



DAD A
CIÓN O



ALBERT

ROBERTSON

AMERICA

2

B795

A45

1841

V.2

C.1

Vincent L. Villarreal.

E # 4 C # 99



UANL

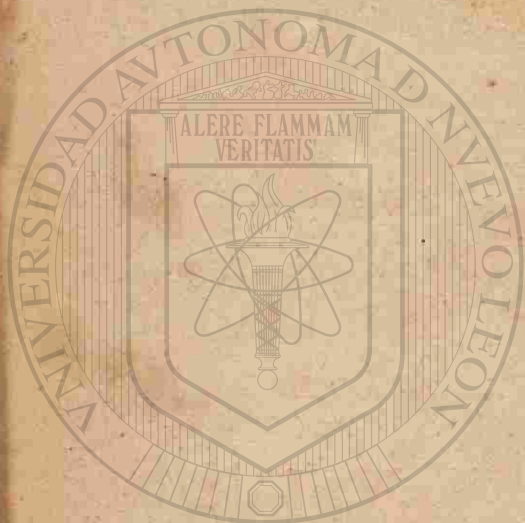
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS





1080076272



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



G. Villanueva



RECREACION FILOSOFICA.

UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

PARIS.

LIBRERIA DE ROSA.

Schneider y Langrand, calle de Erforth, 4.

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
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 MALO

Médico cirujano de la ciudad de Oaxaca,
miembro titular y correspondal del círculo médico de Montpellier,
miembro correspondal de la sociedad médico-
quirúrgica de la misma ciudad.

TOMO II

1844.

36831

B295

A15



FISICA.

(CONTINUACION.)

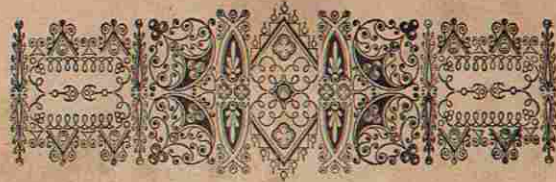
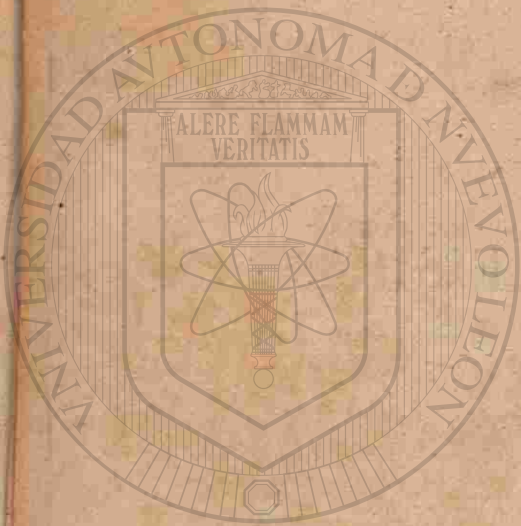
UANL

FONDO
A. B. PUBLICA DEL ESTADO
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Biblioteca Central Magna

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

®



RECREACION FILOSOFICA.



TARDE QUINTA.

APLICANSE LAS LEYES GENERALES DE LA MATERIA A LOS CUERPOS LIQUIDOS.



§ I.

Trátase de la figura, porosidad, movilidad, divisibilidad é impenetrabilidad de los líquidos.

SILV. — Hoy, Teodosio, os previno mi diligencia : por lo que veo aun es temprano para la conferencia que teneis determinada , porque aun no encuentro aquí á Eugenio. ®

TEOD. — No os esperaba tan temprano gobernándose por los otros días , pero sabiendo vuestra llegada no se retardará ; voy á pasarle aviso de que estais aquí.

SILV. — Mientras llega decidme ¿de qué materias vais á tratar esta tarde?

TEOD. — Me propongo aplicar á los cuerpos líquidos las nociones que hemos dado en general de las propiedades de la materia, siguiendo el mismo orden que hemos seguido tratando de los sólidos. Mas ahí viene Eugenio.

EUG. — No me culpeis la demora, que provino de ignorar vuestra llegada; ¿habiais acaso comenzado ya algun discurso?

SILV. — Ni hemos tenido tiempo para eso, ni lo habiamos de hacer sin vos; estaba diciendo Teodosio que iba á tratar de las propiedades generales aplicadas á los líquidos.

EUG. — Me parece que ha de ser materia curiosa, y para que no perdamos tiempo, Teodosio, empezad si lo teneis á bien, que ya os escucho.

TEOD. — A fuer de cuerpos los líquidos han de tener su estension y por lo mismo su configuracion, figura ó forma como querais llamarla. Ya os dije, si no me engaño, que cuando podia sustraerse un líquido á la accion de fuerzas estrañas, esto es, cuando no hay ninguna influencia que le modifique tiende á tomar la figura esférica; las gotas de la lluvia, las del azogue, etc. os recordarán que esto no admite duda. Mas como estos casos existen raramente, puede decirse que los líquidos no tienen forma por sí mismos; que es sumamente variable, por cuanto depende de la figura del vaso, ó local que los contiene: en un vaso cilíndrico, en un plato circular, en una cubeta angulosa, etc., en apariencia la su-

perficie de los líquidos es plana y horizontal, y con todo realmente no es así. Si consideramos el globo de la tierra en su totalidad concebirémos que si estuviese formado enteramente de líquido seria á poca diferencia esférico.

SILV. — Dispuesto estoy á conceder lo que andais diciendo: pero hasta aquí pienso lo contrario: y no hay que andaros en suposiciones; si toda la masa de la tierra no está formada de líquido, lo está, al menos, la mayor parte, como puedo probarlo mostrándoos solamente el *Mapa-Mundo*; y con todo ¿hay llanuras mas tiradas á cordel que las del mar?

TEOD. — Todo esto es mera apariencia, Silvio; estas superficies ó llanuras del mar parecen planas, porque el rayo de la esfera terrestre es muy largo y por esto porciones limitadas de la superficie del globo nos parecen planas y perpendiculares á la normal de esta superficie que no es sino la prolongacion del rayo de la esfera, y de consiguiente todas las estensiones limitadas de la tal su perficie serian lo que llamamos horizontales. Mas reparad en una cosa: sabeis que todo el mundo está hoy de acuerdo en que la tierra es redonda, esférica, y vos mismo acabais de decir que la mayor parte de la tierra está cubierta de agua. En efecto es así, si haceis cien partes de la superficie del globo terrestre las setenta y cinco estan cubiertas por esas inmensas masas de agua que llamamos *mares*. A primera vista realmente parece que estas masas inmensas de líquido presentan superficies planas y horizontales, mas no dejan por eso de tomar la forma esférica, en cuanto

se lo permiten las superficies sólidas, de lo cual vais á ver vos mismo la prueba. Venid acá al balcon ; miraos el horizonte del mar, ¿ qué distinguís en él ?

TEOD. — No sé donde quereis decir ; el horizonte es muy largo.

TEOD. — La observacion es justa : en frente de aquella casa de campo.

SILV. — ¿ Una como nubecilla ?

TEOD. — Miráosla con el antejo de larga vista.

SILV. — Son las velas de un buque que navega sin duda viento en popa.

TEOD. — ¿ Veis el casco del buque ?

SILV. — No : solamente distingo el velamen y aun no todo.

TEOD. — Pues ahí teneis una prueba irrefragable de que esa superficie de líquido que os parece tirada á nivel es convexa , curva , puesto que un buque que descansa sobre ella , estando lejos no os enseña mas que parte de su velamen. Seguid lo largo de estas praderas y playas ; yo os distinguiré de pies á cabeza por mas que os alejeis ; subid por esta loma que está cera á un lado , y bajad del lado opuesto al cabo de algunos pasos ya no os percibiré , porque la superficie curva de la loma me lo impedirá. Lo mismo pues sucede en el mar.

SILV. — Pasad adelante : quedo convencido.

TEOD. — Lo que sucede en las masas grandes de agua sucede en las pequeñas , y así como la grande estension de las primeras nos impide ver su curvatura , nos lo impide en la segunda el ser esta muy poca cosa.

EUG. — Y las últimas partículas de los líquidos ¿ qué forma tienen ?

TEOD. — Probablemente la tienen poliédrica regular una infinidad de líquidos , entre ellos el agua que citarémos á menudo , como tipo de esta clase de cuerpos , lo prueban claramente , pues cuando cristalizan lo hacen regularmente , y ya sabeis que sino fuesen regulares sus moléculas primitivas no podria suceder de esta suerte. Pero como se mueven tan fácilmente se hace forzoso suponer que el calórico que las separa las envuelve en cierto modo formando partículas complexas , realmente esféricas , con lo cual pueden rodar las unas sobre las otras.

SILV. — Gustaráme oír como aplicais á los líquidos lo que habeis dicho en otras tardes sobre la porosidad.

TEOD. — Los líquidos tienen sin disputa su porosidad ; pero para apreciarla , no podemos valernos de los medios de que nos valimos para los sólidos. Nunca puede percibirse intervalo apreciable entre sus moléculas , y sus superficies se ofrecen siempre perfectamente lisas cuando son libres , ó exactamente amoldadas sobre los sólidos que las contienen.

EUG. — ¿ Cuando mezclamos vino con agua acaso no se meten las partículas del vino con las del último líquido ?

SILV. — ¿ Y esto prueba sus poros ? No señor ; puesto que el volumen de la mezcla aumenta , yo os puedo decir que estos poros no existian antes , así como no existe el vacío que hago en el agua , cuando meto en ella el puño ; y el espacio que el agua

pierde con la entrada de mi puño lo recobra, haciendo avanzar su superficie. ¿Veis acaso una cosa análoga cuando la esponja se empapa de agua?

EUG. — Sí señor, aumenta de volumen, lo mismo hace la madera, acordaos del arte de hacer bajos-relieves que nos enseñó Teodosio.

TEOD. — No os enmarañéis en disputas. Si vais á reparar en la mudanza de volumen, no hallareis porosidad en los sólidos porque, en efecto, los mas aumentan cuando se embeben de un líquido; mas hay otros que no lo hacen, tal es el marmol que se empapa de aceite. Ni nos faltan mezclas de líquidos que no solo no aumentan sino que disminuyen de volumen despues de la mezcla. Voy á probaroslo. Aquí tengo este tubo de vidrio de algunos milímetros de diámetro y de un metro de largo, cerrado por una de sus estremidades; lleno las dos terceras partes con ácido sulfúrico, ó aceite de vitriolo, como se llama vulgarmente, y lo acabo de llenar de agua destilada: tapo exactamente el tubo, lleno de esta suerte, los líquidos se quedan separados por la diferencia de sus pesos específicos. Mas voy á volver el tubo; ya se han mezclado ambos á dos líquidos: tocad que caliente se pone el tubo.

EUG. — ¡Hombre! ¿qué cosa tan singular! ¿y estaba antes todo esto frio?

TEOD. — Tocad el frasco de donde he sacado el aceite de vitriolo: dejémoslo enfriar..., ya está frio, mirad como ha disminuido de volumen la mezcla; el tubo que estaba lleno ya no lo está. Luego es preciso admitir que las partículas de estos líquidos estaban distantes unas de otras antes de la operacion;

que se han acercado, y que por lo mismo habia poros entre ellas. Pero es preciso que no creais en los líquidos nada análogo á lo que hemos llamado cuerpos porosos entre los sólidos, porque no hay en ellos espacio vacío capaz de ser medido, ni de aumentar, disminuir ó mudar de una manera aparente. Hasta está demostrado que cuando un gas está mezclado con un líquido se halla en él en forma líquida. Los líquidos espumosos son los únicos que ofrecen alguna analogía con los sólidos porosos, y entonces la movilidad de las partículas líquidas, queda destruida por sus disposiciones en paredes delgadas al rededor de gorgoritas de gas que envuelven.

SILV. — No dijisteis que el volumen dependia del arreglo de las moléculas, de la distancia en que se hallaban.

TEOD. — ¿Qué consecuencia quereis sacar de ello?

SILV. — Que si vuestros principios son ciertos, un volumen de agua igual á un volumen de oro pesa menos; ha de tener por lo mismo menos partículas, y como con menos partículas hay el mismo volumen, fuerza es que suplan los vacíos ó poros: consecuencia que el agua tiene mas poros que el oro.

TEOD. — Parece que habeis olvidado, Silvio, lo que dijimos del sistema atomístico. Acordaos que las moléculas de cada cuerpo tienen un término en su divisibilidad diferente entre ellos, y un término diferentemente tambien en su peso específico; por lo tanto, todo vuestro argumento se desploma con solo hacer aplicacion de dicho sistema.

SILV. — ¿Pues cómo no se perciben los poros de los líquidos?

TEOD. — Por su gran divisibilidad en sus moléculas. Los vacíos de muchos cuerpos sólidos, esto es, sus pesos, son las distancias que hay entre pequeñas masas de moléculas, y lo que vemos con el microscopio es esto: ahora bien las masas de moléculas de los líquidos son mucho mas pequeñas, por esto son líquidos y por lo mismo los vacíos han de ser menores. Un saco de naranjas deja vacíos mayores que un saco de nueces, y este que un saco de perdigones, y si á esto añadís el diferente peso específico de las partículas, os dareis razon facil de todo lo que hace los fundamentos de vuestras objeciones.

SILV. — No quiero entreteneros mas en esto por ahora; ni me acomodo á vuestros principios, ni los impugno; pensaré en ello mas despacio y hablaremos; pasemos adelante.

TEOD. — Si nos miramos los líquidos bajo el aspecto de la *movilidad* veremos que son esencialmente movibles; atendida la disposicion de sus moléculas habia de ser así; y no habiendo entre ellas ningun lazo que las fije como en los sólidos, cada una ha de moverse separadamente de las demas. Esta independencía dificulta el estudio de los problemas relativos á este punto. Los cuerpos líquidos son susceptibles de toda especie de movimiento, ya en totalidad, ya entre sus partículas. Con todo guardaos de creer que todos son igualmente móviles; pues unos se prestan mas que otros al movimiento. Agitad el aceite, el agua, el eter, y vereis qué dife-

rencia va del uno al otro. La dificultad ó especie de oposicion que hace el aceite para moverse se llama *viscosidad*, y viscosos los cuerpos que la presentan. Cuando hablamos de la estremada divisibilidad de la materia, creo que os cité algun ejemplo de cuerpos líquidos, y en efecto en esta clase de cuerpos no tiene dicha propiedad ni límites ni medida. Una ligerísima cantidad de líquido colorado puede distribuirse y esparcirse por una masa enorme de otro líquido, y comunicarle sus propiedades. Una sola gota de aceite de vitriolo, puede dar sus propiedades á 20,000 veces su peso de agua. Podemos asegurar muy bien que las moléculas de los líquidos son estraordinariamente pequeñas; puesto que sabemos que estos líquidos existen en circulacion en los animales que solo pueden verse con el microscopio. No menos notables son los líquidos por su impenetrabilidad. Aunque sea facil meter la mano, un palo, una piedra en el agua, no se sigue que la penetre, pues el agua cede á estos cuerpos el espacio, y se va á recobrarlo en otra parte: es pues una dislocacion de moléculas lo que se verifica en dichos casos, no una penetracion. Lo propio sucede cuando se mezclan dos líquidos y aumentan de volumen; y aunque disminuyan como sucede, cuando se verifica una combinacion, porque en tal caso hay condensacion y no penetracion verdadera. Tampoco dejan penetrarse los líquidos, por los gases pues metiendo agua dentro un frasco lleno de aire, arroja este gas, y si se introduce un gas, gorgorita á gorgorita, el agua irá bajando y cediendo el lugar al gas. Un ejemplo os voy á citar que os convencerá com-

pletamente de la impenetrabilidad de los líquidos, especialmente cuando sus partículas no pueden ganar por un lado el espacio que tiende á hacerles perder por otro un cuerpo que se quiere introducir en él, como sucede cuando estan exactamente contenidas ó encerradas en un vaso de paredes fuertes. Para probar las piezas de artillería las ponen boca arriba y en posición vertical: hecho esto, las llenan de agua, ciérrase la boca con un émbolo y se da con una masa encima. Si la pieza de artillería es buena, el émbolo no baja por violentos que sean los golpes; si la pieza no es muy resistente estalla; todo lo cual son pruebas irrefragables de que el émbolo no puede ocupar dentro de la pieza el lugar ocupado por el agua.

