los newtonianos dicen que la luz no refleja de la superficie de los cuerpos, sino antes de tocar en ella (Fig. 17): este vidrio $p q$ dicen ellos que hasta cierta distancia ei atrae la luz, y que de ahí arriba hasta otra distancia ao la repele: supuesto esto, queda claro que en su opinion no refleja la luz del vidrio sino del espacio de repulsion, el cual queda en alguna distancia antes de su superficie, bien que imperceptible.



Fig. 17.

ERG. — ¡Qué cosa tan estraña! ¿Y eso es así?

TEOD. — Os diré los fundamentos que hay para decirlo. Primeramente la superficie del vidrio por mas pulida que parezca, verdaderamente es muy escabrosa en la realidad, pues el vidrio se pule necesariamente con polvo, el cual por muy menudo que sea no se puede negar que cada granillo de polvo, refregando el vidrio con fuerza sobre él, ó no lo ha de gastar, y entonces no puede pulirlo, ó lo ha de gastar, y entonces cada granillo de por sí ha de hacer su rayuela en la superficie del vidrio, siendo pues muchas quedará toda la superficie llena de rayuelas y escabrosa. Cuando estregamos el vidrio con arena gruesa todo él queda lleno de rayas, que hacen los granos pasando y rayando el vidrio; pues lo mismo hace todo polvo por menudo que sea, solamente con la diferencia de ser las tales rayas y cavidades mas sutiles é insensibles. Esto supuesto, las particulas de la luz son de una sutileza increíble; y así aunque la superficie del vidrio sea lisa respecto á no-

objetos de manera que la punta de la saeta que está á vuestra derecha en el espejo se ve puesta á la izquierda, lo cual no sucederá en los espejos cilindricos convexos. Advierto que esto solo se observará en los espejos cilindricos cóncavos que tuviere una gran curvatura de superficie para que los rayos puedan reverberar haciendo ángulo mas agudo.

ERG. — Estoy enteramente satisfecho en cuanto á las leyes de la reflexion.

TEOD. — Entonces espliquemos la causa.

§ IV.

ERG. — Decidme antes una cosa si os viene bien: lo que habeis dicho acerca de la reflexion supongo que es cosa cierta y asentada entre todos los modernos.

TEOD. — No hay controversia si hablamos de las leyes de la reflexion; mas si hablamos de la causa de la reflexion mucha controversia hay: los que no son newtonianos dicen que la luz hiriendo en la superficie del vidrio pulido, como halla una superficie muy lisa, refleja regularmente; y si halla una superficie áspera se perturba y refleja desordenadamente, como en el ejemplo de la pelota ó de las bolas de marfil; y de la diversa disposicion con que estan las partes sólidas del vidrio dicen que depende la reflexion de la luz, por quanto pasa por los

poros y no refleja. Mas los newtonianos dicen que la luz no refleja de la superficie de los cuerpos, sino antes de tocar en ella (Fig. 17): este vidrio $p q$ dicen ellos que hasta cierta distancia ei atrae la luz, y que de ahí arriba hasta otra distancia ao la repele: supuesto esto, queda claro que en su opinion no refleja la luz del vidrio sino del espacio de repulsion, el cual queda en alguna distancia antes de su superficie, bien que imperceptible.

ERG. — ¡Qué cosa tan estraña! ¿Y eso es así?

TEOD. — Os diré los fundamentos que hay para decirlo. Primeramente la superficie del vidrio por mas pulida que parezca, verdaderamente es muy escabrosa en la realidad, pues el vidrio se pule necesariamente con polvo, el cual por muy menudo que sea no se puede negar que cada granillo de polvo, refregando el vidrio con fuerza sobre él, ó no lo ha de gastar, y entonces no puede pulirlo, ó lo ha de gastar, y entonces cada granillo de por sí ha de hacer su rayuela en la superficie del vidrio, siendo pues muchas quedará toda la superficie llena de rayuelas y escabrosa. Cuando estregamos el vidrio con arena gruesa todo él queda lleno de rayas, que hacen los granos pasando y rayando el vidrio; pues lo mismo hace todo polvo por menudo que sea, solamente con la diferencia de ser las tales rayas y cavidades mas sutiles é insensibles. Esto supuesto, las particulas de la luz son de una sutileza increíble; y así aunque la superficie del vidrio sea lisa respecto á no-

Fig. 17.



sotros, es muy escabrosa en orden á las partículas de la luz; pues es cierto que por muy delicado que sea el granillo de polvo que hizo la raya, mas delicada es la partícula de la luz que puede entrar en ella y reflectir de sus paredes irregularmente. Algunos responden que estas rayas estan llenas de globos de luz, y que las partículas que vienen de nuevo hallan esas concavidades llenas, y pueden reflectir como de superficie lisa.

SILV. — Esa respuesta es bien delicada.

TEOD. — Y bien debil por ser nimiamente delicada. Decidme pues; ¿y por qué no sucede eso cuando rozamos el vidrio en arena gruesa? Esas rayas sensibles tambien se pueden llenar de globulillos de luz, como ellos dicen de las rayas mas sutiles; y si la luz reflecte con desorden de esos globulillos que llenan las rayas grandes, ¿por qué no ha de reflectir del mismo modo de esos mismos globulillos que llenan las rayas estrechas ó sutiles? Mas: esos globulillos de luz que llenan las rayas del vidrio son iguales á los otros que vienen de arriba: supongamos ahora que tiráramos con una bola de marfil á un cesto lleno de bolas semejantes, ¿podria esta bola hacer su reflexion ordenada como en el juego de trucos? Ciertamente sería ridiculo esperar semejante efecto. Pues lo mismo digo de las bolillas de luz cayendo en las rayas y cavidades del vidrio llenas de globulillos semejantes.

EUG. — La respuesta me parecia á mí tan buena y acertada como pareció á Silvio; mas ahora confieso que la hallo tan debil é inutil como vos la hallais.

SILV. — Allá se avengan unos con otros, que yo no apadrino á nadie.

TEOD. — Otros se contentan con volver este mismo argumento contra los newtonianos; porque si la superficie del vidrio es escabrosa, como se ve en esta (Fig. 48), tambien el espacio de repulsion que principia á una cierta y determinada distancia del cuerpo *a*, será una linea irregular, y será como la



Fig. 48.

linea *io*; por consiguiente si reflectiendo la luz de la superficie escabrosa no podia reflectir ordenadamente, tambien reflectiendo del espacio de la repulsion reflectirá irregularmente; de suerte que esta es la razon por que la luz no reflecte ordenadamente del vidrio sensiblemente áspero, haciendo la aspereza de su superficie irregular el espacio de la repulsion; luego tambien la aspereza del vidrio insensible hará irregular el espacio de la repulsion, bien que menos irregular. Pero el Gravesande responde ¹ que esta irregularidad de la superficie se va disminuyendo conforme la distancia: la razon creo que es, porque como cada partícula por sí tiene espacio de atraccion en redondo hácia todas partes, viene á quedar cada partícula del vidrio como centro del espacio de su atraccion; y asi tomando en la superficie de ese espacio de la atraccion una medida igual á la partícula del vidrio, nunca será tan convexa como era la partícula del vidrio; pues cuanto ma-

¹ Graves, tomo II, pág. 810, núm. 5262.

yores son las esferas menos convexa es cada porcion igual de la superficie : y así siendo muy sensible á la luz su irregularidad de las partículas del vidrio, queda menos sensible la irregularidad que hacen todos los espacios de atraccion juntos. Añadid que estos espacios de atraccion como se comunican y penetran unos con otros, donde se comunican crecerá la atraccion, y suplirá esa cavidad que deberia haber, causada por las proeminencias del espacio de atraccion. Vamos ahora á las esperiencias con que los newtonianos prueban que la causa de la reflexion de la luz no procede de herir el rayo en las partículas que no puede penetrar, y que no consiste en eso el volver ellas hácia atrás : yo las hago delante de vuestros ojos, pues son igualmente fáciles que admirables (Fig. 19). Aquí tenéis este vaso A casi lleno de agua : despues de cerrada la ventana el rayo del sol que deajo entrar, le recibo en este espejo *mn*, y le hago reflectir hácia el vaso para ver si entran-

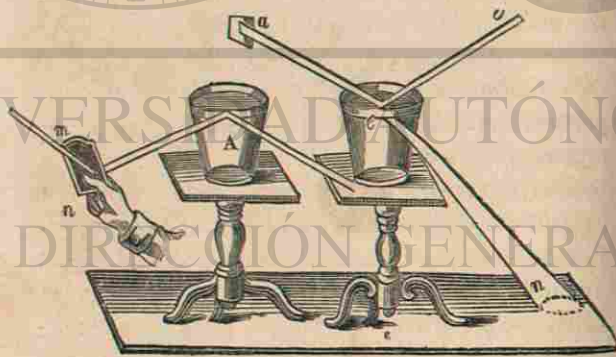


Fig. 19 y 20.

do por el lado sale por la superficie superior del agua y pasa hácia el aire... Ved que todo reflectió hácia abajo, y no salió nada del rayo hácia arriba. Notad que si el rayo fuese á salir del agua mas perpendicularmente, saldria parte de él. Hagamos ahora otra esperiencia : en el mismo vaso dejemos caer oblicuamente el rayo del sol *ae* (Fig. 20) viniendo del aire hácia el agua, y por mas oblicuo que venga nunca reflectirá todo hácia arriba, siempre entrará parte de él dentro del agua. Hagámosla...

ETG. — Así es : hácia arriba reflecte este rayo *eo*; mas hacia abajo viene este otro *en*, y reparo que se torció en el camino, y aparece en el suelo con colores bien agradables,

TEOD. — De eso hablaremos luego; mas ahora basta saber que en la primera esperiencia reflectia todo el rayo, y en la segunda no. Hagamos tercera esperiencia, y el discurso caerá sobre todas ellas



Fig. 21.

(Fig. 21). Aquí tenéis un vidrio triangular *pQ*, al que llaman *prisma*, el cual visto de lado es como un triángulo (Fig. 22), y es todo sólido y macizo. Si el rayo del sol *ai* cayere oblicuamente en su pri-

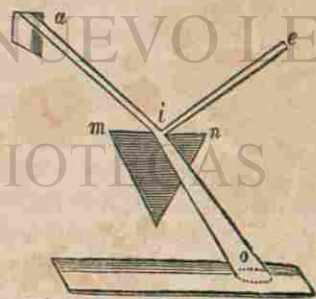


Fig. 22.

mera superficie *mn*, reflectirá hácia arriba : allá lo veis en *e* ; mas sea cual fuere la inclinacion del rayo siempre entrará parte de él hácia abajo traspassando el vidrio ; allá lo veis en el suelo en *o*, y con colores bien vivos. Esto es lo que sucede á la luz viniendo por el aire y dando en el vidrio ; veamos ahora lo que le sucede viniendo por el vidrio adentro , y queriendo salir hácia el aire (Fig. 25) : entrará el rayo por el vidrio , y cuando fuere á salir por la superficie de él hácia el aire , todo el rayo reflectirá otra vez hácia dentro del vidrio , sin salir nada para fuera ; esto es en el caso que la inclinacion del rayo pase de cuarenta grados , como ahora vereis .

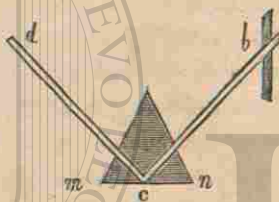


Fig. 25.

SILV. — Teneis razon ; el rayo *bc* dió en la misma superficie del vidrio *mn* ; y en vez de salir hácia el aire reflectió hácia arriba , y allá aparece en el techo *d*.

TEOD. — Ahora va el argumento de los newtonianos : es totalmente increíble que la luz cuando va á salir del vidrio ó del agua hácia el aire encuentre tantas particulas que le resistan , é hiriendo en ellas reflecta toda hácia atras , sin que particula sensible pase hácia delante ; porque estas particulas ó son del vidrio , ó del aire ; del vidrio no pueden ser , pues tan denso es en la superficie como por dentro , y por dentro del vidrio pasó el rayo de luz con faci-

lidad sin perturbarse sensiblemente. Ahora bien , para decir que son particulas de aire estas que hacen reflectir todo el rayo , ¿ quién lo podrá creer ? principalmente viendo nosotros que mas reflecte la luz queriendo salir del vidrio que queriendo entrar en él ; pues queriendo entrar en el vidrio siempre pasa hácia dentro alguna parte del rayo , y es la mayor , sea la que fuere la inclinacion del rayo ; y queriendo salir del vidrio basta la inclinacion de cuarenta grados para hacerlo reflectir todo : esto supuesto , quien dijere que la causa de reflectir la luz es el encontrar particulas en que bate , ha de decir que mas particulas encuentra en el aire cuando quiere salir hácia él , que en el vidrio cuando quiere entrar en él .

SILV. — Ningun hombre de juicio puede decir eso , pues sabemos todos que mucho mas denso es el vidrio que el aire .

ERG. — Y el mismo argumento se puede hacer en el agua .

TEOD. — Decís bien. Aun se aprieta mas el argumento , porque entrando la luz por el prisma de vidrio (Fig. 21) , si yo le voy volviendo sobre su eje , veo que conforme es la inclinacion del rayo sobre la superficie por donde ha de salir , así ó reflecte todo , ó solamente parte , porque cuando el rayo quiere salir con poca inclinacion , con efecto sale parte de él y reflecte la otra parte : aqui lo veis (Fig. 24) : cuando el rayo *ae* entra en el prisma , y llega á la superficie inferior con esta inclinacion *ei* , que es menor de cuarenta grados , parte del rayo sale hácia fuera , y aparece en el suelo en *o* , y la otra parte reflecte

dentro del vidrio, y va hácia el techo *m*; mas si yo

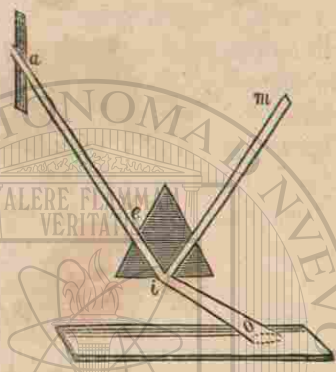


Fig. 24.

voy volviendo el prisma de suerte que respecto de él quede el rayo mas oblicuo, como hicimos poco há (Fig. 25), todo el rayo reflecte hácia el techo, y no pasa nada hácia el suelo: siendo esto así, ¿quién ha de persuadirse que un grado mas de inclinacion hará que el rayo encuentre tantas partículas de aire que absolutamente no pueda pasar hácia fuera, y un grado menos de inclinacion haga que pase la mayor parte del rayo?

SILV. — Eso no se puede decir: yo antes habia pensado en las partículas del vidrio que podrian embarazar el rayo muy inclinado; mas eso era para la entrada de él en el vidrio, y no para la salida; y la experiencia mostró que en la entrada ninguna inclinacion bastaba á prohibirla totalmente; pero basta en la salida, no hallando el rayo el vidrio mas denso en la superficie de lo que lo halló allá por dentro, así como no halla la superficie del agua mas espesa de lo que halló toda la demas agua.

TEOD. — Discurrís bien: pero no hay absolutamente que responder en este caso, poniéndose el

prisma dentro de la máquina pneumática, estrayéndole el aire, y volviendo la máquina de suerte que el rayo de luz entre en el prisma, y vaya á dar en la segunda superficie para salir hácia fuera, porque sucede reflectir todo hácia dentro cuando está el prisma con la debida inclinacion, haya aire ó no le haya; luego las partículas del aire no son las que hacen reflectir el rayo de luz cuando quiere salir del vidrio ó del agua afuera.

SILV. — ¿Pues qué causa dan los newtonianos á esa reflexion?

TEOD. — Dicon que es la atraccion del vidrio ó del agua: voy á dibujar aqui de priesa una figura (Fig. 25) para que me entendais. Este triángulo *A* representa el prisma visto de lado; el rayo *R* despues de entrar en el prisma va á querer salir por la superficie *io*: supongamos que salió: habeis de saber que el vidrio atrae el rayo de luz hasta una cierta distancia, á que llaman espacio

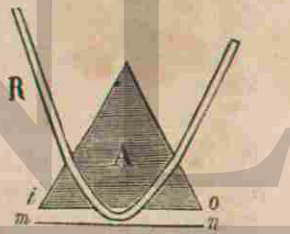


Fig. 25.

de atraccion, el cual supongamos que se estiende hasta la línea *mn*: saliendo, pues, el rayo del vidrio hácia fuera: como sale oblicuo comienza á sentir la fuerza de la atraccion por el lado mas inmediato al vidrio y tuerce el camino, cargando sobre ese lado, y encorvándose mas; y si llega á encorvarse tanto que quede paralelo con la superficie del prisma, entonces la atraccion comienza á hacerle llegar hácia él, y le mete

otra vez hácia dentro, y va á dar á *r*. Como esta atraccion no se estiende á un espacio tan sensible como aquí dibujé para esplicarme, parece que el rayo no sale del vidrio, sino que tocando en la superficie vuelve luego hácia dentro.

EUO. — ¿Y por qué no sucede eso viniendo el rayo menos oblicuo, como en la esperiencia en que él pasa de algun modo (Fig. 24)?

TEOD. — Cuando el rayo sale del vidrio menos oblicuo necesita mayor curvatura para hacerse paralelo á la superficie; y así cuando se acaba el espacio de la atraccion todavia el rayo huia del vidrio: de este modo escapa del espacio de la atraccion; pero siempre torció el camino á causa de la atraccion, á lo que nosotros llamamos refraccion; mas de esto luego hablaré de propósito.

SILV. — ¿Y tenemos esperiencia que nos confirme en eso?

TEOD. — Las mismas que referí lo prueban, por cuanto la atraccion, regularmente hablando, es mayor en los cuerpos mas densos, porque como cada partícula atrae, donde hay mayor número de partículas mayor atraccion habrá; por eso mas reflecte el rayo en el vidrio que en el agua; pero otra esperiencia os haré que separa toda duda. Meteré el prisma en esta caja *Gm* (Fig. 26), de suerte que sus ejes descansen en los bordes de la caja, y veré qué postura es conveniente para que el rayo *A* que viene de la ventana, entrando en él reflecta toda hácia el techo *B*: reparad ahora: si yo echare agua en esta caja, luego que viniere subiendo el agua de suerte que toque en la superficie del prisma, el rayo que

hasta allí reflectia todo, ahora por la mayor

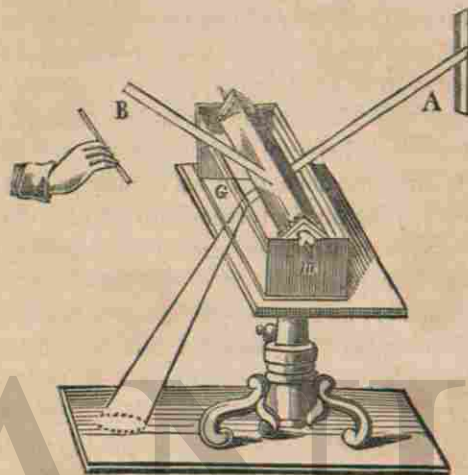


Fig. 25.

parte saldrá por el agua, y aparecerá en el fondo de la caja, ó tal vez en el suelo, respectó que para el intento es de vidrio esta faz *G* de la caja. Para que veais que este efecto es del agua, con un cañuto la iré sorbiendo sin tocar en el prisma, y luego que el agua deje de tocar en la faz del vidrio, volverá el rayo á reflectir enteramente, y mil veces hará el rayo la mudanza referida, si mil veces el agua creciere ó se disminuyere hasta tocar ó no tocar en el vidrio. Vedlo que ya lo hago.

SILV. — ¡Pasmosa esperiencia en verdad!

TEOD. — La razon, es porque el agua tambien atrae la luz, bien que menos que el vidrio, por ser mas li-

gera; así cuando llega el rayo á tocar en la segunda faz del prisma, la atraccion del vidrio que le empujaba hasta allí totalmente hácia arriba, despreciando la debil atraccion del aire halla ya ahora mayor contrario en la atraccion del agua, y así en parte obedece al vidrio y en parte al agua, por quanto la curvatura solo procede del esceso de la atraccion del vidrio sobre la atraccion del agua, y así es muy pequeña la curvatura, y no puede torcer tanto el rayo dentro del espacio de la atraccion, que no escape gran parte de él hácia abajo.

EUG. — Para mí esta esperiencia es decisiva, porque ni se muda el prisma, ni otra circunstancia alguna á que se pueda atribuir ese efecto sino al agua.

TEOD. — Concluyendo, pues, este punto, digo que en el sistema de los newtonianos la causa de la reflexion de la luz nunca es el golpe que da la luz en el cuerpo sólido que no pueda penetrar; así cuando la luz reflecte de la primera superficie del vidrio ó agua, reflecte porque el vidrio la repele, y la que entra por el vidrio entra porque el vidrio la atrae; de suerte que viniendo el rayo oblicuo, luego que llega á sentir la repulsion del vidrio comienza á encorvarse huyendo de él; pero no es tan fuerte la repulsion que le encorve de manera que parte del rayo no entre en el espacio de la atraccion, y así este comienza á encorvarse hácia el vidrio, y entra hácia dentro; pero luego que llegó á la última superficie del vidrio y quiere salir al aire, la porcion que reflecte hácia dentro del vidrio, reflecte por causa de la atraccion del mismo vidrio, que despues de sa-

lir el rayo le vuelve á empujar hácia dentro del modo que ya espliqué.

SILV. — Si no fuesen las esperiencias jamas podria creer semejante doctrina.

EUG. — Ni yo tampoco.

TEOD. — Mas ahora antes que pasemos á tratar de la refraccion de la luz, quiero que sepais que no todos los rayos de luz tienen igual prontitud para reflectir; me esplificaré; dicen los newtonianos que en la luz del sol vienen siete especies de rayos, unos de color encarnado, otros de color verde, otros de color azul etc.; de estos rayos dicen ellos que unos son mas aptos que otros para reflectir cuando el rayo quiere salir del vidrio al aire, y lo prueban así (Fig. 24). Cuando ponemos el prisma de suerte que el rayo *ae* que entra en él parte le traspasa y sale fuera *io*, parte reflecte en la segunda superficie del vidrio, y en vez de salir para fuera reflecte hácia dentro del prisma, como visteis: sucede esto, porque el rayo que quiere salir del prisma no sale muy oblicuo; de suerte que si fuéremos volviendo el prisma sobre los ejes para que cada vez salga el rayo de él mas oblicuo, llegará á términos que no salga nada afuera, sino que enteramente reflecta hácia dentro, como hemos visto. ¿Os acordais de la esperiencia que hicimos (Fig. 25)?

EUG. — Acuédome perfectamente.

TEOD. — Tambien os acordareis que el rayo cuando traspasaba el prisma aparecia en el suelo pintando los colores que visteis, encarnado, verde violado, etc.

EUR. — Me acuerdo tambien, y eran bien vivos.

TEOD. — Reparad ahora, que cuando el prisma llega á volverse de modo que el rayo pintado en el suelo falte, porque reflecte hácia dentro del prisma, no falta todo el rayo de repente; primeramente falta el rayo violado, luego el azul, despues el verde, sigue el amarillo, en fin, el último que falta es el encarnado. Esta misma esperiencia hecha de otro modo es mas segura, pero mas difícil. Recíbense los colores del prisma en una tabla como esta *pq*, que está pintada en esta (Fig. 27). En la tabla hay un

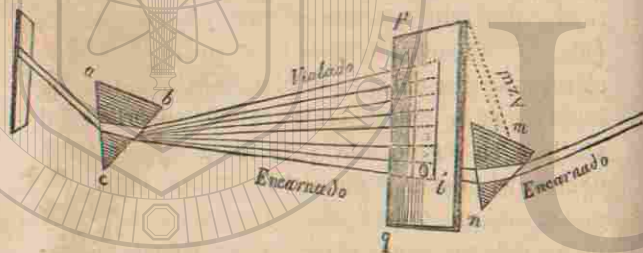


Fig. 27.

agujerillo *i*: revolviendo, pues, nosotros el prisma *abc* sobre sus ejes, van bajando los colores por la tabla, de suerte que ya uno, ya otro color pasa por el agujero *i*. Supuesto esto, detras de la tabla se pone otro prisma *mn*, y se pone de manera que el rayo que pasa por el agujero *i* entre en el prisma, y llegue oblicuamente á su segunda superficie. Sucede entonces que á veces el rayo encarnado sale del

segundo prisma, y el verde ya no sale, pero reflecte hácia dentro de él: otras veces sale tambien el verde, mas no el azul, conforme á la postura del segundo prisma; de suerte que se halla postura en que unos rayos le traspasan, otros no, pero reflecten dentro de él. Y para que no se atribuya esto á temblar el segundo prisma se pone fijo; y revolviéndose el primero, hacemos que ya caiga en el agujero el color encarnado, y pasa el prisma, ya el azul y no le pasa; de donde se infiere que los rayos encarnados no reflecten dentro del prisma tan fácilmente como los verdes, ni estos tanto como los azules. Mas cuando llegan á reflectir siempre hacen el mismo ángulo que hizo el rayo que cayó en esa superficie donde reflecten. Pero vamos á tratar de la refraccion de la luz, y entonces tal vez entenderéis esto mejor.

SILV. — Estas doctrinas mutuamente se dan luz unas á otras.

§ V.

Trátase de la Dióptrica ó sea de la refraccion; esplicase esta por ambos á dos sistemas.

TEOD. — Hemos dicho que hay cuerpos capaces de dar paso á la luz al traves de su sustancia, y que estos se llaman *transparentes* ó *diáfanos*, que significa lo mismo. El aire, el cristal, el agua son de esta clase; pues bien, veis que dejan pasar la luz. En óptica se llaman estos cuerpos *medios*, porque en

ETG. — Me acuerdo tambien, y eran bien vivos.

TEOD. — Reparad ahora, que cuando el prisma llega á volverse de modo que el rayo pintado en el suelo falte, porque reflecte hácia dentro del prisma, no falta todo el rayo de repente; primeramente falta el rayo violado, luego el azul, despues el verde, sigue el amarillo, en fin, el último que falta es el encarnado. Esta misma esperiencia hecha de otro modo es mas segura, pero mas difícil. Recíbense los colores del prisma en una tabla como esta *pq*, que está pintada en esta (Fig. 27). En la tabla hay un

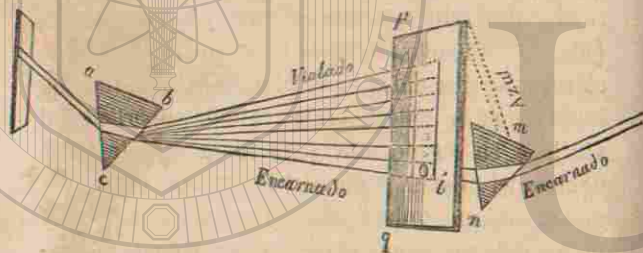


Fig. 27.

agujerillo *i*: revolviendo, pues, nosotros el prisma *abc* sobre sus ejes, van bajando los colores por la tabla, de suerte que ya uno, ya otro color pasa por el agujero *i*. Supuesto esto, detras de la tabla se pone otro prisma *mnp*, y se pone de manera que el rayo que pasa por el agujero *i* entre en el prisma, y llegue oblicuamente á su segunda superficie. Sucede entonces que á veces el rayo encarnado sale del

segundo prisma, y el verde ya no sale, pero reflecte hácia dentro de él: otras veces sale tambien el verde, mas no el azul, conforme á la postura del segundo prisma; de suerte que se halla postura en que unos rayos le traspasan, otros no, pero reflecten dentro de él. Y para que no se atribuya esto á temblar el segundo prisma se pone fijo; y revolviéndose el primero, hacemos que ya caiga en el agujero el color encarnado, y pasa el prisma, ya el azul y no le pasa; de donde se infiere que los rayos encarnados no reflecten dentro del prisma tan fácilmente como los verdes, ni estos tanto como los azules. Mas cuando llegan á reflectir siempre hacen el mismo ángulo que hizo el rayo que cayó en esa superficie donde reflecten. Pero vamos á tratar de la refraccion de la luz, y entonces tal vez entenderéis esto mejor.

SILV. — Estas doctrinas mutuamente se dan luz unas á otras.

§ V.

Trátase de la Dióptrica ó sea de la refraccion; esplicase esta por ambos á dos sistemas.

TEOD. — Hemos dicho que hay cuerpos capaces de dar paso á la luz al traves de su sustancia, y que estos se llaman *transparentes* ó *diáfanos*, que significa lo mismo. El aire, el cristal, el agua son de esta clase; pues bien, veis que dejan pasar la luz. En óptica se llaman estos cuerpos *medios*, porque en

medio de ellos pasa la luz. Nosotros no recibimos, en general la luz sino al traves de un medio que es el aire, y si nos hallamos dentro de un cuarto, al traves de dos, el aire y las vidrieras. En estos pasos sucesivos la luz experimenta modificaciones muy considerables, en cuanto á su direccion sobretodo, y estas modificaciones se designan con el nombre de *refraccion*.

EUG. — ¿Qué quiere decir *refraccion*, es lo mismo que la refraccion del paso del sólido al traves de un líquido?

TEOD. — Una cosa igual. Cuando la luz pasa de un medio á otro se desvia de su direccion, quiebra ó tuerce su camino, sin que por esto deje de ir adelante: esto es lo que se llama *refraccion* de la luz; los cuerpos que le obligan á quebrar su camino, esto es, que *refringen* la luz, se llaman *refrangibles*, y *refrangibilidad* este poder.

EUG. — ¿Tambien tendrá la refraccion sus leyes como la reflexion?

TEOD. — Por supuesto que las tiene, y ahora voy á esponérolas bien detalladamente, porque es cosa util y digna de saberse pues toca directamente al modo como está organizada nuestra vista en la cual hace su papel esta propiedad. Esta es la primera ley. *Quando el rayo de luz pasa perpendicularmente de un cuerpo diáfano á otro, cualquiera que fuere, no quiebra, sino que va siguiendo el mismo camino que llevaba.* Con la estampa á la vista fácilmente me entenderéis (Fig 27). Este espacio de abajo mas inmediato, supongamos que es agua ó

vidrio, u otro cuerpo diáfano mas denso que el aire que queda por arriba; esta bola *e* supongamos que es una partícula de luz: digo pues que esta bola si cayeren en el vidrio ó en el agua perpendicularmente por la línea *ae*, ha de ir continuando su camino hácia abajo hasta *o*, sin inclinar mas á una parte que á otra.

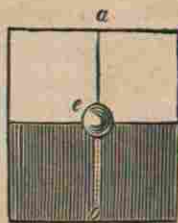


Fig. 28.

EUG. — Ahora entiendo perfectamente la ley.

TEOD. — Vamos ahora á la segunda ley. *Quando el rayo de luz pasa oblicuamente de un cuerpo diáfano á otro mas denso ó mas raro, siempre quiebra sobre el lado que está inmediato al cuerpo denso:* me entenderéis mejor á vista de la estampa (Fig. 29).

Aquí teneis un vidrio, en el cual se representa que cae oblicuamente un rayo de luz que del sol viene al punto *a*; este rayo tiene dos lados, uno de la parte de arriba *a*, otro de la parte de abajo *s*: el lado de abajo *s* está mas llegado al vidrio que el otro que mira hácia arriba; esto es claro: tam-

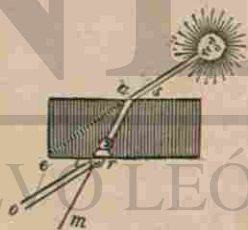


Fig. 29.

poco admite cuestion que el vidrio es cuerpo mas denso que el aire. Digo pues que el rayo de luz quiebra sobre aquel lado que mas inmediato estuviere al vidrio: este es el lado *s*; así ha de quebrar hácia aba-

jo doblando sobre *s*; y en vez de ir á parar á la esquina del vidrio *e*, ha de ir al sitio *ir*.

EUG. — Y cuando ese rayo saliere del vidrio para el aire, ¿va á parar derecho á *m*, ó tambien vuelve á quebrar?

TEOD. — Ha de quebrar segunda vez, porque pasa oblicuamente de un diáfano á otro mas raro; y quebrará sobre el lado que despues de salir del vidrio quedare mas inmediato á él: este rayo si viniese derecho á *m*, siempre tenia este lado *i* mas inmediato al vidrio que este otro *r*: luego conforme á la ley quebrará sobre el lado *i*, y de este modo va á parar á *o*. Ya veis pues que la luz quiebra acercándose á la perpendicular, cuando pasa del aire al vidrio, es decir de un medio á otro mas denso que el primero, y que se aleja de la perpendicular, cuando pasa del vidrio al aire, ó de un medio á otro menos denso. Con todo sabed que la combustibilidad de ciertos cuerpos hace escepciones á estas reglas. El rayo luminoso, acercándose ó alejándose de la perpendicular, forma con ella un ángulo, el cual, es la espresion de la cantidad de refraccion. Esta cantidad está sujeta á varias influencias. En primer lugar, dadas iguales oblicuidades del rayo de incidencia, quanto mas denso fuere el medio por que pasare la luz mayor será la cantidad de refraccion; en segundo lugar, dadas iguales oblicuidades del rayo de incidencia, é iguales densidades del medio, la cantidad de refraccion será mayor quanto mas combustible fuere este. Newton estaba tan seguro de la verdad de estas leyes, que vistas

las facultades refringentes del agua, y del diamante, advinó que se componian de principios combustibles. Los descubrimientos posteriores realizaron su adivinacion, hallando el agua compuesta de oxígeno, cuerpo combuente, y de hidrógeno, gas sumamente combustible, y probando que el diamante es carbono puro.

EUG. — Admirame por cierto la fuerza intelectual de este grande hombre: no damos un paso en física que no se le cite como un genio prodigioso. Mas ya que me habeis hecho ver como en efecto se desvia la luz de su camino al pasar de un medio á otro de diferente densidad, quisiera que me esplicaseis, ¿por que se sucede esto, y me dieseis esta esplicacion en ambos á dos sistemas?

TEOD. — Lo haré con mucho gusto y tanto mas, quanto que es la refraccion de la luz la que mas ha contribuido á hacer abandonar la teoria de Newton, y adoptar la de las undulaciones del éter. He aqui como esplican los partidarios de la emision estos fenómenos. Cuando el rayo *Gi* por ejemplo (Fig. 50), se acerca oblicuamente á la superficie *AB* de un medio refringente, esta masa de materia debe ejercer sobre las particulas de la luz, puestas en movimiento, cierta atraccion; la cual seria igual en todos sentidos, si el rayo fuese perpendicular á la superficie, y su direccion no se alterase. Mas siendo oblicua esta di-

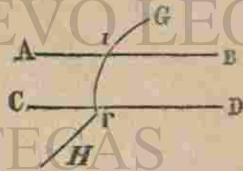


Fig. 50.

reccion las atracciones ejercidas por la porcion iB , son mas poderosas que las de la porcion Ai , á causa de sus menores distancias. De consiguiente, cuando el rayo haya llegado cerca de la superficie AB , las moléculas de la luz que marchaban en línea recta serán solicitadas por nueva fuerza que los hará recorrer una curva de la naturaleza de las proyectiles, ó trayectorias, hasta que haya tocado la superficie AB . Luego que hayan penetrado en el medio refringente todas las atracciones circunvecinas serán iguales, la luz podrá moverse de nuevo en línea recta, pero siguiendo la tangente al extremo de la curva pequeña, la cual formará, con la direccion primera un ángulo tanto mas manifiesto quanto mas fuerte haya sido la atraccion del medio, ó sea quanto mayor fuere su poder refringente. Iguales efectos se producirán en el punto i , y no permitirán al rayo recobrar su marcha rectilínea, sino despues de haber experimentado los efectos de la atraccion de la porcion Ci ; describiendo una curva pequeña precisamente semejante á la de la sumersion, cuya nueva direccion será tambien la tangente. Con esto se esplican todos los casos de refraccion, y se da cuenta en particular de la reflexion que sobreviene á cierto grado de incidencia cuando el rayo pasa de un medio mas denso á otro, ó mejor de un medio, mas refringente á otro que lo es menos.

EUG. — Curioso estoy de saber el otro sistema porque esto me satisface.

SILV. — Si yo hubiese de alistarme bajo las banderas de los físicos, á Newton seguiria en este punto.

TEOD. — Ya sabeis que estos mismos físicos es-

plican la reflexion de la luz por medio de la repulsion, por lo tanto debeis advertir que la atraccion con que esplican la refraccion de la luz no puede concordar con aquella repulsion; pues, no hay motivo razonable porque la luz en los diáfanos ha de ser atraída, y repelida en los opacos. Otra objecion le haré si se pretende que estas diferentes propiedades existen realmente en los cuerpos que llamamos opacos y diáfanos: ya hemos dicho que no hay un cuerpo absolutamente opaco ni absolutamente diáfano ó trasparente; por lo tanto como un cuerpo trasparente al mismo tiempo que deja pasar la luz, reflecte parte de la que le llega; tendríamos que por un lado ejerceria una fuerza de atraccion, y por otro una fuerza de repulsion sobre el mismo cuerpo, lo cual repugna á la razon y está contrariado por la esperiencia.

EUG. — No habia advertido en esta dificultad, y os aseguro que tambien me hace abandonar la teoria de la emision ese juego de dos fuerzas contrarias.

TEOD. — Acabareis de abandonarla con lo que voy á deciros: si fuese cierta la teoria de Newton el movimiento de la luz al través de un medio mas denso que otro habia de ser acelerado: pues sabed que esperiencias directas prueban al contrario que la luz sufre un retardo cuando pasa de un medio de cierta refractibilidad á otro de mayor fuerza refrangible. Así la contradiccion que envuelve el sistema de la emision, para esplicar la reflexion y refraccion de la luz, la ha hecho abandonar por los físicos modernos, quienes le han sustituido, como os

he dicho, el de las undulaciones del éter, porque es siempre la misma teoría la que esplica los fenómenos de la óptica.

EUQ. — Dadme pues una esplicacion de la refraccion por este sistema.

TEOD. — No os la daré detallada porque tenemos que emplear el tiempo para otras cosas: pero os diré bastante para que podais concebir como pasan las cosas en este fenómeno. El éter contenido en el aire tiene una densidad muy tenue, esto es, es muy sutil; el que está contenido en los cuerpos refringentes, como el agua ó el cristal es al contrario muy denso: esto hace que cuando las undulaciones del éter ralo vienen á encontrar con el eter denso, una parte de movimiento es reflectida y otra comunicada; reflectida porque halla un obstáculo; comunicada, porque ha habido choque: así no tenéis mas que hacer aplicaciones de las leyes generales de la dinámica, y os esplicareis estas solas diferencias de densidad del éter, porque va mas ento, porque se desvía y cuanto se desvía un rayo de luz. Ya veis que si quisiésemos estendernos sobre este particular no haríamos otra cosa.

EUQ. — Basta lo que me habeis dicho pues, tengo una idea general, ó bien sé el principio fundamental con que se esplica por el éter la refraccion, y cuando quiera mas desarrollos me valdré en efecto del conocimiento que me disteis sobre las leyes del movimiento. Mas un fenómeno muy sorprendente me habeis de esplicar, porque yo lo he visto y apenas lo creo. Sucede á veces en el mar que se ve un barco en el aire, y en un arenal como los de

Africa, se ven de lejos como lagos, y una vez llegado al punto donde creisteis verlos no hay sino arena.

SILV. — Cosas estupendas he oido decir sobre este particular; refiere Cardan que en Milan se vió una figura de angel en los aires, y de una manera muy distinta, que tenia alborotado el pueblo, hasta que un sabio Jurisconsulto hizo advertir que era el reflejo de un serafin ó de un angel de piedra que habia en el campanario de una iglesia. El P. Dechalles dice tambien, y fué testigo ocular, que en Vezelai se vió una forma de hombre colosal con espada en mano, como si amenazase la ciudad; y luego cesó la admiracion que este fenómeno producía viendo que la imagen de san Miguel, colocada en la torre de una iglesia, se reflejaba en las nubes.

EUQ. — Esto me acaba de confundir.

TEOD. — Muy cierto es lo que os ha dicho Silvio, y él mismo ha indicado ya como podeis daros razon de estos fenómenos. Todo esto depende de la reflexion de la luz. Notad que estos efectos se producen en paises calientes, y en las horas en que el sol cae á plomo sobre las comarcas. En este caso, la superficie de la tierra, sobre manera calentada, comunica su calórico á la capa de aire que está cercana de ella, la rareface y la hace mas propia al paso de los rayos de la luz; las capas superiores de aire, menos calientes, son mas densas, y por lo tanto, no dejan pasar tan fácilmente la luz, reflejan mas, y se constituyen hasta cierto punto una especie de espejos, y hasta puede suceder que se parta en dos mitades esta porcion de aires, por efecto de

una corriente ú otra causa, y se envien las dos porciones las imágenes de los objetos reflejados, y se vean muchos, como sucede segun visteis cuando se pone una luz entre dos espejos que se miran. Una figura acabará de haceros comprender claramente la razon de este fenómeno. Sea TT (Fig. 51), la su-

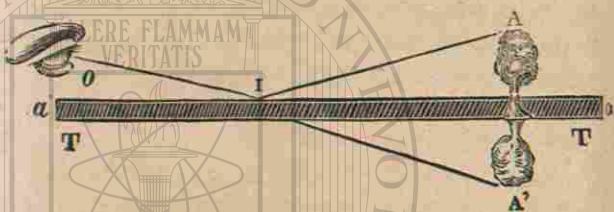


Fig. 51.

perficie de un terreno, *aa* la capa de aire calentada, *A* la copa de un árbol, y *O* la situacion de un espectador colocado á grande distancia del árbol. Ya veis que este árbol podrá ser distinguido directamente y en su posicion natural por el espectador colocado en el punto *O*; pero, á mas de esto, un rayo que parte del punto *A*, para ir muy oblicuamente hácia el suelo, podrá hallar en el punto *i*, la superficie de contacto entre ambos medios aéreos de que hemos hablado, y ser reflectido por esta superficie en la direccion *iO*, de modo que, herido el ojo por este rayo, refiera la existencia del punto *A* en su direccion: esto es al punto *A*. Y como puede decirse otro tanto de todos los puntos del árbol; es evidente que la vista podrá percibir el árbol en su posicion vertical, y ademas una imagen, al revés de

este mismo árbol, del mismo modo que se ven en el borde de un estanque. Y esto es en efecto lo que se observa, de suerte que se ven arboledas y poblaciones, miradas de lejos, como suspendidas en el aire.

EGG. — Os confieso que antes de esta esplicacion, me parecía la cosa harto erizada de dudas para creerlo; pero ahora estoy satisfecho.

TEOD. — En este caso sigamos unas cuantas leyes mas que no son sino consecuencias de las establecidas, por lo tocante á la refraccion de la luz, y tratemos de las lentes.

EGG. — ¿Que significa entre los físicos esta palabra *lente*? ¿Supongo que no se tratará del lente con que juguetean los currutacos?

§ VI.

Trátase de las lentes.

TEOD. — *Lente* llaman los físicos á unos vidrios circulares y redondos como los que traeis en vuestros anteojos. Aquí teneis dibujadas varias especies de lentes, unas son planas por ambas fases, como la primera (Fig. 52); otras son convexas de ambos lados como la segunda,

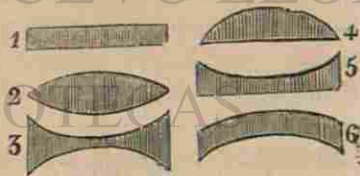


Fig. 52.

una corriente ú otra causa, y se envien las dos porciones las imágenes de los objetos reflejados, y se vean muchos, como sucede segun visteis cuando se pone una luz entre dos espejos que se miran. Una figura acabará de haceros comprender claramente la razon de este fenómeno. Sea TT (Fig. 51), la su-

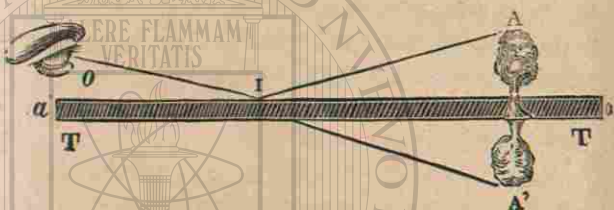


Fig. 51.

perficie de un terreno, *aa* la capa de aire calentada, A la copa de un arbol, y O la situacion de un espectador colocado á grande distancia del arbol. Ya veis que este arbol podrá ser distinguido directamente y en su posicion natural por el espectador colocado en el punto O; pero, á mas de esto, un rayo que parte del punto A, para ir muy oblicuamente hácia el suelo, podrá hallar en el punto *i*, la superficie de contacto entre ambos medios aéreos de que hemos hablado, y ser reflectido por esta superficie en la direccion *io*, de modo que, herido el ojo por este rayo, refiera la existencia del punto A en su direccion: esto es al punto A. Y como puede decirse otro tanto de todos los puntos del arbol; es evidente que la vista podrá percibir el arbol en su posicion vertical, y ademas una imagen, al revés de

este mismo arbol, del mismo modo que se ven en el borde de un estanque. Y esto es en efecto lo que se observa, de suerte que se ven arboledas y poblaciones, miradas de lejos, como suspendidas en el aire.

EUG. — Os confieso que antes de esta esplicacion, me parecía la cosa harto erizada de dudas para creerlo; pero ahora estoy satisfecho.

TEOD. — En este caso sigamos unas cuantas leyes mas que no son sino consecuencias de las establecidas, por lo tocante á la refraccion de la luz, y tratemos de las lentes.

EUG. — ¿Que significa entre los fisicos esta palabra *lente*? ¿Supongo que no se tratará del lente con que juguetean los currutacos?

§ VI.

Trátase de las lentes.

TEOD. — *Lente* llaman los fisicos á unos vidrios circulares y redondos como los que traeis en vuestros anteojos. Aquí teneis dibujadas varias especies de lentes, unas son planas por ambas fases, como la primera (Fig. 52); otras son convexas de ambos lados como la segunda,

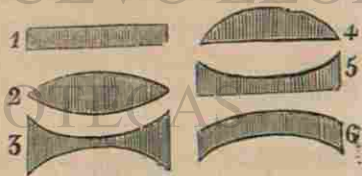


Fig. 52.

otras de una y otra parte son cóncavas como la tercera : hay otras que tienen una faz plana y otra cóncava, v. g. esta que tiene el número 4; otras tienen una faz plana y otra cóncava como la del 3; finalmente, otras son por un lado convexas y por otro cóncavas, como la del número 6; así son los vidrios de los relojes de faldriquera. Vamos ahora á esponer la ley que encabezará este tratado : *Cuando muchos rayos de luz viniendo paralelos caen en una lente convexa, se quiebran, uniéndose en un punto.* Demos la razon de esta ley. Aquí tenemos otra estampa que es propia para el intento (Fig. 55). Este vidrio *pq* es una lente convexa; si cayeren en ella tres rayos de sol, como aquí se figuran ABC, han de quebrar de tal suerte que se junten en el punto *a*. Porque el rayo B, que es el del medio, como cae perpendicularmente, no ha de quebrar ó torcer á una ni á otra parte, tanto al entrar en el vidrio como al salir de él, pues entra y sale perpendicularmente. El otro rayo A cuando llega á la superficie de la lente la toca oblicuamente; y conforme á lo que hemos dicho ha de quebrar sobre el lado en que queda mas inmediato al vidrio; y así se

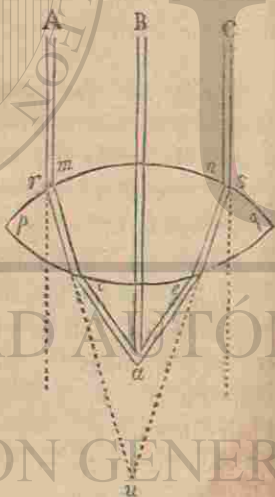


Fig. 55.

acerca hácia el rayo B. Este mismo rayo sale del vidrio al aire oblicuamente, y el lado *i* está mas cercano al vidrio; luego sobre ese lado ha de quebrar, y así se viene á unir con el rayo del medio en *a*.

ERG. — Lo entiendo, y ahora ya sé hácia donde ha de quebrar el rayo C por la misma razon.

TEOD. — Pero es preciso advertir que si la lente fuere plana por abajo, como es la lente número 4 (Fig. 52), tambien se han de juntar los rayos en el medio; pero cuando salieren del vidrio no han de quebrar tanto, y por eso el foco ó el punto en que se unen los rayos no ha de estar tan próximo á la lente como está ahora el punto *a*, á causa de ser esta lente convexa por ambos lados.

SILV. — ¿Y podremos ver con los ojos que es verdadero vuestro discurso?

TEOD. — Vamos á eso antes que el sol nos falte (Fig. 54). Este vidrio *a* es como los que vulgarmente llaman vidrios de quemar : es convexo por ambas partes; si le pusiere al sol todos

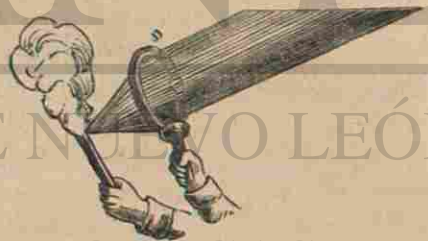


Fig. 54.

los rayos han de quebrar juntándose en un punto, y quemarán con gran facilidad.... He ahí lo veis; y el humo que se levanta del madero da señal de que arde. Pues ahora bajo el madero ardiendo, de suer-

te que pasando el humo por los rayos del sol los haga mas visibles.

EUG. — Bien advertisteis : ahora ya se ven claramente juntar en un punto.

TEOD. — Este mismo efecto se ve en una garrafa cristalina llena de agua ; porque como es convexa de ambas partes hace lo mismo que una lente convexa de uno y otro lado ; pero advirtiendole que junta los rayos mucho mas cerca que la lente ; porque los rayos de luz que caen oblicuamente quiebran mas cuando caen mas oblicuos, y caen tanto mas oblicuamente cuando mayor es el bojeo ó convexidad del vidrio ; pero como la garrafa siempre tiene mayor bojeo ó convexidad que la lente, por eso los rayos quiebran mas fuertemente en la garrafa, y se juntan mas de priesa.

EUG. — ¿Y es preciso que la garrafa esté llena de agua?

TEOD. — Si estuviere vacía, como la garrafa es cóncava por dentro, viene el sol á pasar por dos lentes de una parte cóncavas y de otra convexas ; lo cual no puede servir para juntar los rayos, como os constará de otra ley ; pero estando la garrafa con agua hace un globo cristalino ó una lente convexa por ambos lados.

EUG. — ¿Y cuál es la razon, Teodosio, por qué estos rayos juntos han de quemar aunque el agua esté fria?

TEOD. — Es la misma del espejo ustorio : cada rayo de sol calienta y causa calor ; luego muchos rayos unidos en un punto han de causar un calor escesivo, y por eso se quema el palo ; mas eso per-

tenece á otra materia : yo me acordaré cuando fuere tiempo. Vamos ahora á ver cómo quiebran los rayos en las lentes cóncavas. Acerca de esto es la cuarta ley.

Si los rayos del sol cayeren en una lente cóncava, se han de quebrar esparciéndose todos. Aquí teneis en esta estampa la figura (Fig. 53).

Si los rayos del sol *bcd* cayeren en la lente cóncava *AE*, han de apartarse todos. Primeramente el del medio *c* va derecho sin quebrarse, porque cae perpendicularmente ; pero el rayo *b* como cuando llega al vidrio lo toca oblicuamente ha de quebrarse hácia *m*, pues de allí está el vidrio mas cerca, y así se aparta hácia fuera :

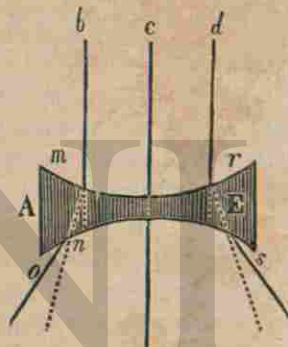


Fig. 53.

cuando llega á la otra superficie de abajo sale también oblicuamente, y se ha de quebrar ; y eso ha de ser también doblando sobre *o*, que despues de salir del vidrio queda mas inmediato á su superficie, y así vuelve á apartarse hácia fuera.

EUG. — En el otro rayo *d* concurre la misma razon.

TEOD. — Decís muy bien : habeis, pues, de asentir que toda superficie convexa hace unir los rayos, y la cóncava los hace esparcir, y cuanto mayor es

la concavidad ó convexidad, mas se unen ó se esparcen.

ENG. — Sucede en la refraccion lo contrario de la reflexion; en la reflexion los espejos cóncavos juntan, los convexos esparcen los rayos: en la refraccion es por el contrario, las lentes cóncavas esparcen, las convexas juntan.

TEOD. — Os he dicho que *la luz cuando pasa oblicuamente de un medio á otro de diversa densidad se quiebra; y que tanto mas se quiebra cuanto mas oblicuamente pasa*: como tambien que *la refraccion es mayor cuando es mayor la densidad de los medios*. De esta doctrina pues se sacan muchas proposiciones, que son como principios de la dióptrica. Primera proposicion: *Toda lente convexa si por una parte recibe los rayos paralelos, los quiebra y los junta á la otra parte en un punto, que se llama foco (como ya os dije)*. Este foco se llama *foco de los paralelos*. Mirad esta (Fig. 56), y notad que este foco de los paralelos siempre es fijo, esto es, siempre guarda una misma distancia de la lente mientras ella es la misma: en otros focos no sucede así.



Fig. 56.

ENG. — ¿Por qué? ¿Hay otro foco que no sea foco de los paralelos?

TEOD. — Sí, le hay; y es el foco de los rayos convergentes y el de los divergentes. Mirad: *si la lente convexa recibe por una parte los rayos algun tanto convergentes, los junta de la otra parte en un punto mas arrimado que el foco de los paralelos* (segunda proposicion). Aquí en

este libro teneis esta misma estampa 1^a, la cual en las figuras 56 y 57 os representa una lente A, que junta los rayos paralelos en este foco *m*; y la otra lente igual B junta los rayos convergentes en el foco *r*, mucho mas cercano á la lente que el foco de los paralelos *m*.



Fig. 57.

ENG. — Percibolo bellamente. ¿Llamais rayos *convergentes* á los que se van juntando como estos de la (Fig. 57)?

TEOD. — Así es; y al contrario llamo *divergentes* á los que se van separando como los de la (Fig. 58), los cuales, viniendo de la parte de arriba, se van separando al caer, porque rayos *paralelos* solo son aquellos que siempre distan igualmente entre sí.

ENG. — Ya no me embarazaré mas con esos nombres.

TEOD. — Mas os digo: *la lente convexa si recibe los rayos divergentes, los junta á la otra parte en un punto mucho mas distante que el foco de los paralelos* (proposicion tercera), como lo veis en esta (Fig. 58,) en donde la lente C, igual á las otras, junta los rayos en este foco *a*, mucho mas distante de la lente que el foco de los paralelos, *m* en la (Fig. 56.) Falta dar la razon y limitacion de estas proposiciones. La razon es porque la lente, quebrando los rayos paralelos, los hace convergentes para juntarlos; luego si antes de tocar en la lente ya traian alguna convergencia, mas fácilmente los ha de jun-



Fig. 58.

tar, y así quedará el foco mas cerca como en la (Fig. 57). Y si por el contrario los rayos antes de caer en la lente venian con alguna divergencia, es preciso quebrarlos mucho mas para que se junten; porque primeramente hay que quebrarlos para quitarles toda la divergencia que traian, y hacerlos paralelos, y despues es preciso hacerlos convergentes: por eso han de juntarse mas tarde en un punto, y ha de estar el foco mucho mas lejos que el foco de los paralelos.

EUG. — Estoy hecho cargo de la razon de esas leyes que supongo no tienen escepcion alguna.

TEOD. — Escepcion tienen, y yo la daré en las proposiciones que se siguen. Vamos adelante. Supongo *cuanto mayor es la divergencia de los rayos que caen en la lente convexa, tanto mas lejos ha de estar el foco de los divergentes; y por consiguiente cuanto mayor fuese la divergencia de los rayos que caen en la lente, tanto mas se aleja de la lente el foco de los divergentes, y tambien se aparta mas este foco del foco de los paralelos* (cuarta proposicion). La razon es, porque cuando la divergencia va creciendo es preciso mas tiempo para que los rayos se junten, y así cada vez se juntan en punto mas distante de la lente, y siempre mas lejos que el foco de los paralelos, el cual, como dije, es fijo. Por la misma razon (proposicion quinta) *cuanto la divergencia es menor, menos dista el foco de los divergentes del foco de los paralelos, y menos tambien se aparta de la lente.*

EUG. — Y creo que en los convergentes á proporcion ha de ser lo mismo.

TEOD. — Creéis bien; porque (proposicion sexta) *cuanto mayor es la convergencia de los rayos que caen en la lente, tanto mas fácilmente se juntan, y mas cerca de la lente está el foco, y cuanto menor fuere la convergencia, menos se arrima este foco á la lente, y mas se acerca al foco de los paralelos.*

EUG. — La razon se deduce fácilmente de lo que queda dicho, porque cuanto menor fuere la convergencia, mas semejanza tienen los rayos con los paralelos, y así su foco y el de los paralelos han de quedar mas cerca.

TEOD. — De aqui se infiere (séptima proposicion) *que tal puede ser la divergencia de los rayos que caen en la lente convexa, que nunca puedan juntarse.* La razon es clara, porque la divergencia puede ser tanta, que la refraccion que conforme á sus leyes deben tener los rayos en la lente, no baste para hacerlos convergentes y juntarlos en un punto.

EUG. — Ved ahí ya la escepcion que habeis prometido de otra ley antecedente (proposicion tercera).

TEOD. — Prosigamos. Antes os dije que la lente recibiendo los rayos paralelos los juntaba en el foco llamado de los paralelos, como se ve en la (Fig. 56), ahora digo que lo mismo sucederá al reves, esto es, *que si los rayos que salen del punto donde está el foco de los paralelos cayeren en la lente, ella los volverá de divergentes paralelos* (octava proposicion). Suponed que en esta figura los rayos van de abajo arriba, y salen del punto *m* que es el foco de los paralelos; pues en pasando por la lente, irán

paralelos. La razon es, porque el paso de los rayos es el que los hace quebrar : es así que el paso es el mismo, ya vengan de arriba abajo el punto *m* ya partan del punto *m* hácia arriba; luego la refraccion ha de ser la misma, y así siempre han de seguir la direccion que señalan estas lineas; pues bien se ve que el ángulo ó rincón que hay entre dos paredes es igual que vayais de fuera hácia dentro, ó de dentro hácia fuera. Y por la misma razon *si en la* (Fig. 57) *consideráreis que los rayos salen de este foco de los convergentes r, ellos pasarán por la lente, é irán divergentes hácia arriba por el mismo camino que traian al venir* (proposicion nona).

EUG. — Es cosa natural que, como han de quebrarse del mismo modo, hayan de hacer ángulos semejantes, y seguir el mismo camino. Ahora pregunto yo : y si los rayos se pusieren en el foco de los divergentes *a* aquí en la (Fig. 58), ¿han de ir tambien por el mismo camino por donde considerábamos que venian ?

TEOD. — Tambien, y por la misma razon : quedemos firmes en esto. Ahora habeis de saber que de todo objeto que se ve salen rayos de luz ó de color hácia todas las partes de donde puede ser visto; y no solamente salen estos rayos de todos los objetos, sino que salen tambien de cualquier punto visible de ellos, siendo cierto que no podemos ver el objeto, ó alguna parte determinada de él, sin que de esa parte salgan rayos de luz ó de color, que entrando por los ojos nos la pinten en ellos. Esto supuesto, cualquier punto del objeto de donde salen rayos para todas parte se llama *punto radiante*.

EUG. — Supongo que los rayos que salen son de luz refleja, que es lo que se llama color.

TEOD. — Así es; y como estos rayos salen de un punto del objeto, y salen hácia todas partes, salen divergentes, y divergentes entran por la pupila ó sea la niña del ojo. Advertid ahora (proposicion décima): *cuanto mas cerca estuviere el objeto de una lente, tanto mas divergentes son los rayos que saliendo de cualquier punto de él caen sobre la misma lente*.

EUG. — Juzgaba yo que cuando dos rayos salen divergentes de un punto se separaban mas cuanto mas andaban.

TEOD. — Y juzgábais bien. Mirad esta (Fig. 59).

Del objeto *R* salen muchos rayos : los dos rayos *mn* si los reciben

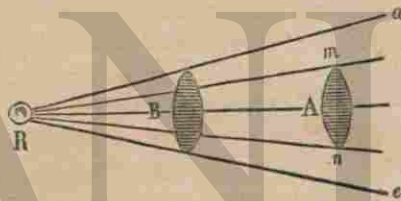


Fig. 59.

en *A* tienen mas separacion que si los reciben en *B*. ¿No es así?

EUG. — Así lo manifiesta la figura.

TEOD. — Pues eso no se opone á lo que yo decía : esos rayos cuanto mas lejos van tienen mayor separacion, pero no mayor divergencia; porque la divergencia se mide por la inclinacion del uno respecto del otro, y dos rayos derechos que se van separando uno de otro, aunque cada vez se separen mas, la divergencia é inclinacion siempre es la misma. Advertid ahora cuando los rayos encuentran la

lente en A, solo caen en ella los que van desde *m* hasta *n*, los demas todos caen fuera; mas si pusiéreis la lente en B, recibireis en ella todos los rayos que van desde *a* hasta *e*, los cuales bien veis que tienen mayor divergencia entre sí que los rayos *mn*. Es, pues, verdad lo que yo decia, que cuando el objeto está mas cerca de la lente recibe esta rayos mas divergentes, porque recibe muchos rayos, que se le escaparian si estuviese mas distante del objeto.

EUG. — Ya se me ha quitado toda la confusion, pues no es lo mismo separacion que divergencia.

TEOD. — Sobre este fundamento os quiero mostrar una esperiencia que os dará luz para lo que queda dicho y falta que decir. Traigan una vela encendida: cerremos las ventanas para que la llama se vea pintada en la pared ó en un papel.

SILV. — Hoy no os quejareis de que perturbo vuestra conversacion con mis dudas.

TEOD. — Estos son principios ciertos de una ciencia que nadie contradice. Aquí tenemos esta lente convexa y esta vela encendida: pongamos la luz en este lugar A (Fig. 40), la lente convexa en B: aquí teneis en esta hoja de papel C la llama pintada al reves.

EUG. — Y está temblando lo mismo que tiembla la llama verdadera.

TEOD. — Si yo arrimare mas el papel á la lente, ó lo apartare mas, vereis como la pintura de la llama se perturba. ¿Lo veis?

EUG. — Así es: solo en el lugar antiguo C se forma clara la pintura.

TEOD. — Yo mantendré la luz y el papel en el

mismo lugar: acercad mas esa vela á la lente, y vereis queya en este lugar C, en que tengo el papel, no se hace buena pintura, sino que es preciso apartar mas el papel de la lente, y ponerlo aquí en F para que se pinte en él la llama. Al contrario, si desviáreis mas la vela de la lente, vereis que entonces el lugar de la pintura es mas cerca de la lente, poco mas ó menos aquí en H.

EUG. — Téngolo visto; así es: ahora veamos en qué consiste esto.

TEOD. — La razon se saca de lo que os tengo dicho hasta aquí. Los rayos de luz que salen de cualquier punto visible de la llama, salen divergentes hácia todas partes, y dan en toda la lente; y ella los junta en un punto ó foco. Este foco está en el lugar C en que yo puse el papel. (Proposicion undécima.) Si acercáreis mas el objeto á la lente,

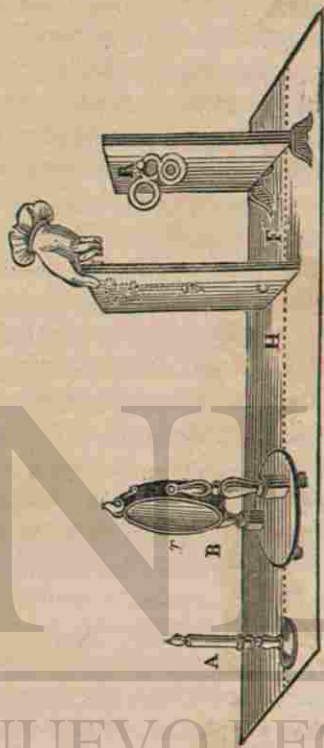


FIG. 40.

se aleja mas el foco de la misma lente; porque, como ya os tengo dicho, cuanto mas arrimado está el objeto á la lente, mas divergentes son los rayos que caen sobre ella (Prop. vigésima); y cuanto mas divergentes fueren los rayos que caen sobre la lente, mas ha de costar juntarlos, y mas lejos estará el foco (Prop. cuarta). Por eso cuanto mas acercáreis la vela á la lente, tanto mas preciso ha de ser apartar de ella el papel para que en él se forme la pintura.

EUG. — Ahora ya comprendo por qué apartando mucho la vela de la lente, es preciso poner el papel muy cerca de ella, para que veamos pintada en él la llama.

TEOD. — Es por la misma razon; porque, como os tengo dicho (Prop. vigésima), cuanto mas apartais la vela de la lente, menor divergencia traen los rayos que caen sobre ella; y cuanto menor fuere la divergencia de los rayos que caen en la lente, menos cuesta juntarlos, y menos dista el foco de esos rayos del foco de los paralelos, y por consiguiente de la misma lente (Prop. quinta). Por eso (Prop. duodécima) *cuanto mas apartáreis el objeto de la lente, mas se acerca á ella el foco ó la pintura.*

EUG. — Todo concuerda con los principios establecidos.

TEOD. — Antes que pasemos adelante quiero acordaros lo que ya os dije, que las lentes cóncavas hacian un efecto contrario á las convexas (Proposicion décimatercia.) *Las cóncavas si reciben los rayos paralelos espárcentos, y los hacen divergentes.* (Proposicion décimacuarta.) *Si los reciben convergentes, hacen que no se junten tan presio, y que cuadre mas*

lejos el foco. (Proposicion décimaquinta). *A veces podrá ser tal la concavidad, y tan poca la convergencia de los rayos que caen en la lente, que esta les quite toda la convergencia, y los haga paralelos; y aun puede hacer mas, que es de convergentes hacerlos divergentes, segun fuere la fuerza de la lente. Todo esto concuerda con lo explicado en el tratado de la luz: luego os lo mostraré con la esperiencia.*

EUG. — Entendido lo que habeis dicho acerca de las lentes convexas, queda claro lo que se dice en cuanto á las cóncavas.

TEOD. — Vamos adelante.

EUG. — Téngolo entendido perfectamente. Pero decidme: ¿cuál es la razon por qué la pintura de la llama que se formó en aquel papel unas veces era grande, y otras muy pequeña.

TEOD. — (Proposicion décimasesta). *Cuanto mas se aleja el foco de la lente tanto mayor es la imagen que se pinta.* Por eso cuando la pintura se formaba á mucha distancia de la lente era muy grande, y al contrario, cuando se acercaba el papel á la lente muy pequeña. Hagamos la esperiencia, pues es facil repetirla... ¿Veis como cuando la pintura se hace cerca de la lente, por haber apartado mucho de ella la llama, es la pintura muy pequeña?

EUG. — Teneis razon; ¿mas por qué sucede eso?

TEOD. — Porque (proposicion décimaséptima) *los rayos por donde se determina el grandor de la pintura son los que salen de las estremidades del objeto comparados entre si.* Ejemplo: los rayos que salen de la punta de la llama, comparados con los que salen de su base, son los que hacen el tamaño de la pin-

tura en el papel. A estos rayos, pues, que salen de las estremidades llamaremos de aquí adelante *rayos extremos*, para evitar la confusion con los otros rayos que salen de cada punto del objeto de por sí, á los cuales llamamos *rayos divergentes*, y al punto de donde salen *punto radiante*. Advierlo esto, porque muchos principiantes se confunden. Por tanto, sabed que estos rayos causan efectos muy diversos. Los *rayos divergentes* que salen de un punto, considerados solo en sí, no hacen mas que pintar en el lugar del foco el color del punto de donde salieron, tanto mas vivamente, cuanto mas son y mas perfectamente se juntan. Pero los *rayos extremos* que vienen de las estremidades del objeto, no solo pintan cada uno de ellos la estremidad de donde salió, sino que ademas por la distancia que dejan entre sí cuando hacen la pintura de los dos puntos, determinan el tamaño que la pintura ó imagen ha de tener. Mostraréos una figura en que podais ver esto claramente: aquí teneis esta (Fig. 41): la llama A por causa de la lente

B se pinta en el plano. Notad ahora: estos rayos que se cruzan son los que hacen que la llama se pinte al reves, y el espacio

que despues de cruzados comprenden entre sí es

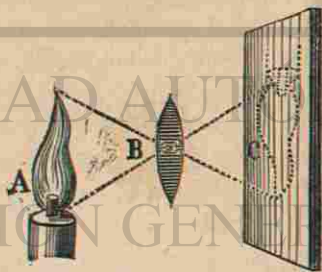


Fig. 41.

el que determina el grandor de la pintura; y como este espacio cada vez es mayor, si acaso la pintura no se hiciere en este lugar donde está el plano C, sino mas adelante, forzosamente la imagen ha de ser mayor; como por el contrario, será mas pequeña si fuere necesario acercar mas el plano á la lente.

EUG. — Es preciso que así sea.

TEOD. — Supuesto esto, veis aquí por qué la pintura de la llama unas veces era mayor, otras mas pequeña; y ya conocéis la razon de lo que antes os dije; que cuanto mas *distaba el foco de su lente*, mayor era la pintura ó imagen del objeto. Mas basta ya de este asunto, y vengamos á otro. Hasta aquí hemos considerado la luz en su estado de composicion: veámosla ahora en su estado de descomposicion.

EUG. — ¿Qué quereis decir con esto? ¿es acaso compuesta la luz?

TEOD. — Compuesta y muy compuesta; ya que la forman siete rayos diferentes que son los colores. Cuando espliquemos la química, veremos que entre estos rayos los hay *luminosos*, *calóricos* y *químicos*.

EUG. — Me llenais de sorpresa, y daos prisa á esplicarme la descomposicion de la luz.

TEOD. — Tratemos pues particularmente de los colores y lo vereis.

§ VIII.

Explícase en que consisten los colores.

EUG. — ¿Qué vienen á ser los colores?

TEOD. — Los colores no son otra cosa sino luz modificada en la superficie de los cuerpos, pero de diferentes modos. Para que me entendais, habeis de reparar en una cosa bien sabida, y es que una pelota cuando cae en el suelo salta y refleja; pero no siempre del mismo modo: si el pavimento está derecho y liso, refleja ordinariamente haciendo los tiempos ciertos; pero si está lleno de altos y bajos refleja ya hácia aquí, ya hácia allí, segun la inclinacion del pavimento. De la misma suerte sucede en la luz: ella es sustancia y cuerpo, como ya hemos visto; viene movida y agitada por el sol; da en la superficie de los cuerpos, y conforme es la superficie así refleja; y en los diversos modos con que refleja toma diversos colores; de suerte que la misma luz dando en un cuerpo y reflejando de un cierto modo queda siendo color azul; si refleja de otro modo será color verde v. g., etc., he aquí lo que dicen los que no son newtonianos.

EUG. — ¿Y con qué esperiencias lo prueban?

TEOD. — En este punto no faltan. Primeramente quiero mostraros que *los rayos de la luz, por modificarse de un modo ó de otro, hacen ya un color ya otro*. Hay ciertas lentes de vidrio de varios colores, unas verdes, otras azules, otras encarnadas;

aquí las teneis, pues de propósito las he traído conmigo en el bolsillo. Si pusiéreis una de estas lentes al sol, claramente vereis como los rayos que pasan por ella salen teñidos del color que tenia el vidrio; de suerte que los mismos rayos de luz pasando por el vidrio verde se modifican de tal suerte que salen con el color verde, y tiñen de este color todo aquello en que tropiezan; si pusiéremos el vidrio encarnado, ya los rayos, porque toman en el vidrio otra modificacion, se visten (permitídmelo decir así) de encarnado; y siendo así no podeis negar que la misma luz solo por tomar varias modificaciones hace varios colores. Aquí teneis las lentes, cerremos las ventanas, y pongámoslos á los rayos del sol que entren por algun agujerito.

EUG. — Ya lo veo: mi mano parece verde, solo porque tropiezan en ella los rayos del sol que pasan por el vidrio verde.

SILV. — Eso será porque los colores ya estan en los vidrios.

TEOD. — Estén ó no estén siempre pruebo lo que intento: que los rayos de luz, por modificarse de varios modos hacen diversos colores. Pero aun hay otra esperiencia mas convincente. Dadme acá, Silvio, aquel vidrio que os remití esta mañana por mi criado: los fisicos le llaman *prisma ó trigono*.

SILV. — Aquí lo teneis.

TEOD. — ¿Veis, Eugenio, este vidrio (Fig. 42)? Es blanco y trasparente como veis: reparad ahora, puesto al sol salen de él los rayos del sol teñidos con diversos colores, unos de color encarnado, otros de color amarillo, otros verdes, otros azules, otros



Fig. 43.

con otros colores. Voy á hacer la esperiencia: no se necesita de mas preparativos que poner el vidrio á los rayos del sol que entran por aquella ventana: cerrémosla un poco; basta que entre un rayo estrecho del sol. Reparad á aquella pared de en frente. ¿Qué veis?

EUG. — ¡No hay cosa mas agradable! Veo unos colores lindisimos y vivisimos esparcidos por la pared: separad el vidrio del sol... He ahí desaparecen.

TEOD. — Pues ahora no se puede negar que estos colores proceden de los rayos de luz modificados en aquel vidrio; ni podeis decir que los colores estan en el vidrio, pues veis que los colores son muy diferentes; y á mas de eso el vidrio

es todo blanco. Algunos hay que tiran á verdes; pero hacen el mismo efecto, y en mi casa lo haré con una caja triangular de vidrio llena de agua.

SILV. — Y cuando no hay vidrios que den esas modificaciones á los rayos de luz, ¿quién hemos de decir que hace los colores?

TEOD. — Voy á decirlo; pero ya tenemos el primer principio de este sistema, esto es, *que los rayos de la luz teniendo varias modificaciones tienen diversos colores*. Vamos adelante y demos otro paso. Dicen pues estos modernos: *que las superficies de los cuerpos sin otra cosa mas dan á los rayos de la luz estas diversas modificaciones con que quedan colorados*.

EUG. — ¿Y tenemos esperiencias que lo prueben?

TEOD. — Fáciles y claras. Si vos allá fuera de la ventana en la pared de enfrente mandareis estender un paño verde ó encarnado, de suerte que le dé el sol, vereis como la luz que entra por la ventana adentro bermejea ó es casi verde conforme al color del paño en que da el sol: lo mismo sucede poniendo paños de otros colores. He aquí pues como los rayos del sol que dan en paño encarnado reflejan con el mismo color hácia dentro de casa.

EUG. — Esa esperiencia es cierta.

TEOD. — Aun hay otra mas evidente y mas divertida, y es lo que llaman *ojo artificial*, de que trataremos largamente cuando tratemos del sentido de la vista; se hace de esta suerte. Habeis de cerrar bien todas las puertas y ventanas de una casa, de suerte que quede enteramente á oscuras: despues

de eso habeis de abrir en una ventana un agujerito por donde apenas quepa un dedo; pero es de advertir, que el sol no ha de dar en la ventana, pero sí en los objetos que allá fuera quedan en frente. Hecho todo esto vereis un efecto maravilloso, porque todo cuanto se ve allá fuera se pinta dentro de la casa en la pared frontera al agujero; pero todo con los pies hácia arriba. Vereis delineados los palacios, las torres, los árboles, finalmente, todo lo que está fuera; y si pusiereis un lienzo blanco en distancia de cuatro ó cinco palmos respecto del agujerito, vereis que en el lienzo se pintan estas cosas y tanto mas pequeñas quanto mas llegareis el lienzo á la ventana por donde entra la luz; y si le pusiereis una lente convexa en el agujerito, aun se ha de ver mejor la pintura; bien que entonces solo es en determinada distancia. Y la razon es, porque los rayos del sol dando en los árboles y otros objetos que quedan enfrente de la ventana, se modifican de tal suerte que toman su color; y entrando por el agujerillo representan en la pared blanca los mismos colores que traen: de donde se infiere claramente, que los rayos del sol ó de la luz dando en los cuerpos se modifican de tal suerte, que se revisten de sus mismos colores, que es lo mismo para que yo traia esto. Cuando hable del sistema de Newton diré muchas cosas que faltan aquí.

SILV. — Este efecto procede de las especies que vienen de los objetos, y entrando por el agujerillo hacen en la pared esta pintura.

TEOD. — Eso que llamais especies son los rayos de la luz que reflecten de los cuerpos, porque si no

hiciera sol ya la pintura ha de ser mucho mas oscura, á causa de ser mas débiles esos rayos de luz; luego lo que hace la pintura son los rayos de luz que reflecten de los objetos, y entran hácia dentro de casa, trayendo consigo el mismo color que vemos en los objetos de donde reflecten: llamadlo especies ó lo que quisiereis, que no hago cuestion de nombre.

ERG. — En esos casos fácilmente creeré que los colores no son otra cosa que la luz modificada, como decís; pero absolutamente y en todos los casos, aun cuando no hace sol, me es mas difícil dar crédito á esa doctrina, mientras no me obligare á ello la esperiencia.

TEOD. — Primeramente el no hacer sol no prueba que no hay rayos de luz que hayan de reflectir, solo prueba que han de ser mas débiles y remisos; pero eso mismo ha de suceder cuando estuviere el sol claro en aquellos lugares en donde no diere el sol; pero ya que apelais á las esperiencias, yo os daré algunas bien vulgares; mas es preciso que advertais que son dos las cosas que concurren para los colores, una son los rayos de luz, otra la superficie de los cuerpos que los hacen modificar de varios modos, y entended que estas modificaciones consisten en vibrar, mas ó menos, el éter que reflecte de los cuerpos, ó mejor en la mayor ó menor estension de las undulaciones producidas por el cuerpo luminoso: así siempre que hable de modificaciones quiero decir esto: ahora voy á probar que los colores consisten en la luz, despues hablaré de la superficie de los cuerpos. Decidme, pues, Eu-

genio, ¿visteis algun color sin haber luz? Creo que no. Mas : una misma cosa vista con la luz del dia tiene un color, y vista con la luz de una vela muchas veces tiene otro color diferente, v. g., las flores de borraja, de dia parecen azules, de noche parecen violadas; y muchos colores de noche no se distinguen, y se equivocan por mas que los lleguemos á la luz. Mas : hay una especie de carbon, creo que es el de piedra, que estando encendido, y levantando llama, todo cuanto se ve á esta luz parece amarillo, como lo he experimentado muchas veces. Aun mas : cualquier cosa experimenta mudanza en el color mudándose la luz; v. g., un papel blanco visto con poca luz es oscuro, visto con mas luz es mas claro, y visto al sol es blanquísimo : con que, Eugenio, hoy es cosa asentada entre todos los modernos que los colores no son mas que la luz modificada.

SILV. — Todo eso estaba bien si con la misma luz se viese siempre el mismo color; pero vemos que siendo la luz la misma, son los colores muy diversos : ¿ luego cómo decís que los colores no son mas que la luz?

TEOD. — ¿ No os dije yo que para los colores concurrían tambien las superficies de los cuerpos? Todas las veces que las superficies fueren diferentes ha de reflectir la luz de diverso modo, y por consiguiente ha de haber diverso color. Despues os explicaré esto en el sistema de los newtonianos, ahora os lo esplico en el sistema de los otros modernos.

EUG. — ¿ Y tenemos tambien esperiencias que prueben eso?

TEOD. — Sí, y muchas. La plata blanqueada antes de bruñirse tiene un color muy blanco; despues de bruñida perdió el color, y quedó mas oscura : ahora bien, cuando se bruñió la plata, solamente se le mudó la superficie, pues bien veis que quedó mas lisa, y por eso reflecte la luz de diverso modo, y hace diverso color.

EUG. — Ahora vengo en la razon de una esperiencia que pocos dias há me fatigó el discurso : era el caso que una piedra encarnada, lisa y bruñida, la mandaron picar, porque así era preciso, y ví que despues de picada quedó casi blanca; con esto ya me admiré; pero creció mi admiracion quando ví que despues de lisa y bruñida volvió á manifestarse encarnada como antes.

TEOD. — Tanto al picar la piedra como al bruñirla se le dispuso la superficie de diverso modo, y por eso una y otra vez mudó de color. No es preciso ir mas lejos : ¿ la espuma del jabon no es blanca? No podeis negar que es blanquísima, y si la deshicieréis queda una agua menos clara, sin otra razon que la que tengo dicho : mudó de superficie deshaciéndose, debe la luz reflectir de otro modo, y hacer otro color. Lo mismo se ve en la espuma del vino, que siendo en sí bastantemente clara, luego que se deshace queda con el color del vino, lo que es mucho mas de admirar en la espuma de la tinta de escribir.

EUG. — Esa esperiencia es convincente.

TEOD. — Mil esperiencias caseras ocurren á cada

paso : los alfileres clavados en el terciopelo doblan el pelo, mudan la superficie y tambien el color, por eso queda una como mancha : el aceite siendo dorado cayendo en seda encarnada hace una mancha oscura : algunos mariscos, y tambien las habas cocándose en agua mudan de color, porque en todos estos casos hay alguna mudanza de superficie ; y por eso tambien hay diversidad en la reflexion de la luz, lo que ocasiona diverso color. Finalmente, por no cansaros con la repetición de esperiencias semejantes, os haré ahora una muy curiosa, y que prueba claramente lo que digo. Mandadme buscar, doctor mio, un búcaro con agua.

SILV. — Ya lo mando ; pero decidnos, ¿ qué esperiencia es esa ?

TEOD. — Lleguémonos á esta ventana, y pongámonos todos tres con las espaldas hácia el sol, que ya no molesta mucho : si uno de nosotros tomando una bocanada de agua espurreare hácia enfrente de sí, verá en el aire por donde vengán cayendo estos espurreos los colores del arco iris ; verá el color encarnado, amarillo, verde, azul, etc. Esperad y ved.

EUG. — No hay duda ; parece el mismo arco que vemos cuando llueve.

TEOD. — Decidme ahora, doctor mio : ¿ quién formó aquí estos colores ? Ciertamente que no podéis señalar otra causa que la luz del sol reflectiendo en las gotas de agua que vienen cayendo por el aire ¹, porque bien veis que para este efecto no

¹ Cuando se trate del arco iris se dirá el modo con que los rayos de la luz deben quebrar y reflectir para hacer los colores que vemos en él.

basta dar el sol en el agua, pues tambien da en el agua de este vaso, y no hace los colores que admiramos ; asimismo para formarse los colores no bastan solo las gotas de agua cayendo por el aire, pues si no les diere el sol de un modo determinado no hace los colores, como vereis haciendo la esperiencia, ó allá dentro de casa donde no da el sol, ó aquí mismo si cuando espurreáreis volviéreis la cara hácia el sol : es preciso para que se formen los colores que la luz del sol dé de un modo determinado en el agua formada en gotas ; luego los colores no son mas que los rayos de la luz modificados de un modo determinado, ó modificados en la superficie de los cuerpos, v. g. como en la espuma, en la plata bruñida, etc., ó modificados por algun otro modo, como en las gotas de agua, en el prisma de vidrio, etc.

SILV. — Esos colores, Teodosio, son unos colores que luego pasan, y nosotros hablamos de los colores fijos y permanentes, los cuales no podreis probar que consistan en los rayos de la luz modificados, ó reflectiendo de tal ó tal modo.

TEOD. — La mayor parte de las esperiencias que he tocado son de colores fijos que permanecen : el color de las flores de las borrajas, las manchas de los vestidos, el color de la plata ó de las piedras bruñidas, y el color de la espuma bien permanentes son ; pero si me concedéis que los colores que duran poco tiempo consisten en la luz modificada, tambien los que duran mucho tiempo han de proceder de esto mismo, porque todos son de la misma especie, solo difieren en durar mas ó menos tiem-

po; pero eso nace de que se muda fácilmente la causa que da la modificacion á la luz. Haced vos que las circunstancias perseveren del mismo modo, y vereis que los colores duran años. Si el sol no se moviere de un lugar ni las gotas de agua, vereis que los colores de esta especie de arco iris duran muchos años.

SILV. — Con todo eso siempre hay gran diferencia entre los colores que luego pasan, y los que duran largos tiempos.

TEOD. — Alguna diferencia hay; pero esa no impide que sean verdaderos colores. Tambien el fuego de la pólvora dura mucho menos tiempo que el de una hoguera, y con todo no habeis de negar que es verdaderamente fuego. ¿El estruendo de un tiro que luego se acabó dejó por ventura de ser verdadero estruendo, porque se acabó de priesa, y no duró muchas horas? ¿El dolor que luego pasa deja de ser verdadero dolor, así como lo es el que dura mucho tiempo? ¿La luz del relámpago que luego se acaba deja de ser verdadera luz porque dura poco tiempo? Paréceme que no habeis de decir semejante cosa, pues entonces tampoco podeis decir que los colores del iris ú otros semejantes no son colores verdaderos, porque luego pasan; de donde infero que si estos consisten en la luz modificada, en esto han de consistir todos los colores, porque no hay mas razon para unos que para otros. Ademas de que en muchos colores que permanecen, como son los de las flores de borrajas y otros, se ve claramente que proceden de la luz.