EUG. — No os dilateis mas sobre el particular pues para mí ya basta.

SILV. — Pues para mí tambien.

TEOD. — Habeis hablado á propósito porque ya hacia ánimo de mudar de asunto: puesto, pues, que ya hemos tratado de las propiedades generales, aplicadas á los cuerpos líquidos, veamos como se conducen con ellos las fuerzas.

EUG. — No nos faltará interés en esta materia.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS § II.

Trátase del peso, peso específico, adhesión, cohesión, elasticidad y compresibilidad de los líquidos.

TEOD. — Ya dijimos que el estado de los líquidos

influa en los efectos de su atracción, y por lo tanto hemos de pasar en revista las diferentes modificaciones de esta fuerza en los cuerpos que nos ocupan: sujetos como los sólidos á la gravedad, los líquidos, han de tener su peso, suma de las gravedades de cada molécula. Pero como las moléculas de los líquidos ruedan unas sobre las otras, es imposible pesarlos solos, y se hace forzoso hacerlo, metiéndolos dentro de vasos, cuyo peso particular se conoce, y de esta suerte se sabe lo que pesa un líquido.

EUG. — Con todo, si no me engaño, el agua sirve de punto de partida para todos los demas pesos.

TEOD. — En efecto es así: mas cuidado, Eugenio, de no confundir nunca el peso de un líquido con lo que se llama su *presión*, porque es cosa muy diferente. Cuando tratemos, que será luego, de las leyes de la mecánica aplicadas á los líquidos, veremos que en razon de la movilidad de sus moléculas, esta clase de cuerpos es susceptible de ejercer á la vez las mismas presiones en muchos sentidos, de suerte que la suma de las presiones puede exceder considerablemente el peso real de un líquido dado.

EUG. — Se me figura, Teodosio, que los medios para averiguar el peso específico de los líquidos, no pueden ser los mismos que los propuestos para determinar el de los sólidos.

TEOD. — Claro está que no, y tenemos un medio mucho mas sencillo y muy general para determinar dicho peso. Consiste este en tomar un vaso cuyo peso se sabe, se llena de agua, se pesa, y se conoce

pletamente de la impenetrabilidad de los líquidos, especialmente cuando sus partículas no pueden ganar por un lado el espacio que tiende á hacerles perder por otro un cuerpo que se quiere introducir en él, como sucede cuando estan exactamente contenidas ó encerradas en un vaso de paredes fuertes. Para probar las piezas de artillería las ponen boca arriba y en posición vertical: hecho esto, las llenan de agua, ciérrase la boca con un émbolo y se da con una masa encima. Si la pieza de artillería es buena, el émbolo no baja por violentos que sean los golpes; si la pieza no es muy resistente estalla; todo lo cual son pruebas irrefragables de que el émbolo no puede ocupar dentro de la pieza el lugar ocupado por el agua.

EUG. — No os dilateis mas sobre el particular pues para mí ya basta.

SILV. — Pues para mí tambien.

TEOD. — Habeis hablado á propósito porque ya hacia ánimo de mudar de asunto: puesto, pues, que ya hemos tratado de las propiedades generales, aplicadas á los cuerpos líquidos, veamos como se conducen con ellos las fuerzas.

EUG. — No nos faltará interés en esta materia.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS § II.

Trátase del peso, peso específico, adhesion, cohesion, elasticidad y compresibilidad de los líquidos.

TEOD. — Ya dijimos que el estado de los líquidos

influa en los efectos de su atraccion, y por lo tanto hemos de pasar en revista las diferentes modificaciones de esta fuerza en los cuerpos que nos ocupan: sujetos como los sólidos á la gravedad, los líquidos, han de tener su peso, suma de las gravedades de cada molécula. Pero como las moléculas de los líquidos ruedan unas sobre las otras, es imposible pesarlos solos, y se hace forzoso hacerlo, metiéndolos dentro de vasos, cuyo peso particular se conoce, y de esta suerte se sabe lo que pesa un líquido.

EUG. — Con todo, si no me engaño, el agua sirve de punto de partida para todos los demas pesos.

TEOD. — En efecto es así: mas cuidado, Eugenio, de no confundir nunca el peso de un líquido con lo que se llama su *presion*, porque es cosa muy diferente. Cuando tratemos, que será luego, de las leyes de la mecánica aplicadas á los líquidos, veremos que en razon de la movilidad de sus moléculas, esta clase de cuerpos es susceptible de ejercer á la vez las mismas presiones en muchos sentidos, de suerte que la suma de las presiones puede exceder considerablemente el peso real de un líquido dado.

EUG. — Se me figura, Teodosio, que los medios para averiguar el peso específico de los líquidos, no pueden ser los mismos que los propuestos para determinar el de los sólidos.

TEOD. — Claro está que no, y tenemos un medio mucho mas sencillo y muy general para determinar dicho peso. Consiste este en tomar un vaso cuyo peso se sabe, se llena de agua, se pesa, y se conoce

el peso del volumen de agua que este vaso puede contener; se llena en seguida de cualquier otro líquido que presentará otro peso mayor, ó menor y será su peso específico.

EUQ. — Muy sencilla es en efecto la operacion.

TEOD. — Con todo, exige ciertos cuidados para llevarla á un punto de verdadera exactitud. Es menester llenar el vaso siempre del mismo modo, para cuyo efecto debe ser su cuello estrecho comparativamente á su capacidad y el nivel debe señalarse con una linea. En segundo lugar, como la capacidad del vaso y el volumen del líquido pueden variar segun fuere la temperatura, se ha de tener sumo cuidado en que sean iguales. Tambien es preciso valerse de balanzas muy delicadas; comunmente reemplaza este método que es susceptible de mucha perfeccion el uso del *areometro ó pesa-licor* que describiremos en otro lugar.

EUQ. — ¿Sabeis, Teodosio, los pesos específicos de algunos líquidos?

TEOD. — Si quereis os trazaré algunos: andad anotando.

Agua pura.....	1,000
Agua de mar.....	1,026
Mercurio ó azogue.....	13,586
Aceite de vitriolo.....	1,850
Agua fuerte.....	1,354
Aceite de olivas.....	0,915
Aceite de lino.....	0,945
Aceite de trementina.....	0,857
Aceite rectificado.....	0,829
Eter sulfúrico.....	0,715

EUQ. — Bueno; ya los tengo notados en mi car-

tera para lo que me ocurra. Esto es muy gustoso.

SILV. — Hetelo entusiasmado porque sabe que el aceite es menos pesado que el agua.

EUQ. — Esto ya lo sabia antes, pero no sabia la proporecion ni por que.

TEOD. — Cuando hablamos de la adhesion de los sólidos entre sí y los líquidos, ya vimos lo que aquí podriamos decir, por lo tanto lo pasaremos por alto. Lo que no dejaré de haceros notar es que la fuerza con que los líquidos adhieren á diferentes sólidos no es siempre en todos la misma. Cuando es considerable se dice que el líquido *moja*, en cuyo caso le cubre de una capa de líquido que se ha desprendido de la masa por ser mayor su fuerza de adhesion con el sólido mojado que la de su cohesion con las demas moléculas de su naturaleza. El agua moja el marmol, la madera, el papel, el vidrio, la ropa, etc. Y es tan fuerte, á veces, esta adherencia que, cuando el aire es muy húmedo, lo que quiere decir que contiene mucha agua en estado de vapor, hay ciertos cuerpos, como algunas piedras de las bodegas, que atraen esta agua-vapor, la condensan, y se presentan mojadas. Lo mismo hacen los sombreros, los cabellos, etc. Otros cuerpos hay que no tienen semejante propiedad, la lana por ejemplo, por eso es bueno vestirse de lana en paises frios y húmedos. Los cuerpos crasos hacen lo propio, pues dejan caer agua sin retenerla, y lo mas que hace este líquido es quedarse en forma de gotitas aquí y allá, como lo hace el azogue cuando se aplica sobre el vidrio, así como se estiende cuando se aplica á una chapa de oro.

EUG. — Yo he observado que cuando hace tiempo que no me he bañado, al salir del baño, solo estoy mojado en algunos puntos, á modo de gotitas separadas las unas de las otras.

TEOD. — Esto es porque toda la piel del hombre está cubierta de una especie de grasa ó unto, que impide la adherencia del agua. Frotaos mucho, ó con jabon, y vereis como se pega y os moja enteramente. Si de la adhesion pasamos á la cohesion de los líquidos veremos que es tambien muy variable en ellos, segun sus diferencias; cuando el calórico los dilata, disminuye rápidamente, y llega cierto término para cada uno, en que, hallándose del todo destruida su cohesion, el líquido se convierte en fluido elástico. Ya os dije en otra tarde que, haciendo tocar un plato de una balanza equilibrada con cierto peso con la superficie del agua, se recentaba mayor peso para levantar el plato y que este salia mojado, esto es, se llevaba una capa de agua, pues así puede medirse la fuerza de cohesion de los líquidos. Aunque hemos dicho que los líquidos son esencialmente móviles, hemos dicho tambien que no todos se prestan igualmente al movimiento, y que lo que los hacia tales era la *viscosidad*. Los líquidos crasos la presentan en sumo grado y este influye mucho en su coladura. No os diré en que consiste ó de que depende la viscosidad, porque hasta ahora nadie la ha explicado por la densidad, puesto que el aceite es mucho menos denso que el azogue.

EUG. — ¿ Los líquidos serán tambien elásticos?

SILV. — No lo creo, puesto que no son comprensibles.

EUG. — Con todo allá van dos ejemplos que os lo probarán; yo lanzo una piedra plana á flor de agua horizontalmente, y la piedra anda tocando el agua y saltando. Miraos una cascada ó el agua que cae de una canal como salta cual lo haria una pelota.

SILV. — ¿ Que mucho que esto suceda, puesto que la piedra y el suelo son elásticos, á la elasticidad de estos se deben los fenómenos que me citais, no á la del agua.

TEOD. — No andeis alegando hechos susceptibles de ataque, porque de esta suerte nunca se acaban las disputas. Que me diga Silvio si cree que un cuerpo capaz de transmitir los sonidos es elástico.

SILV. — No puedo negarlo.

TEOD. — El agua y cualquier otro líquido los transmite rápidamente y sin ninguna alteracion, por lo cual se ve que poseen la condicion esencial de la elasticidad, y así ha de ser puesto que sus partículas se hallan en un estado de equilibrio estable entre dos fuerzas opuestas. Pero notad que como las moléculas de los líquidos son susceptibles de rodar las unas sobre las otras sin que por esto se muden sus distancias recíprocas, es mucho mas difícil poner en juego su elasticidad: y en efecto es necesario, para que se consiga esto, que se hiera ó agite la masa líquida con grande velocidad como por ejemplo con las vibraciones de los cuerpos sonoros.

SILV. — Pero al menos no os empeñareis en que

sean los líquidos compresibles. ¿Y si os empeñais ahí está el experimento de los Académicos de Florencia que vos mismo ya citasteis, si no me engaño, para probar la porosidad de los sólidos, sin hablaros de la comun opinion de los físicos?

TEOD.— En vuestro tiempo, Silvio, era á la verdad comun esta opinion, y se creia en especial que el agua era absolutamente incompresible. Mas si no fuese tanta vuestra aficion á lo que aprendisteis euando joven y hubieseis andado siguiendo, como yo, el movimiento de la ciencia, sabriais que en la actualidad la comun opinion es contraria á la que teneis. En 1756, y notad que ya hace tiempo, el físico ingles John Canton, probó con esperimentos directos que el agua era compresible, lo mismo que los demás líquidos, y hasta llegó á determinar la proporcion de esta compresibilidad en líquidos diferentes, diciendo que el agua de lluvia perdía bajo la presion de la atmósfera (ya os diré Eugenio lo que es la atmósfera y cuanto pesa) 46 millonésimas partes de su volumen; el agua de mar 40 millonésimas, el aceite de olivas 48, el espíritu de vino 66; finalmente el mercurio 5 millonésimas partes; lo cual parece ser, á poca diferencia, en razon inversa de la densidad de los líquidos.

SILV.— Ya sé que hubo este inglés y que hizo sus ensayos; pero tambien me consta que se hizo poco caso de sus esperimentos y que se miró sus resultados como sujetos á grandes inexactitudes.

TEOD.— Pero lo que no sabeis sin duda, pues que tal cosa atacais, es que, en estos últimos tiempos Erstedt y Perkins han demostrado la compre-

sibilidad del agua, de manera que no parece dejar ninguna duda, coincidiendo el resultado de sus esperimentos con los de Canton.

SILV.— ¿Y puede saberse qué han hecho estos físicos para demostrar esta compresibilidad?

TEOD.— Yo os lo diré, Erstedt metió agua en un vaso de cristal cilíndrico que tiene en su estremidad superior una birola de cobre, en cuyo fondo se hallan adaptados un cañoncillo de bomba y su macho, ó émbolo del mismo metal; el émbolo que descansa inmediatamente en el agua puede bajarse, por medio de un fuerte tornillo de presion. Para juzgar de la compresion que puede sufrir el agua con este mecanismo, este físico sumerge en el interior del aparato un cilindro de vidrio lleno de agua, que tiene encima un tubo suelto, igualmente lleno de este líquido con una gota de azogue, que se queda estacionaria, esto es, que no se mueve á causa de la estrechez del tubo. Mídese exactamente su capacidad total, y se coloca al lado del tubo suelto una escala, cuyos grados indican millonésimos de este volumen total. Tambien se coloca en el interior del aparato un pequeño tubo puesto al revés, lleno de aire y provisto de una escala. Este pequeño aparato sirve para determinar cual es la presion actualmente ejercida sobre el agua. Ya veis que segun estas disposiciones el agua contenida en estos tubos debe hallarse igualmente comprimida al interior que al exterior por el agua contenida en el vaso grande, de suerte que si sucede, como se observa en efecto, que la gota de mercurio baje en el tubito á medida que se comprime el agua, esto no puede

verificarse sino por medio de una disminucion real del volumen del agua interior. Con la ayuda de este aparato puede producirse fácilmente presiones equivalentes á 7, 8 y hasta 9 atmósferas, y se halla que en cada presion igual á una atmósfera disminuye el volumen del agua hasta 45 millonésimos. Al principio se ha hecho uso de agua privada de aire; mas luego se ha reconocido que lo contiene este gaz, por esto no es mas ni menos compresible.