EUG. — ¿Pues un vestido no tiene de noche color?

TEOD. — Un cuerpo no tiene color sino, en tanto que le da la luz: os he dicho que el color depende del número de undulaciones del eter; si este no undula, lo cual sucede en las tinieblas, no puede haber color en los cuerpos: solo le queda en este caso aptitud para tenerlo. Hagamos una esperiencia: aquí estais en esta sala que está bien clara; esas piezas que se siguen por ahí adelante todas están á oscuras, porque como por la tarde les entra el sol por las ventanas, de propósito las mando cerrar; las puertas estan abiertas de par en par, ¿no me direis, Silvio, de qué color son las sillas y adornos de todas esas salas? ni Eugenio, sin embargo que ve muy bien, distinguirá desde acá color alguno por esas salas adelante que estan á oscuras, siendo así que sus ojos y los vuestros estan bien llenos de luz y claridad: aquí ya no podeis decir que los ojos no ven por falta de luz, pues tienen luz bastante, y ven muy bien todo lo que se pasa acá fuera; ademas de esto la puerta está abierta, y el camino desembarazado para ver los colores que hubiere allá adentro. Luego si no veis colores algunos, es señal de que en las salas á oscuras no hay verdaderamente colores, y por eso no los veis.

SILV. — Eso así será, mas las doctrinas con que nuestros antiguos nos criaron no me permiten asentir á una opinion tan nueva, no obstante que reconozco estar especiosamente fundada. Si teneis mas que decir sobre este punto vamos acá al jardin.

TEOD. — Vamos, Eugenio, y vereis un jardin el mas lindo y bien arreglado que hay por estos sitios. Entre tanto os esplicaré los colores en particular.

§ VIII.

Esplicanse los colores en particular, especialmente el color blanco y negro.

EUR. — No hay cosa mas vistosa y agradable; aquí el arte parece que anduvo á porfia con la naturaleza á cual habia de hacer este sitio mas delicioso: la naturaleza en la produccion de tantas y tan lindas flores, el arte en la bella disposicion con que supo matizarlas.

SILV. — No teneis que admirar, Eugenio, ahí no hay arte ni podia haberlo: todos esos colores tan lindos y tan diversos, que os parece estan en esas flores, todo ello no es mas que los rayos de la luz modificados de un modo ó de otro; mañana en naciendo el sol podrán modificarse de otro modo los rayos de luz; habrá otros colores diferentes, y así es inutil todo el trabajo del jardinero.

EUR. — ¿Vos, Silvio, os burlais de este sistema de Teodosio?

TEOD. — Id oyendo, y despues me direis el juicio que formais. Como hemos tratado ya de los colores en comun, justo es que tratemos de algunos en particular. Primeramente en este sistema el color blanco de aquellos jazmines y de aquellas angélicas consiste en que de la superficie refleja mucha luz desordenadamente: la luz, Eugenio, refleja ordenadamente cuando sus rayos reflecten con orden sin perturbarse, como sucede en el espejo; pero cuando

los rayos reflecten perturbadamente y sin orden, yendo cada uno por su rumbo diferente á causa de ser la superficie muy escabrosa, entonces decimos que reflecten desordenadamente.

EUR. — Ya lo entiendo: decís ahora, que para haber color blanco es preciso que de la superficie del cuerpo reflecta mucha luz desordenadamente: como probais eso?

TEOD. — Si enfrente de una ventana mandáreis estender un lienzo blanco, si le da el sol vereis la casa mucho mas clara, que si en lugar del lienzo blanco hiciéreis estender otro de cualquier otro color.

EUR. — Ya sé que el color blanco consiste en mucha luz refleja; mas aun no me dijísteis la razon por qué esta luz para hacer color blanco habia de reflectir desordenadamente.

TEOD. — Si la luz reflectiere ordenadamente, no hace color ninguno, porque como los rayos conservan la misma disposicion que traian antes de reflectir, han de representar á los ojos lo mismo que entonces representaban, que es el sol ó la llama del fuego de donde al principio salieron; y por eso en el espejo no vemos color alguno propio, porque reflecten los rayos de la misma suerte que fueren hácia él; luego para haber color blanco es preciso que haya reflexion desordenada.

EUR. — ¿Y qué disposicion ha de tener la superficie de cualquier cuerpo para reflectir de ella mucha luz desordenadamente?

TEOD. — Dicen que ha de ser áspera y tener unas como medias bolas levantadas hácia arriba; porque,

como ya os mostré, los rayos de la luz dando en los cuerpos esféricos reflecten esparciéndose hácia todas partes; luego si un cuerpo tuviere en la superficie muchas de estas bolillas ó esferas, los rayos de la luz dando en ellas han de reflectir todos, esparciéndose á todas partes, y de este modo reflectirá de la superficie del cuerpo mucha luz desordenadamente.

SILV. — Por ese discurso, Teodosio, quedais obligado á conceder que no hay cuerpo alguno blanco que sea liso; porque teniendo esas bolillas en la superficie no puede ser liso.

TEOD. — Doctor mio, las bolillas de donde ha de reflectir la luz son proporcionadas á las partes de que constan los rayos de la luz; estas bien sabeis que son sutilísimas, mas de lo que podeis imaginar, porque pasan por los poros del cuerpo mas sólido; luego las esferas chicas, que digo ha de haber en la superficie de todo el cuerpo blanco, también han de ser sutilísimas; y por eso no embarazan que sea sensiblemente liso el cuerpo que tuviere estas bolillas. Una tela de seda de cordoncillo bien se ve con los ojos que tiene en la superficie altos y bajos, irregularidad causada por el mismo cordoncillo que forma el tejido, y con todo sensiblemente al tacto es lisa; porque los altos y bajos que hay en la superficie son mas sutiles que el tacto: lo mismo digo á proporcion en el cuerpo blanco.

EUG. — Ya veo que la razon no es contraria á vuestro sistema; vamos á ver si la esperiencia lo persuade.

TEOD. — La plata en piña ó barra cuando se

parte muestra una blancura extraordinaria en aquella parte en donde sensiblemente se ve la superficie áspera con los granillos; por el contrario en aquella parte adonde llegó el hierro que la partió, como está lisa sensiblemente está mucho mas oscura; lo mismo observareis de cualquier otro modo que bruñereis la plata ó alisáreis su superficie, porque infaliblemente se disminuye mucho la blancura; y bien se ve que cuando se bruñe la plata no se le hace otra cosa que abatir aquellos granillos ó partecillas que estaban mas altas, y hacer que todas las partes de la superficie queden iguales y por línea recta. Lo mismo sucede en el papel y en cualquier otro cuerpo blanco, como v. g. en el raso liso de seda, que es mas oscuro que la otra seda, porque es mas liso.

EUG. — No hay duda que es esperiencia sabida, que cualquier cuerpo cuando se bruñe queda menos claro.

TEOD. — Aun tenemos mas esperiencia: ¿ la espuma por qué pensais vos que es blanca, aunque el licor de que se forma no sea muy blanco? No es sino porque consta de muchas bolillas que son pedazos de esferas, que hacen la superficie del licor en la forma que yo decia habian de tener los cuerpos blancos; y de aquí viene que cuanto mas menudos son los ojos de la espuma mas blanca es, como se ve en la del jabon y en la espuma de la boca del caballo.

EUG. — Esas esperiencias confirman evidentemente vuestra doctrina.

TEOD. — Aun se confirma mas, por ver que se

ajusta con este discurso todo lo que observamos en los cuerpos blancos : las cosas blancas naturalmente molestan la vista ; por eso dando el sol en el papel ó en alguna pared blanca no podemos sin mortificacion mirar hácia el papel ó pared ; porque como reflecte mucha luz hácia los ojos, siente nuestra vista opresion con tanta luz. Ademas, dos cuerpos iguales, v. g., dos pedazos de piedra, uno negro, otro blanco, si los pusieren al sol juntamente, mas se ha de calentar la piedra negra que la blanca ; y la razon es, porque como la piedra blanca reflecte mas luz hácia fuera, no da tanto lugar á que los rayos del sol la calienten como la negra que admite mas la luz del sol, y no la despide tanto hácia fuera, y en cualquier otro cuerpo podeis hacer la esperiencia. Y lo mismo sucede si con los vidrios, que vulgarmente se llaman de quemar, quisiéreis quemar un papel blanco y otro negro ; porque este arde mucho mas de prisa que el blanco, y es por la misma razon.

ETG. — Por cierto que aun no habia hecho tal esperiencia : ahora ya veo cual seria el principio que hubo para preferirse en verano el color blanco en los vestidos, y supongo que seria por la razon que dijisteis ; porque así como el color blanco impide que una piedra blanca cobre tanto calor como recibe la negra, así los vestidos blancos nos defenderán mas del calor y calma esterna que los de otro color. Mas vamos ahora á ver en qué consiste el color negro en este sistema.

TEOD. — Como el color negro es contrario del blanco, ha de consistir en la poca ó ninguna luz que

reflecta de los cuerpos. Por eso una cueva donde no entra luz parece negra, y todo cuanto está á oscuras parece negro. Un espejo aun puesto al sol visto de muchas partes parece negro : la razon es porque como todos los rayos van hácia una parte determinada, ninguno va hácia las otras partes, y por eso á quien estuviere allí le ha de parecer negro. Y generalmente todo aquello de donde reflecte poca ó ninguna luz parece negro, como tambien de todo lo que es negro reflecte poca ó ninguna luz : de aquí viene que cubriendo de paños negros las paredes de una sala queda mucho mas oscura, aunque las ventanas queden tan abiertas como estaban, y no hay otra razon que la que tengo dicho : entra por las ventanas la misma luz ; pero dando en los paños negros no reflecte casi nada, y así queda la casa mas oscura.

ETG. — Esa esperiencia es bien vulgar y evidente : ¿ mas qué disposicion ha de tener la superficie del cuerpo cuando reflectiere de él poca ó ninguna luz ?

TEOD. — El cuerpo negro dicen que ha de tener su superficie llena de cavidades ó cuevas, la razon es porque la luz dando en estas cuevas dentro de ellas reflecte de una parte hácia la otra, y así se estingue ; de suerte que muy poca luz sale hácia fuera ; así como sucede á la pelota cuando cae en alguna concavidad, que de una parte reflecte hácia la otra y muchas veces no sale afuera, y como suelen decir, muere allá dentro.

ETG. — No hay duda que así sucede.

TEOD. — Pues lo mismo ha de suceder á los rayos

de la luz cuando las superficies de los cuerpos estuvieren llenas de cavidades : de aquí viene que los agujeros que quedan en las paredes cuando se hacen algunas casas, vistos de lejos parecen negros, porque la luz entrando por ellos de un lado refleja hacia el otro y no sale afuera; y como no sale afuera no refleja luz hacia los ojos, y nos parecen negros. Lo mismo sucede, y por la misma razon á las ventanas abiertas vistas de fuera en gran distancia : la razon es porque aunque la casa esté muy clara, la luz que entra por la ventana refleja allá dentro, de suerte que poca ó ninguna sale por la ventana afuera; y no reflejando de dentro luz hacia nuestros ojos, ha de parecer la ventana y lo interior de la casa negro y oscuro. Por el contrario, de noche estando la casa alumbrada, como la luz sale hacia fuera, no parecerá entonces la casa negra, aunque verdaderamente esté mas oscura que ahora de día.

ETG. — Todas esas esperiencias son bien notorias; pero era tal mi inadvertencia, que no reparaba en lo que merecia una atenta observacion y curiosa indagacion de su causa.

SILV. — Yo me pasmo de ver la facilidad con que vos, Eugenio, dais crédito á estas doctrinas, como si fuesen del evangelio; mas si os parece bien este sistema seguidlo, pues no quiero mortificaros con mis dudas.

ETG. — Ciertamente que me agrada mucho: mas explicadme vos, Teodosio, los demas colores, el encarnado, verde, violado, etc.

TEOD. — En los demas colores no se puede dar doctrina clara en este sistema; porque es cierto que

unos consisten en mayor ó menor luz refleja de los cuerpos, conforme al orden que digo, encarnado, amarillo, verde, azul y violado; pues siguiendo este mismo orden vemos que cada vez refleja menos luz de los cuerpos cubiertos con paños de estos colores; mas tambien es cierto que la mayor ó menor cantidad de luz refleja no basta para hacer color encarnado ó verde. Algunos dicen que depende esta diversidad del diferente movimiento de las particulas de la luz cuando reflejten, unas veces rodando sobre sus centros, otras veces menudeando las vibraciones, etc. Solamente una cosa me parece cierta, y viene á ser, que la diversidad que hay dentro de un mismo color á veces procede meramente de la diversidad de la superficie, y de mezclarse mas ó menos luz, como sucede en el damasco. El damasco encarnado es mas claro en las labores que le hermocean que en el fondo sobre que estan dibujadas, que es como raso, porque la superficie del damasco en las labores es mas áspera; por eso dentro de los límites del color encarnado se inclina mas al color blanco, y resulta un encarnado mas claro; por el contrario, el raso ó el campo del damasco, como tiene la superficie menos áspera, no refleja de él tanta luz como de las labores, por eso tienen color encarnado mas oscuro. Lo mismo se observa en todos los demas colores de damasco; siempre las labores son mas claras, esto es, por el derecho, pues por el revers de la seda las labores son mas lisas, y por eso mas oscuras. Notad ahora, Silvio, todo es tejido del mismo hilo de seda y del mismo color; y con todo eso bien veis que hasta el diverso modo

con que se teje para hacer esta diversidad de colores.

SILV. — De esta esperiencia que alegasteis se forma un terrible argumento contra vos. A veces se ve el damasco de una tal postura que queda el fondo ó el raso mas claro que las labores. Ved, pues, ahora adonde va á parar todo vuestro discurso, diciendo que las labores tienen color mas claro por tener la superficie mas áspera.

TEOD. — Un espejo puesto al sol ya os dije que hacia reflectir los rayos solo hácia un sitio determinado, de suerte que si os pusiéreis en ese lugar, y mirareis hácia el espejo, le vereis tan claro y resplandeciente que ciega; y si os pusiéreis en cualquier otro sitio, os parecerá el espejo oscuro y bien oscuro. Esto que hace el espejo lo hace todo cuerpo liso á proporcion; y así hace el raso á la luz que recibe de la ventana, reflectiendo en mayor copia hácia un determinado sitio: quien se pusiere en esa parte verá el raso con un color muy claro; mas el que estuviere en otro cualquier lugar ha de recibir menos rayos, y por eso verá el raso mas oscuro. He aquí, doctor mio, como sin haber mudanza en la superficie puede haber mudanza en el color, solo porque mudando de postura y sitio recibo una vez mas rayos reflejos, otra vez menos. Esta es la razon de la mudanza de color cuando el damasco está inmóvil y tambien la luz, y solo nos mudamos nosotros; pero sucede á veces que estando inmóviles nosotros y la luz, muda de color el damasco, solo por mudar de postura respecto de la luz, para lo que es preciso advertir que el raso es tejido de una tal ma-

nera, que pasándole el dedo á lo largo de la seda es muy liso, mas pasándosele á lo ancho tiene su aspereza; por esta razon cuando el damasco está de tal modo que la luz cae sobre el raso á lo largo, reflecte mas ordenadamente que cuando da en el raso atravesado, y esta mudanza basta para quedar el raso unas veces mas claro que las labores, otras mas oscuro que ellas; todo lo cual confirma la sentencia de que los colores estan en el diverso modo de la reflexion de luz.

EUG. — Ya que hemos entrado á hablar en los colores de las sedas, ¿no me direis cuál es la razon por qué el terciopelo de cualquier color que sea siempre tiene el color mas oscuro? Por ejemplo, el terciopelo negro bien veis que es mas negro que cualquier otra seda: el terciopelo carmesi tiene un encarnado mucho mas subido y oscuro que las demas sedas encarnadas, etc. Ya me ocurrió si dimanaria de la tinta con que tiñen los hilos de seda antes de entrar en el telar, mas eso ya veo que es falso, por quanto en el terciopelo labrado, que todo él es tejido de seda de un color uniforme sin diferencia alguna, hay gran diferencia de color en el pelo cortado, en el fondo del terciopelo y en algunos ramos ó labores que tiene con el pelo doblado; de suerte que donde está el pelo doblado es el color mas claro, y en el fondo es mas oscuro; pero en el pelo cortado aun mucho mas oscuro. Vos habeis de saber la razon de esto.

TEOD. — La razon se saca de lo que queda dicho: la luz que da en el pelo cortado del terciopelo no puede reflectir de allí fácilmente hácia fuera á causa

de las innumerables concavidades que halla : solo los rayos que dieren bien en las últimas puntillas de los pelos son los que pueden reflectir, pues por eso tiene color el terciopelo, y se ve ; pero todos los demas que caen entre los pelos, de unos reflecten hácia los otros, de suerte que no salen fuera fácilmente. He aquí por que todo color en el terciopelo es mucho mas oscuro.

EUG. — Ya lo entiendo, y estoy satisfecho.

SILV. — En cuanto á eso que decís de ser un color mas oscuro ó mas claro por causa de la diversidad de superficie, alguna probabilidad tiene vuestro sistema vistas las esperiencias ; mas lo que para mí es totalmente fuera de toda verisimilitud es el decir, que la diversidad del color verde respecto del encarnado y. g., tambien procede de la diversidad de las superficies : si esto fuese verdad por el tacto se conocerian los colores.

TEOD. — La diversidad que hay en las superficies para causar diversos colores es solo en las partes insensibles, que son las que bastan para la reflexion de las partículas de la luz, de cuya pequenez no se puede formar justa idea ; y el sentido del tacto, siendo el mas grosero que hay, no es facil que perciba todas las diferencias que hubiere en la superficie de los cuerpos. Mas si hemos de dar crédito á lo que nos dicen los libros é historias, confesaremos que tambien esta diversidad de superficies de donde nacen los diversos colores se puede percibir con el tacto. En el *Journal des Savans*, ó *diario de los Sabios* ¹, se hace mencion de un ciego muy buen es-

¹ 15 de julio de 1673, p. 106.

cultor, que conocia los colores únicamente por el tacto ; ademas de este hubo otro hombre que con los ojos vendados conocia perfectamente los colores tambien por el tacto. El gran duque de Toscana quiso certificarse de esta esperiencia, y llamándole á su presencia hizo venir varias piezas de sedas de diferentes colores, y las conoció sin engañarse en ninguna : mandó venir una pieza de seda de matices, y con la misma certeza distinguió los colores de que constaba ¹. Tambien se cuenta de un organista ciego ², que jugaba á los naipes y ganaba frecuentemente, y con especialidad cuando él los daba, porque por el tacto conocia no solo sus cartas, sino tambien las de sus contrarios á quienes las distribuía.

SILV. — Yo no soy de los mas crédulos : si esas noticias son verdaderas, de nada sirve la tradicion con que nos criaron, de que los ciegos no pueden juzgar de colores.

TEOD. — Silvio, estos casos se cuentan por extraordinarios, y los proverbios vulgares se toman de lo que regularmente acontece ; mas cuando sean falsos, vos bien veis que mi sistema no depende de su verdad, porque, como queda dicho, la diversidad de las superficies, que es precisa para los diversos colores, es mas sutil de lo que puede sentir el tacto.

EUG. — Dadme licencia, Teodosio. Luego si estos casos fueren verdaderos, ¿ habeis, Silvio, de confesar que tambien lo es el sistema de Teodosio ?

¹ *Journal des Savants.*
Journal des Savants.

SILV. — Entonces sí.

EUG. — Bien está. Sabed, pues, que hubo en Portugal uno de estos ciegos : era natural de la villa de Barcelos; y estada casado en la feligresía de Fragoso, que dista dos leguas al norte : un religioso benedictino que asistía en el monasterio de la Estrella, certificó que en casa de Antonio Ribeiro en la feligresía de Vila-Cova lo vió jugar por espacio de dos horas, sin padecer el mas mínimo engaño : os aconsejo que gasteis vuestro dinero en mandar hacer una exacta averiguacion de esto.

TEOD. — No es pequeño castigo de su incredulidad.

SILV. — Tanto como eso no : las filosofías modernas no me han de llevar mi dinero. Seguid lo que quisiéreis, que yo acá seguiré lo que me pareciere.

TEOD. — Antes que vos, Eugenio, os inclineis á abrazar esta opinión que os referí, dejadme que os esponga el sistema de los newtonianos; pero advertid que no será hoy porque ya ha durado bastante la conferencia, y lo guardaremos para mañana.

EUG. — Tambien me viene bien porque tengo algo que hacer.

SILV. — Lo mismo os digo : así levantémonos y vámonos.



TARDE DÉCIMA.

SIGUESE TRATANDO DE LA LUZ, DE LOS FENOMENOS QUE DE ELLA DEPENDEN, DE LA VISTA Y LOS INSTRUMENTOS DE QUE NOS VALEMOS PARA AYUDARLA.

§ I.

Del sistema de Newton sobre los colores.

EUG. — Mucho me ha dado que pensar vuestra teoría sobre los colores, y siento que la naturaleza de nuestra conferencia no os haya permitido extenderos mas sobre el asunto.

TEOD. — Contentaos por ahora con lo que va dicho, y si quereis profundizar mas la materia, cuando esteis enterado ya de todos los conocimientos suficientes, buscareis un libro de Física moderno y allí hallareis cuanto querais.

EUG. — Pero eso no impedirá sin duda que me espliqueis alguna cosa del sistema de Newton.

TEOD. — No por cierto; os lo prometi, y soy hombre que acostumbro á quedar airoso en mis pro-

SILV. — Entonces sí.

EUG. — Bien está. Sabed, pues, que hubo en Portugal uno de estos ciegos : era natural de la villa de Barcelos; y estada casado en la feligresía de Fragoso, que dista dos leguas al norte : un religioso benedictino que asistía en el monasterio de la Estrella, certificó que en casa de Antonio Ribeiro en la feligresía de Vila-Cova lo vió jugar por espacio de dos horas, sin padecer el mas mínimo engaño : os aconsejo que gasteis vuestro dinero en mandar hacer una exacta averiguacion de esto.

TEOD. — No es pequeño castigo de su incredulidad.

SILV. — Tanto como eso no : las filosofías modernas no me han de llevar mi dinero. Seguid lo que quisiéreis, que yo acá seguiré lo que me pareciere.

TEOD. — Antes que vos, Eugenio, os inclineis á abrazar esta opinión que os referí, dejadme que os esponga el sistema de los newtonianos; pero advertid que no será hoy porque ya ha durado bastante la conferencia, y lo guardaremos para mañana.

EUG. — Tambien me viene bien porque tengo algo que hacer.

SILV. — Lo mismo os digo : así levantémonos y vámonos.



TARDE DÉCIMA.

SIGUESE TRATANDO DE LA LUZ, DE LOS FENOMENOS QUE DE ELLA DEPENDEN, DE LA VISTA Y LOS INSTRUMENTOS DE QUE NOS VALEMOS PARA AYUDARLA.

§ I.

Del sistema de Newton sobre los colores.

EUG. — Mucho me ha dado que pensar vuestra teoría sobre los colores, y siento que la naturaleza de nuestra conferencia no os haya permitido extenderos mas sobre el asunto.

TEOD. — Contentaos por ahora con lo que va dicho, y si quereis profundizar mas la materia, cuando esteis enterado ya de todos los conocimientos suficientes, buscareis un libro de Física moderno y allí hallareis cuanto querais.

EUG. — Pero eso no impedirá sin duda que me espliqueis alguna cosa del sistema de Newton.

TEOD. — No por cierto; os lo prometi, y soy hombre que acostumbro á quedar airoso en mis pro-

mesas. Allá viene Silvio, y su llegada nos abrirá la conversacion interrumpida ayer.

SILV. — Cara de impaciente tiene hoy Eugenio, apostaria que os instaba á que empezáseis la conferencia sin mí.

TEOD. — Precisamente sin vos no; pero está ardiendo por saber el sistema de los newtonianos acerca de los colores.

SILV. — Pues no le hagais mas pena; sentémonos y empezad.

TEOD. — Ha sido tan aplaudido y tan seguido el sistema de Newton en lo que pertenece á los colores, que juzgo yo que seria reo de gran delito si no os diese una sucinta instruccion en él. Dicen, pues, los newtonianos que un rayo de luz que viene del sol ó de cualquier cuerpo luminoso, aunque sea claro y blanco, no obstante consta de siete rayos de colores diferentes, que son encarnado, naranjado, amarillo, verde, azul, purpurino y violado: estos siete rayos de color juntos todos y mezclados hacen un rayo de luz; pero separados cada uno muestra el color que tiene de su naturaleza.

SILV. — ¿Y quién ha de separar esos rayos de color unos de otros? Esta anatomia me parece que solo con la imaginacion se puede hacer.

TEOD. — De dos modos se pueden separar los rayos de color unos de otros, ó por reflexion de los cuerpos opacos, ó por refraccion. Vamos al primer modo: el cuerpo cuando es opaco y recibe un rayo de luz, recibe en él, como dije, siete rayos de color que componen el rayo de luz; pero como estos siete ra-

ynos de color son de diversas naturalezas, puede ser que ni todos sean igualmente atraídos, ni igualmente repelidos del cuerpo opaco. Si el cuerpo repele los encarnados solamente, y atrae ó embebe en sí todos los demas, se llama el cuerpo encarnado, pues son encarnados los rayos que reflecten de él hácia los ojos. Si solamente reflecte los amarillos, el cuerpo es amarillo etc.; si reflecte todos los siete rayos el cuerpo es blanco; si reflecte muy pocos ó casi ninguno, entonces el cuerpo es negro; si reflecten unos encarnados, otros verdes, el color es mezclado de los dos, y lo mismo se puede decir si reflecte tres ó cuatro especies de rayos, y embebe en sí los demas. He aquí como los rayos de color que componen un rayo de luz se pueden separar unos de otros para mostrar cada uno de ellos su color. El segundo modo es mas visible, que es el de la refraccion: para lo que hemos de saber que en este sistema estos siete rayos, así como difieren en el color, difieren tambien en la naturaleza y en su refrangibilidad, esto es, cayendo todos oblicuamente en el mismo diáfano, v. g. en el vidrio ó agua, unos quiebran mas, otros menos, y esto constantemente. Los encarnados quiebran menos, los naranjados mas, y aun mas los amarillos, los verdes, los azules, los purpurinos y los violados, siguiendo este mismo orden. Esto supuesto, como en la refraccion de la luz quiebran todos los siete rayos, y unos mas que otros, necesariamente se han de separar; y luego que se separaren bastante unos de otros, mostrará cada cual el color que tiene.

SILV. — Siendo eso así en toda refraccion de luz

tendriamos separacion de rayos y habria color, lo que no sucede así.

TEOD. — Respondo : cuando la luz entra en el vidrio oblicuamente, tambien muchas veces sale oblicuamente, y entonces ó la segunda refraccion enmienda la primera ó la confirma : si la enmienda, de suerte que sea hácia la parte contraria, entonces no pueden los rayos de colores separarse entre sí, porque una refraccion destruyó lo que la otra podria hacer : ahora, si la segunda refraccion confirma y aumenta la primera, y es hácia la misma parte, como acontece en el prisma, entonces puede haber separacion de colores. Ya sabeis que llamamos prisma aquel vidrio triangular (Fig 45) que imita los

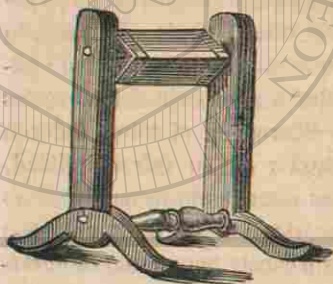


Fig. 45.

44). Por esta ventana *e* se supone que entra un rayo de luz, el cual inciendiendo ó dando en el triángulo de vidrio *abc*, quiebra á la entrada y quiebra á la salida siempre hácia arriba ; por eso siendo el rayo redondo se separan los rayos de modo que pintan en el carton *pq* una imagen bastante estendida, compuesta de los siete colores que aquí estan señalados;

colores del iris ; y por eso los rayos del sol que pasaban por él se separaban, y mostraban los siete colores que dije, que son los que tenemos en el iris. Aquí teneis esta estampa propia para el caso (Fig.

y aquí veis como el rayo violado es el que quiebra mas, y el rayo encarnado es el que quiebra menos, y los otros á proporcion.

SILV. — Aun no estoy satisfecho. Por ese discurso las lentes de quemar debian de colorar los rayos de luz, ó á lo menos las lentes cóncavas que esparcen los rayos, y vemos que ni unas ni otras tiñen de color los rayos de luz, como hace ese vidrio triangular.

TEOD. — Las lentes convexas no tiñen los rayos del sol como hace el prisma, porque aunque las refracciones son ambas hácia la misma parte, ambas son hácia dentro, lo cual hace que los rayos se junten aun mas de lo que estaban ; y la lente cóncava esparce, sí, los rayos, mas los esparce promiscuamente, haciendo que unos quiebren mas que los otros por causa de la mayor oblicuidad de la superficie del vidrio cóncavo, de suerte que esta mayor refraccion no es entre los rayos que caen igualmente en la misma superficie igualmente inclinada ; sino que la diferencia de la refraccion nace de la diversa inclinacion de las partes de la superficie cóncava ; y esto no solo no hace separar los colores, sino que los confunde ; porque los rayos violados que entraron por una parte de la lente, van á mezclarse con los encarnados v. g. que entraron por otra parte, y no quebraron tanto, y así se mezclan.

SILV. — Ya lo entiendo : mas quisiera saber si ese sistema tiene fundamento ó esperiencia.

TEOD. — Esperiencias tiene y muy admirables. Vamos por partes. Que los rayos de diverso color tienen diversa refrangibilidad, es cosa demostrada.

Primeramente reparad en esta estampa (Fig. 44),

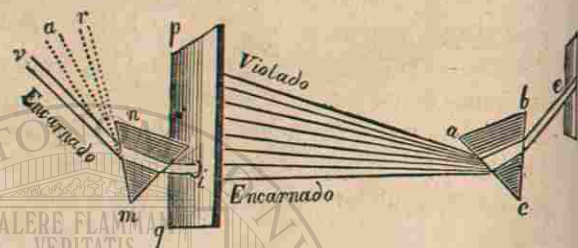


Fig. 44.

tenemos el rayo del sol, que entra por el agujero de la ventana *e*, y pasando por el prisma *abc*, hace en el plano *pq* la imagen colorada. (Llamo imagen colorada la colección de los siete colores pintados en la tabla á la cual dan los físicos el nombre de *espectro solar*). En *i* está un agujero que deja pasar el rayo que allí cayere, que en la estampa se representa ser el encarnado: detras del agujerito *i* está otro prisma *mn*, que recibe ese rayo encarnado, que es cierto ha de quebrarse pasando por él: puesto firme ese segundo prisma se va revolviendo el primer prisma *abc* en sus ejes, y van bajando los colores todos por el carton abajo, y sucesivamente van entrando todos, mas cada uno de por sí, por el agujero *i*, por donde entraba el rayo encarnado; y por consiguiente van todos sucesivamente dando en el segundo prisma *mn*: hecho esto se observa que los rayos de diverso color no se quiebran en el segundo prisma del mismo modo; siempre se quiebra mas el violado que el encarnado, y á proporcion todos

los del medio; porque el encarnado va á parar á *v*, el verde á *a*, y el violado á *r*. Ahora bien, como el segundo prisma *mn* está fijo, y la tabla *pq* fija tambien, se sigue que el rayo que del agujero *i* fijo va al prisma fijo *mn*, lleva la misma inclinacion á la superficie del vidrio; y así siempre habia de quebrarse del mismo modo si él tuviese la misma refrangibilidad; pero como vemos que unos quiebran mas que otros, inferimos que tienen diversa refrangibilidad, la cual siempre es conforme al orden de los siete colores, siendo mayor en el violado, indigo ó purpurino, etc. Aun tenemos otra experiencia (Fig. 45): si despues del prisma *abc* se pu-

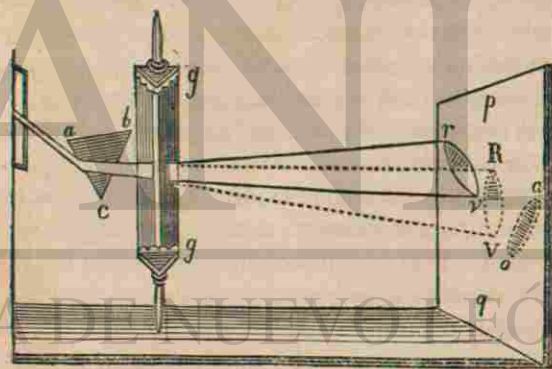


Fig. 45.

siere otro prisma á lo alto, de suerte que reciba en una cara los siete colores que habian de ir hácia la tabla *pq*, veremos un efecto muy agradable.

Eug. — ¿Qué efecto?

TEOD. — El prisma puesto á lo alto hace quebrar hácia el costado la imagen colorada, la cual si escapase del segundo prisma, quedaria puesta á plomo, porque el primero *abc* se supone estar bien horizontal. Esto supuesto, vemos que el segundo prisma *gg* no pinta la imagen á plomo sino un poco recostada; y la razon es porque como el rayo violado cayendo en el segundo prisma *gg* quiebra mas que el encarnado, uno va mas hácia el costado, otro va menos, y ya uno queda encima del otro á plomo, y queda la imagen inclinada ya á la derecha, ya á la izquierda, conforme está el segundo prisma; mas siempre se quiebra el rayo violado mucho mas que el encarnado, y los otros á proporcion. Mas esperiencias os podia alegar; pero como las circunstancias no permiten hacerlas bastará el suponerlas; y esto es hoy cierto y ciertísimo por cualquier parte que se quiera observar, que los rayos de diverso color tienen diversa refrangibilidad. Esto supuesto, se esplica como siendo redondo el rayo de luz antes que caiga en el prisma, siempre sale una imagen colorada larga; porque como en el rayo de luz vienen rayos de siete colores, y unos mas fáciles de quebrar que otros, necesariamente han de ir quebrando unos mas que los otros, y tenemos así la imagen larga (Fig. 46). Aquí veis estos siete círculos de colores *abcdefg*, que juntos hacen una figura larga. Y reparad que en estas imágenes siempre el rayo violado quiebra mas que todos, y el encarnado menos que todos.

SILV. — Con esas esperiencias siempre constantes buen fundamento hay para asentar, que los siete

rayos de color tienen diversa refrangibilidad: mas

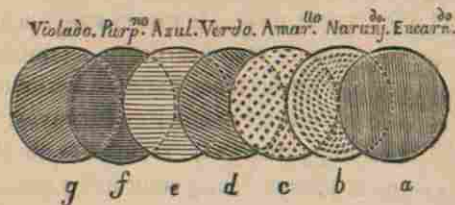


Fig. 46.

qué razon habrá para que unos rayos quiebren mas que otros?

TEOD. — Algunos newtonianos se adelantan á sospechar la razon, y dicen que como los rayos se quiebran por fuerza de la atraccion del vidrio ó agua, etc., si unos rayos constaren de partículas mas menudas, podrán mas fácilmente ceder á la atraccion que los otros que constaren de partículas mayores; pues sabemos que cuando dos cuerpos van despedidos con igual velocidad, el que es mas pesado lleva mas fuerza; y cuesta mas tanto el hacerlo parar como el hacerle torcer el camino (conforme á las ciertísimas leyes de la mecánica); luego viniendo en el rayo del sol todos los rayos de color despedidos con igual velocidad, aquellos que constaren de partículas mayores ó mas pesadas llevarán mayor fuerza, y costará mas al vidrio con su atraccion el hacerlos desviar del camino que llevaban; y así el rayo azul quebrará mas que el verde, el verde mas que el amarillo, etc. Pero esto solamente lo dicen como conjetura, y eso no todos. En cuanto á los partidarios del eter ya sabeis que atribuyen los

colores, al número mayor ó menor de undulaciones. El otro punto de este sistema es ser este color esencial á los rayos; de suerte que el rayo encarnado no puede dejar de ser encarnado. Y tambien es cierto que ni con refracciones ni con reflexiones ordenadas se puede mudar el color de los rayos. Volvamos á la estampa (Fig. 44): si despues de pasar el rayo *e* por el prisma *abc*, y colorarse y pintar en el plano *pq* los siete colores, fuéremos revolviendo en sus ejes el prisma *abc*, haremos que todos los colores vayan sucesivamente pasando por el agujero *i* del plano: hecho esto, pongamos allá detras del plano otro prisma *mn*, el cual reciba los rayos que pasan por el agujero *i*, y veremos que este segundo prisma no muda el color á los rayos; si son encarnados, encarnados quedan, y así de los demas: en fin el rayo que llegó á mostrar el color encarnado, ni treinta prismas, si los pudiese pasar, le mudarian el color. Confirmase esto, porque uno de estos rayos encarnados pasando por un vidrio verde, ó amarillo ó azul, siempre queda encarnado, lo cual bastante-mente persuade ser invariable y esencial el color de cada uno de los rayos. Aun mas: si un rayo encarnado cayere sobre un paño blanco queda encarnado; si cayere sobre un paño verde ó azul ó de cualquier otro color, siempre es encarnado; lo mismo sucede á los demas colores. Pero advierten los newtonianos una cosa digna de reflexion madura: el rayo de luz que cae en el prisma de ordinario es redondo, y redondos son los siete rayos de color, que mezclados entre sí hacen el rayo de luz; pero como unos son mas refrangibles que otros, estos

siete círculos colorados (Fig. 46), de que se debe componer la imagen que se pinta en el plano, quedan como un cartucho de monedas cuando se comienza á esparcir, que quedan siempre unas en parte sobre las otras; del mismo modo sucede á los círculos de colores que no se separan totalmente, sino que unos caen en parte sobre los otros; de aquí resulta que se mezclan algunos colores, y por eso algun rayo de los que parecen simples se puede dividir en diversos, mas siempre es en aquellos que mezclados darian el color del que se dividió. Adviertan esto para precaver algun argumento que se forme en contra.

EGG. — Y con razon; porque viendo yo que algunos de esos rayos se dividian en dos de diversos colores, juzgaria que no eran simples como ellos dicen.

TEOD. — De aquí se saca la respuesta á una esperiencia del P. M. Juan Bautista, del Oratorio, contra este sistema. La referiré. Vamos otra vez á la estampa (Fig. 42) en que está dibujada la esperiencia como se debe hacer. Fíngese aquí que por esta ventana *e* entra un rayo de luz; este rayo da en este triángulo *abc*, que se supone ser el prisma de vidrio visto de canto, el cual hace los colores de que hemos hablado ya: el rayo se quiebra al entrar y al salir del prisma, y sepáranse entre sí los rayos, y toman los colores que están aquí escritos, los cuales se pintan en este carton *pq*. Supongamos que en *i* hay un agujero, por él pasa el rayo encarnado, el cual pasando por esa lente convexa *mn* se junta, conservando siempre su color, y entra dentro de esta caja

rs, que aquí veis pintada : esta caja por dentro está toda forrada de blanco, tiene un agujero en r, por el cual entra el rayo encarnado, y otro en s en la parte posterior de la caja, bien que no está aquí pintado, por donde se ve lo que sucede dentro de ella.

EUG. — ¿ Y qué se ve ?

TEOD. — Vése un encarnado blanquecino, de donde se saca un argumento contra los newtonianos. No podemos ver cosa alguna blanca sin que á nuestros ojos vengan rayos blancos ; luego si vemos el forro blanco de la caja, es cierto que de él reflecten rayos blancos hácia nuestros ojos : en la caja solo entraron los rayos encarnados, porque todos los demas quedaron separados de ellos por el prisma, y pintados en el carton *pq*; luego los rayos encarnados ya se pueden mudar en blancos.

EUG. — ¿ Y qué responden á eso ?

TEOD. — Que es muy difícil la total separacion de los rayos de un color sin mezclarse con algunos de los heterogéneos, y que esta mezcla con pocos heterogéneos hace el encarnado blanquecino.

EUG. — Eso allá se va con lo que acabáis de decir.

TEOD. — Aun forma este grande hombre otro argumento contra los newtonianos, y es el que representa esta (Fig. 47). Si despues de pasar un rayo de luz por el prisma le pusiéreis un plano como este *bc*, á poca distancia del prisma vereis en el plano una claridad casi redonda; pero tanto de arriba como de abajo con unas orillas de color, la una violada y la otra verde : esto sucede así, porque

como el plano está á poca distancia, aun no tienen los rayos espacio para separarse totalmente unos de otros; pero los violados y los encarnados, como son los últimos, fácilmente se separan de los otros, y muestran su color.

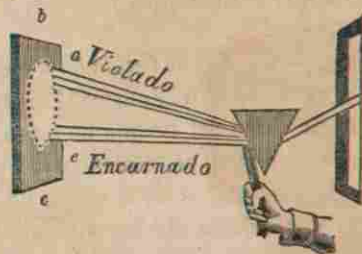


Fig. 47.

EUG. — ¿ Mas cómo se forma de ahí argumento contra los newtonianos ?

TEOD. — De este modo : los rayos que van á parar al lugar *a* estan separados de los rayos de otro color ⁴, y por eso muestran el color violado ; lo mismo digo de los rayos encarnados que van á parar á *c*. ¿ Quereis ahora ver como se hacen mudar de color estos rayos ? ¿ Quereis ver mudados en encarnados los rayos violados ? Coged un pedazo de carton ó papel, é id levantándole hácia arriba, cortando los rayos de la luz, vereis como la orilla encarnada va subiendo siempre por el plano *bc* que se supone fijo, de suerte que se ve color encarnado donde antes se veia color violado : lo mismo sucede si por la parte de arriba viniéreis metiendo el papel, cortando sucesivamente hácia abajo los rayos, porque entonces viene bajando la orilla violada por el plano *bc*, y se ve la orilla violada donde antes se veia el

⁴ *Newton Optic.*, lib. I, parte II, proposición 8.

color encarnado. He aquí como los rayos encarnados parece que se mudan en violados, y los violados en encarnados.

EUG. — ¿Y qué se responde á eso?

TEOD. — Vamos á la misma (Fig. 47). Los rayos de color que salen del prisma no estan del todo separados cuando dan en el plano *bc*, y por eso tenemos una claridad blanca en el medio de la imagen, y se ve que aun estan ahí todos los colores, porque si hiciéremos un agujero en ese plano *bc*, veremos que alla en mayor distancia detras del plano aparecen los siete colores ya separados y distintos, y es cierto que el agujero no los puede formar de ningun modo, solo puede hacer que pasen á mayor distancia, y puedan separarse entre sí, y mostrar cada rayo su color. Esto mismo sucede, conforme el mismo autor testifica, aun poniendo el agujero del plano *bc* sucesivamente ya en la orilla violada, ya en la encarnada, lo que prueba bastantemente que ni aun en esas orillas estan totalmente separados los rayos encarnados de todos los otros, sino que los encarnados son en mucha mayor abundancia; y por eso tambien de los siete colores que ese rayo pasando por el agujero que suponemos en el plano *bc* forma allá á lo lejos, de esos colores digo, el mayor espacio será encarnado, así como será mayor el espacio violado, pasando el agujero hácia la orilla violada. Supuesto todo esto, se puede explicar como con el carton que voy levantando junto al prisma, cuando voy cortando los rayos va subiendo la orilla encarnada, sin que los rayos muden el color que tienen de su naturaleza.

EUG. — ¿Y cómo explicais eso?

TEOD. — Para verse orilla encarnada en el plano son precisas dos cosas; que haya rayos encarnados en ese mismo lugar, y que no caigan allí mismo rayos de otro color que confundan el encarnado, ó que caigan mucho menos. Esto, pues, lo hago yo con ir levantando el carton junto al prisma, cortando los rayos con él.

EUG. — ¿Y cómo?

TEOD. — De esta suerte: suponed que corté ya la mitad de los rayos que salian del prisma; como ellos allí casi no tenian separacion ninguna, corté la mitad de todos los siete colores, la mitad de los encarnados, la mitad de los verdes, y la mitad de los violados, etc. Siendo esto así, en el mismo lugar en que está ahora el medio de la claridad se verá orilla encarnada, porque ahí estan rayos encarnados, como queda mostrado, y se conoce abriendo un agujero, pues allá á lo lejos aparecen con todos los demas colores: habiendo rayos encarnados, para verse basta que no caigan allí rayos de otros colores, y esto lo hago yo cortando los rayos junto al prisma; porque corté, como dije, la mitad de los rayos violados: esta mitad es la inferior, y la que antes de que se cortasen caeria naturalmente en el medio de la imagen, y aun hácia abajo; luego cortados estos rayos violados que allí caerian, ya no embarazan á los encarnados, y lo mismo digo de los rayos verdes, etc. Quedando, pues, los rayos encarnados mas desembarazados de los otros aparecerá su color.

EUG. — Ya voy hallando la razon.

TEOD. — Dejadme dar otra vuelta á esto mismo.

Si el prisma en la faz por donde salen los rayos se tapase, y solamente saliesen los rayos por un agujero, siempre habria las mismas orillas, bien que la imagen seria mas pequeña, siendo el agujero mas estrecho, pues cortando yo los rayos en la segunda cara del prisma, hago lo mismo que haria siendo el agujero mas estrecho; luego meramente á causa de ser mayor la refraccion de los rayos violados que la de los encarnados, necesariamente ha de ir subiendo la orilla encarnada sin que los rayos muden de color. Esto, pues, que prueba que conforme á los principios de Newton necesariamente ha de subir la orilla por el plano *bc* arriba por todo el espacio blanco, prueba que tambien llegará á la orilla superior, si acaso ahí estuvieren tambien algunos rayos encarnados, supuesto que por ser muchos menos que los violados prevalecerá el color violado antes que se corten los rayos. Y que ahí esten algunos rayos encarnados se persuade á mi parecer bastantemente, si abierto un agujero en el plano *bc*, y haciéndole corresponder á la orilla violada aparecieren allá detras del plano *bc* en distancia competente los siete colores, como testifica el autor de esta esperiencia; pues, como dije, es totalmente increíble que un agujero dé una nueva modificacion de colores á los rayos que no la tuvieren; y si en esa orilla violada hubiere mezclados algunos rayos encarnados debemos explicar ese efecto, como esplicamos el subir la orilla encarnada por el espacio claro. Pero advierto que cortados todos los rayos hasta la orilla quedan tan débiles, que se equivocará muy fácilmente un color con otro.

EUG. — Lo tengo entendido ya: mas aun restan otros puntos que no hemos hecho mas que tocar. Dijisteis de paso que cuando un cuerpo reflecte todos los siete colores parecia blanco: esplicadme esto.

TEOD. — Dicen los newtonianos que el color blanco es compuesto de los siete colores primitivos, encarnado, naranjado, amarillo, verde, azul, purpuro y violado. Prueban esto primeramente, porque los siete rayos de color que el prisma pinta en el plano, si los recibiéremos en una lente convexa que los una en el foco, veremos que en ese foco tenemos color blanco, recibiendo el foco en un papel, y antes ó despues del foco veremos otra vez los colores separados, lo cual prueba dos cosas evidentemente: la primera, que cuando los siete colores se unieron hicieron color blanco; y la segunda es, que ahí no se destruyeron los siete colores, porque continuando hácia delante, y habiendo lugar para la separacion, vuelven á parecer como antes, bien que con el orden trocado.

SILV. — Esa esperiencia bastantemente decide el punto.

TEOD. — Aun tenemos otras: una rueda de carton dividida desde el centro hasta la circunferencia con diversos rayos, de suerte que queden siete huecos, cada uno de ellos pintado de un color de los siete primitivos, puesta al sol, y revolviéndose velozmente sobre el centro, parece blanco el carton, porque la priesa del movimiento hace juntar en los ojos las impresiones de los siete colores. Advierto que así como en la imagen colorada del prisma los siete colores no ocupan lugares iguales, así tambien

los huecos pintados de siete colores no deben ser iguales. En fin, si mezcláremos tinta en polvo de los siete colores, pero con porciones desiguales, proporcionadas al espacio que ellas ocupan en la imagen del prisma, queda un color blanquecino: pintemos un plano blanco con ella, de suerte que quede la mitad pintada, y la otra mitad con su color natural: hecho esto, pongamos este plano al sol, de manera que toda la parte que no fue pintada quede á la sombra; visto de lejos este plano parecerá todo blanco. Luego el color blanco se compone de los siete colores.

SILV. — Son esperiencias admirables; mas en estas dos últimas reparo que no sale color blanco sino blanquecino; y es precisa la diligencia de esponer al sol estos cuerpos para que parezcan blancos.

TEOD. — Eso que os ocasiona duda confirma esta doctrina. Cuando un rayo de sol que es blanco se divide en siete colores ocupa un espacio mucho mayor del que ocupaba; luego si la luz que da en todo ese espacio se mezclase, pero ocupando todo ese espacio, es cierto que no podia quedar la blancura tan viva como era la de esa luz toda junta antes de esparcirse: quedaria, pues, una blancura mas baja y oscura, y tanto mas oscura, cuanto por mas espacio se esparciese la luz. Esto supuesto, cuando tenemos un plano pintado con los siete colores está esparcida por siete pulgadas, v. g., la luz que debiera estar toda en una para haber allí color blanco perfectísimo; mas como esa luz está toda esparcida por espacio tan grande, cuando con el movimiento rápido

se mezclaren en los ojos unos colores con otros, quedará el color blanco, pero oscurísimo; y solamente puesto al sol parecerá blanco, porque el sol con la abundancia de luz suple la falta de ella. Explicaréme por otro modo: la pintura encarnada consume en sí casi todos los rayos, menos los encarnados, la amarilla casi todos menos los amarillos, y así las demas; de suerte que cada parte de aquel plano pintado consume seis rayos, y reflecte uno; luego todo el plano de las siete partes de luz que le caen consume en sí seis, y reflecte una, y si fuese todo pintado de blanco habia de reflectir todas las siete partes de luz: supuesto esto, bien veis que este cuerpo así pintado, y movido velozmente, si pareciere blanco, ha de ser muy oscuro, y será preciso suplirle con el sol mas luz para parecer blanco. He aquí como esa oscuridad que se halla en esa mezcla de colores, no solo no contradice á esta sentencia, sino que antes bien la confirma.

SILV. — Tengo entendido, y si hubiese de ser moderno solo seria newtoniano.

EUG. — Lo que á mí no me agrada mucho es lo que poco há dijisteis de consumir en sí los cuerpos encarnados todos los rayos menos los encarnados.

TEOD. — No consumen en sí todos los rayos sino la mayor parte de ellos: digo esto, porque cuando la imagen colorada del prisma cae sobre un cuerpo amarillo, v. g., se ven todos los colores, señal de que el amarillo no absorbe todos los rayos desemejantes: y por esta razon se ve la imagen colorada, cayendo sobre el plano negro; porque el cuerpo ne-

gro no absorbe en sí todos los rayos, pero refleja muy pocos de cada color.

SILV. — ¿Mas qué fundamentos tienen ellos para establecer esta diversidad de absorber en sí unos rayos y reflejar otros?

TEOD. — Primeramente, que los cuerpos encarnados reflejan mas rayos encarnados que azules ó verdes (y lo mismo digo de los demas) se deduce de lo que ya dije: cuando la imagen colorada del prisma cae sobre paño de algun color, queda mas vivo el color semejante al del paño; señal de que el paño reflejó los rayos de su color en mayor abundancia que los otros. Ahora, si el paño encarnado no refleja tantos rayos verdes como encarnados, es señal de que los sume ó absorbe dentro de sí, sea por el motivo que fuere, porque hasta aquí enseña la esperiencia. Os diré otra esperiencia que prueba bastantemente que puede ser que en los cuerpos opacos haya esta diversidad: que si reflejan unos rayos encarnados y. g. absorban ó embeban en sí en ese mismo lugar otros de diverso color. Tomemos dos lentes convexas, mas muy poco convexas, cuales son las objetivas de los telescopios de veinte pies poco mas ó menos; apretemos con cautela una contra otra, y puestas sobre un paño negro, vistas de arriba aparece en el medio una mancha negra, y despues varios círculos alrededor de diversos colores y algunos círculos blancos: despues de bien observados estos círculos, y notados exactamente los lugares en que se ven, si cogiéremos esas lentes así apretadas, y las pusiéremos entre los ojos y la claridad, observaremos tambien varios círculos de colores;

mas con esta circunstancia, que hace al caso: á la mancha negra que aparecia en el medio vistas las lentes por arriba, corresponde una mancha blanca vistas las lentes por la otra parte; como tambien al revés, los círculos que vistas las lentes por arriba eran blancos, vistas ahora las lentes por la otra parte son círculos negros: á los círculos encarnados corresponden círculos ó azules ó verdes azulados, y á los círculos azules corresponden ó encarnados ó amarillos encarnadinos: otras veces á los verdes corresponden encarnados y al revés; en fin nunca se ve el mismo color en el círculo visto de la parte de la claridad y visto de la otra parte; el color que se ve por reflexion siempre es diverso del que se ve penetrando las dos lentes. Lo cual prueba, que cuando se reflejan hácia los ojos los rayos de un color, se sumen y penetran hácia dentro los rayos de otro color diverso. Esto mismo sucede si echáremos agua entre una y otra lente. Si el aire pues ó el agua entre las dos lentes, conforme al diverso grueso de su volumen, puede hacer estas reflexiones y estas atracciones de los rayos colorados, que mucho es que suceda lo mismo á las superficies tenuisimas y diáfanas que hay en todos los cuerpos. Vos bien sabeis que todo cuerpo opaco se puede dividir en hojas tenues y transparentes, de las cuales juntas se componia: estas ó son mas gruesas ó menos conforme á la constitucion de las particulas de que consta el cuerpo; por eso estas hojas ya repelen los rayos encarnados y dejan pasar los otros, ya repelen los verdes y dejan pasar los demas; y he aquí como unos cuerpos son encarnados, otros verdes.

SILV. — Mas por ese discurso todos los cuerpos serian transparentes para algunos rayos.

TEOD. — Así seria si fuesen compuestos de materia semejante, y si las muchas hojas transparentes, de que se compone la sustancia de cualquier cuerpo, no tuviesen entre sí materia de diversa virtud refringente, porque habiéndola en el paso de la luz habrá innumerables refracciones, y cada vez será mas debil hasta extinguirse y perderse, con que de aquí depende la opacidad de los cuerpos.

ERG. — Ahora me acuerdo de otra dificultad, y viene á ser lo que ya vimos, que los vidrios verdes dejaban pasar los rayos tiñéndolos de verde, y asimismo los otros vidrios colorados; y por ese discurso parece que los vidrios que reflecten rayos verdes no dejarían pasar rayos de esta especie.

SILV. — Muy grande dificultad tocasteis vos ahora.

TEOD. — Las partículas verdes, que mezcladas con las del vidrio le dan el color, deben tener la propiedad general de los cuerpos colorados que acabo de explicar; deben reflectir parte de los rayos verdes y absorber otra parte; los repelidos y los atraídos hacen esos efectos diferentes. También se puede decir que las partículas del vidrio pueden ser de diverso grueso, y á causa de esa diversidad (así como en la esperiencia de las lentes apretadas) unas repeler los rayos verdes hácia fuera, otras dejar pasar otros rayos verdes, y así hallaremos color verde en los rayos que pasan y en los rayos que reflecten. Advertiotoos que la misma esperiencia de las lentes apretadas se puede suplir en parte con una bola de estas que hacen los mucha-

chos con agua de jabon, poniéndola en un paño negro y cubriéndola con un vaso de vidrio para que el aire no la perturbe; porque defendiéndola alrededor con algun cuerpo oscuro, para que la claridad que la da sea por la parte de arriba, aparecen círculos de colores, los cuales principian arriba en violado y acaban en encarnado; y es de notar que el agua de la bola va cada vez cayendo mas abajo; y cuanto mas hácia arriba debe ser mas delgado el grueso de la bola; lo que hace creer que el grueso de esta hoja de agua conduce para los colores, ya reflectiendo unos rayos, ya dejándolos pasar.

ERG. — Yo he visto varios colores en esas bolas de jabon, mas eran perturbados.

TEOD. — Esa perturbacion procedia ó de la agitación del viento ó de la reflexion de los objetos extraños que se hace en la superficie de la bola. Otras muchas cosas hay en este sistema, mas no son tan claras que las podais percibir en las circunstancias en que os considero. Mas yo me estoy mortificando, porque sé que aquí os incomoda el viento: era de parecer que nos retirásemos á casa, y allá podreis continuar la conferencia.

SILV. — Teneis razon.

TEOD. — Vámonos, á la antecámara, pues tenemos que hacer algunas observaciones en los espejos.

ERG. — Vamos á donde determináreis.

§ II.

Trátase de las reflexiones de los colores, ó del modo con que se ven los objetos en los espejos.

AL TEOD. — Aquí estamos mejor : sentémonos y tratemos del modo con que reflecten los rayos de color, y conoceréis la razon por qué los espejos nos representan á los ojos nuestras imágenes. Ya os tengo dicho que el color no es mas que los rayos de luz modificados, bien sea mera separacion, como dicen los newtonianos, ó bien por otro modo. Estos rayos de luz, antes de recibir esta modificacion se llaman rayos de luz; despues que reciben esta modificacion se llaman rayos de color.

EUG. — Ya estoy en lo que son : decidme ahora cómo reflecten.

TEOD. — De estos rayos de color hemos de decir lo mismo que de los rayos de la luz : *si dan en superficie escabrosa, reflecten con irregularidad; pero si dan en superficie lisa, conservan la misma modificacion que ya llevaban, y por eso tambien conservan el mismo color : si el cuerpo es plano, como son los espejos ordinarios, reflecten los rayos sin juntarse ni apartarse mas de lo que se unirían ó separarian si fuesen por su camino derecho sin dar en el espejo; y por eso representan el objeto del mismo tamaño que tendria si se viese sin espejo. Pero si el espejo es convexo se representa el objeto mas pequeño; y si el espejo es cóncavo se repre-*

senta el objeto mayor : la razon de esto ya la habeis visto tratando de la catóptrica.

EUG. — A lo menos esplicadme lo que sucede en los espejos planos y lisos de que usamos con frecuencia.

TEOD. — Bien os acordais que si los rayos de la luz dieren perpendicularmente en el espejo, han de reflectir por el mismo camino. Pues lo mismo digo de los rayos de color : por esta razon, si os pusiéreis enfrente de un espejo plano habeis de ver vuestra figura; porque los rayos de color que reflecten de vos al espejo dan en él perpendicularmente, y vuelven otra vez por el mismo camino á vuestros ojos, y así han de representar en ellos vuestra misma figura; porque los rayos representan el objeto de donde salen y donde toman su modificacion. Esto se ve claramente en el *ojo artificial*, de que ya hemos hablado hoy; como los rayos de luz que os dan en el rostro, y vestidos toman ahí su modificacion y color determinado, donde quiera que fueren, habiendo quien los junte del modo debido han de representar vuestro rostro, vestidos, etc. Si yo me pusiese delante de vos me entrarían esos rayos de color por mis ojos, y en ellos me pintarian vuestra figura, y por eso yo os habia de ver; luego si yo me quitare de enfrente de vos, y si pusiere en mi lugar un espejo que os envíe ó dirija los rayos que salen de vos otra vez hácia allá, entrarán en vuestros ojos y pintarán en ellos vuestra figura. He aquí, Silvio, para qué sirven las leyes del movimiento.

SILV. — ¿Para qué son precisas leyes de movimiento? En diciendo que las especies que van del

objeto parando en el espejo pintan en él el objeto, está todo satisfecho y con bastante facilidad.

TEOD. — Mas tambien con muy grande falsedad. En el espejo, Silvio, no se pinta la figura del objeto que está enfrente : no vayamos mas lejos, yo me pongo enfrente de este espejo, poneos vosotros ahora en las esquinas cada uno en la suya ; yo que estoy en el medio de la sala enfrente de este espejo (Fig. 48), me veo retratado en él, y vosotros no me

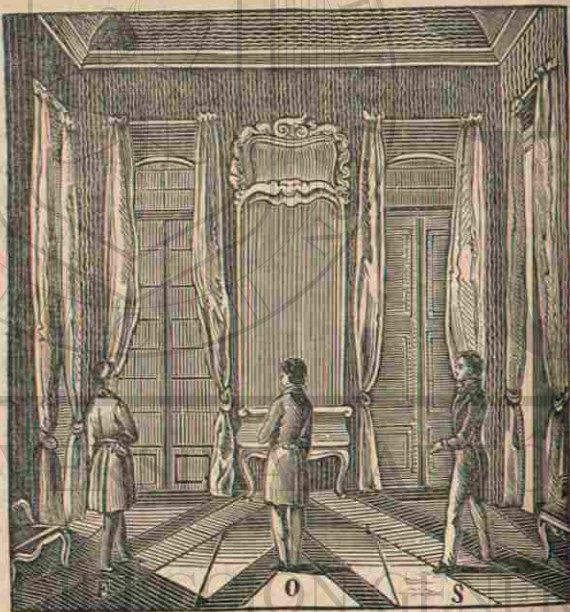


Fig. 48.

vereis en el espejo : señal de que mi figura no está pintada en él ; y si está pintada, ¿por qué no la veis

en él viendo todo el espejo ? Si en lugar del espejo estuviese un cuadro con mi retrato, por cierto que lo habiais de ver de cualquier parte de esta sala ; luego si mi figura está pintada ahora en el espejo, ¿por qué no la veis de cualquier parte al mismo tiempo que yo me estoy viendo perfectamente ?

SILV. — Mas vos confesais que veis en el espejo retratada vuestra figura, luego está pintada en él.

TEOD. — Tambien eso no es así ; yo no veo mi figura en el espejo, me veo á mí mismo muy allá del espejo : allá hácia adentro muchos palmos, tantos cuantos median entre mi y él.

EUG. — Eso así es ; porque verdaderamente en el espejo se representan las cosas como si estuviesen allá muy adentro.

TEOD. — Además de que si eso que decís, mi doctor, es así, ¿por qué razon no me he de ver en el espejo, si él no estuviere vuelto hácia mí ? ¿Vos ahora en ese sitio donde estais os veis retratado en el espejo ?

SILV. — No.

TEOD. — ¿Pues por qué no se ha de pintar en él vuestra figura, así como se pinta la mia ? No teneis mas arbitrio que recurrir á las leyes del movimiento, y al modo de explicar de que usamos nosotros.

SILV. — En diciendo yo que es condicion precisa estar el espejo derecho hácia mí para pintarse en él mi figura, ya queda respondido á todo.

TEOD. — No puede ser, porque he ahí estando vos en la esquina de la sala F no teneis el espejo vuelto hácia vos, y no obstante Eugenio, que está de la otra parte S, ve vuestra figura en el espejo,

así como vos habeis de ver á Eugenio en el espejo, si estuviéreis en correspondencia. Luego sin que el espejo esté vuelto hácia vos habeis de conceder que está pintada en él vuestra figura, si acaso aun decís que se pinta en el espejo la figura que en él se ve.

EUG. — Yo veo á Silvio dentro del espejo.

SILV. — Y tambien yo os veo á vos.

TEOD. — Aun mas, que ni yo os veo á vosotros en el espejo, ni vosotros á mí; pero yo me veo á mí mismo.

EUG. — Quiero la razon de todo eso.

TEOD. — La razon por que vosotros no me veis á mí, que estoy en el medio, casi la sabeis ya: es porque como los rayos de color que salen de mí dan en el espejo perpendicularmente, vuelven á mí todos, y así no van hácia vuestros ojos, y consiguientemente no me podeis ver á mí en el espejo.

EUG. — En cuanto á esto ya lo entiendo.

TEOD. — Yo tambien que esloy en el medio o no os puedo ver mientras estuviéreis ahí; porque así como el rayo de luz que cae oblicuamente en el espejo reflecte hácia la otra parte, haciendo, en la reflexion ángulo igual al que hizo cuando dió en el espejo, como ya dije, así hacen tambien los rayos de color: los rayos que de vos reflecten hácia el espejo dan en él oblicuamente, y van á parar adonde está Silvio; por eso os ve él y yo no.

EUG. — ¿Y por qué han de ir á parar á él?

TEOD. — Porque la línea que va desde el espejo al lugar donde está Silvio, y la línea que desde el mismo espejo va al lugar donde vos estais, hacen con la pared donde está el espejo ángulos iguales; y así los rayos que vinieren de vos hácia el espejo

reflecten del espejo hácia Silvio, y los que salieren de Silvio reflecten hácia vos, Eugenio. He ahí la razon por que cada uno ve al otro, y tambien por que no se ve á sí mismo, porque los rayos de color que salen de cada uno no vuelven hácia él, pues van á parar á la otra esquina.

SILV. — ¿Y por donde os consta que esos ángulos que con el espejo hacen las líneas que de él vienen hácia mí y hácia Eugenio son iguales?

TEOD. — ¿Por donde? Reparad al pavimento de la sala. ¿No veis que esas tiras de tablas sobre que entrambos teneis los pies van á parar debajo del espejo? Como el cuadro es igual, tanta inclinacion ha de tener hácia la pared la tabla sobre que vos estais, como la otra sobre que está Eugenio; y teniendo igual inclinacion hácia la pared, hacen con ella ángulos iguales. Como estas tablas se van á unir con la pared bien debajo del espejo, siguese que la misma inclinacion que tienen las tablas respecto de la pared, tienen los rayos de color respecto del espejo; por eso dije que hacian ángulos iguales cuando vuestros rayos dando en el espejo reflectian hácia Eugenio, y los de Eugenio hácia vos.

EUG. — Pregunto mas: ¿y si yo me llegare mas cerca del espejo, ó me apartare mas de él, siempre me ha de ver Silvio estando como está?

TEOD. — Si vos os moviéreis siempre por encima de esa tabla que va á parar al espejo, quiero decir, por la misma línea recta que va de vos al espejo, como siempre haceis el mismo ángulo, siempre habeis de ser visto como antes, porque ya os dije yo que para los ángulos importaba poco ser las líneas

cortas ó largas, y tambien habeis de ver á Silvio, si él no se apartare hácia los lados.

ERG. — Teneis razon : ahora hice la esperiencia, y ví que así era. ¿ Qué mas esperiencias teneis que hacer acerca de los espejos ?

TEOD. — Mandad traer aquella cajita de espejos que os remiti esta mañana. Es, Eugenio, una caja cuadrada, por dentro forrada de espejos : en el fondo tiene un jardin y una figurita de barro ; pero mirando hácia alguno de los espejos se ven unas campiñas interminables de un solo jardin continuado, y mucha gente paseando por sus calles.

SILV. — Así sucede en verdad : aquí la teneis : observad, Eugenio, y ved que es verdad todo cuanto dijo Teodosio (fig. 49).



Fig. 49.

ERG. — No acabo de admirarme de una vista tan agradable : no se ve fin á los jardines y á las fuentes : la gente es innumerable : dejadme engañar á mí mismo, pues son agradables estos engaños. Pero me inquieta el deseo de saber la razon de este encanto.

TEOD. — La razon ya la habeis oido en materia muy semejante. ¿ Os acordais de una esperiencia que hicimos cuando teniendo dos espejos, uno enfrente del otro, y poniendo una sola vela encendida entre ellos veiais luces casi infinitas ?

ERG. — Bien me acuerdo, y me esplicásteis ese

efecto, valiéndoos de una estampa prevenida al intento (Fig. 5).

TEOD. — Pues aquí es la misma razon : lo que entonces dije de los rayos de la luz que salian de la vela, y reflectian alternativamente de un espejo hácia el otro, digo de los rayos de luz modificada, quiero decir de los rayos de color que salen de la figurita que está dentro de la caja, y reflecten de un espejo á otro : estos rayos por la misma razon han de representar muchas figuras ; y he aquí teneis la causa por que en los espejos veis mucha gente, siendo una sola la figura verdadera. Lo mismo digo de la multiplicacion de las fuentes, siendo solo una en la realidad ; y lo mismo se debe decir del cuadro del jardin, que tambien se ha de multiplicar en los espejos, y hacer un jardin continuado. Pero como en la caja hay espejos por los cuatro lados, no solo habeis de ver los objetos multiplicados por delante, sino tambien hácia los lados.

ERG. — Tengo entendido, y deseo sumamente hacer una caja como esta : decidme el artificio que debe tener, porque no quiero que el trabajo quede defectuoso por omitir algunas circunstancias que sean precisas.

TEOD. — Mandad hacer una caja, de suerte que sus lados queden perfectamente en escuadra ; despues mandad cortar cuatro vidrios de espejo del mismo tamaño de los lados de la caja por la parte de adentro, y forrad con ellos la caja, de suerte que en las esquinas ajusten lo mas que pudiere ser unos espejos con otros, y que no queden con inclinacion alguna : podeis asegurarlos por encima con algunos

alfileres, cuyas cabezas torcidas hácia dentro no les dejen caer, y abajo podeis poner una tabla ó cartón grueso cuadrado del mismo tamaño que el fondo de la caja que ajuste con los espejos: hecho esto, en este cartón podeis mandar pintar con colores vivos un pedazo de jardín, y mejor será si el jardín fuere bordado con flueco verde ó de hojas de murta contrahechas muy menudas: dejad algun espacio vacío que finja ser calle de jardín: en ella podeis poner una figurita de barro y una fuente, y con esto vereis los efectos que deseais. Pero es preciso advertir que en un lado de la caja ha de haber un agujero, como veis en este *e* (Fig. 49), por donde quepa un dedo, y en el espejo que tapare este agujero por la parte de adentro habeis de rozar sutilmente el acero ó azogue, de suerte que por allí podiais mirar hácia dentro de la caja; mas si no pudiéreis hacer este agujero cómodamente podeis mirar por el borde de la caja, y vereis lo mismo.

EUG. — Ahora ya estoy satisfecho en esta parte; vamos á otro efecto que tiempo ha me ha dado en que pensar. Tengo en Lisboa, en mi gabinete, dos espejos fronteros uno á otro, y sucede que veo en ellos mis espaldas, lo cual me es preciso cuando salgo fuera; pero en estos días quise hacer lo mismo en vuestra casa, donde hay tambien dos espejos fronteros uno al otro, y no fue posible ver mis espaldas.

TEOD. — La razon ha de ser esta infaliblemente: en vuestro gabinete á lo menos un espejo ha de estar inclinado hácia abajo, y basta esto para que os veais vuestras espaldas.

EUG. — No hay duda que es así, y en vuestra casa

ambos espejos estan derechos sin inclinacion alguna; vamos á la razon de esa diversidad.

TEOD. — No me habeis de entender, sin que á lo menos dibujemos una figura que nos facilite la inteligencia: venga pluma y tinta.

SILV. — Mejor es que espliqueis esto mismo en la práctica con espejos verdaderos.

TEOD. — Eso es mejor: venid acá dentro á este otro cuarto.

EUG. — Ahora bien, Silvio, ¿os atreveis tambien á dar razon de este efecto allá en vuestro sistema?

SILV. — Nosotros disputamós acerca de cosas mas sustanciales y científicas: no nos cansamos en averiguar si los espejos estan torcidos ó derechos: ¿qué conexión tiene eso con la Filosofía?

TEOD. — Así es, Silvio: vamos nosotros, Eugenio, á nuestro punto: aquí tenemos una sala que tiene los espejos, como supongo que estarán los de vuestro gabinete (Fig. 50). De una parte está este espejo *ae* derecho, enfrente está este otro inclinado: poneos, Silvio, enfrente de este que está inclinado: reparad ahora, Eugenio: el rayo de luz modificada ó de color que reflecte de las espaldas de Silvio á este espejo derecho viene á dar aquí en *e*; pero como cae oblicuamente, no vuelve por la misma línea, y así reflecte por encima de la cabeza de Silvio, y va á parar al otro espejo, y da aquí *v. g.* en *i*: si este espejo estuviese tambien derecho, continuaria el rayo hasta este lugar *o*, y de aquí, conforme á la ley de reflexion, habia de reflectir hácia arriba, y se perdia ese rayo sin venir á los ojos de Silvio; y si los rayos de color que reflectieren de las espaldas no vinieren

á parar á los ojos, no puede Silvio ver sus espaldas :



Fig. 50.

aquí teneis ya la razon por que estando ambos espejos derechos no veis vuestras espaldas.

EUG. — Hasta ahí bien lo entiendo : vamos adelante.

TEOD. — Pero como este espejo *i* está torcido é inclinado hácia abajo, hace tambien reflectir hácia abajo el rayo que le va de este espejo *e*, y así viene el rayo á parar á los ojos de Silvio, y de este modo

ve sus espaldas : supongo que entendeis esto. Ahora quiero advertir una cosa que ya noté en otra parte, y es, que de las espaldas de Silvio reflecten rayos á todas las partes de este espejo *ae* ; los que dan perpendicularmente en el espejo vuelven por el mismo camino, y se pierden porque van á parar á sus espaldas : los que dan en este mismo espejo *ae* mas arriba van reflectiendo conforme á la ley de la reflexion, y tambien se pierden ; por tanto, no hago aquí caso de ellos : dije que se perdian, porque todo rayo de color que no viene á parar á los ojos de alguno no se logra ó aprovecha, y por eso digo que se pierde ; y esta es la razon por que reflectiendo de las espaldas de Silvio muchos rayos de color, solo hice mencion de uno, que es el que le vino á parar á los ojos.

EUG. — Estoy enteramente satisfecho.

SILV. — Ahora es tiempo de poner yo tambien mis dudas. Decidme, Teodosio : si estas representaciones ó imágenes que se hacen en el espejo no proceden de virtud especial que el espejo tenga para eso, sino de esas leyes de reflexion que habeis explicado, ¿ por qué no sucede lo mismo poniéndome enfrente de una pared ? ¿ Por ventura ahí no valen ya esas leyes de reflexion ?

TEOD. — Ya dije que la pared por mas lisa que parezca tiene su superficie escabrosa en orden á las sutilísimas particulas de la luz, las cuales son reflectidas desordenadamente, unos rayos hácia una parte, otros hácia otra, y por eso es la pared blanca : ponedme vos un cuerpo bien liso, que desde luego hará lo mismo que el espejo ; una chapa de plata

bien bruñida ó una piedra negra bien pulida, ó el acero tambien bien pulido, y vereis que hacen lo mismo que los espejos, porque tienen las superficies bien lisas; de donde se infiere, que este efecto de representar el objeto que se pone enfrente procede de la lisura de la superficie.

SILV. — Pero el vidrio no obstante tener la superficie lisa no representa la figura si no tiene acero ó azogue; luego no procede de la superficie. Veis, Eugenio, que esto es fábula.

TEOD. — Diré por qué sucede eso; mas ha de ser despacio para que Eugenio me entienda. El vidrio sin acero ó azogue es diáfano, y pasan por él la luz y los colores; pero no pasan por él todos los rayos: aquellos que dan en las partes sólidas reflecten hácia atras, y los que caen en los poros pasan hácia delante: esto se ve en las vidrieras de las ventanas, que dejan pasar el sol hácia dentro; pero vistas por la parte de afuera, dándolas el sol, ciegan muchas veces á quien mira hácia ellas; señal de que tambien hacen reflectir los rayos del sol; lo mismo sucede en los colores; cualquier vidrio sin azogue deja pasar los colores, porque deja ver las cosas que estan de la otra parte; pero no lo deja pasar todo; tambien reflecte muchos rayos, y por eso siempre representa, aunque débilmente, la figura de quien se mira en él.

SILV. — ¿Y qué hace allí el azogue en orden á ser esa representacion mas distinta?

TEOD. — Hace reflectir ordenadamente aun los rayos que pasaron por el vidrio; de suerte que no habiendo azogue solo reflecten del vidrio los rayos

que dieron en las partes sólidas; pero cuando se pone azogue en la parte posterior del vidrio, tambien reflecten los que pasaron por los poros, porque estos dan en el azogue y reflecten hácia atras: de este modo queda la representacion mas viva, porque se representa con todos los rayos que caen en el vidrio: pues si dan en las partes sólidas reflecten, si entran por los poros y traspasan el vidrio, allá está el azogue que los hace reflectir tambien, y siempre ordenadamente; y como hay muchos rayos que representen la misma figura, ha de ser necesariamente mas viva la representacion.

EUG. — ¿Y cuál es la razon por qué la piedra negra bruñida parece espejo, y la blanca igualmente bruñida no?

TEOD. — Es porque la piedra blanca por mas que hagan para pulirla siempre han de reflectir muchos rayos desordenadamente, porque nunca le han de quitar toda la blancura, y esta luz que reflecte desordenada perturba la otra que reflectiendo ordenadamente representaria la imagen del objeto. En la piedra negra sucede al contrario, porque como la luz que habia de reflectir desordenada se consume en la superficie, la que reflecte toda es ordenada siendo la superficie lisa, y no se altera el color que llevaban los rayos. Esta es tambien la razon por que un vidrio puesto sobre un papel blanco no representa la figura de quien se mira á él, sino muy débilmente; pero si lo pusiéreis sobre un terciopelo negro ú otra cosa bien negra, ha de representar mucho mejor la figura de quien á él se mirare.

EUG. — Creo que la razon es esta: los rayos que

pasan por los poros, si dan en el cuerpo blanco, reflecten hácia fuera con otra modificacion, y vienen á mezclarse con los rayos que reflectieron de la superficie del vidrio; pero si dan en cuerpo negro no reflecten, y así no perturban á los otros, que dando en las partes sólidas del vidrio reflectian ordenadamente, conservando el mismo color que llevaban. Supongo yo que será esto.

TEOD.— Eso es, y doy por acabadas las reflexiones de los colores en los espejos.

§ III.

Trátase de la refraccion de los rayos de color y de los efectos que de ella nacen : esplicase el arco iris.

EUG.— Decidme ahora : así como los colores tienen la misma reflexion que la luz, ¿ acaso tienen tambien las mismas refracciones ?

TEOD.— Tambien, y es preciso tratar de ellas para explicar algunos efectos que ocasionan. Traed á la memoria lo que os dije acerca de la refraccion de la luz : dije que el rayo de luz cuando entra ó sale del vidrio siempre quiebra sobre aquel lado que estando fuera del vidrio queda mas inmediato á él (Fig. 47). Lo mismo digo del rayo de luz entrando ó saliendo del agua, ó cualquier cuerpo diáfano que sea mas denso que el aire, porque en todos es la misma razon; y como los colores no son otra cosa que rayos de luz modificados, digo ahora, que los rayos de luz modificada ó los rayos de color, cuando entran ó

salen del agua, siempre quiebran sobre aquel lado que estando fuera del agua queda mas inmediato á su superficie.

EUG.— Todo concuerda con los principios que habeis establecido.

TEOD.— De aquí se saca la razon de una esperiencia bien facil y curiosa : echad dentro de un vaso (Fig. 51) una moneda, é id apartándoos hácia atras,

de suerte que el borde del vaso os cubra la moneda y no la veais; luego que la moneda se cubriere del todo con el borde del vaso, parad, y sin hacer mudanza en la cabeza ni en el vaso, mandad llenarlo de agua, y vereis en el fondo del vaso la moneda que antes no veiais.

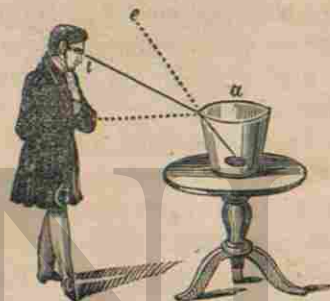


Fig. 51.

EUG.— Hagamos la esperiencia.

SILV.— Aquí teneis este vaso *a*, y aquí está esta moneda, que traigan agua.

EUG.— De aquí donde estoy en *i* no veo ni la moneda ni el fondo del vaso; echadle ahora agua.

TEOD.— He aquí teneis el vaso lleno; ¿ no veis ahora la moneda ?

EUG.— Veo la moneda y el fondo del vaso tambien; ¿ mas cuál es la razon de esto ?

TEOD.— La razon es, porque la luz que entra

pasan por los poros, si dan en el cuerpo blanco, reflecten hácia fuera con otra modificacion, y vienen á mezclarse con los rayos que reflectieron de la superficie del vidrio; pero si dan en cuerpo negro no reflecten, y así no perturban á los otros, que dando en las partes sólidas del vidrio reflectian ordenadamente, conservando el mismo color que llevaban. Supongo yo que será esto.

TEOD.— Eso es, y doy por acabadas las reflexiones de los colores en los espejos.

§ III.

Trátase de la refraccion de los rayos de color y de los efectos que de ella nacen : esplicase el arco iris.

EUG.— Decidme ahora : así como los colores tienen la misma reflexion que la luz, ¿ acaso tienen tambien las mismas refracciones ?

TEOD.— Tambien, y es preciso tratar de ellas para explicar algunos efectos que ocasionan. Traed á la memoria lo que os dije acerca de la refraccion de la luz : dije que el rayo de luz cuando entra ó sale del vidrio siempre quiebra sobre aquel lado que estando fuera del vidrio queda mas inmediato á él (Fig. 47). Lo mismo digo del rayo de luz entrando ó saliendo del agua, ó cualquier cuerpo diáfano que sea mas denso que el aire, porque en todos es la misma razon; y como los colores no son otra cosa que rayos de luz modificados, digo ahora, que los rayos de luz modificada ó los rayos de color, cuando entran ó

salen del agua, siempre quiebran sobre aquel lado que estando fuera del agua queda mas inmediato á su superficie.

EUG.— Todo concuerda con los principios que habeis establecido.

TEOD.— De aquí se saca la razon de una esperiencia bien facil y curiosa : echad dentro de un vaso (Fig. 51) una moneda, é id apartándoos hácia atras,

de suerte que el borde del vaso os cubra la moneda y no la veais; luego que la moneda se cubriere del todo con el borde del vaso, parad, y sin hacer mudanza en la cabeza ni en el vaso, mandad llenarlo de agua, y vereis en el fondo del vaso la moneda que antes no veiais.

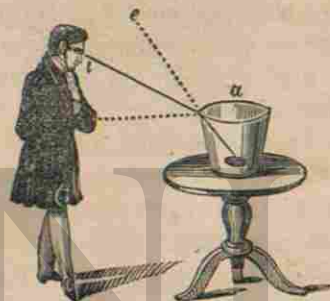


Fig. 51.

EUG.— Hagamos la esperiencia.

SILV.— Aquí teneis este vaso *a*, y aquí está esta moneda, que traigan agua.

EUG.— De aquí donde estoy en *i* no veo ni la moneda ni el fondo del vaso; echadle ahora agua.

TEOD.— He aquí teneis el vaso lleno; ¿ no veis ahora la moneda ?

EUG.— Veo la moneda y el fondo del vaso tambien; ¿ mas cuál es la razon de esto ?

TEOD.— La razon es, porque la luz que entra

por el agua y da en la moneda, ha de reflectir con el color de la moneda; el rayo de color que va desde la moneda hasta el borde, estando el vaso sin agua, va caminando derecho hácia *e*, y así no puede entrar en vuestros ojos estando vos en donde estais en *i*; pero luego que se llenó el vaso de agua, el rayo de color que desde la moneda reflecte hácia fuera, ha de quebrar luego que saliere del agua, y de quebrar llegando á vos entra por vuestros ojos, y por eso veís ahora la moneda que antes no veiais.

EUG. — ¿Y por qué ha de quebrar el rayo llegándose hácia mí?

TEOD. — Porque si la superficie del agua se continuase desde el borde del vaso hasta vos, solo de este modo podia el rayo llegarse mas hácia la superficie del agua, y hemos dicho ya que el rayo cuando sale del agua siempre quiebra sobre aquel lado que está mas próximo á la superficie del agua llegándose mas hácia ella; he aquí porque el rayo quiebra acercándose hácia vos, y va á parar á vuestros ojos y veis la moneda.

EUG. — Ya entiendo: me hacia fuerza no haber superficie de agua desde el borde del vaso á mí, hácia la cual se hubiese de llegar el rayo quebrado; pero como me decís que para eso basta suponer que se continúa la superficie del agua hasta donde yo estoy, ya lo entiendo.

TEOD. — Esta misma es la razon de otro efecto muy ordinario, y es que cuando meteis un baston en el agua oblicuamente parece que el baston está quebrado; y no es el baston el que está quebrado, son los rayos de la luz que reflecten de él hácia fuera

y quiebran al salir del agua. Para esplicarme mejor es preciso valerme de una estampa que traje de propósito para esplicar este punto (Fig. 52). Suponga-

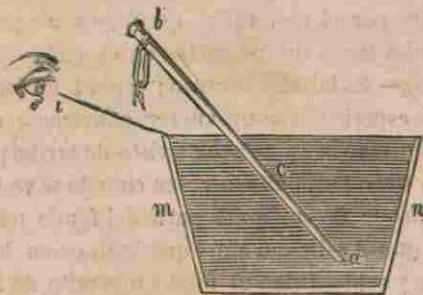


Fig. 52.

mos que *mn* es un vaso con agua, y que meteis dentro vuestro baston, así como aquí se representa, ha de pareceros que se quebró; porque la punta del baston *a*, que está casi en el fondo del vaso, se os ha de representar en derechura desde *n*. Porque los rayos de luz que reflecten de la punta del baston, y suben por el agua hasta la superficie *o*, luego que llegan allí no van derechos hácia *b*, quiebran, y se tuercen hácia *i*: esto supuesto, vos no podeis ver los objetos sino por los rayos de luz que reflecten de ellos y entran por vuestros ojos; ademas de eso, el objeto siempre se representa por línea recta, quiero decir, el rayo *io* es el que os representa la punta del baston, y ha de representarla en derechura á *n*, porque este es el lugar adonde va á parar ese rayo continuado por línea recta: ved ahí por que os parece que el baston está quebrado; pues verdadera-

mente lo estaria si estando la mitad de arriba como aquí se representa, la punta estuviese junto á *n*, como parece que está á quien mira desde *i*.

EUG. — Ahora me acuerdo que cuando en la falúa me paseo por el río, todos los remos me parecen quebrados luego que se meten en el agua.

TEOD. — Es la misma razon; como tambien lo es de otra esperiencia muy vulgar, conviene á saber, que todo vaso lleno de agua y visto de arriba parece que no tiene tanta altura como cuando se ve vacío; y es porque de cualquier parte del fondo reflecten rayos, que al salir del agua quiebran como los del baston, y representan el fondo mas alto de lo que en la verdad está.

SILV. — Pues ya que tratamos de los engaños que padece la vista viendo los objetos en donde verdaderamente no estan, decidme, ¿cuál es la razon por qué estos vidrios de mis anteojos hacen las cosas mayores de lo que ellas son?

EUG. — En los míos sucede al contrario, porque hacen los objetos mas pequeños: ¿cuál es la razon de este efecto, Teodosio, si es que no viene fuera de propósito el preguntar esto ahora?

TEOD. — De uno y otro efecto tenemos la razon en los principios que acabamos de establecer. Los vidrios de vuestros anteojos, Eugenio, son cóncavos por una parte ó por ámbas; suelen ser así los de los anteojos á que llaman de grados, y estos vidrios cóncavos hacen los objetos mas pequeños. Por el contrario, los vidrios de los anteojos á que llaman de viejos son algun tanto convexos, y estos aumentan los objetos.

SILV. — Vamos á la razon de ese efecto.

TEOD. — Aunque he de explicar esto mas largamente cuando trataré del modo con que obra el sentido de la vista, responderé ahora á vuestra pregunta brevemente. Hagamos una figura (Fig. 55), este cuerpo *bp* fin-

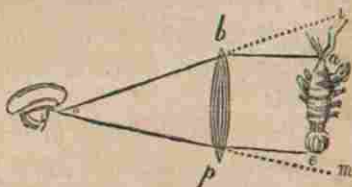


Fig. 55.

ge ser una lente convexa vista de lado: los rayos que reflecten de esta langosta *ae*, pasando por la lente convexa, se unen en *o*; luego si pusiéreis allí los ojos ha de pareceros que la cabeza de la langosta *a* está en *i*, porque á ese lugar va á parar el rayo *ob*, si lo continuáreis por línea recta; y, como ya dije, siempre nos parece que los objetos estan en los lugares adonde irian á parar los rayos que nos entran por los ojos, si los continuásemos por líneas rectas (no pruebo aquí esto porque pertenece á otro lugar). De la misma suerte la cola de la langosta *e* ha de pareceros que está en *m*, porque el rayo *op*, que es el que la representa, si se continuase por línea recta iria á parar á *m*; y pareciéndoos que la langosta tiene la cabeza en *i* y la cola en *m*, parecerá mucho mayor, porque ocupa mucho mayor espacio.

EUG. — Ahora veo que no se cansan en valde los físicos con estas leyes de reflexiones y refracciones, pues sirven para explicar tantos efectos.

TEOD. — Esta misma razon sirve para explicar

este otro efecto que diré. Si llenáreis un vaso de agua, y tuviéreis un dedo puesto á la alto, arriado al vidrio por la parte de fuera, mirando de la otra parte, de suerte que quede el vaso entre vuestros ojos y el dedo, os parecerá el dedo de gigante, y es la misma razon, porque el vaso lleno de agua hace lo mismo que una lente de vidrio convexa de ambas partes. Haced la esperiencia, Eugenio, y lo vereis.

SILV. — Aquí está todo lo preciso; tenemos vaso de vidrio, y el agua que sirvió para la esperiencia de la moneda.

EUG. — ¡Qué monstruosidad! Paréceme dedo de Polifemo. No hay veneno tan fuerte que haga hinchar los cuerpos tanto y tan de priesa como lo hace este vaso de agua. ¿Qué decís, Silvio?

SILV. — Ya tengo un remedio que dar á los tísicos para que engorden.

EUG. — Vamos ahora á dar la razon por que los anteojos de que uso hacen las cosas mas pequeñas. Tal vez, Silvio, hallareis en esto algun remedio para enflaquecer los hidrójicos.

SILV. — Bien puede ser.

TEOD. — Aquí milita la razon contraria: las lentes convexas, porque juntan los rayos, hacen parecer las cosas mayores; las cóncavas, porque los esparcen, han de hacer que las cosas nos parezcan mas pequeñas. Hagamos una figura que nos explique esto (Fig. 54). Los rayos que salen de las dos estremidades de la saeta pasando por la lente cóncava quiebran apartándose entre sí, de suerte que si no fuese la lente se juntarian en *a*; pero como la lente

los aparta, se unen mas adelante en *c*: supuesto esto, el rayo *eo* que representa la punta de la saeta, si le continuásemos derecho hácia delante iria á parar á *m*; y por consiguiente ha de representar

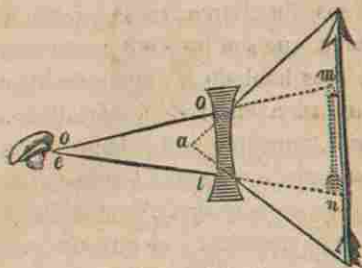


Fig. 51.

esa punta de la saeta en *m*: de la misma suerte el rayo *ei*, que representa las plumas de la saeta, si le continuáremos derecho va á parar á *n*, y ha de representar las plumas en *n*: representándose, pues, la punta de la saeta en *m* y las plumas en *n*, queda la saeta muy pequeña: he aquí como las lentes cóncavas hacen los objetos mas pequeños; y bástenos esto por ahora, porque estos y otros efectos semejantes se esplicarán con mas comodidad cuando trataremos de los ojos, y del modo de ver los objetos: entonces os esplicaré todas esas curiosidades.

EUG. — Acepto la promesa para entonces, porque es increíble el deseo que tengo de saber las causas de estos efectos ordinarios que estamos viendo todos los dias.

TEOD. — En este caso os agradará que os explique el arco iris.

EUG. — ¿Y qué? ¡se sabe en qué consiste el arco iris! Esplicadme pronto si es así.

TEOD. — Con efecto, se sabe de él todo lo que

se puede desear, que no sucede esto en muchas cosas. En el arco iris se pueden distinguir siete colores, que son los siete principales y simples de que hemos hablado tratando de los colores, y son por su orden encarnado, naranjado, amarillo, verde, azul, purpúreo y violado; pero los mas perceptibles en aquella distancia son el encarnado, el amarillo, el verde y el azul, confundiéndose el naranjado con el amarillo, y el purpúreo con el azul; el violado es muy remiso. Cuando se ven dos arcos celestes los colores del inferior son mas vivos, y por eso se llama *iris primario*: el arco superior se llama *iris secundario*, y sus colores son mas bajos. Tambien observareis que en el arco inferior los colores estan dispuestos de tal modo, que el encarnado está encima, el azul abajo; mas en el arco superior es al revés: luego daré la razon de esto. Ahora vamos á un experimento. Pero dejadme hacer con el lápiz una figura (Fig. 53). Tomemos dos globos ó bolas

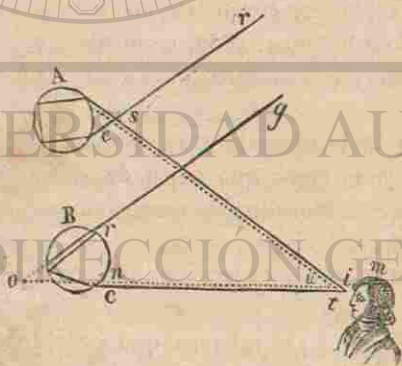


Fig. 53.

de vidrio AB: estando llenas de agua, de tal modo las puedo colgar al sol que veamos en ellas los colores del arco iris. Si yo suspen-

la B de manera que el rayo que de ellos va hasta ella, y el rayo visual que de mis ojos va á la misma bola (no atendiendo á las refracciones) hagan un ángulo de 40 grados y 47 minutos hasta 42 grados y 2 minutos, vereis los colores del iris primario. Y si pongo mas alta la bola A, de suerte que el rayo del sol y el visual hagan un ángulo desde 50 grados y 58 minutos hasta 54 y 7 minutos, se vuelven á ver los mismos colores ya mas remisos. Aquí en la estampa es facil dar la razon de este efecto. Vamos á la bola inferior B. El rayo del sol *gr* entrando en la bola llena de agua se quiebra hácia dentro, y dando en la superficie interior reflecte ó retrocede, y al salir vuelve á quebrarse, y viene á dar á los ojos *m*. Esta segunda refraccion no deshace lo que hizo la primera, porque es hácia la misma parte, y por la misma razon el rayo del sol se debe dividir en siete rayos de colores, y se deben apartar unos de otros, estando mas alto el rayo violado ó azul *nu*, porque se dobla mas, y mas bajo el rayo encarnado *ct*, que se dobla menos. Pero como los rayos se desparan, no pueden entrar todos á un tiempo en los ojos *m*, y así es preciso ir alzando la cabeza por un pequeño espacio para recibir en los ojos sucesivamente los colores en que el rayo del sol se divide. Ved aquí por qué no determiné justamente el ángulo que el rayo del sol debia formar con el visual; porque los rayos de diversos colores hacen ángulos diferentes, mas todos se comprenden dentro de los limites que he dicho.

SILV. — Lo mismo supongo yo que sucederá en la bola superior A.

TEOD. — Lo mismo sucede, mas con diversidad; porque como veis, el rayo *re* entra por la parte inferior y se quiebra: de ahí reflecte dos veces dentro de la bola, y sale por la parte de arriba, doblándose tambien al salir; y como se quiebra dos veces, tambien se divide en rayos de color que vienen á parar á los ojos *m*; y ya de aquí consta que este ángulo *s*, que el rayo del sol forma con el visual, es mucho mayor que acá abajo el ángulo *o*. Tambien se ve la causa de ser estos colores mas remisos; y es, que los rayos tuvieron dos reflexiones, y en la bola B solo tuvieron una. Por la misma razon de la diversa refrangibilidad de los rayos el violado debe estar mas abajo y el encarnado menos. Y aquí teneis ya la razon por qué los colores aparecen en orden inverso en una y otra bola; pues en la B, como los rayos se quiebran hácia arriba, el rayo violado *nu* va á dar mas alto que el encarnado *ct*; por el contrario en la bola A, como los rayos se doblan hácia abajo viene el violado *eu* á parar mas abajo que el encarnado *si*. Esto que hemos dicho de las bolas de vidrio llenas de agua se aplica á las gotas de agua que vienen cayendo por el aire; pues cada una de ellas es una bolita de agua, y los rayos del sol entran, se quiebran y reflecten del mismo modo que en las bolas de vidrio. Aquí se os muestra de repente la razon de todas las circunstancias del iris. Mirad la otra (Fig. 56) en que se pintan las gotas de agua mucho mas gruesas que las otras, para que se pueda delinear el camino de los rayos dentro de cada una de ellas. Ahora ya sabeis por qué hay dos arcos iris; porque tampoco las bolas

de vidrio muestran los colores sino en dos determi-

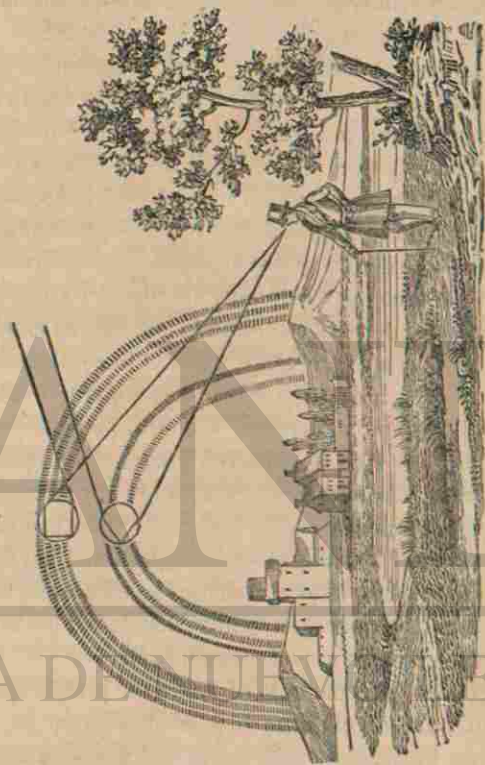


Fig. 56.

nadas alturas; tambien veis por qué los del arco superior han de ser mas remisos; y últimamente, por qué los colores han de aparecer en orden trocado en uno y otro iris.

SILV. — Tengo contra eso que cuando llueve, por todo aquel espacio se debian ver los colores en va-

rias cintas derechas, tiñéndose los rayos en todas las gotas que estuviesen á una misma altura, y no obstante vemos que los colores siempre aparecen en forma de arco.

TEOD. — Así debe ser; y reparareis que el centro del tal arco si lo considerais cerrado en un círculo completo, tanto corresponderá mas bajo cuanto el sol está mas alto; porque deben estar en una misma línea el centro del iris, el centro del sol, y en el medio la pupila de los ojos de quien observa el iris. De suerte, que si el sol estuviere cerca del ocaso el arco aparecerá muy levantado, y veremos medio círculo perfecto, estando tambien en el horizonte el centro de todo el iris si lo consideramos completo; y advierto que no puede aparecer entonces el iris sino al oriente. Ved aquí por qué jamas se ve el iris sino á la parte opuesta al sol: por la mañana debe aparecer al poniente, por la tarde al oriente, al medio día hácia el norte, porque entonces siempre tenemos el sol á la parte del sur, y á esas horas debe estar el arco muy bajo; porque tanto debe corresponder su centro debajo del horizonte cuanto el centro del sol está sobre él.

EUG. — ¿Y cuál es la razon de ser preciso que el centro del sol, el del arco y los ojos estén en una misma línea?

TEOD. — Es preciso para que los rayos del sol hagan con los visuales un mismo ángulo. Como el sol es redondo, tambien debe serlo el iris, porque solo podemos percibir los colores en aquellas gotas donde los rayos de la vista y los del sol hicieren aquel ángulo determinado que he dicho. Dejádme

formar un diseño (Fig. 57). Supongamos que este círculo de arriba ABC es el sol, y que las líneas de puntos son sus rayos. Imaginemos que *a* es el sitio en que estan los ojos, y que las rayas que desde *a* van á dar á *mnoqsr* son los rayos visuales. Estando los ojos *a* justamente á plomo sobre el centro del círculo inferior *moq*, es preciso que los rayos visuales en toda la circunferencia formen un mismo ángulo con los del sol¹; y por buena consecuencia se infiere que en ninguna otra parte fuera de este círculo *moq* podrán los rayos del sol hacer con los visuales este determinado ángulo; porque si se cayeren del círculo adentro será el ángulo mas agudo, y si del círculo afuera será mas obtuso. Poned, pues, Silvio, una regla derecha en el suelo, y vereis que solo dos puntos de ella tocarán en este círculo, y los restantes quedarán dentro ó fuera; luego solo en dos puntos de esa regla podreis conseguir que los

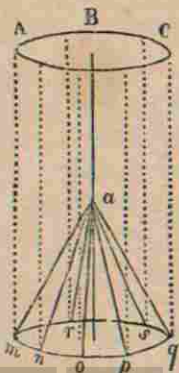


Fig. 57.

¹ Demuéstrase, porque siendo la pirámide cóica *amnpg* una cóica recta, de cualquier modo que se corte centralmente, resultan triángulos isosceles semejantes; luego los lados harán con las bases ángulos iguales; luego los complementos esternos de esos ángulos para igualarse á los ángulos rectos serán iguales; y como los rayos del sol, cayendo perpendicularmente sobre la base de la pirámide, hacen ángulos rectos, se sigue que alrededor son iguales los ángulos de la superficie de la pirámide con la superficie del cilindro; ó, lo que es lo mismo, los ángulos de los rayos visuales son iguales con los del sol.

rayos visuales hagan con los del sol el deseado ángulo. Volved ahora la figura de suerte que los rayos del sol vayan horizontales, y haced que llueva por todo el parage que ocupa el círculo *moq*: mantened los ojos en su lugar *a* por línea recta entre el centro del sol y del círculo opuesto, y echareis de ver claramente como solo en la circunferencia de dicho círculo se halla el ángulo deseado entre los rayos del sol y los visuales. En las gotas que caen por dentro del círculo es menor el ángulo, en las que caen fuera de él es mayor de lo que debia ser. Y ahora conocereis el motivo por qué estando el sol mas alto se baja el iris, y siempre aparece á la parte opuesta.

EUG. — Ahora advierto yo la razon de una esperiencia que años há hicisteis en mi presencia, cuando poniéndonos de espaldas al sol rociásteis el aire con un poco de agua, y vimos los colores del iris en las gotitas que venian cayendo.

TEOD. — Es la misma, y aquí teneis la razon de algunos círculos luminosos que á veces aparecen alrededor de la luna, y también del sol cuando el aire está cargado de vapores: suelen los tales círculos tener los colores del iris, aunque en los de la luna son los colores muy remisos. Como los rayos atravesando las gotas de agua ó vapor pueden doblarse de modo que tomen color, deben causar ahí el mismo efecto que en el iris.

SILV. — Ya he visto muchas veces esos círculos alrededor de la luna, y como su luz es mas debil, precisamente han de ser los colores menos vivos.

TEOD. — Vamos ahora á tratar de los cuerpos *fosforescentes* y *diáfanos*.

§ IV.

De los cuerpos fosforescentes y de la trasparencia ó diafanidad.

EUG. — He aquí otro punto curioso.

TEOD. — Esplicado lo que pertenece á la luz, conviene tocar de paso dos especies de cuerpos, unos que lucen por sí mismos, otros que dan paso á la luz: á los primeros llamamos *fosforescentes* porque lucen con una luz igual á la que da el cuerpo simple llamado fósforo, el cual arroja luz con solo tocar al aire, pero es tan debil su luz que casi solo se ve á oscuras: á los segundos los llamamos *cuerpos diáfanos*. Tratemos ahora de los *fósforos*. Los mas vulgares y sabidos en este nuestro pais son dos especies de insectos que dan luz: unos son como moscas ó abejas, que por el verano andan volando de noche, y hacen un bien ameno espectáculo despidiendo luz, y ocultándola alternativamente á manera de la pulsacion de las arterias; y como no se ven, aparece la luz ya aquí, ya en otro lugar, brillando el aire con la multitud de estos insectos como con estrellas centellantes.

SILV. — Otros gusanillos he hallado yo, mas sin alas, que tambien lucen, y su luz es perenne y mas fuerte, y el insecto es mayor en el cuerpo que esas moscas lucientes de que hablais: su luz es como la de una esmeralda vivisima y muy agradable.

EUG. — Estando yo en la América me contaron que habia por aquellas regiones otro género de moscas lucientes mucho mayores que las nuestras, y que daban gran luz.

rayos visuales hagan con los del sol el deseado ángulo. Volved ahora la figura de suerte que los rayos del sol vayan horizontales, y haced que llueva por todo el parage que ocupa el círculo *moq*: mantened los ojos en su lugar *a* por línea recta entre el centro del sol y del círculo opuesto, y echareis de ver claramente como solo en la circunferencia de dicho círculo se halla el ángulo deseado entre los rayos del sol y los visuales. En las gotas que caen por dentro del círculo es menor el ángulo, en las que caen fuera de él es mayor de lo que debia ser. Y ahora conocereis el motivo por qué estando el sol mas alto se baja el iris, y siempre aparece á la parte opuesta.

EUG. — Ahora advierto yo la razon de una esperiencia que años há hicisteis en mi presencia, cuando poniéndonos de espaldas al sol rociásteis el aire con un poco de agua, y vimos los colores del iris en las gotitas que venian cayendo.

TEOD. — Es la misma, y aquí teneis la razon de algunos círculos luminosos que á veces aparecen alrededor de la luna, y también del sol cuando el aire está cargado de vapores: suelen los tales círculos tener los colores del iris, aunque en los de la luna son los colores muy remisos. Como los rayos atravesando las gotas de agua ó vapor pueden doblarse de modo que tomen color, deben causar ahí el mismo efecto que en el iris.

SILV. — Ya he visto muchas veces esos círculos alrededor de la luna, y como su luz es mas debil, precisamente han de ser los colores menos vivos.

TEOD. — Vamos ahora á tratar de los cuerpos *fosforescentes* y *diáfanos*.

§ IV.

De los cuerpos fosforescentes y de la trasparencia ó diafanidad.

EUG. — He aquí otro punto curioso.

TEOD. — Esplicado lo que pertenece á la luz, conviene tocar de paso dos especies de cuerpos, unos que lucen por sí mismos, otros que dan paso á la luz: á los primeros llamamos *fosforescentes* porque lucen con una luz igual á la que da el cuerpo simple llamado fósforo, el cual arroja luz con solo tocar al aire, pero es tan debil su luz que casi solo se ve á oscuras: á los segundos los llamamos *cuerpos diáfanos*. Tratemos ahora de los *fósforos*. Los mas vulgares y sabidos en este nuestro pais son dos especies de insectos que dan luz: unos son como moscas ó abejas, que por el verano andan volando de noche, y hacen un bien ameno espectáculo despidiendo luz, y ocultándola alternativamente á manera de la pulsacion de las arterias; y como no se ven, aparece la luz ya aquí, ya en otro lugar, brillando el aire con la multitud de estos insectos como con estrellas centellantes.

SILV. — Otros gusanillos he hallado yo, mas sin alas, que tambien lucen, y su luz es perenne y mas fuerte, y el insecto es mayor en el cuerpo que esas moscas lucientes de que hablais: su luz es como la de una esmeralda vivisima y muy agradable.

EUG. — Estando yo en la América me contaron que habia por aquellas regiones otro género de moscas lucientes mucho mayores que las nuestras, y que daban gran luz.

TEOD. — Supongo que serán unas que trae dibujadas Mr. de Reaumur. Las describe menudamente, y cuando quisiéreis yo os las mostraré despacio: por ahora basta decir que tienen en la cabeza una como linterna que da una luz tan grande, que, conforme testifica Mr. Merian, basta una mosca de estas para leerse una gaceta de letra menuda; y en la historia general de las Antillas dice el historiador que sus habitantes, tanto en las jornadas como para trabajar de noche, no usan de otra luz.

EUG. — Pero yo supongo que esos insectos morirán brevemente.

TEOD. — Dice que duran quince días, y muerto uno usan de otro.

SILV. — Es cosa bien admirable; mas quisiera yo que me dijérais qué discurso formais sobre esta luz.

TEOD. — Todo lo que se ha dicho acerca de la causa de la fosforecencia no es admisible por ser poco racional. Un grande químico moderno que ha hecho muchos experimentos sobre la electricidad, Becquerel, atribuye la produccion de esta luz fosfórica á una recomposicion continua de los flúidos eléctricos contrarios, los cuales, segun el citado autor, se separan en virtud de un gran número de causas diversas en los cuerpos que son naturalmente fosforescentes. No os digo mas porque todo es aun poco cierto y poco claro.

EUG. — Yo he hallado espinas de pescado y huesos y otras cosas semejantes que lucian de noche; y por la primera vez quedé fuera de mí de pasmo.

TEOD. — Además de esos cuerpos que decís hay otros muchos que lucen de noche; algunas raices

de árboles ya viejos y podridos lucen: en el norte algunos caminantes se sirven de pedazos de palo que lucen para alumbrarse de noche en los caminos. En los cementerios tambien se ven luces por este estilo, mas en estos casos estas luces dependen de un gas inflamable que se desprende de los cuerpos en corrupcion, y al tocar el aire se enciende¹.

SILV. — Tambien me sucedió ver salir chispas de fuego del pelo de un gato.

TEOD. — Así sucede pasándole la mano contra el pelo, particularmente haciendo frio, y en el pelo de los caballos sucede á veces lo mismo². Pero quien puso esta materia en grande aumento fue el padre Beccaria, profesor de química y miembro de la academia del instituto de Bolonia. Ofreciósele que podia ser que hubiese muchos cuerpos que luciesen, y que nosotros por traer los ojos llenos de mucha luz no les percibiésemos la que ellos tenian. Usó para esta esperiencia de este método: hizo un gabinete con un torno como el de los conventos de monjas, muy ajustado, para prohibir toda la luz de fuera, y muy bien cerrado por todas partes: hacia que de la parte de afuera le fuesen poniendo varios cuerpos

¹ Este es el sesqui-fósforo de hidrógeno, gas espontaneamente inflamable, cuya combustion de por resultado agua y acido fosfórico. Se opina que durante la putrefaccion, el fosforo contenido en el cérebro, orina y huesos, se une al hidrógeno naciente, é inflamándose al atravesar las hendiduras de las huesas produce lo que vulgarmente se conoce con el nombre de fuegos fatuos.

² El fenómeno que se observa cuando por el roce se ve chispear y erizarse la piel del gato es un fenómeno enteramente eléctrico, y que no debe confundirse con la fosforencia, á menos que se quiera atribuir esta última facultad á una recomposicion continua de los flúidos eléctricos contrarios.

que queria experimentar, y volviéndolos hácia dentro podia ver la luz que ellos diesen por poca que fuese. De este modo observó que los huesos, los dientes, las piedras de los riñones y de la vejiga, las piedras de los meollos de los peces, las cáscaras de los huevos, el azúcar, la cera blanca, el lienzo, el papel y otras innumerables cosas, estando espuestas á la claridad del dia, y pasándolas de repente á un lugar bien oscuro, continuaban luciendo algun tiempo más ó menos conforme á su especie. Advierto que este efecto no es generalísimo; pero solo digo que en todas estas especies se encuentran cosas que lucen. Además de estas que naturalmente lucen, hay otras casi infinitas que por arte las hacen lucir: algunas necesitan de una calcinacion fuerte ó disolucion química; á otras basta cocerlas suavemente, á otras refregarlas y secarlas, á otras basta ponerlas al sol, y á otras basta esponerlas á la claridad del dia para quedar luciendo; y perdida la luz, volviendo á esponerlas al sol, vuelven á adquirirla cualidad perdida. Mas basta de fosforencia y vamos á esplicar en qué consiste la diafanidad. Ya hemos tratado en el principio de la porosidad de los cuerpos, y cómo eran muchos más de lo que se puede creer los poros en cualquier cuerpo sólido. Dicen los que no son de la escuela de Newton, que cuando los poros de cualquier cuerpo estan puestos por línea recta, el cuerpo queda diáfano, porque entonces las particulas de luz entrando por los poros no encuentran embarazo que las prohiba el movimiento, y lo conservan aun despues de haber pasado á la otra parte; y esto es lo que llamamos traspasar la luz el cuerpo diáfano. Pe-

ro los newtonianos esplican esto de otro modo.

EUG.—Decidme, Teodosio, cómo estan esos poros por línea recta para ser el cuerpo diáfano.

TEOD.— Me esplicaré con un ejemplo. ¿ Veis vos como todos estos árboles del paseo que tenemos delante de los ojos ó del bosque que nos queda por este lado estan puestos á cordel?

SILV.— Veo, y tan derechitos que se ve por entre ellos todo lo que se pasa allá en el fin del bosque siendo tan largo.

TEOD.— Pues así sucede en los poros de los cuerpos transparentes: todos los árboles estan con alguna distancia entre sí, y con todo eso si no estan puestos á cordel, quien va por una parte no ve lo que se pasa en la otra, porque estando sin orden no hay camino derecho y desembarazado por donde podamos mirar. Hay sí caminos por entre los árboles, pero todos estos caminos son torcidos; y si quisiéreis ir derecho hácia adelante, ó mas acá ó mas allá habeis de encontrar con algun árbol que os obligue á torcer el camino. Pues lo mismo se debe decir de los cuerpos opacos: si el cuerpo no tiene los poros así derechos, si estan confusos y sin orden, entra sí por ellos la materia de la luz, pero encuentra ahora con una parte sólida, despues con otra, de tal suerte que va perdiendo el movimiento que traia; y en la sentencia que afirma que la luz consiste en el movimiento de esta materia, se pierde la luz. No sucede así cuando los poros estan por líneas rectas; pero la prueba mas evidente es la de la esperiencia. Coged un velo de estos bien transparentes, juntad unos pocos hasta una docena, ¿por ventura quedarán diáfanos?

EUG. — No, porque son muchos.

TEOD. — Pero la razon no es otra sino la que se saca de lo que tengo dicho : cada velo por sí es diáfano, porque tiene sus poros ó agujerillos desembarazados para poder pasar la luz ; pero si uniéreis dos ó tres, ya los agujerillos de unos han de corresponder á los hilos de los otros : mas aun asi quedarán algunos agujerillos desembarazados, y si los pusiéreis contra el sol todavía le vereis por algunos : por eso siendo pocos los velos aun quedan algo diáfanos. Suponed ahora que se juntan una ó dos docenas de ellos, entonces ya es creible que no haya agujerillos desembarazados para pasar la luz de parte á parte ; de suerte que á los poros del primer velo han de corresponder los hilos de los otros que tiene atras, y así no quedan los poros puestos en orden, ni los velos diáfanos.

EUG. — Esta esperiencia prueba claramente lo que decís, y en el papel se ve lo mismo : una hoja de papel sola es trasparente ; pero una resma ó un cuadernillo es opaco, y no deja pasar la luz.

TEOD. — De aqui se saca la razon por qué casi todos los cuerpos, si los dividiéremos en hojas muy delgadas, quedan diáfanos, aunque antes de dividirlos fuesen opacos : v. g. las virutas que los carpinteros sacan de las tablas cuando las labran son diáfanos, y el palo todos saben que es opaco : la razon es porque como estas virutas ú hojas son muy delgadas algunos poros han de tener desembarazados, lo cual no sucede en las tablas muy gruesas, porque en estas siempre han de estar los poros por la mayor parte tapados con algunas partes sólidas, que mas

acá ó mas allá no dejen carrera derecha en los poros desde una superficie hasta la otra.

EUG. — Entiendo estas materias con grande facilidad ; mas decidme, Teodosio, ¿ este vidrio de mi reloj que era muy trasparente, ahora está bastante opaco, de qué procedió esto ?

SILV. — ¿ Es que le torcieron los poros ? quisiera saber quién le fue á torcer los poros en orden á perder la diafanidad.

TEOD. — Pues decidme, doctor mio, ¿ no veis que este vidrio está rozado ? ¿ No veis que su superficie está mas áspera ? Luego se mudaron algunas partes de su lugar, solo así se podia mudar la superficie ; pues si con la rozadura se mudaron algunas partes de su lugar, ¿ qué dificultad hay en creer que quedaron tapando los poros que antes de eso estaban desembarazados ? Esto mismo sucede visiblemente con el polvillo, porque el polvillo pegado á la superficie del vidrio tapa muchos poros que estaban desembarazados para poder pasar la luz por ellos.

SILV. — Aun tengo otra dificultad. Conforme á esas doctrinas, aquellas cosas que fuesen mas leves habian de ser mas diáfanos, porque tienen mas poros ó mayores, y esto es contra la esperiencia, pues vemos que la madera siendo mas ligera que el vidrio es opaca, y el vidrio diáfano.

TEOD. — De ese golpe me defiende un escudo que vos tenéis por impenetrable : Aristóteles, en cuyas palabras y doctrinas dicen los peripatéticos que juran, ya se propuso á sí mismo esta dificultad cuando trató de este punto ; su respuesta y su razon bien

muestran cuanto se conforman los modernos con sus doctrinas.

SILV. — ¿Pues qué responde Aristóteles á esta dificultad?

TEOD. — Lo que yo ahora respondo¹. Ser un cuerpo diáfano no está solamente en tener poros, como ya dije, está en tenerlos derechos y puestos por líneas rectas; por tanto, aunque el vidrio tenga menos poros que el corcho v. g., los tiene con todos mas derechos y enfilados, y en el corcho estan todos perturbados, de suerte que aunque la luz entre por los poros que estan en la superficie, da luego en partes sólidas, y no pasa adelante. ¿Teneis otra dificultad?

SILV. — Tengo. Si es verdad lo que decís no puede el agua de un río ser diáfana y trasparente, porque como toda va corriendo es imposible que se conserven siempre derechas esas series ó líneas de poros.

TEOD. — Si delante de los ojosuviéreis dos velos en sí diáfanos y transparentes, ¿no habeis de ver el sol aunque se muevan esos velos, ya ambos, ya uno solo? ¿No es cierto que vereis el sol por ellos?

SILV. — Sin duda le veré como antes.

TEOD. — Y no obstante, es cierto que no habeis de ver el sol sino por los agujerillos de los velos que corresponden entre sí; y moviéndose un solo velo, muchas veces ha de suceder que los agujerillos que antes estaban correspondientes se desigualen, y na-

¹ *Problemat. sec. II, probl. 61. Hæc eadem causa est, cur etiam per vitrum quod densissimum est, transpicere liceat: per ferulam, quæ rara solutaque est, non liceat: in altero enim meatus respondent inter se, in altero variant, nec quidquam juvat amplius esse meatus, nisi recte ad lineam possit eire.*

da de eso embaraza el pasar los rayos del sol hasta vuestros ojos; porque ¿qué importa que la luz del sol, despues de entrar por un agujerillo del primer velo, no halle enfrente el agujerillo del segundo velo por donde hasta allí pasaba, si en su lugar halla ya otro, y de allí á poco otro? Como el segundo velo se mueve, y en sí tiene muchos poros, siempre han de quedar algunos enfrente de los poros del primero, ya unos ya otros; con que la luz del sol siempre tiene camino desembarazado para pasar. Lo mismo digo del agua: cuando se mueve, forzosamente se han de mover tambien los poros; pero siempre á los poros que estan en la superficie de arriba han de corresponder algunos del agua inferior: no serán los mismos que eran cuando el agua estaba parada, pero serán otros por donde la luz pase del mismo modo, y de allí á poco otros, por lo mismo que el agua siempre va corriendo; y de este modo siempre la luz tiene por donde pasar.

EUG. — Yo hallo que esta respuesta no tiene instancia.

SILV. — Con todo eso siempre han de quedar los poros mas perturbados que si el agua estuviese parada.

TEOD. — No lo dudo, y de ahí puede ser que se saque la razon de no estar el agua tan clara cuando se mueve.

EUG. — Lo mismo se observa en los rios, porque los que corren mas lentamente son los que permiten ver mejor las piedrecitas y arena que estan en el fondo.

TEOD. — Tambien conduce mucho para eso no

estar el agua muy alta, porque siendo mucha la altura del agua, es mas dificultoso haber series de poros libres y desembarazadas desde la superficie hasta el fondo; como tambien sucede en el vidrio cuando es nimiamente grueso, porque en ese caso han de ser menos las series de poros desembarazados de una á otra parte. Y de aquí se saca tambien la razon por que cuando el río va con mucha tierra queda el agua turbia y poco trasparente, y no es sino porque las partes menudisimas de la tierra que estan mezcladas con las del agua tapan y embarazan las series de poros que estaban libres y desembarazadas; de suerte que la misma serie de poros que antes iba derecha desde arriba hasta abajo, metiéndosele en el medio una partícula de tierra, ya queda cortada, y el camino embarazado para la luz.

SILV. — Ahora pregunto yo: ¿y la luz no puede torcer el camino?

TEOD. — Sí, puede; pero queda mucho mas debil, porque se debilita el movimiento de la materia.

SILV. — Habeis dicho muy bien; mas con la infelicidad de no poder esa doctrina concordar con la esperiencia. Por ese vuestro discurso la luz no pasa sino por los poros del vidrio: un vidrio aunque tenga muchos poros no es todo poros; y nosotros quando por un vidrio miramos hácia el sol, vemos el vidrio tan penetrado de la luz, que en él no podemos mostrar parte alguna donde no haya luz. Ademas de que si la luz no pasa por las partes sólidas del vidrio, si nosotros recibiésemos en un papel la luz que pasa por un vidrio cristalino, habiamos de ver en el papel algunas sombras causadas por las par-

tes sólidas del vidrio, así como vemos que las celosías hacen sombra en el suelo quando por ellas entra el sol.

EUG. — En verdad, Teodosio, que este argumento de Silvio me parece convincente.

TEOD. — Yo haré por darle respuesta. Decidme, Silvio, ¿si echáreis en un vaso de agua la cuarta parte de vino tinto, no queda toda el agua encarnada y del color del vino?

SILV. — No hay duda.

TEOD. — Y con todo es cierto que las partículas de agua no mudan de color, quedan sí tan divididas y tan mezcladas con las de vino, que la vista mas perspicaz no puede distinguir las unas de las otras, y así aquel todo parece enteramente encarnado.

EUG. — ¿Y quién nos dice á nosotros que las partículas de agua no mudaron de color, y tomaron el del vino?

TEOD. — La esperiencia; porque aun despues de mezclada por mucho tiempo se puede separar el agua del vino, quedando ambos licores con su color acostumbrado, y no es creible que esté el agua mudando de color á cada paso si la estuvieren mezclando y separando frecuentemente del vino.

SILV. — Encaminad ahora ese ejemplo á nuestro punto.

TEOD. — Así como el agua verdaderamente no es encarnada, y con todo siendo aquí mucha mas que el vino no se puede percibir con la vista, por haberse dividido en partículas muy menudas, las cuales se mezclaron con el vino; así tambien las partes sólidas del vidrio verdaderamente no estan llenas de

luz; mas son tan menudas, y estan mezcladas con los poros tan íntimamente, que no las puede percibir la vista cuando mira por un vidrio hácia el sol. Y por esta misma razon las partes sólidas del vidrio no hacen sombra sensible en un papel como la hacen unas rejas, por quanto hacen muchas sombritas; mas son tan menudas, que la vista no puede percibir cada una en particular, por la misma razon que no puede percibir las partículas de agua en el caso que referí.

SILV. — Mas á lo menos se deben percibir esas sombras confusamente, asi como en el color bermejo se percibe el agua tambien confusamente, pues nunca queda el vino aguado con el color tan vivo como si fuese puro.

TEOD. — No hay duda que así sucede tambien en el vidrio: ¿quién ha de negar que un papel puesto al sol inmediatamente queda mas claro que si entre el sol y el papel metiéremos un vidrio? Pues esa menor claridad no es otra cosa que las sombras que hacen las partes sólidas del vidrio vistas confusamente; así como la debilidad del color encarnado dijisteis vos que eran las partículas de agua vistas confusamente. Confirmase esto, porque si en un papel pusiéreis muchos puntitos menudos de tinta, no podrá la vista en alguna distancia ver cada puntito en particular; pero verá un papel mas oscuro que si estuviese limpio: lo mismo digo de las sombritas que hacen las partes sólidas del vidrio, advirtiéndole que son increíblemente mas pequeñas que el mas mínimo punto que se puede señalar con la pluma.

SILV. — Está muy bien dicho; mas aun tengo otra

dificultad. Yo veo que cuando el sol entra por una ventana, si le corremos una cortina blanca y lavada, queda la casa mas clara de lo que estaba; y esto no puede ser si la luz solo entra por los poros, porque entonces tiene menos por donde pasar que antes.

TEOD. — Tambien yo he reparado en eso, y me hizo dificultad, hasta que advertí que la cortina hace esparcir la luz que iba á un lugar determinado; por eso si reparais en aquel sitio donde estaba el sol antes de correrse la cortina, queda mucho mas oscuro, y la luz que aquí falta la esparció la cortina por todo el otro espacio. Esto sucede, porque la luz entrando por los agujerillos de la cortina da en sus hilos blancos, y reflecte de algun modo hácia los lados, y por eso se esparcen los rayos.

SILV. — Sea, pues, como quisiéreis: ¿os agrada á vos, Eugenio, esta sentencia?

EUG. — Yo lo tengo entendido, y estoy satisfecho, y formo ya concepto de lo que es el cuerpo diáfano, como tambien el cuerpo opaco; más quiero saber la sentencia de los newtonianos.

TEOD. — Los newtonianos hablando de la diafanidad dicen que ser los cuerpos transparentes de ningún modo procede de los poros, sino solamente de que no haya entre las partículas del cuerpo materia de diversa virtud refringente. Ya os dije yo que no todos los cuerpos quiebran la luz con igual fuerza. supuesto esto, cuando entre las partículas de un cuerpo hay materia que quiebra la luz mas ó menos que ese cuerpo, quedará opaco. Los fundamentos son las siguientes experiencias. Cualquier liqui-

do, por trasparente que sea, si meneándole formare espuma, queda opaco, porque ya entre las partículas del líquido se introduce el aire que no tiene tanta fuerza de quebrar la luz como el líquido; y por eso las nubes formadas de aire y agua, ambos diáfanos, son opacas. Mas: el aceite y agua siendo ambos diáfanos, si se mezclan bien, quedan opacos, porque tienen diversa virtud refringente. Un vidrio que se hendió ya queda opaco en la hendedura, ni se ven los objetos de lado al traves de la hendedura, porque siendo los dos pedazos diáfanos, en el medio se introdujo alguna porción de aire que tiene diversa fuerza de quebrar la luz. Aun mas. El vidrio mas trasparente que hubiere molido en polvo queda opaco, porque entre sus partículas queda mucho aire, que es materia estraña de diversa fuerza refringente: la razon de esto es, porque aunque ambos cuerpos sean transparentes, si no tienen la misma densidad ó la misma virtud de quebrar la luz, en el paso de uno al otro se quebrará la luz, ya mas, ya menos, y esto tantas veces cuantas pasa del vidrio al aire, y del aire al vidrio; y como cuando está puesto en polvo la luz quiere atravesarle, ha de pasar innumerables veces de un granito de vidrio al aire intermedio, y de ahí á otro granito: estas innumerables refracciones de la luz la debilitan, de modo que se estingue, y no pasa, ó pasa muy estenuada.

SILV. — Ese discurso en vuestros principios es naturalísimo y bien fundado.

TEOD. — Confirmase con otras esperiencias, porque así como habiendo esta diversidad de materia

hay opacidad, así tambien llenos los poros ó espacios intermedios de materia semejante en la virtud refringente, tenemos diafanidad. El papel con aceite ó con agua queda mas diáfano, porque cualquiera de estos líquidos tiene mas semejanza en la virtud refringente con las partes sólidas del papel, de la que tiene el aire que por entre sus poros estaba metido. Mas: pongamos muchos vidrios juntos bien transparentes y pulidos que compongan el grueso de dos pulgadas, será opaco todo este agregado: pongamos ahora un vidrio pulido de todo este grueso, será mucho mas diáfano; y aquí no hay sino estar los rayos que habia entre vidrio y vidrio totalmente ocupados de la misma materia. Pero esta esperiencia que diré ahora convence todavía mas. Ajustemos tres vidrios de los que se hacen los espejos, y puesta arena entre unos y otros rocemoslos de suerte que queden ásperos; con esta diligencia quedarán opacos, de manera que puestos todos tres juntos sobre una carta no se verán las letras. ¿Que-reis ahora volverlos diáfanos? Ved si podeis hacer que en los huecos que hay necesariamente entre unos y otros haya materia mas semejante al vidrio que la del aire en la virtud de quebrar la luz.

EVG. — ¿Y cómo hemos de hacer nosotros eso?

TEOD. — Untad las superficies interiores y ásperas con aceite de trementina, y aplicadlas así entre sí, quedarán los vidrios mucho mas diáfanos. Con otro cualquier aceite y aun con agua se hace la esperiencia, bien que menos perfecta. Otra esperiencia y hacer pocos días há, que me llenó de admiracion: en un vaso echaron aceite ordinario,

que es bastante transparente, y echaron dentro un pedazo de *atincar* (al que los latinos llaman *borax* ó *chrisocolla*), el cual es un mineral transparente, mas tan irregular que al traves de él ninguna figura se puede ver por la grande irregularidad de figura y aspereza de su superficie; pero echando el *atincar* dentro del aceite quedaba como invisible, y se veian los objetos al traves del *atincar* y aceite como si fuese solo el aceite; y la razon de esto es porque en una y otra cosa hay la misma virtud refringente. Y en esta sentencia se explica bellisimamente como en todos los cuerpos las particulas mínimas vistas al microscopio son transparentes; no porque allí siendo muy cortas las series de los poros podrá haber muchos desembarazados, sino porque no hay en tan pequeño espacio materia estraña de diversa virtud refringente.

EUG. — ¿Y qué me decis de esa opinion?

TEOD. — Tan fortalecida está ella con esperiencias y tan claras, que no la puedo rechazar; antes juzgo que todos los modernos aun los de la otra sentencia deben tener por cierto, que todas las veces que en el cuerpo hubiere materias, diversas en la refraccion que hacen los rayos de luz, necesariamente el cuerpo ha de ser opaco por la infinidad de refracciones é inflexiones que padece la luz mientras va traspasando el cuerpo. Ni solamente por la recta disposicion de los poros se puede responder á todas estas esperiencias, como tampoco en la opinion de Silvio; pero este punto meditenlo despacio los que quisieren averiguarlo, ora se explique por el sistema de Newton, ora por el de las undulacio-

nes, ora por otro, ya veis que siempre hay sus dificultades. Y no nos toca á nosotros tratar de superarlas.

EUG. — Lo que yo quisiera es que me esplicaseis ahora como vemos

§ V.

Descripcion del ojo: y trátase del modo como se pintan en él los objetos.

TEOD. — Para esto es preciso que os describa la disposicion anatómica del ojo: lo guardaba para cuando os explique la organizacion de la máquina humana; pero puesto que aquí viene bien y se hace indispensable voy á haceros dicha descripcion: dejadme tomar del estante algun libro que tenga estampados los ojos como son por dentro.

EUG. — Con las estampas me hago cargo mucho mejor de cualquiera cosa.

TEOD. — Aquí teneis la figura de un ojo (Fig. 58).



Fig. 58.

Fig. 59.

Y para que no os confundais aquí está en la figura 59

que es bastante transparente, y echaron dentro un pedazo de *atincar* (al que los latinos llaman *borax* ó *chrisocolla*), el cual es un mineral transparente, mas tan irregular que al traves de él ninguna figura se puede ver por la grande irregularidad de figura y aspereza de su superficie; pero echando el *atincar* dentro del aceite quedaba como invisible, y se veian los objetos al traves del *atincar* y aceite como si fuese solo el aceite; y la razon de esto es porque en una y otra cosa hay la misma virtud refringente. Y en esta sentencia se explica bellisimamente como en todos los cuerpos las particulas mínimas vistas al microscopio son transparentes; no porque allí siendo muy cortas las series de los poros podrá haber muchos desembarazados, sino porque no hay en tan pequeño espacio materia estraña de diversa virtud refringente.

EUG. — ¿Y qué me decis de esa opinion?

TEOD. — Tan fortalecida está ella con esperiencias y tan claras, que no la puedo rechazar; antes juzgo que todos los modernos aun los de la otra sentencia deben tener por cierto, que todas las veces que en el cuerpo hubiere materias, diversas en la refraccion que hacen los rayos de luz, necesariamente el cuerpo ha de ser opaco por la infinidad de refracciones é inflexiones que padece la luz mientras va traspasando el cuerpo. Ni solamente por la recta disposicion de los poros se puede responder á todas estas esperiencias, como tampoco en la opinion de Silvio; pero este punto meditenlo despacio los que quisieren averiguarlo, ora se explique por el sistema de Newton, ora por el de las undulacio-

nes, ora por otro, ya veis que siempre hay sus dificultades. Y no nos toca á nosotros tratar de superarlas.

EUG. — Lo que yo quisiera es que me esplicaseis ahora como vemos

§ V.

Descripcion del ojo: y trátase del modo como se pintan en él los objetos.

TEOD. — Para esto es preciso que os describa la disposicion anatómica del ojo: lo guardaba para cuando os explique la organizacion de la máquina humana; pero puesto que aquí viene bien y se hace indispensable voy á hacer os dicha descripcion: dejadme tomar del estante algun libro que tenga estampados los ojos como son por dentro.

EUG. — Con las estampas me hago cargo mucho mejor de cualquiera cosa.

TEOD. — Aquí teneis la figura de un ojo (Fig. 58).



Fig. 58.

Fig. 59.

Y para que no os confundais aquí está en la figura 59

el mismo ojo con párpados y cejas. Las líneas de puntitos denotan lo que queda encubierto por debajo de los párpados.

EUG. — No imaginaba yo que los ojos tenían figura esférica.

TEOD. — Pues aquí lo veis, y si reparais vereis que ya los levanteis, ya los bajeis, ya los movais á cualquier lado, siempre tiene una misma figura aquella parte de ellos que se ve entre los dos párpados, lo cual no podría suceder si no fuesen globosos, pues solo la esfera tiene esta propiedad que todas las partes de su superficie son semejantes. Y notad que todos los individuos los tienen de igual tamaño, diferenciándose solo los ojos grandes de los pequeños por la mayor ó menor abertura de los párpados.

EUG. — Pero esta prominencia *ee* (Fig. 58) no he reparado si la hay en los ojos.

TEOD. — En los míos y en los de Silvio vereis que la hay; si que no es tan convexa como en la estampa, pero acostumbran pintarla mayor para que se distinga mas y hacerla mas perceptible. Espliquemos por menor todas las partes de que se compone. Lo primero el ojo consta de tres tunicas, membranas ó pieles que le rodean por fuera: la exterior *ssss* se llama *esclerótica*, la de enmedio *choroides*, y la interior *retina*. La parte mas convexa *ee* de la primera membrana se llama *cornea*, la cual es transparente, y remata uniéndose, como el vidrio al reloj, á la *esclerótica*, que es lo que nosotros llamamos *blanco de los ojos*. Detras de la *cornea* con algun intervalo está otra membrana plana ó chata,

que se llama *uvea*, ó iris, esta es parda, ó verde, ó azul, etc., y conforme á este color decimos que fulano tiene los ojos azules ó verdes: en el medio de la *uvea* hay un agujerito redondo, que se llama *pupila*: la cual no es otra cosa que la niña de los ojos. Ahora os esplicaré los humores que se contienen dentro de estas membranas.

EUG. — ¿Y qué humores son estos?

TEOD. — El humor que está entre la cornea y esta lente convexa por ambas partes que veis aquí á cierta distancia, M. se llama *áqueo* porque se parece al agua: la lente se llama el humor *crystalino* porque tiene la apariencia de cristal, y es blanda casi como un pedazo de gelatina. El *crystalino* está envuelto dentro de un saquito muy delgado que se llama su *cápsula*, y es tan transparente como el mismo humor *crystalino*. El humor que ocupa toda la demas concavidad de los ojos se llama *vitreo*. Estos humores como veis no son de una misma densidad: el *crystalino* es el mas denso de todos, á este se sigue el *vitreo* y despues el *áqueo*. Cuando lleguéis á saber el modo con que los objetos se pintan en nuestros ojos (lo cual es preciso para ver con ellos), os admirareis de la pasmosa industria con que estas partes estan dispuestas.

EUG. — Vos, Silvio, debeis de haber oido alguna cosa que no os agradó, que eso indica vuestra sonrisa; pero antes que pasemos adelante decidme, Teodosio, ¿qué es esto que está aquí en N?

TEOD. — Es el nervio óptico, que consta de unas fibras tenuísimas, las cuales esparcidas y tejidas á

manera de red forman la retina. ¿Qué es ahora lo que se os ofrecía, Silvio?

SILV. — Yo no digo nada, solo me reí de haberos oído que los objetos se pintan dentro de nuestros ojos, y que esto era preciso para que los viésemos. ¿No medireis con qué antejo habeis visto esa pintura?

TEOD. — No es preciso tener antejo para verlo: para eso bastan los ojos sin ningun auxilio. Suponed que sacamos un ojo entero á un buey ó á otro animal semejante, y que cerrando las ventanas de la sala, y haciendo en una un agujero proporcionado, ajustamos allí el ojo arrancado vuelta la pupila hácia fuera; y que despues vamos quitando con mucho tiento las membranas que componen la parte posterior del ojo hasta llegar á la última, que es la que basta para contener sin que se derrame el humor vitreo: vereis en esa membrana ó piel dibujados con sus colores naturales todos los objetos que estan fuera de la casa, pero con los pies arriba y la cabeza abajo. Luego como la fábrica de los ojos es la misma en el buey que en el hombre, y uno mismo el oficio en unos ojos que en otros, bien se infiere que si los objetos se pintan en los del buey tambien se pintarán en los nuestros.

SILV. — No lo creo, ni lo creeré hasta que lo vea; además de que es locura persuadirme tal cosa, sabiendo muy bien que es imposible que allá dentro de los ojos se haga esa pintura sin que haya colores para hacerla.

TEOD. — ¿No os acordais de que dije que los colores no eran otra cosa que la luz reverberada de los cuerpos? pues si dentro de los ojos puede en-

trar esta luz despues de reflectir de los objetos, ¿qué duda puede haber en que dentro de los ojos haya colores capaces de hacer pintura?

SILV. — Ahora bien, si eso es así, aquí por esta ventana entra bastante luz ya reverberada de los cuerpos exteriores: hacedme el gusto de formar una pintura con ella sin otra cosa.

TEOD. — ¿Y prometeis daros por convencido si yo la hiciere?

SILV. — Sin réplica; y Eugenio será testigo.

EUG. — No tengo reparo; mas, Teodosio, mirad lo que prometeis.

TEOD. — Cerremos todas las ventanas; y en esta que cae al jardín quiero abrir un agujero con esta barrena gruesa, y vereis como todo lo que se registra desde ella se pinta en aquella pared de enfrente; pero con los pies hácia arriba. Cerrad los ojos por un rato para acostumbraros á la poca luz que entrará por el agujero de la ventana: esperad un poco... He aquí los árboles del bosque de enfrente moviéndose con el viento, pintados en la pared con las ramas hácia abajo.

EUG. — Es verdad. Por allí andan paseándose las cigüeñas pintadas en la pared.

TEOD. — Allí está el jardinero con la regadera, ¿No lo veis, Silvio?

SILV. — Sí; pero los colores son muy bajos.

EUG. — Mas no podeis negar que muestran bastante las figuras de los objetos: cada vez los distingo mejor.

TEOD. — Eso proviene de que los ojos se van acostumbrando á la poca luz. Pero si vos, Silvio,

quereis colores mas vivos, yo os daré ese gusto. Dad acá vuestros anteojos que son convexos. Vos, Eugenio, ajustad un vidrio de ellos al agujero de la ventana, y reparad lo que sucede. Ahora puede ser que la pintura no se haga en la pared, antes se hará en esta toalla. Aquí la teneis.

EGG. — Así es: ahora la pintura es mucho mas menuda; pero mucho mas viva. Ved, Silvio, si los colores son bastante vivos, ó si un pintor podria pintarlos con mas propiedad. No podia yo esperar que los anteojos de un peripatético le hiciesen ver una verdad, que tan tercamente negaba.

SILV. — Todavía no tenemos nada adelantado; porque de aquí solo se colige que quien usare de estos anteojos, tal vez por virtud de ellos podria (que aun no lo concedo) lograr entonces una pintura viva de los colores de los objetos; pero no hay argumento que pruebe que quien no se valiese de ellos haya de tener esta pintura.

TEOD. — Vamos poco á poco. En primer lugar ya visteis que sin vidrio alguno se hacia la pintura con colores, bien que mas confusa; luego ya cumplí lo que habia prometido, que era pintar los objetos con sus figuras y colores solo con la luz que reverberaba de los cuerpos. Lo segundo, la lente que puse en el agujero era convexa, que de estas son de las que usan los que padecen el defecto de vista que vos padecéis; y todos nosotros, aun sin usar de anteojos, tenemos dentro de los ojos el humor cristalino, que tiene la figura y hace el oficio de una lente convexa. Reparad en la figura que mostré á Eugenio. Acabamos las ventanas. Aquí teneis el cris-

talino M (Fig. 60). Luego si la luz rebatida de los objetos, entrando por el agujero de la ventana y

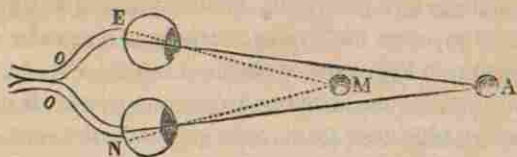


Fig. 60.

pasando por una lente convexa, pinta los objetos en la toalla puesta á una determinada distancia, ¿por qué no sucederá lo mismo á la luz que despues de reflectir de los objetos entra por la pupila y pasando por la lente del humor cristalino, llega hasta la retina? De ahí proviene que cuando da el sol en los objetos que vemos es mas viva la pintura en la toalla, y es mas clara la pintura en nuestros ojos, y por esta razon vemos mejor.

SILV. — Pues si la luz reflectiendo ó reverberando de los objetos á los ojos hace dentro de ellos esta pintura, y tambien la hace en la pared entrando por un agujero de la ventana, ¿por qué no la hace entrando por la ventana abierta de par en par? ¿Por ventura no tiene ya la luz consigo los colores?

TEOD. — Los mismos colores tiene que tenia antes; mas de tal manera se mezclan y confunden, que no pueden formar pintura alguna. Suponed que las tintas de un pintor se mezclan unas con otras: ¿tenemos alguna imagen? Es claro que no; pues lo mismo sucede en el caso de estar la ventana abierta.

EUG. — Esplicadme esto bien.

TEOD. — Mirad, Eugenio : la luz dando en las ramas de un arbol, de tal suerte se modifica, que se convierte en color verde. Donde quiera que dieren estos rayos de luz, como allí no haya otro color diverso que lo impida, se ha de ver el color verde. Lo mismo digo de la luz que da en el tronco, la cual reflecciendo de él forma color pardo. Esto supuesto, cuando la ventana está cerrada entran por el agujero los rayos de luz que reflecten del tronco y de las ramas. Como los que salen del tronco vienen de abajo, entrando por el agujero, han de ir á dar en la pared, pero mas arriba; y como los que resaltan de las ramas vienen de arriba y bajan para enfilarse por el agujero de la ventana, deben venir á parar á la parte inferior de la pared; y aquí teneis la razon de pintarse los árboles al reves. Ademas de esto, como estos rayos caen en diversas partes de la pared, no se mezclan entre sí, y cada uno pinta en ella su propio color. Suponed ahora que sin tocar en esta ventana abrimos otra : mientras la casa está iluminada desaparece la pintura.

EUG. — ¿Y por qué?

TEOD. — Porque por la otra ventana entran á un tiempo rayos de luz que reflecten de innumerables objetos y de diversos colores; y como la ventana es muy grande, muchos rayos que resaltan de diversos objetos vienen á parar sobre el lugar de la pintura antigua, y todos esos colores se mezclan con el verde y pardo que estaban allí, y por esta razon todo se confunde. Por tanto, para esta experiencia es preciso el agujerito para hacer que los

rayos se crucen y encaminen á diversos lugares, y que la casa esté oscura á fin de que no se confunda con los otros objetos aquel color que cada rayo trae de por sí; y aquí teneis la causa de que ahora no veamos pintura en la pared.

SILV. — Falta dar la razon por qué la pintura es mas viva con el vidrio convexo que sin él.

TEOD. — Yo os la daré; pero ved primero esta (Fig. 61). Aquí teneis una lente *ae*, que es convexa, y vista de canto hace esta figura. Supongamos que el objeto esterno es una saeta *ST*, de cuya cúspide ó punta *S* reflecten rayos hácia todas partes: luego reflecten tambien hácia toda la lente *ae* (no hagamos cuenta sino de tres rayos, porque lo que dijéremos de tres lo decimos de trescientos).

Estos rayos de puntitos tropezando en la lente se quiebran de manera que se van á juntar en este lugar *o*, y los rayos de líneas continuadas que salen de las plumas de la saeta *T*, dando en la lente se quiebran tambien de suerte que van á juntarse en el lugar *f*, conforme á lo que dije tratando de la refracciendo de la luz. De aquí nace que en el punto *o* se juntan muchos rayos de los que salieron de la punta *S*; y como todos ellos parten de un mismo objeto y tienen un mismo color, pintan un color muy vivo y fuerte, tanto mas vivo cuanto mayor fuere la lente, porque

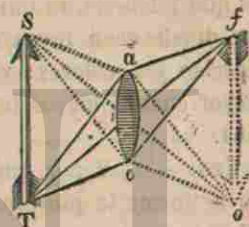


Fig. 61.

entonces se juntan en un punto mayor número de rayos. Lo mismo sucede en el punto *f*: por eso con la lente sale la pintura muy viva. No habiendo lente los rayos que salian de la cúspide se irian esparciéndose mas y mas, y los que llegasen á entrar por el agujero de allí adelante continuarian todavia apartándose, porque como no hay quien los quiebre, forzosamente han de seguir su direccion. De este modo los rayos que salen de un punto del objeto no pueden unirse en un punto; y como se esparcen, los que salen de un punto van á caer sobre el lugar donde caen rayos que parten de otro, y se mezclan los colores; y tenemos confusion tanto mayor quanto mayor fuere el agujero de la ventana.

EUG. — ¿Y por qué razon cuando hay lente no se forma la pintura en la pared sino en la toalla?

TEOD. — La pintura cuando hay lente solo se hace á una distancia determinada de ella, porque los rayos solo á determinada distancia se pintan: á veces sucede que la pared se halla á esa distancia; pero como la toalla se acerca mas ó menos á nuestro arbitrio, por eso se usa antes de una toalla ó de cualquier paño blanco.

EUG. — ¿Y por qué preferis un paño blanco á otro cualquiera?

TEOD. — Porque el paño blanco, el papel blanco ó pared etc., á causa de su color reflecten casi toda la luz que cae en ellos, y por esta razon se logra mejor cualquier pintura. Pero si los colores que entran por la ventana cayesen sobre otro plano de

color oscuro, se sumiria mucha parte de los rayos, y resultaria una pintura muy imperfecta.

EUG. — Ya lo he entendido.

TEOD. — Esta misma pintura que se hace con la luz del sol, se hace tambien con la luz de una vela encendida; para que vos, Silvio, acabeis de conocer que los colores no son otra cosa mas que la luz modificada.

SILV. — ¿Y cómo se hace esa pintura que decís?

TEOD. — Que traigan una vela encendida, y vereis como se pinta en la pared sin mas diligencia que juntar en un punto de la pared los rayos que salen de un punto del objeto. Lo haré primero, y despues daré la razon. Aquí teneis la luz. Reparad ahora, que voy acercando una lente convexa mas ó menos á la vela hasta pintarla en la pared (Fig. 62).

EUG. — Ya está allí pintada, pero al reves, pues está vuelta la llama hácia abajo.

TEOD. — La razon es la misma: todos

los rayos que salen de la llama y caen en la lente, se quiebran y se juntan en este lugar de la pared *a*. Por la misma razon se juntan aquí en *e* los rayos que reflecten del candelero cuando el mismo candelero recibe bastante luz; pero como la corpulencia de la vela

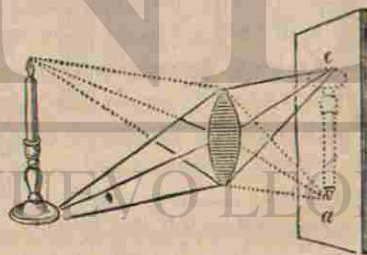


Fig. 62.

impide que la luz la bañe bien, apenas se señala la vela.

SILV. — Bien se ve pintada la parte mas iluminada.

TEOD. — Es de advertir que para que esto se haga bien no ha de haber sino una luz en la pieza, porque habiendo muchas se confunden algun tanto las pinturas.

EUG. — Eso se conforma con la razon que ya dejais dada. Decidme ahora: ¿y podrá pintarse el objeto con la luz sin el auxilio de esta lente convexa?

TEOD. — Si hubiere un espejo cóncavo que junte los rayos hará lo mismo. Haré la esperiencia (Fig. 65).

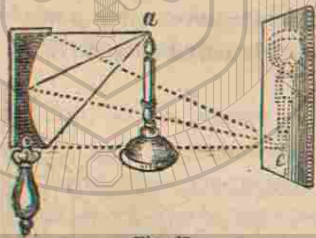


Fig. 65.

Aquí teneis que de la llama *a* salen rayos hácia todas las partes del espejo, los cuales á causa de su concavidad se juntan en este punto *e*, y ahí pintan la llama, porque encuentran pla-

no capaz de recibir la pintura.

EUG. — Bien lo veo: todo va comprobando la misma doctrina. Ahora, Silvio, poca ó ninguna duda podeis ya tener acerca de la pintura que Teodosio dijo se hacia dentro de los ojos; porque si los rayos de luz pintan los objetos en la pared ó en cualquier plano que encuentren, ¿cómo no los pintarán dentro de los ojos?

SILV. — Acá fuera veo que es así; pero allá dentro no me consta.

TEOD. — Cónstame á mí y á todos los que no cerraren los ojos del cuerpo y de la razon. Si hiciéremos la esperiencia del ojo de buey que referí, se verá la pintura hecha en su retina. Ademas, si nosotros vemos en los ojos la misma disposicion de órganos que es precisa para que el objeto se pinte acá fuera en cualquier plano, solamente con la luz que entra por un agujero, ¿por qué razon no hemos de decir que se hace dentro de los ojos la misma pintura que acá fuera? En el ojo hay la cornea convexa, que hace las veces de una lente de vidrio convexa: siguese el agujerito de la pupila, que corresponde al agujero que se abre en una ventana para la esperiencia que hemos visto. Despues está el cristalino, que es una lente convexo-concava, y quiebra mas los rayos, al modo que la lente de vidrio que se aplica al agujero de la ventana. La retina hace lo mismo que la pared ó el papel en que se recibe la pintura. Dentro del ojo no hay mas luz que la que entra por la pupila, así como dentro de la casa no hay mas luz que la que entra por el agujerito: la luz es la misma, los objetos los mismos; luego si en la pared se pintan los objetos solamente con la luz, en la retina tambien se pintan del mismo modo. Así que, si quisiéreis creer, aquí teneis los fundamentos; si no quisiéreis, quedaos en vuestra opinion, que yo voy á responder á Eugenio, á quien veo en ademan de preguntar.

§ VI.

Del conocimiento que nuestra alma tiene del objeto fué dado en la pintura de los ojos.

ERG. — Antes que se me olvide : habeis dicho que en los ojos se hacia la pintura de los objetos, y que esto era preciso para que nosotros los viésemos. Teneis probado que se pintan : resta explicar lo demas.

TEOD. — Ahora lo haré. Nosotros tenemos en nosotros mismos dos sustancias totalmente diversas, que son cuerpo y alma. Nuestras sensaciones son percepciones del alma, esto es, unos movimientos del alma con que ella sabe que hay ó está este ó aquel objeto en este ó en aquel lugar. Pero el alma para tener estos movimientos depende de ciertos movimientos del cuerpo á causa de la admirable union que hay entre los dos : de manera que la diversidad de los sentidos ó percepciones del alma consiste en los diversos órganos ó en la diversa calidad de movimientos del cuerpo de que dependen estas percepciones. El sentido de la vista consiste en las percepciones que el alma tiene con dependencia de los movimientos é impresiones que se hacen en los ojos, al modo que el sentido del oír está en la percepcion del alma que depende de las impresiones de los oidos. Advertid ahora bien lo que os digo. Esta percepcion es una aprension ó acto con que el objeto simplemente se representa al alma ;

pero á este acto de simple representacion de ordinario le acompaña un juicio del alma, con el cual ella se dice á sí que el objeto es como se representa. Pero este juicio no es de la esencia del acto de ver, puesto que el alma le suspende cuando duda si hay realmente el objeto como el alma lo ve ó la vista le representa que es. Por tanto, esto que llamamos *ver* incluye en sí dos cosas, movimiento de los órganos de la vista y acto del alma : por consiguiente para esplicar el sentido de la vista es preciso esplicar lo que pertenece á las impresiones de los ojos, y lo que corresponde á los actos del alma que dependen de ellas. Esto supuesto, no juzgueis que esta pintura de los ojos para ahí ; comunicase en cierto modo al cerebro de esta manera que diré. La retina está formada de unas fibras sutilísimas del nervio óptico, el cual, como todos los otros, tiene su origen en el cerebro : cuando se hace alguna impresion en los nervios, estos la comunican al cerebro y el alma la percibe.

ERG. — ¿Y qué impresion se puede hacer en la retina, no habiendo cuerpo alguno que la toque sino el humor vitreo ? y ese siempre la está tocando ; y así no puede hacer sensacion, por causa de la cual veamos ahora y no veamos despues.

TEOD. — Ya os dije que la luz era cuerpo, y cuerpo sutilísimo, ya sea la materia etérea de Gasendo, ya el fuego sutilísimo de los newtonianos. Mas como es cuerpo sutilísimo, y este cuerpo va agitado con un movimiento muy rápido, da de golpe en la retina, y con este movimiento escita el movimiento del nervio. De aquí proviene que cuando

miramos al sol quedamos por un rato casi ciegos, porque la retina, agitada con vehemencia por la luz fuerte del sol, queda conservando este movimiento por un poco de tiempo; y por eso nos parece que estamos viendo el sol aun teniendo los ojos cerrados, y poniéndoles la mano encima. Y como en la retina se conserva este movimiento de la luz fuerte, cualquier movimiento que traiga la luz mas debil de otros objetos no puede percibirse en la retina, ó hacer en ella diversa impresion, como sucederia si la retina estuviese enteramente quieta y sosegada.

EUG. — Ahora alcanzo la razon por qué cuando entramos en una casa que está casi á oscuras no vemos nada dentro de ella; y si nos detenemos allí por algun tiempo vemos con aquella escasa luz que hay todo cuanto pasa dentro de la casa, y nos admiramos de que los que de nuevo entran no vean aquello que vemos los que ya estamos dentro.

TEOD. — Sucede por la razon que digo; porque estando la casa con muy poca luz, la que entra por los ojos, como viene ya rebatida de los objetos, tambien es muy debil, y no puede hacer conmocion sensible en la retina cuando los ojos vienen de un lugar claro, á causa de que la habia puesto en movimiento una luz fuerte. Al contrario, cuando estamos mucho tiempo en un lugar oscuro la retina está poco escitada, y cualquier movimiento de luz, aun el mas debil, puede hacer impresion en ella.

EUG. — Todo eso concuerda con la esperiencia vulgar.

TEOD. — Aun hay otra razon de ese efecto, y es, que la pupila tiene las fibras dispuestas de dos modos: unas son circulares, y estan alrededor de la retina; otras van del agujerito hácia fuera, poco mas ó menos como en esta figura que os muestro (Fig. 64), la cual imita algunas telas de araña. Estas fibras, que, segun algunos, son musculares, tienen este uso: cuando se encogen las fibras *ss*, se ensancha la pupila (la cual en la estampa deberá pintarse desembarazada de las rayas que la cruzan), cuando se aflojan, y las otras circulares se encogen, se hace el agujero mas pequeño. Sentado esto, cuando nos hallamos en un lugar que tiene poca luz, naturalmente abrimos la pupila, y se suple de algun modo la debilidad de la luz; y cuando estamos con mucha luz, naturalmente hacemos la pupila mas pequeña. Por esta razon, cuando pasamos de un lugar muy claro á otro que tiene poca luz, como llevamos la pupila muy recogida, y la luz allí es debil, no es bastante para herir la retina; pero si nos detenemos allí se va estendiendo la pupila, y cada vez puede entrar mas luz, y podemos mas fácilmente ver los objetos.



Fig. 64.

SILV. — ¿Y por qué razon cuando se pasa de repente de un lugar oscuro á otro mas claro reciben los ojos molestia?

TEOD. — La razon es, porque en el lugar muy oscuro tenemos las pupilas muy abiertas, y entrando por ella una luz muy fuerte, se hace en la pupila una impresion tan vehemente, que nos molesta.

Supuesto, pues, lo que queda dicho, nuestra alma mientras está unida al cuerpo ordinariamente no tiene acto con que conocer que el objeto está cerca ó lejos, que es grande ó pequeño, sino cuando tiene en el cerebro esta ó aquella impresion comunicada por los ojos (lo mismo á proporcion digo de los otros sentidos). Por eso los diversos juicios que formamos de los objetos que estamos viendo dependen de las diversas impresiones del cerebro: mientras la impresion es la misma, formamos el mismo juicio: si la impresion es diversa, tambien es diverso el juicio que hacemos. Advierto no obstante que las impresiones de unos sentidos son á veces contrarias á los de otros, y el juicio, comparando unas con otras, corrige y enmienda las que lo necesitan para llegar á conocer la verdad. Para mayor claridad hemos de separar las principales circunstancias que advertimos en los objetos que vemos, y decir de qué modo las conoce el entendimiento. Las circunstancias principales son estas: su color, su figura plana, su figura sólida, su tamaño, la distancia á que está, el sitio ó postura del objeto, y su unidad ó multiplicidad. El color del objeto le percibe el entendimiento, fundándose en la impresion del cerebro, que tuvo origen en la pintura de la retina.

ETG. — ¿Y cómo conoce el entendimiento el color del objeto, si solo se pinta en la retina.

TEOD. — Es verdad que el color del objeto se pinta en la retina; pero tambien es cierto que los diversos colores consisten ó en diversas sustancias (siguiendo el sistema de los newtonianos), ó en una

misma sustancia agitada de diverso modo. Siendo esto así (como en su lugar queda dicho), no se puede negar que pintándose el objeto en la retina con diferentes colores, ha de ser muy varia la impresion que cada uno de ellos hace en los nervios de la retina, y por consiguiente tambien será muy diversa la impresion que se hace en el cerebro. Y como de estas dependen las percepciones del alma, pintándose en nuestra retina un hombre, ya vestido de encarnado, ya de azul, es preciso que nuestra alma haga muy diversos actos con que conoce la existencia de Pedro en el lugar cercano, y estos actos son los que dice que Pedro una vez está vestido de este color, y otra de otro.

ETG. — ¿Y cuando el objeto tiene en sí mezclados diversos colores?

TEOD. — Entonces lo percibe el alma de esta manera: como la pintura de la retina consta de dos colores, la impresion que se comunica al cerebro no es toda semejante, antes tiene diversidad, y de esta diversidad infiere el alma la diversidad de los objetos que la causan, ó la diversidad de los colores.

SILV. — ¿Y por qué razon algunos enfermos ven los objetos con diverso color del que ellos tienen, y que tiran á encarnado ó á amarillo, etc.?

TEOD. — Los diversos humores que á causa de la enfermedad, ó tienen un movimiento mas fuerte que el ordinario, ó salen de sus vasos, perturban la impresion que la pintura de la retina hace en el cerebro; y mudándose la impresion, se muda el

juicio que el alma hace fundada en la impresion del cerebro ó pintura de los ojos.

EVG. — Sentando nosotros como principio cierto que los diversos actos ó juicios del alma dependen ó se escitan por las diversas impresiones del cerebro, todo lo que perturbare esta impresion ha de hacer que el juicio del alma sea diverso.

TEOD. — En ese principio no cabe duda, porque es cierto que nuestra alma no ve por los ojos del cuerpo inmediatamente, siendo ella sustancia espiritual, y sus actos asimismo espirituales, y los ojos corpóreos, por consiguiente el alma no ve por los ojos del cuerpo.

SILV. — Luego los ojos para ver son escusados.

TEOD. — Esperad, que ya me acabaré de esplicar. Nuestra alma no ve, esto es, no conoce los colores de los objetos por los ojos; pero los actos espirituales con que conoce estos colores dependen de los ojos, y esta es la razon por qué nadie puede ver sin ojos. Esta dependencia consiste en que la impresion de la retina se comunica al cerebro, y la impresion del cerebro escita el movimiento del alma ó la percepcion del objeto. Ved aquí cómo los ojos sirven para que el alma vea. Vamos ahora á esplicar cómo percibe el alma la figura plana de los objetos.

EVG. — ¿Qué es figura plana?

TEOD. — Llamo figura plana la que tiene el objeto cuando está pintado en un cuadro antes de tener sombras que le den relieve, y lo hagan como salir hácia afuera. Pongamos ejemplo: una bola pintada en una tabla si no tuviere sombra ninguna

parece un círculo chato ó plano, y cuando el pintor le da el claro y oscuro en su lugar, entonces es cuando se representa una bola sólida: esto supuesto, ya sabeis lo que entiendo por figura plana y por figura sólida.

EVG. — Ya lo he entendido.

TEOD. — Digo, pues, que la figura plana del objeto la podrá percibir el alma fundada meramente en la impresion de la retina, aunque no deja de quedarme algun escrúpulo. La razon es, porque conforme es la figura del objeto, así su pintura ocupa estas ó aquellas fibras de la retina; y así por diversas fibras va la impresion al cerebro cuando el objeto muda de figura. Si por ejemplo el mismo objeto que corresponde al medio de la retina aparece ya redondo, ya triangular, es claro que muchas fibras que la primera vez reciben impresion no han de recibirla la segunda, y al contrario. Por tanto, mudándose la figura del objeto hay ya en los ojos lo que basta para hacer que en el cerebro haya diversa impresion, y la diversidad de impresion del cerebro basta para que el alma se determine á formar diversos juicios cuando el objeto muda de figura. El juzgar de la figura sólida, esto es, si una bola no es un plano chato, sino sólido y levantado, ó que una estatua no está pintada en plano, sino que es sólida y de bulto, esto no lo conoce el alma solamente por los ojos sino que tiene que valerse de los otros sentidos, como tambien para conocer el tamaño del objeto, su distancia, la postura en que está, y tambien si es uno, dos, etc. La razon de todo esto así en comun es porque en las retinas de los dos ojos

se hacen dos pinturas del mismo objeto; luego por la pintura solamente no podemos juzgar que es uno solo: además que la pintura del objeto siempre toca inmediatamente en la retina, que el objeto esté lejos ó que esté cerca; luego por la pintura meramente no podemos juzgar de la distancia que tiene de nosotros. Fuera de esto, la pintura es muy pequeña, y á veces una manzana puesta cerca de los ojos ocupa mas espacio que un hombre que está lejos; luego por la pintura no podemos juzgar del tamaño de los objetos. En fin, la pintura del objeto se hace con lo de arriba abajo; luego por la pintura no podemos juzgar de la postura en que está. Así que tienen aquí mucha parte los otros sentidos, principalmente el tacto.

SILV. — Es la primera vez que tal oigo: con que sacamos en limpio que no solamente vemos por los ojos, sino también por los otros sentidos.

TEOD. — Lo que yo digo es muy diverso, y es que el alma para juzgar de lo que ve se vale de los otros sentidos; de suerte que si pusiéremos que un hombre tenga el sentido de la vista perfectísimo, si no tuviere ó nunca usare de los otros no podrá por la vista determinar el tamaño ni la distancia de los objetos.

SILV. — Eso es una ficción sin fundamento.

TEOD. — No es sino un discurso puesto en razón. Un ciego hubo de catorce años, que lo era desde su nacimiento⁴. M. Ciselden, insigne cirujano, emprendió el dar vista á este hombre, y con efecto lo lo-

⁴ Voltaire, *Elem. de la Filos. de Newton*.

gró. Sucedió una cosa bien graciosa, y fué que el hombre no acertaba á hacer concepto de lo que veía: al principio acudía con la mano á los ojos, juzgando que todo cuanto veía estaba tocando en ellos, y conocía por el tacto que se engañaba. Una mano, que puesta delante de los ojos le encubría unas casas, juzgaba que era del tamaño de las mismas casas. No hacía juicio de la figura de los objetos sin llegar á palparlos, y entonces, juntando la impresión que recibía por los ojos con la que tenía por el tacto, decía que este objeto tenía tal figura determinada. Estuvo mucho tiempo sin creer que las figuras pintadas en los cuadros no eran de relieve, y cuando por el tacto hallaba la tabla ó lámina plana y lisa, admirado preguntaba, ¿qué sentido era el que mentía? si la vista representándoselas con relieve, si el tacto representándoselas todas planas y lisas. En fin, al cabo de dos meses de ver y palpar fue cuando empezó á hacer concepto de las cosas como era razón.

EUG. — Quizá por esa razón los niños quieren palpar todo lo que ven, porque con el tacto van ayudando las impresiones de la vista, así como hacía este ciego, que con él podemos comparar á cualquier niño que empieza á usar del sentido de la vista.

SILV. — ¿Cómo es creíble que ese hombre no conociese el tamaño de los objetos solo por la vista?

TEOD. — Atended á lo que digo: nosotros no tenemos en la impresión de los ojos por donde conocer que un objeto es grande ó pequeño sino el tamaño de la imagen de la retina; pero esto no basta

para que conozcamos el verdadero tamaño del objeto, porque una mano puesta á corta distancia forma en la retina una imagen tan grande que ocupa toda la retina, y por eso no vemos nada mas : esta misma mano puesta á distancia proporcionada hace en la retina una imagen que ocupa muy pequeño espacio, como luego os diré; y no obstante esta diversidad de la pintura la mano siempre es de un mismo tamaño; luego al entendimiento, para juzgar que la mano es de este tamaño determinadamente, no le basta solo el grandor de la pintura que se hace en la retina.

SILV. — ¿Pues de qué mas se vale para conocerlo?

TEOD. — De los otros sentidos, particularmente del tacto. Estadme atento: cuando el entendimiento conoce por esperiencia que dos cosas andan juntas, despues por la costumbre en constándole de una, infiere luego la otra sin reflexion particular. Suponiendo esto como cierto, desde los primeros años que usamos de la vista empezamos á palpar y usar tambien del tacto y demas sentidos, y conocemos que estando el objeto á una misma distancia, cuando en los ojos tenemos mayor imagen, es preciso que las manos para rodearle hagan mayor movimiento: señal de que el objeto era mayor. Adquirida esta larguísima esperiencia en el discurso de muchos años siempre que se hace presente al entendimiento una imagen mayor (siendo la distancia la misma); luego infiere que el objeto en sí es mayor, aunque no llegue á palparlo.

SILV. — Créalo quien quisiere, que yo no me aco-

modo á esa doctrina. Esto es con vos, Eugenio, y no conmigo.

EUG. — Bien está. Decidme, Teodosio, ¿y cómo sabe el alma que el objeto está á la misma distancia ó á mayor?

TEOD. — Al principio no juzgamos de la distancia que hay del objeto á nosotros sino por el movimiento del cuerpo. Yendo de unas casas á otras, y siempre con ellas á la vista, si acaso gastamos mucho tiempo inferimos que la distancia es grande: si empleamos poco hacemos juicio de que la distancia es corta. Esto mismo testifican en diversas circunstancias las manos y los oídos, á causa de ser el sonido cuando viene de lejos mas remiso. Juntamente con esta esperiencia del tacto y demas sentidos que nos persuaden de la distancia, observamos mudanza en la impresion que los sentidos hacen en nuestros ojos, porque todas las veces que sentiamos en los ojos imagen mas pequeña y mas confusa, por la esperiencia de los demas sentidos conociamos que el objeto estaba distante: por el contrario, cuando percibiamos en los ojos una imagen del objeto mayor y mas distinta y viva, la esperiencia del tacto y de los otros sentidos nos persuadian que el objeto estaba cercano. Supuesta esta larguísima esperiencia de toda la vida, siempre que en los ojos siente el alma impresion mayor y mas viva, al punto juzgamos que el objeto está cerca; y si percibimos impresion menor y mas confusa, sin dilacion hacemos juicio de que está lejos. De manera que aun en la conversacion familiar para probar que estábamos muy distantes, no teniendo otra medida decimos:

era tan lejos que los hombres parecían langostas, y se veía negrear el campo, mas no se distinguía un hombre de otro.

EUG. — Eso se conforma con lo que hacen los pintores en las perspectivas, que para engañarnos en cuanto á la distancia de los objetos van pintando sucesivamente árboles y casas mas y mas pequeñas y confusas; de suerte que si al fin de la perspectiva vemos un pequeño borron de tinta, se nos figura que es un hombre de nuestra estatura; pero puesto allá muy á lo lejos, que por eso aparece tan pequeño, y no se le distinguen las facciones.