SILV. — ¿Y quien os dice que con estas presiones las paredes del vaso de vidrio que contiene el agua, cuya disminucion de volumen se observa, hallándose apretadas de dentro á fuera, no puedan adelgazarse y engrandecer la capacidad del vaso; simulando con esto que el volumen del líquido disminuye con la presion.

TEOD. — Esta es la única objecion que podiais hacerme, pero no os ha de valer. Veamos lo que ha hecho Perkins, el cual, empleando medios mas poderosos, ha conseguido comprimir el agua mas de una vigésima parte de su volumen. Este físico se sirve de un grueso cilindro de bronce, en cuyo interior hay una cavidad: comunica con ella una abertura que tapa un tornillo de acero; á cuyo traves está ahuecado un canal pequeño, donde juega un embolito del mismo metal, cuyos bordes estan adelgazados de manera que se apliquen exactamente sobre el cañon de bomba por el mismo efecto de la presion. Una palanca muy poderosa pone en movimiento el émbolo, y hay en la máquina una válvula

de seguridad que no se abre, sino cuando la presion interior sube á 4120 atmósferas.

SILV. — ¿Y cómo aprecia la presion ejercida sobre el agua?

TEOD. — Introduce en la cavidad llena de agua del cilindro un tubo de vidrio calibrado y graduado; llena de agua este tubo, hasta cierto grado; coloca al nivel de esta agua y dentro del tubo un círculo pequeño elástico y móvil, y encima un disco de cristal: vuélvese el tubo en un vaso pequeño tambien lleno de agua. Cuando se verifica la compresion, el disco de cristal se acerca al fondo del tubo, haciendo marchar delante de él el pequeño círculo elástico. Cuando cesa, el agua recobra su volumen primitivo, y el disco de cristal su primitivo puesto; mas el pequeño círculo elástico se queda en el lugar donde ha sido impelido, y su posicion señala la compresion que el agua ha sufrido. Otro de los físicos modernos Clement presenció uno de estos experimentos, y vió que el agua habia disminuido una 0,06 parte de su volumen.

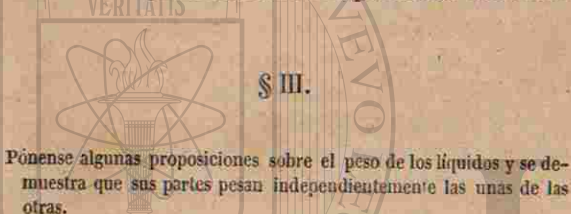
SILV. — Yo quisiera ser testigo tambien para no quedarme ninguna duda; mas en fin os lo concedo por ahora, y si Eugenio se contenta con lo dicho, vamos adelante.

ERG. — A mí me parece harto probada la compresibilidad de los líquidos, bien que veo que se han de practicar muchas cosas para que sea sensible.

TEOD. — Por esto aunque realmente compresible seguiremos mirándola como incompresible, sobre todo siempre que no existan las fuerzas enérgicas á

que se debe su reduccion de volumen. Ahora podria deciros algo de la dilatibilidad de los líquidos, mas como está tan ligada con la accion del calórico no quiero entrar en ningun detalle antes de haberos explicado detenidamente este cuerpo y su influencia. Pasemos pues á asuntos mas divertidos y hablemos de las leyes de la mecánica aplicadas al equilibrio y movimiento de los líquidos.

EUG. — Voy á escucharos con particular atencion.



Pónense algunas proposiciones sobre el peso de los líquidos y se demuestra que sus partes pesan independientemente las unas de las otras.

TEOD. — Os he dicho que los líquidos eran pesados, que su peso no era lo mismo que su presion : esto necesita desarrollos, y ahora voy á hacerlos ocupándome en estos dos puntos interesantes. Empezaré por establecer algunas proposiciones evidentes sobre las cuales se ha de fundar el discurso acerca de esta materia. Las iré diciendo cada una de por sí, para que si dudáreis en alguna, os pueda dar su esplicacion y sacaros luego de toda duda.

EUG. — Me parece método acertado.

TEOD. — *Iª Proposicion. Todas y cada particula de materia es pesada asi en los cuerpos sólidos como en los líquidos.*

SILV. — Hasta ahí no puede haber duda.

TEOD. — *IIª Proposicion. Cuando una particula*

de materia está pegada y ligada con otras, no puede bajar sin traerlas consigo, y asi pesan todas juntas como una cosa sola.

IIIª Por el contrario cuando las particulas de materia estan sueltas y desatadas puede cada una de ellas bajar sin traer consigo las otras. De aquí nace la.

IVª Y es : Que entonces pesa cada particula de materia por si sola é independientemente de las demas ; y las unas no aumentan el peso de las otras.

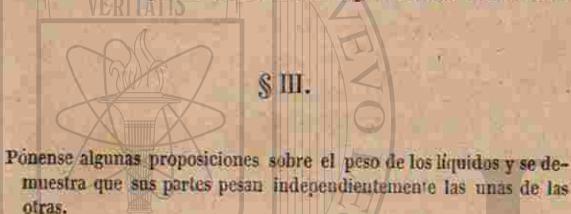
Vª Excepto cuando unas particulas estan á plomo sobre otras, porque entonces, aunque esten desatadas, nunca pueden bajar sin traer consigo las que tienen debajo de si.

VIª En este caso unas aumentan el peso de las otras (quiero decir), las que estan encima aumentan la fuerza con que las inferiores cargan hácia abajo; y por consiguiente.

VIIª Quanto mayor fuere el número de las particulas que estan á plomo unas sobre otras, tanto mayor ha de ser el peso que se ha de experimentar debajo de la última. Espliquemos y probemos esto con la esperiencia. Poned una libra de plomo sobre otra, es cierto que la aumenta el peso, y tanto que si quisierais levantar la de abajo no lo podeis hacer sin tener fuerza proporcionada á dos libras : poned ahora una libra al lado de la otra, pero unida y atada con ella ; tambien en este caso la aumenta el peso, y no se podrá levantar la primera sino con fuerza que pueda con las dos. Por el contrario, si pusiéreis esta libra inmediata al lado de la otra, pero totalmente desatada y de ningun modo unida, no la aumenta

que se debe su reduccion de volumen. Ahora podria decirnos algo de la dilatibilidad de los líquidos, mas como está tan ligada con la accion del calórico no quiero entrar en ningun detalle antes de haberos explicado detenidamente este cuerpo y su influencia. Pasemos pues á asuntos mas divertidos y hablemos de las leyes de la mecánica aplicadas al equilibrio y movimiento de los líquidos.

EUG. — Voy á escucharos con particular atencion.



Pónense algunas proposiciones sobre el peso de los líquidos y se demuestra que sus partes pesan independientemente las unas de las otras.

TEOD. — Os he dicho que los líquidos eran pesados, que su peso no era lo mismo que su presion : esto necesita desarrollos, y ahora voy á hacerlos ocupándome en estos dos puntos interesantes. Empezaré por establecer algunas proposiciones evidentes sobre las cuales se ha de fundar el discurso acerca de esta materia. Las iré diciendo cada una de por sí, para que si dudáreis en alguna, os pueda dar su esplicacion y sacaros luego de toda duda.

EUG. — Me parece método acertado.

TEOD. — *I^a Proposicion. Todas y cada particula de materia es pesada asi en los cuerpos sólidos como en los líquidos.*

SILV. — Hasta ahí no puede haber duda.

TEOD. — *II^a Proposicion. Cuando una particula*

de materia está pegada y ligada con otras, no puede bajar sin traerlas consigo, y asi pesan todas juntas como una cosa sola.

III^a Por el contrario cuando las particulas de materia estan sueltas y desatadas puede cada una de ellas bajar sin traer consigo las otras. De aquí nace la.

IV^a Y es : Que entonces pesa cada particula de materia por si sola é independientemente de las demas ; y las unas no aumentan el peso de las otras.

V^a Escepto cuando unas particulas estan á plomo sobre otras, porque entonces, aunque esten desatadas, nunca pueden bajar sin traer consigo las que tienen debajo de si.

VI^a En este caso unas aumentan el peso de las otras (quiero decir), las que estan encima aumentan la fuerza con que las inferiores cargan hácia abajo; y por consiguiente.

VII^a Quanto mayor fuere el número de las particulas que estan á plomo unas sobre otras, tanto mayor ha de ser el peso que se ha de experimentar debajo de la última. Espliquemos y probemos esto con la esperiencia. Poned una libra de plomo sobre otra, es cierto que la aumenta el peso, y tanto que si quisierais levantar la de abajo no lo podeis hacer sin tener fuerza proporcionada á dos libras : poned ahora una libra al lado de la otra, pero unida y atada con ella ; tambien en este caso la aumenta el peso, y no se podrá levantar la primera sino con fuerza que pueda con las dos. Por el contrario, si pusiéreis esta libra inmediata al lado de la otra, pero totalmente desatada y de ningun modo unida, no la aumenta

el peso, y así podreis levantar una sola con la fuerza proporcionada á una libra. Del mismo modo digo que pesan las partículas de materia: cuando estan unidas unas á otras aumentan unas el peso de las otras; cuando estan sueltas y desunidas, si estan á plomo las unas sobre las otras, tambien aumentan el peso de las de abajo; pero si estan á los lados de ningun modo aumentan el peso mientras estuvieren sueltas. ¿Dudais de esto?

EUG. — No; porque todas esas proposiciones son no solo ciertas sino evidentes.

TEOD. — Pues ya que dais estas proposiciones por ciertas conservadlas en la memoria, porque á su tiempo he de usar de ellas. Vamos ahora continuando con otras, que naturalmente se siguen de las que tenemos dichas.

VIIIª. *Si unas partículas cargan sobre otras que tienen á plomo, debajo de sí, las oprimen; por eso*

IXª. *Si una partícula tiene sobre sí muchas á plomo, ha de padecer mayor opresion que si tuviera pocas; y cuantas mas partículas tuviere sobre sí, tanto mayor opresion padecerá.*

SILV. — Todo esto es evidente; hasta aquí, Eugenio, podeis seguramente dar crédito á Teodosio.

TEOD. — Vamos adelante á otras proposiciones igualmente ciertas.

Xª. *Todo cuerpo que es oprimido de otro huye de la opresion si puede; y si no puede forcejea para librarse de la opresion que padece, y procura moverse por aquella parte por donde mas fácilmente se*

libre de ella. Espliquemos esta proposicion con un ejemplo: empujad con fuerza aquella puerta que está cerrada con llave; es cierto que la oprimís, y que si no fuera la cerradura que la embaraza se habia de mover hácia allá, huyendo de la opresion que la haceis.

EUG. — No tiene duda.

TEOD. — Añado ahora, que mientras empujais la puerta, ella forcejea para moverse hácia allá, y hace fuerza en la cerradura, tanto, que si no estuvieren seguros los clavos de la cerradura, y continuareis en empujar con fuerza, la puerta despedirá de sí los clavos y se abrirá, quedando de esta suerte libre de la opresion que la haceis mientras que la empujais. No quiero yo decir que la puerta tiene de suyo alguna accion ó movimiento propio; solo quiero decir que el movimiento que yo la doy ó intento darla se lo comunica ella á los clavos despidiéndolos de sí, ó haciendo fuerza para despedirlos; y esto es lo que quiero decir cuando establezco por principio general, *que todo cuerpo que es oprimido de otro huye de la opresion, si puede; y si no puede, forcejea para librarse de la opresion que padece, y procura moverse por aquella parte por donde mas fácilmente se libre de ella*: ¿y esto es evidente?

EUG. — Para mí es evidetísimo, y tambien para Silvio, si no me engaño.

SILV. — No tengo en eso duda.

TEOD. — Saquemos ahora de esta proposicion otra.

XIª. *El cuerpo que está oprimido por otro hace tanta fuerza para librarse de la opresion cuanta es*

la fuerza con que le oprimen. Confirmase con el ejemplo de la puerta que cuanto mas fuerza haceis en ella , tanto mas fuerza hace ella en la cerradura y clavos que la impiden el abrirse. De aquí se infiere la

XII^a. *Los cuerpos que estan igualmente oprimidos hacen igual esfuerzo contra los que les impiden el librarse de la opresion ; y por consiguiente,*

XIII^a. *Si un cuerpo está mas oprimido que otro, hace mas fuerza en el que le embaraza el movimiento , y tanto mayor quanto es mayor la opresion que padece. Hasta aquí es cierto.*

EUG. — Así lo persuade la razon y la esperiencia.

TEOD. — Añadamos ahora la XIV^a: *Si un cuerpo estuviere igualmente oprimido por todas partes no puede huir por ninguna , y así queda quieto é inmóvil.*

Pero, XV^a. *Si de una parte estuviere mas oprimido y de otra menos , se ha de mover hácia la parte en donde es menor la opresion.*

EUG. — Así debe suceder naturalmente.

TEOD. — Vamos ahora á ver el fin para que establecí estos principios , y vamos por partes para mayor claridad.

SILV. — Quiera Dios que lo que vais á decir sea tan cierto y evidente como estas proposiciones , porque ciertamente no he de contradeciros , y una tarde á lo menos quedaremos acordados.

TEOD. — Supuesto lo que hemos establecido, vamos ahora á ver las propiedades admirables de los líquidos. Primeramente todas las partes de los lí-

quidos son pesadas (proposicion 1^a); pero como estan sueltas y desatadas entre sí pesan independientemente las unas de las otras , y no pesan como los cuerpos sólidos. Si yo tuviera en mi mano un cañuto lleno de agua tapándolo con el dedo , luego que le destapase empezaria á caer el agua , y de cada vez sentiria yo en mi mano menor peso , porque el agua que estaba fuera del cañuto ya no pesaba en mi mano ; de suerte que si levantase el cañuto no habia de sentir sino el peso del agua que estaba dentro de él. Supongamos ahora que estando corriendo el agua toda se congela , y queda sólida y dura , entonces ya en mi mano pesa toda el agua ; de suerte que si quisiere levantar el cañuto he de sentir el peso no solo de la que está dentro de él , sino tambien de la que está pendiente fuera.

EUG. — Así ha de ser naturalmente.

TEOD. — Pues aquí teneis ya una diferencia de los fluidos respecto de los sólidos : mientras que el agua está fluida pesan en mi mano unas partes independientemente de las otras ; pero luego que se heló y quedó sólida , ya todas sus partes pesan juntamente y como una cosa sola. De aquí se saca la razon por que muchos árboles quiebran con la nieve , no habiendo quebrado con lluvias muy gruesas.

EUG. ¿Y por qué?

TEOD. — Porque cuando llueve , como el agua está líquida solo pesan sobre las ramas las partículas de agua que quedan sobre ellas , porque las otras se escurren y caen en el suelo ; pero cuando el agua se congela con el frio , carga sobre las ra-

mas mucha mas porcion, porque unas partículas quedan pegadas á las otras y pendientes de sus ramas, en las cuales á veces cargan tanto que hacen que se quiebren.

SILV. — Teneis razon, porque muchas veces he visto los árboles todos cubiertos de nieve pendiente de sus ramas como torcidas de algodón.

TEOD. — Reparad ahora, Eugenio, en esta doctrina que voy á decir, porque es importantísima, y el ignorarla causa grande confusion á muchos. El peso de cualquier vaso lleno de algun licor se mide por la cantidad del mismo licor que tiene dentro; pero el peso que hace el licor en el fondo del vaso es muy diferente: no se mide por la cantidad del licor. Por tanto, no confundais un peso con otro, porque tiene gran diferencia el peso de cualquier vaso junto con el licor del peso que hace aquel líquido en el fondo del vaso, y esto aun descontando el peso del vaso en sí.