TEOD. — Por el contrario decidme: ¿y los anteojos de larga vista no nos representan que los objetos muy distantes estan cerca de nosotros? ¿Y de qué pensais que proviene ese engaño sino de que los telescopios hacen que en los ojos se pinte la imagen mayor y mas distinta, y tal, cual solo se podría representar estando muy cerca el objeto? y por eso en fuerza de la costumbre y esperiencia antiquísima, luego que el alma siente estas impresiones de los ojos, no solo juzga lo que ellos persuaden, sino pasa á determinar la distancia que acostumbra acompañar á semejantes impresiones. Ved aqui cómo nos aseguramos de la distancia de los objetos: fúndase el entendimiento en lo que representan los ojos, ó por mejor decir su pintura; mas no solo en eso, tambien estriba en la esperiencia de los demas sentidos, particularmente del tacto.

EUG. — Por este discurso se ve que el ciego de que hablamos no podia juzgar de la distancia de los

objetos sino despues de tener bastantes dias de vista.

TEOD. — Y como no podia determinar las distancias de los objetos, tampoco podia juzgar de su tamaño con acierto, pues sabemos que de la distancia del objeto depende el parecernos mas grande ó mas pequeño. Nosotros que sabemos por esperiencia que un hombre de nuestra estatura, á la distancia de aquel navío, parece tan pequeño, que casi no se ve, ya hacemos sobre esta rebaja la cuenta del tamaño que se nos representa. Si en aquel navío apareciese un hombre, que respecto de nosotros hiciese aquí tanto bulto como yo hago en esta ventana, todos juzgaríamos que era un desmesurado gigante, como en realidad era preciso que lo fuese para que á tanta distancia nos pareciese tan grande. Por tanto, respondiendo en pocas palabras á vuestra pregunta digo, que cuando el grandor del objeto es conocido, juzgamos de la distancia á que está por la disminucion de la pintura que se forma en los ojos y tambien por su confusion: por el contrario, cuando es sabida la distancia juzgamos del tamaño del objeto por el tamaño de la imagen que tenemos en los ojos. Pongamos un ejemplo: ya sabemos por esperiencia cuánta distancia hay de esta ventana á aquel fuerte. Si allí aparecen dos hombres, y el uno hace una pintura grande en los ojos, y el otro pequeña; por la desigualdad de las imágenes formamos juicio que tienen diversos tamaños. Al contrario, ya sabemos por esperiencia qué tamaño tiene un hombre poco mas ó menos; y los que puestos en una torre ú otro sitio, cuya altura ignoramos, vemos que se nos re-

presenta un hombre muy pequeño, y que apenas se le distinguen las facciones, al instante juzgamos que la altura es muy grande.

SILV. — Aun sin ser grande la altura podría parecer el hombre muy pequeño, si verdaderamente fuese un muchacho de tres años.

TEOD. — Decís bien; pero si la altura fuese poca, y ese hombre que se nos representa pequeño fuese un niño, no había de ser la imagen tan confusa como suponemos que es, pues cada uno sabe por experiencia que no estando los objetos muy distantes, los ve con distincion de partes; y así cuando la experiencia del tacto y de los demas sentidos nos aseguran de la distancia, la imagen de los ojos da fundamento al alma para que haga juicio del tamaño del objeto; y cuando la experiencia de los demas sentidos nos da á conocer el grandor del objeto, la imagen de los ojos y su confusion sirve de apoyo al entendimiento para formar concepto de la distancia.

SILV. — ¿Cuándo os enseñó el tacto la distancia que hay de las ventanas al fuerte? ¿Por ventura la medisteis á palmos?

TEOD. — No es preciso eso. Cuando bajáis de aquí para la calle, aunque lleveis los ojos cerrados, ¿no sabéis que bajáis una determinada altura? Es cierto que sí. Y cuando desde mi puerta os paseáis hasta el fuerte camino derecho, ¿no conocéis, sin que sea por los ojos, que andáis cierto trecho? sí, lo conocéis. Bien veis pues que el tacto no está solo en las manos, todo el cuerpo goza de este general sentido, vuestros pies, que bajan y andan, y el movimiento de todo el cuerpo, os persuaden que andáis y cami-

nais un cierto trecho; pues ese trecho que andáis es la distancia de mi casa al fuerte; luego ya el tacto os muestra esta distancia.

SILV. — Bien está; pero cuando ni el tamaño del objeto es conocido, ni su distancia, por ese discurso nos quedaríamos sin conocer ninguna de estas dos cosas, por mas perfecta que fuese nuestra vista.

TEOD. — Discurrís bien; pero escuchadme despacio. Digo lo primero, que cuando no intervienen otras circunstancias que luego diré, ni concurren para el conocimiento de las distancias, nos hallamos faltos de todo fundamento para juzgar del tamaño y de la distancia del objeto. ¿Qué, os reis? Pues respondedme: ¿de qué tamaño es la luna y el sol, y á qué distancia están de nosotros? Teneis buena vista para lo lejos, y así conoceréis el tamaño y la distancia de estos objetos.

SILV. — Yo soy médico, no matemático para saber esas cosas.

TEOD. — Para ver no se necesita ser matemático. Si vos meramente por los ojos conocéis el tamaño de los objetos y sus distancias, como no seáis ciego, bien podreis responderme á lo que os pregunto. Ahora conoceréis que es verdad lo que digo. Como ignorais la distancia á que está la luna, no podeis saber cual debe ser su verdadero grandor para que haga en nuestros ojos la imagen del tamaño que la experimentamos; y como no sabéis su verdadero grandor, no podeis determinar á qué distancia está cuando forma esta imagen.

SILV. — Con todo eso siempre me parece que el

sol y la luna han de ser muchas veces mayores que la tierra, y que sus distancias han de ser muchos millones de leguas.

TEOD. — Ahora vereis que os engañais juntando el sol y la luna como si fueran semejantes en tamaño y distancia. Habeis de saber que el sol es cuarenta y tantos millones de veces mayor que la luna, y la distancia del sol á la tierra increíblemente mayor que la distancia de la luna; pero de esto hablaremos á su tiempo. Advertid tambien que todo el vulgo se engaña en esto mismo; porque reputa estos dos astros en una misma distancia, considerándolos engastados en el cielo; ó fundándose en que forman en los ojos una imagen de igual tamaño con corta diferencia, cree que no tienen diferencia en el tamaño.

SILV. — ¿Y qué circunstancias son las que deciais que faltaban y concurrían para el conocimiento de las distancias?

TEOD. — Yo las diré. Para juzgar de las distancias de los objetos, tambien atendemos á los cuerpos que se ven en medio: si vemos que entre nosotros y algun objeto determinado hay muchas cosas, hacemos juicio de que está lejos: si vemos que hay pocas, no nos parece tan distante. De aquí nace el engañarnos muchas veces en las distancias. Si estando en un monte miramos á otro que esté enfrente, aunque haya por medio un dilatado valle, si á este le encubren árboles ó cosas semejantes, nos parece que los edificios de enfrente estan mas cerca de lo que hallamos cuando queremos pasar allá; porque como no se veía el valle que mediaba, no le daba

el discurso tanta distancia como en realidad tenia. Por la misma razon si miramos á un navío que esté enfrente de nosotros á distancia de media legua, y pusiéremos dos barcas, que disten entre sí otro tanto, de suerte que una caiga á nuestra derecha y otra á la izquierda, no nos ha de parecer tan grande la distancia de nosotros al navío como de una barca á otra. Y la razon es la misma, porque una línea ó distancia no se percibe tanto vista á la larga, mirando de una punta á otra, como vista al traves; y como se ve menos el mar ó cuerpo que media entre nosotros y el navío, por eso la distancia parece menor.

EUG. — En eso teneis razon. A veces quiero atravesar el rio, y me parece que en poco tiempo llegaré á la orilla que estoy viendo enfrente; pero al ejecutarlo gasto dos horas en llegar á Aldeagallega ó á Moita, que parece que están allí cerca.

TEOD. — Otra prueba mas teneis. A todos parece la luna mayor cuando sale ó se pone que cuando está en el medio del cielo; y la razon no es otra sino porque en el horizonte vemos la luna, y vemos que toda la tierra hasta el horizonte media entre ella y nosotros; mas despues de elevada no vemos mediar nada entre nosotros y ella; así al ponerse la luna imaginamos que está mas lejos; y como entonces su pintura en nuestros ojos no se disminuye la juzgamos mayor, pues solo siendo mayor en realidad podría no disminuirse la figura, aumentándose la distancia.

SILV. — Con todo eso dudo de ese discurso.

TEOD. — Que esto es así se convence, porque si

mirais por un cañon ó tubo la luna en el horizonte, no os ha de parecer mayor que despues de elevada sobre él; y es que mirándola por el cañon no se ven los campos y tierras que hay enmedio, que eran las que hacian parecer mayor la distancia, como yo decia.

EUG. — Facil es hacer la esperiencia.

TEOD. — Otra circunstancia es inclinar mas un ojo hácia el otro, ó desviarle mas. Cuando miramos de hito en hito un objeto, inclinamos los dos ojos de manera que las líneas que desde el centro de la retina pasan por medio de la pupila de ambos ojos van á dar en el objeto; y por eso cuando el objeto está mas cerca de los ojos, ellos se vuelven é inclinan mas el uno hácia el otro; pero esto yo lo explicaré mas despacio cuando os diere la razon por qué con los dos ojos no se ve mas que un objeto. La última circunstancia que concurre para conocer la distancia de los objetos es apartar mas ó menos la lente ó cristalino de la retina.

EUG. — De lo que llevais dicho infiero que el entendimiento cuando juzga del verdadero tamaño del objeto y de su distancia, no solo se funda en la pintura de los ojos, sino que tambien se vale de la esperiencia de los demas sentidos, infiriendo de la mudanza que experimenta en la pintura de los ojos la distancia ó el tamaño que la esperiencia le ha enseñado que anda junto con tal ó tal variacion de la pintura de los ojos.

TEOD. — Asi es; y ahora me ocurre un ejemplo bien semejante. Mirais á un hombre, veisle hablar con las paredes, reir, dar carcajadas, y hacer otros

tales movimientos en ocasion que debiera estar triste; y luego juzgais que el hombre está loco. Aquí habeis de distinguir lo que ven los ojos de lo que juzga el entendimiento: los ojos ven movimientos, risadas, etc., mas no ven la locura que esa indisposicion del cerebro no se puede ver; pero percibís con los ojos las señales esternas que acostumbra hacer cuando el cerebro padece esta enfermedad, y luego decís que el hombre está loco, y que veís que está loco. Pues lo mismo viene á ser en nuestro caso. Veís que el hombre está distante cuarenta pasos poco mas ó menos, porque teneis en los ojos una disminucion en la imagen del hombre, una confusion, en fin una disposicion en el movimiento de los ojos y del cristalino tal como la suele haber cuando el hombre en realidad está á distancia de cuarenta pasos, conforme á la esperiencia que teneis por el tacto y demas sentidos; por eso decís que veís la distancia, siendo así que no veís sino una cosa que suele haber cuando hay tal distancia. Otro ejemplo tenemos delante de los ojos: ¿el peso de los cuerpos es por ventura cosa que se pueda ver? ciertamente que no; solo es objeto del tacto, no de los ojos. Ahora pues decidme: ¿no veís en aquella fuente cuáles barriles son los que estan llenos y pesados, y cuáles vacios y ligeros? ¿y por qué? porque en el modo con que los mozos los manejan luego veís si estan ligeros ó pesados por la diferencia en la inclinacion del cuerpo, dificultad en levantarlos del suelo, en ponerlos al hombro, etc. Ved aquí se muestra lo que vos decís de que veís el peso, que á la verdad no se puede ver; pero decís que lo veís,

porque veis unas señales que vuestra experiencia os tiene mostrado que solo hay cuando los barriles tienen dentro mucho peso. Del mismo modo tambien decimos que vemos la distancia de los objetos, no porque podamos verla, sino porque advertimos en la impresion de los ojos unas circunstancias tales cuales solo acostumbra haber, conforme á nuestra experiencia, cuando el objeto tiene una distancia determinada. Si llegare el caso de hablar de la perspectiva y modo de aumentar las distancias, confirmaré la doctrina dada.

§ VII.

De qué modo conoce el alma la figura sólida del objeto, su postura y unídad.

EUG. — Con ese ejemplo se me acabó de aclarar toda la doctrina que me habiais dado. No obstante os ruego que no os olvidéis de explicar, cuando fuere tiempo, cómo conocemos la figura sólida de los objetos.

TEOD. — Ahora es ocasion. La figura sólida de bulto ó relevada de cualquier objeto consiste en la disposicion de sus partes entre sí; de donde proviene que unas estan mas cerca de nosotros, otras mas distantes: unas reciben mas luz, otras menos: unas se ven mas distintamente, otras se confunden entre sí para no verse con tanta separacion. De aqui se origina que la pintura del objeto que se forma en los ojos tambien presenta todas estas desigualdades

de luces y sombras, etc., y por esta razon los pintores cuando quieren pintar en un cuadro una bola, por ejemplo, no le dan un color uniforme, aun cuando quieran representarla toda de un color; antes para aparentar que no es cosa chata le dan un toque muy claro, y en la otra parte le dan un oscuro fuerte, el cual degenera en otro claro mas blando ó reflejo; y si no hicieran esto jamas podrían representar una bola sólida y de bulto (como se dice), sino solo representarían un plano chato ó aplastado.

EUG. — No hay duda en que todo eso es preciso; ¿pero de ahí qué inferís?

TEOD. — De aqui se infiere, que así como nuestra alma juzga de la distancia de los objetos por la pintura de los ojos y por la experiencia de los demas sentidos, tambien se ha de fundar en esta pintura y en esta experiencia para juzgar de la figura sólida de los objetos; pues, como llevo dicho, en el cuerpo sólido unas partes estan mas cerca de nosotros, otras mas lejos: unas salen mas afuera, otras estan retiradas mas adentro. Por eso siente el alma la impresion que la pintura le hace; y como por experiencia del tacto y demas sentidos sabe que la pintura de aquella manera suele corresponder al objeto cuadrado v. g. ó redondo, luego que percibe la pintura, juzga que el objeto es cuadrado, redondo ó de tal figura determinada. Por eso tambien aquel ciego de quien hablé, cuando comenzó á ver no acertaba con la figura de los objetos sino despues de palparlos, á fin de unir la experiencia del tacto con la impresion de los ojos, para poder despues gober-

porque veis unas señales que vuestra experiencia os tiene mostrado que solo hay cuando los barriles tienen dentro mucho peso. Del mismo modo tambien decimos que vemos la distancia de los objetos, no porque podamos verla, sino porque advertimos en la impresion de los ojos unas circunstancias tales cuales solo acostumbra haber, conforme á nuestra experiencia, cuando el objeto tiene una distancia determinada. Si llegare el caso de hablar de la perspectiva y modo de aumentar las distancias, confirmaré la doctrina dada.

§ VII.

De qué modo conoce el alma la figura sólida del objeto, su postura y unídad.

EUG. — Con ese ejemplo se me acabó de aclarar toda la doctrina que me habiais dado. No obstante os ruego que no os olvidéis de explicar, cuando fuere tiempo, cómo conocemos la figura sólida de los objetos.

TEOD. — Ahora es ocasion. La figura sólida de bulto ó relevada de cualquier objeto consiste en la disposicion de sus partes entre sí; de donde proviene que unas estan mas cerca de nosotros, otras mas distantes: unas reciben mas luz, otras menos: unas se ven mas distintamente, otras se confunden entre sí para no verse con tanta separacion. De aqui se origina que la pintura del objeto que se forma en los ojos tambien presenta todas estas desigualdades

de luces y sombras, etc., y por esta razon los pintores cuando quieren pintar en un cuadro una bola, por ejemplo, no le dan un color uniforme, aun cuando quieran representarla toda de un color; antes para aparentar que no es cosa chata le dan un toque muy claro, y en la otra parte le dan un oscuro fuerte, el cual degenera en otro claro mas blando ó reflejo; y si no hicieran esto jamas podrían representar una bola sólida y de bulto (como se dice), sino solo representarían un plano chato ó aplastado.

EUG. — No hay duda en que todo eso es preciso; ¿pero de ahí qué inferís?

TEOD. — De aqui se infiere, que así como nuestra alma juzga de la distancia de los objetos por la pintura de los ojos y por la experiencia de los demas sentidos, tambien se ha de fundar en esta pintura y en esta experiencia para juzgar de la figura sólida de los objetos; pues, como llevo dicho, en el cuerpo sólido unas partes estan mas cerca de nosotros, otras mas lejos: unas salen mas afuera, otras estan retiradas mas adentro. Por eso siente el alma la impresion que la pintura le hace; y como por experiencia del tacto y demas sentidos sabe que la pintura de aquella manera suele corresponder al objeto cuadrado v. g. ó redondo, luego que percibe la pintura, juzga que el objeto es cuadrado, redondo ó de tal figura determinada. Por eso tambien aquel ciego de quien hablé, cuando comenzó á ver no acertaba con la figura de los objetos sino despues de palparlos, á fin de unir la experiencia del tacto con la impresion de los ojos, para poder despues gober-

narse solamente por la impresion de los ojos. Por eso mismo dice muy bien un hombre de juicio, que nosotros aprendemos á ver, así como aprendemos á leer. Al principio preguntamos qué significan estas ó aquellas letras así juntas; y despues que la esperiencia de los oidos nos enseña que estas letras *Pedro está enfermo*, dispuestas de este modo, solo acostumbran escribirse cuando tal hombre está enfermo: apenas las vemos así escritas en una carta, si el tal Pedro es nuestro amigo nos asustamos, y sin dilacion juzga el alma que este hombre está enfermo, siendo así que los ojos no vieron la enfermedad; pero vieron unas letras que son señales de ella. Pues del mismo modo sucede en los ojos: ellos solo informan de la diversa mezcla y disposicion de los colores, de las luces y sombras que hay en la pintura; pero el alma es la que decide que en el objeto hay aquella figura, que por la esperiencia tiene averiguado que corresponde á tal pintura de los ojos.

EUG. — Lo he entendido perfectamente.

SILV. — En mi vida he visto hombre mas docil; pero vamos adelante. ¿Y cómo conocemos nosotros las demas circunstancias?

TEOD. — Otra circunstancia es la postura del objeto. Vemos estos hombres, que el vulgo llama *volatines*, estar muchas veces con los pies hácia abajo, y otras con ellos hácia arriba. Estas son posturas diversas, y aun opuestas; ¿pero á que no sabeis, Eugenio, en que se funda el entendimiento para juzgar que el hombre está de uno ó de otro modo?

EUG. — ¿Pues qué no es en la pintura de los ojos?

TEOD. — Por ella nos gobernamos, mas no por ella sola. Bien sabeis, si os acordais de lo que dije, que los objetos se pintan al revés en la retina, los árboles con las ramas hácia abajo, y el tronco hácia arriba.

EUG. — Bien me acuerdo; pero no alcanzo cómo pintándose los objetos al revés, nosotros los vemos al derecho.

TEOD. — Pues no es eso solo, sino que cuando en los ojos se pinta el objeto al derecho, entonces juzgamos nosotros que él está al revés. Es que aqui entra tambien la esperiencia de los otros sentidos. Desde los primeros años fuimos combinando las impresiones del tacto con las de la vista, y por una larga costumbre experimentábamos que á una determinada pintura de los ojos correspondía siempre en el objeto cierta postura, la cual por el tacto conocíamos que era tener la cabeza hácia arriba y los pies hácia abajo: despues luego que en los ojos experimentábamos la misma postura de la imagen ó pintura, el alma se adelantaba en el juicio, y juzgaba no solo de los colores que los ojos le daban á conocer, sino de la postura del objeto que por la impresion del tacto acostumbraba á conocer en semejantes circunstancias. Cuando en los ojos se pinta un hombre con los pies hácia arriba, siente el alma diversa impresion de la que percibe cuando se pinta con los pies hácia abajo; pero todas las veces que nos valemos del tacto, hallamos por esperiencia que cuando sentimos la pintura con los pies hácia arriba, entonces el objeto en realidad está con

ellos hacia abajo. Esto continuado por muchos años es causa de que apenas el alma siente la pintura pies arriba, sin mas examen del tacto (que ya reputa escusado) se dice á sí misma que el objeto está con los pies hacia abajo.

EGG. — De la misma suerte si alguna vez el objeto se pintare en los ojos con la cabeza hacia arriba, hará el alma juicio de que realmente está con ella hacia abajo.

TEOD. — Decís bien; porque entonces el alma experimenta en la retina una imagen que tiene postura contraria á la acostumbrada, por eso juzga que el objeto en realidad está en una postura opuesta á la que suele, y así tiene la cabeza hacia abajo y los pies hacia arriba.

SILV. — Vaya que nunca pensé que vuestra ceguedad llegase á tales términos, que seriamente dijérais que cuando vemos á Pedro paseándose en la calle con los pies por el suelo, juzgábamos que andaba con los pies hacia arriba. Vamos que os estais burlando.

TEOD. — Amigo Silvio, no digo eso: lo que digo es que cuando Pedro se pinta cabeza arriba, hacemos juicio de que está con ella hacia abajo. Esto parece lo mismo que vos decís; pero no lo es: pintarse un objeto en los ojos no es lo mismo que verse ese objeto: en los ojos de un buey muerto se ve el objeto pintado, y no se ha de decir que estos ojos entonces lo ven. Lo mismo digo de los ojos de un hombre que padece gota serena, y no ve nada teniéndolos perfectos: tambien se pintan en ellos los objetos, y con todo eso no los ve. Ver un objeto en

nosotros es tener un acto del alma dependiente y escitado por la pintura de los ojos con que el alma aprende el objeto en el lugar, tiempo y demas circunstancias presentes. Por eso pintándose el objeto al revés no debemos decir que lo vemos al revés; al modo que tampoco por formarse la imagen de un hombre mucho menor que una uña (porque la retina es pequeña), debemos decir que vemos un hombre mas pequeño que una uña. Una cosa es pintarse y otra cosa verse, puesto que la pintura es precisa para ver el objeto.

SILV. — Decid lo que quisiérais, que á mí esas cosas no me entran, ni quiero que me entren. Vos, Eugenio, idos divirtiéndolo con estas doctrinas, que de aquí á poco os he de probar que no veis nada, y vos habeis de creerlo como un santo.

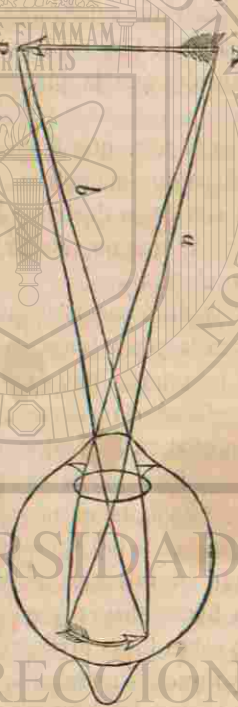
EGG. — Estando yo precisado á conceder que los árboles se pintan al revés en la pared (como lo convence el ojo artificial que esta tarde hemos visto), no pudiendo negar que se pintan al revés en los ojos del buey, arrancados y puestos en el agujero de la ventana, siendo evidente tambien por la anatomía que la estructura de los ojos es igual en nosotros y en los bueyes, y muy semejante á la del ojo artificial, creo, y siempre creeré, que en mis ojos se pintan los árboles con las ramas hacia abajo; y como sé por el tacto que las ramas estan hacia arriba, digais vos lo que dijérais, diré yo que en realidad las tienen hacia arriba: con que me parece que mi credulidad tiene disculpa. Pero, Teodosio, vamos adelante con la esplicacion.

TEOD. — Hasta aquí os he dado la esplicacion de

este fenómeno segun la siguen muchos ; pero la verdadera y mas satisfactoria es la siguiente. Es un principio general de óptica que referimos siempre la existencia del objeto en la direccion del rayo que nos afecta : yo sé que vuestro sombrero esta allá en aquel clavo porque de allí me vienen sus rayos: esto sentado ¿ qué importa que la saeta de esta (Fig. 65)

se pinte al revés en mi retina? El rayo *a* que viene del punto *A* desde allí me afecta, y allí veo el objeto que lo lanza. El punto *B* me lanza el rayo *b* y me afecta, y yo lo veo en esta direccion; de consiguiente yo lo veo tal cual está, y no necesito ningun esfuerzo de inteligencia, ni perfeccion de juicio, como se supone ridiculamente; solo porque se ve pintado al revés la imagen en la retina; precisamente; porque se pinta al revés le he de ver en su posición natural, pues solo así

llegan los rayos en línea recta, y no pueden llegar en línea recta sin cruzarse, ni pueden cruzarse sin que lo que en el objeto está abajo esté en la retina arriba.



EUG. — Esta esplicacion en efecto es mucho mas racional.

TEOD. — Mucho mas pudiera deciros sobre este particular; pero esto basta. Falta explicar como pintándose el objeto en ambos ojos nosotros vemos un objeto y no dos. Aquí se confirma de nuevo lo que acabo de decir, que no es lo mismo pintarse el objeto que verlo, pues haciéndose en los dos ojos dos pinturas, no vemos sino un objeto.

EUG. — Ahora advierto que en eso no hay dificultad.

TEOD. — Tambien para eso nos valemos de la esperiencia de los demas sentidos. Para que me entendais es preciso que sepais lo que son los ejes ópticos. Llamamos *eje óptico una línea que va desde el medio de la retina por el centro de la pupila hasta el objeto*. Cuando miramos de hito un objeto, de tal suerte disponemos los ojos, que ambos ejes ópticos van á parar á un mismo punto del objeto, como se ve en esta figura que os muestro en este libro (Fig. 60). Los dos ojos *EN* tienen los nervios ópticos que se pintan en *oo*, y despues vuelven á separarse. Los ejes ópticos *NA* y *EA* van derechos á parar al objeto *A* cuando los ojos se vuelven hácia él derechamente. Entonces se forma la pintura del objeto en el centro de cada una de las retinas, y juzgamos que el objeto es uno solo, porque tenemos esperiencia adquirida por los demas sentidos de que todas las veces que los objetos se pintan en lugares correspondientes de las retinas, en realidad no es mas que uno; y cuando las imágenes se pintan en lugares no correspondientes el objeto es diverso.

EUG.— ¿Qué llamais vos lugares correspondientes en la retina?

TEOD.— Voy á esplicarme. Suponed que la pintura se hace perfectamente en el medio de cada una de las retinas : estos lugares son correspondientes. Suponed que en un ojo dista la pintura del centro un poco hácia arriba, y otro tanto en el otro : tambien estos son lugares correspondientes. Lo mismo digo si en ambos ojos se desviase la pintura un poco á la parte derecha, ó en ambos á la parte izquierda. Pero si en un ojo estuviere la pintura en el centro de la retina, y en el otro se desviare del centro hácia un lado, ya son lugares no correspondientes ; y en este caso digo yo que fundándonos en la pintura de los ojos y en la esperiencia de los demas sentidos, juzgamos que el objeto es duplicado, aunque en realidad sea uno solo. Al contrario, cuando las pinturas estan en lugares correspondientes, fundándonos en ellas y en la esperiencia, formamos juicio de que el objeto es uno solo, aunque sintamos dos pinturas en dos lugares diversos.

SILV.— ¿Y como probais eso ?

TEOD.— De este modo : si dirigimos los ejes ópticos hácia un mismo punto del objeto como está pintado en esta (Fig. 60), nos parece uno solo : pero si no volvemos los ejes ópticos á este objeto A, sino á otro mas distante v. g. E, ya el objeto A nos parece duplicado, y si este fuese un dedo se nos representan dos. Haced si quereis la esperiencia, poniendo los ojos fijos en una vela encendida. Yo la haré traer.... Poned un dedo en alto delante de los ojos sin apartarlos de la luz, y vereis como el dedo os

parece que son dos separados el uno de otro, y tanto mas distantes entre sí, cuanto el dedo estuviere mas arrimado á los ojos.

EUG.— Teneis razon : así es : un dedo me parece dos.

SILV.— Pues á mí me parece uno solo. Cada vez me confirmo mas que si Teodosio os dijere que con los ojos abiertos no veis, habeis de creer desde luego que estais ciego.

TEOD.— Advertid, Silvio, que cuando atendeis al dedo insensiblemente volveis á él los ejes ópticos, y los apartais de la luz, que era donde yo os decia que los conserváeis fijos. Y sino volved los ojos hácia aquella peña : ahora con el dedo apartad violentamente un ojo mas hácia fuera, ó metedle mas adentro, y vereis como al momento un objeto os parece dos.

SILV.— Ya me va pareciendo que veo dos peñas en lugar de una sola ; pero eso es con los ojos torcidos.

TEOD.— Eso basta. Ahora, pues, supuesta esta esperiencia, cuando dirigimos los ejes ópticos, al objeto A la pintura del objeto que se halla en M no se hace en lugares correspondientes, porque en el ojo E está la pintura del objeto M en el lugar donde finaliza esta línea de puntos, y de la misma manera conoceis donde se hace la pintura en el otro ojo ; y bien veis que formándose en un ojo la pintura del centro para allá, y en el otro del centro para acá, no se halla en lugares correspondientes, por cuya razon juzga el entendimiento que el objeto no es solo uno.

SILV.— ¿Y de dónde proviene que algunas per-

sonas, por causa de alguna enfermedad ó accidente, ven los objetos duplicados, y estando una vela encendida les parece que son dos?

TEOD. — Por los mismos principios se explica, y antes bien de ahí se prueba lo que yo decia. Los bicos no tienen en los ojos otro defecto que el no dirigir los ejes ópticos á un mismo punto del objeto; y así con un ojo miran hácia una parte, y con el otro á otra, y entonces las pinturas de los objetos no se hacen en lugares correspondientes: por esta razon ven los objetos duplicados, y uno les parece dos. Pero cuando con el trascurso del tiempo van conociendo por esperiencia que esas pinturas en lugares no correspondientes con esa determinada diferencia siempre son causadas por un objeto solo, fundados en esta esperiencia de allí adelante ya no juzgan que son multiplicados los objetos: por eso nunca oireis quejarse á los que son bicos de muchos años: no los oireis quejarse, digo, de que ven dos objetos en lugar de uno solo. Los que se quejan de eso son los que comienzan á ser bicos, porque entonces todavía no tienen esperiencia suficiente que los desengaña de que esas dos sensaciones en lugares no correspondientes nacen de un objeto solo. Al modo que los que no padecemos este defecto, cuando toreemos los ojos con los dedos los objetos nos parecen duplicados por faltarnos aquella esperiencia que tienen los bicos de muchos años.

SILV. — No me puedo persuadir á que la falta de esperiencia del tacto puede hacer ver dos objetos en lugar de uno.

TEOD. — Ahora os haré otro argumento. Trocad los dedos de vuestra mano como yo trueco los de la mia, poniendo el dedo del corazon sobre el indice, de suerte que sus puntas queden trocadas como lo estan las de estos (Fig. 66): meted una bolita de cera entre las



Fig. 66.

yemas de los dos dedos que estan trocados aquí en *a*, y moved la bolita con los dedos por encima de este bufete: volved los ojos á otra

parte, y juzgareis que no es una sola bolita sino dos diferentes y distante una de otra. Haced ambos á dos la esperiencia.

SILV. — Es así: parecen dos.

EUG. — De tal suerte parecen dos, que se me figura que las separo con los dedos.

SILV. — ¿Y esto qué tiene que ver con lo que tratamos?

TEOD. — Voy á decirlo: nosotros no estamos acostumbrados á tener los dedos de la forma que vos los habeis puesto: el lado izquierdo del indice acostumbra estar siempre muy separado del lado derecho del dedo grande (hablo de la mano derecha, que es con la que habeis hecho la esperiencia). De aquí la larguísima esperiencia que tenemos de que con estos dos lados de dichos dedos no tocamos

á un tiempo sino objetos diversos y separados, y tambien la persuasion de que con ellos no podemos tocar á un tiempo un mismo objeto ; y como ahora tocamos con estos lados una bolita de cera, guiándonos por la esperiencia antiquísima, asentamos para con nosotros que los objetos ó bolas de cera son dos y separadas. ¿ Convenís en esto, Silvio?

SILV. — No tengo dificultad en ello.

TEOD. — Luego tambien si tenemos esperiencia antiquísima de que cuando en las retinas sentimos la impresion de cierto modo los objetos son dos, y cuando sentimos impresiones de otro modo es uno solo ; todas las veces que sintiéremos las impresiones de una manera determinada, hemos de juzgar sin duda alguna que el objeto es como nuestra esperiencia nos dice que acostumbra á ser.

SILV. — Yo he oido decir que la razon de ver nosotros un objeto solo, sin embargo de pintarse en los dos ojos, era porque los nervios ópticos, por los cuales se propaga la impresion de la retina hasta el cerebro, se juntaban en uno solo, y así de las dos impresiones se hacia una.

TEOD. — Muchos modernos dicen eso, y en confirmacion de su discurso alegan que los animales que no pueden ver con los dos ojos á un tiempo un mismo objeto, como son las aves, las cuales tienen el uno de los ojos al lado derecho de la cabeza, y el otro al izquierdo totalmente opuesto : estos animales, digo, tienen los nervios ópticos separados hasta el cerebro, señal de que el unirse los dos nervios ópticos en aquellos animales, que como el hombre ven con los dos ojos un mismo objeto, es por dispo-

sicion de la naturaleza para que crean que el objeto es uno solo, aunque se pinte en dos partes.

SILV. — Ese modo de discurrir es mas natural.

TEOD. — Pero es falso : lo primero, porque el camaleon tiene el un ojo siempre vuelto hácia arriba, y el otro hácia abajo, y no ve el objeto con dos ojos, y con todo eso los nervios ópticos se juntan en él como en el hombre. Fuera de que los nervios ópticos en el hombre despues de juntos se separan y llegan desunidos al cerebro ; luego bien poco importa el que antes se hubiesen juntado. Pero lo que mas hace al caso es que entonces por mas que torciésemos los ojos violentamente para no dirigir los ejes ópticos á un mismo objeto, nunca veríamos un objeto como si fuesen dos ; pues es cierto que con los dedos no podemos separar los nervios ópticos. Por tanto, de la pintura de los ojos y de la esperiencia de los demas sentidos que nos enseña la figura, el tamaño, la distancia, la postura, en fin la unidad del objeto, es de donde se toma el fundamento en que el alma estriba cuando conoce que el objeto está á tal distancia, que es uno, etc.

EUG. — Téngolo entendido perfectamente, y no me ocurre la menor dificultad contra lo que llevais dicho.

TEOD. — Hablemos ahora de los defectos de la vista. ®

EUG. — No es esta mala materia.

§ IX.

Del origen de los defectos en la vista.

TEOD. — Supuesto lo que queda dicho, es fácil conocer de donde provienen los defectos de la vista. La visión se hace cuando el objeto se pinta en la retina; y todo lo que conduce para que esta pintura sea perfecta, conduce también para que sea perfecta la vista del objeto, y al contrario. Ahora, pues, la pintura para ser perfecta depende principalmente de la distancia que hay entre la lente que junta los rayos, y el plano donde se recibe la pintura. Ya habeis visto que era preciso poner el plano á una distancia determinada de la lente para que en él se hiciera la pintura, y que si se erraba esta distancia la pintura era confusa. Sucede, pues, que unas veces la retina está demasiado lejos del cristalino, otras demasiado cerca: por eso hay dos especies de falta en la vista, unos se llaman *miopes*, que ven bien de cerca; mas pasada una determinada distancia ven muy mal. Otros, que se llaman *presbitos*, ven distintamente las cosas mas á lo lejos, pero muy mal las que estan cerca: tocaré ese punto de paso, porque no quede truncada la materia, y pasaré á otras cosas que ignorais. Cuando el cristalino es demasiado convexo (como sucede comunmente en los mozos que padecen cortedad de vista, y se llaman *miopes*), junta muy presto los rayos, y el foco de los

que salen de cualquier punto del objeto cuadra muy cerca del cristalino; y por esto para que la pintura fuese perfecta era preciso que la retina se acercase mas al cristalino, y no hubiese tanta distancia entre el cristalino y ella, á fin que el foco de la lente cayese en la retina, y la pintura saliese perfecta. A este defecto, pues, ocurre la naturaleza de dos modos: el uno es haciendo un poco atras el cristalino, porque tanto irá hácia atras el foco, cuanto retrocediere la lente que lo hace. El otro remedio es volviendo el cristalino algo mas chato, porque cuanto mas convexo fuere, mas lejos irá el foco, y así podrá caer sobre la retina. Yo conjeturo que toda la fuerza que hiciéremos para retirar el cristalino conduce para hacerlo menos convexo en la parte posterior, porque cargando la lente contra el *humor vitreo*, que media entre ella y la retina, naturalmente quedará menos convexa, y así se corrige de algun modo este defecto de la naturaleza.

EUG. — No acabo de admirar la suma industria con que el Autor de la naturaleza dispuso en la construcción de los ojos una fábrica tan acomodada á evitar estos inconvenientes que podian suceder.

TEOD. — Aun restan mayores motivos para vuestra admiración, los cuales iré diciendo poco á poco. Los viejos, ó aquellos cuya falta en la vista consiste en el defecto contrario, tienen el cristalino muy chato, y de aquí nace que su foco cuadra mas allá de la retina; por cuya razon para que fuese perfecta la pintura era preciso que la retina se apartase mas del cristalino. A este defecto ocurre la naturaleza de dos maneras, ya trayendo adelante el cris-

talino, ya haciéndolo mas convexo. En estos movimientos, pues, del cristalino consiste lo que vulgarmente llamamos aplicar la vista, y por eso se nos cansan los ojos cuando forcejeamos queriendo ver con distincion algun objeto.

ERG. — Sin embargo muchas veces esos remedios no bastan para ver los objetos perfectamente.

TEOD. — Es así, y en tal caso es preciso otro remedio exterior, que es acercar mas á los ojos, ó apartar mas de ellos el objeto. Cuando el defecto proviene de ser el cristalino muy chato, y de estar entonces la retina mas cerca de la lente de lo que convenia para la pintura, como sucede en los *presbitos*, ó en los que tienen falta de vista por vejez, entonces debemos apartar un poco el objeto de los ojos (como ellos lo hacen, que para leer una carta la apartan de la vista). La razon es, porque, como os tengo dicho (Proposicion XII), *cuanto mas se aparta el objeto de la lente ó de los ojos, tanto mas se acerca el foco á la lente*. Luego con esta diligencia se viene acercando el foco al cristalino, y viene á caer en la retina la misma pintura que solo se podía formar mucho mas allá de ella.

ERG. — En los *miopes* por una razon semejante ha de suceder lo contrario.

TEOD. — Estos cuando quieren ver bien el objeto acércanlo mas á los ojos, porque, como poco há he dicho (Proposicion XI), *cuanto mas se acerca á la lente ó á los ojos el objeto, tanto mas se retira el foco de la lente*. De este modo va á caer en la retina el foco ó la pintura que se formaba en el espacio antes de ella; y así á medida que yo voy acercando

el objeto á los ojos, va el foco ó la pintura retirándose hasta caer en la retina.

ERG. — ¿Y de qué proviene estar á veces el objeto tan cerca de los ojos, que eso mismo impide el verle bien aun á los *miopes*?

TEOD. — Proviene de que acercando demasiado el objeto á los ojos, se retira demasiado el foco ó la pintura, y no cae en la retina, quedando entonces nosotros con el defecto de los *presbitos*.

ERG. — Vamos ahora al uso de los anteojos.

TEOD. — Ya sabeis que las lentes de que se usa en los anteojos unas veces son convexas y otras cóncavas, y que los efectos que producen son opuestos. Sentado esto, los *presbitos*, que tienen falta de vista por vejez, usan de anteojos convexas, porque como su defecto consiste en que el foco dista mucho de la lente, y los rayos cuando encuentran la retina todavía no van juntos, poniendo delante de los ojos unos vidrios convexas, ya los rayos entran menos divergentes, y será mas facil juntarlos; y así viene á quedar el foco mas cerca, y cae en la retina. Vamos á la esperiencia (Fig. 40). Esta lente B hace veces de un cristalino ó de un ojo: la vela es el objeto que se ve, y el papel la retina en que se debe formar la pintura. Pongamos aquí el defecto de los viejos ó de los *presbitos*.

ERG. — Ha de ser acercando demasiado el papel á la lente, de suerte que cuando los rayos dieren en el papel todavía no vayan juntos.

TEOD. — Eso es. Ya veis que aquí en H no se hace buena pintura; por eso si el hombre tuviere sus ojos en esta disposicion no veria bien. Apartad po-

co á poco la vela de la lente, y vereis que cada vez es la pintura mas perfecta.

EUG. — Es así : por eso el tal viejo apartando el objeto de los ojos lo ve mejor.

TEOD. — Ahí teneis ya un remedio para esta falta de la vista. Poned la vela en el lugar antiguo A, y queda la pintura imperfecta como antes. Acercad ahora la lente un poco á la vela, y vereis como tambien se aclara la pintura.

EUG. — Teneis razon, y creo que este es el primer remedio con que la naturaleza tira á enmendar este defecto de los ojos, trayendo hácia adelante el cristalino, y apartándole de la retina.

TEOD. — Decís bien. Vamos ahora al uso de los anteojos. Poned la lente en el lugar de antes B, el papel en este H : aquí tenemos el defecto que hay en los viejos, porque la pintura es confusa : ¿ de qué anteojos ha de usar el hombre que tuviere esta falta ?

EUG. — De los convexos.

TEOD. — Dad acá vuestros anteojos, Silvio, que son convexos : póngolos en *r* antes de la lente B, que representa el cristalino de los ojos, vereis como la pintura se hace mas clara; pero cómo la lente de los anteojos es muy pequeña, y no recoge todos los rayos que dan en la lente B, pongo uno de vuestros anteojos en el medio de esta tabla R hecha de propósito para el intento, la cual con el agujerito que tiene en el medio hace las veces de pupila. Ved, Silvio, si la pintura se aclara.

SILV. — Así es : está mucho mas distinta.

TEOD. — Luego, Eugenio, lo mismo sucederá

en los ojos de los que tienen esta falta de vista.

EUG. — Representemos aquí tambien el otro defecto que suelen tener los mozos.

TEOD. — Como ese consiste en que el foco les cae antes de la retina, es preciso apartar mucho hácia atras el plano : poniéndolo aquí en F, tenemos la pintura muy confusa, porque solo es clara aquí en C. Usemos ahora de dos remedios para aclarar esta pintura. El primero es empujar mas hácia la retina ó el papel el cristalino ó la lente B que hace sus veces. ¿ Veis cómo sucesivamente va saliendo mas clara la pintura ?

EUG. — Así es. Vamos al otro remedio, que es acortar la distancia del objeto : poned la lente en su antiguo lugar B : dejad estar el papel ahí en F, que yo acercaré la vela á la lente á ver si sale mejor la pintura.

SILV. — Veis, ahí sale mas clara y mas perfecta.

TEOD. — Luego lo mismo ha de suceder en los mozos, que acercando el objeto á los ojos ven mejor; y la razon es, porque segun os dije (Proposicion XI) : *cuanto mas se acerca el objeto á la lente, mas aparta de ella el foco*; y así ya retrocediendo el foco ó la pintura hasta dar en el papel. Ahora] volved la vela á su lugar antiguo A, y usemos de unos anteojos de grados ó cóncavos, que son de los que acostumbran usar los que padecen este defecto de la vista. Sirvámonos de la misma tabla y en el mismo sitio *r* : ¿ veis ahí la pintura ya bien distinta en este lugar F en que antes era confusa ?

SILV. — No tiene duda.

TEOD. — Luego lo mismo ha de suceder en los ojos humanos, si acaso teniendo el defecto que aquí suponemos, se les aplicaren los mismos remedios, pues los anteojos cóncavos hacen los rayos mas divergentes, y que se junten mas tarde, y va á caer en la retina el foco ó la pintura que caia antes de ella.

SILV. — Ahora pues estoy enterado de estas materias; pero tengo que hacer algunas preguntas. Decidme: ¿de qué procede el que despues de usar de los anteojos especialmente de grados por un gran rato, v. g. un cuarto de hora seguido ó mas, en quitándolos vemos peor que antes?

TEOD. — Nace de que es muy dificultoso acertar con unos anteojos de tal concavidad que, estando el objeto á aquella determinada distancia en que lo vemos, remedie con perfecta exactitud nuestro defecto. Lo que mas de ordinario sucede es amoldarse el cristalino de suerte que con el beneficio de los anteojos caiga el foco en la retina. Quitándose despues los anteojos, como el cristalino estaba en sitio y con figura acomodada á los rayos que pasaban por los anteojos, queda por un rato muy desproporcionado á los rayos que solo pasan por el cristalino, y por eso no vemos bien.

SILV. — Tengo otra dificultad aun mayor, y es que segun lo que habeis dicho de las diversas configuraciones del cristalino nacen las diversas especies de vista que hay, y por eso creo yo que las personas que tienen buena vista, cuando quieren

usar de anteojos se quejan de que les hacen muy confusos los objetos.

TEOD. — Aquello, Eugenio, proviene de que si naturalmente la retina está en sitio que el foco del cristalino reciba toda la mudanza que los anteojos causaren en los rayos, ha de hacer que el foco caiga antes ó despues de la retina, y así la pintura en la retina resultará muy confusa.

SILV. — Pues eso es lo que yo digo que no concuerda con lo que tengo experimentado. Un hombre, que tenia escelente vista, se ponía mis anteojos, y veía muy bien por ellos: usaba de anteojos cóncavos, los cuales son opuestos á los míos, y veía por ellos con perfeccion. Yo no sé cómo eso pueda componerse con vuestra doctrina.

TEOD. — Es caso raro; pero yo conjeturo que ese hombre tendrá suma facilidad en mudar la figura y el sitio del cristalino para acomodarle á las diversas distancias que son precisas para que el foco siempre venga á cuadrar en la retina, lo que á mi ver es cosa bien rara.

SILV. — Tal vez será eso: proseguid, que yo hoy no quiero contiendas.

§ X.

Del modo de aumentarse el tamaño aparente de los objetos y disminuirse la distancia, donde se trata de los microscopios y telescopios dióptricos.

TEOD. — Pasemos adelante. Una de las cosas que

SILV. — No tiene duda.

TEOD. — Luego lo mismo ha de suceder en los ojos humanos, si acaso teniendo el defecto que aquí suponemos, se les aplicaren los mismos remedios, pues los anteojos cóncavos hacen los rayos mas divergentes, y que se junten mas tarde, y va á caer en la retina el foco ó la pintura que caia antes de ella.

SILV. — Ahora pues estoy enterado de estas materias; pero tengo que hacer algunas preguntas. Decidme: ¿de qué procede el que despues de usar de los anteojos especialmente de grados por un gran rato, v. g. un cuarto de hora seguido ó mas, en quitándolos vemos peor que antes?

TEOD. — Nace de que es muy dificultoso acertar con unos anteojos de tal concavidad que, estando el objeto á aquella determinada distancia en que lo vemos, remedie con perfecta exactitud nuestro defecto. Lo que mas de ordinario sucede es amoldarse el cristalino de suerte que con el beneficio de los anteojos caiga el foco en la retina. Quitándose despues los anteojos, como el cristalino estaba en sitio y con figura acomodada á los rayos que pasaban por los anteojos, queda por un rato muy desproporcionado á los rayos que solo pasan por el cristalino, y por eso no vemos bien.

SILV. — Tengo otra dificultad aun mayor, y es que segun lo que habeis dicho de las diversas configuraciones del cristalino nacen las diversas especies de vista que hay, y por eso creo yo que las personas que tienen buena vista, cuando quieren

usar de anteojos se quejan de que les hacen muy confusos los objetos.

TEOD. — Aquello, Eugenio, proviene de que si naturalmente la retina está en sitio que el foco del cristalino reciba toda la mudanza que los anteojos causaren en los rayos, ha de hacer que el foco caiga antes ó despues de la retina, y así la pintura en la retina resultará muy confusa.

SILV. — Pues eso es lo que yo digo que no concuerda con lo que tengo experimentado. Un hombre, que tenia escelente vista, se ponía mis anteojos, y veía muy bien por ellos: usaba de anteojos cóncavos, los cuales son opuestos á los míos, y veía por ellos con perfeccion. Yo no sé cómo eso pueda componerse con vuestra doctrina.

TEOD. — Es caso raro; pero yo conjeturo que ese hombre tendrá suma facilidad en mudar la figura y el sitio del cristalino para acomodarle á las diversas distancias que son precisas para que el foco siempre venga á cuadrar en la retina, lo que á mi ver es cosa bien rara.

SILV. — Tal vez será eso: proseguid, que yo hoy no quiero contiendas.

§ X.

Del modo de aumentarse el tamaño aparente de los objetos y disminuirse la distancia, donde se trata de los microscopios y telescopios dióptricos.

TEOD. — Pasemos adelante. Una de las cosas que

mas contribuyen á que la vista del objeto sea imperfecta, ó á que lo sea la pintura que se hace en la retina, es la excesiva pequeñez de la tal figura. Por eso los objetos muy distantes se ven muy mal; porque su pintura en la retina es muy pequeña.

EGG. — ¿Y por qué razon ha de ser muy pequeña la imagen cuando el objeto está muy lejos?

TEOD. — Yo os lo diré. El tamaño de la imagen del objeto en la retina se mide por el ángulo que hacen los rayos extremos del objeto cuando se cruzan en la pupila. Ya os dije que los rayos que vienen del objeto se cruzaban al entrar por la pupila, así como se cruzan al entrar por el agujero de la ventana cuando los objetos se pintan en la pared cabeza abajo. Esta abertura que hacen despues de cruzados, ó por mejor decir, esta divergencia, no siempre es igual: cuando el objeto es grande, tambien la divergencia ó el ángulo es mayor. Aquí tenéis esta (Fig. 67:) el plano *mn*, que tiene un agujerito en el medio, hace veces

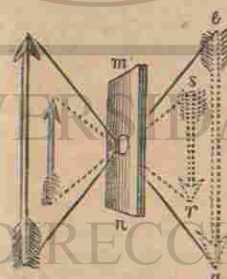


Fig. 67.

de pupila: de la saeta pequeña salen los rayos de puntitos, los cuales cruzándose hacen la pintura pequeña *sr*; y de la saeta grande vienen los otros rayos de líneas que hacen la pintura *ae* tambien grande. Ahora pues bien veis que los rayos de puntos al entrar y al salir del agujero no forman ángulo tan grande como los otros:

jero no forman ángulo tan grande como los otros:

por eso no hacen tan gran imagen. Por consiguiente tenemos que el tamaño de la imagen en la retina depende del tamaño del ángulo que los rayos extremos forman al cruzarse en la pupila. La razon de esto es, porque como la distancia de la pupila á la retina no crece notablemente, solo de la mayor divergencia ó ángulo de los rayos cuando se cruzan es de donde depende el mayor ó menor espacio que hay en la retina entre los rayos extremos; y por este espacio es por donde os dije yo que se media el grandor del objeto. Por tanto, en la pintura que los rayos hacen en el papel puede el tamaño de la imagen crecer por apartarse mas el papel donde se pinta del lugar donde ellos se cruzan; pero dentro de los ojos solo crece la imagen por el ángulo que hacen los rayos al cruzarse.

EGG. — Ahora sospecho yo la razon por qué un mismo objeto si se llega mas á los ojos parece mayor, porque tal vez entonces los rayos extremos hacen mayor ángulo cuando se cruzan.

TEOD. — Decís bien, y aquí lo veis en esta (Fig. 68): la saeta puesta en *a* forma en el plano *F* una imagen pequeña, como se ve en *rs*; y si pusiéremos la saeta en *e* mucho mas cerca del agujero que hace las veces de pupila, formará una imagen grande como la de *nm*, porque mayor ángulo forman los rayos extremos al entrar y salir del agujero cuando vienen de *e*,

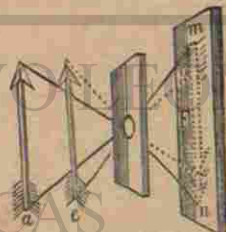


Fig. 68.

que cuando vienen de *a*, como claramente se ve en la figura.

EUG. — A veces parecen tan pequeños los objetos por estar lejos, que no creeríamos que eran los mismos que de cerca nos parecían grandes si no fuera por la experiencia.

TEOD. — Ahí vereis como la experiencia corrige el juicio que el entendimiento formaria, fundado solo en la pintura de los ojos, como ayer os dije. Vamos ahora á ver de qué modo se puede aumentar el tamaño aparente del objeto, ó la imagen de la retina para perfeccionar la vista. El primer modo es usar de una lente convexa delante de los ojos: aquí lo veis en esta (Fig. 69): el plano *ae* representa la pupila: si no hubiese

la lente *nm*, solo entrarían por la pupila los rayos de puntitos; mas como se interpone la lente convexa, esta quiebra los rayos, y hace en-

trar por la pupila á los de líneas *ss*. Estos rayos se quiebran, y al entrar por la pupila hacen mayor ángulo que los de puntitos; y por la misma razon hacen mayor ángulo al salir de la pupila hácia lo interior de los ojos, como manifestamente lo veis en la figura: por eso los rayos de líneas forman en la retina la imagen que ocupa desde *i* hasta *i*; y los rayos

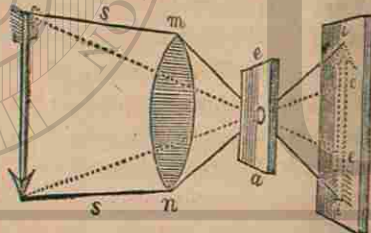


Fig. 69.

de puntos (que son los que sin lente entrarían) solo harían la imagen desde *e* hasta *e* mucho mas pequeña. Luego si la lente convexa aumenta de este modo el ángulo y la imagen, también aumentará el grandor aparente del objeto. Ved aquí en qué consisten los microscopios simples, que no constan sino de una lente convexa. Pero es preciso advertir que para que hagan efecto debe acercarse mucho el objeto á la lente, y la lente á los ojos, mas ó menos conforme á la convexidad de la lente; porque todo esto tiene un cierto punto, y si nos apartamos de él se frustra el efecto. La razon es, porque solo se hace buena pintura en la retina cuando los rayos que salen de un punto llegan á juntarse en otro al tocar en ella. Estando el objeto muy cerca de los ojos saldrán del punto radiante los rayos muy divergentes, y por eso no se podrán juntar en la retina, ni habrá imagen sino muy confusa, aunque sea grande. Pero la lente quebrando los rayos, ayuda á unirlos, y hace que cuando toquen en la retina vayan juntos; y este es el principal efecto del microscopio simple. No es así en los compuestos.

EUG. — Ya he visto unos que eran unas bolitas de vidrio llena de un licor que parecia agua. Supongo que estos son simples.

TEOD. — Así es, porque un globo de vidrio lleno de agua hace el oficio de una lente convexa por ambas partes.

EUG. — ¿Pero cuáles son los microscopios compuestos, y qué efectos hacen?

TEOD. — En el microscopio compuesto hay lo primero una lente objetiva (que es la que cuadra á

la parte del objeto que se ve): esta lente, que es convexa, y muy convexa, quebrando los rayos hace una pintura á determinada distancia, la cual se ve claramente recibiendo en un plano, como ya os lo dije hablando de la pintura que se hace en la pared con cualquiera lente convexa. Esta pintura si no se recibe en plano opaco se hará en el aire. Usemos de esta (Fig. 70): el objeto es *a*, la lente objetiva *mn*, los rayos se juntan y hacen la pintura en *RS*. Si pusiéramos aquí un papel es visible la pintura; si no lo pusiéramos, siempre pasan por ahí los rayos del

mismo modo; y cualquiera que se ponga de la parte en que está pintado este ojo verá en el aire la imagen del objeto en ese lugar *RS*. Pero si ponemos entre la vista y esa pintura *RS* una lente convexa *ue*, con ella se observa la pintura mucho mayor de lo que ella es, y de camino se consigue que los rayos que de *R* adelante se esparcían y no podían entrar muchos dentro de los ojos, con la lente se juntan mas para poder entrar por la pupila, y que la pintura salga mas clara. Ved aquí como siendo el objeto muy pequeño nosotros le vemos muy grande por dos ra-

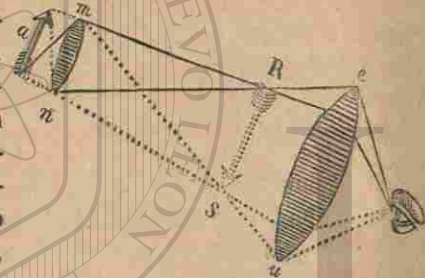


Fig. 70.

zones: la primera, porque en lugar del objeto *a* en realidad vemos su imagen *RS*, que es mucho mayor: la segunda, porque aun esa imagen la vemos por la lente *ue*, que la aumenta mucho, y la hace parecer mayor de lo que es.

SILV. — ¿Y no tienen mas artificio los microscopios?

TEOD. — Algunos mas adelante de la lente *ue* tienen otra para juntar los rayos mas presto, y hacer en ellos mayor ángulo al entrar por la pupila, lo cual causa mayor efecto; pues bien sabéis que cuanto mayor ángulo forman los rayos entrando por la pupila, mayor es la imagen del objeto, y mayor nos aparece.

EU. — ¿Y cómo podré usar de esos microscopios, pues ya me dieron uno, y me hallé tan embarazado con él que no vi nada hasta que un amigo me hizo ver lo que yo no imaginaba?

TEOD. — Toda la dificultad se reduce á acertar con la distancia del objeto á la lente objetiva, y de la lente ocular *ue* á la objetiva *mn*, porque todo esto tiene sus distancias determinadas. Pero esta distancia entre las lentes ya está ajustada por el artifice que armó el microscopio: la otra del objeto á la lente objetiva es variable, y cada uno debe ir poco á poco proporcionándola hasta dar con el punto en que se ve con claridad el objeto. Aquí tiene su lugar una especie de linterna mágica solar, que llaman *microscopio solar*. Yo os lo explicaré, y despues vereis su efecto. Lo primero es menester introducir el rayo del sol dentro de la pieza por una línea ho-

rizontal, á fin de que se logre mejor el efecto, para lo cual tengo la *heliostata* que ya habeis visto.

EGG. — No me acuerdo.

TEOD. — Es aquel reloj que os mostré, el cual sirve para ir haciendo dar vueltas á un espejo á proporcion que el sol se va volviendo, y con esto siempre tenemos en una misma direccion el rayo reflejo del espejo para que esté fijo dentro del cuarto.

ó siempre oblicuo ó siempre horizontal, segun quisiéremos.

EGG. — Ya me acuerdo.

TEOD. — Pero para experimentos de poco tiempo uso á veces de un espejo que se va volviendo con la mano conforme es menester. Luego lo vereis; pero mirad primero esta (Fig. 71). Supongamos en el postigo de la ventana esta lente C, la cual recibe los rayos horizontales del sol, y los junta en el foco E: cerca de este, mas ó menos, á arbitrio de cada uno se pone un vidrio D, que lleva en sí algunas gotas del licor que queremos observar, ó un insecto, ó cualquier objeto que se examine. Este objeto en este lugar recibe una gran porcion de luz, mayor ó



Fig. 71.

menor, segun se acerca mas ó menos al foco. Estando el objeto así iluminado, como es muy pequeño, y por eso trasparente respecto de tanta fuerza de luz, le atraviesan los rayos tiñéndose de sus colores, como sucede pasando por un vidrio verde, azul, etc. Siguese despues una lente E, la cual está cubierta por la cara que mira á la ventana, y solo se deja un agujerito hecho con un alfiler. Esta lente ha de ser muy convexa y tener su foco muy cerca, y la distancia á que debe estar del objeto que se examina, es con corta diferencia la de su foco; luego daré la razon. Los rayos que vienen del objeto al entrar por este agujerito se cruzan, y atravesando la lente van á dar en la pared de enfrente, en donde pintan los colores que traian, y vemos el objeto pintado en grande.

SILV. — ¿Y por qué se pinta en grande?

TEOD. — Porque como los rayos se cruzan en el agujerito de la lente E, despues de pasar por ella, cada vez se han de apartar mas unos de otros, y por eso ha de salir muy grande la imagen; pero al reves de aquella postura en que está el objeto.

EGG. — Mas esa pintura se ha de hacer en la pared solo cuando entre ella y la lente E hubiere la distancia determinada, así como sucede en las demas experiencias.

TEOD. — No es precisa esa distancia determinada: circunstancia digna de atencion. Voy á dar la razon. Ya tengo dicho que la lente E debe distar del objeto otro tanto como se aparta de ella su foco: con esto se hace que los rayos que salian divergentes de cualquier punto del objeto, dando en la lente,

continúen su camino paralelos. Por este medio se logran dos buenos efectos : el primero, que estos rayos que salen de cada punto, si se esparciesen, no podrian pintar el color de ese punto del objeto vivo y fuerte, y ademas se confundirian con los otros que viniesen de puntos diferentes, y tendriamos gran confusion en la pintura. Este inconveniente se precave con la lente, la cual los obliga á ir paralelos. El otro efecto es que esta pintura sale igualmente viva á diversas distancias ; y es la razon, que como estos rayos que salen de un punto del objeto, despues que pasan por la lente van paralelos, siempre tienen una misma distancia entre sí, y por eso en cualquier distancia que encuentren el plano pintan del mismo modo el objeto.

SILV. — Pero siempre reparo que los rayos divergentes pintan el punto de donde salieron sin juntarse, como sucede en el ojo artificial.

TEOD. — Voy á satisfaceros. Como el diámetro del agujerito que la lente tapa es muy pequeño, tambien es muy corta la distancia que llevan entre sí los rayos que salieron de un punto del objeto. Por esta razon en el plano cuadran casi juntos en un punto, pero no tanto como si en realidad que se juntasen del modo que lo hacemos en el ojo artificial y en otras esperiencias. Quien quisiere hacer en esta la pintura aun mas perfecta, puede apartar un si es no es la lente E del objeto D, y con eso los rayos que hasta aquí pasaban paralelos se vuelven convergentes, y en algun lugar se han de juntar : tentando poco á poco se conoce cual es, y se hará que caiga en la pared, apartando mas ó menos la lente E del ob-

jeto D. Pero dispuestas así las cosas ya la pintura fuera de ese lugar saldrá confusa. Vamos antes que el sol se ponga á ver la esperiencia, que es curiosa.

ETG. — Vamos, porque siempre por los ojos me entra mas fuerte la luz al entendimiento.

TEOD. — Aquí pongo este espejo G (Fig. 72) para que reciba los rayos del sol, y los meta dentro de la pieza por este agujero redondo que tiene el postigo donde pongo la lente que ha de juntar los rayos del sol.

ETG. — Perdonadme la curiosidad : ¿para qué es esta cola H que está asida al espejo?

TEOD. — Sirve para gobernar desde dentro el es-



Fig. 72.

pejo que está de la parte de afuera. Aquí pongo en este lugar K esta tabla con un vidrio en que se ve una pulga. Vedla. En esta parte I está la lente pequeña cubierta con una chapa de metal por la cara que mira á la ventana, con solo un agujerito hecho con un alfiler. Cerremos bien las ventanas..... Mirad ahora á la pared de en frente.

EUG. — ¡Qué cosa tan horrible! ¿Qué objeto es el que se ve pintado?

TEOD. — La pulga que os mostré: ahí la veis pintada del tamaño de una oveja.

SILV. — Nunca creí que la pulga tuviese la hechura que veo: las piernas, los pelos, la fábrica de todo el cuerpo es cosa bien estraña.

TEOD. — Por este medio se pueden observar objetos muy diminutos, especialmente líquidos, que tienen en sí insectos pequeñísimos, como el vinagre, el agua lloyediza, etc., y también la circulación de la sangre en el mesenterio de las ranas y otros objetos semejantes. Advierto que como el sol en el foco por el excesivo calor consume los líquidos, y destruye algunos objetos delicados, podrá ponerse el objeto mas lejos del foco, donde haya bastante luz y menos calor.

EUG. — No acabo de creer lo que veo: ¿qué es esto que estoy viendo, es la pulga!

TEOD. — Creed, Eugenio, que nuestros ojos son muy groseros, aun los de aquellos que se precian de vista mas perspicaz; y solo quien tiene uso del microscopio es el que sabe cuan poco ven aun los ojos de lince. Ea pues demos la esperiencia por vista, y vamos continuando con la conferencia.

EUG. — Vamos, que temo que se pase el tiempo de la tarde destinado para esta materia.

TEOD. — Ahora se siguen los telescopios ó anteojos de larga vista, como los llaman vulgarmente. Hay dos especies de telescopios, unos de refraccion, otros de reflexion: estos se llaman catóptricos, y despues trataré de ellos. Los de refraccion ó dióptricos son de varias clases: los que llaman astronómicos constan solo de dos lentes convexas, y se ve por ellos el objeto al reves, por lo cual solo se suelen usar para observar los astros. Quiero mostraros en estampa el camino que por dentro de ellos llevan los rayos (Fig. 75). Ved aquí dos lentes convexas:

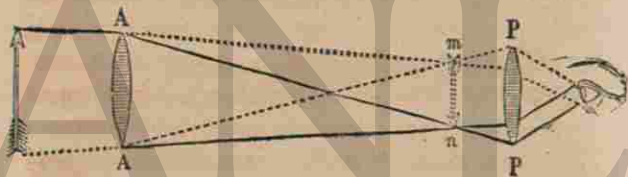


Fig. 75.

AA es la objetiva, PP la ocular: la objetiva recibe los rayos del objeto, y juntándolos á determinada distancia forma la pintura en mn. Esta pintura, que se forma en el aire, y será bien visible si se recibe en un plano blanco, se observa con la lente ocular para que salga mucho mayor. Pero como la pintura tiene una situacion opuesta á la del objeto, porque la saeta verdadera tiene la punta hácia arriba, y la pintura mn la tiene hácia abajo, se sigue que viendonosotros por la lente ocular la imagen mn, se

nos ha de representar de un modo contrario á aquel con que se nos representaria el objeto verdadero, si lo observásemos por la lente ocular, y por eso con estos telescopios vemos al revés los objetos.

ERG. — A lo que veo poca distancia hay de estos telescopios á los microscopios.

TEOD. — En cuanto al camino que los rayos llevan, así es, porque en unos y otros con la lente objetiva se hace en el aire la pintura, la cual se observa y aumenta con la ocular. Pero siempre hay gran diferencia en la construcción de unos y otros instrumentos, y consiste en que la lente objetiva en los microscopios es muy convexa, porque conviene que esté muy arrimada al objeto; y como estando cerca recibe rayos muy divergentes, es necesario que tenga gran convexidad para juntarlos.

ERG. — ¿Y por qué razon conviene que en los microscopios esté la lente objetiva muy cerca del objeto?

TEOD. — Es para que reciba muchos rayos, pues bien sabéis que cuanto mas cerca de la lente está el objeto, mayor número de rayos divergentes caerán en ella; y se desea que caigan muchos rayos para que la pintura que se ha de observar salga viva y perfecta.

ERG. — Ya lo entiendo. Vamos á los telescopios.

TEOD. — En los telescopios sucede al contrario, que la lente objetiva tiene poca convexidad, y cuanto menos convexa fuere tanto mejor será el telescopio, porque como el objeto se supone distante de él,

cualquier convexidad, por pequeña que sea, basta para juntar los rayos que recibe divergentes, y hacer su imagen ó pintura.

ERG. — ¿Y por qué son mejores las lentes menos convexas?

TEOD. — Porque cuanto menor es la convexidad de la lente, mas lejos se juntan los rayos, segun ya os lo he mostrado; y cuanto mas lejos de la lente cae la imagen, mayor es esta; como tambien cuanto mayor es la imagen del objeto, mejor se ha de ver cada una de las partes que en ella se observan con la lente ocular.

ERG. — He visto algunos anteojos muy largos, que me dicen son para observar los astros, y supongo que han de tener mas vidrios de los dos que decís.

TEOD. — Estais engañado; porque á escepcion de los de reflexion solo constan de dos lentes, y su largura proviene de que la lente objetiva tiene muy poca convexidad, y pinta la imagen á mucha distancia de sí; y como la imagen debe quedar antes de la lente ocular, se requiere toda aquella longitud en el antejo.

SILV. — Varias veces he abierto yo aquel antejo vuestro con que vemos entrar los rayos por la barra, y tiene mas vidrios de los que decís.

TEOD. — Así ha de ser. ¿Y veis por él los objetos al derecho?

SILV. — Véolos como ellos estan.

TEOD. — Pues para eso no bastan las dos lentes convexas: son precisas cuatro. Voy á mostraros en estampa lo que he de decir (Fig. 74) AA es el ob-

jeto, *bb* la lente objetiva : esta lente hace la pintura



del objeto, pero inversa, como veis en *mn*. Esta pintura no se observa por la lente *rr*, poniendo el ojo en *e*, como en el telescopio astronómico, sino que se dejan pasar los rayos por la lente, que á causa de su convexidad los trueca, haciendo que los de puntos, los cuales pintaban las plumas hácia arriba, vengan hácia abajo, y que los de líneas que representaban la punta en lo bajo se dirijan arriba. Al dar los rayos en la otra lente *ss* que se sigue, como iban cruzados y divergentes continúan paralelos hasta la tercera lente *cc*, y desde ahí se van juntando para entrar por los ojos. Esto supuesto, haced reflexion sobre lo que sucede á los rayos que salen de la punta (lo mismo sucederá á los otros; mas

por ahora solo hablaremos de aquellos para que no os confundais). Estos rayos de líneas salen de un punto, y se esparcen por toda la lente objetiva, la cual los junta lejos de sí, porque tiene poca convexidad, y forma la pintura de la punta en *n*. Juntos ahí los rayos de la punta, si continuaren es forzoso que se esparzan, y así esparcidos dan en la lente *rr*. Esta

debe estar á la misma distancia de la imagen *mn* que de su foco de los paralelos. Por esta razon los rayos de líneas que comparados entre sí recibió divergentes los ha de volver entre sí paralelos (Proposicion VIII), y en esta forma paralelos caminan hasta la otra lente *ss*, que como los recibe paralelos, los ha de juntar á la distancia de su foco de los paralelos que está en *i*; y ahí tenemos segunda imagen de la saeta, mas ya vuelta con la punta hácia arriba. Estos rayos, despues de juntos en el foco *i*, prosiguen esparciéndose; y dando la tercera lente *cc*, ella los hace paralelos, y los envia á los ojos para que se junten en la retina á beneficio de la lente natural, que es el cristalino mismo. Por tanto, en estos anteojos lo que observan los ojos rigurosamente no es el objeto en sí, ni la primera imagen que se forma en *mn*, sino la segunda que se representa ya vuelta en *iu*, la cual, como tiene la misma situacion que el objeto, vése el objeto como en realidad está ó al derecho.

EEG. — No acabo de admirarme cómo se observan aquí casi todas las reglas que me habeis dado. Si comparamos un rayo de líneas con otro de puntos, como salen de diversas estremidades, y vienen casi paralelos á la lente objetiva, se cruzan en *g* mucho mas cerca que los otros de rayas comparados entre sí, porque como caen en la lente divergentes, solo se van á juntar en *n*; y aquí se prueba que los rayos divergentes tienen el foco mas lejos que los paralelos. Despues los rayos de líneas comparados con los otros de puntos van casi paralelos, y cruzándolos la lente en *e* se vuelven divergentes, y de este modo

caen en la segunda lente, y los convierte paralelos hasta la tercera, la cual los cruza en la niña de los ojos, sucediendo siempre lo contrario de lo que entonces comparando los rayos de líneas entre sí, ó los de puntos entre sí.

TEOD. — Así debe suceder, porque como ya del objeto salieron con gran diferencia, diferentes han de ir hasta el fin. Comparando los rayos semejantes entre sí, saldrán divergentes, y los desemejantes casi paralelos. Ved aquí por qué siempre es forzoso que padezcan mudanzas encontradas.

SILV. — Todo lo que llevais dicho me parece bastante probado, ni á esto se opuso jamas mi escuela; pero no obstante quiero deponer algunos escrúpulos que tengo. Muchos anteojos representan los objetos al derecho constando solo de dos vidrios, y son unos anteojos de mano como los que usamos en el teatro.

TEOD. — Esos son de otra clase: constan de una lente objetiva, que es convexa, y de otra ocular, que es cóncava. Para que entendais el modo que ayudan á nuestra vista, vamos á esta otra estampa (Fig. 75). Aquí teneis la lente objetiva V, y la ocu-

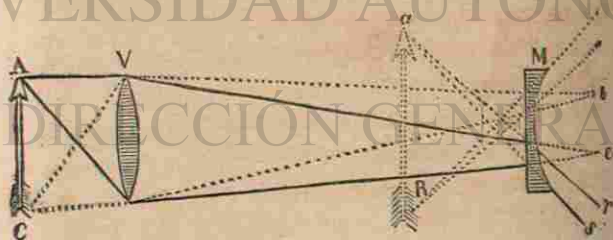


Fig. 75.

lar M: los rayos que salen de la punta de la saeta, pasando por la lente objetiva, debían juntarse en el foco *e* mas adelante de la ocular, en caso que no encontrasen en el camino la lente cóncava M; pero esta separa los rayos que se habían de juntar en *e*, y hace que vayan divergentes á *rs*. Esto supuesto, no hay antes de la retina imagen del objeto; pero nosotros por la costumbre que tenemos de ver juzgamos que el objeto está en el lugar de donde naturalmente había de salir los rayos para traer la divergencia que tienen cuando entran por los ojos. Esta divergencia, pues, de los rayos que van á parar á *rs*, no habiendo lente solo podía provenir del punto *a*, estando ahí el objeto, que es la punta de la saeta. Por eso juzgamos nosotros que ahí es donde está el objeto, y se supone ahí una pintura imaginaria, por cuanto nos persuadimos que el objeto está en ese lugar, fiándonos enteramente de los ojos. Lo mismo sucede á los rayos que salen de las plumas de la saeta, los cuales debían juntarse en *i*; pero la lente ocular los separa, y hace que entren en los ojos del modo que entrarían si el objeto estuviese en R: por eso creemos que en R está.

EUG. — En esta figura se muestra claramente que el objeto por estos anteojos se ve al derecho, pues la punta *a* se representa hácia arriba como realmente está en la saeta verdadera.

TEOD. — Veamos otros instrumentos no menos curiosos.

EUG. — ¡ Son estos que hay aquí preparados !

caen en la segunda lente, y los convierte paralelos hasta la tercera, la cual los cruza en la niña de los ojos, sucediendo siempre lo contrario de lo que entonces comparando los rayos de líneas entre sí, ó los de puntos entre sí.

TEOD. — Así debe suceder, porque como ya del objeto salieron con gran diferencia, diferentes han de ir hasta el fin. Comparando los rayos semejantes entre sí, saldrán divergentes, y los desemejantes casi paralelos. Ved aquí por qué siempre es forzoso que padezcan mudanzas encontradas.

SILV. — Todo lo que llevais dicho me parece bastante probado, ni á esto se opuso jamas mi escuela; pero no obstante quiero deponer algunos escrúpulos que tengo. Muchos anteojos representan los objetos al derecho constando solo de dos vidrios, y son unos anteojos de mano como los que usamos en el teatro.

TEOD. — Esos son de otra clase: constan de una lente objetiva, que es convexa, y de otra ocular, que es cóncava. Para que entendais el modo que ayudan á nuestra vista, vamos á esta otra estampa (Fig. 75). Aquí teneis la lente objetiva V, y la ocu-

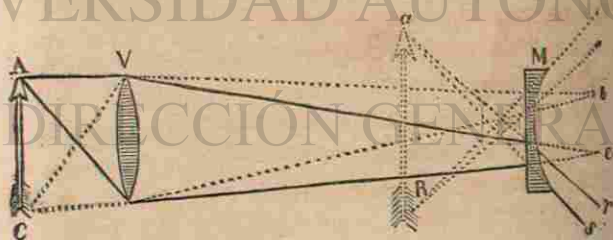


Fig. 75.

lar M: los rayos que salen de la punta de la saeta, pasando por la lente objetiva, debían juntarse en el foco *e* mas adelante de la ocular, en caso que no encontrasen en el camino la lente cóncava M; pero esta separa los rayos que se habian de juntar en *e*, y hace que vayan divergentes á *rs*. Esto supuesto, no hay antes de la retina imagen del objeto; pero nosotros por la costumbre que tenemos de ver juzgamos que el objeto está en el lugar de donde naturalmente habia de salir los rayos para traer la divergencia que tienen cuando entran por los ojos. Esta divergencia, pues, de los rayos que van á parar á *rs*, no habiendo lente solo podia provenir del punto *a*, estando ahí el objeto, que es la punta de la saeta. Por eso juzgamos nosotros que ahí es donde está el objeto, y se supone ahí una pintura imaginaria, por cuanto nos persuadimos que el objeto está en ese lugar, fiándonos enteramente de los ojos. Lo mismo sucede á los rayos que salen de las plumas de la saeta, los cuales debían juntarse en *i*; pero la lente ocular los separa, y hace que entren en los ojos del modo que entrarían si el objeto estuviese en R: por eso creemos que en R está.

EUG. — En esta figura se muestra claramente que el objeto por estos anteojos se ve al derecho, pues la punta *a* se representa hácia arriba como realmente está en la saeta verdadera.

TEOD. — Veamos otros instrumentos no menos curiosos.

EUG. — ¡Son estos que hay aquí preparados!

§ XI.

De la cámara oscura, cámara óptica y linterna mágica.

TEOD. — Después de haber explicado los principios de la dióptrica, y también los de la catóptrica, fácilmente se puede entender lo que sucede en algunas máquinas, cuya construcción se funda sobre unos ú otros principios. Una de ellas es la que llaman cámara oscura: voy á mostrárosla (Fig. 76), y

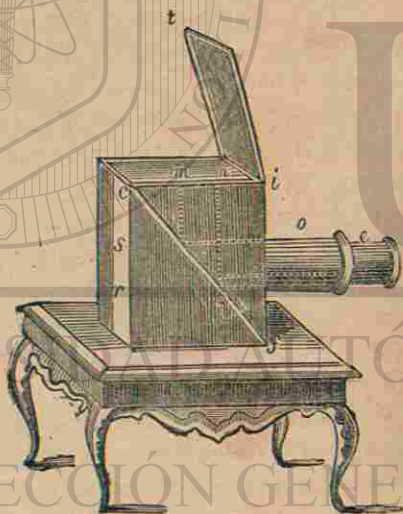


Fig. 76.

explicaré su artificio. Consta de un cajon cuadrado,

en cuyo costado hay un cañon *ae*, que sale mas ó menos afuera segun es menester: este cañon tiene al remate una lente convexa *e*, la cual pintaria el objeto exterior en este lugar *rs* si el camino estuviese desembarazado; pero como dentro del cajon encuentran los rayos un espejo *cf* que está oblicuo, reflecten hácia arriba, y van á formar la pintura en este lugar *mn* que es como la tapa del cajon. Esta tapa recibe la pintura en la parte interior; pero á fin que se pueda lograr por la parte de fuera suelen hacerla de vidrio algo tosco, que conserva solamente la diafanidad, que basta para que se vea la pintura que en él se hace por la parte de dentro. Para que esta pintura se perciba bien es preciso embarazar toda la luz que por fuera pueda dar en la tapa del cajon, para que la pintura no se confunda; y á este fin suele haber otra tapa de madera *ti*, que estando abierta sirve para que se eche sobre ella una capa ó cosa semejante, y por debajo se observa á oscuras la pintura. Mirad si quereis, Silvio, lo que va alli por el camino, que todo está pintado en este cajon.

SILV. — Todo se representa bien al vivo; pero reparo que esta pintura no se forma al reves como sucede en otras esperiencias.

TEOD. — Eso consiste en el espejo; porque si no fuera por él y la pintura se hiciera en este lugar *sr*, se formaria al reves por la razon general que tengo dada para semejantes casos; y si el objeto pintado fuese un navío, se representaria el casco hácia arriba en *s* y los mástiles hácia abajo en *r*. Pero encontrando el espejo, el rayo que venia á este lugar

r reflecte hácia este *n*, y así se pintan en él; y el rayo que venia á este lugar *s* va á pintar el casco aquí en *m*; y poniéndonos nosotros á mirar de esta parte *sr* cuadra la pintura al derecho.

EUG. — No tiene duda que así es, y así debe ser.

TEOD. — Vamos á la otra máquina no menos agradable, que es la cámara óptica, (Fig. 77): es un cajon con el artificio que veis: en el fondo *mm* se pone una estampa de ciudad v. g., ó cosa semejante, con la cabeza hácia abajo: en lo alto del cajon hay un espejo oblicuo que viene desde este sitio *e* hasta este *o*: ademas á espaldas del cajon, en la parte superior, hay una lente convexa (que por la postura de la caja, no se puede ver en la estampa). Si os llegareis á esta lente, os ha de parecer que estais á vista de una ciudad verdadera. Acercaos ambos, y mirad, que la esperiencia es divertida.

EUG. — Es así: no hay engaño mas agradable. Mirad, Silvio.

SILV. — Lo cierto es que la industria humana ha adelantado mucho: no podria la vista lograr en los objetos verdaderos mayor diversion de la que tiene en estos que no son mas que pintados.

TEOD. — Ahora resta que el entendimiento tenga conocimiento de su objeto, que es la verdadera razon de este maravilloso efecto. Aquí teneis esta figura estampada para esplicacion del caso presente: *mn* representa (Fig. 77) el suelo del cajon visto de lado: *co* es el espejo puesto oblicuamente para rechazar á la lente *ae* los rayos que vienen de la pintura que se supone estar en el suelo del cajon: *es* es la tapa fija; y *so* tambien es una tabla fija por la

parte anterior; de ahí abajo el cajon es abierto para que entre la luz á iluminar bien la estampa en *mn*. Sentado

esto, vamos á esplicar el efecto. Ya os dije que la lente convexa si recibia los rayos paralelos los juntaba en el foco, y que si los recibia

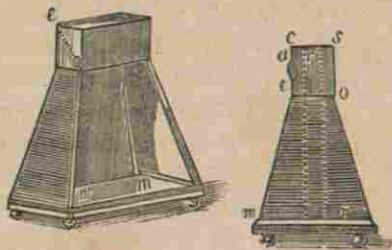


Fig. 77.

divergentes, y el punto de donde salian estaba á distancia igual á la del foco de los paralelos, volvia paralelos esos mismos rayos divergentes. Estando pues la pintura *mn* bien bañada de luz, salen de cualquier parte de ella como de punto radiante los rayos divergentes, y dando en el espejo *co* retroceden hácia la lente. Si esta distancia de la pintura al espejo y del espejo á la lente fuere igual á la del foco de la misma lente, resulta que quien estuviere mirando por la lente ha de recibir paralelos los rayos que vienen de la pintura, y por eso ha de juzgar que el objeto está muy lejos; porque nuestra esperiencia nos ha enseñado, que cuanto mas distantes estan los objetos menos divergentes vienen sus rayos, y por ese motivo todas las veces que los rayos no traen divergencia sensible, conceptuamos que se halla á mucha distancia el objeto; y así como de los coches, de los castillos, de los jardines que estan pintados en *mn*, llegan á los ojos los rayos sin divergencia, pues vie-

nen paralelos, juzga el alma con buen fundamento que los objetos estan muy lejos. Por otra parte la lente convexa aumenta la figura de los objetos por lo que queda dicho; y pareciéndonos á nosotros que el objeto está muy distante, y sintiendo en la retina, no obstante esa distancia, una imagen no muy pequeña, creemos que el objeto es muy grande; pues (á no ser por el engaño de las lentes) solo siendo en sí muy grande podría hacer en la retina aquella imagen á la distancia en que nosotros le consideramos; y por eso se nos representa ser los objetos verdaderos que estamos viendo á lo lejos.

EEG. — Ved ahí por qué las torres que en la pintura son muy pequeñas me parece que son las verdaderas, y que tienen la altura de 450 palmas ó mas.

SILV. — Pregunto: ¿y para lograr este efecto basta cualquiera lente convexa? Si es verdad lo que decís, bastará.

TEOD. — Si, basta, con tal que la distancia de la lente al espejo, y de este á la pintura, sea igual á la del foco de esa lente; de otra suerte ya los rayos que salen de cualquier punto de la pintura podrán llegar á los ojos convergentes, ó todavía muy divergentes, lo cual impide ó disminuye el efecto. Advertido que la estampa debe meterse en el cajon con la cabeza hácia dentro para que se vea al derecho: la razon se ve aquí en la (Fig. 77). Supongamos que la línea de puntos cercana á *m* representa los rayos que reverberan de las ramas de un arbol por ejemplo: estos rayos dan en el espejo en *r*, y de ahí reflecten hasta la lente en *a*. El que estuviere

observando por detras de la lente verá la rama del arbol hácia arriba; y si la estampa estuviera puesta al revés forzosamente veria el tronco en lo alto y la rama en lo bajo. Pues este mismo efecto se ve en algunos cajones dispuestos á lo largo, colocada la lente en lo alto á un lado, y las estampas en el otro en frente de ella, é iluminándolas por arriba con la claridad del sol, la cual se puede recibir en un paño blanco ó papel para que se difunda con igualdad.

EEG. — Ya he visto estos cajones; pero este es mucho mejor, y creo que la razon es, porque en esos otros, ó la distancia entre la lente y la pintura, no siempre es la misma que debe ser, ó no quedan bien iluminadas las estampas.

TEOD. — Siguese otra máquina no menos plausible, que es la *linterna mágica*: voy á mostrárosla. Pero para que comprendais su artificio interior quiero ponerlos á la vista una estampa, en que conocereis las partes de que se compone, y cómo estan dispuestas (Fig. 78). Lo primero *ee* representa

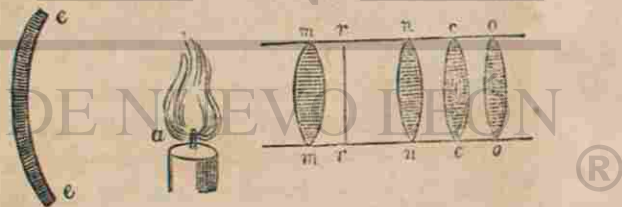


Fig. 78.

un espejo cóncavo: *a* es una llama grande, en lugar de la cual se puede usar de cuatro velas juntas que

hacen mejor efecto : *mo*, *mo* denota un cañon que contiene varias piezas : la primera es la lente convexa *mm*, despues hay un vidrio ó talco *rr*, en que se pinta con colores verdaderos algun objeto : si-guese otra lente *nn*, y despues un anillo *cc*, que tiene un hueco en medio representado en la letra *i*; y últimamente tenemos otra lente convexa en *oo*. El efecto de esta máquina es pintarse en la pared á determinada distancia el mismo objeto que está pintado en el vidrio ó talco *rr*, pero en postura inversa y con grandor extraño. La razon es, porque los rayos de luz que salen de la vela, y dan en la primera lente *mm*, van á bañar de una gran luz la pintura del vidrio *rr*; y como el vidrio y los colores quedan en algun modo transparentes, los rayos que pasan por la pintura se visten de sus colores, y salen del vidrio como podrian salir reverberando de una pintura bien iluminada. Estos rayos pasando por la lente *nn* quedan muy poco divergentes; de suerte que atravesando la otra *oo* salen convergentes, y van á hacer foco á cierta distancia donde pintan la figura del objeto. Pero esta figura ha de ser inversa á causa de que en el agujero *i* del anillo *cc* se cruzan los rayos. Porque los que salen de puntos diferentes de la pintura *rr*, y vienen convergentes á caer sobre la lente *nn*, á causa de la refraccion se han de cruzar en *i*; y en este lugar en que se cruzan debe colocarse el anillo para que no estorbe ninguna luz util. Esto supuesto, para que la pintura cuadre en la pared al derecho, es preciso que el vidrio *rr*, en que el objeto está pintado, se ponga al revés quedando la pintura con la cabeza hácia abajo.

EUG. — Todavía no me habeis dicho para qué era el espejo cóncavo.

TEOD. — Ese sirve para que la pintura reciba mucha luz, porque ademas de la que va derecha de la llama á la lente *mm*, toda la que da en el espejo va por reverberacion á la misma lente, y por consiguiente al vidrio pintado; y de tal suerte se ponen la luz y el espejo, que los rayos reflejos se junten sobre el vidrio pintado; lo cual se consigue acercando ya mas, ya menos la vela al espejo, hasta que la llama se pinte en el lugar en que se pone el vidrio pintado.

SILV. — ¿Y para qué es preciso dar al vidrio pintado tanta luz?

TEOD. — La razon es, porque como la pintura del vidrio es muy pequeña, y en la pared ha de ser muy grande, forzosamente los rayos se han de esparcir por espacio mucho mayor del que ocupan en el vidrio, y así es precisa mucha luz para que la pintura no salga debil.

EUG. — Tenemos conocida especulativamente esta máquina. Vamos á ver su efecto en la práctica.

TEOD. — Aquí teneis la linterna mágica. (Fig. 79). que en lo exterior puede tener diversas figuras; mas en cuanto á la sustancia todo el artificio se reduce á lo que queda explicado. En estos cañones *oa* se contienen las piezas que estan pintadas en la (Fig. 78) que os he mostrado : esta abertura *rr* es para meter por ella esta regla *RR* en que estan diferentes vidrios con varias pinturas, y sucesivamente se pueden mudar en la linterna. Esta parte

superior E sirve para recibir el humo de las velas,

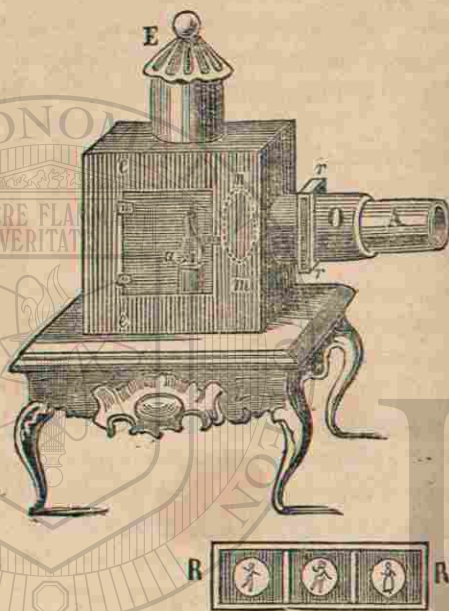


Fig. 79.

y echarlo fuera por los bordes inferiores, sin dejar salir luz que ilumine la estancia, la cual debe estar bien á oscuras: dentro de este cajon cuadrado estan el espejo *ee*, la llama *a* y la lente *mm*, que en la (Fig. 78) que os he mostrado, está inmediata á la pintura. Ved ahora su efecto,

SILV. — ¡Qué figura tan ridícula se nos representa pintada en la pared!

EUG. — Verdaderamente que está bien puesto el

nombre de linterna mágica, porque parece obra de hechicería.

TEOD. — ¿Quereis ver lo que es en realidad? Sacaré de la linterna la regla de las pinturas, y vereis que es una pintura pequeña y bien grosera.

SILV. — Estoy viendo estas cosas, y no puedo creerlas.

EUG. — Supuesta la esplicacion no hay aquí cosa que se me oculte, si bien el efecto es asombroso y capaz de pasmar.

SILV. — ¿Y la distancia de la linterna á la pared tiene medida determinada para que se haga en el a la pintura?

TEOD. — Sí, tiene; mas debe atenderse á la disposicion de las lentes dentro del cañon y á su convexidad, á cuyo fin se ha de ir buscando el lugar en que la pintura salga mas viva, ya acercando, ya apartando la linterna de la pared, ó tambien moviendo hácia fuera ó hácia dentro el cañon *a* en que está la última lente; porque, como os tengo dicho, solo se forma la pintura donde cae el foco de los rayos que se quiebran en la última lente, y el foco bien sabeis que tiene distancia determinada. Ahora os mostraria este mismo efecto, y sería mucho mas vivo si hiciese sol, que puntualmente está ahora encubierto; pero os diré cómo se hace la esperiencia. Sácanse de la linterna los dos cañones *oa* con la regla de los vidrios pintados, y se aplican á un agujero de la ventana redondo; y para que el sol dé bien en la pintura, ó se usa de un espejo puesto á mano por la parte de afuera, que haga dar al sol

en el vidrio pintado que por dentro corresponde al agujero de la ventana, ó se tapa el agujero con un papel encerado, en el cual, aunque el sol dé solamente de lado, siempre la luz se esparce, de manera que la pintura sale bien iluminada; pero el espejo hace mejor efecto.

ECG. — ¿Y qué piezas se han de aplicar al agujero de la ventana por la parte de adentro?

TEOD. — La pintura del vidrio y todo lo demas que desde ella afuera se contiene en los cañones *oa*, y con la misma disposicion. Ahora vamos á satisfacer á lo que tiempo há me pedisteis, que es explicar los telescopios de reflexion que tienen aquí su lugar.

ECG. — Confiésoos que ya no me acordaba de ellos.

§ XII.

De los telescopios de reflexion ó reverberacion, y del daguerreótipo.

TEOD. — De los telescopios de reflexion hay dos especies, unos que se llaman newtonianos, otros gregorianos: unos y otros son excelentes. Explicaréos primero su construccion en las estampas; despues vereis los verdaderos. Aquí tenéis un telescopio newtoniano (Fig. 80). Consta de un espejo cóncavo, que se representa en *mm*, y el centro de su concavidad, ó, como dicen, de su esfera, se supone estar á distancia doblada de *C*; por consi-

guiente los rayos paralelos se han de juntar en *C*;

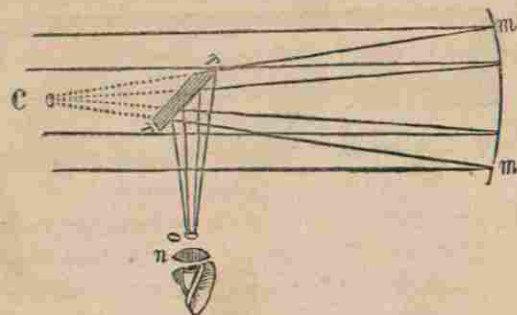


Fig. 80.

y como en los objetos demasiado distantes los rayos se suponen casi paralelos, en este lugar se ha de hacer la pintura de los objetos que estuvieren enfrente del espejo. Supongamos, pues, que en el lugar *C* se hace la pintura del objeto exterior: si cuando los rayos reflecten del espejo cóncavo encontraren un espejo plano puesto en *rr*, es cierto que en vez de ir al sitio *C* reverberarán hácia el lugar *o* que está al costado, y ahí harán la pintura de dicho objeto: si observáremos esta pintura con la lente *n*, veremos el objeto muy grande al modo que sucede en los otros telescopios, en los cuales la primera lente forma la pintura que se observa con la segunda, que es la ocular.

ECG. — Téngolo entendido, y ya sé que aquel telescopio *AB* (Fig. 81) es newtoniano, porque aplicando un cañoncito *M* al agujero *m*, se veian por el costado los objetos que estaban frente á la bo-

en el vidrio pintado que por dentro corresponde al agujero de la ventana, ó se tapa el agujero con un papel encerado, en el cual, aunque el sol dé solamente de lado, siempre la luz se esparce, de manera que la pintura sale bien iluminada; pero el espejo hace mejor efecto.

ECG. — ¿Y qué piezas se han de aplicar al agujero de la ventana por la parte de adentro?

TEOD. — La pintura del vidrio y todo lo demas que desde ella afuera se contiene en los cañones *oa*, y con la misma disposicion. Ahora vamos á satisfacer á lo que tiempo há me pedisteis, que es explicar los telescopios de reflexion que tienen aquí su lugar.

ECG. — Confiésoos que ya no me acordaba de ellos.

§ XII.

De los telescopios de reflexion ó reverberacion, y del daguerreótipo.

TEOD. — De los telescopios de reflexion hay dos especies, unos que se llaman newtonianos, otros gregorianos: unos y otros son excelentes. Explicaréos primero su construccion en las estampas; despues vereis los verdaderos. Aquí tenéis un telescopio newtoniano (Fig. 80). Consta de un espejo cóncavo, que se representa en *mm*, y el centro de su concavidad, ó, como dicen, de su esfera, se supone estar á distancia doblada de *C*; por consi-

guiente los rayos paralelos se han de juntar en *C*;

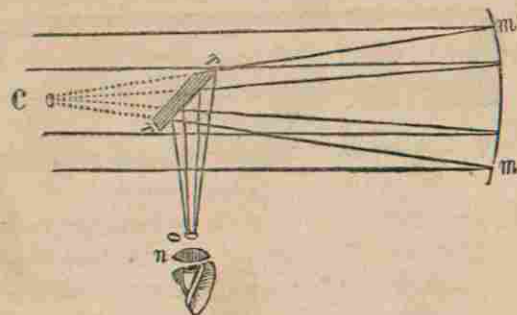


Fig. 80.

y como en los objetos demasiado distantes los rayos se suponen casi paralelos, en este lugar se ha de hacer la pintura de los objetos que estuvieren enfrente del espejo. Supongamos, pues, que en el lugar *C* se hace la pintura del objeto exterior: si cuando los rayos reflecten del espejo cóncavo encontraren un espejo plano puesto en *rr*, es cierto que en vez de ir al sitio *C* reverberarán hácia el lugar *o* que está al costado, y ahí harán la pintura de dicho objeto: si observáremos esta pintura con la lente *n*, veremos el objeto muy grande al modo que sucede en los otros telescopios, en los cuales la primera lente forma la pintura que se observa con la segunda, que es la ocular.

ECG. — Téngolo entendido, y ya sé que aquel telescopio *AB* (Fig. 81) es newtoniano, porque aplicando un cañoncito *M* al agujero *m*, se veian por el costado los objetos que estaban frente á la bo-

ca del telescopio A, reverberando los rayos del es-

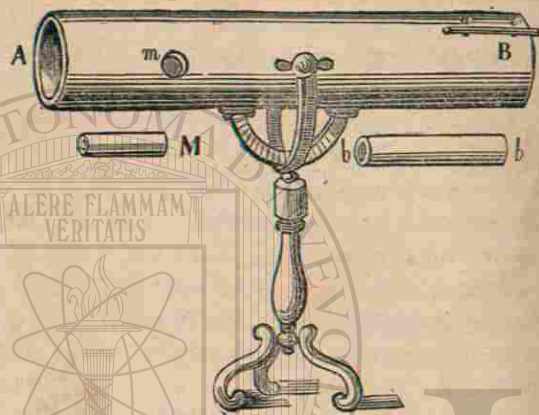


Fig. 81.

pejo cóncavo que supongo cuadra allá en el fondo B.

TEOD. — Teneis razon, que aquel telescopio armado de ese modo es newtoniano.

SILV. — Estos telescopios han de ser muy dificultosos de volver hácia el objeto que queremos observar.

TEOD. — Para evitar esa dificultad se usa del arbitrio de juntar un telescopio pequeño de los comunes en este lugar *ae*, que sirve solo para volver la boca del telescopio hácia el objeto, el cual despues se observa por el anteojo M que cuadra en el costado. Pero advertid, Eugenio, que en este telescopio se ven al reverso los objetos, porque siempre es inversa la imagen que se hace en los espejos

cóncavos; y como lo que nosotros observamos por este telescopio es la imagen, por eso vemos al reverso el objeto.

EUG. — Estoy enterado del telescopio newtoniano: vamos al otro.

TEOD. — Llámantele gregoriano: su artificio es semejante al del otro; solo se diferencia en que el espejo pequeño que tiene dentro no es plano sino cóncavo, y no rechaza los rayos hácia el costado del telescopio, sino que los vuelve otra vez al fondo del espejo, el cual á este fin tiene un agujero en el medio. Aquí lo teneis en esta (Fig. 82). Esta abertura *mm* representa la boca del telescopio. Además de esto el centro de la esfera ó la concavidad del espejo se suponen fuera de la boca del anteojo: *aa* representa el espejo cóncavo que está en el fondo del anteojo, y es abierto en el medio: la línea *ee* denota el lugar en que se forma la imagen del objeto esterno por los rayos que reverberan del espejo cóncavo *aa*; pero en



Fig. 82.

este sitio *tt* ponemos otro espejo cóncavo pequeño unido al lado del telescopio con un alambre *ax*. Sentado esto, entrando por la boca los rayos de luz, y dando en el espejo cóncavo *aa*, reflejan para juntarse en el foco *ee*, y ahí forman la imagen del objeto, la cual si la recibimos en un papel será visible y clara. Pero estos rayos no hallando allí estorbo pasan adelante, crúzanse, y dan en el segundo espejo *tt*. Este espejo los hace reflectir hácia el agujero *i*, que está en el medio del espejo grande. Ahora, pues, como estos rayos cuando dan en el espejo pequeño *tt* ya van esparcidos, porque se habian juntado en el foco *ee*, si este espejo fuese plano no hay duda que reflectirían; pero cada vez se habian de ir esparciendo mas. Para evitar esto se forma el espejo pequeño también cóncavo, á fin de volver á juntarlos, y formar segunda imagen, la cual debia hacerse dentro del cañon en la línea de puntos *oo*; pero como luego en la entrada del cañon halla la lente convexa *rr*, hácese mas presto, y se pinta el objeto en *cc*. Esta pintura se observa con la lente ocular *ss* desde el agujerito *n*; y como ella es convexa, aumenta la tal pintura, y el objeto aparece muy grande y muy claro, porque la imagen fué hecha por una gran cantidad de luz que entró por el telescopio.

EUG. — ¿Y por este telescopio gregoriano se ven los objetos al derecho ó al revés?

TEOD. — Vónse en su postura derecha, porque la primera imagen en *ee* forzosamente ha de ser inversa; pero esta cuando por causa del espejo pequeño se pinta en *cc*, volviéndose otra vez por la misma

razon, viene á quedar en la postura del objeto; y nosotros por la lente ocular solo observamos esta segunda imagen. Este telescopio es del que ordinariamente usamos cuando queremos divertirnos en ver entrar los navíos por la barra, y esaquel mismo que allí veis (Fig. 81); pero es preciso sacar de él el espejo plano que tiene cuando es newtoniano, y ponerle este cañon *bb* en el fondo del anteojo aquí en esta parte B.

SILV. — ¿Y de estos telescopios cual os parece mejor?

TEOD. — Los de reflexion son si duda mucho mejores que los dióptricos, así porque son mas acomodados, pues el que tiene un palmo de largo hace el mismo efecto que el dióptrico que sea de cinco, como porque haciéndose las pinturas con los rayos reflejos, y reverberando todos los rayos de un mismo modo, no hay aquella imperfeccion de pintura que en los dióptricos se observa, de la cual me parece que ya os hablé, y naee de que los rayos encarnados se quiebran menos que los otros sucesivamente hasta los violados; y por eso cuando el objeto tiene diferentes colores, pasando los rayos por las lentes, no forman la pintura á una misma distancia, porque unos se juntan primero que otros; pero en los telescopios de reflexion estamos libres de este inconveniente, porque todos los rayos, ya sean encarnados, ya de otro color, reverberan con ángulo igual.

EUG. — Ese defecto es inevitable en los telescopios dióptricos. Pero decidme: ¿y los espejos de

estos telescopios son de vidrio con azogue ó de otra materia?

TEOD. — Pueden ser de vidrio; pero por lo comun se usa de un metal durísimo ó acero muy bruñido, y es mucho mejor, porque entonces se hace la reflexion en una sola superficie, y en los otros espejos parte de los rayos reflecte en la superficie del vidrio, y parte en la del azogue.

EUG. — Y el daguerreótipo, que está haciendo tanto ruido en estos dias, ¿qué viene á ser? se me figura que ha de pertenecer aquí hablar de él; puesto que, segun he oido decir, la luz es el pintor que dibuja las imágenes de los edificios.

TEOD. — El *daguerreótipo* es una invencion moderna brillantísima, á que deberemos dentro de poco colecciones de copias exactísimas de varios monumentos y paisages, que hasta ahora se habian reproducido, mas con la imaginacion, que con el rigor de la verdad. Tiempo hacia que deseosos los pintores de fijar las imágenes naturales que se pintan en la cámara oscura, estaban buscando y tentando medios de conseguir tan suspirado objeto, y esta gloria estaba reservada para un pintor francés llamado Daguerre, el cual, por medio de unas chapas metálicas preparadas de cierto modo, sobre las cuales hace caer los rayos de luz que reflejan los objetos, cuyas imágenes se hacen entrar en la cámara oscura, para fijarlas, consigue en efecto estampar estas imágenes y hacerlas visibles en dichas chapas, sino con sus colores naturales con una graduacion de tintas, como los dibujos con tinta china ó lapiz. Y notad que estos dibujos se pintan en las

chapas, sin mas pincel ni paleta que los rayos de la luz, y en el espacio de unos cuantos minutos.

EUG. — Esto es mas extraordinario que todo lo que me habeis enseñado, y quisiera que me dieseis una idea detallada del tal daguerreótipo y del modo como lo hace su autor para pintar estas imágenes.

TEOD. — Si tal es vuestro deseo, ya me alegraré de satisfacerlo. He aquí el proceder que se emplea para copiar objetos por medio del daguerreótipo. Se construyen chapas de cobre á que se pegan chapas de plata; esta ha de ser de la mas pura. El cobre sirve para sostener la plata, y ambas hojas no tienen mas diámetro que el de un naipe regular. Cinco operaciones se necesitan para estampar en esta chapa un dibujo. Consiste la primera en pulir y limpiar la chapa, lo cual se hace polvoreándola con un cisquero de piedra pomez, y frotando circularmente con un pedazo de algodón que se empapa ligeramente de agua fuerte. Esta parte de la operacion es muy esencial, porque se trata de dar mucha finura á la plancha, y, hasta que se cubra de una especie de velo uniforme en toda su superficie, no se considera como cabalmente preparada. Luego la calientan, sostenida por un bastidor de alambre, haciendo que la plata vaya arriba y reciba el calor de una lámpara de espíritu de vino. Luego que la chapa presenta una ligera capa blanquecina, se saca, se la deja enfriar sobre un marmol, y luego se vuelve á polvorear y frotar con algodón, ya seco, ya empapado de ácido, ó agua fuerte. La segunda operacion consiste en poner esta chapa así pulida en una caja, donde reciba el vapor de un cuerpo

simple, que se llama iodo, dejándola allí, hasta que se cubra la chapa de plata de una hermosa capa de color de oro. Luego que se ha obtenido esta capa, se pasa con mucho cuidado, á fin de que no la hiera la luz, la chapa á la cámara oscura, y se la coloca en su foco, ajustándola bien para que reciba los objetos que se quieren copiar con exactitud y limpieza; y esto es lo que forma la tercera operacion. Ocioso es decir que se escogen objetos bien iluminados, pues cuando ha de ser la luz la que haga las veces de pintor, es fuerza que no sea una luz debil; así como no se buscará nunca un embadurnador de puertas para hacer un retrato ó trazar una escena interesante. De tres á treinta minutos se pueden escoger varios términos necesarios, ó bastantes para que la cosa produzca efecto. En un pais de cielo raso y despejado como en España e Italia, y en las estaciones mas puras, cuatro ó cinco minutos bastan para que las imágenes se queden estampadas en la chapa colocada dentro de la cámara oscura. Pasado este tiempo, se quita la chapa, y aunque no se ve nada en ella lleva ya la impresion de los objetos, cuya copia se ha querido sacar. Para hacer sensible esta impresion y manifestarse el dibujo tal cual si una mano habil lo hubiese delineado, se pasa á la operacion cuarta, que consiste en poner la plancha fecundada de imágenes, para decirlo así, en una caja donde recibe una corriente de *vapor de azogue*, que se eleva de una cápsula en la que se halla el líquido calentado por medio de una lámpara de alcohol. Este vapor se fija abundantemente en las partes de la superficie de la chapa que la luz viva ha herido,

y deja intactas las partes que correspondian á las sombras, se fija tambien, aunque no en tanta proporcion, en las que hirió una luz menos fuerte, en lo que se llama medias tintas. Y en esta operacion tan notable y curiosa que, ayudado de una luz artificial debil, el operador puede seguir paso á paso, como dice Arago, la formacion gradual de la imagen, y ver el vapor de azogue que, á manera de un pincel de la mayor delicadeza, va dando á cada parte su respectivo tono. Por último, y esta es la quinta operacion; reproducida la imagen, se trata de hacer de suerte que el sol no la altere, lo cual se logra de este modo: se sumerge, sin abandonarla, la chapa en el agua clara; luego en agua salada, ó una disolucion de lo que se llama hiposulfito; se agita la chapa dentro de este liquido, que se lleva todo el iodo de aquella; luego se lava con agua caliente, que ha de ser tambien muy pura, y se deja secar; despues de lo cual podeis contemplar el dibujo perfectamente trazado del edificio, pais, etc., que habeis escogido para copiar, en cuyo caso solo se trata ya de preservar la chapa del polvo, poniéndola como una estampa detras de un vidrio.

EUG. — Habeis visto dibujos por este estilo.

TEOD. — A centenares. En París me hallaba cuando se publicó este descubrimiento, y apenas se pasaron unos cuantos dias no habia fabricante de instrumentos de óptica que no tuviese daguerreótipos y pruebas de dibujos en su tienda. Sabed ademas que los dibujos procedentes del daguerreótipo pueden ser conservados barnizándolos. A instancias de Arago, el célebre químico Dumas halló que quedan

los dibujos bien barnizados, echando sobre la chapa estampa una disolucion hirviente de dixtria, compuesta de una parte de esta sustancia vegetal, que ya os explicaré cuando veamos la química, y cinco de agua.

ETG. — Así no hay que dudar que la accion de la luz es la que produce este maravilloso efecto.

TEOD. — Ya podeis concebir cuanto se devanarian los sesos los físicos y químicos para esplicar este fenómeno tan raro, luego que fué anunciado y comprobado; y casi es ocioso decir que en seguida hubo tantos pareceres cuantos autores se ocuparon en este asunto. Puede decirse que la luz que cae sobre la chapa preparada dentro de la cámara oscura determina la evaporacion del iodo en todos los puntos por donde hiere la capa de color de oro; el metal queda, pues, descubierto en los tales puntos; el vapor de azogue que le hacen recibir, cuando la sacan de la cámara oscura, obra libremente sobre estas partes desnudas durante esta operacion, y produce allí una amalgama blanco mate; la lavadura con el hiposulfito tiene por objeto quitar las partes de iodo que no ha desprendido la luz. Mas una dificultad se eleva contra esta teoría: ¿cómo esplicar las medias tintas infinitas y maravillosamente graduadas que presentan los dibujos de Daguerre? Por otra parte, he aquí un hecho que la contraria. Cuando la plancha de plata se ha cubierto de la capa de iodo á la cual debe su color dorado, no aumenta de peso; luego que el vapor de azogue ha obrado sobre ella, este peso se acrecienta de una manera notable. Despues de

la lavadura con el hiposulfito, á pesar de la presencia de un poco de amalgama en la superficie, un físico se ha asegurado que la chapa pesa menos que antes de la operacion; así el hiposulfito se lleva plata, segun se deduce de lo dicho, deduccion que confirma la análisis del liquido con que se ha lavado la chapa. Tambien bastaria al parecer, para darnos razon de los efectos susodichos, admitir que la chapa de plata se cubria durante la accion del vapor de azogue, de esferillas de amalgama; que estas esferillas, muy aproximadas en los claros, disminuian gradualmente en número en las medias tintas, hasta los negros ú oscuros, donde no habia de haber ninguna. Esta conjetura se ha verificado, pues se ha reconocido con el microscopio que los claros y medias tintas están realmente formadas por esferillas, cuyo diámetro ha sido muy regularmente de una ochocentésima parte de milímetro. Hasta aquí todo va bien: mas ¿por que es necesario inclinar la chapa unos 45° en el momento de la precipitacion del vapor de azogue? Daguerre supone que es indispensable esta inclinacion; y si es así parece indicar la intervencion de agujas ó redcillas cristalinas que se pegan, solidifican, agrupan verticalmente en un liquido perfecto, ó en un semilíquido, y tienen así, relativamente á la chapa, una posicion dependiente de la inclinacion que se ha dado á esta. ®

ETG. — Ya veo que la cosa está todavia muy embrollada.

TEOD. — En efecto es así: Arago, de quien he recogido las ideas que os acabo de esponer, dice que acaso se harán millares de dibujos con el daguer-

reótipo antes que conozcamos su modo de acción. Como sea, no por esto deja de ser un invento grandioso y utilísimo, y el gobierno francés ha hecho muy bien con adjudicar al inventor una pensión anual y vitalicia de 6000 francos, con lo cual Daguerre ha cedido al público el maravilloso secreto de sus dibujos.

EUG. — Mas decidme ¿pueden sacarse retratos con el daguerreótipo?

TEOD. — Esto presenta alguna dificultad: porque exige la copia fiel de la imagen inmovilidad completa durante la operación; y como, por otra parte, es preciso que dé sobre el objeto que se copia una luz fuerte, es muy difícil guardar esta inmovilidad sin pestañear al menos. Pero, ya puede remediarse este inconveniente colocándole entre el objeto y el sol un vidrio azul, pues el efecto sobre la chapa es el mismo.

EUG. — Lástima que no salga el dibujo con todos sus colores.

TEOD. — A la verdad lo es: mas no es cosa desesperanzada que se logre un día esta ventaja. El mismo Daguerre, durante sus esperiencias de fosforencia, halló un polvo que arrojaba luz encarnada despues de haber sido herido por una luz de este color; otro polvo que la arrojaba azul, herido por luz azul, y otro que lo arrojaba verde, herido por luz verde; descubierto lo cual hizo con estos tres polvos un compuesto que tomaba el color de la luz que recibía. Quizas, obrando del mismo modo, mezclando diferentes cuerpos, se llegará á descubrir un barniz donde cada luz imprima su color.

John Herschell ha anunciado que un papel sensible de su invencion, espuesto á un espectro solar vivísimo, ofrecia luego todos los colores del prisma, excepto el encarnado. Por lo tanto, es de esperar que se conseguirá sacar un día las imágenes con sus colores naturales. Desde el descubrimiento de Daguerre, ya se ha dado un paso mortal para los grabadores que solo son copistas.

EUG. — Cual es este paso.

TEOD. — Que se graban y litografian ya las imágenes sacadas con el daguerreótipo; de suerte que, calcada sobre la naturaleza, la imagen de un monumento de la Grecia, ó del Egipto, por ejemplo, dentro de la cámara oscura, con una chapa de Daguerre, se puede luego litografiar y multiplicarla como se multiplica cualquiera otro dibujo artificial, y los dibujos son mucho mas agradables, porque sobre la misma exactitud en la copia no hay el brillo de la superficie metálica que no deja ver todo el efecto, sino de cierto modo, y ofrece una oscuridad general que se acerca á la confusion: mientras que en el papel todo resalta mucho mas y se presenta como cualquier otra estampa litografiada. No os esplico como lo hacen por ser esto fuera de nuestro objeto: y si me he estendido un poco acerca del proceder de Daguerre, cosa que he hecho bien incompletamente, pues no he tratado de ponerlos en el caso de sacar pruebas, como cualquier otro, sino de daros una idea general de este asombroso descubrimiento, ha sido porque he considerado que así lo reclamaba la importancia del asunto. Antes de dar fin al tratado de la luz quiero hablaros de algunos fenó-

menos que le son accidentales, con lo cual cerraremos la conferencia.

§ XIII.

De la refraccion doble y polarizacion de la luz.

EUG. — Razon es que concluais, pues debeis de estar fatigado.

TEOD. — Aqui tengo, Eugenio, este pedazo de cristal llamado espato de Irlanda; hagamos pasar al través de estas caras paralelas un rayo solar: mirad como se divide el rayo en el interior del cristal, de modo que se escapan de la cara opuesta dos rayos diferentes. Uno de estos rayos, sujeto á las leyes ordinarias de la refraccion, se llama *rayo ordinario*; el otro se llama *extraordinario*, porque sigue leyes de todo punto diferentes. Ahora pondré este cristal encima de esta hoja de papel, donde he hecho esta mancha ó punto negro ¿cuantos veis mirando al traves del espato?

EUG. — Yo veo dos manchas negras.

TEOD. — Observad bien lo que acontece, pues voy á hacer dar vueltas al cristal.

EUG. — Raro es por cierto lo que pasa: una de las manchas se queda inmovil, en tanto que la otra describe un circulo al rededor de la primera.

TEOD. — La primera pertenece al rayo ordinario, y al extraordinario la segunda. Cuanto mas grueso fuese el pedazo de cristal de que os servierais, tanto

mas apartadas vierais estas manchas. El fenómeno que os acabo de hacer presenciarse llama *doble refraccion de la luz*.

EUG. — Muy bien dicho está, puesto que da doble imagen, ó que refringe este cristal dos rayos en vez de uno.

TEOD. — Parece, pues, que hay en el interior de semejante cuerpo cristalizado cierta línea que llaman *eje de refraccion doble*, y que se presenta como dotada de la propiedad de rechazar una porcion de la luz en todos sentidos, con mas ó menos fuerza. Notad que no todas las sustancias presentan la refraccion doble, ni todas las que pueden producir, segun parece, presentan dicha repulsion. Al contrario, parece que algunas tienen dos ejes que atraen la luz, y producen una refraccion doble en sentido opuesto. Tal es, por ejemplo, el cristal de roca. Todas las sustancias cristalizadas, cuya forma primitiva no es un cubo, refringen doblemente. Todas las sustancias, cuya forma cristalina puede referirse á un romboideo, ó un prisma de base cuadrada, no tienen mas que un eje de refraccion doble. Todas las que no son cristalinas, ó cuyas formas se refieren al cubo, no presentan mas que la refraccion simple, á menos que se les imprima algunas modificaciones, comprimiéndolas ó calentándolas desigualmente. En fin, todas las sustancias cristalinas, á mas de las citadas, tienen en su interior dos ejes de doble refraccion, dispuestos simétricamente con respecto á sus formas cristalinas. Los topacios, los micas, sulfatos de cal y de barita, etc., son de esta clase. Veamos ahora la polarizacion. No

nos movamos del mismo espato; y hagamos pasar los dos rayos que nos presenta en la cara opuesta á la por donde le viene el rayo solar, al través de otro cristal. Notad lo que sucede.

EUG. — Otra cosa bien singular, y que me confunde. Uno de los rayos no es refringido por el cristal segun las leyes ordinarias, y por lo mismo debe ser el rayo ordinario, y el otro las de la doble refraccion como el de la primera esperiencia.

TEOD. — De esto resulta claro, que luego de separadas estas dos luces en el primer cristal gozan en lo sucesivo de propiedades perfectamente distintas, que pueden siempre hacerlas reconocer.

EUG. — Muy legitima me parece la consecuencia.

TEOD. — Las propiedades que caracterizan el rayo extraordinario pueden, transmitirse á la luz por otros medios, fuera la refraccion doble: basta para esto que la luz sea reflejada por ciertas sustancias, bajo ciertos ángulos determinados, por ejemplo, si se hace caer un rayo luminoso sobre una chapa de vidrio ennegrecido por detras, y si el ángulo de incidencia es de $55^{\circ} 25'$, el rayo, despues de su reflexion, gozará de las propiedades del rayo extraordinario; porque, si se mira al través de un cristal de espato de Irlanda, podrá ser enteramente desviado de su direccion en una dada posicion del cristal. Otro medio hay todavía de reconocer en la luz reflejada las propiedades nuevas que caracterizan el rayo extraordinario. Basta para el efecto que se haga reflectir por segunda vez el rayo por otro espejo ennegrecido, y bajo el mismo ángulo. En efecto, si se presenta al espejo el rayo por el mismo lado,

donde ha sido reflejado, ó en sentido opuesto, esto es, si se hallan ambas á dos reflexiones en un mismo plano, el rayo se reflejará en el segundo espejo como en el primero. Al contrario sucederá, si se presenta el nuevo espejo sobre las partes laterales del rayo reflectido, de modo que el nuevo plano de reflexion sea perpendicular al primero; pues este rayo cesará absolutamente de ser reflejado por el espejo. Véase de consiguiente que un rayo luminoso, que ha sufrido la refraccion doble ó que ha sido ya reflejado por ciertos cuerpos bajo ciertos ángulos, no presenta, como la luz ordinaria, las mismas propiedades en todas sus fases; que es susceptible de ser reflectido por un lado, y que no puede serlo por otro. Repetidas y modificadas de muchas maneras, estas observaciones han conducido á Malus, á admitir que las moléculas de la luz tienen estremidades dotadas de propiedades atractivas y repulsivas opuestas, que se hallan confusamente mezcladas con respecto á sus polos, pero que, atravesando ciertos cuerpos, ó hiriendo ciertos otros para ser reflectidos, se hallan los polos de sus moléculas dirigidos en un mismo sentido, á poca diferencia, como dirigiria á la vez un iman muy poderoso, en el mismo sentido un gran número de pequeñas agujas magnetizadas. De esta suposicion ha nacido la espresion de la *polarizacion de la luz*. Por lo demas, esta suposicion explica bastante bien una multitud de fenómenos que se han observado minuciosamente, y permite someterlos al cálculo. Hasta ahora os he hablado de la *polarizacion fija*. Veamos la *polarizacion movil*. Hase observado que planchas mas ó menos gruesas de cristal pre-

sentan alternativamente una luz polarizada en un sentido y polarizada en otro, y M. Arago ha hallado además que, en estas polarizaciones al través de planchas delgadas, la luz tomaba tintas sujetas á leyes particulares. Mas M. Biot ha llegado á referir dichos fenómenos á la teoría general, suponiendo que en el caso en que la luz atraviesa las capas sucesivas de una masa trasparente, estas moléculas experimentan oscilaciones como una aguja magnetizada que se hubiese desviado de su situación fija; de modo que en una capa infinitamente delgada, las moléculas pueden hallarse en una dirección, mientras que en la capa siguiente se hallarán en un sentido contrario, y así sucesivamente hasta que hayan atravesado todo el espesor del cuerpo. Con la ayuda de esta ingeniosa suposición ha podido dicho físico explicar y calcular una infinidad de fenómenos particulares que presentan las planchas sobrepuestas, y hasta ha admitido que en ciertos casos las moléculas luminosas giran continuamente en el mismo sentido, atravesando un cuerpo, y ha llamado á esto *polarización que gira*. Y para que veais de cuanto puede servir el conocimiento de este punto, os diré que él ha servido para decidir la cuestión sobre si la luz del sol procede de una atmósfera que le circuye ó de un nucleo en combustion. Cuando tratemos de la astronomía donde ventilaremos la cuestión sobre la naturaleza del sol veremos esto... Bastante hemos hecho por hoy; advierto que se hace tarde y que ya llevamos mucha cosa espuesta.

EUG. — Muy divertida ha sido para mí esta tarde, pero también siento la necesidad de descanso; me

emeño con tanto calor en estas materias que se me enciende la cabeza.

TEOD. — Vámonos pues á dar unas cuantas vueltas para distraernos: mañana seguiremos tratando de otro asunto no menos curioso.

EUG. — ¿Qué asunto será este?

TEOD. — La electricidad: asunto importantísimo sobre el cual han hecho grandes trabajos los modernos, engrandeciendo tanto este ramo de la física que casi se ha de estudiar á parte para abarcarla bien. Con todo ya os diré lo más principal, y con los rudimentos que os diere, bien podreis estar al alcance de todo fenómeno que por dicha electricidad se esplique.

SILV. — Veo que volveis á las andadas; dejaos de materias científicas y hablemos de otras cosas.



TARDE UNDÉCIMA.

TRATASE DE LA ELECTRICIDAD PROPIAMENTE TAL.

ALERE FLAMMAM
VERITATIS



§ I.

Describe la máquina eléctrica y se explica la teoría de la electricidad: leyes de atracción y repulsión; los cuerpos conductores y no conductores.

EUG. — Seguramente, Teodosio, que no me esperaba tan temprano.

TEOD. — A la verdad no; pues soliais venir un poco mas tarde; pero no importa, llegais á propósito, pues como han sido muchas mis ocupaciones esta mañana no he podido preparar todos los instrumentos necesarios para la conferencia de esta tarde y vos me ayudareis.

EUG. — Con mucho gusto si me juzgais capaz de ello. Ya voy viendo que tendremos mucho que hacer esta tarde, porque habeis revuelto todo vuestro arsenal de física: mucha máquina hay por ahí. Mas decidme que viene á ser esta que limpiais.

TEOD. — Esta es la máquina llamada eléctrica; sin la cual no podriamos dar un paso en la esplicacion de la electricidad.

EUG. — En este caso confio que tendreis la bondad de darme antes una idea clara de su construccion y usos.

TEOD. — Perded todo cuidado, que asi será: mas entre tanto que aguardamos á Silvio preparemos todos estos instrumentos que he sacado de mis armarios.

EUG. — Si es la llegada de Silvio lo que aguardais, no tardaré á saber en qué consiste la máquina eléctrica y demas que vamos disponiendo, porque ya le columbro por entre los árboles de la carretera.

TEOD. — Teneis razon, él es; pues démonos prisa para que todo esté corriente.

EUG. — Se me figura que la electricidad ha de ser muy curiosa de saber.

TEOD. — Lo es en efecto, y tanto mas cuanto explica una infinidad de fenómenos que se han quedado hasta aquí sin esplicacion por no depender de ninguno de los agentes ya estudiados: ademas habeis de considerarla como la base fundamental de casi todo lo que sucede, y yo creo que llegará un día que todo se explicará por la electricidad.

EUG. — Allá llega Silyio, sudando viene.

SILV. — Es que he caminado mucho: hanme dicho que os habian visto pasar para esta quinta; y he creido que como se iba á tratar esta tarde de materia nueva os impacientariais si yo tardase.

EUG. — Gracias os doy por vuestra benevolencia

y puesto que estais aquí, Teodosio tendrá á bien explicarme la máquina eléctrica.

TEOD. — Si solo me pedís la esplicacion de su estructura y sus usos, no tengo ninguna dificultad; mas en cuanto á su teoría será para otro rato; pues son precisos algunos conocimientos que todavía no teneis. Consiste pues esta máquina en partes que frotan y son frotadas; partes que conducen la electricidad desarrollada con la frotadura, y partes que no la dejan pasar, esto es, que la retienen. (Fig. 85). Las partes que frotan y son frotadas vedlas aquí, A es un disco de vidrio, hecho á modo de rueda, que

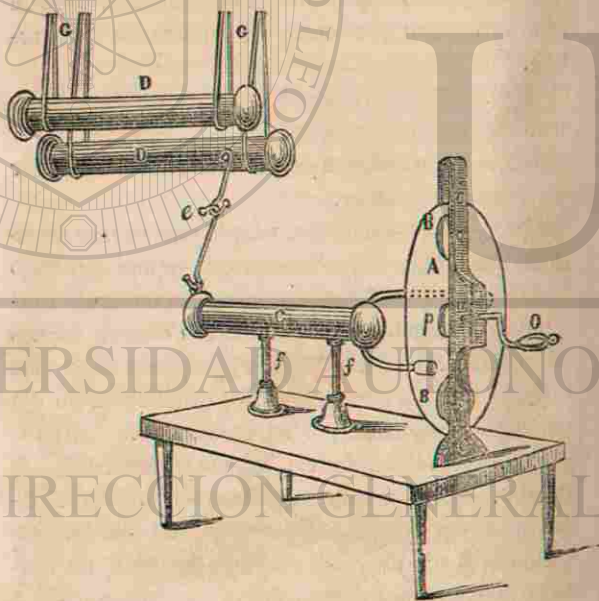


Fig. 85.

puede ser de diámetro vario; cuanto mas grande, mas productor es de fluido eléctrico; un eje de cobre le sostiene *a*: sobre este eje gira movido por la manecilla *O BpB* almohadillas de cuero llenas de crines, las cuales por medio de tornillos pueden apretar mas ó menos el disco contra el cual caen en la direccion de su diámetro vertical. Estas almohadillas estan sostenidas en un bastidor *cc* y se frotan para ponerlas en uso con polvo de amalgama y manteca de cerdo. Allí teneis las partes de la máquina que frotan y son frotadas; pues dando vueltas con la manecilla, *O* el disco *A* roza con las almohadillas *BpB*, y la electricidad se desenvuelve llenándose de ella tanto el vidrio como las almohadillas. Vamos ahora á las partes que conducen esta electricidad. Aquí teneis un conductor de cobre terminado por dos esferas y una prolongacion en forma de media luna que abraza los bordes del disco de vidrio *A*, pero sin tocarle reparad que en el interior de esta media luna hay varias puntas que beben la electricidad del disco, á medida que se desenvuelve. El conductor *C* está en comunicacion con estos otros dos conductores semejantes á poca diferencia *DD* por medio de la cadena *e*. Todas estas partes de la máquina conducen la electricidad. Vamos ahora á las que no la dejan pasar. Las columnas *ff*, del conductor *C* y los cordones *GG*, de los conductores *DD*, son de esta especie, las columnas son de cristal barnizadas de goma laca, los cordones son de seda. Notad ademas un envoltorio de tafetan gomado que cubre el disco *A* desde las almohadas hasta cerca el conductor; pues tambien impide que la electricidad se

escape. Ahí teneis la máquina : para electrizarla no hay mas que dar vueltas ; el vidrio roza con las almohadillas, y este roce produce la electricidad, mas tarde os explicaré la teoría de esta máquina, y sabreis como queda electrizado el vidrio, como tambien las almohadillas, con todo lo demas perteneciente á esta importante materia. Vamos ahora á explicaros la teoría moderna de la electricidad.

EUG. — ¿ Y qué viene á ser la *electricidad*?

TEOD. — La electricidad ha sido conocida desde los primeros tiempos, y ha recibido este nombre por haber observado sus primeros efectos en el ambar amarillo, que llamaban los griegos *electron*; mas como es de suponer ha sido explicada de diferente modo, segun las épocas, y casi es ocioso decir que hoy dia se tiene una idea de ella bien diferente de la que se tenia en otros tiempos, tanto mas cuanto los innumerables experimentos que se han hecho ultimamente sobre este ramo de la física, han permitido descubrir y atinar de una manera satisfactoria las leyes que le rigen. Los fisicos actuales suponen que existe en todos los cuerpos de la naturaleza un fluido compuesto que se llama *natural*, cuya presencia no se anuncia por ningún fenómeno particular ; admiten al mismo tiempo que los dos elementos de que se compone este fluido se saturan recíprocamente, tomando caracteres eléctricos muy manifiestos, luego que uno se halla en exceso con respecto al otro : es decir que mientras un cuerpo contenga una electricidad, cuyos elementos son iguales en cantidad, no da muestras de que la tenga ; mas luego que alguno de estos elementos aumenta

ó disminuye en cantidad, la electricidad del cuerpo se manifiesta.

EUG. — Id adelante que ya os comprendo.

TEOD. — Estos dos elementos tienen sus nombres, el uno se llama *vitreo*, el otro *resinoso* : y se llaman así porque comunmente el vidrio y la resina contraen con la frotacion propiedades eléctricas contrarias. Cuidad sin embargo de no considerar estas palabras como la espresion de un hecho general é invariable; porque el vidrio no liso contrae electricidad resinosa con la frotadura, y la resina puede tambien cargarse de electricidad vitrea. Estos dos fluidos tienen el uno por el otro mucha atraccion ; mas las partículas de cada uno se rechazan entre si :

EUG. — Disimulad y dejadme ver si he entendido bien esto. Las partículas del elemento vitreo tienen mucha afinidad ó fuerza de atraccion por las del resinoso, y las de este recíprocamente por la de aquel ; mas las partículas del elemento vitreo rechazan las del mismo elemento pudiéndose decir lo propio de las del resinoso.

TEOD. — Cabal : así es : siempre pues que veais algun fenómeno eléctrico, ya podeis decir que ha habido descomposicion mas ó menos considerable de este fluido, el cual tiene en la tierra su depósito comun, y cuando cesa la produccion de sus fenómenos podeis asegurar que ha habido ya recomposicion. ®

EUG. — Bastante diferencia va del calórico á la electricidad.

TEOD. — No tanta como á primera vista parece, y muchos hay que consideran estos dos fluidos como

formando la misma cosa. Como sea, no nos toca todavía dilucidar esta cuestión ardua en nuestras conferencias; veamos qué leyes sigue la electricidad en sus atracciones y repulsiones. Podeis tener por la ley primera: *Que dos cuerpos en estado natural no presentan ningun fenómeno particular de atracción ó repulsión.* Aquí veis estas bolillas de corazon de sahucó colgadas de estos hilos de seda: como se hallan en estado natural, esto es, contienen electricidad, cuyos elementos estan neutralizados, no producen ningun efecto que nos indique la presencia de dicho fluido en ellas: ahí las teneis quietitas, sin mas movimiento que el que yo les doy llevándolas alzadas de un lugar á otro. Segunda ley. *Si un cuerpo está electrizado de un modo, cualquiera que fuese este modo, atrae otro cuerpo que se halle en estado natural.* Yo froto este pedazo de goma laca con esta piel; lo pongo cerca de las bolitas de sahucó; mirad como se vienen al pedazo de laca.

EUQ. — Notable es por cierto el hecho: ahora ha habido descomposicion. Pero las bolitas se han apartado entre sí.

TEOD. — Esto depende de esta ley (tercera) *Dos cuerpos electrizados del mismo modo se rechazan:* Ahí habeis visto que electrizadas las bolitas por el pedazo de laca lo han debido ser todas de un mismo modo, porque todas estan formadas de un mismo cuerpo, y todas han recibido electricidad de la laca; así se han separado unas de otras; porque las moléculas de un mismo elemento se rechazan. Esta ley conduce á la siguiente: *Dos cuerpos electrizados de diferente modo, esto es, el uno vitreamente, el otro re-*

sinosamente se atraen. Yo froto este vidrio con esta seda, y en tanto que vos frotareis la goma laca con esta piel de gato, yo presento el vidrio á una bolita y vos la laca á esta otra, que Silvio sostendrá á unas cuantas pulgadas de distancia.

EUQ. — Qué cosa tan singular: el vidrio y la laca han atraído cada uno su bolilla, y luego estas bolillas se han atraído y juntado.

TEOD. — La razon la teneis en que el vidrio electrizó una bolilla vitrosamente, y la resina la otra resinosamente; y electrizadas ambas á dos bolillas con electricidades diferentes han debido de atraerse. Ahí teneis que la esperiencia va acorde con la razon.

EUQ. — Pero estas bolillas, ¿cuando se han tocado, se han repelido: de qué procede esto?

TEOD. — De otra ley que es *cuando dos cuerpos de electricidades diferentes se han llegado á tocar se rechazan.* Esta ley es una consecuencia de la tercera, pues cuando llegan á tocarse los dos cuerpos, se equilibran sus electricidades, y quedan electrizados del mismo modo; y desde luego que su electricidad es igual han de rechazarse. Concebis claramente que sin admitir la existencia de estos dos fluidos sería difícil explicar todos estos fenómenos que acabais de presenciar y otros mil análogos mas interesantes que el simple juego de estas bolitas; mas cualquiera que sea la causa y la intensidad de las atracciones y repulsiones, no deja de ser cierto que siguen leyes determinadas, y que las fuerzas que desarrollan son muy considerables. Desde los experimentos de un tal Coulomb, á quien juntamen-

te con otro llamado Dufay se debe la teoría actual de la electricidad, se sabe que las atracciones y repulsiones producidas por esta *están en razón inversa del cuadrado de la distancia que separa los cuerpos*; esto es, que siguen la misma ley que la atracción general.

EUG. — Y si yo froto con una seda ó una piel de gato todos los cuerpos ¿desarrollaré en todos ellos electricidad, como lo habeis hecho vos, con el vidrio y yo con la goma laca?

TEOD. — Todos sin escepcion son susceptibles del mismo efecto, mas notad una cosa esencialísima y es que no todos guardan igualmente la electricidad que desenvolveis en ellos. Los metales por ejemplo por mas que se froten no dan muestras de que se desenvuelva en ellos ninguna electricidad; pero esto depende de que apenas empieza á desarrollarse la despiden y se pierde en el receptáculo comun, que es la tierra, si estos metales tocan al suelo. La prueba de que esto es así, consiste en que si aislais el metal frotado con vidrio ú otra cosa, que no deje pasar la electricidad el metal la conserva, y dará muestras de ella practicando las diligencias necesarias para el efecto.

EUG. — ¿Qué entendéis por aislar un cuerpo?

TEOD. — Cuando no puede comunicar á nadie que comunique con el suelo su electricidad: mas ya os daré del aislamiento una idea mas cabal en otra parte.

EUG. — Lo que habeis dicho antes es en efecto una prueba sin réplica, y si es cierto el hecho es preciso admitir la consecuencia.

TEOD. — ¿Si es cierto decís? vais á verlo vos mismo.

SILV. — Eso me gustará; nunca me satisfacen tanto las razones, por buenas que sean, como los hechos.

TEOD. — Ahí teneis la máquina eléctrica que hago maniobrar, haciendo rodar el disco de vidrio, pongo el conductor en contacto con este hierro, que va á parar al suelo; ya podeis tocar cuando querais el conductor de la máquina; no espermentareis nada; de suerte que aunque pasa mucha electricidad por él parece que ni hay la menor sombra; aislemos ahora la máquina, esto es, el conductor: ahora no toca con nada sino con los cordones que le sostienen, los cuales como no dejan pasar la electricidad es lo mismo que si no le tocasen: anda la rueda: tocad ahora el conductor: ó bien acercad uno de vuestros dedos.

EUG. — ¡Sopla! ¡qué chispa! y qué conmoción causa: he aquí lo que me hizo tanta impresión la primera tarde que vine aquí.

TEOD. — Ya veis pues que á pesar de ser metal cuando no puede comunicar á otros la electricidad que se va desenvolviendo en él, el metal la guarda para sí y entonces se manifiesta. Y en este caso se dice que está *aislado*.

EUG. — ¿Con que hay cuerpos que la guardan y otros no?

TEOD. — Así es en efecto, y por esto se han dividido en *conductores* y no *conductores*. Ocioso es deciros que todos los metales son buenos conductores de la electricidad; despues de ellos vienen los

líquidos que no son combustibles, los animales y plantas vivos, el aire húmedo, etc. Entre los malos conductores, se presenta en primer lugar, el espato de Irlanda y el topacio blanco; luego la goma laca y el nacar; en seguida el cuarzo y el vidrio, y en fin todas las sustancias resinosas y casi todos los combustibles. Y he dicho malos conductores porque no hay ninguno que deje absolutamente de conducir la electricidad.

EGG. — Según esto puedo decir que la facultad conductriz de la electricidad depende de la naturaleza de los cuerpos.

TEOD. — Con tal que añadais algo mas, diréis bien, pues no solo influye en la conductibilidad la naturaleza del cuerpo, sino su volumen en relacion con la cantidad de eléctrico que pasa por él.

EGG. — Me parece que estas chispas se propagan con mucha fuerza: ¿es mucha la velocidad del fluido eléctrico?

TEOD. — Asombrosa: jamas se observa intervalo entre el momento en que se electriza un cabo de un alambre, ó un hilo de metal, y el momento en que su otro cabo da señales de electricidad, por largo que sea el trayecto, y notad que se ha hecho la esperiencia en hilos que tenían una legua de largo. Un tal Wheatstone ha hecho esperiencias que le han conducido á decir que la electricidad tiene una velocidad de 415,000 leguas por segundo.

EGG. — Esto es mucho mas que la luz, pues esta no corre sino 70,000.

TEOD. — Ya veis que no es poca la diferencia. Veamos ahora la carga eléctrica.

§ II.

De la carga eléctrica de los cuerpos conductores.

EGG. — Ya que me habeis explicado las leyes que sigue la electricidad y los medios que tenemos de desarrollarla, quisiera que me esplicaseis como la guardan en sí los cuerpos, y como la comunican.

TEOD. — Cuando la máquina eléctrica juega, la frotacion del vidrio con las almohadillas de cuero desenvuelven la electricidad de que se carga el conductor, aunque sea de metal, porque está aislado, entre él y el suelo hay interpuestos cuerpos que no dejan pasar la electricidad, y por lo mismo allí se queda esta y se acumula hasta cierto punto, como se acumularia el agua en un vaso tapado que no podria comunicarla á ningun otro.

EGG. — Pero ¿donde se acumula esta electricidad; en todo el cuerpo por igual, en el centro, ó en la circunferencia?

TEOD. — En un conductor electrizado todo el fluido eléctrico se halla en la superficie del cuerpo; lo cual es una consecuencia racional de la fuerza repulsiva que anima todas las partículas del fluido.

SILV. — Se me hace muy cuesta arriba semejante cosa.

TEOD. — Os daré de ello una prueba convincente pues será una prueba de hecho. Aquí tengo esta

esfera de laton hueca y agujereada : voy á electrizarla, y vereis como por su parte interna no presenta ningun fenómeno eléctrico.

ETG. — Si tal sucede á mí no me quedará ninguna duda.

SILV. — A mí tampoco.

TEOD. — Ya está electrizada, ahora cojo esta bola metálica, la cual está aislada por medio de este mango de vidrio y le hago tocar la pared interior de la esfera retirándola luego : venga ahora una bolita de corazon de sahuco, suspendida del hilo de seda ¿qué le hace la bola de metal?

ETG. — Nada en efecto ; podemos decir que esta no está electrizada.

TEOD. — Pues bien, toquemos ahora la superficie exterior de la esfera electrizada con la bola : ya está practicado : venga ahora la bolita : ahí la teneis dando todos los efectos de la electricidad que os son conocidos.

ETG. — Amigo, el hecho es concluyente.

SILV. — Así lo parece al menos : ya concibo como la repulsion de las moléculas del fluido eléctrico se van á la superficie, puesto que se rechazan : ¿pero quien las detiene allí?

TEOD. — No hay mas que la presion atmosférica, segun se dice, á quien pueda atribuirse la causa de esto : ¿vosotros veis bien que es cierta la acumulacion de la electricidad en la superficie del cuerpo electrizado?

SILV. — Pero lo que decís de la atmósfera es una causa á que apelais por necesidad.

TEOD. — No : porque si quereis cargar un conductor en el vacio no podeis por mas que hagais ; pues la electricidad se escapa continuamente, á medida que se va desenvolviendo, para irse á los cuerpos vecinos. Ahora os diré mi opinion sobre el particular, y es que la naturaleza de esta atmósfera contribuye tambien ; pues si el aire es húmedo : ya no se acumula la electricidad, ya es imposible ó á lo menos muy difícil cargar el conductor, y la razon está en que el vapor vesicular que el aire contiene es buen conductor y no se opone al paso del fluido eléctrico, para irse á perder en el comun depósito ; mientras que cuando el aire es seco no le deja pasar y se acumula en la superficie del cuerpo, como se acumula en un declive el agua que por su peso va bajando de la montaña, cuando halla un dique que se opone á su paso. Ya sé que el aire cargado de vapor es mas ligero, y que por lo tanto la presion disminuye, pero no tanto, que pueda compararse con el vacio, como lo indican los resultados ; así, yo creo que la no conductibilidad del aire seco es la causa principal de que se acumule la electricidad en la superficie de un conductor : y como en el vacio no hay este aire, que es un obstáculo, la electricidad se va y el conductor no puede cargarse.

SILV. — Me dejais satisfecho ; yo sigo vuestra opinion.

TEOD. — Como sea, de lo dicho se deduce que la electricidad ha de formar en la superficie de los cuerpos conductores una capa mas ó menos espesa, con tendencia por una parte á esparcirse por el es-

pacio acosada de una fuerza centrífuga, y contenida, por otra, por la presión y naturaleza del aire. Esto ha de dar margen á equilibrios entre dos fuerzas opuestas, cuando sean iguales, y á fenómenos de movimiento cuando no lo sean. En efecto, así sucede, y esto os explicará la diferencia que va de los cuerpos esféricos á los puntiagudos, por lo que toca á la facultad conductriz del fluido eléctrico. Cuando el cuerpo es esférico, la electricidad se esparce uniformemente por todos los puntos de la superficie del cuerpo, y su tensión es igual en todos ellos. Al contrario, cuando el cuerpo tiene una figura larga, la acumulacion y tensión eléctricas crecen hácia las estremidades, disminuyendo en las partes laterales, hasta el punto que si el conductor termina en punta aguda, puede la tensión eléctrica considerarse como infinita en el extremo de la punta, relativamente á la existencia del aire. Como tenemos máquinas que pueden acumular continuamente electricidad en un conductor, y como la presión atmosférica no puede aumentar á proporcion, resulta que llega un punto en que la electricidad vence el dique que la enfrenaba, y se escapa lanzando chispas á modo de garzotas, y dejando oír un peterreo curioso: fenómenos que se producen de preferencia en los cabos de un conductor sobrecargado de fluido eléctrico. Mas si el conductor termina en punta aguda, no los producireis, porque luego hay suficiente tensión en la punta para vencer la resistencia del aire.

ETG.— ¿Esa capa de electricidad que se forma en el conductor existe en la superficie del cuerpo tan solo, ó bien entra algo en su espesor?

TEOD. — Laplace ha hecho sobre este particular una teoría que deja este asunto bien determinado. Hela aquí: supone que la electricidad forma alrededor de un conductor una capa mas ó menos espesa, cuya superficie esterna se confunde con la del cuerpo que el aire toca, mientras que su grueso está en la sustancia del cuerpo, donde se admite que este fluido se mueve libremente: las partículas de este fluido tienen una fuerza centrífuga, pero no son elásticas; con esto, la capa entera tenderá á separarse del centro del cuerpo, á proporcion del grueso de esta capa. Si con el pensamiento descomponéis esta capa en muchas láminas concéntricas, vereis, en primer lugar, que la capa mas exterior será impelida con una fuerza proporcional al grueso de la capa; en segundo lugar, que las capas interiores estarán en equilibrio con respecto á la acción de las capas exteriores, pero que no tendrán ninguna fuerza centrífuga propia que se añada á la de la capa esterna; y como el número de estas capas es á proporcion del grueso total de la capa eléctrica, se concluyé que la fuerza con que tiende á encargarse la electricidad de la superficie de un cuerpo es á proporcion del cuadrado del grueso de la capa eléctrica, lo cual explica como se vuelve tan poderoso este esfuerzo en la estremidad de una punta. Púedese, en efecto, considerar esta estremidad como la de una elipsoides muy alargada: el grueso de la capa eléctrica está en la misma relación que los dos ejes de este elipsoides; y la fuerza repulsiva como el cuadrado de este grueso. Si, por ejemplo, el eje pequeño es 1 y el grande 100, los gruesos seran 1 en el lado

y 400 en la estremidad, pero entonces las fuerzas repulsivas seran 4 y 40,000,

ERG. — No me parece mal fundada esta teoría.

SILV. — Pocas son, por no decir ninguna, las que no os parezcan lo mismo : en mi vida he visto hombre mas docil : á todo se acomoda.

ERG. — Menos á lo que no es racional. Pero, decidme, Teodosio, ¿por que se ven con preferencia las garzotas ó chispas de luz hácia las partes del conductor donde estan cerca de él algunos cuerpos, y porque salen estas chispas cuando acercamos la mano ?

TEOD. — Porque los cuerpos no electrizados cercanos á otro que lo está, atraen su electricidad, y esta sale del electrizado para comunicarse á aquellos; esta atraccion determina la acumulacion de la electricidad en el punto de la superficie del conductor correspondiente á la parte donde se hallan dichos cuerpos, disminuyendo su tension en todos los demas puntos, á proporcion de lo que se acrecienta en aquel. Y cuando llega el término en que esta tension es superior á la resistencia del aire, la electricidad salva el intervalo que hay entre el conductor y el cuerpo vecino, y produce la chispa ó centella eléctrica, esto es, una esplosion acompañada de luz y de calor. Notad esta asociacion de calor y luz; acordaos de que el calórico á 400 grados es luminoso, que en las combinaciones se produce calor, que un fenómeno eléctrico es la combinacion de dos elementos, y tendreis margen á sospechar la identidad de estos dos cuerpos.

ERG. — ¿Y por que, cuando quereis sacar chispas

del conductor doblais el dedo y le presentais la dobladura, ó bien un cuerpo esférico; acaso no las sacariais igualmente si presentáseis una punta ?

TEOD. — Habeis tocado un asunto que merece entretenerse en él. En efecto, las puntas ejercen sobre la electricidad una influencia considerable, cuyas condiciones varian conforme sean las circunstancias. Voy á esponeros la doctrina relativa á esta parte. Hagamos unos cuantos esperimentos, y sea el primero presentar en el extremo del gran conductor una punta de metal. Cerremos las ventanas para que veamos mejor lo que pasa. ¿Veis como sale de la punta una especie de pincel ó garzota de luz? Mas sensible será si le presentais la mano como para recibir la materia que por la punta sale del conductor.

ERG. — Esta luz no quema, antes es fresca, y se siente un soplillo fresco en la mano.

TEOD. — Si le presentamos una cuchara con espíritu de vino, le hace undular como si le soplaran con la boca. Por esta razon los conductores en la parte que no tocan al vidrio deben ser redondos, para que no se pierda ni se vacíe la electricidad por las puntas. Por esta misma razon en este molino de hilos, pongo unas bolitas de corteza, que no dejan vaciar la electricidad por las plumas que en él se ponen, y este método es mas seguro. Muy diverso efecto hacen las puntas colocadas en el conductor en la estremidad que toca al vidrio, porque por ellas bebe del vidrio la electricidad. Si acaso estas puntas estan fijas en el conductor (lo que no apruebo), para no rozar al vidrio deben estar á corta distancia

de él; y por este peligro quiero las puntas sueltas, ó bien en franja de oro que toca al vidrio sin rayarle, ó en cadenas de reloj con alfileres pendientes como colgantes de franja. Cuando yo trabajaba de noche y con globo era cada alfiler un pincelito de fuego, que unas veces parece que iba del alfiler al vidrio, y otras al contrario. Me sucedió una vez que aplicando las manos al globo, en lugar de almohada tenía yo levantado en la palma de la mano un poco de la película, y de esta salía como un río de fuego, que perennemente se vaciaba en el globo. Todavía tenemos otra cosa que admirar en las puntas, y es, que si estando la máquina con toda su fuerza eléctrica tomamos una punta, y la vamos llegando poco á poco al conductor, á medida que la fuéremos aproximando se va debilitando la electricidad en el conductor; de forma que la pierde del todo ó casi del todo aun antes que la punta le toque. De lo que sacamos estas dos consecuencias que parecen contrarias: 1^a *las puntas en los cuerpos electrizados vacían en los extraños la electricidad*: 2^a *las puntas en los cuerpos extraños hurtan la electricidad á los que estan bien electrizados*. Hay no obstante otra grande diferencia en esta accion de las puntas, y es, que las que vacían la electricidad forman un pincel luminoso que sale sensiblemente del conductor; y las que hurtan la electricidad se ven con una bolita de luz, que va creciendo á medida que el conductor pierde más de su electricidad.

EUG. — Haced el experimento.

TEOD. — Nada mas facil.

EUG. — En efecto así ha sucedido.

TEOD. — Dicen los modernos que la chispa á modo de pincel es el elemento vitreo, y la luz á modo de bolita el elemento resinoso. Franklin, célebre fisico del siglo pasado, á quien se deben grandes descubrimientos por lo que toca á la electricidad, no consideraba el fluido eléctrico como compuesto de dos elementos, sino como uno solo, y esplicaba estas diferencias por electricidad *en mas* y electricidad *en menos*, ó sea *positiva* y *negativa*. Los fisicos ingleses le siguen todavía, y casi estoy por confesaros que en este punto hay sus razones para apoyarlo. Segun Franklin cuando hay electricidad en mas, esta sale del punto electrizado y se esparce en la atmósfera, hé aquí porque forma un pincel de luz: cuando la hay en menos el punto la recibe de la atmósfera, y por esto no se ve sino en este punto y forma la bolilla luminosa. En el sistema de los dos fluidos no se esplica esto muy bien: dicese que el fluido resinoso que es el que forma la bolita, halla mas resistencia de parte del aire que el vitreo.

EUG. — He observado una cosa, si no me engaño, y es que en tanto que habeis hablado del modo como guardan y comunican los cuerpos su electricidad siempre habeis añadido á estos cuerpos el epíteto de conductores ¿acaso no se verifica lo propio en los que no lo son?

TEOD. — Por esto mismo que no se verifica he cuidado de calificar con el distintivo de conductores los cuerpos de que he hablado hasta aquí: grande es la diferencia que hay de los unos á los otros, como vais á verlo en el momento.

§ III.

Trátase de la carga eléctrica de los cuerpos no conductores, de las influencias eléctricas á distancia, de las atracciones y repulsiones, de los electrómetros y electróscopos, y del reparto de la electricidad por las superficies de los cuerpos electrizados.

EUG. — Siendo así ya no lo extraño.

TEOD. — Los cuerpos *aislantes* ó *ideolétricos* ó *no conductores*, pues todos estos nombres llevan, presentan fenómenos diferentes de los espuestos; parece que el fluido eléctrico, que se desarrolla en ellos ó que se les comunica se fija en cierto modo alrededor de cada molécula del cuerpo aislante; de modo que todo lo que hemos dicho de los efectos de la tensión y de la compresión y naturaleza del aire en los cuerpos conductores no es aplicable á los no conductores, á menos que considereis cada una de las moléculas como independiente de las demás.

SILV. — Esto me parece un absurdo.

TEOD. — Con todo es un hecho. Si tomáis un plato de resina y lo electrizáis fuertemente por los medios convenientes, será fácil reconocer en toda su superficie una tensión eléctrica considerable. Mas si tocáis uno de sus puntos con la punta del dedo, ó cualquier otro conductor saldrá una chispita, y el punto tocado habrá perdido su estado eléctrico, mientras que los demás lo conservarán todavía; y es de tal modo completa la independencia de estos diferentes puntos, que unos pueden conservar la elec-

tricidad vitrea y otros la resinosa sin que puedan unirse estos dos fluidos. Cuando tratemos de la botella de Leyden lo acabaremos de demostrar.

EUG. — ¿Tampoco será regular que los cuerpos aislantes se conduzcan como los conductores en el vacío?

TEOD. — Así es á la verdad. Para que pierdan su electricidad de una manera total, es preciso que trascurra mucho tiempo, lo cual parece indicar que ejercen una atracción bastante fuerte sobre las partículas del fluido eléctrico, al paso que, según está demostrado, los conductores no ejercen ninguna; pues solo la guardan cuando hay un obstáculo que se opone á su salida. Otro hecho hay que también detallaremos en otra parte, y es que si electrizáis al mismo tiempo una lámina conductriz y otra aislante, aplicadas la una contra la otra, en el momento en que las separeis, toda la electricidad se quedará en la superficie de la chapa aislante.

EUG. — Concluyente es la prueba si tal sucede. Decidme ahora si la electricidad ejerce su influencia solamente á corta distancia, ó si puede ejercerla á distancias considerables.

TEOD. — Aun cuando parezca fija en capas delgadas, en la superficie de los cuerpos que están cargados de ella, ejerce influencias á bastante grandes distancias. Y como sin la teoría de estas influencias no podríais entender la mayor parte de los fenómenos eléctricos, se hace forzoso que os la explique.

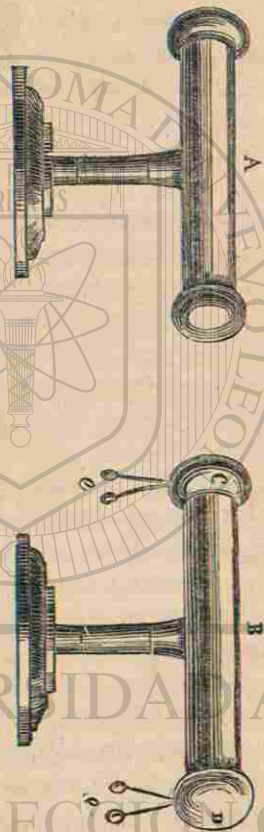
EUG. — Os pido encarecidamente que aun cuando sea en compendio, no me priveis del conocimiento de todos los principios adoptados.

TEOD. — Aquí tenemos este conductor A (Fig. 84),

que viene á ser un cilindro de cobre terminado por dos esferas y sostenido por una columna de vidrio. Carguémoslo de electricidad vitrea; ahora coloquemos cerca de él otro conductor B, que como veis está construido del mismo modo, sin mas diferencia que las bolitas de sahuco *ee* colgadas de él; á este no lo electrizaremos, mirad como ya da señales de electricidad, las bolitas se rechazan.

EUG. — Notable es por cierto la influencia que ejerce la electricidad del primer conductor con la del otro.

TEOD. — Ahora tomo un pedazo de goma laca, froto, y lo presento á las bolitas de la estremidad C, ved como las rechaza; señal de que en esta estremidad hay electricidad resinosa; ahora la presento á las bolitas de la estremidad D; las bolitas son atraí-



das por la resina; luego hay electricidad vitrea.

EUG. — Es una cosa singular.

TEOD. — Vamos mas adelante. Sin tocar el conductor B, apartémosle de la influencia del otro; hete las bolitas quietas, ya no da ninguna muestra de electricidad. Volvámoslo bajo la influencia del otro conductor, y toquemos con la punta del dedo su estremidad D; hé aquí que ya no muestra ninguna electricidad en este cabo; las bolas estan quietas, y notad que las de la estremidad opuesta se han apartado mas; prueba clara de que se ha aumentado allí su tension, y bastará que acerquemos la resina para convencernos de que su electricidad es resinosa. Apartemos ahora de nuevo el conductor B facil os será demostrar si quereis que hay en toda su estension electricidad resinosa. Venga una bolita electrizada resinosamente.

EUG. — En efecto la rechaza. Dadme cuenta de todos estos fenómenos que me tienen confuso.

TEOD. — El conductor A contiene electricidad vitrea que puede ejercer atracciones y repulsiones, hasta á grandes distancias, sobre otros fluidos eléctricos; el conductor B, situado cerca de él, contiene fluido natural, esto es las dos electricidades vitrea y resinosa; el fluido resinoso es atraído hácia la estremidad C del conductor B por el fluido vitreo del conductor A, mientras que el fluido vitreo es rechazado hácia la estremidad D. En semejante estado los dos cabos del conductor B han de anunciar electricidades opuestas, y esto es efectivamente lo que anuncian como habeis visto. Cuando he alejado el conductor B sin haberlo tocado, las dos electricida-

des que formaban antes de todo su fluido natural y que se han separado bajo la influencia del conductor A, cesando esta influencia han vuelto á unirse, se han combinado otra vez y presentado de nuevo el estado natural; por esto no habeis visto fenómeno ninguno de electricidad. Cuando he tocado el conductor B, en el punto D durante la influencia del conductor A, despréndese una chispa que se compone de fluido vitreo, rechazado hácia esta estremidad, el cual se une al resinoso del dedo. Con esta sustraccion se facilita la accion descomponente del conductor A y la electricidad aumenta en C. Por último cuando despues del contacto se aleja el conductor B del conductor A, el fluido resinoso se desparrama uniformemente por toda su superficie, mas no halla ya en él el fluido vitreo necesario para saturarle; y por esto el conductor B conservará caracteres eléctricos resinosos. Ocioso es decir que si en vez de cargar el conductor B de electricidad vitrea lo cargamos de electricidad resinosa todo sucederá en orden inverso.

ECG. — ¿Qué decis, Silvio, de estas esplicaciones?

SILV. — Las halló en efecto muy conformes.

TEOD. — Lo que os acabará de probar el importante fenómeno de la separacion de ambos fluidos, es que durante la influencia del conductor A, hay en medio del conductor B un punto que no presenta ningun caracter eléctrico y varia segun la distancia en que se halle el conductor A. Inutil es que os diga que todos estos fenómenos son proporcionales á la tension de la electricidad en el conductor A pri-

mitivamente cargado y al grado de aproximacion de ambos á dos conductores.

ECG. — ¿Y qué es lo que se ha pasado en el conductor A, porque hasta ahora casi no nos habeis hablado sino del conductor B?

TEOD. — Justa es la observacion y voy á satisfaceros. El conductor A no experimenta ningun cambio absoluto en su estado eléctrico; mas puede sufrir algunos en apariencia y momentáneamente en tanto que está cercano el conductor B. Porque en primer lugar la electricidad vitrea que contiene en exceso, al mismo tiempo que atrae la electricidad resinosa del otro conductor, es atraida á su vez por esta, de suerte que la tension se hace mucho mas fuerte en una estremidad que en otra. En segundo lugar el conductor A, á mas del exceso de electricidad vitrea de que está cargado, contiene fluido natural, el cual puede descomponerse en parte por la aproximacion de la electricidad resinosa del conductor B.

ECG. — ¿Y si ambos conductores estuviesen cargados de electricidad semejante ó diferente, qué sucederia?

TEOD. — En este caso se ejercerian las acciones de distancia, en primer lugar, sobre los fluidos libres; por ejemplo si el conductor A está cargado de electricidad vitrea y el conductor B de electricidad resinosa, ambas á dos electricidades se atraen, y el máximo de su tension, en entrambos conductores, se halla en las estremidades cercanas. Puede ser tal esta accion que las estremidades opuestas dejen de dar caracteres eléctricos; de modo que no se po-

drá robar al conductor B su electricidad, tocándolo por el cabo D; de lo que se saca que, á causa de esta atraccion recíproca, hallándose ambas electricidades en cierto modo fijas, dejan de presentar sus fenómenos ordinarios, y esto es lo que se quiere decir cuando se habla de electricidades disimuladas. Si ambos á dos conductores estan cargados de electricidad semejante, estas electricidades se rechazarán, las estremidades opuestas de los conductores presentarán el máximo de tension, al paso que las aproximadas no presentarán ningun caracter eléctrico. Por esto dos puntas vecinas destruyen recíprocamente sus efectos. Advertid que todos estos fenómenos, cuando es solamente el aire el que separa los conductores, son muy limitados, porque llega cierto grado de aproximacion en que los fluidos que se atraen consiguen vencer la resistencia del aire para reunirse entre ambos conductores, produciendo el fenómeno de la centella eléctrica. Así cuando acercáis la mano á un conductor cargado de fluido eléctrico, el fluido de la misma naturaleza contenido en la mano será rechazado, mientras que el fluido resinoso es atraido, hasta que la tension en el conductor y la tension en la mano sean suficientes para vencer la presion atmosférica y producir la chispa.

EVG.—¿Cuando sale esta chispa sale toda la electricidad de que está cargado el conductor, ó solo la que tiene de exceso?

TEOD.—Casi toda sale, y lo concebireis claramente representándoos que el trayecto de la chispa forma en la atmósfera una especie de vacío al traves del cual puede precipitarse todo el fluido eléc-

trico á la vez. Si en vez del aire se pone otro cuerpo que separe ambos á dos conductores, como por ejemplo vidrio, se obtienen fenómenos eléctricos mucho mas notables que cuando solo los separa el aire. Vamos á hacer ahora, si quereis, algunos experimentos sobre las atracciones y repulsiones de los cuerpos electrizados.

SILV.—No os pese perder el tiempo en esto, porque es curioso.

TEOD.—Primeramente pongamos en el conductor una campanilla, de modo que quede electrizada. Quitemos despues el badajo de esta campanilla, y colguémosle con un hilo de seda fuera de la campanilla, pero cerca. En poniendo la mano á la parte opuesta empezará el badajo á moverse, y dará ya en la campanilla ya en la mano... ahí lo veis.

EVG.—Curioso es en efecto.

TEOD.—Despues de este experimento puede divertirse el fisico, y tener en su gabinete un repique que le ayise cuando trabaja la electricidad, y cuando está quieta la máquina. Para esto (Fig. 83) colguemos del conductor una campanilla A de modo que quede electrizada, y pongamos junto á ella otra de tono diferente E que no esté electrizada, y entre las dos un badajo m colgado con seda. Mientras trabaja la máquina la campanilla electrizada le a-

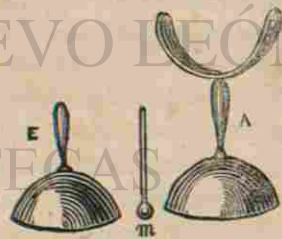


Fig. 83.

trae, y dando el badajo ya en una, ya en otra campanilla, forma repique. ¿Ois? Muchos ponen en un plato de madera siete campanillas, una que se ha de electrizar, que está en el centro, esta ha de tener su cabo hácia abajo sobre el lacre ó resina, puesto sobre vidrio para quedar *aislada* y electrizarse, y las otras seis no deben ser electrizadas. Se han de colgar con hilos de seda otros tantos badajos entre la campanilla del medio y las del rededor; y entonces moviéndose los badajos, ya atraídos por la campanilla del medio, y ya rechazados por ella, tocan alternativamente, y hacen un repique multiplicado. Los que tienen gabinete propio para esta máquina colocan este aparato del repique junto al techo, y conducen por medio de un alambre la electricidad desde el conductor hasta la campanilla del centro, que debe estar bien aislada.

EUQ. — Se esplican estos repiques por la misma teoría de los fluidos.

TEOD. — Por la misma se esplican en efecto. Cuando el badajo de una campanilla es atraído por la que está electrizada, y la toca, queda electrizado, porque está colgado con un hilo de seda, y por quedar electrizado le rechaza la campanilla, que también lo está; y de este modo va á dar en la otra campanilla E, y pierde con este toque la electricidad, y así queda capaz de ser atraído de nuevo; por lo que debe dar alternativamente en las dos campanillas, y formar el repique eléctrico. Esta atracción y repulsión se ven más claras y evidentes en el experimento de las limaduras de hierro (Fig. 86). Cuando ofrecemos las limaduras á la chapa F electrizada, que

las llevamos solo en el centro del plato B en un monton, empiezan luego á hervir saltando hácia arriba; y en tocando en la chapa electrizada, se electrizan también las limaduras, y por esto las despiden la chapa F, que ya no las quiere; y por último se ve todo el plato cubierto de limaduras, de lo que se demuestra que no se cayeron simplemente en el plato, si que fueron rechazadas por la chapa superior electrizada.

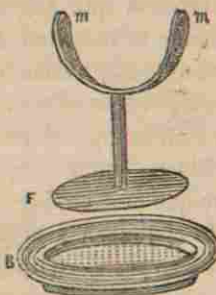


Fig. 86.

Esto se observa constantemente en todos los cuerpos electrizados. En el electrómetro de hilos, como todos están electrizados, todos se rechazan mutuamente, y hacen un ramillete muy abierto y erizado; pero tocando con el dedo en el conductor se pierde la electricidad, y al punto caen los hilos y se juntan unos con otros. Lo mismo experimentamos en la pluma electrizada, en la cual cada peilillo rechaza á los otros, porque todos están electrizados, y en quitando la electricidad al conductor queda toda la pluma natural.

EUQ. — Concibo claramente como pueden explicarse todos estos fenómenos por las atracciones y repulsiones de los dos fluidos eléctricos; mas no acierto á comprender como siguen los cuerpos el movimiento de estos fluidos.

TEOD. — Os lo explicaré. Las moléculas de los cuerpos están unidas á las de la electricidad por una

fuerza desconocida : así cuando dos fluidos de naturaleza diferente se atraen, se llevan consigo los cuerpos á que estan unidos, haciendo lo propio cuando se rechazan. Mas advertid que esto solo se entiende así, hablando de los cuerpos no conductores : por lo que toca á los conductores que no tienen atraccion por las moléculas de ninguna electricidad, pues como ya sabeis la arrojan siempre que pueden, los físicos lo espican de otro modo y lo atribuyen á la presion atmosférica que rodea los cuerpos electrizados, y á la fuerza expansiva de la electricidad enfrenada tan solamente por esta presion ; y para obviar las objeciones que puedan hacerles dicen que las presiones eléctricas se ejercen sobre la pequeña capa de aire que está naturalmente adherida á la superficie de todos los cuerpos. Mas dejemos este punto que no parece nada claro y sobre el cual es preciso andarse en suposiciones, y vengamos á otro. Ya habeis visto que para reconocer la presencia de la electricidad en varios experimentos que hemos hecho, me he servido de sencillísimo instrumento, del hacesito de hilos de seda en cuyo cabo hay las bolitas de meollo de sahuco. Este instrumento se llama *electróscopo* y sirve en efecto para descubrir la electricidad desenvuelta en un cuerpo y su naturaleza, como lo habeis presenciado mas de una vez esta tarde. Aquí tengo otro *electróscopo* (Fig. 87) el cual, como estais viendo, consiste en un frasco por cuyo cuello penetra un alambre terminado al exterior en una bolilla, y al interior dos pajas libremente suspendidas, paralelas y en contacto : la parte superior del instrumento

está barnizada con goma laca para aislar completamente el pequeño conductor, y en una de las caras del frasco se halla una porcion de grados señalados que miden la separacion de entrambas pajas. Tocando con un cuerpo electrizado la bolita, al instante se ponen en movimiento las pajas. Con este instrumento se puede conocer la electricidad atmosférica, añadiéndole una punta metálica muy aguda.

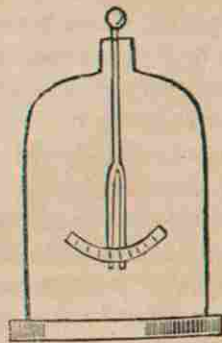


Fig. 87.

ETG. — ¿Y no hay algun instrumento para conocer la cantidad de fluido eléctrico que se acumula por ejemplo en la máquina que lo desenvuelve?

TEOD. — Si, le hay en realidad y se llama *electrómetro*. Aquí os lo presento (Fig. 88). Consiste como podeis ver en un semicírculo de marfil A, en el cual se han trazado grados, y con una bolita de corazon de sahuco C colgada de una varilla de hierro B, la cual se mueve al rededor del centro del semicírculo A, á medida que se acumula electricidad en

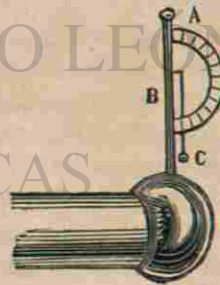


Fig. 88.

la máquina sobre la cual se ha aplicado este instrumento, la bolita se aparta del tallo del electrómetro, y señala los grados de carga eléctrica cuyo máximo se manifiesta, cuando la bolita hace ángulo recto en el tallo. El mejor electrómetro sin duda es la balanza de torsion ó de Coulomb, de que ya os he hablado en alguna de las tardes anteriores.