EUG. — ¿Y cuál es la razon de esa diferencia tan notable?

TEOD. — Es esta: cuando pesais un vaso lleno de agua, v. g., no puede moverse el vaso hácia arriba ni hácia abajo, sin que vayan con él todas las partículas de agua que tiene dentro de sí: de aquí nace que se puede reputar ese vaso como un cuerpo sólido y macizo; pues esta es la diferencia que tienen los sólidos de los líquidos, que en los sólidos todas las partículas van juntas á cualquier parte, lo que no sucede en los líquidos, como queda dicho, porque si el vaso de agua fuese un cuerpo sólido y macizo habia de medirse su peso por

la cantidad de materia que hubiese en todo aquel volumen.

EUG. — Así debe ser.

TEOD. — Lo contrario sucede en el peso del agua sobre el fondo del vaso, porque como unas partículas pueden bajar sin que bajen las otras, se sigue que el peso con que cargan sobre el fondo no se mide por la cantidad de agua que hay en todo el vaso, porque muchas veces no toda ella carga sobre el fondo.

EUG. — Quisiera me esplicaseis esto mas con alguna esperiencia.

TEOD. — De buena gana lo haré: para esto es preciso mostraras y esplicaros un cilindro hecho á propósito, para conocer la fuerza que los líquidos hacen en el fondo del vaso en donde estan (Fig. 1). Llamam *cilindro*, Eugenio, á todo aquel cuerpo que juntamente es redondo y largo, como v. g. un cañón ó una columna redonda, cuando por toda su longitud conserva la misma anchura. Supuesto esto, este cilindro montado sobre sus tres pies es hueco por dentro, y no tiene fondo; pero tiene dentro un *embo-*

(Fig. 1.)



lo (al que en las ayudas ó geringas ordinarias llaman mango ó palo de la ayuda), el cual se mueve libremente por dentro del cilindro, pero de manera que no deja pasar una gota de agua : comunemente suele ser de laton, muy igual, y aforrado en cuero mojado en aceite para correr mas justa y libremente. Saquémosle fuera : aquí le teneis..... En el medio de este émbolo prende una cadena ó cordon, el cual está asido á la balanza en que se examina el peso de los liquidos. Lleguémos á esta mesa para esplicaros cómo se hacen estas esperiencias (Fig. 2) : todos estos tres vasos ABC estan montados sobre cilindros semejantes *aaa*, y con el mismo grueso y artificio entre sí ; y puede el mismo cilindro *a* acomodarse en todos los tres vasos ABC, y tambien al lado de la base de aquel vaso D. Y cuando quiero quitar todos los escrúpulos en esta materia uso del mismo cilindro en todos los casos. Vamos ahora al modo de hacer las esperiencias. Ajústase en el cilindro *a* el vaso C, v. g. que no tiene fondo, y se pasa por dentro de él el cordon ó cadena que está asegurada en el émbolo del cilindro *a*, y por dentro del cañon va á atarse en el brazo de la balanza : tiramos por la cadena ó cordon hácia arriba, hasta que el émbolo del cilindro *a* toque en el cañon C; entonces ponemos en el platillo R de la balanza muchos y varios pesos, y echando agua en el cañon los vamos disminuyendo, hasta que observemos que va subiendo el platillo en que estan los pesos, por quanto el agua carga sobre el émbolo, y este va bajando. Luego que esté la balanza en equilibrio vemos á qué altura llegó el agua,

y conocemos el peso que hace ella sobre el fondo.

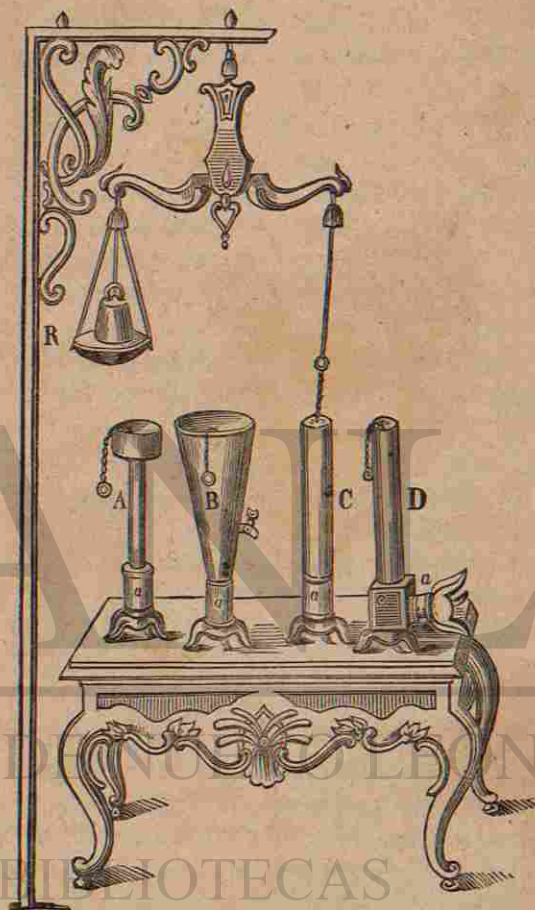


Fig. 2.

Del mismo modo se observa el peso que hace en los otros vasos A y B, y tambien en aquel D, porque

entonces con el peso del agua escurre el émbolo hácia afuera, y se pone la balanza en equilibrio.

SILV. — No se puede negar que está industriosamente inventado este modo de averiguar el peso de los líquidos.

EUG. — Ya que tenemos prontos los instrumentos, veamos por esperiencia lo que poco há me dijisteis, que cuando se pesaban los vasos con el licor dentro se atendia á toda la cantidad del licor: pero que no se atendia á la cantidad del líquido cuando se miraba al peso que él hácia sobre el fondo del vaso.

TEOD. — Vamos á eso: aquí tenéis este vaso de vidrio (Fig. 5): llénolo de agua y lo peso: ved cuánto pesa: reparad que tengo puesto en un platillo de la balanza media libra, que es el peso del vaso estando vacío; y así todo el peso que pongais ahora mas pertenece al agua.

EUG. — Pesa tres libras justas.

TEOD. — Pues si yo colocase este vaso sobre un cilindro *a* (Fig. 2), cuyo émbolo sirviese de fondo móvil al vaso, veriais que mucho menor peso bastaba para sostener la balanza en equilibrio.

EUG. — ¿Y por qué razon habia de suceder eso?

TEOD. — La razon es, porque en el émbolo ó fondo movedido de este vaso solo cargan las partículas que quedan á plomo sobre él, y que hacen como una columna, la cual pesa dos libras v. g. Es-



Fig. 5.

tas partículas pueden bajar sin traer consigo las otras que quedan á los lados, porque no estan atadas ni enlazadas con ellas; por eso las de los lados no aumentan el peso de la columna del medio.

SILV. — ¿Pues sobre qué pesan las partículas de agua que quedan á los lados?

TEOD. — Cargan sobre los costados del vaso; y si estos fuesen demasidamente delgados y muy inclinados hácia afuera, podrian quebrarse con el peso del agua. Con que así, Eugenio, conservad en la memoria, que cuando quisieréis saber el peso que hace el agua sobre el fondo de cualquier vaso, no habeis de atender á las partículas de agua que quedan á los lados, sino á las que caen á plomo sobre el fondo, esto es, en el caso de que el agua de los costados no esté mas alta que aquella que está á plomo sobre el fondo, porque si estuviese mas alta hemos de discurrir de otro modo, como diré á su tiempo. Ahora os advierto que los físicos cuando hablan del peso de los líquidos suelen dividirlos en varias columnas: por una columna entienden las partículas que estan á plomo unas sobre otras, de manera que si fuesen de materia sólida, y estuviesen separadas de las demas que quedan á los lados, harian una columna verdadera: de estas columnas llaman perpendicular á la que está á plomo sobre el fondo, v. g., como la columna *m, o, p, n* en esta (Fig. 4) que yo describo; y las columnas laterales son las que quedan á los costados como las columnas *rs*, etc., que estriban sobre los lados

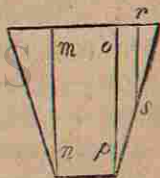


Fig. 4.

del vaso. Pero como llevo dicho, Eugenio, no debéis atender á estas laterales cuando midiéreis el peso que hace el agua en el fondo del vaso.

EUG. — Segun eso tanto ha de cargar el agua en el émbolo del cilindro *a* poniéndole en el fondo del vaso B (Fig. 2), como si abriésemos un agujero proporcionado y le pusiésemos en el fondo de un estanque de agua muy grande.

TEOD. — Si el agua del estanque tuviese la misma altura que tiene aquí en el vaso, ciertamente que habia de suceder así; porque, como os dije, sobre el émbolo solo carga el agua que le cae á plomo: las columnas de agua que estan á los costados cargan sobre lo restante del fondo del estanque, y no sobre el émbolo del cilindro.

SILV. — No puedo persuadirme á semejante doctrina.

TEOD. — Ya me habeis concedido dos proposiciones evidentes de donde ciertamente se infiere. ¿No me concedisteis (proposicion III^a) *que cuando las particulas de materia estan sueltas y desatadas pueden unas bajar sin que bajen las otras*, y que entonces (proposicion IV^a) *pesaba cada particula de materia por sí sola independiente de las demas, ni unas aumentaban el peso de las otras?*

SILV. — Cierto es que las concedi, y no me arrepiento, porque eso es verdad.

TEOD. — Pues las partículas de agua podemos suponer que estan sueltas y desatadas; así pueden las partículas que componen la columna del medio *mp* (Fig. 4) bajar sin traer consigo las partículas de los costados, y por consiguiente estas de los costa-

dos no aumentan el peso de las del medio. Por el contrario, pesando nosotros el vaso con el agua, como de la balanza pende no solamente el fondo del vaso, sino tambien los costados, empujan la balanza no solo el agua que carga sobre el fondo, sino tambien la que carga sobre los costados; y viene á hacer fuerza toda el agua, lo que no sucede siendo movible el fondo, y examinado el peso que hace el agua sobre él solamente.

EUG. — Ya os he entendido clarísimamente.

TEOD. — Solo de un modo puedo hacer yo en el vaso de esta (Fig. 4.) que pese sobre el fondo, que suponemos movible, toda el agua; que es poniendo toda el agua de los costados sobre la columna del medio, porque entonces crecerá el peso sobre el fondo.

EUG. — ¿Y cómo se ha de hacer eso?

TEOD. — Vaciando esta agua en otro vaso derecho hácia arriba, que no se ensanche, porque entonces toda el agua carga sobre el fondo, pues toda entra á componer la columna perpendicular.

EUG. — Es cosa admirable que la misma cantidad de agua en el fondo de un vaso hace mas impresion que en el de otro, siendo siempre una misma.

TEOD. — Sí; es cosa admirable, pero tambien la razon es clara y verdadera. Mirad: *las particulas que estan á plomo unas sobre otras* (como ya dije en la proposicion quinta y sesta) *no pueden bajar sin traer consigo las que tienen debajo*. Su peso hace que forcejeen para venir abajo; y como las partículas inferiores tambien pesan y forcejean para venir abajo, se sigue que se les aumenta esta fuerza con la que les hacen las superiores; así como un

hombre que forcejea para derribar una puerta lo hace con mas facilidad si otro le ayuda por detras, de este mismo modo unas particulas por causa de su peso van impeliendo las que tienen debajo y estas á las otras, de suerte que el fondo del vaso experimenta la fuerza de todas las partículas que tiene encima de sí : esta es la razon por que las partículas que estan á plomo sobre otras les aumentan el peso y las que estan á los costados no; porque, como dije, las que estan á los costados pueden bajar sin traer consigo las del medio; y es cierto que un cuerpo solo aumenta el peso de otro cuando no puede bajar sin traerlo consigo, como se ve en los pesos sólidos ó libras de plomo de que ya hablé.

EUG. — Bien me acuerdo.

TEOD. — Pues si un peso puesto al lado de otro no estando ligado á él no le aumenta el peso, y se le aumenta si está sobre él á plomo, ¿ cómo os admiráis de que yo dijese esto mismo de las particulas de agua? Las que estan á plomo sobre otras les aumentan el peso; pero estando á los costados no.

EUG. — Ya estoy persuadido, pasad adelante con vuestro discurso.

§ IV.

Demuéstrase la presion de los líquidos hácia abajo, hácia los lados, y hácia arriba.

TEOD. — Vamos ahora preparando el camino por donde hemos de llegar á descubrir algunas propie-

dades admirables de los cuerpos fluidos. Ya dije que todas las partículas de los fluidos eran pesadas; de aquí se sigue que han de cargar y oprimir á las que estan debajo, y que cuanto mayor fuere el número de partículas que estan sobre una determinada porcion de agua, tanto mas la han de oprimir ó pesar sobre ella.

EUG. — Eso me parece cierto; ¿ qué decís vos, Silvio?

SILV. — Es principio asentado en nuestras escuelas, *que un agente no puede obrar en otro su semejante*, esto es, que un fuego no puede calentar otro fuego, una nieve no puede enfriar otra nieve, etc.; luego tambien unas partículas de agua no pueden cargar ni oprimir á otras semejantes á sí mismas. Todas ellas cargan sobre el fondo; pero cargar unas sobre otras no puede ser.

TEOD. — Ahora veremos si puede ser: vamos á una esperiencia: atemos un peso á una garrafa de vidrio bien tapada con su corcho y lacrada alrededor para mayor seguridad, y echémosla en el medio del mar, de suerte que quede doscientas ó doscientas y veinte y cinco brazas debajo del agua; cuando la saquemos á fuera saldrá con una buena porcion de agua salada dentro¹, y hecha la esperiencia en la altura de dos ó tres brazas, saldrá la garrafa tan vacía como entró.

SILV. — Es notable esperiencia; ¿ pero á qué viene eso á nuestro intento?

TEOD. — Voy á decirlo: el agua del mar cuanto

¹ P. Regnault, Entretien. Physiq., tomo 1, página 325.

hombre que forcejea para derribar una puerta lo hace con mas facilidad si otro le ayuda por detras, de este mismo modo unas particulas por causa de su peso van impeliendo las que tienen debajo y estas á las otras, de suerte que el fondo del vaso experimenta la fuerza de todas las partículas que tiene encima de sí : esta es la razon por que las partículas que estan á plomo sobre otras les aumentan el peso y las que estan á los costados no; porque, como dije, las que estan á los costados pueden bajar sin traer consigo las del medio; y es cierto que un cuerpo solo aumenta el peso de otro cuando no puede bajar sin traerlo consigo, como se ve en los pesos sólidos ó libras de plomo de que ya hablé.

EUG. — Bien me acuerdo.

TEOD. — Pues si un peso puesto al lado de otro no estando ligado á él no le aumenta el peso, y se le aumenta si está sobre él á plomo, ¿ cómo os admiráis de que yo dijese esto mismo de las particulas de agua? Las que estan á plomo sobre otras les aumentan el peso; pero estando á los costados no.

EUG. — Ya estoy persuadido, pasad adelante con vuestro discurso.

§ IV.

Demuéstrase la presion de los líquidos hácia abajo, hácia los lados, y hácia arriba.