EEG. — Puesto que se han ideado instrumentos para descubrir la electricidad desenyuelta en los cuerpos y medir su cantidad, es natural que se sepa en qué proporción se la reparten los cuerpos, cuando se tocan, ó ponen bajo la influencia de algun cuerpo electrizado.

TEOD. — En efecto, la invencion de estos instrumentos ha conducido á examinar varios fenómenos de reparto de electricidad entre los diferentes cuerpos, y las leyes que sigue dicho fluido en este reparto. Ya hemos visto que los cuerpos electrizados podian ejercer sus influencias á ciertas distancias y en el contacto; ahora es preciso hacerse cargo del modo como pueden dar ó recibir electricidad en el contacto, segun que clase de cuerpos sean. Los no conductores pueden llegar hasta el contacto, sin que se produzca ningun fenómeno eléctrico, en atencion á que su electricidad está en cierto modo fija al rededor de cada una de las moléculas del cuerpo, y de consiguiente no hay sino este punto tocado que pierda ó reciba electricidad. Por esto ora se quiera darles electricidad, ora robársela, es preciso tocarlos por todos sus puntos sucesivamente. Muy diferentemente sucede en los conductores, toda su electricidad puede comunicarse súbitamente por un solo

punto tocado, ya sea para trasportarla á otro cuerpo, ya para recibirla de este, ya en fin para repartirla entre los dos. Vamos á ver las leyes de estas comunicaciones y repartos, y valgámonos todavía de los dos conductores que ya nos han servido (Fig. 84). Si suponemos el conductor A cargado de cierta cantidad de electricidad vitrea y lo ponemos en contacto con el depósito comun, esto es, el suelo, sabemos que en un instante antes de este contacto el depósito habrá suministrado enfrente del conductor A cierta cantidad de electricidad resinosa, que en el momento del contacto se unirá con la electricidad vitrea del cuerpo A, para volver á formar fluido natural. En este caso el depósito comun contendrá, á mas de su composicion ordinaria, toda la cantidad de fluido vitreo que rodeaba el conductor A; mas siendo esta cantidad infinitamente pequeña relativamente á la masa total del fluido natural, el depósito comun no dará ninguna muestra de electricidad; asíes como se opera la descarga de lo que se llama un conductor. Notad bien esto, porque os servirá para entender la utilidad de los pararrayos. Si el conductor A, cargado de electricidad vitrea, se pone en contacto con un conductor B, de igual superficie y en el estado natural, sabemos que un rato antes del contacto se habrá acumulado electricidad resinosa en la estremidad C del conductor B, y que en el momento de este contacto se reunirán entrambas electricidades para formar el fluido natural. Mas es evidente que despues del contacto ambos conductores no forman mas que uno, que debe contener precisamente las mismas cantidades de

electricidad que antes, esto es, el fluido natural, mas un exceso de fluido vitreo igual al que contenia el conductor A. Este exceso se reparte en el conductor compuesto segun las leyes que hemos establecido dependientes de su forma, de modo que, si ambos conductores son perfectamente semejantes, se hallarán cargados cada uno de la mitad del fluido vitreo que circunva el conductor A, ó lo que es lo mismo, la electricidad se repartirá igualmente entre ambos conductores. Sabeis por otra parte que la tension del fluido eléctrico, en la superficie de un conductor depende de la cantidad de electricidad y de la estension de la superficie que ocupa; de aquí resulta que en el caso de reparto la tension disminuirá á proporcion de la estension de la superficie sobre que se reparta. De aquí se sigue, que si poneis un conductor de una dada superficie, en contacto con otros conductores de superficie mucho mayor, la tension eléctrica podrá ser estremadamente flaca; mientras que al contrario si haceis tocar con un conductor grande otro pequeño, este podrá presentar una tension muy fuerte, igual á la que tenia el grande en el punto tocado, pero nunca superior. Esto ha facilitado un medio apto para conocer el estado eléctrico de diferentes puntos de un conductor para lo cual se sirven de un disco metálico muy pequeño con un mango hecho de un hilo de goma-laca; tócase con este instrumento el punto del conductor que se quiere examinar y luego se presenta aquel á un electrómetro. Con este instrumento y la balanza de torsion, Coulomb ha determinado las leyes del reparto del fluido eléctrico.

EUG. — Con que si es cierta esta ley que cuanto mas estensa es una superficie, menor es la tension del fluido eléctrico, no tendremos mas que hacer sino aumentar ó disminuir esta superficie para procurarnos mas ó menos electricidad.

TEOD. — Ninguna duda cabe en ello; y voy á hacer un experimento facil, que os acabará de convencer; aqui tengo esta cinta metálica arrollada sobre este cilindro aislado; voy á electrizarlo hasta que tenga una tension fuerte: mirad como aparta la bolita del electrómetro y cuanto la separa del tallo; pues bien desarrollemos la cinta ahora; hé aquí que casi no mueve la bolita.

EUG. — Volvedla á arrollar, veremos si la separa con la fuerza de antes.

TEOD. — La arrollo de nuevo, ahí teneis los mismos efectos que produjo antes de desarrollarle, con solo la diferencia que es consecuente á la pérdida ocasionada por su contacto con la atmósfera.

EUG. — Fuerza es doblegarse á la evidencia, para mí esta ley es probada.

TEOD. — Puesto que se conoce la ley de la repulsion de las partículas eléctricas, y que está probada su situacion en la superficie de los cuerpos, un físico moderno, Poisson, ha ensayado determinar la reparticion del fluido eléctrico en todos los casos; no entraré en nuestra conferencia en los detalles de sus ensayos, y me contentaré con anunciaros dos de sus resultados, á saber: 1º *el grueso de la capa eléctrica en las estremidades de los dos ejes de un elipsoides es proporcional á su longitud.* 2º *La presion ejercida sobre la atmósfera por una capa eléctrica*

depuesta sobre la superficie de un cuerpo es proporcional al cuadrado del grueso de esta capa. Espuestas como estan ya estas leyes pasemos á lo que se llama *electricidades disimuladas*, y á los instrumentos que condensan estas electricidades para hacerlas sensibles.

ERG. — Sin duda serán instrumentos que veo por ahí y que no hemos usado todavía.

§ IV.

Trátase de las electricidades disimuladas, del condensador, del vidrio eléctrico, de la botella de Leiden, de la batería eléctrica y del electroforó; de los medios de producir la electricidad, del aislamiento y de la máquina eléctrica ó su teoría.

TEOD. — Hay ciertas circunstancias en que una grande cantidad de electricidad acumulada, no produce sino una tension muy debil; pues estas electricidades que presentan tensiones desproporcionadas llevan el nombre de *electricidades disimuladas*. Muchos casos hay en efecto en que es tan debil la tension de ciertas electricidades, que es preciso hacer de ellas una grande acumulacion para que se hagan sensibles. Ahí teneis el instrumento de que nos valemos para ello (Fig. 89). Primeramente os lo describiré y luego os daré su teoría. Este instrumento se llama el *condensador* y consiste en un plato metálico AB, montado sobre un mango aislante, eF reposando sobre una chapa de vidrio VV', que descansa sobre otro plato metálico DC. Ahí te-

neis toda su estructura. Ahora veamos su teoría. Si hacemos comunicar el plato AB, con un conductor cargado de electricidad vitrea, una parte de esta electricidad pasará al plato; mas luego que se haya esparcido por él, obrará por influencia sobre la electricidad del plato DC, al traves del plano de vidrio que los se-

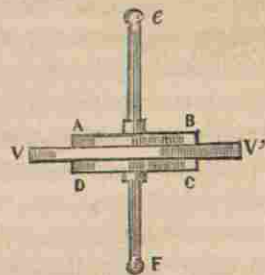


Fig. 89.

para, atraerá cerca de este plano la electricidad resinosa de este plato DC, y rechazará su electricidad vitrea hácia la cara inferior. Si esta cara inferior comunica con el suelo, la electricidad vitrea rechazada desaparecerá y dejará á la electricidad resinosa que ocupa la cara superior toda su energía, para atraer la electricidad vitrea del plato superior. Desde entonces esta electricidad no ofrecerá ninguna tension sensible en la cara superior del plato AB, y esta cara podrá de consiguiente recibir nueva cantidad de electricidad vitrea de la parte del conductor primitivo, hasta que la cantidad de electricidad vitrea acumulada en AB, sea tal que esceda la proporcion que puede ser atraida y fijada por la electricidad resinosa del plato DC. Mas como las influencias á distancia son tanto mas enérgicas, cuanto menores sean estas distancias, resulta que la acumulacion de la electricidad vitrea en el plato AB, será tanto mas considerable cuanto mas delgada sea la

depuesta sobre la superficie de un cuerpo es proporcional al cuadrado del grueso de esta capa. Espuestas como estan ya estas leyes pasemos á lo que se llama *electricidades disimuladas*, y á los instrumentos que condensan estas electricidades para hacerlas sensibles.

ERG. — Sin duda serán instrumentos que veo por ahí y que no hemos usado todavía.

§ IV.

Trátase de las electricidades disimuladas, del condensador, del vidrio eléctrico, de la botella de Leiden, de la batería eléctrica y del electroforó; de los medios de producir la electricidad, del aislamiento y de la máquina eléctrica ó su teoría.

TEOD. — Hay ciertas circunstancias en que una grande cantidad de electricidad acumulada, no produce sino una tension muy debil; pues estas electricidades que presentan tensiones desproporcionadas llevan el nombre de *electricidades disimuladas*. Muchos casos hay en efecto en que es tan debil la tension de ciertas electricidades, que es preciso hacer de ellas una grande acumulacion para que se hagan sensibles. Ahí teneis el instrumento de que nos valemos para ello (Fig. 89). Primeramente os lo describiré y luego os daré su teoría. Este instrumento se llama el *condensador* y consiste en un plato metálico AB, montado sobre un mango aislante, eF reposando sobre una chapa de vidrio VV', que descansa sobre otro plato metálico DC. Ahí te-

neis toda su estructura. Ahora veamos su teoría. Si hacemos comunicar el plato AB, con un conductor cargado de electricidad vitrea, una parte de esta electricidad pasará al plato; mas luego que se haya esparcido por él, obrará por influencia sobre la electricidad del plato DC, al traves del plano de vidrio que los se-

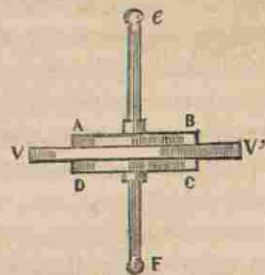


Fig. 89.

para, atraerá cerca de este plano la electricidad resinosa de este plato DC, y rechazará su electricidad vitrea hácia la cara inferior. Si esta cara inferior comunica con el suelo, la electricidad vitrea rechazada desaparecerá y dejará á la electricidad resinosa que ocupa la cara superior toda su energía, para atraer la electricidad vitrea del plato superior. Desde entonces esta electricidad no ofrecerá ninguna tension sensible en la cara superior del plato AB, y esta cara podrá de consiguiente recibir nueva cantidad de electricidad vitrea de la parte del conductor primitivo, hasta que la cantidad de electricidad vitrea acumulada en AB, sea tal que esceda la proporcion que puede ser atraida y fijada por la electricidad resinosa del plato DC. Mas como las influencias á distancia son tanto mas enérgicas, cuanto menores sean estas distancias, resulta que la acumulacion de la electricidad vitrea en el plato AB, será tanto mas considerable cuanto mas delgada sea la

chapa de vidrio VV'. Cargado de esta suerte el condensador, si lo aislamos de todos lados y examinamos su estado, hallaremos que el plato inferior no presenta ningun caracter eléctrico, aunque contenga una grande cantidad de electricidad resinosa, por cuanto esta está fija á su cara superior, ó á la cara del vidrio por la atraccion de la electricidad vitrea del plato superior. Tambien hallaremos que el plato superior tiene una tension eléctrica semejante á la del manantial, aunque contenga mayor cantidad de electricidad vitrea, la cual está detenida en su cara inferior, ó en la superior del vidrio, por la atraccion de la electricidad resinosa del plato inferior. Como la electricidad del plato superior, no está enteramente fija, si tocamos este plato saldrá una chispita formada de la porcion de electricidad vitrea que produce su debil tension. Mas en este caso la electricidad resinosa del plato inferior dejando de estar completamente detenida; presentará una ligera tension, y si tocamos este plato, saldrá una centella; despues de lo cual el plato superior presentará nueva tension y podrá dar nueva chispa; de suerte que alternando estos contactos se llegaria á descargar completamente el condensador. Si en vez de tocar sucesiva y separadamente ambos platos, los tocásemos á un mismo tiempo, con ambas manos ó con los extremos de un conductor metálico, las dos electricidades opuestas se reunirian súbitamente, y producirian una chispa considerable y una conmocion violenta. Pero si en vez de tocar los platos cojemos uno de ellos por su mango aislante y lo alejamos de la superficie vitrea; cesará de estar bajo la influen-

cia de la electricidad opuesta, y presentará de repente caracteres eléctricos muy manifiestos, y proporcionados á la cantidad real de electricidad que se haya acumulado en él. Regularmente se quita el plato superior y el instrumento hace entonces el papel de condensador, puesto que se ha podido acumular mucha electricidad en el plato superior, por medio de un conductor débilmente electrizado.

EUG. — Me habeis dado una idea clara y completa del tal instrumento.

TEOD. — Advertid con todo que está sujeto á varios inconvenientes procedentes del vidrio que se interpone. En primer lugar el vidrio está espuesto á cubrirse de una capa de agua que impide la marcha del instrumento. En segundo lugar ha de ser mas largo que las chapas de metal, de lo contrario las dos electricidades se reunirian por los cabos formando centellas entre los bordes de los discos; por último ambas electricidades adhieren mas al vidrio que á las caras metálicas; de suerte que cuando se quita el plato superior, no se lleva mas que una debil parte de la electricidad vitrea, quedándose la restante estendida sobre la superficie del vidrio.

EUG. — ¿ Hay algun hecho que pruebe esto?

TEOD. — Lo hay y tan convincente que no admite duda. Quitad los dos platos con mangos aislantes, y colocad la chapa de vidrio entre otros dos platos aislados, y hallareis este nuevo condensador tan cargado como el primero.

EUG. — ¿ Y no habria medio de evitar estos inconvenientes.

TEOD. — Poniendo una chapa de vidrio delgada

á cada chapa metálica, y llevándose aquella con esta, ó bien barnizando las chapas metálicas con goma laca, lo que es menos conducente. Otro condensador se ha construido para mayor comodidad. Consiste este en un plano de vidrio sostenido por una columna en posicion vertical, dos planos metálicos se aplican sobre sus dos superficies, y estan tambien sostenidos por otras dos columnas aislantes: por medio de una manecilla los dos planos metálicos pueden acercarse ó separarse súbitamente del plano del vidrio, y si se quiere se puede suspender en los planos metálicos bolitas de meollo de sahuco, las cuales indicarán la tension eléctrica ó la produccion de este fluido.

EUG. — ¿Suponed que quiero hacer uso del condensador, qué deberia hacer?

TEOD. — Hagamos arder un poco de espíritu de vino en este vasito metálico. Ardiendo este líquido toma un caracter eléctrico, para asegurarnos de ello pongamos el vasito sobre el primer condensador que hemos descrito (Fig. 89) y hagamos comunicar el plato inferior con el suelo, un momento basta, quitemos súbitamente el plato superior y acerquémoslo á un electrómetro que tenga en vez de pajas dos hojas de oro: ahí veis como da muestras de electricidad. Si ahora queremos conocer la electricidad de la llama pondremos un alambre en el plato superior que vaya mas allá de su circunferencia, y cuya estremidad se sumerja en la llama de una lámpara de alcohol colocada fuera: quitado el instrumento como en el primer caso dará tambien señales de electricidad, pero diferente de la primera.

Así que con el condensador podreis saber qué clase de electricidad se halla en un punto dado y cuanta se produce.

EUG. — Y este otro instrumento que teneis aquí, ¿qué viene á ser?

TEOD. — Este es el que se llama *vidrio eléctrico*. Consiste como veis en una chapa de vidrio sobre cuyas caras se han pegado dos hojas de estaño de la distancia de una pulgada del borde de la chapa. Es ocioso que os explique los fenómenos que presenta, porque viene á ser un condensador. Veamos este otro que es mas interesante y se llama la botella de Leiden, porque en esta ciudad la inventaron. Aquí teneis un verdadero condensador, pues consiste la *botella de Leiden* en un frasco de vidrio delgado que aquí os presento (Fig. 90) tapizado al exterior de una hoja de estaño, hasta cierta distancia del cuello, y barnizada desde donde se detiene la hoja hasta la embocadura: en su interior contiene dos hojas de cobre batido (tambien pueden ser de oro), y pasa por su cuello hasta abajo un hilo de metal que dentro termina en punta y fuera en esfera. Ya veis que tiene todas las condiciones de condensador, por fuera una capa de estaño, por dentro una hoja de cobre, y en medio el vidrio. El hilo metálico está en comunicacion con las hojas interiores.



Fig. 90.

EUG. — En efecto esta botella es un verdadero condensador en el fondo. Veamos como la cargais.

TEOD. — Del mismo modo, si la suspendo en un

conductor de la máquina eléctrica y la aislo del suelo no se cargará, hagámosla comunicar, pues, con el comun depósito y va á cargarse luego de la electricidad que dé la máquina. Si la da vitrea la botella tendrá esta electricidad dentro, y fuera tendrá la resinosa. Si la colocamos en un plato aislante, se podrá sacar alternativamente un gran número de chispas de dentro y de fuera.

EUG. — Dejádme tocar su pared exterior: chispa al canto: ahora la esfera que comunica con el interior, otra chispa; id adelante.

TEOD. — Si hago comunicar el interior con el exterior se descargará la botella con mucho ruido y podrá producir una fuerte conmocion.

SÍLV. — Yo prefiero creerlo á probarlo.

TEOD. — Si quisierais cargarla en orden inverso, bastaria coger con la mano la bola que comunica con el interior, y tocar el conductor electrizado con el exterior de la botella: en este caso el exterior quedaria electrizado vitreamente y el interior resinosamente. Pero lo mas singular de estas botellas es que pueden cargarse por *cascadas*, esto es, haciendo pasar de una botella á otra la electricidad que sale de la primera, y de la segunda á la tercera, y así sucesivamente.

EUG. — ¿Y cómo lo hariais?

TEOD. — Se suspende una botella de Leiden en un conductor que suministra electricidad vitrea, se hace comunicar su exterior con el interior de otra; el exterior de esta con otra, y por último el exterior de esta con el depósito comun. En este caso se cargará las tres botellas, pero á diferentes grados. La

primera recibirá electricidad vitrea en el interior; su electricidad vitrea exterior será rechazada hácia el interior de la segunda y producirá el mismo efecto sobre la electricidad vitrea de su armadura exterior, que se irá al interior de la tercera, y por último la electricidad vitrea del exterior de esta se irá á perder en el depósito comun; de suerte que, separando luego unas de otras estas botellas, se hallarán cargadas todas del mismo modo, pero con diferentes grados, á causa del número de láminas vitreas que disminuyen progresivamente las fuerzas atractivas de los fluidos opuestos unos sobre otros.

EUG. — Si no me engaño en esta caja hay una infinidad de estas botellas de Leiden.

TEOD. — Botellas de Leiden son en efecto, las teneis reunidas en esta caja (Fig. 91). Sus armadu-

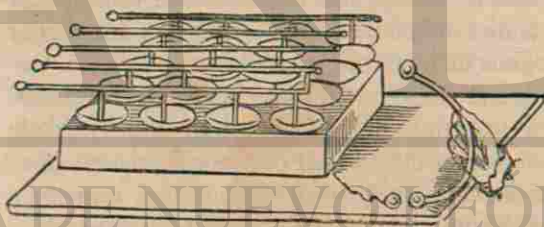


Fig. 91.

ras esternas comunican por medio de una hoja de estaño con que se cubre el fondo de la caja, y sus interiores comunican por medio de varillas metálicas que unen sus bolitas de cobre. Esto es lo que se llama la *batería eléctrica*. Con esta batería se

puede producir una chispa colosal y una conmocion violentisima ; con ella se inflaman cuerpos combustibles, se derriten metales, y hasta se puede matar á un animal pequeño.

EUG. — Mucha es la fuerza de la tal batería.

TEOD. — Dos ó tres baterías de estas reunidas y descargadas á la vez remedarian completamente el rayo, y es preciso mucha prudencia en la ejecucion de este experimento para no dar margen á accidentes graves.

EUG. — Intencion tenia de invitaros á que lo hicierais ; mas no quiero que os espongaís á ningun accidente, así prefiero que me espliqueis estotro instrumento que está mas allá de la batería.

TEOD. — Este es el *electróforo*.

EUG. — ¡ Qué nombres tan estrambóticos !

TEOD. — Esta es la peste de las ciencias, amigo, el inventor de un instrumento no se consideraria bastante sabio si no fuere á mendigar á los griegos antiguos un nombre para designar su invento. Como sea el *electróforo* tiene la ventaja de electrizarse sin el concurso de la máquina eléctrica, y puede conservar su electricidad por muchos meses. Consiste en una especie de torta de resina, muy lisa y plana, y un disco de metal, ó á lo menos una hoja metálica que la cubre, sostenido por una varilla aislante. Para electrizar este instrumento no hay mas que dar contra la torta de resina con una piel de gato varios golpes. Hecho esto, se coge el disco metálico por su mango aislante, y se pone encima de la torta, su fluido natural ; con esto se descompone en grande cantidad, la electricidad vitrea es atraída

hácia la torta, y el fluido resinoso rechazado hácia la cara superior del disco. Si se retira el disco sin haberlo tocado, sus dos fluidos volverán á combinarse y recobrará su estado natural ; mas si mientras que el disco está encima de la torta se pone su cara superior en comunicacion con el depósito comun tocándole en la mano, suministrará una chispa y dejará escapar fluido resinoso. En este caso el disco no dará ninguna señal de electricidad, porque se hará disimulada como en el caso del condensador. Pero si se para el disco metálico de la torta resinosa, se pondrá de repente sobremanera electrizado de fluido vitreo y arrojará una chispa fuerte. Ya veis pues que la torta no sufre ninguna pérdida de electricidad, y que la que posee no obra sino por influencia sobre el fluido natural del disco metálico : de lo cual resulta que semejante instrumento una vez electrizado, puede conservar durante muchos meses la facultad de lanzar chispas con tal que esté rodeado de aire seco, lo que se consigue encerrándolo en una caja donde se pone un poco de cal que absorve la humedad que pueda haber.

EUG. — Acabais de decir y hacer una cosa, Teodosio, que me precisa á pedirós una esplicacion. Yo creia que solo se desenvolvía la electricidad por medio de la frotacion, y con todo veo que golpeando con una piel de gato tambien la haceis desenvolver ; acaso hay varios modos de procurarnos electricidad ?

TEOD. — En efecto los hay, y en general puede decirse que se desarrolla electricidad en todos los cambios de relaciones cualesquiera que sean, sobre-

venidos en los diferentes cuerpos de la naturaleza ; de suerte que nunca se tocan, hieren, frotan, combinan y desprenden los cuerpos, sin que se produzca electricidad. Mas notad una cosa esencial, y es que si bien es cierto que en algunos de estos casos se desenvuelve la electricidad de que hemos hablado hasta ahora, cuyo caracter es presentar una *tension* evidente, luego que se desarrolla, en la mayor parte no se producen mas que corrientes eléctricas, sin que den comunmente ninguna muestra ordinaria de atracciones ni repulsiones dependientes de su tension.

ECG. — Bastante es á la verdad la diferencia.

TEOD. — Siempre queda con todo que la electricidad de que hemos hablado hasta ahora se puede producir por el choque, por la presion, por las mudanzas de temperatura, y sobre todo por el roce ó frotadura. Dirigid una corriente de aire contra el vidrio de una vidriera, ó bien soplad con el aliento; se electriza en seguida, y desenvuelve electricidad vitrea. Sacudid en el aire bien seco un pañuelo de seda, se electriza resinosamente. Ocioso es que os hable de la piel del gato contra la resina, puesto que ya habeis visto sus efectos. Ahí teneis entre otros varios hechos que os prueban el poder desenvolvedor de electricidad que tiene el choque. Mas para mí choque y frotadura casi vienen á ser una misma cosa, especialmente cuando el choque es continuo; un choque viene á ser una frotadura momentánea y una frotadura un choque continuo. Por lo que toca á la presion dice el célebre Haüy que basta apretar con los dedos ciertos cristales como el

espato de Irlanda, para que se desenvuelva en ellos electricidad. Aquí teneis un electróscopo, construido á consecuencia de dicha propiedad; consiste en una aguja horizontal muy movil sostenida por un eje, con un pequeño cristal de espalto de Irlanda, en una de sus estremidades basta apretar ligeramente el cristal con los dedos para que quede toda la aguja electrizada vitreamente.

ECG. — Es singular, frotad la resina y presentadla á la aguja.

TEOD. — Ahí veis como la rechaza. Los cambios de temperatura producen en ciertos cuerpos electricidades notables. Ya habeis presenciado lo del alcohol; aquí tengo un pedazo de turmalina: me bastará calentarlo para que se quede electrizado. Como una piedra iman esto os presentará dos polos, y notad, como os lo diré en otra parte, que por polos entienden los fisicos dos extremos de un cuerpo; uno de los cuales presenta una electricidad, y el otro otra, así la turmalina electrizada ofrece fluido vitreo por una estremidad, y fluido resinoso por otra. Y lo mas notable es que si rompeis el pedazo, los que resultan ofrecen lo mismo. Pero el medio mas poderoso de producir la electricidad, es sin duda la frotadura. Y advertid que la especie de electricidad desenvuelta depende del cuerpo que se frota, y del modo como se frota, frotamos un vidrio con un pedazo de paño; el vidrio ofrece fluido vitreo, el paño fluido resinoso; frotado el vidrio con una piel de gato desenvuelve electricidad resinosa; frotado con un amalgama, esto es, con un pedazo de metal fundido con azogue, la electricidad que se desenvuelve

es altamente vitrea. Si el vidrio en vez de ser liso es áspero, contrae casi siempre por la frotadura eléctrica resinosa: la misma desarrollan todas las resinas.

EUG. — Inútil es que amontoneis mas hechos para probar que la naturaleza de los cuerpos influyen en la naturaleza de la electricidad desenvuelta: dadnos algunos que prueben la influencia del modo.

TEOD. — Aquí tengo estas dos cintas de seda, señaladas la una con la letra A y la otra con la letra B, para poderlas distinguir coged una, la B por ambos cabos, mientras yo cogeré la A por los suyos, hagamos rozar la A el traves de la B. Vamos á ver si se ha desarrollado electricidad y cual es la de la cinta A, cual la de la cinta B. Venga un pedazo de resina y frotemos ahora las cintas.

EUG. — Vitrea es la de la A, y resinosa la de la B.

TEOD. — Ahora frotémosla de otro modo y hagamos rozar la cinta B al traves de la cinta A, y practiquemos las mismas diligencias.

EUG. — Esto es sorprendente: hete que la cinta B presenta ahora la electricidad vitrea, y la cinta A la resinosa precisamente al revés. Ya no me queda ninguna duda.

SILV. — Ni á mí tampoco, porque nunca resisto á los hechos.

TEOD. — Una reflexion quiero haceros ahora que habeis presenciado todos estos experimentos. Todos los medios que hemos citado como desarrolladores de electricidad con tension, ¿no pueden reducirse á uno en último resultado, á saber, producir calórico, esto es á elevar la temperatura?

EUG. — Teneis razon.

SILV. — Estraño hubiese sido que no se la hubierais dado; pues yo quiero aun que se explique para dársela.

TEOD. — ¿El choque, la compresion y la frotadura no son medios de producir calórico, de elevar la temperatura? ¿No os acordais que lo probamos con hechos? Luego si la elevacion de temperatura es un medio idóneo para desenvolver electricidad, basta decir que todos los medios aptos para desenvolver calórico lo son para desenvolver electricidad. Las combinaciones químicas son otro medio de producir electricidades, y en virtud de ellas, se verifican como vereis á su tiempo; pues en estas combinaciones hay desenvolvimiento de calórico.

SILV. — Ahora ya estoy con vos.

TEOD. — ¿Y no os da margen esto á sospechar fuertemente que la electricidad y el calórico son la misma cosa?

SILV. — ¡Disparate! no porque se parezcan en algunos rayos han de ser los mismos.

TEOD. — Yo me contento con anunciarlo aquí; quizás algun dia tente probarlo en un trabajo á parte, ahora ocupémonos en la instruccion de Eugenio, y expliquémosle qué se entiende por aislamiento y como se procura. Muchas veces hemos hablado de aislamiento, y os dije en otra parte que os entretendria en él. Hé aquí el momento de cumplir con mi promesa. Con lo que va dicho podeis haber concebido claramente que por aislamiento, se entiende aquella situacion de un cuerpo electrizado, en que se halla circuido de cuerpos no conductores de

la electricidad. Poder aislar un cuerpo no es tan facil, como á primera vista parece. En primer lugar teneis que, por mal conductor que sea un cuerpo, no lo es absolutamente, y por lo tanto se escapa por él electricidad. En segundo lugar basta una capa húmeda que se deponga sobre el cuerpo aislante para abrir paso al fluido eléctrico. Muchas personas en un aposento estrecho pueden hacer desaislar un cuerpo humedeciendo el aire con su aliento. El aire húmedo es por lo mismo otro medio espedito para que la electricidad escape. Y aunque sea seco el aire, sus partículas inmediatas al cuerpo electrizado son atraídas, porque lo es el fluido eléctrico que está pegado á ellas; luego son rechazadas, y van á comunicar la electricidad recibida á otras partículas de las capas vecinas, y así sucesivamente, como sucede con los ejemplos de atracciones y repulsiones que os he dado, y por ende se ha de perder al cabo de cierto tiempo bastante electricidad.

EGG. — Todas estas reflexiones son muy justas.

TEOD. — Esto ha dado margen á diferentes ensayos para averiguar cuanta electricidad se escapa al traves del aire seco, por ser este el cuerpo aislante mas difícil de dominar. Hé aquí los resultados de los ensayos de Coulomb. 4º La pérdida que ocasiona el aire seco en un cuerpo débilmente electrizado, es bastante lenta para que se pueda ejecutar una serie de ensayos, teniendo en cuenta la pérdida. 2º La pérdida es proporcional á la tension eléctrica. 3º La pérdida no está bajo la influencia de la forma, volumen y anfractuosidades del cuerpo ni de su naturaleza siquiera, con tal que la tension

eléctrica comunicada primitivamente sea muy débil. 4º La pérdida aumenta rápidamente, á medida que el higrómetro se aleja del cero de su escala. 5º Auméntase tambien con la disminucion de la presion atmosférica, ó de la elasticidad del gas que rodea el cuerpo electrizado. Como sea ordinariamente basta para aislar un cuerpo conductor sostenerle con columnas de cristal diez ó doce veces tan altas como su diámetro, y para mayor seguridad se barnizan, á fin de que no atraigan tan fácilmente la humedad del aire. Para los conductores pequeños y movibles pueden hacerse manga de resina ó de madera seca cubiertos de seda y untados de goma laca. Ahora os acabaré de explicar la máquina eléctrica, como os he prometido, puesto que ya estais en el caso de poder comprender el por que de su estructura. Cuando se hace rodar el disco de izquierda á derecha pasando el vidrio por entre las almohadillas, se carga de electricidad vitrea, la cual se conserva por medio del tafetan gomado, y luego sustraída por las puntas del conductor que la comunica á los otros conductores, segun las reglas y leyes que hemos explicado; de modo que antes de llegar un pedazo de vidrio, que abandona una almohadilla á otra, ya se ha descargado de la electricidad que habia cobrado en la primera, y en la segunda vuelve á cargarse, para descargarse luego antes de llegar á la tercera, y así sucesivamente. Los conductores, como estan aislados por las columnas y cordones aislantes, se cargan de electricidad vitrea, y dan chispas, como habeis visto, cuando se acerca á ellos un cuerpo no electrizado. Los otros conductores se

ponen para acumular mas electricidad. Las almohadillas estan en comunicacion con el depósito comun, á fin de que se pierda en él la electricidad resinosa que se desenvuelve en ellas; así la máquina en tal disposicion no puede dar á los conductores mas que electricidad vitrea. Si al contrario hiciéramos comunicar las almohadillas con los conductores, y el disco de vidrio con el suelo; en este caso la electricidad que lanzarian aquellos seria resinosa. Esta separacion de ambos fluidos es notable en la máquina de Neirne, la cual consiste en una especie de manguito ó cilindro de vidrio que gira sobre un eje, y se halla colocado entre dos conductores paralelos y aislados; uno de los cuales tiene una rodilla de frotacion y el otro puntas. Con el movimiento de rotacion ambos conductores se electrizan en sentido opuesto, y si se aproximan bastante sus estremidades, salen continuamente de ellos chispas que reunen entrambos fluidos separados por la frotadura. Veamos ahora otros puntos no menos interesantes.

§ V.

De los efectos que produce la electricidad sobre los cuerpos brutos y sobre el hombre.

EUG. — ¿De qué puntos quereis hablar?

TEOD. — De los relativos á los efectos que produce la electricidad sobre los cuerpos, y en especial sobre el hombre.

EUG. — Bueno, me habeis adivinado mi deseo.

TEOD. — Ya habeis visto que la electricidad atraviesa el aire para pasar de un conductor al otro, cuando estan separados, lanzando chispas de fuego con ruido, siendo uno y otro tanto mas considerables cuanto mayor es la tension y ahorro de la electricidad que sale. Estas chispas, cuando la tension es mucha, pueden ir muy lejos, y esto es lo que se entiende por *distancia esplosiva*. Como el calórico y la luz y todo cuerpo en movimiento, impelida por una fuerza la chispa eléctrica, marcha tambien en linea recta cuando el intervalo que corre es pequeño; si es largo forma ángulos mas ó menos señalados; luego os diré lo que es el rayo, mas sabed que lo forma una grande chispa electrica, y como entonces corre grandes distancias, forma esa linea angulosa que se pinta en las nubes cuando relampaguea.

EUG. — ¿Y el ruido que hace el rayo ó la chispa eléctrica, de qué procede?

TEOD. — De la compresion súbita que ejerce contra el aire, lo mismo que el que hacen los demas cuerpos, y cuanto mayor fuere esta compresion y mayor la chispa, mas fuerte será el ruido. Una prueba de esto es que la chispa que pasa por el vacío no hace ruido. La luz de la chispa es de un azul particular muy notable en la oscuridad; atribúyese esta luz á la reunion de ambos fluidos eléctricos, en cuya reunion se desarrolla calor y en alta temperatura; ya sabeis que para que haya luz ha de haber al menos 500 grados. Cuando esta chispa atraviesa un cuerpo no conductor y lo rasga ó rompe, se desenvuelve un olor particular que muchos

ponen para acumular mas electricidad. Las almohadillas estan en comunicacion con el depósito comun, á fin de que se pierda en él la electricidad resinosa que se desenvuelve en ellas; así la máquina en tal disposicion no puede dar á los conductores mas que electricidad vitrea. Si al contrario hiciéramos comunicar las almohadillas con los conductores, y el disco de vidrio con el suelo; en este caso la electricidad que lanzarian aquellos seria resinosa. Esta separacion de ambos fluidos es notable en la máquina de Neirne, la cual consiste en una especie de manguito ó cilindro de vidrio que gira sobre un eje, y se halla colocado entre dos conductores paralelos y aislados; uno de los cuales tiene una rodilla de frotacion y el otro puntas. Con el movimiento de rotacion ambos conductores se electrizan en sentido opuesto, y si se aproximan bastante sus estremidades, salen continuamente de ellos chispas que reunen entrambos fluidos separados por la frotadura. Veamos ahora otros puntos no menos interesantes.

§ V.

De los efectos que produce la electricidad sobre los cuerpos brutos y sobre el hombre.

EUG. — ¿De qué puntos quereis hablar?

TEOD. — De los relativos á los efectos que produce la electricidad sobre los cuerpos, y en especial sobre el hombre.

EUG. — Bueno, me habeis adivinado mi deseo.

TEOD. — Ya habeis visto que la electricidad atraviesa el aire para pasar de un conductor al otro, cuando estan separados, lanzando chispas de fuego con ruido, siendo uno y otro tanto mas considerables cuanta mayor es la tension y ahorro de la electricidad que sale. Estas chispas, cuando la tension es mucha, pueden ir muy lejos, y esto es lo que se entiende por *distancia esplosiva*. Como el calórico y la luz y todo cuerpo en movimiento, impelida por una fuerza la chispa eléctrica, marcha tambien en linea recta cuando el intervalo que corre es pequeño; si es largo forma ángulos mas ó menos señalados; luego os diré lo que es el rayo, mas sabed que lo forma una grande chispa electrica, y como entonces corre grandes distancias, forma esa linea angulosa que se pinta en las nubes cuando relampaguea.

EUG. — ¿Y el ruido que hace el rayo ó la chispa eléctrica, de qué procede?

TEOD. — De la compresion súbita que ejerce contra el aire, lo mismo que el que hacen los demas cuerpos, y cuanto mayor fuere esta compresion y mayor la chispa, mas fuerte será el ruido. Una prueba de esto es que la chispa que pasa por el vacío no hace ruido. La luz de la chispa es de un azul particular muy notable en la oscuridad; atribúyese esta luz á la reunion de ambos fluidos eléctricos, en cuya reunion se desarrolla calor y en alta temperatura; ya sabeis que para que haya luz ha de haber al menos 500 grados. Cuando esta chispa atraviesa un cuerpo no conductor y lo rasga ó rompe, se desenvuelve un olor particular que muchos

comparan al azufre. El aumento de temperatura y de luz es tanto mas considerable cuanto mas estrecho sea el lugar donde se reunen ambos fluidos eléctricos. Esto os explicará porque derrite los metales, cuando tienen estos poca masa. Cuando la electricidad pasa al través de un conductor considerable se esparce por su superficie, y no produce en él ninguna mudanza notable en su estado. Mas si la cantidad de electricidad es grande y el conductor pequeño, un alambre por ejemplo; el conductor se calienta, se pone hecho ascua y se derrite, ó toma en caso que se haga la operacion en el aire. Dícese en este caso que el conductor es *insuficiente*. Quanto mayor es la superficie mas se dilata la electricidad, y por lo tanto el calórico está mas esparcido; en un alambre la electricidad tiene poca superficie sobre que estenderse, se halla muy reunida y la temperatura es tal que llega á derretir el conductor. Esta es la razon porque son sensibles ó visibles las chispas que derriten el conductor, y no las que no le derriten. Se puede imitar una lluvia de fuego, haciendo que un alambre bastante largo reciba la descarga de un número suficiente de baterías, pues se resuelve el metal en un sin número de globulillos encendidos, como los que saltan del eslabon, cuando hiere un pedernal. Si la carga eléctrica es muy fuerte no solo se derrite el metal sino que es prodigiosamente dividido, y lanzado con furia en todas direcciones: esto ha dado margen á un hecho muy curioso. Se toma un pedazo de raso blanco y se coloca encima de varias hojas de papel; encima del raso un calado cuyos agujeros representen el dibujo que

se quiera sacar; encima del calado una hoja de oro; encima de esta bastante número aun de hojas de papel, y todo se coloca en una prensa de madera, se aprieta bastante fuerte: hecho esto se hace pasar una fuerte descarga eléctrica al través de la hoja de oro, la cual queda tomada y lanzada en todas direcciones, de suerte que sacando el envoltorio de la prensa se halla en el raso blanco el dibujo impreso en color de púrpura de una manera indeleble.

EUG. — Es altamente curioso. He de traer otro día un pañuelo de raso blanco con un calado que represente vuestro retrato, y haremos la prueba.

SILV. — Mucho me gustará presenciar este nuevo modo de estampar.

TEOD. — Cuando la electricidad pasa al través de cuerpos no conductores produce tambien efectos notables; mas en este caso es preciso que su estension sea menor que la distancia esplosiva: así un naipe entre dos puntas queda atravesado, y se hace en él un agujero, y notad que si las dos puntas no se corresponden siempre es la que lanza la electricidad vitrea la que lo hace; hé aquí por que Franklin y sus partidarios dicen que esta electricidad es en mas.

EUG. — ¿Y como explican los modernos este efecto?

TEOD. — Dicen que el fluido vitreo tiene mas tension y que va mas aprisa. Si en vez de un naipe poneis un pedazo de palo seco se quebranta en muchos trozos, y si los examinais hallareis en las caras por donde se han roto vestigios tortuosos de la chispa.

EUG. — Puesto que la chispa eléctrica va acompa-

nada de luz y calor deberá inflamar los cuerpos combustibles.

TEOD.—Así es en efecto. El alcohol, el éter, el algodón polvoreado de resina, se encienden bajo la acción de una chispa eléctrica. También se encienden los gases, y este ha dado margen á la construcción del instrumento que se llama *pistola de Volta*, el cual consiste en un frasco de cristal grueso¹, en cuyo interior se mete gas hidrógeno que se mezcla con el aire del frasco, y luego se tapa con un tapon de corcho. En el interior de este frasco hay un conductor de cobre pequeñito, aislado por medio de un cañuto de vidrio que se termina á fuera por una bolita de cobre y presenta interiormente un aspecto como si le hubiesen quitado una porción. Basta la menor chispa eléctrica para que el hidrógeno se combine con el oxígeno del aire y se oiga un ruido como un pistoletazo, y el tapon salta como los tacos de un arma disparada.

EUG.—¿Teneis aqui esta pistola?

TEOD.—Habia de tenerla por ahí y se me ha extraviado. Mas antes de pasar á ver cuales son los efectos de la electricidad sobre el hombre quiero enseñaros el *molino eléctrico*, y una corrida de caballos que os ha de divertir.

SILV.—Vamos á ver.

TEOD.—La materia luminosa que sale de todas las puntas electrizadas en forma de un pincel com-

¹ O de un receptáculo cualquiera de metal, lo que sería mas conveniente, en atención á que el cristal ó vidrio podría, si estallase, perjudicar al experimentador. En este último caso se deberá tomar la precaución de guarnecer la mano con un lienzo varias veces doblado, ó bien usar de un guante de florete.

puesto de rayos divergentes, hace un hermoso molino eléctrico (Fig. 92), y con mucha facilidad. Tómese la chapa de plomo, que yo encorvo lo preciso para asegurarla fija encima del conductor, poniéndola sobre él, de forma que aquel cañuto de hoja de lata que está soldado quede bien á plomo. Aquí tengo aparte una tira de lata de Flandes con las puntas vueltas en su ancho, pero encontradas: esta

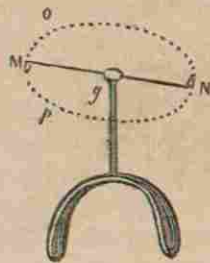


Fig. 92.

tira debe tener en el medio un huequecito propio para suspenderse sobre la punta de un alfiler clavado en el cañutito *g*, de suerte que quede horizontalmente en equilibrio: trabajando la electricidad cada una de las dos puntas *MN* arroja un pincel de luz, porque ambas estan electrizadas. Pero lo que admira es que van retrocediendo, sale la luz de *M* hacia *p*; pero la punta que la arroja va huyendo de *M* hacia *o*, y haciendo lo mismo la otra punta anda el molino luminoso alrededor mientras la máquina trabaja, y á proporción de la fuerza de la electricidad es mas ligero el movimiento del molino. También he usado yo de molino de cuatro brazos y cuatro puntas, todas con la vuelta como estas, para que las unas ayuden á las otras. Vamos á la obra.

EUG.—¡ Hombre, qué curioso es esto!

TEOD.— Aquí tengo un aparato á poca diferencia igual al molino eléctrico (Fig. 93). Con estas figuritas á caballo que van á moverse, como si se persi-

guiesen. El impulso lo reciben de la chispa eléctrica que hace mover el disco sobre que se posan las figurillas : esto es curioso.

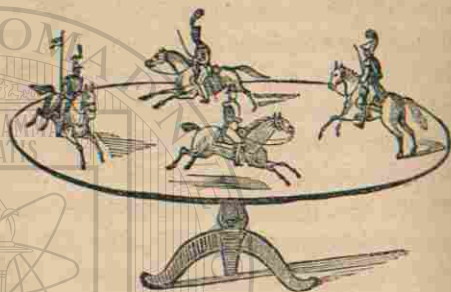


Fig. 95.

EUG. — En efecto es así.

TEOD. — Mas dejemos estos entretenimientos y pasemos á cosa mas esencial.

EUG. — Vais á hablar de la electricidad sobre el hombre.

TEOD. — Cabal. La electricidad ejerce sobre el hombre notables efectos, segun el modo como se electriza. Os voy á decir de cuantas maneras se puede aplicar este fluido al hombre, por si algun dia quereis curar á alguno.

EUG. — Esto se queda para Silvio que está graduado.

SILV. — Yo raras veces, por no decir nunca, empleo la electricidad ; porque no tengo mucha fe en ella.

TEOD. — Tampoco la tengo yo, bien que os contaré algunos casos que me son particulares, favora-

bles á la eficacia de la electricidad para la curacion de ciertos males nerviosos. Voy pues á esponer dichos modos. El hombre puede tomar un *baño eléctrico*, puede electrizarse por medio de puntas, de chispas, ó con la botella de Leiden. El baño puede tomarlo de dos maneras : ya se carga el hombre de electricidad como un conductor aislado, ya solo sufre el paso de dicho fluido al través de su cuerpo. Lo primero sucede cuando se pone sobre un taburete de madera seca, cuyos pies son de vidrio, y toca uno de los conductores de la máquina. En tal estado se conduce el cuerpo del individuo que toma el baño, como se conduciria un conductor aislado : la electricidad se queda en la superficie ; produce la repulsion de los cabellos y pelo, los cuales se presentan erizados, y se van hácia el cuerpo que se les acerca. Si se les acerca el dedo se le sacan chispas de la nariz, de las orejas, de las manos, en una palabra de toda su superficie. Si fuese este individuo una señora y algun atrevido quisiese darle un beso, antes de alcanzar la mejilla de la dama sentiria una punzada en sus labios, producida por la chispa que á su aproximacion saldria de la mejilla de la señora.

SILV. — Yo ví en un gabinete de fisica un juguete por este estilo muy curioso. El que se electrizó era una señora que habia ido con su esposo y varios amigos y amigas á ver esperimentos divertidos de fisica ; y cuando estaba electrizada, invitaron á su esposo á que le aplicase un beso : el pobre hombre, sin esperarse nada de malo, fué á hacerlo con toda frescura, y apenas se acercó á poca dis-

tancia de su señora se apartó como picado de una abispa con grande risa de los espectadores : invitó el esperimentador ladino á los amigos del esposo que hiciesen otro tanto, y el esposo se asoció á sus instancias á fin de que esperimentasen el mismo chasco que él : mas sus amigos besaron á su muger sin que saliese ninguna chispa, y por lo mismo sin que á la rosa del beso se mezclase la espina del dolor. Volvió el marido á la carga y otra vez sufrió el picotazo de la centella eléctrica, con redobladas risas de los circunstantes y su propia confusion.

EUG. — ¿Y cómo podia ser que solo sacase chispas con su marido la señora ?

SILV. — Esto os lo explicará Teodosio.

TEOD. — Sin duda que el bellaco de esperimentador, para reirse un poco á costas del pobre hombre, dejaba libre comunicacion de la máquina con la señora, cuando era el marido el que se acercaba ; y tocaba con su mano el conductor, cuando se acercaban los amigos. Concebís pues que toda la electricidad se perdía por medio de la mano del esperimentador y ya no llegaba á la señora : por esto no daba chispas : volvía el marido, el esperimentador quitaba la mano del conductor, la señora volvía á recibir la electricidad, y el marido sufría de nuevo la descarga y la chacota.

EUG. — Ya lo comprendo ahora : no fué mala broma.

EUG. — Si dura mucho tiempo el baño eléctrico, cuando la persona está aislada, pueden sobrevenir dolores de cabeza, agitaciones, sudores y varios sin-

tomas ó señales de enfermedad que varian segun los individuos.

SILV. — Esto es muy cierto : mi práctica lo apoya.

TEOD. — Mas cuando el individuo no está aislado, lo cual se hace, mandando tocar simplemente la máquina con la mano, no sobreviene nada. Para electrizar á uno por medio de las puntas, se le acerca cuando está electrizado una punta mas ó menos aguda y se le va siguiendo así diferentes partes del cuerpo ; con esto se hace mas fuerte la electricidad que tiene el individuo, en el punto á donde se le aproxima la punta. Este siente como un viento fresco ó un ligero pellizco cada vez que le acercan dicha punta. Si se le quieren sacar *chispas* se le acerca un conductor redondeado, el *escitador* por ejemplo, estas chispas producen una sensacion como de una picadura ó un dolor punzante, y si se repiten en un mismo lugar llegan á inflamarlo : si se pasea este conductor por toda la vestidura se siente un hormigueo doloroso. Este modo de electrizar ó mejor de descargar la electricidad de que se ha llenado un individuo es mas dañoso que util.

EUG. — Ya concibo que son precisas ciertas precauciones.

TEOD. — Para tentar la curacion de algunos paralíticos, yo uso de otro método que me ha sido util ; y aunque parece áspero, se suavizarle y templarle si conviene, y es con el frasco ó botella de Leiden. Tengo una cadena con dos bolas en las estremidades, y cargando el frasco mas ó menos segun conviene, hago pasar el rayo eléctrico solamente por

donde quiero, dejando intactas las demas partes del cuerpo enfermo. Si yo supongo que estan enfermos los músculos que van hasta la mano desde el codo, hago que pase solo por allí el torrente de fuego, y para ahorrar la chispa nunca toco en la carne sino en algun metal que comunique con ella. Pongo y. g. un alfiler grande de forma que toque en la carne junto al codo, y hago que el enfermo tome con la mano una llave, v. g.; y si no la puede tomar que se la aten. Dispuesto así todo, arrimo una bola de la cadena á la superficie exterior del frasco, y la otra al alfiler del codo; y ya se ve que en tocando yo con la bola central del frasco la llave que está en la mano, solo queda metida en el círculo eléctrico aquella parte del brazo y nada mas, lo que no es operacion penosa. Del mismo modo se puede electrizar cualquiera parte del cuerpo humano, poniéndola á los dos lados dos cabezas de alfileres grandes, de modo que salga hácia afuera el resto para aplicarles el frasco y cadena del mismo modo, advirtiendo que el toque de la bola central del frasco ha de ser el último. Cuando la parálisis es por todo el lado, hago que pongan un alambre que toque en el pie enfermo, y doy una llave para la mano enferma: les aplico el frasco y cadena como acabo de decir, porque entonces corre el rayo por todas las partes enfermas, brazo, hombro, troneo, muslo y pierna. Cuando la parálisis amenaza comunicarse á la otra parte cruzo el cuerpo, y hago que pase el rayo de la mano derecha hasta el pie izquierdo, y de la mano izquierda hasta el pie derecho, y el efecto es mas sensible. Tal vez convendria en casos mas fuertes meter en el cír-

culo eléctrico desde la nuca hasta el miembro lisiado, pero el que no sepa anatomía no se propase á esto. Tambien se puede suavizar el golpe no cargando mucho el frasco, especialmente en los primeros golpes; pero cuando el enfermo no siente los golpes blandos se pueden dar los fuertes para que se quite el encalle ó estorbo.

ERG. — Supongo que lo que decís os lo ha enseñado la esperiencia.

TEOD. — Estando yo en Bayona dando mis lecciones de física fué á buscarme una pobre muger, lamentándose de que un hijo suyo de ocho años tenia la mano derecha enteramente encorvada hácia dentro, de forma que no podia servirse de ella, y todos la decian que tenia yo un remedio para aquel mal: acompañaba la súplica con tantas lágrimas é instancias, que no pude menos de darle oídos. Jamas habia intentado yo semejante experimento, ni leido el modo práctico de hacerlo. Movido de compasion le dije que el dia siguiente trajese su hijo, satisfecho con intentar el remedio, considerando que si no tenia resultas satisfactorias nada se perdia. Vino con efecto, y contentando al niño con algunos confites para que estuviese quieto, le electricé del codo á la mano: la aconsejé que le hiciese dormir con la mano abierta atada á un cartoncillo ó papelon chato para obligar á los nervios á tomar la postura conveniente, y pasados quince dias quedó el muchacho enteramente bueno; pero observé que la madre le habia puesto al tercer dia un babador, y me dijo que desde que venia á mi casa era tanta la abundancia de saliva, que tenia que traerle con aquella defensa

para que no manchase los vestidos. En aquel mismo tiempo un sastre, paralítico del lado izquierdo, me buscó para que le remediase, y al tercer día soltó la muleta : pasaron algunos días, y quedó enteramente bueno ; solamente se quejaba de que en los dedos de la mano izquierda no tenia la sensaeion tan delicada como pedia su oficio. Este, durante los días de la electrizacion, tuvo la misma salivacion extraordinaria que el muchacho de quien he hablado. Esta circunstancia de la salivacion me hace acordar de otro hecho que casualmente me sucedió con mi máquina, con la cual, sin que ninguno pensase en ella, se curó la baronesa de Armendariz de unos grandes dolores de cabeza. El caso fue que esta señora, discípula mia, habia quince días que se quejaba de unos continuados dolores de cabeza, y por todo aquel tiempo estaba demudada su fisonomía, su rostro estaba decaído, el color bazo fuera del natural. En nada menos pensaba yo ni ella que en dar con la física remedio á los dolores de cabeza. Aconteció no obstante que fueron á visitarme con ella su madre y sus hermanos para entretenerse con las máquinas, y ya se sabia que la eléctrica debia ser el principal asunto de todos los hermanos y hermanas, que tambien eran mis discípulos. La máquina era de globo, y unos ponian las manos en él, otros se querian electrizar en la torta de resina etc. ; al fin se divertian bien toda la tarde. Recogida toda la familia á su casa sintió la baronesa un humor extraño en la boca, y tomando una palangana estuvo babeando en ella mas de un cuartillo de humor que la salia de la boca, mas no de la garganta : despues de haberle

arrojado se halló de repente sin el dolor de cabeza y con su fisonomía natural. Ademas de estos enfermos un capuchino, que por tener viciada la mano derecha no podia decir misa, me escribió con ella muy bien, dándome gracias de la cura que le habia hecho con la máquina eléctrica. No hago especial memoria de lo que en Lisboa ha sucedido con otros por no ser cosa rara. Con todo me asocio á lo que ha dicho el doctor, esta especie de electricidad no produce los efectos que muchos se habian imaginado. Ya veremos cual se le puede sustituir con mas ventaja, y vámonos á ver la electricidad de las nubes, hablando antes de la de la atmósfera.

SILV. — ¿Es mucho lo que os proponéis decir todavía de la electricidad ?

TEOD. — Bastante materia hay todavía : ¿por que me haceis esta pregunta ?

SILV. — Porque ahora me acuerdo que he dado cita á un compañero para tratar de cierto asunto, y me veo precisado á retirarme.

TEOD. — En este caso guardaremos para mañana lo restante.

ETG. — Me conformo : ya sabeis que no deseo obtener mi instruccion á espensas de vuestra bondad y condescendencia. Os acompaño, Silvio.

SILV. — Me hareis mucho favor ; con que, Teodosio, hasta mañana. ®

TEOD. — Adios, amigos.

DE BIBLIOTECAS



TARDE DUODECIMA.

SIGUESE TRATANDO DE LA ELECTRICIDAD, DEL GALVANISMO Y DEL MAGNETISMO.



§ I.

De la electricidad de la atmósfera, de las nubes y de los pararrayos.

EUG. — ¡Hola doctor! ¿ hoy tambien me habeis ganado?

SILV. — Rato hace que estoy aquí.

EUG. — ¿ Habré equivoocado la hora?

SILV. — Así parece : sin duda vuestro reloj atrasa.

EUG. — ¿ Y Teodosio, donde esta?

SILV. — Allá viene: han venido á llamarlo unos labradores.

TEOD. — Todo ha venido bien, Eugenio ; precisamente hoy, que me han tenido ocupado unos vecinos, habeis llegado mas tarde, de suerte que no habeis perdido tiempo : y puesto que ambos á dos estais aquí y que la hora es avanzada, voy á empezar.

EUG. — ¿ De qué asunto vais á tratar esta tarde?

TEOD. — De la electricidad aun, mirada bajo todos sus aspectos conocidos, y me propongo empezar la conferencia hablando de las tronadas y alborotos que resultan de la electricidad de la atmósfera.

EUG. — Gracias á Dios, que hemos llegado á un punto de suma curiosidad para mí : el rayo, el trueno, la borrasca en fin son unas cosas que siempre me han dado guerra, porque nunca me he sabido dar cuenta cabal de todos estos fenómenos.

TEOD. — Bien pronto os la dareis vos mismo, por poco que sepais hacer aplicaciones de lo que llevamos dicho, acerca del fluido natural y los efectos de su descomposicion y recomposicion. Desde que el célebre Franklin sospechó y descubrió, como lo veremos luego, que los fenómenos del rayo dependian de la electricidad de las nubes, se ha estudiado la electricidad de la atmósfera independiente de toda influencia estraña; y escogiendo para el efecto un tiempo seco ó sereno y un lugar distante de árboles y edificios, se ha descubierto y observado que las diferentes capas de la atmósfera se hallan en estados eléctricos diferentes; que su electricidad es casi siempre vitrea, ó *en mas*, como diria Franklin, y por último que la cantidad de esta electricidad va creciendo á medida que uno se aleja de la superficie de la tierra. ®

EUG. — ¿ Y cómo lo han hecho para cerciorarse de esto?

TEOD. — Esta pregunta es escusada, puesto que sabeis que tenemos instrumentos para descubrir la electricidad de los cuerpos : con todo os diré que

elevando el electrómetro de hojas de oro armado con una punta aguda algunos pies allá en la atmósfera ha dado muestras de electricidad vitrea. Elevad también una bola metálica puesta á la estremidad de una pértica ó vara larga de vidrio ú otro cuerpo aislante : como en este caso no se habrá podido cargar la bola no dará señas de electricidad : mas poned un alambre fino y cortadlo, antes de bajar la bola dará señas de electricidad vitrea : también las dará si arrojaís al aire una bola de metal en la cual esté ligeramente fijo un alambre largo y finísimo ; cuando la bola haya llegado á cierta altura á que ya no alcance el hilo , este se desprenderá, la bola caerá, cuando se haya acabado su fuerza proyectil, y luego que la recojaís hallareis en ella electricidad vitrea.

EUG. — Pero hasta aquí no habeis probado sino que hay en la atmósfera electricidad vitrea, y con todo habeis dicho antes que, segun las capas, la electricidad era diferente.

TEOD. — Os citaré lo que observaron Gay-Lussac y Biot en un viage aereostático. Ataron á un electrómetro un alambre larguísimo, en el cual colgaron una bola de cobre, la cual se hallaba de esta suerte mucho mas baja que la barquilla de los aereonautas: donde estos estaban, el electrómetro daba señas de electricidad vitrea, y la que les llegaba por el alambre era resinosa : de suerte que puede decirse que las capas superiores de la atmósfera son vitreas con respecto á las inferiores, y que estas con respecto á las superiores son resinosas.

EUG. — Es decir que la capa atmosférica donde

se hallaba la bola de cobre era resinosa con respecto á la capa donde se hallaban los aereonautas, y vitrea con respecto á las capas inmediatas al suelo.

TEOD. — Esto mismo : de suerte que sucede lo propio en cierto modo que en las temperaturas de tres cuerpos : uno puede ser frio con respecto á uno, y caliente con respecto á otro. Ejemplos de esta suerte los vereis cuando estudiemos la química, donde hallareis distribuidos los cuerpos en razon de sus electricidades, y vereis como un cuerpo es vitreo con respecto á uno y resinoso con respecto á otro.

EUG. — Puesto que hay electricidad en la atmósfera y que dicho fluido tiene tanto efecto sobre el hombre, ¿ podemos resentirnos de las mudanzas y juegos de la electricidad atmosférica ?

TEOD. — Ello es indispensable que sea así : generalmente se dice que en el estado ordinario esta electricidad es de un grande provecho para la salud del hombre, y que se resiente muchos de sus cambios, como perniciosos al ejercicio de los actos de la vida. El doctor os sabrá decir hasta qué punto esta esto de acuerdo con su práctica.

SILV. — Realmente tengo observado que en tiempos borrascosos, los individuos nerviosos experimentan trastornos notables y á veces de mucha gravedad. Con todo os puedo asegurar que reina sobre esto mucha oscuridad todavía, y es un punto que reclama nuevos estudios y observaciones para poder dar un fallo decisivo.

EUG. — Explicadme ahora la electricidad de las nubes.

TEOD. — Habeis de considerar las nubes que flo-

tan en la atmósfera como cuerpos conductores de inmenso volumen, y aislados en medio de la atmósfera seca que los rodea. Ya sabeis que estas nubes deben su origen á vapores acueos que se han levantado de diferentes puntos del globo, experimentando despues un modo de condensacion particular que los ha convertido en vapores vesiculares. Varias causas concurren á electrizar estos vapores. En primer lugar, la misma evaporacion del agua, puesto que habiendo elevacion de temperatura se desenvuelve una electricidad en la masa de agua que se evapora, y otra en el vapor que se va. En segundo lugar, los diferentes puntos del globo de donde han partido dichos vapores pueden hallarse en estados eléctricos diferentes, como parece demostrarlo la existencia de corrientes eléctricas al rededor del globo terráqueo. En tercer lugar, en fin, puede ser muy bien que en el paso de vapor trasparente al vapor vesicular se modifique el fluido eléctrico que contiene, pues como sabeis motivos hay para lo propio.

EUG. — En efecto, lo mismo deben considerarse las nubes que los cuerpos conductores cargados de electricidad por medio de la máquina eléctrica: en cuanto al resultado es igual: solo varia el modo como han sido electrizados, ó la fuente donde han bebido su electricidad.

TEOD. — Ahora bien, suponed que una nube cargada de electricidad vitrea, se acerca á otra nube que solo tenga su fluido natural; obrará sobre este por influencia, lo mismo que si fuere el conductor metálico de que hemos hablado, y podrá resultar una chispa tanto mas considerable cuanto mayor

fuere la nube, y la tension de la electricidad en ella contenida. Esta chispa en las nubes es lo que forma el *relámpago* y el rayo, y el ruido que despide, tambien proporcionado á las condiciones de la chispa, es lo que llamamos *trueno*. Con mas razon se efectuarán los mismos fenómenos, si las nubes que se acercan están animadas de electricidades contrarias ó diferentes. En este y el primer caso las nubes se acercan porque se atraen, obedeciendo á las leyes que hemos espuesto, y por lo mismo ya concebis cuan repetidos pueden ser los relámpagos y truenos en tiempo de borrasca. Si las electricidades son iguales no sucede nada entre ellos, pues se rechazan: si las nubes electrizadas se acercan á la tierra, obran sobre su fluido natural y puede resultar una chispa mas ó menos considerable, la cual va á herir los cuerpos colocados en la superficie del globo. En este caso dice el vulgo que el trueno ó el rayo ha caído. Por lo que llevamos dicho sobre las facultades de la chispa eléctrica concebis muy bien como las nubes pueden producir varios fenómenos sorprendentes, como quemar los cuerpos combustibles, derretir metales, quebrantar maderas y arruinar edificios. Uno de sus efectos mas terribles, sobre todo para el infeliz que se espone á él, es lo que se llama *choque de retorno*.

EUG. — ¿Qué viene á ser este choque que es tan terrible?

TEOD. — Suponed que un hombre se halla en un lugar elevado y que sobre su cabeza hay una nube prolongada electrizada: ya sabeis que esta forma hace acumular la electricidad en las estremidades y

que allí hay el máximo de tension. Ahora bien, la electricidad vitrea de la nube atraerá fuertemente la resinosa del hombre y del suelo, y rechazará su fluido vitreo; hasta aquí el hombre no sufrirá nada; estará en grande peligro, eso sí; y vais á ver en qué consiste este peligro. Nada mas facil que por el otro cabo de la nube se aproxime otro nublado, ó que la misma nube se acerque á un edificio: en este caso se descargará dicha nube de repente, lanzando un chispazo y con esto cesará súbitamente la influencia que ejercia sobre el hombre. Con la cesacion de esta influencia el fluido vitroso del hombre que rechazaba hácia el suelo la fuerza repulsiva del de la nube, dejará de ser rechazado, y volverá hácia el hombre, solo ocupado de fluido resinoso, con tanta furia, que podrá causar en sus entrañas una conmocion fuertísima que lo mate irremisiblemente.

EGG. — Terrible cosa es en efecto el tal choque: he aquí porque es tan peligroso hallarse en lugares altos cuando truena. Mas yo he observado una cosa en tiempos de borrasca, cosa que todo el mundo ha visto sin duda. Vése allá en las nubes un relámpago, esto es, una ráfaga de una luz particular que se estiende por el cielo y alumbra la tierra con terror. En la nube de donde ha salido esta luz se ve un fuego que serpentea, ó sigue una marcha angulosa: y al cabo de mas ó menos tiempo que se ha visto esto, se oye rebramar el trueno.

TEOD. — ¿Y bien no os conocéis todavía con fuerzas para explicar todo esto?

EGG. — Me parece que sí. La luz del relámpago es el producto de las undulaciones del eter que oca-

siona la chispa eléctrica, la cual es el rayo, y como corre á grandes distancias deja de seguir la linea recta y sigue la angulosa. El trueno no se oye inmediatamente porque depende de la súbita compresion que sufre el aire azotado por la chispa eléctrica, y como el ruido ó sonido no va tan aprisa como la luz, por esto, si las nubes que han lanzado la chispa estan lejos, primero hemos de ver la luz del rayo que oír su bramido: así como vemos primero el fogonazo de un cañon, que se dispara en lontananza, y luego oímos su estampido. Por esto cuando las nubes borrascosas estan cerca, apenas hay intervalo entre la aparicion de la luz y el trueno.

SILV. — Vamos que no os quejareis de vuestro discípulo; se ha explicado bellamente.

TEOD. — Así me lo he esperado siempre.

EGG. — Lo que no sé concebir muy claramente es la diferencia de ruidos que hacen los truenos.


TEOD. — Cuando una nube se descarga por su aproximacion al suelo, á un edificio ó á un arbol, ó navío, regularmente hace un estallido violento, desgarrador y como compuesto de una serie rapidísima de esplosiones.

EGG. — Un fuego graneado parece, si habláis del rayo que cae cerca de nosotros.

TEOD. — En otras circunstancias se compone el ruido del rayo de una esplosion fuerte y grave, seguido con intervalos sensibles de una serie de otras esplosiones, cuya intensidad disminuye produciendose como una especie de *redoble*. Generalmente se atribuye esto á la repeticion de un mismo ruido por los ecos de las nubes; pero son lo mas ordinario los

ruidos sucesivos de chispas que van de una nube á otra, y con tanta mas razon es así, cuanto estas nubes no se descargan á la vez sino sucesivamente. En nuestra mano está hacer con las máquinas eléctricas, todo lo que hacen las tronadas, bien que en menor cantidad. Cuando usamos del frasco ó botella y esta se descarga, se oye un pequeño trueno, se ve el relámpago, de modo que estando á oscuras hace con una repentina luz ver muchas veces las caras y conocer las personas.

Algunos tienen el gusto de hacer con la máquina rayos artificiales con menos estrépito y mas facilidad. Yo os enseñaré la teórica, porque mucho tiempo estuve en esto trabajando á ciegas. Lo primero no hay chispa de fuego sino cuando un pedacito de metal electrizado se acerca á otro que no lo está. Lo segundo la figura en punta no es tan propia para la chispa como la redonda. Esto supuesto, tomad



un libro ó cosa semejante, que tenga el pergamino bien liso y estendido, y si el cuero es moreno ó de color oscuro mejor. Haced que le pongan el oro que ponen los librereros del modo que queráis; pero que sean puntos redondos como en la (Fig. 94), y no muy distantes entre sí: tocando en el punto A con un dedo electrizado, seguirá el rayo eléctrico la figura que veis hasta B sin errar un solo punto. No espereis ver chispa en carrera continuada: cuando las molduras de los espejos estan recién

Fig. 94.

doradas solamente dan chispa en donde las tocan; pero si ya estan viejas y con muchas faltas, salta por ellas la electricidad dando una chispa en cada salto; y así gobernándoos por la regla que os doy hareis cuantas figuras luminosas querais. Una muy graciosa se hace, y que sale bien tocando con cualquier cosa electrizada en el lugar N (Fig. 95).

Ahora quedareis admirado de ver que las nubes hacen lo mismo que la electricidad de nuestras máquinas. Poned una vara de metal puntiaguda en lugar alto, y aislada, poniendo por debajo la resina ó cosa semejante, y cogiéndola con cordones de seda que tengan seis ó diez palmos de seda, aunque el resto sea de cordel; estando esta barra bien aislada, en llegando la nube de tronada se queda la barra tan electrizada como si fuese el conductor de la máquina.

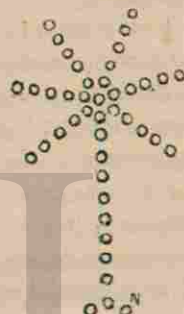


Fig. 95.

En la práctica os hallareis tal vez sin saber qué hacer, porque esta barra debe estar separada de otros cuerpos para quedar aislada; y mojándose las cuerdas con la lluvia de la tronada, se comunica por el agua la electricidad y se pierde. Para evitar esto pondría yo al fin de cada cuerda un pedazo de cordón de seda, prendiéndole dentro de la casa en lugar adonde no llegase la lluvia. Por cuanto aunque la electricidad se comunicase por el agua y por

la cuerda, en llegando á la seda, que estaria seca, paró, y queda la barra aislada.

Cuando esto se hace bien, en llegando la nube eléctrica bebe la barra la electricidad por la punta, y si es de noche empieza á brillar en la punta que está arriba, atrae los cuerpos ligeros, toca las campanillas si la barra tiene comunicacion con ellas por medio de algun alambre, y hace todo lo que hace el conductor.

Pero cuando la electricidad es fuerte, y la nube está cerca, pueden los efectos ser terribles. Bueno y triste testigo es el pobre Richman, víctima de la electricidad. El caso fué que este Richman, presidente de la academia de Petersburgo, tuvo la curiosidad de preparar su barra en tiempo de una buena tronada, y llamó para ayudarle al estampador. Estando en la observacion de lo que sucedia, preguntó á Richman si estaria ya electrizada la barra. Respondióle que no; pero que no tardaria mucho. Pasado algun tiempo vió reventar un globo de fuego sobre la cabeza del presidente con un grande estruendo, y cayeron ambos por tierra: al estruendo, que fué muy grande, acudió gente, y vieron al presidente muerto; y abierto su cadaver se halló que tenia los pulmones sumamente hinchados con la sangre en la cabeza y alrededor de ella una corona de pintas de sangre, y otro círculo de pintas de sangre en un pie, correspondientes á las puntadas del zapato. El estampador volvió en sí con algunos espíritus, y contó lo que hemos referido. Yo juzgo que el presidente por ser corto de vista inclinaria tal vez la cabeza para ver ó la atracción ó alguna

chispa que pretendió sacar de la barra, y el toque de la cabeza en la barra muy electrizada hizo el daño que acabo de decir.

SILV. — Un cura de París pasando por debajo de su torre en tiempo de una grande tronada sintió en un brazo un golpe fuertísimo, y quedó por algun tiempo lisiado de aquel brazo: se juzga que le haria este buen servicio algun hierro que tuviese comunicacion con los de la torre, ó estuviese por algun modo electrizado.

TEOD. — Pero lo que nos saca de toda duda es lo que testifican los campaneros de Mafra. Cuando estaban alli los padres que tenian aquella casa antes de los canónigos reglares, era costumbre pia, aunque bárbara, tocar las campanas en tiempo de tronada; y la llamo bárbara, porque es el medio de desafiarla. Cuando los campaneros iban á tocarlas, como aquellas torres estan llenas de metal y de infinitos alambres, todo estaba empapado en electricidad; y como el campanero no lo estaba, al pasar junto á los alambres por cada punta que encontraba era un destello de fuego semejante al pincel luminoso que forma la punta en el fin de nuestros conductores. Con la costumbre perdió el miedo, y siempre iba á tocar. Algunas veces hasta del borde de la campana cuando le rozaba la cuerda salian espadañas de fuego. Por esto ya no se puede dudar que las tronadas electrizan los metales cuando los hallan en la atmósfera eléctrica de la nube.

EUG. — Por lo que habia oido decir, ya me guardaba de estarme en tiempos borrascosos por los lugares altos; mas ahora que sé lo que puede suce-

der, y los fundamentos en que estriba cuanto se refiere sobre el particular, no iré á desafiár sin necesidad la cólera de las nubes.

TEOD. — Todo cuanto hemos dicho acerca de las tronadas distaba mucho de esplicarse antes de Franklin. Este grande hombre imaginó la construccion de una *birlocha* ó cometa eléctrico de tafetan, guarnecido de puntas metálicas (Fig. 96), y lo elevó con hilos conductores;

arróllase este hilo ó cordel en una cámbria sostenida por dos columnas de vidrio á otra materia aislante, y se ve como baja la electricidad de las nubes por el hilo, presentando con una intensidad espantosa todos los fenómenos que reproducimos en pequeño en nuestras máquinas. Escápanse

chispas con distancia esplosiva de muchos pies hácia los cuerpos circunvecinos. La tierra y la arena quedan removidas y son atraídas con fuerza; óyese un soplo impetuoso, crujidos violentos que indican cuanto riesgo corre el que se acerca al aparato. Si desgraciadamente alguno para elevar la *birlocha* con uno que otro sacudimiento dado al hilo,

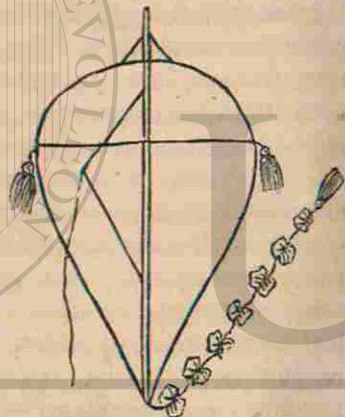


Fig. 96.

coge este con la mano, se coloca en la situacion mas critica porque la electricidad le pasa luego de cabeza á pies, y si abandona el tal hilo puede morir miserablemente, como si lo partiera un rayo. Tal es la peligrosa posicion en que se halló Charles repitiendo las esperiencias de Franklin.

EUG. — Ahora me acude una idea, que voy á esponder. En el verano especialmente y otoño por la tarde, se ve muchas veces, si el cielo está nublado, un continuo relámpaguear sin que se perciba ruido alguno, esto para mí es todavía inesplicable.

TEOD. — Puede suponerse que estos efectos proceden de chispas eléctricas tambien; mas efectuadas á mucha distancia de nosotros, y con poca tension para que puedan oirse donde estamos; ó mejor, proceden de ciertas irradiaciones que lanzan las nubes, cuando se hallan demasiado cargadas de fluido eléctrico, asi como lo hacen en igual caso los conductores que poseemos.

EUG. — Esta última esplicacion me satisface mas. Y ahora veo como todos los principios que me habeis dado aclaran fácilmente muchos fenómenos singulares, como por ejemplo por ser buen conductor el agua sin duda, ella descarga, cayendo en lluvia la atmósfera de su dañosa electricidad. Asi cesan tambien estos espantosos fenómenos, luego que las nubes se han reunido, y no forman mas que una masa inmensa y continua por la cual se ha esparcido ya igualmente la electricidad. Al principio de la borrasca, en efecto se presentan los nublados como cortados, como perfectamente separados los unos de los otros, y estando electrizados diferente-

mente y aislados por el aire, que los separa, han de resultar los rayos y truenos que alborotan el cielo luego que se aproximan, sea entre sí sea á la tierra.

TEOD. — Pero advertid que aun cuando reunidos los nublados en una sola masa no presenten ningun fenómeno descollante de electricidad, pueden hallarse con todo uniformemente cargados de cierta cantidad de dicho fluido, el cual es capaz de ejercer influencias sobre la superficie del globo. A esto se debe que la electricidad atmosférica es á menudo mas sensible, debajo de un capa de nublados, que en tiempo sereno, y hasta puede suceder que se vuelva resinosa.

EUG. — Ya que me habeis explicado el rayo, explicadme ahora que vienen á ser los pararrayos. ¿Creeis en ellos, Silvio?

SILV. — Yo os diré lo que sé sobre este particular. Es constante esperiencia que todos los edificios altos estan muy espuestos á los rayos, especialmente si tienen figura piramidal. Testigos bien tristes son la torre de S. Miguel en Burdeos, la famosa torre de la ciudad de Sena, en Venecia la de S. Márcos, en Lóndres la de santa Brigida y la media naranja de S. Pablo; pero sobre todo la torre de la catedral de Viena en Austria, que tiene 650 palmos de elevacion, y aun por eso casi todos los años la visitan los rayos; y para no ir mas lejos, el edificio de Mafra, que ha sido muy visitado de los rayos, hasta que tuvo los conductores que le puso el canónigo D. Joaquín de la Asuncion, hombre que nació para la física, y con pérdida de la república literaria falleció en una edad en que pudiera todavía trabajar

mucho. Largo tiempo se ha ignorado la causa, mas ya se sabe, y tambien se conoce el medio de evitar estos desastres. Se sabe el grande parentesco ó congruencia que tiene la materia eléctrica de las nubes con los metales, y cuando por ellos halla camino no hace caso de otras cosas. Se sabe tambien la propiedad que tiene el metal aguzado en punta para hurtar la electricidad del conductor por mas cargado que esté: bien os acordareis de lo que arriba dijo Teodosio. Se sabe últimamente que la materia eléctrica corriendo por los cuerpos metálicos continuados no hace chispa ni estruendo ni algun efecto notable, y que todo esto lo hace cuando salta de un cuerpo á otro. Supuestas estas circunstancias le ocurrió á Franklin, que si en lo mas alto de un edificio se colocase una barra de metal terminada en punta, y esa se fuese conduciendo por fuera del edificio hasta meterla por la tierra húmeda ó lugar de agua, quedaria el edificio libre de rayos. La razon es, porque en llegando allí la nube cargada empieza la barra con punta á beber sórdamente la electricidad, la cual va corriendo á lo largo de ella hasta dar en tierra húmeda ó en agua, y allí se difunde sin estruendo. Siempre es buena la cautela de que en llegando la barra de metal al suelo se la dé alguna inclinacion hácia afuera del edificio, en orden á que si hubiere en el paso hácia la tierra algun efecto no perjudique al edificio. Esto se ha practicado felizmente, y ha librado de rayos á muchos edificios. Me acuerdo haber leído, creo, que sucedió en Cuever, que en la ribera del rio habia tres edificios, de los cuales el del medio esta-

ba defendido con su barra ó conductor : este quedó ileso, y los otros dos arruinados, habiendo sido tan abundante la materia eléctrica que se introdujo por la varilla del conductor que la derritió, haciendo de la punta una bola, y de la varilla un arco. También leí lo que sucedió en Mafra con un formidable rayo que acometió á una de las torres. Se debe saber que en cada una de las torres, contando campanas, hierros, etc., se hallan 44500 arrobas de metal, y todo esto se contiene en los dos órdenes de ventanaje, y de allí hácia abajo hay tal cual barra de hierro suelta. También es preciso saber que á 45 ó 46 palmos de los ventanajes de las campanas estan los terrazos que cubren las capillas de la iglesia, y para defenderlos del agua de las lluvias tienen una chapa de plomo continuada y soldada, segun creo, una con otra, para que por las juntas no pueda entrar el agua. Esta chapa tiene de largo 157 palmos, y de ancho 56, y ocupa todo lo largo de la iglesia hasta el crucero. Supuestas estas noticias llegó la nube cargada de electricidad en la hora de visperas; y tal vez desafiada con los toques que llamaban al coro, disparó el rayo sobre una de las torres, y mientras el rayo halló metal en las campanas y en el reloj no hizo estrago; mas acabado el metal, cuando saltó á los terrazos, todo el espacio de 45 ó 46 palmos arrastró con 46 escalones de piedra de la escalera, rompió una columna de piedra, hizo otros estragos increíbles, y saltó al terrazo : en el principio quedaron desmantelados los ladrillos cercanos á la chapa de plomo; pero así que llegó á esta ya se le observó mas quieto hasta el crucero, y los ladri-

llos y pizarras se quedaron como estaban sin la menor mudanza. Acabada la chapa de plomo se seguía la vidriera de la ventana sobre el crucero, y ya en este salto hubo estrago : como despues de la ventana estaba el crucero, en el que había verjas de bronze, lámparas, candeleros, etc., tuvo el rayo en que divertirse, saltó á la gente, y causó alboroto grande. También os quiero decir que un rayo que cayó en otra ocasion en la linterna del hermoso cimborio de aquella iglesia, la piedra de la cúpula, en donde está el astil de hierro que comunica con la cruz, y pesa muchas arrobas, no recibió daño alguno; pero así que se acabó el metal de la cruz y del barron que atravesaba el hierro de la cúpula, casi no quedó piedra que no fuese maltratada, de modo que cuando limpiaron el crucero de los pedazos de piedra que habían caído de la linterna se necesitaron carros.

ETG. — La razon de todo esto se saca de lo que queda dicho, y es, que mientras el rayo tiene camino derecho por metal ó por agua no hace estrago alguno; pero cuando tiene que saltar á otro cuerpo no unido, por fuerza ha de haber chispa, estruendos y estrago.

TEOD. — De muchos esperimentos constantes se sigue, que en habiendo por fuera del edificio camino para el rayo, no se meterá con las paredes, etc.; y como una vara de hierro seguida es el camino que mas le gusta, si la pusieren inclinada á la pared desde lo alto hasta el suelo, y amarrada con alguna cosa que no sea metal, irá el rayo hasta el suelo; y para que allí no cause ruina, por el mismo

suelo se debe conducir siempre por metal continuado hasta el agua ó tierra húmeda.

SILV. — Así lo hizo en Mafra el canónigo Don Joaquín de la Asunción : unió las torres con los torreones, que estan en los cantos del edificio, por medio de barras de metal, y todo esto con el cimborio, en el que puso un famoso conductor desde la cruz hasta los terrazos, siguiendo por fuera las vueltas que da el edificio para no desfigurar su hermosura : este conductor comunicaba con la barra que iba á buscar las torres y los torreones. Del mismo modo pensaba colocar otros conductores menores en otras elevaciones mas pequeñas de este pasmoso edificio, uniéndolos todos para que tuviese el rayo camino franco hasta el suelo, y en este iban los conductores á dar en agua y tierra muy húmeda : con lo cual se esperaba que así quedaria preservado este regio edificio de los desastres que hasta entonces le amenazaban y le arruinaban.

TEOD. — Desde los tiempos de que hablais, Silvio, los pararrayos han sufrido muchas modificaciones, y en el día no son ya como los que hizo el canónigo que habeis citado. He aquí como estan contruidos los que he mandado poner en mis edificios, y aconsejado á diferentes propietarios de estas comarcas, siguiendo en su construccion las reglas que siguen los estrangeros mas adelantados en este punto. Fijase en la parte mas elevada del edificio una barra de hierro cilindrica de treinta á cuarenta pies de alto, y su punta ó estremidad superior está formada de un metal que se llama platina, que es sumamente difícil de derretire, y por esto mismo se

pone en la punta á fin de que no suceda lo que, segun Silvio, sucedió en Cuever ; esto es, que no se derrita el pararrayos bajo la accion de la chispa eléctrica. Otra ventaja tiene ademas y es que no se toma de orin tan fácilmente como el hierro. Para que esta barra, atrayendo la electricidad, no dañe el edificio, como lo haria si se la dejase así, se pone un conductor suficiente y perfectamente continuo para transmitirlo al comun depósito. Consiste este conductor en una gruesa cuerda metálica formada de alambres torcidos juntamente, y breados para impedir que los tome el orin, que se ata por arriba á la vara ó barra de hierro puesta en la parte superior del edificio, se hace pasar por fuera de este y comunicar con la tierra por medio de un agujero profundo en el suelo, ó mejor por medio de un pozo con agua, teniendo cuidado de mantener la cuerda apartada del edificio con estacas de palo seco, y de esparramar los alambres en su parte inferior para que presenten muchas puntas, ó bien atarlo á muchas ramas de hierro que se esparcen divergiendo por el suelo. Cuanto mas alta sea la barra que termina en punta de platina, tanto mas estensa es la superficie de edificio preservada, pues se ha observado que preserva una superficie igual al círculo que se podria describir con la barra del pararrayo tomado como radio de este círculo. Este pararrayo tiene la ventaja de sustraer poco á poco la electricidad de las nubes, precaviendo la formacion de la chispa, la cual por otra parte no seria de grande consecuencia puesto que el conductor es suficiente y continuo.