TEOD. — Vamos ahora preparando el camino por donde hemos de llegar á descubrir algunas propie-

dades admirables de los cuerpos fluidos. Ya dije que todas las partículas de los fluidos eran pesadas; de aquí se sigue que han de cargar y oprimir á las que estan debajo, y que cuanto mayor fuere el número de partículas que estan sobre una determinada porcion de agua, tanto mas la han de oprimir ó pesar sobre ella.

EUG. — Eso me parece cierto; ¿ qué decís vos, Silvio?

SILV. — Es principio asentado en nuestras escuelas, *que un agente no puede obrar en otro su semejante*, esto es, que un fuego no puede calentar otro fuego, una nieve no puede enfriar otra nieve, etc.; luego tambien unas partículas de agua no pueden cargar ni oprimir á otras semejantes á sí mismas. Todas ellas cargan sobre el fondo; pero cargar unas sobre otras no puede ser.

TEOD. — Ahora veremos si puede ser: vamos á una experiencia: atemos un peso á una garrafa de vidrio bien tapada con su corcho y lacrada alrededor para mayor seguridad, y echémosla en el medio del mar, de suerte que quede doscientas ó doscientas y veinte y cinco brazas debajo del agua; cuando la saquemos á fuera saldrá con una buena porcion de agua salada dentro¹, y hecha la experiencia en la altura de dos ó tres brazas, saldrá la garrafa tan vacía como entró.

SILV. — Es notable experiencia; ¿ pero á qué viene eso á nuestro intento?

TEOD. — Voy á decirlo: el agua del mar cuanto

¹ P. Regnault, Entretien. Physiq., tomo 1, página 325.

mas agua tiene encima de sí tanto mas oprimida se halla; por eso en la altura de doscientas brazas se ve obligada á entrar por los poros del vidrio ó del corcho, aunque tenga que dividirse para eso en partes muy sutiles y ténues; pero cuando solamente tiene sobre sí dos ó tres brazas de agua, no está tan oprimida, y por esta razon no tiene quien la obligue á meterse dentro de la garrafa. Luego es señal de que el agua en la altura de doscientas brazas está mas oprimida que en la altura de dos ó tres; y si me concedéis que está mas oprimida, yo no sé quien la oprime sino el agua superior que carga sobre la que está debajo.

SILV. — Esto mismo que yo desfiendo lo enseña vuestro Tosca, grande protector de lo moderno¹.

TEOD. — Ahí vereis que para con nosotros la autoridad no prevalece á la razon ayudada de la esperiencia, y que á nadie seguimos ciegamente. El padre Tosca dijo eso, porque le pareció que así lo probaban las esperiencias sobre que se funda; y como ellas no me parecen á mí suficientes, por eso en este punto me aparto de él; pero nunca de la veneracion que es debida á sus grandes letras y virtudes. Y para que quedeis enteramente convencido estadme atento. Si en el lado de un tonel lleno de agua abriereis algunos agujeros en diversas alturas, vereis que el agua sale con mucha mas fuerza de aquellos que caen mas abajo; lo que no puede ser sino porque allí está el agua mas oprimida, y es obligada á salir con mayor fuerza. Ahora bien, yo no veo,

¹ P. Tosca, Compend. Matem. tom. 4, página 275.

como ya he dicho, de qué pueda nacer esta mayor opresion sino del agua que está mas arriba; lo que se prueba, porque cuando se va disminuyendo el agua dentro del tonel, tambien se va minorando la fuerza con que salia por los agujeros. Luego este exceso de fuerza que falta ahora tenia su principio en el agua que estaba en la parte superior del tonel que está ahora vacía, por quanto esta agua cargaba en la otra que tenia debajo, y esta con su peso y con el de la de encima oprimia mas á la que estaba junto al agujero, la cual viéndose muy oprimida salia por el agujero con tanta velocidad, cuanta era la fuerza con que era oprimida; pero ahora que ya está vacio la mitad del tonel, el agua que está junto al agujero no es oprimida con tanto peso, por eso sale con menos fuerza.

SILV. — Como atropellais no solo á los nuestros sino tambien á los vuestros, sea lo que quisiéreis, que no estoy en ánimo de apurar mas este punto, mayormente cuando veo que vuestro discurso no deja de tener su apariencia de verdad.

EUG. — Id prosiguiendo y encaminando lo que deéis para el fin que intentais.

TEOD. — Quédeos pues impreso en la memoria, *que el agua inferior es oprimida por la superior; y tanto mas oprimida quanto mayor es la altura de agua que tiene sobre sí.*

EUG. — Estoy en eso, descansad.

TEOD. — Vamos ahora á mostrar como los líquidos cargan hácia los costados, que es otra propiedad que tienen: ya dije (propos. X.), *que todo cuerpo que es oprimido por otro huye de la opresion si pue-*

de, y si no puede forcejea para moverse por aquella parte por donde fácilmente se libra de la opresion.

EUG. — Bien me acuerdo del ejemplo que trajisteis para probar y esplicar esta proposicion ; y venia á ser que cuando yo hacia fuerza en aquella puerta queriendo abrirla, la oprimia, y ella hacia fuerza en los clavos para moverse y librarse de este modo de la opresion.

TEOD. — Otro ejemplo tenemos en este tablero de damas (Fig. 5.), supongamos que yo até estas dos piezas que estan arri-

 madas al borde del tablero como veis ; si yo arrimare otra pieza en medio de las dos , y cargare con fuerza en medio de ellas, no las podré separar; porque estas piezas aunque estan oprimidas no se

Fig. 5.

pueden librar de la opresion, sino ó moviéndose hácia el borde del tablero, y eso no puede ser sin quebrarlo, ó moviéndose y apartándose hácia los costados, y esto tampoco puede ser hasta que se quiebre el cordel que las ata; pero si yo cargare con fuerza, tambien han de forcejear ellas para librarse de la opresion ; y esto no solo hácia el borde del tablero sino tambien hácia los lados : de aqui procede que si el borde del tablero estuviere mal encolado, las piezas podrán despedirle hácia fuera ; y si el cordel que las ata fuere de poca consistencia, podrán quebrarlo y huir de este modo de

la opresion que las hace la tercera pieza con que yo cargo. ¿Comprendeis esto?

EUG. — ¿Y cómo dejaré de comprender una cosa tan clara ?

TEOD. — Supongamos ahora que estan las dos piezas sueltas y libres ; inmediatamente que yo haga fuerza con la tercera pieza huirán las dos hácia los costados, dando entre sí lugar á la tercera.

EUG. — Tambien eso es evidente ; ¿pero para qué lo traeis ?

TEOD. — Para haceros ver que las particulas de agua ú otro cualquier líquido, estando sueltas y desatadas entre sí como las piezas, todas las veces que las oprimieren por arriba han de huir ó hácia abajo, si pueden, ó si no pudieren huir hácia abajo han de huir á los costados, esto es, en el caso que hallen salida por allí ; porque si no la tuvieren por allí han de forcejear para abrir camino tanto hácia abajo como hácia los lados. Esta es la razon por que estando una cuba llena de agua sale el agua del mismo modo, bien se le haga el agujero en el fondo, ó bien en los costados, pero junto al fondo ; porque como el agua está allí oprimida por la de arriba, sale por donde encuentra camino libre, y mientras no le tiene hace fuerza para abrirle ; y por eso si tapáreis ese agujero del costado con algun tapon mal seguro, lo despedirá el agua con fuerza hácia afuera : señal evidente de que hace fuerza, no solo hácia abajo sino tambien hácia los costados ; porque no puede despedir de sí el tapon del costado, sino haciendo fuerza en él hácia el costado ; he aquí como los líquidos cargan hácia los costados.

EUG. — Y vos, Silvio. ¿qué decis á esto?

SILV. — ¿Qué tengo de decir? digo que es así, porque así lo convence el discurso de Teodosio : ni me hagais hombre tan falto de razon que haga profesion de contradecirle en todo ; solamente dudo en aquellas cosas que, ó son contra mi escuela, ó contra lo que me dicta mi razon.

TEOD. — Pues celebro que concordeis conmigo : ahora añado , *que los líquidos pesan y cargan hácia los costados con la misma fuerza que pesan y cargan hácia abajo*. La razon de esto es , porque la causa que obliga al agua á salir por los agujeros del tonel , tanto por el que está en el fondo como por el que está en el costado , es la opresion que la causa el peso de la otra agua que tiene encima : para librarse de esta opresion sale por entrambos agujeros ; y como la causa que obliga á salir el agua por el agujero que está en el fondo es la misma que la obliga á salir por el agujero que está en el costado , se sigue que ha de salir por ambas partes con igual fuerza , y mientras no sale ha de cargar y forcejear hácia abajo y hácia los costados.

SILV. — Aun así me parece que ha de ser mayor la fuerza con que el líquido carga hácia abajo, que con la que carga hácia los lados.

TEOD. — Contra ese parecer vuestro está la razon que ya dije , y la esperiencia que diré. Ya sabeis el modo con que se mide exactamente el peso que hacen los líquidos en los fondos de los vasos ; del mismo modo se mide el peso que hacen á los costados : ved este vaso de vidrio D (Fig. 2) ; tiene este cilindro *a* ajustado al costado , y por dentro del cilindro

se mueve el émbolo , cuya cadena pasa por una polea , y vuelve por medio del cañon arriba á agarrarse en la balanza. Esto supuesto , comparando estos dos vasos C y D , y examinando en uno y otro sucesivamente cuánto peso es preciso en la balanza para haber equilibrio , hallamos que todas las veces que la altura del agua es la misma en ambos cañones , es preciso en la balanza igual peso para el equilibrio , lo que no puede suceder sino haciendo el agua fuerza en el émbolo de este vaso C oprimiéndole hácia abajo , que en el émbolo de este otro vaso D impeliéndolo hácia el costado. Vamos á hacer la esperiencia. Mando que traigan el agua.

SILV. — Quiero que me convenzan los ojos.

TEOD. — La operacion es algo larga , tened paciencia.... Aquí teneis el equilibrio en ese vaso C con tres libras y media , y en el movimiento libre de la balanza conoceis que el émbolo se mueve libremente , bien que con lentitud ; pero el equilibrio es en una tal altura , que el émbolo podia subir mas arriba y bajar mas abajo. ¿ Véislo !

SILV. — Así es.

EUG. — Veamos ahora qué peso nos es preciso para el otro vaso D.

TEOD. — Serán precisas las tres libras y media : quiero usar del mismo cilindro *a* para mayor seguridad , quitándolo de este vaso C , y poniéndolo en estotro D. La razon de esta precaucion es porque á veces un émbolo suele estar mas ajustado que el otro y cuesta mas el moverlo.

EUG. — Ahí está ya el equilibrio , y con menos peso en la balanza va el émbolo abajo.

SILV. Está visto : así es.

TEOD. — Luego tenemos averiguado que es verdad , que *siendo la altura del liquido la misma , y siendo igual la abertura por donde ha de salir el liquido , saldrá con igual fuerza ó hácia abajo ó hácia el costado*. Pero aunque la esperiencia no muestre diferencia alguna en el peso de los líquidos hácia abajo y hácia los costados , sin embargo persuade la razon que ha de haber alguna ; pero es tan tenue , que de ningun modo se puede conocer en la esperiencia. La fuerza con que carga el agua en el émbolo del fondo es igual al peso de todas las partículas que estan á plomo sobre él ; pero la fuerza con que carga en el émbolo del costado es igual al peso de todas las partículas menos las últimas de abajo , porque estas con su peso solo pesan en el fondo , y de ningun modo pesan hácia el costado. Toda la fuerza con que cargan al costado les nace del peso con que las oprimen las de encima. Por el contrario , la fuerza con que estas mismas partículas cargan en el fondo les viene del peso con que las oprimen las de arriba , y ademas de eso de su propio peso ; pero como el peso de estas últimas partículas es muy tenue , no puede conocerse diferencia sensible en la balanza.

SILV. — Bien decia yo , que siempre habia de ser mayor la fuerza del agua en el fondo que en los costados.

TEOD. — Sí , es mayor ; mas con tan poca diferencia que hasta aquí nadie la esperimentó ; y no siendo diferencia sensible , debemos absolutamente asentar.

que la fuerza con que pesan los líquidos hácia abajo ó hácia los costados es igual.

SILV. — Convengo en eso.

EUG. — Vamos á las propiedades que restan.

TEOD. — Siguese ahora el declarar otra propiedad no menos admirable , y es *que las partículas del liquido que estan en la misma línea horizontal estan igualmente oprimidas*. Para que me entendais bien acordaos , Eugenio , que ya queda dicho , que línea horizontal es la que va de un lado á otro , sin levantar de una parte mas que de la otra , de suerte que quede bien á nivel.

EUG. — Bien me acuerdo que me dijisteis eso.

TEOD. — Digo pues que las partículas que quedan en la misma línea horizontal estan igualmente oprimidas : dejadme dibujar una figura para mejor inteligencia. Esta (Fig. 6), finge ser un vaso ancho por abajo con un cañuto hácia arriba : estas bolillas representan las partículas de agua : digo ahora yo , que todas las partículas que estan abajo estan igualmente oprimidas , porque estan en una misma línea horizontal.

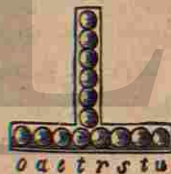


Fig. 6.

EUG. — A mí me parecia que las partículas que estan debajo del cañuto habian de padecer mayor opresion , porque tienen sobre sí el peso de las otras que estan dentro del cañuto ; y las partículas que estan á los lados , v. g. las bolillas *ae*, como no tienen sobre sí peso alguno parece que no han de padecer opresion.

TEOD. — Así lo parece; pero advertid bien que las partículas que estan dentro del cañuto, y oprimen á estas dos *rt* que estan abajo, las hacen cargar hácia los costados; así la partícula *r* carga hácia la partícula *s* con tanta fuerza, quanto es el peso de las partículas del cañuto que la oprimen: la partícula *s*, viéndose oprimida por la partícula *r*, huye hácia la partícula *t*, y carga en ella con la misma fuerza con que es oprimida, y esta con fuerza semejante carga en la partícula *u*; así todas las partículas *r*, *s*, *t*, *u*, quedan oprimidas con tanta fuerza, quanto es el peso de las partículas que se contienen en el cañuto. Lo mismo digo de las partículas de la otra parte *te* etc.; y si fuesen muchas mas sucederia lo mismo, porque cada una habia de oprimir á la que tenia delante con la misma fuerza con que era oprimida por la antecedente, y así *todas las partículas que estan en la misma linea horizontal estan igualmente oprimidas*

EUG. — Teneis razon: no tengo que replicar: ¿qué decis vos, Silvio?

SILV. — Como esto no es punto de escuela, estoy por lo que quisieren.

TEOD. — Demos otro paso mas adelante. *Las partes semejantes que estan igualmente oprimidas hacen igual esfuerzo para librarse de la opresion: ¿no es así?*

SILV. — Así es: ya lo concedí (proposicion XII).

TEOD. — Luego si las partículas de agua que estan en la misma serie ó linea horizontal estan igualmente oprimidas, han de hacer igual fuerza en las

que tuvieren debajo, y estas en la otra serie de partículas que se sigue etc.

EUG. — Eso no se puede negar.

TEOD. — Bien está; luego si tuviéremos un vaso como este que dibujo aquí (Fig 7), el cual ademas del cañuto finge tener tres series de partículas, diremos que en cada serie ó linea estan las partículas igualmente oprimidas, porque primeramente las de arriba ya vimos por la otra figura que tenían igual opresion entre sí; de aquí se sigue, como ya habeis

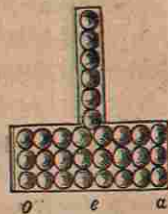


Fig. 7.

concedido, que han de oprimir igualmente á todas las partículas del segundo orden, y estas por la misma razon han de oprimir igualmente á las de la tercera serie, esto es, en esta tercera linea ó serie tan oprimidas han de quedar las partículas de los lados como las que caen debajo del cañuto.

EUG. — Ambos estamos por eso.

TEOD. — Luego tambien estas partículas han de oprimir igualmente el fondo del vaso y por todas partes; esto es, tanta fuerza ha de hacer el agua en *a* como en *e* y como en *o*: ¿qué decis, Silvio?

SILV. — Digo que ha de ser así.

TEOD. — Recordaos pues de esto. Vamos ahora á una propiedad la mas admirable de los líquidos.

EUG. — Vamos ya, porque la admiracion que me indicais me enciende el deseo de saberla.

TEOD. — En el peso de los líquidos sobre alguna base no se atiende á la cantidad del líquido sino á la anchura de la base y altura del líquido. Aquí te-

nemos dos vasos, que dibujo en este papel para mejor inteligencia (Fig. 8, 9): los dos tienen la base ó fondo igual como veis: y tienen la misma altura. Ahora digo que en ellos es igual el peso del agua que experimenta el fondo.



Fig. 8.



Fig. 9.

SILV. — Es la mayor paradoja que jamas he oido.

EUG. — A mí tambien me parece quimera.

TEOD. — Pues para mí es verdad evidente: vamos á probarlo con la razon, y pasaremos luego á la esperiencia. En primer lugar en este vaso (Fig. 8), el peso que hace el agua en el fondo es igual á la cantidad de agua que está dentro del vaso, porque toda ella carga á plomo sobre el fondo:

esto fácilmente lo concedereis.

SILV. — En cuanto á eso no tenemos duda; pero en este vaso (Fig. 9) no nos habeis de persuadir que el peso del agua sea igual al del vaso primero.

TEOD. — Este segundo vaso tiene abajo la misma anchura, y tiene la misma altura de agua; luego el fondo ha de experimentar el mismo peso. Como este vaso tiene la misma altura que este otro (Fig. 8), tantas series horizontales de partículas de agua ha de tener uno como otro: aquí las señalo con puntos en ambos vasos: solo tenemos una diferencia, que en el primer vaso todas las series ó hileras (séame lícito hablar así) de partículas son del mismo

tamaño: pero en el vaso estrecho solo las últimas de abajo son iguales; pero las de arriba son mucho mas pequeñas como estais viendo.

EUG. — Eso es la misma verdad.

TEOD. — Ahora bien: visto eso la partícula *o* que está inmediata al cañuto estrecho tiene tantas partículas de agua sobre sí como la partícula *e* en el otro vaso, porque tiene sobre sí la misma altura de agua.

SILV. — Así debe ser.

TEOD. — Bien está; luego esta partícula *o* del vaso estrecho ha de estar tan oprimida como la partícula *e* que le corresponde en el otro vaso. Ahora añado que todas las demas partículas que estuvieren en esta línea ó serie *xy* del vaso estrecho á los lados de la partícula *o*, todas han de estar tan oprimidas como esa partícula *o*, porque ya vos y Eugenio me concedisteis que las partículas que estuviesen en la misma serie ó línea horizontal habian de estar igualmente oprimidas: mirad á la figura (Fig. 6) que os dibujé para este intento.

EUG. — Así es; bien me acuerdo.

TEOD. — Tambien me habeis de conceder que si estas partículas de la línea *xy* estan todas entre sí igualmente oprimidas, han de cargar igualmente sobre las partículas de las series que quedan debajo; y que las partículas de la última serie ó hilera, quedando tambien entre sí igualmente oprimidas, han de cargar en el fondo igualmente por todas partes. ¿Se os acuerda, Silvio, que ya me concedisteis esto hablando de esta otra figura (Fig. 7)?

SILV. — Lo dije así, no lo niego.

TEOD. — Ahora concluyo el argumento : las partículas que estan en la serie x y del vaso estrecho tienen la misma opresion que la partícula o ; esta partícula o está tan oprimida como la partícula e , que le corresponde en el otro vaso ; luego toda la serie x y está tan oprimida como la serie m n del vaso cilíndrico. De aquí infero que estas dos series estando igualmente oprimidas han de oprimir también igualmente á las que les caen debajo, y las últimas han de hacer igual opresion en los fondos de los vasos : luego en los fondos de estos dos vasos se ha de experimentar peso igual.

EUG. — Yo ya me doy por convencido : ¿qué decis, Silvio?

SILV. — Dejádme considerar esto mas despacio. Las partículas que estan á plomo debajo del cañuto en el vaso estrecho no hay duda que han de quedar tan oprimidas como las del otro vaso cilíndrico que le corresponden : las partículas de los lados es verdad que no tienen sobre sí tanto peso; pero de la columna del medio se le comunica tanta opresion cuanta es precisa para que en cada serie todas las partículas queden igualmente oprimidas : así han de hacer igual esfuerzo en el fondo del vaso : esto supuesto, tanto ha de pesar el agua en q , como en o , como en p ; y así tenemos el mismo peso que tendríamos si el vaso fuese ancho hasta arriba : ya veo que teneis razon, Teodosio; pero aun resta el tercer vaso, que sin duda contiene mucha mas agua que estos dos juntos; en el fondo de este es imposible que el peso del agua no sea mayor que en el vaso estrecho.

TEOD. — Ya dije y probé que sobre el fondo de este vaso (Fig. 4) solo cargaban las partículas de agua que hacian la columna del medio m , n , p , o ; por cuanto el agua que estaba á los lados de esta columna solamente pesaba sobre los lados del vaso y no sobre el fondo; y probé esto con esta razon, porque como las partículas del medio no estaban ligadas con las de los lados podian bajar unas sin las otras; y así las de los lados no podian aumentar el peso de las del medio.

SILV. — Ya me acuerdo de la doctrina que entonces esplicasteis.

TEOD. — Por tanto, si en el fondo de este vaso ancho (Fig. 4) solamente pesan las partículas de agua que estan á plomo sobre el fondo, se sigue que son las que quedan dentro de estas dos líneas que aquí hago con la pluma, m , n , y o , p . Esto supuesto tenemos igual peso en el fondo del vaso cilíndrico (Fig. 8); porque esta columna del medio y el agua del vaso cilíndrico tiene la misma altura y la misma base : son igualmente derechas hasta arriba en ambos vasos, tanta agua ocupa una como la otra; no hay razon para la diferencia.

EUG. — En eso fácilmente concuerdo.

TEOD. — Bien; luego tanto peso experimenta el fondo de este vaso muy ancho como el del vaso cilíndrico; y como ya probé que el fondo del vaso estrecho también experimentaba el mismo peso de agua que el del vaso cilíndrico, se sigue que todos tres tienen igual peso de agua sobre sí.

EUG. — No lo puedo negar. ¿Qué os parece, Silvio?

SILV. — Ahora dudo mas de la opinion de Teodosio; porque siguiendo los mismos principios que vos, Teodosio, establecisteis, ha de ser mucho mayor la opresion en el fondo de este vaso muy ancho que en los de los otros dos vasos.

TEOD. — Venga esa razon tan grande, y que tanta fuerza os hace.

SILV. — Habeis dicho que sobre el fondo de este vaso (Fig. 4) solo pesan las partículas de agua que estan á plomo sobre él; esto no es así: el agua de los lados tambien oprime este fondo. La razon es porque el agua que está en las columnas laterales, v. g. *rs*, etc., no solamente carga sobre el lado del vaso que le corresponde, sino tambien ha de cargar hácia la columna del medio; porque los líquidos, como habeis dicho, cargan no solo hácia abajo sino tambien hácia los lados; así queda el agua de la columna del medio *op* oprimida tambien por la columna lateral *rs*, y de este modo, como queda mas oprimida, ha de causar mayor opresion en el fondo del vaso. ¿Veis, Teodosio, como os degollais con vuestra misma espada, y que vienen á tierra todos vuestros discursos!

TEOD. — Vamos despacio, que tan firmes han de quedar como antes. Las columnas de agua laterales, v. g. *rs*, que asientan sobre los lados del vaso, confieso que pesan no solo hácia abajo, esto es, sobre el lado del vaso, sino que tambien pesan hácia el lado, esto es, hácia la columna del medio *op*; no niego esto ni lo puedo negar. Pero tambien por la misma razon las partículas que estan en la columna del medio, no solo han de pesar hácia el fondo sino

tambien hácia los lados; así las partículas *op* han de cargar tambien hácia la columna lateral *rs*; por tanto tenemos que las partículas de la columna del medio que tocan en las partículas de las columnas laterales, mutuamente cargan hácia los lados unas contra las otras; y de este modo queda una fuerza rebatida con la otra, y ninguna de ellas ha de hacer efecto, porque ni la columna del medio aumenta el peso de las laterales, ni las laterales aumentan el de la del medio.

EUG. — Este discurso no tiene réplica.

SILV. — Yo concedo que en este caso hay una especie de contienda entre las partículas; ¿pero cómo probais que la fuerza con que las partículas de la columna lateral *rs* oprimen á la columna del medio, no es mayor que la fuerza con que las partículas del medio *op* oprimen á las laterales? Si una fuerza no fuere igual á la otra no puede rebatirla enteramente.

TEOD. — Digo que estas fuerzas son iguales necesariamente; ya dije y probé, que la fuerza con que una determinada porcion de agua cargaba hácia los lados se media por la altura del agua que tuviese encima de sí; como las partículas que pertenecen á las dos columnas, y se tocan mutuamente, tienen sobre sí igual altura de agua, quedan igualmente oprimidas, y cargan hácia los lados con igual fuerza, por eso ninguna vence á la otra, sino que queda una fuerza enteramente rebatida con la otra, y sin tener efecto alguna de ellas.

SILV. — Sea así muy enhorabuena, pues me convence.

TEOD.—Solo en un caso podria la columna lateral aumentar el peso de la del medio, si acaso estuviese en ella el agua mas alta, v. g. si tapásemos todo este vaso, y aquí sobre la columna *rs* levantásemos un cañon y lo llenásemos de agua; entonces no tiene duda que la columna lateral aumentaria el peso de la del medio. La razon es porque entonces sobre las particulas de la columna lateral habia mayor altura de agua que sobre las particulas de la columna del medio: de donde se sigue que las de la columna lateral habian de cargar mas hácia las del medio que al contrario; y así ya vencian y quedaban las del medio mas oprimidas que antes de aumentarse este cañon al vaso; de este modo oprimia mas las particulas inferiores, y estas hacian mayor fuerza en el fondo. Pero bien veis que el caso en que he hablado hasta aquí no es este; y solo, como dije, suponiendo que en todos los tres vasos habia la misma altura de agua.

ETG.—Ahora advierto que al principio cuando dijisteis que si quisiese saber el peso del agua sobre el fondo de cualquier vaso, solo habia de atender á las particulas que estan á plomo, sin hacer caso de las laterales; luego añadisteis que esto era en el caso que la superficie del agua en las columnas laterales no estuviese mas alta que en la del medio, porque si estuviese mas alta habíamos de discurrir de otro modo.

TEOD.—Era por la razon que acabo de decir. Por tanto quede esto establecido como principio cierto, que *los líquidos no pesan sobre los fondos segun su cantidad, sino solamente segun la base y*

altura, esto es, solo se debe mirar á la base y á la altura del líquido absolutamente en cualquier columna, sea perpendicular ó sea lateral; y en habiendo la misma base y la misma altura, como sucede en todos estos tres vasos, hay igual peso; en aumentándose la anchura de la base ó la altura del agua en cualquier columna que sea, crece el peso del agua en el fondo. Pero como prometí la prueba de la esperiencia, si quereis, vamos á ella.

SILV.—Vamos, y me confirmaré mas en mi pensamiento.

TEOD.—Para que abreviemos voy á levantarme, y hacerla á vuestra vista. Aquí teneis tres vasos de la hechura de aquellos que os dibujé en el papel; su altura es la misma, y la base tambien es semejante; tienen en los fondos sus cilindros en émbolos, que se mueven como ya visteis; voy llenándolos de agua sucesivamente, y observando cuánto peso es preciso en la balanza para sostener los émbolos; ved y atended mientras yo trabajo.

SILV.—Cada vez estoy mas pasmado; veo lo mismo que la razon persuade, y no acabo de creer lo que veo.

ETG.—La misma cantidad de pesos son precisos para el equilibrio en vasos tan diversos. Ese vaso que arriba es ancho lleva mas de seis azumbres de agua, y el estrecho llevará cuando mas media azumbre, y aun así tanto peso necesita la balanza para sostener el émbolo de uno como del otro.

SILV.—Estoy hecho cargo, Teodosio; basta.

TEOD.—Supuestas estas verdades que he mostrado, dejadme sacar algunas consecuencias. Si en

el peso de los líquidos solo se atiende á la anchura de la base y á la altura del agua, todas las veces que siendo la misma la altura del agua fuere la base mas ancha, ha de ser mayor el peso del agua; porque entonces es mayor el número de las partículas igualmente oprimidas, que viene á hacer mayor fuerza. De la misma suerte si conservando la misma base aumentásemos la altura del agua en alguna de las columnas, ha de aumentarse tambien el peso del líquido, porque aunque la base esté oprimida por las mismas partículas que la oprimian antes, con todo, cuando es mayor la altura del agua, ya la partícula que está á plomo debajo de esa mayor altura es oprimida con mas fuerza; y por consiguiente todas las demas partículas de los costados que estan en la misma línea horizontal siendo oprimidas con mas fuerza, tambien oprimen con mas fuerza el fondo, y tenemos mayor peso.

EUG. — Así ha de ser por buena razón, y generalmente yo no he de mirar ya á la cantidad de agua que está en los vasos, he de atender á su base y á su altura, y por ellas me he de gobernar para medir el peso del líquido dentro de cualquier vaso.

§ V.

Del peso de los líquidos en los vasos inclinados, de su presión hácia arriba y de su equilibrio.

TEOD. — Ahora pide el buen orden que tratemos del peso de los líquidos en los vasos inclinados;

porque sigue las mismas leyes que en los otros vasos. Digo, pues, que en los vasos inclinados pesan los líquidos segun la base y altura; de suerte que cualquier cañon estando siempre lleno de agua, si le pusiéremos en varias posturas, ya derecho á plomo, ya inclinado, no pesa siempre el agua del mismo modo en su fondo, sino que cuanto mas lo inclináremos menos pesa en el fondo. Aqui teneis este cañon *ab* (Fig. 10), en que podeis ver claramente lo que

os digo. Está hecho con tal artificio que se puede mover é inclinar mas ó menos, sin que se mueva el pie sobre el que asienta, ni el cañoncito *o* con que comunica, y por donde sale el

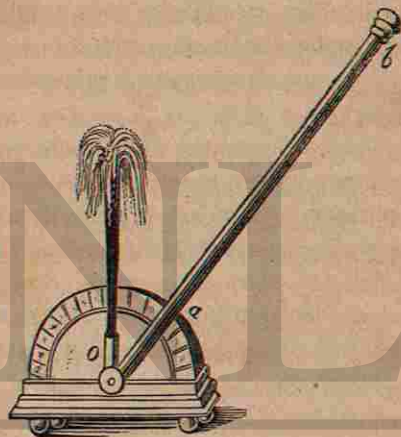


Fig. 10.

agua que echamos dentro del cañon largo *ab*. Sucede, pues, que segun está el cañon mas ó menos inclinado, así sale el agua con mas ó menos fuerza por el cañoncito *o*. Ya lo lleno de agua: reparad y vedlo.