EUQ. — ¿Y no puede suceder con este pararrayo que el rayo lo derrita?

TEOD. — Sí; y algunas veces ha acontecido desgraciadamente: si una nube vecina del pararrayo recibe la descarga eléctrica de otra nube, el pararrayo no tiene tiempo de beber poco á poco la electricidad, y entonces sufre el choque de la chispa y está sujeto á todas sus consecuencias, pero mucho menos que el pararrayo antiguo.

EUQ. — A la verdad no atino, como siendo tan útiles los pararrayos, no son mas frecuentes en nuestras poblaciones, apenas se ve una casa particular que los tenga.

TEOD. — Esto es otro de los progresos debidos á la ciencia que cuando se trata de aplicarlos á nuestros usos ordinarios, encuentran siempre una turba de rezagados, gente tan terca, como ignorante, que basta no haber visto hacer tal cosa á sus abuelos para creerla mala. Tal estará viendo que las borrascas le destruyen con sus rayos, sus edificios, y será capaz de creer que habeis de doblarle estas desgracias si le incitais á que se precava de ellas por medio de pararrayos. A buen seguro que si se colocasen en las casas de campo altísimos pararrayos, lo mismo que en todos los edificios, y en algunas casas de las calles no se tendrían que lamentar tantos desastres ocasionados por este terrible metéoro eléctrico.

EUQ. — ¿Pero en qué pueden fundarse los que se oponen á este establecimiento?

TEOD. — Los que se pican de entendidos dicen que

puesto que las puntas atraen el fluido eléctrico, en vez de preservar del rayo se provoca su caída: mas no advierten que su ignorancia no les deja saber que este efecto solo tiene lugar en los campanarios y edificios, y árboles, los cuales carecen de un conductor que haga perder el fluido atraído en el suelo sin accidente alguno; pero no en los que estan provistos de la cuerda metálica de que hemos hablado; la cual, á medida que la punta del pararrayo va bebiendo la electricidad de las nubes, la va bajando al suelo, y la desparrama tranquilamente, haciendo por lo mismo un beneficio inmenso al edificio sobre el cual estaba amenazando hacer sus estragos aquel fluido destructor. Yo he podido dar á entender las ventajas del pararrayo á mis vecinos: todos se han apresurado á guarecer bajo su amparo sus edificios, y desde este época, por terribles que sean las tronadas, ningun edificio queda mutilado siquiera.

EUQ. — Puesto que concedeis que los árboles atraen la electricidad, ¿debe de ser peligroso acogerse á ellos cuando le alcanza á uno una tempestad en despoblado?

TEOD. — Por supuesto: mas vale recibir la lluvia, y tanto mas, cuanto esta, siendo buen conductor, desarma la atmósfera del fluido que contiene. Franklin fulminaba con una botella un raton seco y lo mataba, mientras que no hacia nada á un raton mojado, el cual, despues de haber recibido el chispazo, echaba á correr sano y salvo. Mas bastante hemos hablado de rayos, y veamos qué influjo tiene la electricidad en la lluvia y formacion del granizo, pues, si os acordais, os dije cuando tratamos de

los vapores y de la lluvia, que había ocasiones en que esta dependia de la electricidad.

ERG. — Ya me acuerdo : pues manos á la obra.

§ II.

Explicase la influencia de la electricidad sobre los chaparrones, grueso granizo, bombas marinas y piedras llamadas aerolitas.

TEOD. — Ya vimos que los vapores acuos transportados á las regiones altas de la atmósfera se convierten en vapor vesicular que constituye las nubes. Ahora concebís como puede admitirse que el estado eléctrico de este vapor vesicular es una de las principales causas que separan sus moléculas, de suerte que en el momento del contacto con otra nube, ó de una comunicacion libre con el suelo las partículas de agua se acercan de repente, y forman gotas que producen la lluvia. Ello es cierto que las chispas eléctricas que forman el rayo determinan la resolución de las nubes en liquido, de aquí es que despues de grandes tronadas siempre resultan abundantes chaparrones. Y advertid que estas abundantes lluvias traen electricidad vitrea que se hace muy sensible en un pararrayo aislado. Tambien os dije que en la formacion del granizo sobre todo de esas piedras de hielo que causan á veces tanto estrago, tenia su influjo, y no poco el fluido eléctrico : vais á ver ahora como es así. Si concebimos fácilmente que la baja temperatura de las regiones elevadas de

la atmósfera, da margen á la solidificacion del agua, se nos hace extraño que no queden sus partículas separadas formando pequeños cristales aislados, como se observa efectivamente en la nieve. Para explicar esto hé aquí lo que dicen algunos fisicos, y á mi modo de ver son los que lo dicen mejor : admiten que las gotas de agua solidificadas se hallan entre dos nubes diferentemente electrizadas, y son atraidas y rechazadas alternativamente por estas, recorriendo de esta suerte una infinidad de veces, el intervalo que separa ambas nubes, engrosándose con el vapor de agua que hallan en su parage, y que se solidifica capa por capa, hasta que, siendo mas fuerte la accion de la gravedad que tira las piedras hácia el suelo, que la de la electricidad de las nubes, que las envia de la una á la otra, se precipitan libremente al suelo con la velocidad proporcionada á su volumen y á la altura de que caen. Y esta explicacion parece tanto mas satisfactoria, cuanto solo se forman estos granizos colosales en tiempos de tempestad, y solo hay entonces estos juegos de atraccion y repulsion en las nubes capaces de contrareslar por un dado tiempo la accion atractiva de la tierra sobre el agua solidificada.

ERG. — Ya que el granizo es un metéoro, que como habeis indicado, parece depender en gran parte de la electricidad, sobre todo cuando es muy voluminoso, me parece, que poniendo en los campos aparatos como los pararrayos, se habia de poder destruir tambien una tempestad que amenazase piedra.

TEOD. — Si vos mandaseis construir uno, sin du-

los vapores y de la lluvia, que había ocasiones en que esta dependia de la electricidad.

ERG. — Ya me acuerdo : pues manos á la obra.

§ II.

Explicase la influencia de la electricidad sobre los chaparrones, grueso granizo, bombas marinas y piedras llamadas aerolitas.

TEOD. — Ya vimos que los vapores acuos transportados á las regiones altas de la atmósfera se convierten en vapor vesicular que constituye las nubes. Ahora concebís como puede admitirse que el estado eléctrico de este vapor vesicular es una de las principales causas que separan sus moléculas, de suerte que en el momento del contacto con otra nube, ó de una comunicacion libre con el suelo las partículas de agua se acercan de repente, y forman gotas que producen la lluvia. Ello es cierto que las chispas eléctricas que forman el rayo determinan la resolución de las nubes en liquido, de aquí es que despues de grandes tronadas siempre resultan abundantes chaparrones. Y advertid que estas abundantes lluvias traen electricidad vitrea que se hace muy sensible en un pararrayo aislado. Tambien os dije que en la formacion del granizo sobre todo de esas piedras de hielo que causan á veces tanto estrago, tenia su influjo, y no poco el fluido eléctrico : vais á ver ahora como es así. Si concebimos fácilmente que la baja temperatura de las regiones elevadas de

la atmósfera, da margen á la solidificacion del agua, se nos hace extraño que no queden sus partículas separadas formando pequeños cristales aislados, como se observa efectivamente en la nieve. Para explicar esto hé aquí lo que dicen algunos fisicos, y á mi modo de ver son los que lo dicen mejor : admiten que las gotas de agua solidificadas se hallan entre dos nubes diferentemente electrizadas, y son atraidas y rechazadas alternativamente por estas, recorriendo de esta suerte una infinidad de veces, el intervalo que separa ambas nubes, engrosándose con el vapor de agua que hallan en su parage, y que se solidifica capa por capa, hasta que, siendo mas fuerte la accion de la gravedad que tira las piedras hácia el suelo, que la de la electricidad de las nubes, que las envia de la una á la otra, se precipitan libremente al suelo con la velocidad proporcionada á su volumen y á la altura de que caen. Y esta explicacion parece tanto mas satisfactoria, cuanto solo se forman estos granizos colosales en tiempos de tempestad, y solo hay entonces estos juegos de atraccion y repulsion en las nubes capaces de contrarestar por un dado tiempo la accion atractiva de la tierra sobre el agua solidificada.

ERG. — Ya que el granizo es un metéoro, que como habeis indicado, parece depender en gran parte de la electricidad, sobre todo cuando es muy voluminoso, me parece, que poniendo en los campos aparatos como los pararrayos, se habia de poder destruir tambien una tempestad que amenazase piedra.

TEOD. — Si vos mandaseis construir uno, sin du-

da no tendriais la gloria de la invencion. En Francia, en Italia, en Suiza y Saboya, han construido varios de estos aparatos llamados *paragranizos*, para precaver los campos y viñas de los malos efectos del granizo. Algunas sociedades de agricultura han indicado que era su aplicacion de una grande utilidad. Yo no dudo que cuando las puntas tienen la facultad de descargar una nube de su electricidad, cuando esta está cerca, no pudiesen hacer otro tanto los paragranizos, si las nubes en que se forma la piedra estuviesen á su alcance. Mas, en primer lugar, las nubes donde se forma el granizo, estan demasiado lejos de los paragranizos para sentir su influencia, puesto que se hallan en las partes superiores de la atmósfera; un pararrayo es una buena garantia contra los rayos, porque estos solo amenazan cuando la nube se aproxima al suelo, y porque el mal, esto es, el rayo se produciria en el lugar donde está la punta del pararrayo, si la presencia de este no lo impidiese; mas el granizo se forma siempre muy arriba, y raras veces en el mismo lugar donde está el paragranizo, así puede suceder, pues impelidos los nublados de una á otra parte se pueden llevar consigo el granizo, que se va engrosando, y descargarlo, por ejemplo, en el norte de un pais, despues de haberlo empezado á formar en el sud del mismo. ¿Cuántas veces habreis oido hablar de los estragos de una nube hechos tan solo en cierta direccion y sucesivamente? ¿De que pueden servir los paragranizos del norte, si el granizo ya está formado en el sud? Para esto, seria preciso que los tales preservadores de pedradas fue-

sen muy altos que llegasen hasta las regiones mas elevadas de la atmósfera, y que fuesen tan multiplicados que hubiese verdaderos bosques de paragranizos. La academia de ciencias de París, en su sesion de 8 de mayo de 1826, se declaró por la nulidad de estos paragranizos, y el célebre Arago, en el anuario de 1828, demuestra tambien la inutilidad de semejantes garantias. Voy á deciros sus propias frases porque las tengo presentes. «Si pudiese creerse en la eficacia de los paragranizos, dice este profundo observador, no seria sino bajo la condicion de que habian de cubrir una estension muy grande de territorio; pues seria demaisado absurdo pretender la garantia de un campo, de una viña, con algunas pérticas, sin que las tuviesen á la par los campos y las viñas vecinas. La esperiencia por otra parte ha fallado ya su sentencia sobre esto, porque graniza frecuentemente en el interior de las ciudades, en medio de los pararrayos y los hiera.» Y mas abajo añade que las sociedades de agricultura faltarán á su objeto si preconizan medios preservativos, cuya eficacia no ha demostrado hasta ahora ninguna esperiencia auténtica. Las razones de este sabio, unidas á las que os he dado, os harán concebir cual puede ser el valor de los paragranizos.

EUG. — Confieso que ya no los miro como verdaderamente útiles, y no me cuesta nada seguir esta opinion, cuando puedo dejar toda su eficacia á los pararrayos sin que se deduzca que la hayan de tener los paragranizos, puesto que no son iguales las circunstancias ni condiciones en que obran semejantes aparatos. Dejemos pues este punto por concluido;

si no hay algo interesante todavía que decir, y esplicadme otro fenómeno sorprendente del cual no me habeis hablado todavía.

TEOD. — ¿Cual es este fenómeno?

EEG. — Las *bombas marinas* ó *mangas* como las llaman algunos: ¿qué viene á ser este terrible fenómeno que por poco nos hizo naufragar cuando yo regresé de América.

TEOD. — Las bombas marinas son unas columnas de agua de una forma á manera de un pan de azucar colosal, ó de un cono vuelto, quiero decir con la punta abajo. Si suponeis que dos vientos opuestos impelen la misma nube, y que obrando enérgicamente la obligan á alargarse, volviendo sobre sí misma; tendreis una idea de la bomba marina. Claro está que en este movimiento de rotacion, las moléculas de agua son lanzadas por una fuerza centrífuga á la superficie de la bomba, y el interior de la columna queda vacío, y como las bombas cuya altura se eleva hasta las nubes, apoyan su base inferior sobre la tierra, parece que el centro de este meteoro produce el efecto de una bomba aspirante, con la cual son atraidos en su esfera de actividad, y solicitados á subir hasta el punto mas elevado todos los objetos que se hallan á su paso; y escapándose rápidamente de dicho punto se lanzan á menudo á grandísima distancia.

SILV. — Terrible ha de ser en efecto una bomba marina.

EEG. — Os aseguro, Silvio, que es menester todo el valor del hombre cuando aparece una de estas

bombas en el mar cerca de vuestro buque, pues amenaza tragárselo.

TEOD. — En cuanto la causa de este fenómeno, aunque no muy conocida, puede esplicarse de varios modos. La fuerza centrífuga, dicen unos, de que hemos hablado, arroja las moléculas acueas en una direccion horizontal; mas la fuerza general que las atrae hácia el centro de la tierra las obliga á inclinarse, y la fuerza de rotacion, combinándose con las dos primeras fuerzas, produce en el interior de la bomba una especie de espiral ó de tornillo, á lo largo del cual resbalan, por decirlo así, los cuerpos que se hallan arrastrados en la esfera de actividad de este fenómeno. Mas, dicen otros, como las bombas marinas van ordinariamente acompañadas de un ruido análogo al de un redoble igual al del trueno; como se observan durante un tiempo tranquilo, de suerte que solo está agitado el aire, á poca distancia del meteoro; como lanza á lo lejos lluvia con mezcla de granizo, y tiene este fenómeno la fuerza de atraer á distancia una masa de agua considerable, tanto que cuando se ha verificado en la tierra ha secado arroyos y torrentes; hay muchos fundamentos razonables para pensar que la electricidad atmosférica hace en la realizacion de este meteoro el principal papel. Sabido es que el fluido eléctrico tiende á ponerse en equilibrio con una energía espantosa. Sabemos que cuando una nube, fuertemente electrizada, pasa bastante cerca de un cuerpo, cuya electricidad es menos poderosa, ejerce su accion sobre este último cuerpo y lo atrae con violencia. Asimismo se conducen las bombas marinas, cuan-

do arrancan los árboles, se llevan los tejados ó devoran las embarcaciones. Al cabo de una hora (pues, no suelen durar mas las bombas, y bien á menudo se disuelven despues de algunos minutos), menos acumulado, el fluido ha perdido su energia comunicándose, y se disipa insensiblemente el fenómeno, ó bien rebienta con estrépito, si halla un obstáculo bastante poderoso para detenerlo en medio de la carrera. Este meteoro es mas comun en el mar que en la tierra, por esto lleva el nombre de bomba marina: en el mar mediterráneo es bastante comun.

EUG. — Nosotros tuvimos una bomba marina cuando yo volvia de América, no sé precisamente sobre qué punto era, y el capitan mandó disparar cañonazos contra ella: atribuyendo á estos cañonazos nuestra salvacion.

TEOD. — Así lo hacen en efecto los marinos que temen mucho, y con razon, estos meteoros; y produciendo grandes agitaciones en el aire, ó atravesando la nube con balas creen que pueden conjurar los peligros que en tan criticos momentos los amagan. Como sea en el anuario de 1859, dice Arago, que hasta aquí se han explicado mal las bombas marinas, é indica que es preciso hacer nuevas observaciones, en especial sobre si el agua que la bomba arroja de todos lados es ó no salada. Dejemos por ahora este punto en el estado en que se halla, y pasemos á otro no menos cubierto de tinieblas: quiero hablar de las piedras llamadas *aerolitas* ó *meteoritas*.

EUG. — ¿Qué clase de piedras son estas?

TEOD. — Son unas piedras raras y de nueva for-

macion que se ven caer á veces de la atmósfera como un globo de fuego, que luego se enfrian y se presentan como una verdadera piedra, pero que no tiene ninguna semejanza con las conocidas.

SILV. — Se me figura que ha de ser un poco fabuloso este meteoro.

TEOD. — Hoy dia no está permitido dudar de su existencia; no solo por las observaciones que se tienen de la mas remota antigüedad, sino por las que se han hecho en nuestros dias bajo la inspeccion de físicos y químicos célebres que todavía viven. Os contaré entre otros la caida de una aerolita que examinó el físico Biot, del instituto de Francia. A la una del dia, en 1803, estando el cielo sereno sin que presentase el horizonte mas que algunas nubecillas parduzcas que no entristecian la belleza del dia, se echó de ver en *Caen*, *Pont-Audemer*, *Alençon*, *Falaise* y *Verneuil*, poblaciones francesas pertenecientes á tres departamentos, un globo inflamado de un resplandor brillante, movido en la atmósfera con una grande rapidez. Algunos instantes despues se oyó en *Aigle*, y al rededor de esta ciudad, en un partido de mas de treinta leguas á la redonda una esplosion violenta que duró cinco minutos. Las primeras detonaciones parecieron tres ó cuatro cañonazos disparados á poca distancia, los cuales fueron seguidos de una especie de descarga semejante á un arcabuceo; y acabaron por un espantoso redoble que se hubiese podido tomar, segun espresion de Salgues, por el de todos los tambores de un ejército. Estos ruidos salieron de una nubecilla que tenia la figura de un rectángulo. cuyo

grande lado estaba dirigido del este al oeste : inmovil pareció todo el tiempo que duró el fenómeno : pero se separaban de ella momentáneamente y por diferentes lados, con las sucesivas esplosiones los vapores que la formaban. Muy alta estaba esta nube, puesto que los habitantes, lejanos unos de los otros mas de una legua, la vieron como suspendida sobre su cabeza. Por todas partes donde se cernía esta nube se oían silbidos semejantes á los de un guijarro vigorosamente lanzado con una honda, y se vió al mismo tiempo que caían una multitud de cuerpos sólidos que fueron recogidos, y se hallaron completamente semejantes á los que ya se conocían, y conocen bajo el nombre de *pedras meteoricas*. Sometidas á la análisis, se hallaron compuestas de azufre, hierro en estado metálico, peder-nal, y otros dos cuerpos que se llaman magnesia y nickel. Es decir de una composicion que no tiene igual en la naturaleza á menos que sea otra piedra meteorica. Igual fenómeno se renovó en Charronville cerca de Orléans. El dia 25 de noviembre de 1810, á la misma hora que el caso precedente, apareció un globo de fuego, estalló con un ruido extraordinario, y dejó caer tres piedras voluminosas, una de las cuales pesaba cuarenta libras, y se hundió como es de creer en la tierra cerca unos tres pies de profundidad.

EUG. — No me queda ninguna duda sobre la existencia de estas piedras; ¿mas á qué atribuir su formacion y origen?

TEOD. — Varias son las opiniones emitidas sobre el origen y formacion de estas piedras. Aristóteles,

Plinio, y otros naturalistas antiguos creían que estas piedras eran trasportadas por el viento de un lugar á otro. Otros decían que el rayo las había herido en el lugar donde se hallaban semejantes á las demas piedras, y que las trasformaba dándoles olor de azufre, y derritiéndolas de una manera desconocida. No estan mas acordes los físicos modernos : unos han pensado que dichas piedras se forman instantáneamente en el seno de la atmósfera, suponiendo que los minerales pueden ser reducidos al estado gaseoso, que en este estado pueden combinarse con el fluido atmosférico, nadar en su estension y recobrar luego su forma primitiva, por la acción de un agente poderoso, que es sin duda la electricidad. Esta opinion se apoya en un hecho, único en su clase, que se ha observado y descrito si, hemos de creer lo que dice Salgues, acaecido el mes de junio de 1751 en Lersay, cerca Coutances. Agitado estaba el aire por el azote de extraordinarios rayos ; todo el cielo parecía abrasado de fuego desde el horizonte al zenit ; ráfagas inflamadas se cruzaban como en un fuego artificial, y de todas partes caían gotitas de metal abrasado y derretido. Muchos ganados perecieron, y fueron reducidos á cenizas muchos edificios.

EUG. — Si se repitiesen algunos de estos hechos me pareciera muy fundada dicha opinion, la cual aun con solo este hecho me hace fuerza, al menos se que es posible la formacion de una piedra allí en la atmósfera.

TEOD. — Otros físicos han mirado las aerolitas como piedras lanzadas al aire por la erupcion de

un volcan. Mas como este fenómeno se ha observado en países donde no hay volcanes, ha sido preciso, á la primera suposicion, añadir otra, diciendo que al salir del volcan, un viento impetuoso se apodera de ella y la lanza á grandisima distancia: ya veis que esto es bastante difícil de comprender. Laplace calculó que le bastaría á una aerolita una fuerza quíntupla de la velocidad de una bala de cañon para poder salir de la atmósfera de la luna; así sostuvo que podian ser arrojadas por un volcan del astro de la noche. Otro naturalista ha sostenido que podrian ser restos de un mundo hecho trizas en las regiones celestes, ora sea á causa de un choque de un cometa, ora por otra cosa que nos es desconocida. Otros en fin atribuyen á la fuerza atractiva de las bombas marinas el origen de estas piedras, diciendo que las arrancan del suelo en un país, las modifican con la electricidad que las anima y las lanzan luego á otro país inflamadas y con esta modificación. Mas yo me inclino hasta nuevos experimentos y observaciones á pensar, que si es cierto el hecho que os he citado mas arriba, la opinion mas acertada es que la electricidad forma estas piedras en la atmósfera, así como puede formarlas ú otras análogas en el suelo, cuando las partículas de los cuerpos componentes se hallan en estremada division.

Erg. — Otro fenómeno tengo observado tambien en mis viages por mar, y es que despues de las borrascas se solia presentar una luz semejante á estas garzotas eléctricas que habeis sacado tantas veces de vuestras máquinas. Llámanlas los marinos fuego

de *san Telmo*, de *san Nicolas*, de *santa Elena*, que sé yo que nombres les dan. Nunca habia sabido lo que eran, mas ahora ya me lo figuro: este fuego será el fluido eléctrico sin duda, atraído por las puntas de los mástiles de las embarcaciones, y en efecto en ellos se percibe como unos pincelitos de luz que voltean tambien al rededor de los pabellones, cuerdas, y demas partes salientes del buque. Y hay marinos que aseguran haber percibido el petorreo de las chispas.

TEOD. — Todo cuanto decís está muy conforme con varias observaciones que hay sobre el particular, y es en efecto en general el fuego eléctrico de la atmósfera, que se descarga suavemente, el que produce el fuego de *san Telmo*; en otras ocasiones entra tambien en su esplicacion la inflamacion de gases, entre los cuales figura en primera línea el hidrógeno. Mas hasta aqui solo hemos hablado de lo que se llama electricidad propiamente dicha, y es preciso que os hable ahora de lo que se entiende por *galvanismo*; electricidad no menos digna de saberse, y que es toda debida á los trabajos de los modernos.

Erg. — Si es tan curiosa como la que ya me habeis explicado, me teneis con iguales disposiciones á escucharos. ®

§ III.

Del galvanismo y de la pila de Volta ó galvánica.

TEOD. — Aquí tenemos un pedazo de un metal que se llama zinc ; aplicáoslo á la punta de la lengua, Eugenio, y decidme que gusto tiene.

EUG. — Quereis hacerme alguna burla ; este metal está quizás electrizado, y quereis que me lance una chispa, como al marido que iba á besar á su muger la mejilla de esta.

TEOD. — Os digo formalmente que no es tal mi intencion, y os aseguro que no os sucederá nada.

EUG. — En este caso me abandono á vuestra invitacion con toda confianza, y disimulad mis temores. No siento ningun gusto en la tal pieza de metal.

TEOD. — Gustad ahora esta moneda de cobre.

EUG. — Tampoco siento nada, escepto el frescor del metal.

TEOD. — Ahora haced que la moneda de cobre y el pedazo de zinc se toquen, y sin que pierden este contacto, poned la lengua entre ambos á dos metales.

EUG. — ¡ Qué fenómeno tan singular ! ahora siento un sabor picante, fuerte que me provoca la saliva.

TEOD. — Pues este sabor es el efecto de una electricidad, que se ha desenvuelto con el contacto de estos dos metales, esto es, de la descomposicion del fluido natural que cada uno contenia. Esta electri-

cidad se llama *fluido galvánico*, porque fué un médico italiano llamado Galvani, el que hizo las primeras observaciones que dieron margen al descubrimiento de esta electricidad, ó por mejor de este medio de hacerla desenvolver. Las electricidades de estas dos piezas de metal se rechazan, y la una presenta una electricidad y la otra otra ; el zinc la vitrea ó *positiva* como la llaman algunos, el cobre la resinosa ó *negativa*.

EUG. — ¿ Hace lo mismo con la plata ?

TEOD. — Lo mismo hace : no teneis mas que probarlo, cualesquiera que sean los metales, reunidos del propio modo, y os darán iguales resultados, aun muy mas, todas las sustancias heterogéneas (heterogénea quiere decir de diferente naturaleza, así el agua y el vino es una bebida heterogénea porque consta de vino y agua), todas estas sustancias, digo, puestas en contacto producen exactamente los mismos fenómenos con diferentes intensidades. Y advertid que sucede con los metales, lo que ya os dije de las capas del aire atmosférico, á saber que el cobre por ejemplo, que con respecto al zinc es electro negativo, es electro positivo con respecto á la platina, si se pone en contacto con esta. Aquí tengo los muslos y lomos de una rana despellejada, y he conservado los nervios de sus lomos, los cuales tengo envueltos en esta hoja de estaño ; voy á ponerlos encima de esta chapa de cobre, doblando dichos muslos y sosteniendo las patas en un punto fijo que resista á todo impulso : mirad lo que sucede luego que toque la hoja de estaño con este aislador de plata que está en contacto ya con el cobre.

EUG. — ¡Por vida de!... He aquí los muslos de la rana que se menean, como si estuviese viva y nadando.

TEOD. — Ahí teneis lo que dió margen al galvanismo; esto que hago á propósito lo hizo inadvertidamente Galvani, colgando varios muslos de ranas en un hierro de su ventana por medio de ganches de cobre, y se echaron á saltar las ranas como lo acabais de ver. Concebís claramente que semejante fenómeno no había de quedar estéril en manos de un observador como Galvani, el cual estableció una teoría, creyendo que esto procedía de una electricidad animal diferente de la que llevamos explicada. Volta, otro célebre físico italiano, modificó esta teoría y dijo que procedía este desarrollo de electricidad, del contacto de dos cuerpos de diferente naturaleza, y que la electricidad desenvuelta era la misma que la conocida. Este mismo Volta inventó una máquina que lleva el nombre de *pila voltaica*, otros la llaman también *pila galvánica*, que viene á ser para el galvanismo, lo que es la máquina eléctrica para la electricidad ordinaria. Ahí la teneis (Fig. 97), compónese esta pila de chapas cuadradas, formadas de una plancha de cobre y otra de zinc, soldadas por

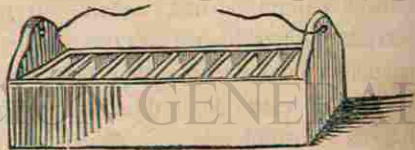


Fig. 97.

una de sus caras, y constituyen así lo que se llama una *pareja*, colócanse estas parejas en un artesa ho-

rizontal de madera, y se fijan ó pegan con betun paralelamente, y á cierta distancia las unas de las otras, á unas muescas hechas en el interior de la caja; échase luego en los intervalos huecos que resultan agua salada, ó agua con un poco de aceite de vitriolo⁴, y ahí la teneis ya en disposicion de hacer por medio de ella esperimentos. En efecto, si tocais esta pila con una mano por una estremidad y con otra por la otra, teniendo los dedos mojados se produce una chispa, y se experimenta un sacudimiento fuerte semejante al que produce la descarga de una botella de Leyden.

SILV. — Seguid adelante, que yo ya os creo.

EUG. — Parece que no tiene ganas de averiguarlo el buen doctor.

TEOD. — Si se continua teniendo los dedos en contacto con la pila, se sufre una especie de estremecimiento muy notable en los miembros que sirven de conductores; y si en vez de las manos se ponen alambres, y se hacen comunicar con toda especie de sustancia, se producen fenómenos extraordinarios. Desarrollados en este instrumento los dos fluidos eléctricos por el contacto del zinc y el cobre, se rechazan, y el uno se va hácia una estremidad de la pila, y el otro hácia la otra estremidad. Los físicos llaman *polos* á estas estremidades y dicen *polo positivo*, el que ofrece la electricidad vitrea, y *polo negativo*, el que presenta la electricidad resinosa. Para que comprendais la teoría de esta máquina examinemos lo que se pasa,

⁴ Un agua que contenga en disolucion una ligera cantidad de ácido, ó de una sal cualquiera, logrará el mismo efecto.

cuando se ponen en contacto una chapa de zinc y otra de cobre; visto esto, haremos aplicaciones á la reunion de muchas chapas aparejadas. Descompuesto el fluido natural de ambas chapas las dos electricidades se esparcen por todos los puntos de la superficie de aquellas. La tension ó energía de estas electricidades esparcidas es sumamente flaca, pues ni da señales de su existencia el electrómetro mas sensible; solo por medio de un condensador se manifiesta y aun no considerablemente. Mas tiene esta tension de particular, que se restablece instantáneamente, cuando se ha disminuido por el contacto con otro conducto, y cesa en seguida que entra en comunicacion con el receptáculo comun. Cuando se separan ambas electricidades hay una fuerza que produce este resultado; esta fuerza entre los físicos lleva el nombre de *electro-motriz*, y dicen que tiene su asiento en el plano de union de ambas chapas metálicas; es decir que en este plano reside la fuerza que lanza hácia el cobre el fluido resinoso, y hácia el zinc el vitreo. En efecto parece que ha de ser así, pues todos los puntos de cada metal soldado tienen un caracter eléctrico; el punto del cobre mas cercano á la línea de union, tiene un caracter electro negativo; el punto del zinc mas cercano á la línea de union, y por lo tanto dellado opuesto al primero, ofrece un caracter electro positivo; luego es preciso que la fuerza que separe esté en la línea de union.

EUCL. — No me formo una idea muy clara de la tal fuerza.

TEOD. — Ya lo sé; difícil y hasta imposible es ima-

ginarse una fuerza que se desarrolla, y reside en el plano de contacto de dos cuerpos diferentes; mas la suponemos porque sin esta suposicion no podemos esplicar muchos fenómenos de movimiento que observamos. Admitidla por lo mismo hasta tanto que tengamos medio mas filosófico que sustituirle, y veamos qué leyes sigue la tal fuerza en su accion. Ella es la que descompone el fluido natural, la que separa los dos fluidos que tienden á reunirse; y como las tensiones de las electricidades separadas, cuando estan aisladas las chapas, son muy débiles, se supone que esta separacion se limita luego por ponerse en equilibrio esta fuerza con la que tiende á reunir entrambos fluidos. Admitid tambien que el fluido natural es inagotable, puesto que haciendo desaparecer estas tensiones, esto es, descargando el aparato, se restablecen inmediatamente y de una manera indefinida. La intensidad de la fuerza electro-motriz varia, segun la naturaleza de las sustancias que se ponen en contacto, y no varia nada, sean cuales fueren las dimensiones de las superficies.

EUCL. — Esto me parece un poco raro.

TEOD. — Con todo no hay mas que tomar dos chapas grandes y dos pequeñas de zinc y cobre, y hallareis igual tension en entrambas parejas, siendo así que en la una podrán tocarse por todos sus puntos ambos metales y en la otra tan solo por un punto. Admitese igualmente que la fuerza electro-motriz permanece constante, cualquiera que sea la cantidad de electricidad estraña de que pueden cargarse por otro lado los metales. Biot compara la pareja de metal y su fuerza electro-motriz con el

vidrio eléctrico. Yo me adhiero á esta idea, porque os hará concebir lo que llevamos dicho : figuraos que el vidrio representa la fuerza electro-motriz; pues ambos á dos separan los dos fluidos de las chapas metálicas, y se oponen por lo mismo á su reunion. Con todo esta comparacion no es mas que hasta cierto punto, porque en el vidrio eléctrico la chapa de vidrio no puede cargar el aparato; mientras que la fuerza electro motriz carga la pareja: el *vidrio eléctrico* se descarga con una sola chispa y necesita tiempo para poder dar otra; al paso que la fuerza electro-motriz carga continuamente la pareja metálica, y con tal rapidez, que poniendo en comunicacion con ella un alambre se establece acto continuo en él una corriente de electricidad, tan abundante que puede hacerse ascuta y derretirse el tal alambre. Por último sabed que si sobreponéis un gran número de parejas metálicas, las cargareis todas cargando solamente una. Una cosa así se pasa en la pila voltáica. Supongamos una serie de parejas metálicas A, B, C, D, E, F, G (Fig. 98), colocadas

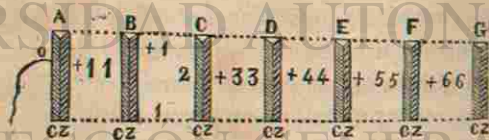


Fig. 98.

paralelamente unas junto á las otras; llamemos *c* al cobre y *z* al zinc, y hagamos que la chapa *c* de la

pareja A comunique con el suelo. Hemos dicho que en una pareja aislada las electricidades negativa y positiva, se van hácia las superficies exteriores de las chapas *c* y *z*, de suerte que podemos decir $-\frac{1}{2}$ la electricidad de *c* y $+\frac{1}{2}$ la electricidad de *z*; mas concíbese segun nuestros principios, sobre las influencias eléctricas que si *c* comunica con el suelo perderá su electricidad $-\frac{1}{2}$, y la electricidad de *z* se aumentará hasta el punto de ser $+1$. Claro está que esta unidad representa la cantidad de electricidad, que la fuerza electro-motriz es capaz de rechazar del plano de contacto, y que su valor varia segun la naturaleza de las sustancias heterogéneas que se ponen en relacion. Mas en la pila hay agua salada, ó acidula, la cual está entre las parejas, y la experiencia prueba que esta clase de líquidos son buenos conductores de la electricidad; de aquí se sigue que la electricidad $+1$ de la superficie *z* de la pareja A se comunicará á la superficie *c* de la pareja B. Si esta pareja B hubiese sido la primera, la superficie *z* hubiera tomado una electricidad $+1$, mas como su superficie *c* recibe ya de la primera pareja, una electricidad $+1$, resulta que la electricidad de la cara *z* de la pareja B será $+2$, y continuando el mismo razonamiento se halla que la cara *z* de la pareja C tendrá por electricidad $+3$; la de la pareja D $+4$, la de la pareja E $+5$, la de la pareja F $+6$, etc.; siendo lo mismo de todas las parejas que pudierais colocar en fila. Si considerais en esta misma pila el estado sucesivo de las chapas de cobre, se hallará de la pareja A á 0, la de la pareja B á $+1$, de la C á $+2$, de la D á $+3$, de la E á $+4$, de la F en fin

á $+5$, de modo que conforme la esperiencia y la teoría, habrá en cada pareja la misma diferencia entre ambas caras opuestas. De lo cual resulta, que si semejante aparato comunica con el suelo por su estremidad cobre ó negativa, la estremidad opuesta contraerá una electricidad positiva proporcional al número de parejas de que se compone la pila. Concebis tambien, que si se hubiese comunicado al principio la superficie z de la pareja F con el suelo, sucederá en fenómenos inversos, siguiendo la misma ley, y la electricidad de la superficie c de la pareja A, será representada por -6 .

EUG. — Si mal no lo he comprendido, la electricidad negativa ó positiva, que se produce en el cabo de la pila, procede del comun depósito.

TEOD. — Así es en efecto, en el caso descrito; mas notad que esto no es en manera ninguna necesario, puesto que aislando la pila, y reuniendo por medio de un conductor las electricidades que parten de ambas estremidades, se produce una corriente eléctrica tan enérgica como cuando no está aislado el aparato.

EUG. — ¿Y por qué ha de ser salada ó agria el agua que poneis en la pila: acaso es por ser mejor conductor?

TEOD. — Así lo dicen los que no opinan que este líquido ejerza alguna influencia en la produccion de la electricidad desarrollada en la pila; mas otros son de parecer que el tal líquido se combina con los metales de las chapas; y como las combinaciones quimicas son otro de los medios cabales para desar-

rollar electricidad, ven estos en el agua salada ó acidula algo mas que la simple facultad conductriz. Sobre este punto hay grandes reyertas entre los físicos y químicos. Lo que yo sabré deciros es que se fabrican *pilas secas*, cuyas parejas metálicas estan separadas por hojas de papel, y encerradas en una caja de vidrio ó en un envoltorio de goma laca, y dan tambien corrientes de electricidad, bien que muy flacas; así para mí es probable que á mas de la conductibilidad hay que reconocer en el líquido de la pila voltáica la accion química de este sobre los metales, y la influencia de esta accion sobre la produccion de las electricidades de sus polos.

EUG. — A mí me parece tambien muy consecuente, y casi me atreveria á decir que esta accion química es la verdadera causa de la descomposicion del fluido natural de los metales, y no esa fuerza electromotriz que todavía no he digerido.

TEOD. — No sereis solo si tal pensais, y mas os diré; hay en el dia químicos de nota que han establecido esta idea en teoría, y parece que cada vez mas se engruesan sus adeptos. Mas dejadme esponeros unos cuantos principios generales relativamente á la accion de la pila voltáica, y examinaremos un poco la teoría espuesta, y la que estais dispuesto á seguir. 1° Una pila es tanto mas poderosa en iguales circunstancias, cuanto mayor sea la fuerza electro-motriz de los metales empleados. 2° La tension en las estremidades de la pila es directamente proporcional al número de parejas, puesto que se repite tantas veces cuantas parejas hay. 3° Esta tension es independiente de todo punto de

la estension de la superficie de estas parejas, y del número de puntos por que se toquen.

EUG.—Entonces ¿por que se han de soldar las chapas de las parejas?

TEOD.—A fin que no se interponga el líquido conductor, el cual con su presencia sofoca la fuerza electro-motriz entre ambos metales. 4º La cantidad de fluido que la pila es capaz de llevar hácia los polos, en un dado tiempo, será directamente proporcional á la estension de las superficies metálicas sobre que pueda estenderse la electricidad para transmitirla al través del líquido. 5º La prontitud con que los fluidos se trasportan á las estremidades de la pila depende del grado de propiedad conductriz del líquido interpuesto. Si poneis agua clara en la pila en vez de agua salada, las corrientes de electricidad desenvueltas son débiles, por lo tanto muy fundado es este principio. Ahí los teneis todos: algunas observaciones pudieran hacerse todavía, ya sobre la accion del líquido, ya sobre su conductibilidad, mas no hay necesidad de que os ocupe en ello. Os he hablado de pilas secas; sabed que las hay diferentes en su modo de construccion, segun los efectos que quieren obtenerse, para vos basta la que os he mostrado, y con ella podreis entender los fenómenos del galvanismo.

§ IV.

Reflexiones sobre la teoría de la fuerza electro-motriz; otra teoría; pruébase la identidad del fluido galvánico con la electricidad ordinaria.

EUG.—Pasad, si quereis, al examen de la teoría de la fuerza electro-motriz.

TEOD.—Ahora os haré algunas reflexiones sobre la teoría de dicha fuerza. Si hemos de medir la intensidad de esta fuerza por las tensiones eléctricas que produce, nos será forzoso decir que es infinitamente pequeña; puesto que son aquellas tan débiles, que no pueden descubrirse por ningun medio experimental. Con todo sabed que la pila produce una corriente de electricidad enorme, de una fuerza espantosa, capaz de hacer continuamente cosas que no podreis hacer con la máquina eléctrica, sino aumentando los conductores y valiéndoos de baterías eléctricas que acumulen condensándola mucha cantidad de dicho fluido; y aun en este caso solo lo producireis momentáneamente en el acto del descargo, siendo necesario para producir otro tanto dejar pasar mas ó menos tiempo para volver á cargar la batería. Con la pila derretireis un conductor insuficiente, derretireis la platina como derrite la llama de una bugia la cera, pondreis en fusion el cuarzo, el zafir y disipareis en humo el diamante, el carbon y la plumbagina. Con la pila descompondreis sustancias de muchos principios marchándose

la estension de la superficie de estas parejas, y del número de puntos por que se toquen.

EUG.—Entonces ¿por que se han de soldar las chapas de las parejas?

TEOD.—A fin que no se interponga el líquido conductor, el cual con su presencia sofoca la fuerza electro-motriz entre ambos metales. 4º La cantidad de fluido que la pila es capaz de llevar hácia los polos, en un dado tiempo, será directamente proporcional á la estension de las superficies metálicas sobre que pueda estenderse la electricidad para transmitirla al través del líquido. 5º La prontitud con que los fluidos se trasportan á las estremidades de la pila depende del grado de propiedad conductriz del líquido interpuesto. Si poneis agua clara en la pila en vez de agua salada, las corrientes de electricidad desenvueltas son débiles, por lo tanto muy fundado es este principio. Ahí los teneis todos: algunas observaciones pudieran hacerse todavía, ya sobre la accion del líquido, ya sobre su conductibilidad, mas no hay necesidad de que os ocupe en ello. Os he hablado de pilas secas; sabed que las hay diferentes en su modo de construccion, segun los efectos que quieran obtenerse, para vos basta la que os he mostrado, y con ella podreis entender los fenómenos del galvanismo.

§ IV.

Reflexiones sobre la teoría de la fuerza electro-motriz; otra teoría; pruébase la identidad del fluido galvánico con la electricidad ordinaria.

EUG.—Pasad, si quereis, al examen de la teoría de la fuerza electro-motriz.

TEOD.—Ahora os haré algunas reflexiones sobre la teoría de dicha fuerza. Si hemos de medir la intensidad de esta fuerza por las tensiones eléctricas que produce, nos será forzoso decir que es infinitamente pequeña; puesto que son aquellas tan débiles, que no pueden descubrirse por ningun medio experimental. Con todo sabed que la pila produce una corriente de electricidad enorme, de una fuerza espantosa, capaz de hacer continuamente cosas que no podreis hacer con la máquina eléctrica, sino aumentando los conductores y valiéndoos de baterías eléctricas que acumulen condensándola mucha cantidad de dicho fluido; y aun en este caso solo lo producireis momentáneamente en el acto del descargo, siendo necesario para producir otro tanto dejar pasar mas ó menos tiempo para volver á cargar la batería. Con la pila derretireis un conductor insuficiente, derretireis la platina como derrite la llama de una bugia la cera, pondreis en fusion el cuarzo, el zafir y disipareis en humo el diamante, el carbon y la plumbagina. Con la pila descompondreis sustancias de muchos principios marchándose

sus elementos los unos á un polo, otros á otro. Todas estas cosas, con todo, no se consiguen con la máquina eléctrica, y todo lo mas es solo por un momento, y sin embargo no os acudirá decir que no sea poderosa la fuerza eléctrica que esta máquina desarrolla; ya vimos de lo que es capaz una descarga de una batería. Esta misma corriente de la pila comunicada á los miembros de un cadaver los pone en movimiento con tanta energia como si gozasen de vida. Ahora bien: concebis que semejante energia sea un resultado de una fuerza tan flaca como hemos supuesto la electro-motriz; siendo esta fuerza tan débil, como puede separar tan enormes masas de electricidad, y ya veis que han de ser enormes para poder producir todos los efectos espuestos.

ERG. — Mucha fuerza en efecto me hacen estas reflexiones.

TEOD. — En virtud de estas reflexiones, el fisico Biot supone que en efecto la fuerza electro-motriz, tiene el poder de descomponer en el plano de contacto, mucha cantidad de fluido natural; pero los fluidos resultantes de la descomposicion se quedan en uno y otro lado del plano de contacto retenidos por su atraccion reciproca contrarestada por la fuerza electro-motriz, la cual no es capaz de separarlos ni lanzarlos hasta la superficie de los conductores; con esta suposicion todo puede concebirse mas fácilmente. Como las electricidades son disimuladas, la tension ha de ser casi nula cuando está la máquina aislada; luego que el aislamiento cesase, estas grandes masas de electricidad acumulada se pondrán en movimiento para producir las

corrientes, y concebireis como la fuerza electro-motriz, que ha podido mantener separadas aquellas grandes cantidades de electricidad, puede separar y rechazar continuamente cantidades iguales, para alimentar las corrientes rápidas que el elemento voltaico produce. Así pues la cantidad real de la pareja A (Fig. 98), no se representará ya por 0 de un lado y $+4$ del otro; sino por 0 y $+100$, ó bien 1000; en la segunda pareja la cantidad de electricidad acumulada en el elemento x será 1000, ó bien 10.000, y de esta suerte se comprenderán todos los fenómenos.

ERG. — En este caso me parece que ha de suceder una cosa que sucede con el *vidrio eléctrico*, con el cual habeis hecho una comparacion: si aproximais á las superficies exteriores un conductor y las reunis por medio de este, podreis obtener una descarga eléctrica, violenta, como sucede con aquel aparato.

TEOD. — Esta objecion es fuerte, Eugenio, y demuestra en vos algo mas que un discípulo: con todo voy á responderos á ella. La fuerza electro-motriz no obra sino á distancias infinitamente pequeñas, y los fluidos acumulados en grande cantidad han de mantenerse en capas sumamente delgadas y oprimidas, y estremadamente cercanas al punto de contacto. Así pues no es fuera de razon pensar que, á pesar de la calidad conductriz de los metales, que nos parece tan perfecta, y que se opera por su superficie, estos fluidos, empeñados en la misma sustancia del metal, no pueden salir de él sino con mucha lentitud. En efecto siempre que se hace pa-

sar la electricidad por el interior de un cuerpo, como cuando se quiere derretir un metal, va mucho mas lenta que cuando solo pasa por su superficie, en cuyo caso es rapidísima, imposible en seguirla, mientras que se sigue en el primero. Por otra parte, hay hechos que demuestran la posibilidad de que el fluido de una batería tenga dificultad de escaparse; con mucha mas razon lo ha de hacer el de la pila voltaica; puesto que en aquella la electricidad está entre el metal y el vidrio, y en esta en la sustancia del metal. En vista de todo lo que precede no hay ninguna dificultad en admitir que los elementos de una pila estan efectivamente cargados de una grande cantidad de electricidad disimulada, y que es como una batería eléctrica que se recarga continuamente por la influencia de la fuerza electro-motriz.

EUG. — En efecto de esta suerte se me ha despejado mas el campo de la dificultad, y ya no lo hallo tan inverosímil: mas si no teneis nada que añadir sobre este asunto esplicadme la otra teoría.

TEOD. — Esta teoría, como os he dicho, se funda en la accion química de los líquidos sobre los metales: dos hechos principales le sirven de base: 1º. Las acciones químicas desarrollan electricidad: 2º. Los conductores imperfectos producen tensiones diferentes, tales que son mas fuertes antes del obstáculo que despues. Supongamos que en esta pila se ponga en vez de agua salada, agua donde se haya echado un poco de aceite de vitriolo. Esta agua obrará al cabo de cierto tiempo sobre el zinc, y resultará una produccion de electricidad: el flui-

do positivo pertenecerá al líquido, y se irá hácia el cobre de la pareja vecina; el negativo pertenecerá al zinc, y lo comunicará al cobre con el cual está soldado: de suerte que en cada caja se producirá una separacion de fluidos que volverán á componerse en contacto con metales: esto es, sucederá todo lo contrario de lo que segun la teoría espuesta antes sucede. Mas es evidente que estas descomposiciones, y recomposiciones no producirian nada si las últimas cajitas, ó artesas aisladas, no debiesen guardar la una su electricidad positiva, la otra la negativa: sin embargo, siendo toda la masa de la pila, metales y líquidos, formada de conductores, deberian reunirse los fluidos opuestos de ambos polos; mas atribúyense las tensiones observadas en los puntos extremos, á que los metales y los líquidos de la pila forman una cadena interrumpida, cada elemento de la cual ofrece un obstáculo al paso de los fluidos; de suerte que la tension de las estremidades se debe á la conductibilidad imperfecta de la misma pila. Ahí teneis la segunda teoría: por lo que toca cuando los polos de la pila estan aislados. Cuando estan reunidos por un conductor se admite que solo reúne este las electricidades de las dos últimas artesas.

EUG. — Os aseguro que me he llevado chasco: no me parece mas satisfactoria que la precedente. ®

TEOD. — En efecto es así, y aunque parece que cada dia gana esta opinion mas partidarios, hay grandes obstáculos que impiden su admision: uno de tantos es la intensidad de las corrientes; pues en el

momento en que las dos artesas extremas comunican, por medio de un conductor, todas las artesas intermedias se hacen nulas por el efecto. Si colocamos un acido entre un pedazo de cobre y otro de zinc, y se hace comunicar ambos á dos metales por medio de un conductor deberiamos tener un efecto igual al de la pila mas numerosa; lo cual no confirma la esperiencia. Con todo os he espuesto las dos teorías actuales, haced de ellas lo que mejor os parezca y teneos por advertido.

SILV. — Lo que yo estoy viendo es que hay mucha diferencia entre la electricidad propiamente tal, esto es la de que nos hablásteis primero y la electricidad galvánica. Con todo vos habeis indicado que ambas á dos son idénticas; quisiera que me dilucidaseis este punto si vale la pena de ello.

TEOD. Como no hallo ninguna dificultad en explicar los fenómenos galvánicos por la teoría establecida, me declaro por la identidad de ambas á dos electricidades, pues es un principio de sana filosofía no aumentar las suposiciones, ni los seres, sin ninguna necesidad. Lo que os parece ser muy diferente entre el galvanismo y el fluido eléctrico propiamente tal es el modo como se produce cada uno, y en realidad hay en los aparatos respectivos algo que modifica esencialmente los efectos producidos; á saber la continuacion y la abundancia de la electricidad suministrada. Y esta sola condicion basta para explicar todas las diferencias. Por lo demas notables son estas diferencias: ya os he dicho que una corriente galvánica enrojece, y derrite un conductor insuficiente; cosa que no puede producir la

chispa mas fuerte de la máquina eléctrica mas grande; en esta hay la velocidad de la corriente, pero falta la abundancia del fluido, y el alambre apenas se calienta. Para producir igual efecto es preciso cargar una batería eléctrica: en este caso tendreis velocidad y abundancia como en la pila; pero será imposible repetir inmediatamente el mismo efecto, puesto que habeis descargado en el acto la batería y es forzoso aguardar tiempo para volverla á cargar; mientras que con la pila lo podreis repetir inmediatamente, y cuantas veces se os antoje: falta pues la continuacion. Hasta aquí, de consiguiente, no veis ninguna diferencia esencial entre ambos fluidos: el que uno vaya mas aprisa que otro, que uno sea mas intenso y mas abundante, ó continuo, no prueba que sea de naturaleza diferente: todo depende del modo, por medio del cual se desenvuelve la electricidad en los aparatos.

SILV. — ¿Y se reducen á todo esto por ventura las diferencias que van entre el galvanismo y la electricidad propiamente tal?

TEOD. — Otras hay en efecto. Ya os he dicho que la electricidad ordinaria, por enérgica que sea, no promueve en las carnes de los animales muertos contracciones fuertes y completas; al paso que escitadas por una corriente galvánica remedan muy al vivo los movimientos naturales del animal. Pero aquí la diferencia tambien no versa sino sobre la mayor ó menor energía, y sobre la continuacion. Una chispa sacada de la máquina eléctrica y aplicada á la lengua solo da una sensacion dolorosa como una picadura, hace lo propio que haria en la mejilla, en

el cuello, etc., es decir que esta sensacion mas pertenece al tacto que al gusto : una corriente galvánica, como lo habeis probado, causa una sensacion picante y un sabor como cáustico.

SILV. — ¿Y acaso esta diferencia de sabor no es una propiedad característica ?

TEOD. — No : si yo os paso rápidamente por la lengua un pedazo de sal cristalizada, no percibireis su sabor; si os lo dejo saborear lo percibireis luego : la electricidad que pasa del conductor de la máquina eléctrica á vuestra lengua por medio de la chispa va rapidísima, cien veces mas de lo que puedo yo ir con el pedazo de sal; mientras que la corriente galvánica es continua : en el primer caso la lengua no tiene tiempo de paladear el sabor del fluido que le llega, mientras que en el segundo sí : he aquí porque en este lo sentís, y no en aquel. Ordinariamente la electricidad produce sus mayores efectos cuando adquiere fuertes tensiones, por ser este su modo natural de obrar ; mas si la condensais en aparatos de electricidad disimulada las tensiones serán casi nulas, y los efectos grandes. He aquí una semejanza con los aparatos galvánicos : su electricidad es disimulada ; sin ninguna tension es susceptible de producir grandes efectos.

SILV. — ¿Y esto para vos no es una diferencia esencial ?

TEOD. — No : puesto que no lo es tampoco para vos la que va de la de un conductor de la máquina eléctrica, á la de una batería. En aquel obra con tension, en esta sin ella ; y con todo decís que la

electricidad de la batería es la misma que la que sale de la máquina eléctrica.

ETG. — Esta razon es fuerte, Silvio.

SILV. — En efecto hace alguna fuerza, pero todavía no me doy por vencido. La electricidad ordinaria reconoce por buenos conductores á mas de los metales muchísimas otras sustancias; el agua y los vapores son conductores escelentes : los cuerpos que se cargan de ella la ceden con mucha facilidad y pierden prontamente todo caracter eléctrico, de lo cual dimana la necesidad de aislarlos. Bien diferentemente se conduce el galvanismo : solo los metales lo conducen bien : el agua líquida apenas lo deja pasar ; la piel seca ó mejor el epidérmis que cubre los pulpejos de los dedos es un obstáculo suficiente para impedir que penetre en nuestros órganos. Para que pueda pasar libremente de un alambre á otro es necesario que el contacto sea absoluto, que ninguna capa de orin ó de mugre ó cosa que no sea metal separe los dos alambres : de suerte que se suele sumergirlos en azogue para asegurar la continuidad : por esto bastan ligeras precauciones para aislar el fluido galvánico; un pedazo de seda, de palo seco, son mas que suficientemente aislantes. Decidme ahora, ¿si no hay entre ambos fluidos esenciales diferencias ? Y para terminar el cúmulo de hechos que os cito, no os diré sino que el fluido galvánico comunica á los alambres propiedades nuevas, como la de atraer los cuerpos ligeros, la de tomar ciertas direcciones cuando son movibles, la de influir sobre las agujas cebadas en la piedra iman, etc.

TEOD. — Por lo que toca á las diferencias de con-

ductibilidad basta saber, para comprenderlas, que las pérdidas de este fluido estan en razon directa de las tensiones; así pues, como las de la electricidad ordinaria son considerables, han de ser mas las salidas que se abren para escaparse, y menos los cuerpos que le resistan: un cuerpo poco conductor lo parecerá mucho, si es mucha la tension de la electricidad que conduce: la tension de la electricidad galvánica es nula; así es preciso que sea conductor por excelencia el que le ceda paso; y por poco mal conductor que sea un cuerpo, parecerá que no lo es nada. Por lo que toca á las nuevas propiedades comunicadas á los alambres, por el fluido galvánico, debo deciros que no le atribuis con razon este poder esclusivo. En primer lugar, si no se han observado propiedades análogas en los alambres que han dado paso á la electricidad ordinaria, esto depende de que ha sido la cosa tan rápida y ha durado tan poco que es imposible advertir el menor resultado durante su existencia. Sucede en esto una cosa análoga á lo que hemos dicho sobre el sabor. Esta reflexion tiene tanta mas fuerza, cuantos esperimentos directos han probado que haciendo pasar muchas descargas eléctricas sucesivamente y con poco intervalo, al través de un alambre, se produce en él efectos enteramente semejantes á los producidos por una corriente galvánica.

EUG. — Si el hecho es cierto, todos vuestros ataques, Silvio, aunque vigorosos, quedan rechazados.

SILV. — Alguna fuerza me hacen las consideraciones de Teodosio, pero no estoy por ahora todavía convencido: mas dejemos este punto, que no se hace

la conferencia para que yo ventile aqui estas cuestiones: seguid adelante, si bien os parece.

TEOD. — Procuremos dar fin á esta materia en la cual me he estendido, porque es de grande importancia su conocimiento, pues cada dia se ensancha mas su aplicacion á los fenómenos de la naturaleza, diciendo algo del efecto prodigioso que hace sobre el hombre la electricidad galvánica. Mas antes de esto, sabed que la accion de la pila sobre los cuerpos es admirable, y ha facilitado la descomposicion de estos; hasta de aquellos que se tenian por simples. Con ella se ha averiguado en cada cuerpo qué electricidad tiene con respecto á otro, si resinosa, si vitrea, y se ha venido á saber que las moléculas de los cuerpos presentan tambien estas diferencias. Todo esto y las teorías que hay sobre el particular lo veremos cuando tratemos de la química, pues allí pertenece ocuparnos en la accion íntima de las moléculas. Veamos pues la eficacia del fluido galvánico para curar la parálisis, y otras enfermedades de los hombres.

SILV. — Andaos con tiento en esto, porque no es tan fiero el leon como le pintan: cediendo al torrente de la novedad, he aplicado alguna vez el tal fluido galvánico, y no tengo motivos para estar satisfecho de su virtud curativa.

TEOD. — No tengo intencion de sostener aqui una tesis de terapéutica, doctor mio; dejadme esponer unos cuantos hechos, y despues veremos. En Inglaterra aplicaron una corriente galvánica á un hombre, muerto unos tres cuartos de hora antes, y empezó á respirar y á mover sus miembros, hasta el

punto de dar esperanzas de salvarle, si la grande cantidad de sangre que habia perdido no se hubiese opuesto á este feliz resultado. Así ya veis que un individuo amenazado de la muerte, por haberse anegado, ó por haberle sofocado el tufo del carbon ú otro gaz maléfico de esos que matan por impedir tan solo la respiracion, una corriente galvánica podrá serles de grande utilidad puesto que activará los movimientos de la respiracion perdida á causa del agua ó gases introducidos en los pulmones.

SILV. — No lo dificulto : despues de haber empleado los medios conducentes para sacar todas estas sustancias mortíferas de los pulmones, si el asfixiado no da muestras de vida todavía creo que una corriente galvánica podria hacérsela recobrar.

TEOD. — Entre mis aparatos propios para volver la vida amenazada á algun infeliz de mis vecinos que se anegue ó sofoque yo tengo mi pila, siempre dispuesto á hacerla obrar en caso necesario.

EUG. — Si habeis empleado alguna vez, Silvio, el fluido galvánico para curar á un paralítico, tened la bondad de decirme, en pocas palabras, y que yo lo entienda, como lo habeis hecho.

SILV. — De esta manera; si es un brazo ó una pierna paralizada la que se trata de hacer mover, se busca el punto de donde vienen los nervios que animan el miembro paralizado y la parte céntrica de los músculos que mueven este miembro. Sabed que los músculos son como unas piezas de carne que hay debajo de la piel, elásticas, de formas generalmente planas en el tronco y cilíndricas en los miembros del cuerpo humano, que sirven para ejecutar

los movimientos. Luego de hallados estos dos puntos se ponen en comunicacion con los dos polos de la pila. Y para que la cosa salga mejor es menester aplicar en los puntos de la piel mas cercanos al origen de los nervios, chapas metálicas flexibles y mojadas de una disolucion salina. Y como esta simple corriente es menos activa que la conmocion, es bueno interrumpir alternativamente las comunicaciones con la pila. Mas os repito que no puedo lisonjearme de sus resultados, y haced de modo que no os volvais paralítico, porque si el fluido galvánico os ha de volver el movimiento no os arriendo la ganancia.

TEOD. — Con todo es de esperar que, mejor observada su accion, la cual no puede negarse que es grande, y por lo tanto susceptible de efectos, como se sepa explotarla, ha de reportar algun dia felices resultados. Pero dejemos esto, pues harto hemos hablado del fluido galvánico, y pasemos al *magnetismo*.

§ V.

Trátase del magnetismo; de los imanes naturales y artificiales, y se da fin á la física explicando los peces eléctricos y la aurora boreal.

EUG. — ¿Qué es esto del magnetismo?

TEOD. — ¿No habeis oido hablar alguna vez de la piedra iman?

EUG. — ¡Toma! y quien no ha oido hablar de la tal piedra ¿es esa piedra que segun dicen atrae el hierro?

punto de dar esperanzas de salvarle, si la grande cantidad de sangre que habia perdido no se hubiese opuesto á este feliz resultado. Así ya veis que un individuo amenazado de la muerte, por haberse anegado, ó por haberle sofocado el tufo del carbon ú otro gaz maléfico de esos que matan por impedir tan solo la respiracion, una corriente galvánica podrá serles de grande utilidad puesto que activará los movimientos de la respiracion perdida á causa del agua ó gases introducidos en los pulmones.

SILV. — No lo dificulto : despues de haber empleado los medios conducentes para sacar todas estas sustancias mortíferas de los pulmones, si el asfixiado no da muestras de vida todavía creo que una corriente galvánica podria hacérsela recobrar.

TEOD. — Entre mis aparatos propios para volver la vida amenazada á algun infeliz de mis vecinos que se anegue ó sofoque yo tengo mi pila, siempre dispuesto á hacerla obrar en caso necesario.

EUG. — Si habeis empleado alguna vez, Silvio, el fluido galvánico para curar á un paralítico, tened la bondad de decirme, en pocas palabras, y que yo lo entienda, como lo habeis hecho.

SILV. — De esta manera; si es un brazo ó una pierna paralizada la que se trata de hacer mover, se busca el punto de donde vienen los nervios que animan el miembro paralizado y la parte céntrica de los músculos que mueven este miembro. Sabed que los músculos son como unas piezas de carne que hay debajo de la piel, elásticas, de formas generalmente planas en el tronco y cilíndricas en los miembros del cuerpo humano, que sirven para ejecutar

los movimientos. Luego de hallados estos dos puntos se ponen en comunicacion con los dos polos de la pila. Y para que la cosa salga mejor es menester aplicar en los puntos de la piel mas cercanos al origen de los nervios, chapas metálicas flexibles y mojadas de una disolucion salina. Y como esta simple corriente es menos activa que la conmocion, es bueno interrumpir alternativamente las comunicaciones con la pila. Mas os repito que no puedo lisonjearme de sus resultados, y haced de modo que no os volvais paralítico, porque si el fluido galvánico os ha de volver el movimiento no os arriendo la ganancia.

TEOD. — Con todo es de esperar que, mejor observada su accion, la cual no puede negarse que es grande, y por lo tanto susceptible de efectos, como se sepa explotarla, ha de reportar algun dia felices resultados. Pero dejemos esto, pues harto hemos hablado del fluido galvánico, y pasemos al *magnetismo*.

 § V.

Trátase del magnetismo; de los imanes naturales y artificiales, y se da fin á la física explicando los peces eléctricos y la aurora boreal.

EUG. — ¿Qué es esto del magnetismo?

TEOD. — ¿No habeis oido hablar alguna vez de la piedra iman?

EUG. — ¡Toma! y quien no ha oido hablar de la tal piedra ¿es esa piedra que segun dicen atrae el hierro?

TEOD.—No solamente el hierro sino otros metales como el níquel y el cobalto, á los cuales comunica sus mismas propiedades. Pues bien, la virtud por la cual dicha piedra hace todo esto se llama *magnetismo*, y esta virtud en último resultado no es otra cosa mas que la electricidad... no me hagais ninguna objecion Silvio, porque esperiencias recientes han probado hasta la evidencia la identidad del fluido magnético con el galvánico, pues por medio de corrientes galvánicas se han hecho y pueden hacer imanes artificiales, y ya os dije que habia hechos que probaban la misma posibilidad de parte de la máquina eléctrica. Así podeis dar por concluido que la electricidad ordinaria, el fluido galvánico y el magnético vienen á ser la misma cosa en el fondo, diferenciándose solamente por ciertas modificaciones notables.

SILV.—Seguid adelante y no prolongueis mas este punto; para mí sería ocioso y, si Eugenio se satisface con lo que le digais, no hay ningun inconveniente en que deis por asentada dicha identidad.

ETG.—Puesto que Teodosio lo asegura lo creo, sin perjuicio de que, cuando esté bastante instruido allá á mis solas ya me compraré mis libros que tratan estensamente sobre los puntos que yo quiera saber mas detallados.

TEOD.—Esto dado por sabido pues, vamos á estudiar los efectos del magnetismo. La piedra iman es una piedra metálica que se halla en las minas de hierro. Las hay de una fuerza prodigiosa, y atraen masas de hierro con fuerza de muchas arrobas; pero no es esto lo mas notable. Si suspendeis una chapa de iman por un hilo, ó sobre un eje que le permita

moverse libremente, toma una direccion constante que se fijará á poca diferencia segun la línea de lo que se llama el meridiano; esto es, una de sus estremidades se vuelve constantemente hácia el norte y la otra hácia el sur. Estas dos puntas se llaman polos del iman: el que se dirige hácia el norte se llama polo *boreal*; el que va hácia el sur polo *austral*. Dos imanes que se presenten los polos boreales ó los australes se rechazan; al contrario si el uno presenta el boreal y el otro el austral se atraen; aquí tengo una aguja tocada al iman; aquí hay otra que se halla en la misma condicion (Fig. 99). La primera está suspendida de un hilo de seda y en reposo; le presento otra por el polo boreal al polo del mismo nombre, ved como se aparta; le presento el austral: mirad como sigue mi movimiento.



Fig. 99.

ETG.—Es curioso; presentándole el mismo polo describe un círculo retrocediendo; presentándole un polo diferente, describe el círculo avanzando.

TEOD.—Estas propiedades de la piedra iman han dado lugar á la construccion de la brújula, cuya pieza principal es una aguja cebada al iman, la cual es perfectamente movable en el eje que la sostiene. Inclínandose una punta de la aguja al norte, otra al sur, el navegante tiene una guía segura y sabe donde se halla, cuando engolfado en el seno de los mares no ve un objeto que le indique el camino que ha hecho ni el que le toca hacer. Con la brújula se

hace lo que se llama la *rosa de los vientos* y se sabe qué rumbo lleva la nave. Mas guardaos de creer que la aguja se dirija siempre hácia el norte de una manera precisa : ahora se aparta hácia el oriente, ahora hácia poniente, segun los tiempos y lugares. Este es el fenómeno que se conoce con el nombre de *declinacion de la aguja*. Parece que esta declinacion está sujeta á variaciones periódicas ; pues, en 1580 se hallaba en París á $11^{\circ} 50'$ hácia el oriente, y anduvo disminuyendo hasta 1665; en cuya época se halló exactamente en la direccion del meridiano, luego se inclinó hácia el occidente. En 1678 era ya su inclinacion de $1^{\circ} 50'$, hasta 1818 fué aumentando, y era de $22^{\circ} 26'$; desde entonces ha empezado á acercarse al polo. A mas de estas variaciones generales puede la aguja experimentar otras meramente accidentales ; las borrascas y la aurora boreal, metéoro que os explicaré hoy, la hacen cambiar en efecto de direccion. Esto y el haber mudado los rayos los polos de la brújula, de suerte que despues de la tempestad el piloto cree marchar hácia el norte, navegando en efecto hácia el sur, pueden ser otros tantos hechos en corroboracion de la identidad del fluido magnético con la electricidad ordinaria.

EUG. — A causa de estos desvios será que cada año se suele notar, cuanto se ha desviado la aguja de la brújula ; así los navegantes tienen un medio con que guiarse mas seguro.

TEOD. — Otra irregularidad ofrece todavía la aguja cebada al iman : la estremidad que mira al ecuador es siempre mas elevada que la que se dirige hácia

el polo. Así en nuestro hemisferio el polo boreal es el mas bajo; en el hemisferio meridional es el austral.

EUG. — ¿ Y á qué puede atribuirse esta inclinacion ?

TEOD. — A la atraccion de los polos de la tierra sobre los de la aguja. En el *ecuador magnético* donde los polos obran con igual fuerza, no hay ninguna inclinacion, y va aumentando á medida que uno se acerca á los polos. Tambien parece tener la aguja un periodo de variacion estremadamente lento, cuyas causas nadie sabe todavía.

EUG. — Pero yo quisiera saber la causa de todos estos fenómenos; es la electricidad, me direis, enhorabuena; pero ¿ de donde viene esta electricidad que los produce, cómo se desenvuelve? En los fenómenos de la electricidad ordinaria veo la máquina eléctrica, el condensador, las baterias ; en los del fluido galvánico veo la pila y sé el origen y medios de producir electricidad; pero aquí no veo nada mas que el iman y las agujas cebadas de esta piedra, y no sé todavía como se desenvuelve la electricidad magnética.

TEOD. — Observando lo que se pasa en la pila galvánica, su construccion, las corrientes eléctricas que esta construccion produce y los efectos dimanados de estas corrientes, y aplicando luego los resultados de este examen al globo terráqueo suponiéndole como una inmensa pila voltaica capaz de producir todo y mucho mas de lo que produce este instrumento, os dareis cuenta y razon de todos los fenómenos magnéticos. En efecto miraré hoy dia la tierra como una verdadera pila, que tiene sus dos polos entre los cuales reinan corrientes continuas

de electricidad ó magnetismo, por cuanto las diferentes sustancias que constituyen la esencia del globo terrestre hacen el mismo efecto que la reunion de los diferentes discos de la pila artificial, y á esto se atribuye el calor central de la tierra de que ya os hablé y pienso hablaros todavía.

SILV. — Pero esto no pasa de mera teoria, y teoria puramente ilusoria.

TEOD. — No tan ilusoria como creéis, doctor, apoyase en esperimentos muy precisos y terminantes, y por esto es adoptada por los fisicos mas sabios, entre los cuales os citaré dos, Arago y Ampere. Y para que veais que no me contento con la fuerza de la autoridad, voy á daros una prueba que valdrá por todas las que pudiera daros, si nuestra conferencia lo permitiese. Si tomáis un pedazo de hierro cualquiera de una mina y acercándolo á otro hierro, al acero, al nickel, al cobalto, no los atrae, ni les da los dos polos de la piedra iman, direis que este pedazo de hierro no es dicha piedra.

SILV. — Claro está que diré no; pues no presenta las propiedades que la caracterizan.

TEOD. — Es decir que si hubiese hecho todo lo dicho lo hubierais tenido por un iman.

SILV. — Sin ningun empacho.

TEOD. — Ahora bien sabeis que una de las propiedades del iman, es comunicar sus condiciones á las agujas ó metales que se ceban de él. Si yo os pruebo que la tierra, lo mismo que la pila galvánica, da á las agujas y al hierro estas condiciones, ¿no os vereis precisado á reconocerla como una de estas pilas, como un iman inmenso, puesto que

obrará en virtud del mismo principio que caracteriza esta piedra?

SILV. — Precisamente de esto se trata; que me probeis como la tierra hace imanes.

TEOD. — Puesta una barra de hierro en el suelo en la direccion de los polos de la tierra, se vuelve con el tiempo como tocada del iman; es decir presenta un polo austral y un polo boreal, lo mismo que la aguja de la brújula, y toda aguja cebada de dicha piedra. Suspended una barra de hierro por medio de un hilo de seda; dejadla algun tiempo en esta posicion, acabará por inclinarse hácia los polos de la tierra, y adquirir propiedades magnéticas. Hase observado que las cruces de los campanarios que se hallan en la direccion de los polos de la tierra, adquieren virtud magnética con el tiempo; igual fenómeno se ha observado en los hierros de las chimeneas, en las limas de los oficiales que liman siempre en una direccion, y en muchos instrumentos de hierro domésticos é industriales, cuando se han hallado estos por cierto tiempo en la direccion de dichos polos. Ahí tenéis pues los resultados mas evidentes de una virtud completamente igual á la del iman, y sin embargo no ha habido iman ninguno que los haya producido.

SILV. — Esto hasta aquí solo me prueba, que no lo ha producido ningun iman sensible para nosotros; pero no que lo haya provocado la facultad magnética de la tierra.

TEOD. — Los sabios que os he citado han dado virtud magnética á una aguja sin la concurrencia del iman, valiéndose para ello de una corriente gal-

vánica. Hé aquí lo que hicieron, tomaron un alambre torcido en espiral, en medio del cual colocaron la vara que querian convertir en iman, comunicando el alambre con los polos de la pila, servia de conductor á la corriente, la cual produjo el resultado con bastante rapidez.

SILV. — ¿Y bien qué prueba esto?

TEOD. — Prueba que cuando con la pila galvánica, esto es, con una corriente de electricidad magnetizáis un hierro, para nada necesitáis el iman natural; y puesto que en los casos citados no ha habido ninguna pila voltáica que los haya producido, la corriente eléctrica á que deben su virtud magnética todos aquellos hierros é instrumentos procede de la tierra, que se conduce en este caso como una verdadera pila.

SILV. — Pasad adelante : no insisto mas sobre el particular.

EUG. — Ello parece cierto que hay en la tierra estas corrientes, y no hallo nada que se oponga á su admision.

TEOD. — Añadid que con esta teoría sumamente racional, se esplican una infinidad de fenómenos inesplicables de una manera satisfactoria en cualquier otra. Siento mucho que nuestra conferencia no nos permita entrar en la esposicion detallada de estas corrientes, de su influencia, en especial sobre la brújula, y de la teoría de Ampère que es la generalmente seguida en el día, pues son cosas sumamente interesantes, y que han de dar cuenta de una infinidad de hechos pasmosos de la naturaleza. Así cuando esteis mas instruido, si deseais abarcar esta

cuestion entera, procuraos obras que la ventilen en especial las del tal Ampere, y me dareis las gracias por el aviso. Dejemos pues este punto y vamos á ver como podemos hacer imanes artificiales. El mismo iman natural en las manos del hombre redobla y acrecienta su fuerza atractiva, con solo envolverlo para hacerle lo que se llama una *armadura* con planchas de hierro ó acero. Si queremos hacer un iman artificial podemos obtenerlo de varios modos : 1.º Basta colocar una varilla de acero, ó de hierro en la direccion en que esté la aguja tocada del iman, y dejarla así por algun tiempo para que se quede magnetizada. A este modo se debe la magnetizacion de las cruces de los campanarios, de los instrumentos, de las barras de hierro puestas en el suelo ; y hasta la produccion de los imanes naturales en las minas de hierro, se debe para mí á esta direccion ; de modo que si la observacion no me presentase imanes naturales en una mina de hierro en diferente direccion, tendria por muy seguro que no hay mas razon para llamar iman natural la piedra metálica que se halla en las minas de hierro, que la barra horizontal de una cruz de un campanario, pues entrambos deben su virtud magnética á su posicion relativa á los polos de la tierra ; y esto es otra prueba irrefragable de que el magnetismo es el galvanismo y este la electricidad ordinaria. ®

EUG. — Convengo absolutamente en lo que acabais de decir.

TEOD. — 2.º Otro medio hay de hacer imanes : tomad una piedra iman, y frotad en uno de sus polos una varilla de acero desde un cabo al otro. 5.º Reu-

nid por sus polos opuestos dos varillas magnetizadas, y frotad la varilla de acero desde su centro á los cabos con los cabos de las varillas magnetizadas, y la magnetizareis. 4º. Y notadlo bien, haced la varilla de acero conductor de cierto número de descargas eléctricas, y la conseguireis magnetizar: ahí teneis la electricidad ordinaria produciendo el mismo efecto que el iman: ya os dije que cayendo contra una embarcacion un rayo, ha mudado los polos de la brújula, causando grande engaño al piloto que se iba al norte ó al sur, creyendo navegar en sentido opuesto. Por último, magnetizareis bellamente una varilla de acero por medio de una corriente galyánica, como lo han hecho Arago y Ampere, segun os lo tengo dicho. Advertid que entre el hierro y el acero hay diferencias tanto en la facilidad de magnetizarse, como en la facultad de retener la virtud magnética. El hierro se magnetiza muy fácilmente, pero tambien retiene poco su virtud imánica; todo lo contrario sucede en el acero. El hierro blando toma y pierde con mucha rapidez la virtud del iman: el batido y pasado por la hilerá lo toma y pierde con mas dificultad: el acero templado á un color de cereza, se magnetiza con mucha lentitud, pero conserva perfectamente sus propiedades: el acero demasiado templado duro ya no puede magnetizarse. Los físicos llaman fuerza *coercitiva* la que tiene un cuerpo de conservar su magnetismo comunicado. Demos fin á nuestra conferencia de hoy, y á las conferencias sobre la física hablando de los peces eléctricos, y de la aurora boreal.

Eug. — Hé aquí dos cosas que me llaman la

atencion. Ya he oido hablar de ciertos peces que si uno los toca recibe una fuerte conmocion, ¿es esto cierto?

TEOD. — Ciertísimo: producen el mismo efecto que una corriente galvánica. Muchos son los peces de estas calidades, los mas notables son el *torpedo* y la *gimnota*, que es una especie de anguila. Cuando alguno los toca, se experimenta una violenta conmocion que puede trasmitirse á muchas personas, que se tengan por la mano: y lo mas notable es que este poder, dado al animal, como para su defensa, ó atacar su presa, depende de su voluntad, pues si lo tocan suavemente no hace nada; y lanza la conmocion muchas veces seguidos cuando lo irritan. Y aun no para todo aquí: pues parece que estos animales gozan de la facultad de trasmitir esta conmocion al traves del agua, á cierta distancia, y á la direccion que les conviene.

Eug. — ¿Y á qué se atribuye esta facultad extraordinaria de estos animales?

TEOD. — Algunos han querido suponer que su estructura presentaba algo semejante á una pila voltaica. Arago y Ampere tentaron inútilmente en una gimnota que habia en el Jardin de Plantas de Paris, si la aguja tocada al iman se desviaria, y si podria el tal pez comunicar la virtud magnética al hierro. Mas hoy dia estan bien determinadas sus corrientes y la naturaleza de estas. Dicese que una porcion del cerebro del animal produce la electricidad que le hace tan notable, y que la corriente va constantemente del dorso al vientre. Esta corriente goza de todas las propiedades de las corrien-

tes galvánicas, y hasta hay físicos que se disputan el descubrimiento de una chispa, que se produce cuando se reunen los conductores que comunican con el dorso y vientre del animal. No os digo nada sobre la produccion de esta corriente porque nada sé, ni ha llegado á mi noticia que alguno lo sepa.

EUG. — ¿Y la aurora boreal qué viene á ser?

TEOD. — Este es un metéoro luminoso al cual se da el nombre de *aurora*, porque su luz se semeja á la del alba; y *boreal*, porque es frecuente en el polo de este nombre. Consiste en una especie de nube blanca y luminosa que aparece en el norte, y permanece durante algunas horas inmovil y como estacionaria. Chorros luminosos se esparcen á menudo al rededor de esta nube precedida de grandes chispas brillantes; algunos centelleos, segmentos de círculos mas iluminados, otros mas oscuros nacen y desaparecen sucesivamente en diferentes puntos de su estension. A veces el metéoro es de un color rojizo, ó encarnado, como de fuego, de suerte que el cielo se presenta como si un vasto incendio de alguna parte lejana le lanzare su espantoso resplandor. Con todo, por fuerte que sea la luz de la aurora boreal, no dejan verse las estrellas, de modo que esta luz es al parecer poco intensa. Nunca acompaña este fenómeno ruido alguno, como se habia supuesto antiguamente; y los físicos piensan que se forma á la altura de doscientas leguas, al menos de la superficie de la tierra. Así lo inclina á creer la enorme distancia de los puntos, desde donde puede verse una aurora boreal. Comunes son estos fenómenos en las regiones polares, con todo no dejan

de acaecer de cuando en cuando mas hácia el centro de la esfera. En París, por ejemplo, en 1827 hubo una aurora boreal, y á la misma hora fué vista en Londres, Copenhague y Baviera.

EUG. — Mucho me gustaria ver una de estas singulares auroras: mas decidme ¿se sabe á qué causa son debidas?

TEOD. — Mucho se ha escrito sobre el particular; mas parece que hoy en dia estan de acuerdo los físicos en atribuirlo á las corrientes eléctricas de la tierra, las cuales se reunen allá en las regiones altas del aire desde el polo á otros puntos del globo. Consideran, como os he dicho, la tierra á fuer de una pila voltaica, cuyos polos adquieren lentamente cierto grado de tension mas allá del cual los fluidos se reunen al través de los espacios vacíos que circuyen la tierra. Maupertuis, en su relacion del viage á Laponia, cuando fué á medir los grados del meridiano, testifica que las noches eran allí sumamente alegres, por las frecuentes auroras boreales que no parecian sino fuegos artificiales. De modo que en esto se reconoce como en otras muchas cosas la providencia divina, la cual ha dado un modo natural de compensar la larga ausencia del sol en estas regiones.

EUG. — ¿Y de qué proceden unas como estrellas que yo veo caer á veces por el cielo, y perderse de vista repentinamente?

TEOD. — Mucha gente del vulgo piensa que son algunas de las estrellas quietas que estaban luciendo, y que despues cayeron y se apagaron. Pero en realidad no son mas que gases que se inflaman bajo

la influencia de la electricidad. Sobre esto se han dicho muchas cosas y no pocas tonterías; así quedados con esta idea vaga que acabo de daros, y es lo mejor que podeis hacer. Todas estas luces que aparecen en el aire son inflamaciones de materia que se levanta con los vapores de la tierra y se enciende; y según los movimientos y figuras que tienen les dieron nombres diversos. Mas suspendamos por algún tiempo nuestras conferencias científicas y procurad conservar lo que os he enseñado hasta aquí que es todo lo relativo á la física.

ETG. — Estoy contento, y os agradezco el trabajo que por favorecerme habeis tomado, dándome con vuestras instrucciones luz para hacer reflexion sobre las admirables obras de la naturaleza, y mi curiosidad me hará inquirir lo que no supiere.

TEOD. — Este es el principal fruto de los estudios, conocer nuestra ignorancia, y procurar remediarla, porque nunca se cura el mal cuando se ignora. No es tanta la utilidad que he sacado de esta aplicacion en lo que sé como en lo que conozco que me falta por saber, que es mucho mas sin comparacion. Pero la empresa que tomé fué instruiros suavemente, y no solo entreteneros; para eso no faltarían amigos, y tal vez no tendriais ocasion mas cómoda para instruiros sin mayores estudios, como la que aquí habeis tenido en mi casa. Una utilidad sé que ya habeis logrado, y es la que yo saqué; esto es, haber adquirido mayor conocimiento de la grandeza de Dios, reparando con mas cuidado en sus obras que nos dejó acá, que son las criaturas; y por otra parte formar mas vivo concepto de nuestra

misera flaqueza é ignorancia. Estos dos países, el de la grandeza de Dios en poder, sabiduría y providencia, y en contraposicion el de nuestra vileza, ignorancia y fragilidad, son incomprensibles, y jamas se les conocieron límites. Ruégoos á uno y otro que procureis siempre reflexionar sobre todo lo que se os ofreciere en este camino de la vida, que Dios dilate por muchos años; porque quien todo lo mira con ojos de filósofo siempre estudia, siempre aprende, siempre recrea su entendimiento, y siempre va formando mas alto concepto de Dios, que es el fin para que se nos dió el entendimiento.

ETG. — Durante el curso de estas conferencias solo me habeis dado noticia histórica de algunos puntos: puesto que hoy tenemos tiempo, si os viene bien quisiera que me hiciéseis la historia de la física entera.

TEOD. — Con mucho gusto, amigo; y si Silvio no se opone á ello voy á empezarla.

SILV. — Nada tengo que decir en contra, por lo tanto pasad adelante.

§ VI.

Dáse una ojeada general sobre la historia de la física.

TEOD. — Daros la historia detallada de la física, hoy dia seria un empeño no proporcionado al caracter de nuestras conferencias; pues es un campo inmenso donde brotan todos los dias, cuando no ramos nuevos, nuevos vástagos en cada ramo. Tal

la influencia de la electricidad. Sobre esto se han dicho muchas cosas y no pocas tonterías; así quedados con esta idea vaga que acabo de daros, y es lo mejor que podeis hacer. Todas estas luces que aparecen en el aire son inflamaciones de materia que se levanta con los vapores de la tierra y se enciende; y segun los movimientos y figuras que tienen les dieron nombres diversos. Mas suspendamos por algun tiempo nuestras conferencias científicas y procurad conservar lo que os he enseñado hasta aquí que es todo lo relativo á la física.

ETG. — Estoy contento, y os agradezco el trabajo que por favorecerme habeis tomado, dándome con vuestras instrucciones luz para hacer reflexion sobre las admirables obras de la naturaleza, y mi curiosidad me hará inquirir lo que no supiere.