EUG. — Teneis razon: á proporcion que lo vais levantando va saliendo el agua con mas fuerza y subiendo mas alto.

SILV. — Ahora que está á plomo, no obstante ha-

el peso de los líquidos solo se atiende á la anchura de la base y á la altura del agua, todas las veces que siendo la misma la altura del agua fuere la base mas ancha, ha de ser mayor el peso del agua; porque entonces es mayor el número de las partículas igualmente oprimidas, que viene á hacer mayor fuerza. De la misma suerte si conservando la misma base aumentásemos la altura del agua en alguna de las columnas, ha de aumentarse tambien el peso del líquido, porque aunque la base esté oprimida por las mismas partículas que la oprimian antes, con todo, cuando es mayor la altura del agua, ya la partícula que está á plomo debajo de esa mayor altura es oprimida con mas fuerza; y por consiguiente todas las demas partículas de los costados que estan en la misma línea horizontal siendo oprimidas con mas fuerza, tambien oprimen con mas fuerza el fondo, y tenemos mayor peso.

EUG. — Así ha de ser por buena razón, y generalmente yo no he de mirar ya á la cantidad de agua que está en los vasos, he de atender á su base y á su altura, y por ellas me he de gobernar para medir el peso del líquido dentro de cualquier vaso.

§ V.

Del peso de los líquidos en los vasos inclinados, de su presión hácia arriba y de su equilibrio.

TEOD. — Ahora pide el buen orden que tratemos del peso de los líquidos en los vasos inclinados;

porque sigue las mismas leyes que en los otros vasos. Digo, pues, que en los vasos inclinados pesan los líquidos segun la base y altura; de suerte que cualquier cañon estando siempre lleno de agua, si le pusiéremos en varias posturas, ya derecho á plomo, ya inclinado, no pesa siempre el agua del mismo modo en su fondo, sino que cuanto mas lo inclináremos menos pesa en el fondo. Aqui teneis este cañon *ab* (Fig. 10), en que podeis ver claramente lo que

os digo. Está hecho con tal artificio que se puede mover é inclinar mas ó menos, sin que se mueva el pie sobre el que asienta, ni el cañoncito *o* con que comunica, y por donde sale el

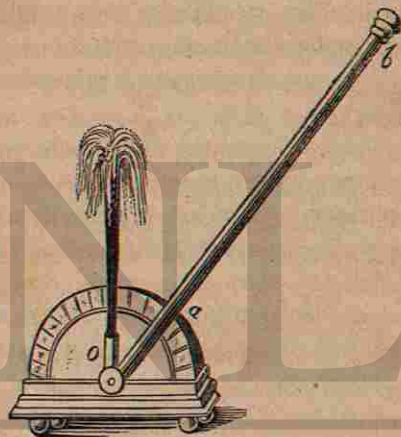


Fig. 10.

agua que echamos dentro del cañon largo *ab*. Sucede, pues, que segun está el cañon mas ó menos inclinado, asi sale el agua con mas ó menos fuerza por el cañoncito *o*. Ya lo lleno de agua: reparad y vedlo.

EUG. — Teneis razon: á proporcion que lo vais levantando va saliendo el agua con mas fuerza y subiéndolo mas alto.

SILV. — Ahora que está á plomo, no obstante ha-

berse ya disminuido el agua del cañon, sube por el cañoncito *a* mas alto que antes cuando estaba el cañon lleno y muy inclinado.

EUG. — Está vista la esperiencia: vamos á dar la razon de este efecto.

TEOD. — Ya dije que en el peso de los líquidos solo se atendia á la base y á la altura del líquido: como quanto mas se levanta y endereza este cañon que veis, (Fig. 10) es mayor la altura del líquido, asi tambien es mayor su peso; siendo mayor su peso, tambien ha de ser mayor la fuerza con que sale el agua por el cañoncito *o*, y mayor la altura á que sube.

EUG. — Ya veo que aqui tambien milita el mismo principio que en los otros vasos; pero quisiera que aplicaseis á este caso la razon en que se funda el principio, porque hallo especial dificultad.

TEOD. — Para eso es preciso dibujar con la pluma una figura. Aqui dibujo un cañon inclinado BC (Fig. 11): digo que la fuerza que hace el agua en su

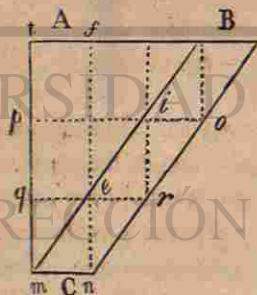


Fig. 11.

base *m n* es igual á la que haria el agua de un cañon á plomo que tuviese esa misma base y la misma altura. como este que aqui señalo con puntos AC. La razon es, porque la partícula *o* tiene sobre si tanta altura de agua como la partícula *p*

en el otro cañon; luego está tan oprimida como ella.

EUG. — Asi es.

TEOD. — Y como ya probé que todas las partículas que estan en la misma línea horizontal eran igualmente oprimidas, síguese que la partícula *i* que está en la misma línea *i o* ha de estar tan oprimida como *o*, y por consiguiente tambien tan oprimida como *p*.

EUG. — Eso no lo puedo negar.

TEOD. — Por este discurso tenemos que la partícula *i* ha de cargar hácia abajo tanto como la partícula *p* en el otro cañon, porque es cierto que las partículas que estan igualmente oprimidas cargan hácia abajo, y oprimen á las otras igualmente (proposicion XII). Luego si *i* y *p* estan igualmente oprimidas, se sigue que tanto ha de cargar *i* sobre *r* como *p* sobre *q*, y por buena cuenta tan oprimida queda la partícula *q* como *r*. ¿Qué os parece?

EUG. — Hasta aqui me parece cierto.

TEOD. — La partícula *e* está en la misma línea horizontal donde está *r*, y así por la regla establecida *e* quedará con opresion igual á la que padece la partícula *r*; y tenemos por esta cuenta que *e* y *q* estan igualmente oprimidas, por consiguiente cargarán con fuerza igual en las partículas que tienen debajo; luego tanto ha de oprimir *e* á *n* como *q* á *m*. ¿Estais en esto?

EUG. — Sí, porque á eso me obliga el discurso que habeis formado.

TEOD. — Luego tan oprimida está la partícula *n*, como estaria *m* si el cañon estuviese á plomo. Notad ahora: *m* tiene sobre si la serie de partículas *mt*,

luego *n* está tan oprimida como si tuviese sobre sí otra serie perpendicular y semejante de partículas, v. g. *ns*; y como todas las partículas de la base están igualmente oprimidas por estar en la misma línea horizontal, se sigue que tan oprimidas quedan las partículas de la base *mn* con el agua del cañon inclinado *BC*, como estarían si allí estuviere un cañon á plomo como *AC* que tuviese la misma altura de agua. Por tanto, el líquido en los vasos inclinados siempre pesa según la base y altura perpendicular.

EUG. — Ahora ya estoy enteramente satisfecho. Vamos á otra cosa.

TEOD. — Pasemos ahora á tratar del equilibrio de los líquidos. Primeramente todos los líquidos tienen la superficie en la misma línea horizontal: esta propiedad, que á todos es notoria, es fuente de efectos admirables, porque de ellas nace que una sola libra de agua se equilibra con veinte y cinco arrobas de agua y aun mas, sin que las veinte y cinco arrobas puedan vencer ni aun una libra sola,

EUG. — Decidme como es eso.

TEOD. — Suponed un vaso de vidrio como este que está aquí dibujado (Fig. 12): si lo llenais de agua sube á la misma altura,

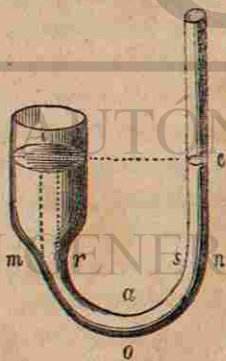


Fig. 12.

tanto en la boca ancha como en el cañon estrecho, para que quede la superficie del agua en la misma línea horizontal: si echáreis en el cañon estrecho alguna mas agua, por poca que sea ha de ser bastante para hacer subir el agua en la boca ancha del vaso. He aquí como estando en el cañoncito muy poca cantidad de agua puede vencer mucha, y levantar de la otra parte una porcion mucho mayor, sin que la gran cantidad de agua que hay en el vaso grande pueda hacer subir ni un dedo mas el agua en el cañon estrecho.

EUG. — ¿Qué me decis á estas maravillas, Silvio?

SILV. — Digo que las esperiencias así lo muestran, pero la razon no se acomoda, ni puede el entendimiento dar crédito á lo que ven los ojos. Es cierto que estas dos porciones de agua contienden entre sí como dos pesos en una balanza, para bajar el uno ha de subir el otro. Vemos que en la boca ancha hay una gran porcion de agua que pesa hácia abajo, y solo le resiste la que está en el cañoncito siendo en muy poca cantidad, y aun así no la vence.

TEOD. — Aquí eran precisas, Silvio, algunas entidades peripatéticas, cuya virtud causase tan prodigiosos efectos.

SILV. — Yo afirmo que no puede dejar de haber aquí causa y virtud oculta que no sabemos.

TEOD. — Aun así, Eugenio, veamos si podemos descubrir la causa de este efecto. Supuestos los principios establecidos no hay aquí dificultad. Las columnas de agua que pesan, ya os dije que no solo

pesan hácia abajo, sino tambien hácia los lados: esto supuesto, estas dos porciones de agua que estan en este vaso cargan una contra otra en el punto o : si estrajesen el agua que está en la boca ancha hasta o , la del cañoncito bajaria y pasaria á la parte de m ; de la misma suerte si sacasen el agua del cañoncito, entonces el agua de la boca ancha pasaria mas allá de o , é iria á la parte de n . ¿No es así?

EUG. — Así es.

TEOD. — Luego contienden entre sí en el punto o cargando una contra la otra. Reparad ahora: la fuerza de estas columnas es igual, y así ninguna ha de vencer. Digo que es igual, porque la base de estas columnas es la misma, porque es la division ao en donde acaban y contienden entre sí ambas columnas: la altura de ellas tambien es la misma; de este modo tanta fuerza tiene la una como la otra, y así ninguna vence.

EUG. — Ya conozco la razon, y supuesto lo que queda dicho no me admiro.

TEOD. — Pero si echáreis en el cañoncito una gota mas de agua, como se aumenta la altura de la columna que está en el cañoncito, ya tiene en la base mas peso que la otra ancha, por eso la vence y hace subir hácia arriba.

SILV. — Bien sé que eso conuerda con los principios establecidos; pero aun así no me puedo persuadir de esta razon. De la parte del vaso grande hay mucha mas agua, y toda ella carga en o contra la otra columna; ¿pues por qué no ha de vencerla?

TEOD. — Porque sobre la base ao no carga toda el agua que hay en ese vaso grande, carga solamente el agua que corresponde á la base ó fin de esa columna, que es la division ao que finjo aquí con la pluma. En este vaso grande ha de cargar el agua como en este vaso (Fig. 4), que tambien es ancho arriba y estrecho en la base; y con todo, ya os mostré que solo cargaba en la base el agua que le correspondia á plomo, porque la otra cargaba en los lados del vaso.

SILV. — Bien me acuerdo que dijisteis eso; pero ahora me parecia que la base del vaso grande era mas ancha que la del cañon estrecho, porque la distancia que va de m á r es mucho mayor que la que va de s hasta n .

TEOD. — No os engañeis, Silvio: la base de esa columna ancha es la division ao , porque allí se acaba esa columna, y confina con la del cañoncito. Por tanto, del agua que entra por el cañon ancho mr no toda carga contra el agua de la otra columna, solo carga en ella una columna como esta de puntos, que tenga base igual á la columna de agua que viene de la otra parte.

SILV. — ¿Pues en dónde carga la otra agua que entra por el cañon ancho mr ?

TEOD. — Carga en las paredes del mismo cañon segun se va estrechando, y del modo con que os dije que cargaba el agua en los lados de este vaso (Fig. 4.) conforme él se iba estrechando: el ser hácia abajo ó hácia el costado no hace al caso.

SILV. — Sea como quisiéreis, que no estoy con espíritu de contradiccion.

TEOD. — Otro caso hay en que los líquidos se equilibran, que también admira, y es, cuando el agua de un cañon que está á plomo se equilibra con la de otro que está inclinado,

como v. g. en estos dos cañones que estais viendo (Fig. 15). En el cañon inclinado hay mucha mas agua que en el otro, y no obstante ese exceso no la vence ni la hace subir.

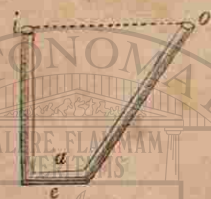


Fig. 15.

no la hace subir?

TEOD. — Estas dos columnas de los dos cañones contienden en este sitio *ae*: aquí tienen igual base, tienen igual altura, porque la superficie del agua como veis está en la misma línea horizontal *io*; de aquí se sigue que pesan con igualdad contra sí mutuamente: de esta suerte han de quedar equilibradas, ni la una ha de vencer á la otra. Todo el exceso de agua que hay en este cañon inclinado pesa no en la base *ae* contra la otra columna, sino en el lado del cañon, menos pesa acá en la base *ae* contra la otra columna del vaso que está á plomo.

SILV. — Vamos adelante, Eugenio, porque aquí corre enteramente la misma doctrina.

TEOD. — Supuesto lo que queda dicho, podreis ahora, Eugenio, entender fácilmente cómo los líquidos pesan también hacia arriba, esto es, como las partes de los líquidos á veces oprimidas de otras que bajan son obligadas por el peso de ellas á subir hacia arriba, como se ve en esta figura que aquí

dibujo (Fig. 14): estando este cañon lleno de esta parte *ab*, y mediado de la otra *ce*, bien veis que esta partícula *o* que está abajo, en donde una columna bate contra la otra, padece opresion por ambas partes, porque sobre ella cargan las columnas de ambos cañones; pero con una diferencia, que de una parte tiene mayor opresion ocasionada del mayor peso, y

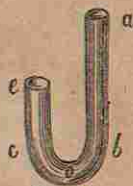


Fig. 14.

de la otra menos: en estas circunstancias ha de ceder á la mayor fuerza, y moverse hacia el cañon *ec* (Proposicion XV). Bien veo que no puedo ir hacia esa parte sin levantar la columna de agua que está allí; pero ha de ir levantándola hacia arriba; porque es mayor la fuerza con que de la otra parte la obligan á que se mueva hasta que quede el agua en la misma altura en ambos cañones, porque luego que llegare á esos términos, como ya tenemos igual fuerza de parte á parte, ninguna ha de vencer.

EUG. — Cuando espusisteis que los líquidos pesaban hacia arriba quedé pasmado; pero ahora ya no me admiro, antes veo que así ha de suceder naturalmente.