TEOD. — Este es el principal fruto de los estudios, conocer nuestra ignorancia, y procurar remediarla, porque nunca se cura el mal cuando se ignora. No es tanta la utilidad que he sacado de esta aplicacion en lo que sé como en lo que conozco que me falta por saber, que es mucho mas sin comparacion. Pero la empresa que tomé fué instruiros suavemente, y no solo entreteneros; para eso no faltarían amigos, y tal vez no tendriais ocasion mas cómoda para instruiros sin mayores estudios, como la que aquí habeis tenido en mi casa. Una utilidad sé que ya habeis logrado, y es la que yo saqué; esto es, haber adquirido mayor conocimiento de la grandeza de Dios, reparando con mas cuidado en sus obras que nos dejó acá, que son las criaturas; y por otra parte formar mas vivo concepto de nuestra

misera flaqueza é ignorancia. Estos dos países, el de la grandeza de Dios en poder, sabiduría y providencia, y en contraposicion el de nuestra vileza, ignorancia y fragilidad, son incomprensibles, y jamas se les conocieron límites. Ruégoos á uno y otro que procureis siempre reflexionar sobre todo lo que se os ofreciere en este camino de la vida, que Dios dilate por muchos años; porque quien todo lo mira con ojos de filósofo siempre estudia, siempre aprende, siempre recrea su entendimiento, y siempre va formando mas alto concepto de Dios, que es el fin para que se nos dió el entendimiento.

ETG. — Durante el curso de estas conferencias solo me habeis dado noticia histórica de algunos puntos: puesto que hoy tenemos tiempo, si os viene bien quisiera que me hiciéseis la historia de la física entera.

TEOD. — Con mucho gusto, amigo; y si Silvio no se opone á ello voy á empezarla.

SILV. — Nada tengo que decir en contra, por lo tanto pasad adelante.

§ VI.

Dáse una ojeada general sobre la historia de la física.

TEOD. — Daros la historia detallada de la física, hoy dia seria un empeño no proporcionado al caracter de nuestras conferencias; pues es un campo inmenso donde brotan todos los dias, cuando no ramos nuevos, nuevos vástagos en cada ramo. Tal

como se halla actualmente la física es una ciencia vastísima, ó por mejor decir un conjunto de ciencias estudiadas cada una en particular, por sabios que ensanchan todos los días sus dominios enriqueciéndola continuamente con interesantes descubrimientos, y cada una de estas ciencias tiene su historia particular; así Aldini ha escrito la de la electricidad por contacto, Stewart, Arago, y otros la de las máquinas de vapor, etc. No hay mas que hojear las Memorias de las academias, los periódicos científicos como los Anales de Química y física, el diario de física, y diferentes revistas, para palpar de cuanto material se compone ya la historia de la ciencia que os acabo de enseñar. Mas, nosotros haremos con la historia, lo que hemos practicado con la esposicion de las materias y doctrinas pertenecientes á la física; así como la hemos tratado elementalmente, así solo nos entretendremos en las circunstancias mas notables de la historia de los fenómenos que nos han ocupado hasta ahora, y no hablaremos de ninguna opinion, ni doctrina que no se refiera á ellos.

EUG.—Yo me contentaré, por ahora, con saber cuando se empezó el estudio de la física, las mudanzas de doctrina que ha experimentado, con el decurso de los tiempos, los progresos que le han hecho seguir descubrimientos sucesivos, y quienes fueron los que han hecho estos descubrimientos.

SILV.—No pedis poco á la verdad, y trabajo tiene Teodosio como quiera dejaros satisfecho.

TEOD.—Con todo lo tentaremos. La historia de las teorías físicas debería remontarse sin duda á las

primeras edades, en que la inteligencia humana ha manifestado su pujanza; en aquellos tiempos los fenómenos naturales conocidos formaban un solo conjunto de conocimientos, y su simple descripción era el único objeto de su estudio: mas habiéndose hecho bien pronto considerable su número, ya fué difícil conocerlos todos á la vez, á causa de su variedad y de la poca relacion que tenian muchos entre sí, y se hizo preciso clasificarlos, reuniendo en secciones particulares los que tenian entre sí mas relacion; y á fin de asociarlos unos á otros á medida que se acrecentaba su catálogo, se les atribuyeron causas generales cuya existencia positiva se supuso, aunque bien á menudo, no fué posible señalar las condiciones de su manera de ser en el sistema del universo. Formáronse como es de suponer teorías; pues el hombre no se contenta con ver un efecto, sino que quiere saber la causa, y á falta de la verdadera se inventa una con que se satisface por mas ó menos tiempo su innata curiosidad. Por medio de estas teorías, verdaderos medios de estudio, se establecen los cimientos de un edificio que se va solidificando y embelleciendo, á medida que se atina con la causa real de los fenómenos inmensamente variados, que componen el vasto conjunto científico de la filosofía natural. Cuando los hechos eran poco numerosos, era posible que un solo hombre, dotado de medianos talentos, los poseyese todos completamente, y fuese un sabio enciclopédico, esto es, un sabio consumado en todos los ramos de conocimientos humanos; así veis que la mayor parte de los guerreros de la antigüedad, y de tiempos mas cer-

canos á nosotros poseian, lo que se llamaba en aquellas épocas, la filosofía natural igualmente que los filósofos: Alejandro, en efecto, Epaminondas, Focion, Cesar, Carlomagno, Pedro el Grande, Federico II, y otros son ejemplos de la verdad que hemos emitido. Mas de tal suerte se han multiplicado en el día los conocimientos humanos, que no solamente ya no se puede llamar uno un vasto filósofo natural, sino ni un vasto físico, un vasto químico, un vasto naturalista, etc., pues cada una de estas grandes ciencias ha tenido que subdividirse en varias secciones, como tiene que dividirse en provincias y partidos una nacion cuya poblacion se acrecienta todos los dias, y bien pronto llegará tiempo en que solo podrá decirse, fulano es un *electrólogo*, sutano un *galvanólogo*, mengano un *ópticologo* ó *calórico-ologo*, etc., y esto solamente para la física; pues cada uno de estos tratados es en el día tan rico en hechos y tan vasto en aplicaciones, como siglos atras la filosofía natural entera, y es preciso consagrarse esclusivamente á uno para abarcarlo completamente. Cuando veamos la historia de las demas ciencias tendreis todavía nuevos motivos de asociaros á mi modo de pensar.

EUG. — Así lo comprendo en efecto trasluciéndolo de lo que me habeis enseñado.

TEOD. — Como sea veamos la historia de la física. Todos los pueblos civilizados han cultivado con asiduidad esta ciencia; mas no datan de mucho tiempo los principios con que se esplican actualmente los fenómenos que su periferia abraza. La existencia de los cuerpos ha sido por largo tiempo,

el blanco de las meditaciones y controversias de los sabios; entre los antiguos filósofos los hubo que sostuvieron, que no teniamos ningun medio para adquirir la certeza de este principio, que estábamos rodeados sin cesar de ilusiones y quimeras; que nos hallábamos en un estado de somnolencia y sueño el cual nos hacia tomar por realidades las causas de todas nuestras sensaciones, como sucede, cuando no siendo muy profundo nuestro sueño, nos entregamos á mil delirios, cuyos objetos nos afectan como si realmente estuviésemos despiertos. Estas y otras semejantes opiniones, en cuyos pormenores seria inutil entrar, se han reproducido enteramente, ó en parte, casi en nuestros dias en los escritos de un tal Berkeley, que las ha sostenido de una manera sumamente ingeniosa. El vasto genio del padre Malebranche, no podia admitir otras razones en apoyo de la existencia de los cuerpos que el relato de Moises sobre las circunstancias de su creacion.

EUG. — He aqui una cosa que me sorprende mucho, no soy hombre que haya estudiado filosofías; así mi juicio no puede ser de gran peso; pero me parece que esta opinion es un verdadero delirio.

TEOD. — Largo seria enumeraros todas las que ha habido en el mundo literario desde que empezó á agitarse esta cuestion. Xenófanes, que vivia 552 años antes de Jesucristo, negó la existencia del vacío; admitió dos principios, el agua y la tierra, cuyas combinaciones formarian todos los cuerpos; poco despues Heráclito compuso todas las existencias naturales, con un principio único que fué el fuego mas ó menos condensado. Por los años 400,

antes de nuestra era, Demócrito, Leucipo, Epicuro.... formaron los cuerpos con átomos de diversas formas é indivisibles. Empédocles supuso en la naturaleza dos fuerzas que llamó amor y discordia, y que tienden á aproximar ó desunir las moléculas.

ETG. — Esto viene á ser en otros términos la atracción y repulsión de los modernos, á lo menos por lo que toca á las palabras.

TEOD. — Por los mismos tiempos Platon admitió la existencia de dos principios, la material y la forma, que dan nacimiento á cinco elementos, á saber el fuego, el aire, el agua, la tierra y el eter, los cuales forman todos los cuerpos con sus mezclas diferentes. Aristóteles, su discípulo, desarrolló las doctrinas de Platon en el Liceo, por los años de 550 antes de la era cristiana; y sus inmensos trabajos y la vasta estension de sus conocimientos han trasportado su filosofía hasta nuestros tiempos.

ETG. — Mucho he oido hablar de este Aristóteles, todo el mundo le cita como un grande hombre.

SILV. — Así merece que se haga, pues fué el mas grande de los filósofos, y esos modernos, que tanto cacarean sus descubrimientos, todo lo deben á los talentos de Aristóteles.

TEOD. — Poco á poco, amigo; no exagereis tanto el mérito de este filósofo, si no se lo quereis disminuir. Aristóteles fué un genio á la verdad, y si sus doctrinas han tenido mas séquito y durado mas que las de ningun otro filósofo de la antigüedad, acaso se debe á las circunstancias favorables en que le colocaron las victorias de su famoso discípulo Alejandro.

ETG. — ¿Cómo es esto? ¿Alejandro Magno fué discípulo de Aristóteles?

TEOD. — Sí, él mismo, estendiendo sus conquistas sobre una grande parte del mundo conocido en aquella época, Alejandro hacia juntar sus diversas producciones y determinar los fenómenos que les eran particulares; de esta suerte ningun hombre hasta Aristóteles, no se habia visto mas felizmente dispuesto á observar tantos objetos naturales. Con esto su genio pudo asentar su filosofía sobre bases que debian hacerle atravesar muchos siglos posteriores á su establecimiento, hasta que al fin mayor número de hechos conocidos, ó mejor observados vinieron á modificarla y destruirla. Como la filosofía de este grande hombre, por ser deductiva é investigatriz era positivamente mas util que la de Platon, buena para halagar la fantasía, pero poco propia para los descubrimientos, hubo de tener mas secuaces en todas partes, y durante mas de mil años, no se imaginó siquiera que fuese posible pensar ú observar mas ni menos de lo que habia pensado y observado Aristóteles; siendo adoptadas sin examen sus doctrinas.

ETG. — Poco digno me parece de filósofos este modo de pensar.

TEOD. — Quince siglos despues de Aristóteles se verificó una grande revolucion, pues sometióse á un examen riguroso la palabra de este absoluto maestro. A mediados del siglo XIII^o, Rogerio Bacon, filósofo inglés, emprendió dirigir el espíritu humano hácia el estudio de los hechos naturales, se levantó contra la ciega sumision al peripatecismo que era la

filosofía aristotélica, bien que le costó grandes desdichas semejante insurrección. Mas tarde por los años 1550, hubo en Francia un tal Ramus á quien acarreó también persecuciones la nueva filosofía, pues se consideraba á sus proclamadores y partidarios como enemigos de la religión cristiana, y eran perseguidos como herejes. Al mismo tiempo el canciller Bacon en Inglaterra, proclamó la observación y la experiencia como las solas bases sólidas, que debían servir de fundamento al edificio de todos los conocimientos positivos.

ERG. — Este es el que mas me gusta hasta ahora de todos los que habeis citado, por lo que puedo decir se me figura que no ha de haber guías, mas seguras para alcanzar la verdad, que la observación y la experiencia.

TEOD. — De esta manera hemos procedido en la exposición de las doctrinas que os he enseñado, y ya habeis visto, que allí donde no hemos podido hacer aplicación de este principio fundamental, hemos tenido nuestros trabajos para fijar algo de positivo. Como sea, un siglo despues Descartes ó Cartesio, como le llaman algunos, hidalgo y militar francés, puso en boga la duda filosófica, introdujo las ciencias matemáticas en el estudio de los fenómenos naturales, no admitió nada que no fuese probado con evidencia, y dió un discurso famoso sobre el método, el precepto y el ejemplo de un modo de proceder directo en el estudio de la naturaleza.

ERG. — También me adhiero al modo de pensar

de este filósofo, pues lo hallo muy conforme con la razón.

TEOD. — Con todo, lo que hace que vos simpatizéis con él, hizo en su tiempo que el odio y la envidia llenasen sus días de amargura. Disgustado de su patria ingrata la abandonó, fué á la corte de Cristina, y cuando murió, lo que fué prematuramente, esa misma Francia, que le habia amargado los días, reclamó sus despojos, para colocarlos entre los de los hombres ilustres.

SILV. — No os entusiasmeis mucho, Eugenio, por Cartesio : pues que su genio ardiente le hizo romper el freno de la razón, que él mismo se habia impuesto, y le entregó á fabricar sistemas imaginarios y errores garrafales, como no me dejará mentir Teodosio.

TEOD. — En efecto es así : sin embargo no por eso dejaron de progresar las ciencias físicas, bajo el influjo de su doctrina, pues él restableció la razón del hombre de una manera definitiva en su derecho imprescriptible de conocerlo todo, examinarlo todo, y no someterse sino á la verdad demostrada con evidencia. En el día estas conquistas parecen poca cosa; mas en aquel tiempo en que una servil sujeción á las ideas recibidas, sostenida por la barbarie intolerante de los poderosos no permitia separarse de la senda trazada por los maestros peripatéticos, este triunfo fué de un resultado considerable.

SILV. — Vos mismo habeis dicho que se perseguía á estos innovadores como enemigos de la religión cristiana : así haced de modo que Eugenio,

no atribuya á un espíritu de secta las tales persecuciones.

TEOD. — A este espíritu debe atribuirlo, y no á un celo verdadero por la religion, pues á falta de pruebas sólidas contra la nueva doctrina, achacaban á sus partidarios este borron, hasta que por fin se convencieron de que las ciencias físicas podian progresar impelidas por este espíritu de libre examen, sin que por esto tuviesen que sufrir ningun menoscabo las creencias de la religion, y de sus dogmas. Afortunadamente en el dia no solo no tienen, como en otros tiempos, las ciencias sus mártires, sino que los mismos sacerdotes y gente pia no se creen apartar un ápice de la senda de sus deberes, siguiendo en el estudio de las ciencias físicas y naturales los progresos de la razon humana.

EUG. — Nunca me ha pasado por el pensamiento que el estudio de estas ciencias me conduzca á la impiedad.

SILV. — Ni yo pretendo decir tal cosa.

TEOD. — Dejemos pues este punto como suficientemente discutido, y continuemos nuestra historia. Despues de Descartes vino Galileo que nació en Pisa en 1564: dotado de un genio curioso, inventivo y profundo, evitó las faltas de sus predecesores, y estableció para siempre la física sobre sus verdaderas bases: tales son la esperiencia y el cálculo. Desde entonces quedó firme y segura la marcha de la ciencia, al mismo tiempo que trazada en grande la senda de los descubrimientos: sucediéronse en efecto estos con rapidez, y medio siglo despues se presentó otro genio no menos grande que

Galileo. El mismo año 1642, que vió acabarse la brillante carrera de este célebre italiano vió nacer el sabio mas ilustre que haya producido la naturaleza humana.

EUG. — Apostaria que hablais de Newton.

TEOD. — De él mismo hablo en efecto. No parece sino que el genio de Galileo, al abandonar sus despojos mortales, se trasportó á Newton, para engrandecerse con otros descubrimientos mas grandes que los de aquel anciano. Newton descubrió nuevos métodos de cálculo, que entre sus manos y las de sus sucesores, han sido instrumentos poderosos de nuevos descubrimientos; perfeccionó los métodos de observacion con los mejores ejemplos y los preceptos mas sabios, y fundó las bases mas sólidas de todos nuestros conocimientos físicos. Ya sabeis que no solo se debe á él el descubrimiento de la atraccion sino el mas interesante todavía de las leyes que la rigen. Dado el impulso por este grande hombre, respondieren á él todas las naciones civilizadas, en especial la Francia, donde Laplace, digno heredero del sabio Ingles, se puso á la cabeza de los fundadores de las teorías modernas, se constituyó autor de la mecánica celeste, y dió á la aplicacion de las matemáticas á las ciencias los desarrollos mas felices y la estension mas brillante. Desde entonces hasta á nuestros dias todo cuanto se trabaja, todo cuanto se descubre, todo cuanto se proyecta, ó tiente, marcha segun esta direccion filosófica; por lo tanto aquí pongo fin á la ojeada general que me he propuesto daros primeramente sobre las concepciones, ó principios filosóficos que se han ido sucediendo en

el estudio de los fenómenos pertenecientes á la naturaleza física. Mucho pudiera deciros todavía de otros sabios que han contribuido al triunfo de las revoluciones que cada uno de dichos principios ha promovido; mas yo creo que basta hacerlos fijar la atención en los mas descollantes, en los gefes de escuela, como bastan para el caminante los mojones que le indican las divisiones notables del terreno, sin hacer mención de los puntos intermedios.

ETG. — Pues ¿qué nos queda ahora para saber?

TEOD. — Ahora voy á pasar revista de los diversos puntos de doctrina física mas notables en que ha habido grandes variaciones, y deciros los nombres de los físicos que han contribuido á ellas ó que las han verificado: así acaso podreis conservar mas fácilmente en la memoria lo que os diga. Empecemos por las propiedades generales de la materia.

§ VII.

Trátase de la historia de cada punto de física en particular.

ETG. — Este método no me parece mal ideado.

SILV. — Estraño fuese que os lo pareciera.

TEOD. — *Impenetrabilidad.* — Mucho tiempo se ha considerado el aire como que no existiese en estado material, hasta que Galileo probó que era pesado, comprimiéndole por medio de una bomba compresiva en una capacidad cerrada: con esto estuvo pro-

bada su impenetrabilidad, y desde entonces no quedó ninguna duda de que era materia como cualquier otra.

Divisibilidad. — La divisibilidad, conocida y admitida en todos tiempos, ha llegado en nuestros días á tal punto que parece haber alcanzado su *máximo*. M. Wollaston da á los alambres de platina diámetros iguales á $\frac{1}{1000}$ de milímetro. M. Becquerel ha dado al acero diámetros pequeñísimos. Lewenhoëck, Malpigo, Spallanzani, etc., han hecho una infinidad de observaciones microscópicas, con infusiones ó sustancias animales y vegetales, y se ha podido comprender así la pequeñez de todos esos seres que se hubiesen escapado eternamente á la vista.

Porosidad. — A fines del siglo XVII^o los académicos del cimento (Florencia), cuyos trabajos han contribuido poderosamente á los progresos de la física, probaron la porosidad del oro, comprimiendo el agua en una esfera hueca de este metal. Sanctorius pasó muchos años en un plato de una balanza para experimentar su traspiracion: mas á Lavoisier y Seguin debemos, y no hace mucho, los resultados mas precisos acerca de esta propiedad. *Ductilidad y maleabilidad.* — Un físico escocés ha dado á los hilos de vidrio pequeñísimos diámetros, de tal suerte que los que son negros no se distinguen de los cabellos de este color.

ETG. — He aquí una cosa que me admira.

TEOD. — Tambien se hacen en Alemania hojas delgadísimas de oro, y otros metales que se emplean para la doradura, y plateadura, etc., por aplicacion. Hablemos de la *Cohesion*. Muchos son los físicos que

el estudio de los fenómenos pertenecientes á la naturaleza física. Mucho pudiera deciros todavía de otros sabios que han contribuido al triunfo de las revoluciones que cada uno de dichos principios ha promovido; mas yo creo que basta hacerlos fijar la atención en los mas descollantes, en los gefes de escuela, como bastan para el caminante los mojones que le indican las divisiones notables del terreno, sin hacer mención de los puntos intermedios.

ETG. — Pues ¿qué nos queda ahora para saber?

TEOD. — Ahora voy á pasar revista de los diversos puntos de doctrina física mas notables en que ha habido grandes variaciones, y deciros los nombres de los físicos que han contribuido á ellas ó que las han verificado: así acaso podreis conservar mas fácilmente en la memoria lo que os diga. Empecemos por las propiedades generales de la materia.

§ VII.

Trátase de la historia de cada punto de física en particular.

ETG. — Este método no me parece mal ideado.

SILV. — Estraño fuese que os lo pareciera.

TEOD. — *Impenetrabilidad.* — Mucho tiempo se ha considerado el aire como que no existiese en estado material, hasta que Galileo probó que era pesado, comprimiéndole por medio de una bomba compresiva en una capacidad cerrada: con esto estuvo pro-

bada su impenetrabilidad, y desde entonces no quedó ninguna duda de que era materia como cualquier otra.

Divisibilidad. — La divisibilidad, conocida y admitida en todos tiempos, ha llegado en nuestros días á tal punto que parece haber alcanzado su *máximo*. M. Wollaston da á los alambres de platina diámetros iguales á $\frac{1}{1000}$ de milímetro. M. Becquerel ha dado al acero diámetros pequeñísimos. Lewenhoëck, Malpigo, Spallanzani, etc., han hecho una infinidad de observaciones microscópicas, con infusiones ó sustancias animales y vegetales, y se ha podido comprender así la pequeñez de todos esos seres que se hubiesen escapado eternamente á la vista.

Porosidad. — A fines del siglo XVII^o los académicos del cimento (Florencia), cuyos trabajos han contribuido poderosamente á los progresos de la física, probaron la porosidad del oro, comprimiendo el agua en una esfera hueca de este metal. Sanctorius pasó muchos años en un plato de una balanza para experimentar su traspiración: mas á Lavoisier y Seguin debemos, y no hace mucho, los resultados mas precisos acerca de esta propiedad. *Dueñidad y maleabilidad.* — Un físico escocés ha dado á los hilos de vidrio pequeñísimos diámetros, de tal suerte que los que son negros no se distinguen de los cabellos de este color.

ETG. — He aquí una cosa que me admira.

TEOD. — Tambien se hacen en Alemania hojas delgadísimas de oro, y otros metales que se emplean para la doradura, y plateadura, etc., por aplicación. Hablemos de la *Cohesion*. Muchos son los físicos que

han procurado determinar la cohesion de las diversas sustancias sólidas : los trabajos mas recientes sobre el particular son los de Seguín, Navier, Girard, etc. A Seguín de Annonay se debe la introduccion de los cables de alambre para los puentes suspendidos, en lugar de cadenas de hierro.

EUG. — Yo creo que estos puentes se han multiplicado en grande, tanto en América, como en Europa.

TEOD. — En efecto es así, y es de esperar que cuantas veces se construyen puentes se empleen estos cables metálicos, pues sale el puente mucho mas económico, sin que por esto le falte toda la solidez necesaria. En el rio Tweed hay uno que tiene mas de 120^m. de largo, el cual no ha costado mas que 24,000 pesos, esto es, la cuarta parte de lo que suele costar un puente de piedra : el que hay en el estrecho de Menai, entre la isla de Anglesey, y el condeado de Carnayon casi tiene 200^m. de largo ; está elevado á 40^m. sobre el mar, de suerte que pasan por debajos los navíos á toda vela.

EUG. — ¡ Admirable y magestuoso ha de ser el tal puente !

TEOD. — Los conocimientos sobre la cohesion, han conducido tambien á construir los caminos de hierro, Inglaterra fué la primera que los construyó. El capitán Montgery, ha dado á conocer muchos resultados sobre la resistencia del hierro empleado en las construcciones navales. M. C. Dupin ha hecho y calculado una infinidad de experimentos importantes sobre la fuerza y flexibilidad de las maderas. Filiberto del Orme ha dado al maderámen una soli-

dez y elegancia que ha vinculado su nombre á su perfeccion, pues se dice *maderámen á lo Filiberto del Orme*.

EUG. — Ya veis, Silvio, de cuanta utilidad es la fisica, ¡cuantas perfecciones en la sociedad dimanadas solamente del conocimiento de las propiedades de la materia!

SILV. — Ya os he dicho mas de una vez que yo no opino lo contrario.

TEOD. — *Mecánica, equilibrio de los cuerpos sólidos*. — Los antiguos filósofos establecieron ya de una manera espermental muchos resultados de la estática de los cuerpos sólidos ; mas solo llegó á su punto de exactitud esta ciencia en las manos de Arquimedes ; quien estableció las teorías de la palanca, de los centros de gravedad, etc. En nuestros dias Fortin ha dado á la balanza una grande perfeccion.

Pesos específicos. — La importancia de los números que indican los pesos específicos de los cuerpos sólidos, líquidos y gaseosos, ha determinado en diferentes épocas á muchos físicos á buscarlos con precision. Las primeras tablas exactas para los líquidos y sólidos que se han construido se deben á Brisson, Klaproth, Musschenbroëlk. — Las de los gases se han determinado pocos años hace, perteneciendo este honor á Biot, Arago, Gay-Lussac, John Davy, Berzelius y Dulong. La teoría atomística tan bien establecida por Dalton, Berzelius y Gay-Lussac, ha suministrado los medios de calcular los pesos específicos de los cuerpos que no es posible todavía convertir en vapor : este género de deter-

minacion concuerda muy bien con los resultados obtenidos por la observacion directa de los que está en nuestro poder evaporar.

Movimiento de los cuerpos sólidos. — Zenon de Elea, 460 años antes de Jesucristo, negaba la existencia del movimiento. Diógenes, el cínico, pretendió responder á su argumento echándose á andar delante de aquel filósofo; mas con esto dió á entender que no había comprendido la dificultad de Zenon, el cual no negaba sin duda una apariéncia á que damos el nombre de movimiento, sino su existencia real, la cual no es mas facil de establecer que la de los cuerpos. Los antiguos no tenían ideas claras del movimiento, sino por lo que toca al uniforme. La teoria de este movimiento ha suministrado á muchos físicos, y en especial al coronel Grobert, un medio preciso para determinar la velocidad inicial de los proyectiles militares. Las primeras consideraciones exactas sobre los movimientos pertenecen á Galileo; el cual estableció las leyes del descenso de los graves en linea vertical; las del movimiento parabólico, y los principales teoremas relativos al péndulo: demostró de una manera incontestable las verdades ya halladas antes sobre el movimiento de los planetas al rededor del sol, descubrió el de los satélites al rededor de los planetas, y mientras enriquecía la ciencia de tantas verdades importantes y perdurables:

La Italia ciega

Le da por premio un calabozo impío;
Y el globo en tanto sin cesar navega
Por los inmensos mares del vacío.

como dice un poeta español, si no me engaño, en su canto á la *invencion de la imprenta* ¹.

ERG. — ¿Y es cierto que le dieron un calabazo por premio?

TEOD. — Dos veces nada menos, y tuvo que decirse de lo que su genio le había revelado, y ya veremos á su tiempo porque su doctrina, sobre que la tierra es la que gira sobre su eje y no el sol en torno de la tierra, le hizo blanco de una persecucion tan injusta como ridicula. La física y las artes deben muchas perfecciones importantes, y descubrimientos útiles á Huygens, nacido en La Haya en 1629, uno de los fundadores de la Academia de ciencias de París: él es el que aplicó el péndulo para regularizar los relojes; dió la espresion numérica de la fuerza contrífuga en el movimiento circular; y junto con Wren y Wallis, sabios ingleses, estableció la teoria del choque de los cuerpos. Robins imaginó el péndulo balístico, objeto de las sabias investigaciones de Hutton. M. Gregory lo ha perfeccionado recientemente.

Equilibrio de los líquidos. — El honor de las primeras nociones exactas relativas á la mecánica de los fluidos, y en especial de los líquidos, debe darse á Stevin de Bruges, muerto en 1655: él halló el valor de la presion que ejercen sobre las paredes horizontales de los vasos que los contienen. Mas tarde por los años de 1650, Pascal, filósofo francés, en su *Tratado del equilibrio de los licores*, estableció, de una manera esperimental y racional, los principales

¹ Quintana.

teoremas de esta porcion de la física; dió la idea de la prensa hidrostática que se ha perfeccionado mucho en nuestros dias en manos del mecánico ingles Brahmah. La hidrostática se ha hecho tambien últimamente una ciencia matemática, y se ha tratado en todas las obras de mecánica racional en especial en las de Prony, Poisson, etc.

Equilibrio de los gases. — Los primeros ensayos que se hicieron para la construccion de la máquina pneumática fueron en el siglo XVII^o, en cuyo tiempo un tal Oton de Guerike, burgomaestre de Magdeburgo, nacido en 1602, hizo muchos de los principales experimentos en la dieta de Ratisbona, en presencia del emperador y de muchos diputados. Este aparato ha sido perfeccionado desde entonces á nuestros dias, en Holanda, por Muschenbroëck, Gravesande; en Inglaterra, por Boyle, Hook Dollend; en Francia, por Nollet, Mairan, Sigaud de Lafond, Fortin, etc.

Equilibrio de los cuerpos sumergidos en los fluidos. — Arquimedes, natural de Siracusa, por los años de 287 antes de Jesucristo, descubrió el principio fundamental de esta teoría, como os lo dije ya tratando de esta materia. En las obras relativas á las construcciones navales está espuesta con muchos detalles la teoría de los cuerpos flotantes, en especial la del general sir Howard Douglas. Lana fué el primero que concibió la posibilidad de elevarse en la atmósfera; pero ya sabéis que los hermanos Mongolfier fueron los que lanzaron al aire el primer globo lleno de aire dilatado por el calor hasta 2000^m mas allá de la superficie de la tierra: en 1785 se repitieron estos ensayos en Annonay, Versailles, etc. El

dia 15 de octubre de 1785, Pilatre-Desrosiers y Darlande, que fueron los primeros en elevarse en un globo aereostático, quisieron emprender un viage á Inglaterra por medio del sistema de dos globos, uno de los cuales contenia aire calentado continuamente, y el otro hidrógeno: esta imprudente combinacion fué fatal á los dos aereonautas, que se precipitaron desde las alturas y quedaron hechos trizas cerca de Calés: sus cenizas descansan en un monumento fúnebre edificado en el lugar de su caída.

EUG. — Malo fué este triste resultado, siendo la primera vez que se intentó tal viage.

TEOD. — Con todo esto no impidió que otros hombres intrépidos lo volviesen á emprender. Mas tarde Charles, cuya pérdida no data de mucho, perfeccionó estos globos como sabéis. Cuando os dí una noticia histórica de este invento os dije que probablemente se servirian de los globos los hombres para darse batallas en los aires: olvidóseme deciros que en la batalla de Fleurus (26 de junio de 1794), se hizo ya uso de globos aereostáticos para reconocer las posiciones del enemigo; el capitan que mandaba la compañía de aereonautas se llamaba Couté.

EUG. — ¡Qué tal, Silvio! veis como no andaba poco fundado sobre la posibilidad de guerrear por los tejados arriba.

SILV. — Bueno: no niego la posibilidad; pero lo que yo os aseguro es que no seré facultativo de ningún regimiento aéreo.

TEOD. — Vamos á ver lo que hay sobre la *Areometria*. Hipacia, hija de Teon, parece que fué la

primera que construyó un areómetro. Farenheit imaginó el areómetro, que sirve para medir el peso específico de los líquidos. M. Charles construyó el areómetro, balanza que se ha atribuido por mucho tiempo á Nicholson. Beaume Cartier, y otros, han indicado los pesalicores de toda especie, los pesasales, etc. Gay-Lussac ha inventado el electrómetro

Equilibrio entre los líquidos y gases.—Torricelli, discípulo de Galileo, puso el primero en equilibrio la presión atmosférica con una columna de azogue contenida en un tubo barométrico, durante el año 1645. Pascal, verificó sobre líquidos de diversas densidades el fenómeno que se acababa de descubrir: hizo además trasportar un barómetro á diversas alturas de la montaña de Puy-de-Dôme, y como ya os lo he dicho en una de las tardes anteriores, dió á conocer que la altura barométrica se volvía mas pequeña, cuando se elevaba uno con dicho instrumento allá en la atmósfera. Mucho ha variado la construcción del barómetro desde su invención. Los sabios que hemos citado estudiaron principalmente dicho aparato; Amontons que adoptó una disposición ya desusada hizo otro tanto. Fortin imaginó poner en el barómetro un canalon móvil y otras perfecciones para facilitar y precisar las observaciones. Gay-Lussac ha ideado felizmente el aparato de sifón. Mariote estableció la ley que hay entre los volúmenes, y las presiones suportadas por los gases permanentes: muchos físicos han repetido los experimentos de Mariote, y M. Despretz ha probado en nuestros días que los vapores difíciles de liquefiar

no se avenían con esta ley. Desde mucho tiempo se conoce una multitud de bombas: antes de Galileo se esplicaba la subida del agua en estos aparatos por el horror que la naturaleza tenia por el vacío; mas habiéndose construido en Florencia para una fuente una bomba aspirante, cuyo tubo de aspiración tenia mucho mas de 40^{ua}, pudieron observar que el agua no queria subir mas allá de esta altura: preguntaron á Galileo la razon de este fenómeno, y este respondió que probablemente la naturaleza no tenia horror al vacío, sino hasta aquella altura; pero como ya habia experimentado el peso del aire, columbró desde luego el papel que ejerce en esto la presión atmosférica, la cual determinó poco tiempo despues Torricelli; desde cuyo tiempo se pudo tener una idea exacta de la manera de obrar del sifón de la fuente intermitente, y otros fenómenos que habeis visto, debido á dicha presión.

Movimiento de los líquidos.—La Hidráulica es una teoría enteramente matemática; sus principios fundamentales han sido establecidos por Torricelli, Bernouilli, Bossut, Venturi, Mariotte, Dubuat, Machette, Navier, etc.; y se han hecho una infinidad de experimentos para comparar los resultados de la práctica con los de la teoría: Mongolfier inventó lo que se llama el ariete hidráulico.

Elasticidad.—Esta propiedad ha sido el objeto de los estudios de un gran número de físicos y geómetras, entre los cuales descuellan Poisson, Navier, Cauchy, la señorita Sofia Germain. En cuanto á los

aparatos de resortes se conocen desde mucho tiempo. Regnier es el que ha introducido la dianometría.

Movimiento vibratorio. — La vibración de las cuerdas ha ocupado por largo tiempo á los sabios y artistas: parece que Pitágoras fué el primero á quien se deben resultados precisos acerca de su teoría: un sabio francés, Sauveur, ha dado á conocer la manera con que se divide una cuerda tensa para dar sonidos armoniosos. Coulomb, físico francés, ha inventado la balanza de torsión, y lord Cavendish ha hallado con ella la densidad media de la tierra. Aquí hallamos otra vez á Galileo, el cual parece ser el primero que haya observado las vibraciones de las chapas. Chladni ha variado mucho este género de experimentos, y M. Savart ha dado á conocer resultados enteramente nuevos, en especial sobre la disposición de las líneas modales de las diversas superficies de las chapas que vibran longitudinalmente. La teoría de los movimientos vibratorios de los gases, y sobre todo del aire atmosférico, ha sido objeto de los trabajos de muchos físicos; pero sus resultados mas precisos se deben principalmente á Lagrange y á Poisson. Lambert, Grenié, Savart, etc. han estudiado con buen éxito la acústica y la construcción de los instrumentos de música. Los miembros de la Academia real de Ciencias de Paris, han determinado muchas veces, de una manera experimental, la velocidad del sonido en el aire. Colladen ha hallado la velocidad del sonido en el agua del lago de Ginebra. Beudant la habia ya obtenido en el agua de un puerto del mediterráneo.

EUG. — Disimulad si os interrumpo, Teodosio; pero veo que esta historia se alarga mas de lo que yo creia, y temiendo que no la habeis de acabar hoy, no quisiera irme sin saber la historia de los tres cuerpos imponderables.

TEOD. — Apuradamente son ellos los que van á ocuparme en este instante: así escuchad la historia de la *Teoría del calórico*. El calórico, bajo el nombre de fuego, fué tenido por los antiguos filósofos por uno de los cuatro elementos de que suponian compuesta toda la naturaleza, y lo miraban como susceptible de ser mas ó menos condensado. El papel inmenso que desempeña este agente natural en la producción de infinitos fenómenos, no se ha determinado con precisión hasta estos últimos tiempos; con todo aun no se ha hecho ningun experimento decisivo que establezca su manera de existir: ya os acordais que lo establecimos como una suposición muy propia para explicar el sin número de fenómenos de que se considera causa. M. Perkin es el primero que ha observado que elevada el agua á la temperatura roja, no sale al través de una abertura de algunos centímetros cuadrados practicada en el generador que la contiene, de cuyo experimento ha creído poder concluir que el calórico existe en estado material: algunos sabios ingleses y americanos participan de esta opinion. Recientes experimentos, en especial los de Becquerel, parecen, como ya os he dicho en su lugar, hacer admitir actualmente la grande analogía entre el calórico y los fluidos eléctricos, considerando el primero como el resultado de la combinación de los segundos.

ERG. — ¿Y los termómetros datan de mucho tiempo?

TEOD. — Conociase ya este interesante instrumento en el año 1600 : y se ignora, ó á lo menos no se sabe de una manera positiva, quien fué su autor : parece que las primeras ideas de su construccion pertenecen á Galileo, Drebbel y Sanctorius ; pero es probable que se deba este aparato á Drebbel de Almaes en Holanda. Al principio el aire era la sustancia termométrica, esto es, era un termómetro de aire, y no habia escala de puntos fijos. Los académicos de Florencia le sustituyeron el alcohol ; Amontons adivinó la necesidad de los puntos fijos, los cuales determinó y adoptó Newton. Desde esta época ha conservado dicho aparato la forma actual, y no ha sufrido mas mudanza que la del líquido introducido en el cañuto y el número de divisiones que hay entre el hielo que se funde y el agua hirviendo. El que hemos adoptado, esto es, el *centígrado*, fué introducido por un fisico sueco llamado Celsius ; Reaumur, Fahrenheit, Delisle inventaron cada uno el suyo, y ya sabeis en que consisten sus diferencias, por lo que hemos dicho en la tarde que tratamos de este asunto. Pasemos ahora á ver las *dilataciones caloríficas*. Muchos son los físicos que han procurado medir la dilatacion de los cuerpos por el calor ; los medios ideados para obtener la de los sólidos se deben á Lavoisier, Laplace, Ramsden, Smeaton, Noy, Dulong, Petit, etc. M. Gay-Lussac ha hecho esperimentos muy exactos acerca de la dilatacion de los líquidos. Dulong y Petit han determinado la del azogue por un medio muy preciso. El mismo

Gay-Lussac y Dalton han establecido al propio tiempo, pero separadamente, la ley de la dilatacion de los gases. Borda, oficial francés, es el primero que ha empleado las diferencias de las dilataciones lineares de los cuerpos sólidos para la medida de las temperaturas.

Comparacion de los termómetros. — Dulong y Petit han establecido los principios de esta cuestion importante.

ERG. — Decidme algo de los *termómetros particulares*.

TEOD. — Voy á satisfaceros. Los académicos de Florencia, como ya os he dicho, introdujeron al termómetro de alcohol. Breguet, habil relojero francés, construyó uno, en el cual se usa de una ligera cinta hecha de muchos metales. Rutherford ha imaginado los aparatos de *máxima* y *mínima*. El conde Rumfort inventó el termóscopo para sus esperiencias sobre el calor ; Leslie de Edimburgo su termómetro diferencial. Wedgwood inventó el pirómetro de barro ; Lavoisier y Laplace inventaron un pirómetro metálico ; ya sabeis que hemos descrito el de Daniel. Princep ha indicado los medios pirométricos fundados sobre la fusion de las ligas.

ERG. — Figúrome que se han de haber hecho varias aplicaciones de la dilatacion de los cuerpos á las artes.

TEOD. — No habreis olvidado sin duda las de que ya os hablé en su lugar, mas vamos á ver otras. Borda hizo uso de la regla geodésica para medir una base cerca de Melun, pueblo de Francia, en las gran-

des operaciones trigonométricas emprendidas para el establecimiento del sistema métrico y decimal. Graham, relojero ingles, imaginó los péndulos compensadores de azogue por los años de 1715; despues de él otros relojeros han adoptado varias disposiciones diferentes con mas ó menos éxito. Hope, Trales, Lefevre Gineau han hecho varias investigaciones acerca del máximo de densidad del agua, y hace pocos años que la ha determinado con mucha exactitud M. Hallstrim. Una multitud de fisicos han contribuido á la determinación de los puntos de fusion, ebullicion, etc.

Capacidad para el calórico. — En 1760 el fisico escocés Black, indicó las primeras nociones sobre el calórico específico de los cuerpos. Lavoisier y Laplace fueron los primeros que hicieron uso del calorímetro. Crawford imaginó el método de las mezclas: Dulong y Petit lo aplicaron luego, descubriendo y midiendo las variaciones que experimenta el calor específico de los cuerpos con la temperatura.

Calórico latente. — El mismo Black de quien acabo de hablaros es tambien el primero que ha hecho experimentos precisos sobre el calórico latente de los cuerpos: el mismo punto ha sido tratado luego por una infinidad de observadores que se han ocupado especialmente en él del vapor de agua: descuellan entre los tales Southern, Gay-Lussac, Clement, Desormes, Despretz. Diferentes fisicos han obtenido las mezclas frigoríficas. M. Bussy ha preparado el ácido sulfuroso líquido en grande cantidad, y ha producido con él frios considerables. Davy

y Faraday habian ya obtenido este ácido en cañutos espesos.

EUG. — ¿Y sobre el *calórico radiante*, que hay de particular? ¿quien fue el primero que lo observó?

TEOD. — Un químico sueco de Stralsund, que nació en 1742: llamábase Scheele, él fué en efecto el primero que dió á conocer hechos relativos al calórico radiante: despues vinieron Prevot de Ginebra, Rumford, Leslie, etc., estableciendo su teoría experimental de una manera muy vasta, hasta que sabios analistas como Fourier, Poisson, Navier, han dado á su teoría matemática un desarrollo y precision inesperados. Por lo que toca al enfriamiento Newton fué el primero que buscó las leyes de este fenómeno; Richmann y otros fisicos han admitido y rechazado las leyes que habia determinado aquel, y en nuestros dias Dulong y Petit han establecido las principales verdades de esta teoría con la mayor precision, y entre limites muy estensos. La mayor parte de los fisicos que se han ocupado en las precedentes teorías han consagrado algunos de sus trabajos á la investigacion de la *conductibilidad de los cuerpos para el calórico*. Ingenhouz es uno de los primeros que han establecido, bajo este respecto, una clasificacion entre los cuerpos. Sir Humphry Davy, pocos años hace arrebatado á las ciencias físicas, que ha enriquecido con brillantes descubrimientos, imaginó la lámpara de seguridad, tan util en los trabajos subterráneos donde la luz de los mineros inflamaba á menudo gases, y resultaban esplosiones espantosas que hacian muchas víc-

timas. Delaroché y Melloni han hecho sus trabajos, en especial el último, sobre los cuerpos diatérmicos.

EUG.—Pasemos, si no hay algo más que decir sobre este asunto, á la *evaporación*.

TEOD.—Fontana, Saussure, Dalton, Gay-Lussac, han estudiado particularmente este fenómeno. Gay-Lussac y Dalton deben mirarse como los sabios que han contribuido más al progreso de la teoría de los vapores: á ellos se debe una infinidad de aparatos y resultados de esta parte de la física. Más recientemente Dulong y Arago, han hecho experimentos importantes para hallar las temperaturas correspondientes á las fuerzas elásticas del vapor de agua hasta 24 atmósferas, y han establecido una fórmula que suministra estas temperaturas hasta 50 atmósferas: Gay-Lussac ha precisado particularmente los fenómenos de la mezcla de los gases y vapores, y ha dado á conocer los medios más exactos para apreciar los pesos específicos de los gases permanentes. A este sabio y á Dumas se deben igualmente algunos procederes para calcular las densidades de muchos vapores que no se pueden formar. Por lo tocante á la *higrometría*, un gran número de físicos han contribuido al adelanto de su teoría importante: Saussure sobre todo ha inventado el higrómetro de cabello, Deluc construyó el mismo instrumento con una tirilla de ballena; pero Gay-Lussac es el que ha dado á estos aparatos la mayor precisión. La *distilación* ha sido practicada en todos tiempos; mas los descubrimientos recientes sobre la teoría de los vapores, han dado los medios de

ejecutarla con más perfección, y construir alambiques de distilación continua, establecidos especialmente por Adán, Derosne, etc. Las máquinas de vapor....

EUG.—Inútil es que os estendais sobre ellas, pues ya me acuerdo que historiasteis éste interesante punto en otra tarde: decidme algo de cuando se empezaron las navegaciones en barcos de vapor.

TEOD.—Creo haberos dicho que las primeras indicaciones sobre la aplicación del vapor al movimiento de los buques son debidos á Papin, y datan desde 1695. M. Perier hizo construir uno de estos buques en 1775, mas tarde se hicieron otros ensayos en Francia bajo la dirección del marqués de Jouffroy, y mas tarde aun en Inglaterra los hizo Miller, lord Stanhope, etc.; pero el que debe alzarse con la gloria de la perfección de este invento es Fulton, Americano, que hizo los primeros ensayos en 1805 en París, y mas tarde en 1807, hizo viajar el primer buque de vapor desde Nueva York, hasta Albany; partiendo en medio de las pompas y fiestas más brillantes; bien preveía la nación la importancia de este descubrimiento. El capitán Magdelaine ha propuesto una máquina de vapor para mover una aspa lanzando proyectiles. El ingenioso americano Perkins ha construido una escopeta ó fusil de vapor. Fulton estableció un grande reducto flotante de vapor para defender los Estados-Unidos: Trevithick y Vivian han hecho rodar máquinas de presiones fuertes para tirar carros sobre carriles de hierro. M. Gurney ha obtenido felices resultados

para hacer mover, por los mismos medios, carros por los caminos ordinarios, y ya se han hecho ensayos para introducirlos en las ciudades.

EUG. — Paréceme que ya tengo bastante sobre la historia del calórico, pasemos á la luz, esta me parece que debe ser conocida desde mucho tiempo.

TEOD. — Los antiguos filósofos la estudiaron poco; solamente observaron algunos de sus fenómenos sin procurar reducirlos á teoría; á los tiempos modernos, pues, pertenecen las nociones precisas que tenemos sobre su manera de obrar, las cuales han hecho descubrir todos los instrumentos de óptica. Voy á daros como hasta aquí la historia de los varios puntos de este ramo de física.

§ VIII.

Trátase de la historia de la luz y de la electricidad.

EUG. — Mucho habrá que decir sobre el particular, si acaso no ha inventado un mismo físico todos los instrumentos de que echasteis mano para explicarme los fenómenos de la luz.

TEOD. — Empecemos por la *velocidad de la luz*; aquí tambien se nos presenta Galileo, pues fué el primero que pensó en calcularla; mas las observaciones que hizo en la superficie de la tierra, le dieron á reconocer solamente que era considerable. En 1675, Roemer, astrónomo danés, uno de los primeros fundadores de la academia de Paris, de-

terminó esta cantidad observando los satélites, ó lunas que giran alrededor de un astro llamado *Júpiter*. La *intensidad de la luz* ha sido tambien estudiada por muchos físicos y particularmente por Bouguer, Lambert, el conde Rumfort, etc. Pasemos á la *catóptrica*. El principio de la reflexion de la luz se remonta sin duda á la mayor antigüedad. Mas la construccion de sus instrumentos es mas reciente. En 1754, Hadley publicó la construccion de los sextantes. Malus Wollaston han construido goniómetros para medir ángulos por la reflexion de la luz; Newton dió la idea de los instrumentos de reflexion. Mayer y Borde construyeron los círculos. En cuanto á la dióptrica, Suellius parece que fué el primero en sospechar una ley en el fenómeno de la refraccion de la luz. En 1629 Descartes la publicó; despues un gran número de físicos han determinado los indicios de refraccion, y los poderes refringentes de las substancias sólidas, líquidas y gaseosas: sobre todo deben distinguirse entre ellos Newton, Wollaston, Malus, Biot, Arago, Brewster, Dulong, etc.: *Refraccion en el prisma*. Newton es el primero que ha analizado de una manera precisa los fenómenos de la refraccion de la luz en el prisma; mas este grande hombre no creía que fuese posible construir aparatos acromáticos, esto es, que no dispersen la luz, y dan de consiguiente una luz blanca en vez del espectro solar. Mas tarde Euler y sobre todo el óptico inglés Dollond han demostrado lo contrario. El estudio del espectro solar se ha renovado en Munich; Fraunhofer descubrió líneas rayas en el espectro solar, y su disposicion ha

para hacer mover, por los mismos medios, carros por los caminos ordinarios, y ya se han hecho ensayos para introducirlos en las ciudades.

EUG. — Paréceme que ya tengo bastante sobre la historia del calórico, pasemos á la luz, esta me parece que debe ser conocida desde mucho tiempo.

TEOD. — Los antiguos filósofos la estudiaron poco; solamente observaron algunos de sus fenómenos sin procurar reducirlos á teoría; á los tiempos modernos, pues, pertenecen las nociones precisas que tenemos sobre su manera de obrar, las cuales han hecho descubrir todos los instrumentos de óptica. Voy á daros como hasta aquí la historia de los varios puntos de este ramo de física.

§ VIII.

Trátase de la historia de la luz y de la electricidad.

EUG. — Mucho habrá que decir sobre el particular, si acaso no ha inventado un mismo físico todos los instrumentos de que echasteis mano para explicarme los fenómenos de la luz.

TEOD. — Empecemos por la *velocidad de la luz*; aquí tambien se nos presenta Galileo, pues fué el primero que pensó en calcularla; mas las observaciones que hizo en la superficie de la tierra, le dieron á reconocer solamente que era considerable. En 1675, Roemer, astrónomo danés, uno de los primeros fundadores de la academia de Paris, de-

terminó esta cantidad observando los satélites, ó lunas que giran alrededor de un astro llamado *Júpiter*. La *intensidad de la luz* ha sido tambien estudiada por muchos físicos y particularmente por Bouguer, Lambert, el conde Rumfort, etc. Pasemos á la *catóptrica*. El principio de la reflexion de la luz se remonta sin duda á la mayor antigüedad. Mas la construccion de sus instrumentos es mas reciente. En 1754, Hadley publicó la construccion de los sextantes. Malus Wollaston han construido goniómetros para medir ángulos por la reflexion de la luz; Newton dió la idea de los instrumentos de reflexion. Mayer y Borde construyeron los círculos. En cuanto á la dióptrica, Suellius parece que fué el primero en sospechar una ley en el fenómeno de la refraccion de la luz. En 1629 Descartes la publicó; despues un gran número de físicos han determinado los indicios de refraccion, y los poderes refringentes de las substancias sólidas, líquidas y gaseosas: sobre todo deben distinguirse entre ellos Newton, Wollaston, Malus, Biot, Arago, Brewster, Dulong, etc.: *Refraccion en el prisma*. Newton es el primero que ha analizado de una manera precisa los fenómenos de la refraccion de la luz en el prisma; mas este grande hombre no creía que fuese posible construir aparatos acromáticos, esto es, que no dispersen la luz, y dan de consiguiente una luz blanca en vez del espectro solar. Mas tarde Euler y sobre todo el óptico inglés Dollond han demostrado lo contrario. El estudio del espectro solar se ha renovado en Munich; Fraunhofer descubrió líneas rayas en el espectro solar, y su disposicion ha

dado á conocer diferencias notables entre las luces de las estrellas, del sol, de la electricidad y de las llamas. *Lentes*. Muchos son los geómetras que han estudiado la teoría de las lentes, sus diversas aberraciones, sus caústicas, etc., débense citar entre ellos Euler, Lagrange, Herschell; las lentes de escalones se deben á Bufon, y Fresnel las ha estudiado de nuevo, introduciéndolas en la construcción de los faros. El uso de los vidrios ustorios es conocido desde la más remota antigüedad, Wollaston, Malus, Amici, han estudiado particularmente la reflexión total interior como fenómeno consiguiente de la ley de refracción. Las leyes de la *doble refracción* han sido establecidas por Huygens; más tarde Malus ha determinado su teoría: débense á Biot trabajos importantes sobre este objeto. Malus descubrió los fenómenos de la *polarización de la luz*. Biot, Arago, Brewster, Fresnel, las han estudiado de una manera particular.

EUG. — ¿Y el conocimiento del color de los cuerpos data de mucho tiempo?

TEOD. — Newton descubrió los principios de la coloración de los cuerpos, y estudió los fenómenos de los anillos colorados, que se forman en las capas delgadas de los líquidos y gases. Chossat ha hecho trabajos distinguidos estudiando el ojo humano; otros muchos físicos y fisiólogos han investigado su disposición anatómica y la facultad refringente de sus humores; pero todavía no están acordes los sabios sobre el modo como se acomoda el ojo á las distancias. Wollaston ha observado la semidensación del nervio óptico.

EUG. — Habladme de los *microscopios*, ¿á quien debemos la invención de este precioso instrumento?

TEOD. — En 1500, ya se conocían los anteojos para leer, y á esta época debe referirse la invención del lente, entonces se hallaron los medios de fabricar lentes sólidos. El microscopio compuesto se atribuye á Drebbel; sin embargo disputásele esta invención. Conociase ya este aparato en 1610, después de cuya época lo han perfeccionado un gran número de físicos. Descuellan entre estos Campani, Dellebare, Charles, Selligues, y sobre todo Amici de Modena, que ha construido pocos años hace los instrumentos más perfectos de este género.

EUG. — Ya que me habeis satisfecho por lo que toca á los microscopios, haced otro tanto, si os viene bien, de los *telescopios*.

TEOD. — Dicen que la primera idea del antejo de dos vidrios convexos se debe á Kepler, el cual la publicó en 1611; este padre de la astronomía, como podríamos llamarle, descubridor de muchas y grandes leyes del sistema del universo, que trazó la ruta á Newton, murióse de hambre en Ratisbona, á la edad de cuarenta y nueve años, solicitando vanamente, desde muchos años, la paga de una pensión atrasada. Parece que Jaime Metius, holandés, fué el primero que construyó el telescopio de dos vidrios, uno de los cuales era convexo y el otro cóncavo. Dícese que los niños de Zacarias Jans, fabricante de anteojos en Middelburgo, se estaban mirando el gallo de una iglesia al través de los lentes, y hallaron por una casualidad una combinación telescópica.

EUG. — Cuantos preciosos descubrimientos se deben á la casualidad; nunca me olvidaré de las que me contasteis, cuando me hicisteis la historia de las máquinas de vapor.

TEOD. — Anunciada simplemente á Galileo esta noticia, este sagaz fisico inventó desde luego un antejo con que descubrió los satélites de Júpiter, las facies de otro astro llamado Venus conocido vulgarmente por el lucero de la mañana, las manchas y rotacion del sol, etc. Entre los inventores del telescopio dióptrico se cita tambien á Juan Lapprey de Middelburgo. El aparato de esta especie de espejos cóncavos es debido á Gregory que le dió á conocer en 1665. Mersena habia ya descrito en 1659 un telescopio de reflexion, mas tarde Newton, Carsegrain, Herschell, introdujeron modificaciones particulares para esta especie de instrumentos. Por lo que toca á los *demas instrumentos ópticos*, Rochon descubrió en 1777 el micrómetro, de que se sirven los astrónomos. Por los años de 1600, Porta inventó la cámara oscura. Wollaston imaginó emplear en este aparato meniscos ó lúnulas convergentes que corrigen en parte la aberracion de la esfereicidad. M. V. Chevalier ha combinado en este instrumento la reflexion total interior de un prisma menisco de vidrio; de esta suerte se halla suprimido el espejo del instrumento ordinario. Wollaston es el primero que ha hecho construir una cámara iluminada ó clara, la cual han perfeccionado Amici, Chevalier, etc. El microscopio solar se debe á Lieber Kuyn; pero Charles lo perfeccionó. La linterna mágica es uno de los primeros aparatos compuestos que se hayan

construido: débese su invento al P. Kircher quien dió tambien la idea de la fantasmagoria. Brewter imaginó el instrumento llamado kaleidóscopo. Por último voy á daros la historia del daguerreótipo. Desde el descubrimiento de la cámara oscura, Porta hizo construir estos aparatos portátiles, á fin de que pudiesen servir á los pintores, y hasta á aquellos mismos que no saben dibujar. Los pintores en efecto se han servido y sirven de la cámara oscura, para los panoramas y dioramas, porque así trazan fácilmente la masa y los contornos de los objetos, y los colocan en su verdadera relacion de posicion y magnitud, esto es, les sirve para conformarse á las reglas de lo que se llama la perspectiva linear. Mas lejos estaba de reportar este instrumento las ventajas suspiradas, y sobre todo no podia satisfacer el vivo deseo de conservar fuera de la máquina las imágenes que se pintaban en ella. En el tiempo de los alquimistas ya se logró unir la plata con el ácido hydrochlórico, y se formaba un compuesto que se ennegrecia espuesto á la luz, y tanto mas pronto cuanto mas fuertes eran sus rayos. Cubriendo una hoja de papel de una capa de este compuesto llamado *plata cornuda*, y formando sobre esta capa, con la ayuda de una lente la imagen de un objeto, las partes oscuras de la imagen, esto es, las que no hiere ninguna luz, quedan blancas y las iluminadas fuertemente quedan negras; las medias tintas se representan por colores cenicientos mas ó menos oscuros. Si se coloca un grabado, encima de un papel cubierto con una capa de dicha plata cornuda, y se espone á los rayos del sol, las líneas negras preservan de la luz,

las partes del papel correspondientes y quedan blancas; las blancas del grabado dejan pasar la luz, y esta ennegrece las partes correspondientes de la hoja de papel que está debajo. De esto resulta que la imagen del grabado se fija en la capa de plata cornuda, sin mas diferencia que la disposicion de los claros y oscuros que estan en orden inverso.

ERG. — Grandes pasos podia hacer ya este arte con semejante descubrimiento.

TEOD. — Sin embargo es preciso venir hasta á principios del siglo décimo nono, para hallar los primeros vestigios de este arte que se llama fotográfico. Charles en efecto se sirvió, en sus cursos, de un papel untado para hacer siluetas en él por medio de la accion de la luz. Sabed, Eugenio, si lo ignorais, que las siluetas son retratos de perfil sacados por el contorno de la sombra. Charles murió sin decir el secreto de que se servia para este efecto; así es preciso pasar á Wedgood en 1802, para hallar los primeros lineamentos de la fotografía. Servíase este de pieles y papeles untados de cloruro, ó nitrato de plata; ya sabreis á su tiempo qué cuerpos son estos, basta deciros por ahora que son compuestos de chloro ó agua fuerte y plata, y con este copiaba las pinturas de los vidrios de las iglesias y grabados. Su ilustre comentador Davy llegó á copiar pequesísimos objetos con el microscopio solar, pero tan solo á poca distancia de la lente. Mas ni uno ni otro de estos últimos físicos hallaron el medio de quitar á su unto, ó sea á la como tela de sus cuadros, la propiedad de ennegrecerse al influjo de la luz; de lo cual resultaba que sus copias no podian mirarse á

una luz fuerte, porque al cabo de poco todo era negro y uniforme. En 1814, Niepce, propietario retirado en las cercanías de Chalon, puesto al rio Saone, se ocupó en hacer investigaciones sobre este objeto en 1826, supo por un fabricante de instrumentos de óptica, que M. Daguerre se estaba ocupando en el mismo objeto, y se puso en relacion con él. En 1827 Niepce presentó una memoria sobre el particular á la sociedad real de Londres acompañándola con varias muestras. En 1829 se asociaron Niepce y Daguerre para perfeccionar el proceder del primero; en efecto este le perfeccionó y luego inventó procederes enteramente nuevos. Niepce se servia del betun seco de Judea disuelto en el aceite de espliego, del cual untaba una chapa metálica bruñida; los dibujos salian poco espesados y tardaba mucho la operacion. Para ennegrecer estas imágenes y hacerlas mas salientes se sirvió Niepce del iodo. Daguerre sustituyó en la perfeccion del método de Niepce, el residuo de la distilacion del aceite de espliego al betun, el cual se disolvia en el alcohol; esta y otras modificaciones adelantaron el arte efectivamente; mas vigor, mas variedad en los tonos, mas certeza en la operacion, hé aqui lo que se logró; con todo era la operacion todavía muy lenta. En fin Daguerre cubrió la chapa metálica de una capa de iodo, y consiguió los resultados que ya sabéis. Antes de dar fin á la historia de la óptica debo deciros que el cálculo da los medios de conocer el engrandecimiento que puede suministrar un instrumento de óptica. M. Arago por medio de un cristal de roca semejante al del micrómetro de Ro-

chon, ha dado el medio de determinar este crecimiento de una manera muy exacta y sencilla. Todos los físicos, que han tratado de la teoría de los anteojos, han procurado corregir las aberraciones de esfereidad y refrangibilidad. Descartes fué el primero que observó estas imperfecciones, y calculó la forma de una superficie refringente ó refringiendo, en un solo punto; los rayos luminosos que la atraviesan es elipsoide ó hiperbólica, y por lo tanto difícil de trabajar. Hall, en 1750, fabricó el primer antejo aeromático, sin publicar los medios de que se valió; en 1758 Dollond los dió á conocer. Robours ha obtenido masas de *flint-glass*, especie de cristal de roca, de un gran volumen y homogéneas en refracción. Aquí teneis cuanto hay que decir acerca de la luz.

EUG. — En este caso dadnos ahora la historia de la *electricidad*.

TEOD. — La electricidad ha sido conocida desde la antigüedad, como su mismo nombre lo indica, pues lo hemos heredado de los griegos. Thales, filósofo griego, parece que la dió á conocer por los años 600 antes de nuestra era, observando algunos hechos relativos á las atracciones eléctricas, mas los antiguos estudiaron esta propiedad de los cuerpos de una manera imperfecta y poco estensa. Durante el siglo XVI, Gilbert y Bayle emprendieron de nuevo el estudio de estos fenómenos; por la misma época los académicos del Cimento, hicieron muchos experimentos sobre el particular; con todo solo á principios del siglo décimo octavo formaron las doctrinas eléctricas una rama importante de la filosofía na-

tural; entonces se multiplicaron los experimentos, que se hacian nuevos en aquella época. Estevan Grey, sobre todo, debe ser señalado entre los experimentadores, el cual estableció distinciones entre los cuerpos conductores de la electricidad, y los que no lo son, y dió á conocer el fenómeno de la comunicacion por contacto, el de las influencias, aislamiento, etc. Wheeler se asoció á sus trabajos. Dufay en Francia distinguió los dos fluidos eléctricos, imaginó el péndulo electróscopo, obtuvo chispas, etc., y desde entonces se sucedieron los descubrimientos con rapidez, gracias á los trabajos de Symmer, Franklin, Lepinus, Coulomb, Volta, Poisson, Ampere, etc. Ayudado de los descubrimientos felices de Grey y Dufay, Coulomb ha establecido los verdaderos principios fundamentales de la teoría de la electricidad; mostrando por la esperiencia y el cálculo, que estos fluidos estan esparcidos en la superficie de los cuerpos electrizados; ha determinado la manera con que estan distribuidos, y establecido la ley de las atracciones y repulsiones eléctricas. ¿ Aunque el fenómeno de las *influencias eléctricas* haya sido el que se descubrió primero, no ha sido analizado bien sino por los físicos que acabamos de citar, los cuales lo han variado al infinito.

EUG. — ¿ Y quien fué el inventor del electróforo? no me acuerdo si me lo dijisteis cuando me esplícasteis este instrumento.

TEOD. — Este aparato lo imaginó Wilck Sueco; el eudiómetro es de Volta. M. Gay-Lussac lo ha construido con mucha sencillez. En Alemania se inventó el eslabon de hidrógeno, Gay-Lussac lo ha modifica-

do la forma. M. Dæbereiner descubrió, unos cuantos años hace, la propiedad que posee la esponja de platina de inflamar el hidrógeno en el contacto. Thenard y Dulong han estudiado este curioso fenómeno. La *máquina eléctrica* ó sus primeras ideas se deben á Bosc, profesor en Wittemberg; desde entonces á acá ha sido perfeccionada por una infinidad de físicos y sobre todo por Klingstierna, Nollet, Nairne, Rumidem, Van Marum, etc. Al abate Nollet debemos el *electrómetro* que encierra hilos conductores, y es el primero que se imaginó. Biennet, Cavallo, Saussure se sirvieron de otros cuerpos móviles. El *electrósco* del cuadrante se debe á Hauley. Cuneus ó Muschenbroeck hicieron el inesperado descubrimiento de condensador; este escribió á Reaumur que la corona de Francia seria debil recompensa ó indemnizacion del sacrificio que haria esponiéndose de nuevo á una conmocion; este aparato se construía á la sazón dentro de un frasco, lo cual le dió el nombre de *botella de Leyden*, ciudad donde profesaba Muschenbroeck. Volta imaginó el *electrósco* condensador. Veamos ahora los demas medios de escitar la electricidad. La primera experiencia sobre la electricidad desarrollada por la presión se debe á M. Libes; Haüy y Becquerel han estudiado este fenómeno. Muchos físicos y sobre todo Haüy han hecho experimentos sobre el desarrollo de la electricidad por el calor, en un sin número de cristales y sobre todo en la turmalina. Por lo que toca á la electricidad por contacto ya sabeis que Galvani, profesor de Bolonia, la dió á conocer en 1789, en los fenómenos de las contracciones de las

ranas, por medio de escitadores compuestos de dos metales; y que Volta estableció los principios de esta teoría. A este último se debe la *pila eléctrica*, la cual han modificado despues varios físicos, en particular Wollaston, á quien se debe la disposición que le hemos dado en nuestra conferencia. Carlisle y Nicholson obtuvieron el 20 de abril de 1800, la descomposición del agua con este aparato; Humphry Davy en 1807, obtuvo por estos mismos medios la descomposición de los alcalis, y abrió la carrera para una infinidad de descubrimientos. Por lo que toca al magnetismo ya sabeis tambien que los antiguos conocian las propiedades del iman; mas lo que toca sus propiedades polares y su dirección constante hácia los polos de la tierra, solo se conocen desde el siglo XII^o. Los modos de hacer imanes no son todos antiguos; el por simple contacto es probablemente conocido desde los tiempos mas remotos. Michell ha imaginado el tacto doble. Duhamel, Epinus, Knigth, Coulomb lo han perfeccionado. Coulomb ha hecho tambien trabajos sobre la forma y las agujas de la brújula.

EUG. — Se me figura que habeis olvidado muchas cosas en vuestra historia, Teodosio, y como presumo que no ha sido por ignorancia, quisiera saber para cuando me las guardais.

TEOD. — Para ahora mismo; pues lo que no os he dicho pertenece á la física de la tierra, y esto es lo que voy á esponeros sobre la marcha. Todos los géometras han contribuido al conocimiento de los principios relativos á la mecánica terrestre. Los astrónomos han determinado el movimiento de la tier-

ra en el espacio y sobre sí misma, y se han descubierto su forma. Cavendish ha dado á conocer la densidad media de la tierra. Richer, en 1672, mostró, relativamente á la observacion del péndulo, que la gravedad disminuye cuando uno se acerca al ecuador. Los miembros de la Academia de ciencias de París, han medido el aplanamiento de la tierra en 1744. Borda hizo varios y exactos esperimentos sobre la determinacion de la longitud del péndulo de segundos. Laplace estableció la fórmula que sirve para medir las diferencias de nivel por la observacion del barómetro. El P. Cotte ha hecho muchos esperimentos para obtener una relacion entre el *tiempo* y la altura de este instrumento. Humboldt y Ramon han observado mucho la columna barométrica, el primero en el ecuador, el segundo en Francia. Por lo tocante á los *fenómenos caloríficos de la tierra*, podemos decir tambien que casi todos los viajeros instruidos han hecho esperimentos sobre la temperatura de los diferentes puntos del globo, los capitanes Parry, Franklin y otros han hecho muchas observaciones en los polos. Humboldt ha trazado en la tierra las líneas isothérmicas, y determinado con otros sabios los límites de las nieves eternas. Desde algunos años á esta parte el doctor Wells, inglés, ha hecho conocer los esperimentos que esplican la formacion del rocío, de la escarcha, y esto de la manera mas feliz. Muchos géometras, entre ellos M. Fourier, han procurado determinar matemáticamente el estado calorífico del globo terrestre, el cual ha recibido de un gran número de geólogos los resultados mas interesantes. Todos los físicos que

se han ocupado en los vapores han tratado de la lluvia, nubes, nieve etc. En cuanto á los fenómenos luminosos os diré que el arco iris fue explicado por primera vez por M. A. Dominis, arzobispo de Espalatro, muerto en Roma en las cárceles de la Inquisicion en 1615, Descartes calculó este fenómeno, y Newton completó su teoría. Monge es el primer sabio que haya indicado las causas de los fenómenos que os espliqué sobre la aparicion de figuras de ángeles en el aire. En 1798 habia este sabio francés observado algunos de estos fenómenos en Egipto. Ya sabeis relativamente á la electricidad que Franklin descubrió la conformidad de la electricidad de las nubes con la que se conocia en la tierra: él fué el primero que lanzó al aire una birlocha ó cometa eléctrico; Saussure y otros físicos han hecho tambien sus observaciones sobre la electricidad atmosférica. Dalibard y Romas en Francia, Canton en Inglaterra, el P. Beccaria en Italia, Richmann en Rusia, estudiaron los fenómenos de la electricidad borrascosa; ya sabeis que este fué herido del rayo en 1755 á 6 de agosto. Lord Mahon, en 1780, examinó el choque de retorno. Al citado Franklin debemos los pararrayos. Algunos físicos y en especial Gay-Lussac han estudiado y modificado su construccion. Fáltanos últimamente hablar de los *fenómenos magnéticos terrestres*. Una infinidad de viajeros han hecho observaciones sobre las variaciones de la intensidad de las fuerzas magnéticas terrestres. Halley, astrónomo inglés, parece que fue el primero que en 1700, observó las diferencias entre las acciones ejercidas por el globo sobre las agujas cebadas al iman: pero las nociones

mas exactas sobre este elemento de la teoría del magnetismo para la cual habia indicado Borda métodos de cálculo, se deben sobre todo al baron Alejandro Humboldt. Parece que en 1492 Colombo, durante su viaje del descubrimiento de la América, observó la declinacion de la aguja; mas tarde se reconoció su variacion de un lugar á otro de la tierra, y en 1662 el profesor Gunter reconoció en Londres que sufría mudanzas de uno á otro año. Cassini ha hecho una infinidad de observaciones sobre las oscilaciones diurnas de la aguja de declinaciones descubiertas por Graham en 1772. M. Humboldt ha trazado en la tierra las líneas sin declinacion. Roberto Norman descubrió la inclinación en 1576; muchos navegantes han reconocido el ecuador magnético. Morlet le ha señalado su posición sobre el globo. Debe citarse á Coulomb como uno de los físicos que mas han contribuido al adelanto de la teoría del magnetismo, dando á conocer la ley de las atracciones y repulsiones magnéticas, semejantes á las de las fuerzas eléctricas. Muchos físicos que han estudiado la teoría del magnetismo han determinado la manera de obrar de la tierra sobre los imanes suspensos, los trabajos de Coulomb son los mas importantes. M. Barlow ha corregido la influencia del hierro de los buques sobre las agujas empleadas en la mar. En otros muchos mas detalles podria entrar todavía, mas ya teneis bastante con lo que ya dicho, y pongamos fin á nuestra conferencia que ya es hora.

EUG. — Esto es lo que me será mas difícil de retener de cuanto me habeis enseñado; pero espero que tendreis la bondad de repetírmelo.

TEOD. — Y esperais bien, pues cuando me he propuesto enseñaros no ha sido con ánimo de hacer que por una oreja os entre y por otra os salga. A fin de que tengais tiempo de digerir y rumiar cuanto habeis aprendido en las doce conferencias que ya van trascurridas haremos treguas por unos cuantos dias, y luego emprenderemos de nuevo nuestra interesante tarea, si Dios no dispone otra cosa.

EUG. — ¿De qué materia pensais tratar en la primera conferencia.

TEOD. — Trataremos de la *Astronomia*, asunto curioso é instructivo.

EUG. — Esto me hará creer que los dias de tregua serán mas largos que los que hemos pasado conferenciando. Como sea, puesto que así lo teneis dispuesto me conformo.

SILV. — Vámonos, Eugenio, que ya es tarde, y ya que pasareis unos cuantos dias sin conferenciar sobre asuntos científicos, me permitireis que vaya á cumplir con los deberes de la amistad en otra parte.

TEOD. — Ya sabeis que siempre estamos dispuestos á daros gusto.

EUG. — ¿Con que nos vamos, doctor?

SILV. — Si, mi amigo; Teodosio, hasta otro dia.



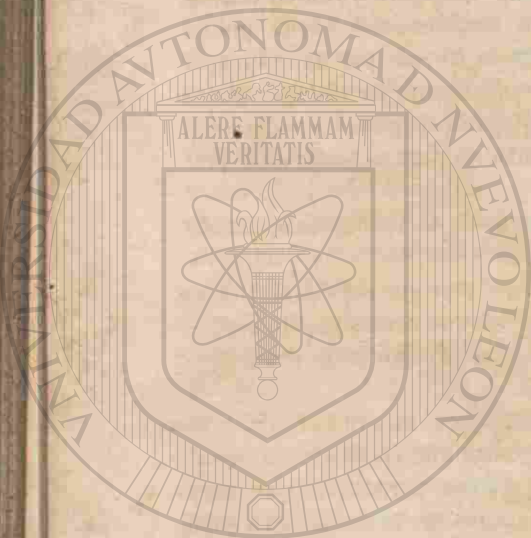
INDICE

DEL TOMO TERCERO.

TARDE NONA.

Trátase de la luz.

§ I. — Esplicase los dos sistemas de la luz, y se trata de las generalidades de este cuerpo.	7
§ II. — Trátase de la catóptrica ó sea reflexion de la luz, de los espejos planos.	23
§ III. — De los espejos cóncavos y convexos.	41
§ IV. — Esplicase la reflexion por ambos sistemas.	36
§ V. — Trátase de la Dióptrica ó sea de la refraccion; esplicase esta por ambos á dos sistemas.	71
§ VI. — Trátase de las lentes.	81
§ VII. — Esplicase en qué consisten los colores.	98
§ VIII. — Esplicase los colores en particular, especialmente el color blanco y negro.	110



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

TARDE DÉCIMA.

Sigüese tratando de la luz, de los fenómenos que de ella dependen, de la vista y los instrumentos de que nos valemos para ayudarla.

§ I. — Del sistema de Newton sobre los colores.	423
§ II. — Trátase de las reflexiones de los colores, ó del modo con que se ven los objetos en los espejos.	146
§ III. — Trátase de la refraccion de los rayos de color y de los efectos que de ella nacen: esplicase el arco iris.	160
§ IV. — De los cuerpos fosforescentes y de la trasparencia ó diafanidad.	173
§ V. — Descripción del ojo: y trátase del modo como se pintan en él los objetos.	191
§ VI. — Del conocimiento que nuestra alma tiene del objeto fundado en la pintura de los ojos.	204
§ VII. — De qué modo conoce el alma la figura sólida del objeto, su postura y unidad.	224
§ VIII y IX. — Del origen de los defectos en la vista.	258
§ X. — Del modo de aumentarse el tamaño aparente de los objetos y disminuirse la distancia, donde se trata de los microscopios y telescopios dióptricos.	243
§ XI. — De la cámara oscura, cámara óptica y linterna mágica.	274
§ XII. — De los telescopios de reflexion ó reverberacion, y del daguerreótipo.	274
§ XIII. — De la refraccion doble y polarizacion de la luz.	288

TARDE UNDÉCIMA.

Trátase de la electricidad propiamente tal.

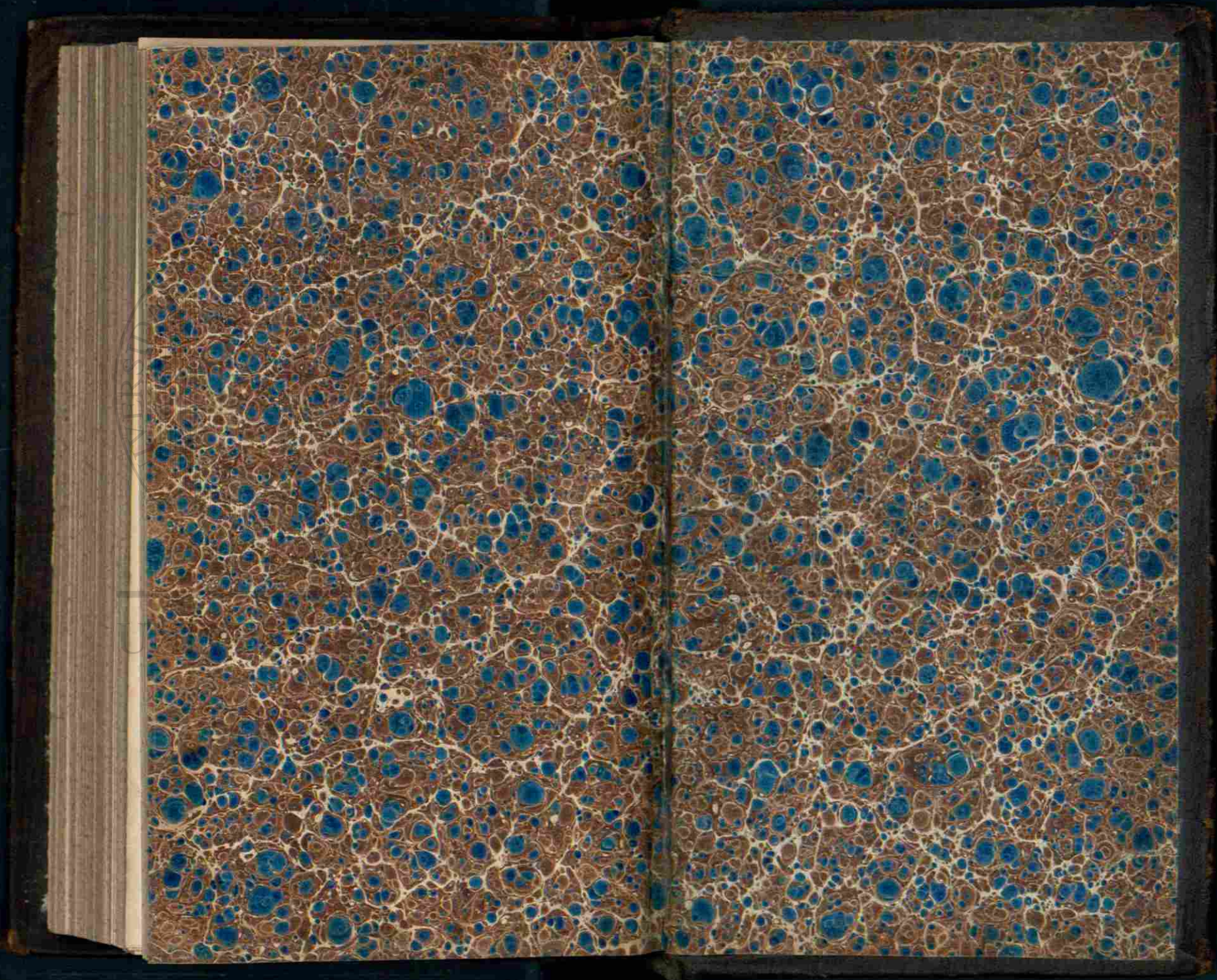
§ I. — Describe la máquina eléctrica y se explica la teoría de la electricidad: leyes de atraccion y repulsion: los cuerpos conductores y no conductores.	294
§ II. — De la carga eléctrica de los cuerpos conductores	503
§ III. — Trátase de la carga eléctrica de los cuerpos no conductores, de las influencias eléctricas á distancia de las atracciones y repulsiones, de los electrómetros y electróscopos, y del re-	

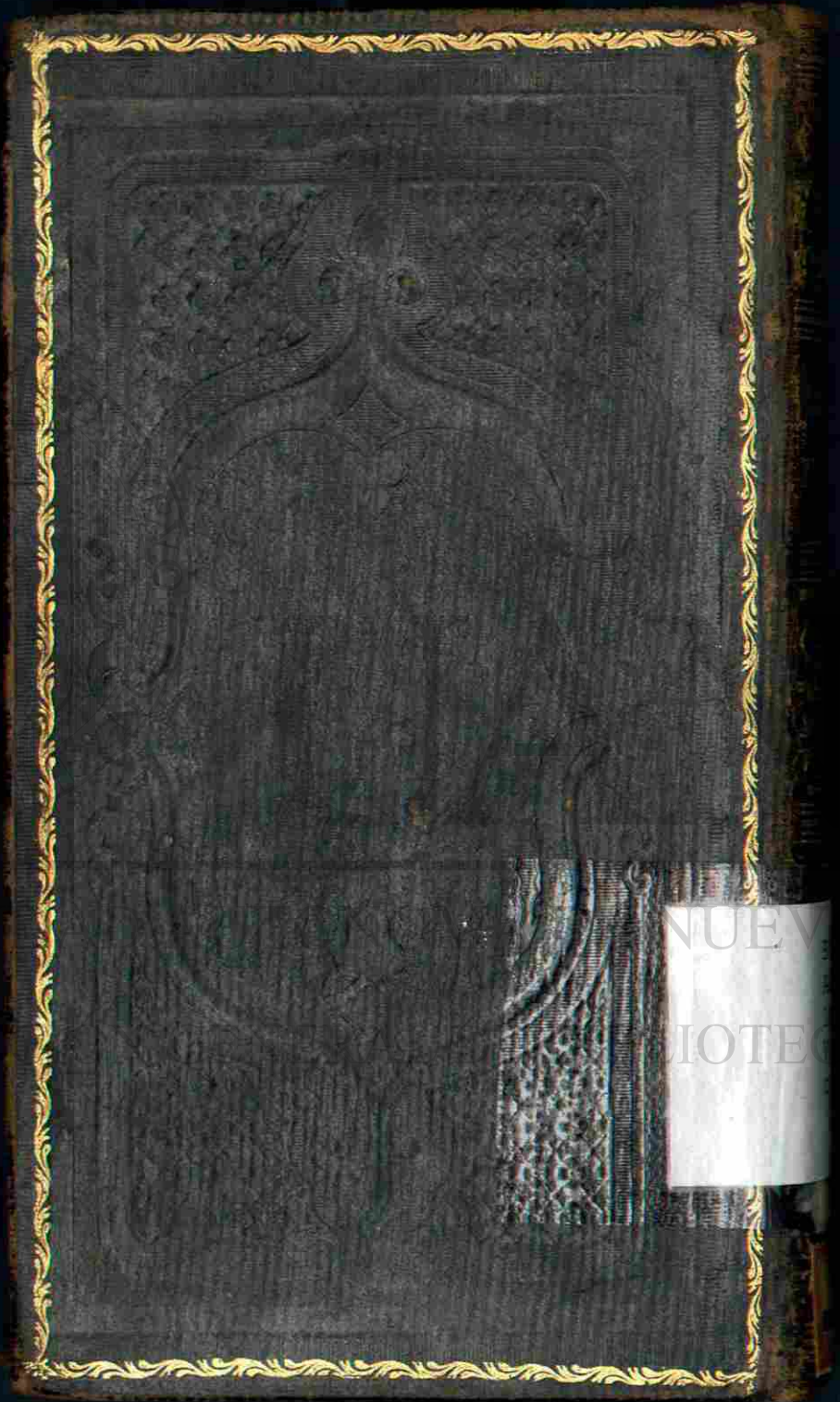
parto de la electricidad por la superficie de los cuerpos electrizados.	314
§ IV. — Trátase de las electricidades disimuladas, del condensador, del vidrio eléctrico, de la botella de Leiden, de la batería eléctrica y del electróforo: de los medios de producir la electricidad, del aislamiento y de la máquina eléctrica ó su teoría.	330
§ V. — De los efectos que produce la electricidad sobre los cuerpos brutos y sobre el hombre.	346

TARDE DUODECIMA.

Sigüese tratando de la electricidad, del galvanismo y del magnetismo.

§ I. — De la electricidad de la atmósfera, de las nubes y de los pararrayos.	560
§ II. — Esplicase la influencia de la electricidad sobre los chaparrones, grueso granizo, bombas marinas y piedras llamadas aerollitas.	582
§ III. — Del galvanismo y de la pila de Volta, ó galvánica.	594
§ IV. — Reflexiones sobre la teoría de la fuerza electromotriz: otra teoría; pruébase la identidad del fluido galvánico con la electricidad ordinaria.	405
§ V. — Trátase del magnetismo, de los imanes naturales y artificiales, y se da fin á la física, explicando los peces eléctricos y la aurora boreal.	417
§ VI. — Dáse una ojeada general sobre la historia de la física.	431
§ VII. — Trátase de la historia de cada punto de física en particular.	442
§ VIII. — Trátase de la historia de la luz y electricidad.	469





NUEV

BIOTEC