TEOD. — No obstante ser esto un efecto necesario de la gravedad de los líquidos, quise haceros memoria especial de este modo de pesar; por cuanto vemos muchas veces algunos cuerpos sostenidos hacia arriba, y dicen los modernos que es por el peso del aire ó algun otro líquido; quedando algunos oyentes admirados de que digamos que el peso

de los líquidos puede oprimir y sostener hácia arriba algun cuerpo grave. Por tanto, tened presente que los líquidos con su peso no solo pesán hácia abajo, sino tambien muchas veces impelen algunos cuerpos graves hácia arriba; porque (por ejemplo) si en este cañon *ec* de que hablamos estando así mediado de agua, metiereis dentro algun cuerpo pesado que ajuste bien con el cañon, v. g. este peso *d*, vereis como el agua que está en el cañon *ab* á causa de su peso hace subir hácia arriba, no solo el agua que ya de *o* hasta *c*, sino tambien el peso *p* que ahí estuviere puesto: esto es en el caso que el peso no sea tan grande que pese mas que el exceso del agua que hay de la otra parte. He aquí como el agua siendo pesada hace subir hácia arriba este peso, que puede ser de plomo, cobre ú otra materia semejante; y si acaso tapareis el cañon *ec* con el dedo, cuando llegare ahí el peso de plomo vereis que queda fijo y seguro sin caer, sostenido por el peso del agua que está en la columna de la otra parte; y si en lugar del peso de plomo pusiereis un tapon de corcho mal seguro, vereis que salta hácia arriba con alguna fuerza, tambien impelido del peso del agua que se halla de la otra parte. Por lo cual no os admireis, ni á vos, Silvio, os parezca paradoja si me oyereis algun día decir que el peso de algun líquido impele algunos cuerpos pesados hácia arriba, ó que los sostiene para que no caigan.

EUG. — Supuesto lo que queda dicho ya no hay motivo de admiracion.

TEOD. — De estas esperiencias fácilmente podeis deducir la razon por que cualquier líquido, pasado

algun tiempo, tiene su superficie plana; por quanto si acaso le estraeis alguna porcion, ó las partes circunvecinas han de caer hácia el costado para ocupar el vacío, ó la columna de agua que va desde ese vacío hasta el fondo, siendo mas pequeña y mas ligera que las de los lados por ser mas altas, ha de subir hácia arriba hasta igualarse con las demas; así como sucede en los cañones de que hemos hablado. Por tanto, regla general: *mientras las columnas del liquido no tuvieren todas igual altura, y por consiguiente igual peso, no ha de estarse quieto, y la que fuere mas ligera ha de subir hácia arriba.*

EUG. — Estad seguro que no se me olvidará esta doctrina. Vamos á lo que falta.

TEOD. — Hemos dicho ya que los líquidos disminuan el peso de los cuerpos sólidos que estaban sumergidos en ellos; ahora vamos á ver si los sólidos quitan ó aumentan algun peso á los líquidos. Digo, pues, *que los cuerpos sólidos cuando están metidos dentro de algun liquido siempre le aumentan el peso.* Vamos á ver esto con los ojos, despues daré la razon (Fig. 43). Aquí teneis esta balanza *L*, en donde está este vaso de cobre *V* casi lleno y equilibrado con el peso de plomo *y* que veis de la otra parte, y aquí teneis otra balanza mas pequeña *A*: de una parte tiene colgada esta bola *R*, que tambien está equilibrada con los dos pesos *pz*, que estan en el platillo *ñ* que le corresponde de la otra parte.

EUG. — Bien veo todo eso; ¿mas para qué es tanta prevencion?

TEOD. — Para esto que diré : si yo bajare la ba-

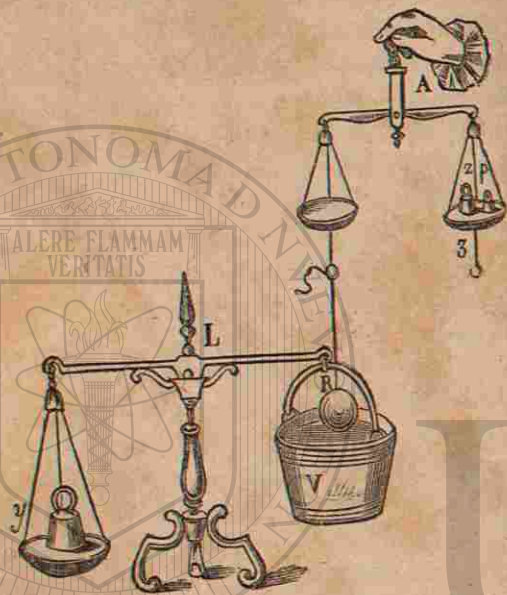


Fig. 13.

lanza pequeña A que tengo en mi mano, de suerte que la bola R se meta en el agua, ha de perder parte de su peso, como queda dicho; y así se ha de perder el equilibrio en la balanza pequeña, y en tal caso también se ha de perder el equilibrio en la balanza grande, porque el vaso de agua V ha de pesar mucho más que antes.

EUG. — Veamos pues eso.

TEOD. — Atended, que yo voy bajando enteramente toda la balanza pequeña, hasta que la bola R se introduzca dentro del agua del vaso V.

EUG. — Así sucede como lo habeis dicho : el vaso V pesa mucho más; ya levanta el peso y que está en la otra parte.

TEOD. — Está probado lo que dije, esto es, que los sólidos metidos en los líquidos los hacian pesar más de lo que antes pesaban. Reparad ahora en lo que añado, y es : *que los sólidos metidos dentro de los líquidos les aumentan tanto peso cuanto perdieron, esto es, les aumentan tanto peso, cuanto pesaria un volumen de líquido igual al sólido.* Vedlo, pues, ya que tenemos las balanzas en las manos.

EUG. — Solo lo creeré en ese caso.

TEOD. — La bola R está metida en el agua, por lo que perdió parte de su peso : sacad ahora del platillo 3 este peso *p*, que se disminuyó en el peso de la bola R, y quedará equilibrada la balanza pequeña.

EUG. — Así es : ahora queda la bola equilibrada solo con este otro peso *z*.

TEOD. — También veis que el vaso de agua V pesa ahora más de lo que pesaba, porque la bola le aumentó algún peso : por tanto, para haber otra vez equilibrio en la balanza grande es preciso poner de la otra parte [y algún peso más : poned el mismo peso *p* que sacásteis de la balanza pequeña, y quedará en equilibrio la balanza grande.

EUG. — No puede darse cosa más justa : ahora se ve claramente que se aumentó en el agua el mismo peso que perdió la bola cuando entró en el agua.

TEOD. — Eso es lo que yo iba á probar : vamos á dar la razón. Un cuerpo sólido no puede meterse

dentro de cualquier líquido sin levantar una igual porción del mismo líquido, como queda dicho.

EUQ. — Es así, porque el lugar que el cuerpo, v. g. esta bola, ocupa dentro del agua, antes estaba ocupado con agua : ahora es preciso que el agua ceda ese lugar á la bola, y así necesariamente ha de subir hácia arriba un volumen de agua igual al volumen de la bola.

TEOD. — Admiro en verdad vuestra firme memoria é inteligencia. Reparad ahora : supongamos que ese volumen de agua pesó una onza por ejemplo : para levantar y hacer subir hácia arriba en cualquier vaso una onza de agua, es preciso que la bola cargue en el agua con fuerza igual al peso de una onza ; porque así como en una balanza ordinaria para levantar una libra es preciso de la otra parte fuerza ó peso igual á una libra, así en el vaso de agua para hacer subir arriba una onza de agua es preciso que esta bola cargue en el agua inferior tanto como cargaría una onza de peso. He aquí porque metiendo esta bola dentro del agua de este vaso pesa el vaso mas de lo que pesaba, porque conservándose todo el peso del agua, hay además el peso que hace la bola en esa agua, que ya hemos supuesto ser igual á una onza, que es la misma que perdió la bola del peso que tenía fuera del agua.

SILV. — Está muy bien discurredo ; pero si esta bola tiene el peso de ocho onzas, y está toda metida en el agua, ¿ por qué habeis dicho que carga en el agua con el peso de una onza ? Parece que habia de pesar con todo su peso.

TEOD. — La bola solo carga en el agua haciendo

subir hácia arriba un volumen igual al suyo ; para esto solo emplea fuerza igual al peso del agua que levanta : como levanta una onza de agua, carga en la que le queda debajo con fuerza de una onza. Es verdad que cargaría con todo su peso si cayese dentro del vaso V, y no estuviese sostenida por la balanza pequeña, ó, por mejor decir, por el contrapeso z que está en el platillo 5 de la balanza pequeña : soltad la bola, que yo os aseguro que irá al fondo del vaso, y que entonces se aumentarán ocho onzas en su peso ; pero como en la balanza estan siete onzas, que es lo que valdrá este peso z , solo queda á la bola una onza libre de su peso para cargar en el agua ; y porque emplea ahí una onza de su peso, por eso en el platillo 5 hasta ahora solo este peso z , siendo cierto que antes cuando la bola estaba fuera del agua era preciso para quedar la balanza en equilibrio este otro contrapeso p .

EUQ. — Lo he entendido perfectamente, y quedo cierto de que *todas las veces que cualquier cuerpo sólido está metido enteramente en un líquido, crece tanto el peso del líquido como si le aumentasen un volumen de líquido igual al sólido.*

TEOD. — De esa proposición, que es certísima, se infiere la razón de muchas experiencias admirables. Solamente haré una, porque ya es tarde. Aquí teneis este vaso B (Fig. 46) : llenémosle de agua hasta el borde, y colguémosle de esta balanza H, poniendo de la otra parte el peso que es preciso para quedar en equilibrio. ¿ Veis este pedazo de palo a que tiene hechura de un vaso sólido ? Pues he de meterlo dentro de este vaso B que está lleno

de agua, y por consiguiente ha de rebosar fuera

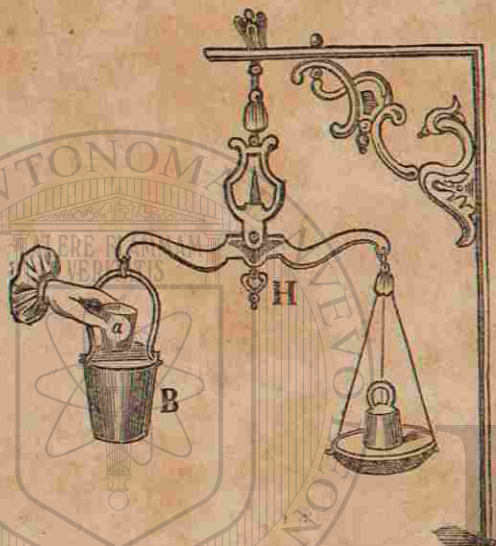


Fig. 16.

del vaso mucha agua; y no obstante eso ha de pesar el vaso B tanto como antes pesaba, y quedará la balanza en equilibrio.

SILV. — Vamos á ver eso; pero supongo que no habeis de tocar con el palo ni en el fondo ni en los lados del vaso.

TEOD. — Yá se supone que no: aquí está..... ¿Es así como dije, ú os engañé?

EUG. — Parece cosa de encanto, ó que hay aquí alguna artificiosa ilusion de los sentidos.

TEOD. — Ahora no quedó en el vaso ni la mitad del agua que incluía. El decir que cargando suplís-

teis el peso del agua que falta, tampoco puede ser, porque he reparado muy bien que no tocabais al vaso en parte alguna. Decidnos cual es la razon.

TEOD. — La razon es facil supuesto lo que queda dicho. Todo cuerpo metido en el agua le aumenta de peso tanto, quanto pesaria un volumen de agua igual al cuerpo que está metido en ella. ¿No concordais en esto?

EUG. — Concuerto á causa de la razon con que lo habeis probado.

TEOD. — Pues si este palo *a* estando metido en el agua aumenta á esa agua tanto peso, quanto pesaria un volumen igual de agua, se sigue que le aumenta tanto peso, quanto era el peso del agua que rebosó, porque bien sabeis que el agua que se vertió fué un volumen de agua igual al palo; y así tanto peso se aumenta, cuanta agua se disminuyó, y queda la balanza de la misma suerte.

SILV. — Bien habeis dicho que era facil la razon, supuesto lo que queda establecido.

TEOD. — Pero advertid que este peso que se aumenta en el agua del vaso B procede, no tanto del peso del palo, como de la fuerza con que yo cargué para que el palo quedase metido en el agua: tambien se puede usar de otro cuerpo de cualquier especie que sea, porque siempre sucederá lo mismo por quanto hay en todos la misma razon. Ahora nos vendrá bien tratar de otra materia menos curiosa.

EUG. — ¿Cual es esta materia?

§ VI.

Trátase del equilibrio de los cuerpos flotantes.

TEOD. — El equilibrio de los cuerpos flotantes. Un cuerpo *flota* siempre que su peso total es menos considerable que el de su volumen de agua; esto es, que el del volumen de agua que desaloja, por lo cual no puede irse á fondo, y parte de este cuerpo se eleva mas allá del nivel del líquido. Síguese, pues, claramente que los cuerpos flotantes estan en equilibrio entre dos fuerzas opuestas; á saber su propio peso, que tiende á hacerlos bajar, y la presión del líquido de abajo arriba que tiende á hacerlos subir. Este equilibrio, en razon de la movilidad estremada de los líquidos, no puede ser estable, sino cuando el centro de gravedad del cuerpo flotante se halla debajo del centro de gravedad del líquido: por esto un pedazo de madera no puede tenerse derecho en el agua, y se equilibra de una manera estable puesto horizontalmente; por esto tambien ponen calafates en el fondo de los buques un peso considerable, á fin de abajar cuanto sea posible el centro de gravedad. La naturaleza de este asunto, su interés y curiosidad, me conducen á establecer algunas consecuencias de los principios emitidos, cuando hablamos del peso de los sólidos en los líquidos y de los que acabamos de esponer.

EUG. — Me dareis mucho gusto, porque me pa-

rece que esto ha de tener relacion con el navegar y nadar, puntos que á mí me interesan mucho.

TEOD. — En efecto la tienen, y por lo tanto paso á establecer la proposicion siguiente. *Cuando un cuerpo es mas pesado que igual volumen de agua, si le metieren dentro del agua se va á fondo.* Esta proposicion es cierta y consta de la esperiencia. La razon de este efecto es comun, porque esta bola de marfil *c* (Fig. 59. t. I.), entrando en el agua pierde poco mas de la mitad de su peso; pero no lo pierde todo, porque esta bola pesa mas que igual volumen de agua; y como no pierde todo su peso, se irá abajo luego que la suelten; mas reparad que va mas despacio dentro del agua de lo que iria por el aire.

EUG. — Es por esa misma razon, porque en el agua va con menor peso que acá fuera en el aire.

TEOD. — Bien está: pasemos á esplicar la segunda consecuencia.

Si un cuerpo tuviere tanto peso como igual volumen de agua, y lo metieren enteramente dentro del agua, ni ha de bajar ni subir, ha de quedar en donde le dejen. La razon de esto es, porque los cuerpos no bajan sino á causa de su peso: si el cuerpo sumergido pesa por sí tanto como igual volumen de agua, se sigue que entrando en el agua pierde todo su peso enteramente, y así no tiene cosa que le haga bajar ni subir.

EUG. — Si ese cuerpo pesa tanto como igual volumen de agua, se puede suponer que tal cuerpo no está ahí, y que en su lugar está agua, porque creo que ha de ser lo mismo respecto del peso.

TEOD. — Así es : vamos ahora á la tercera consecuencia.

Si un cuerpo pesare menos que igual volumen de agua, y lo metieren enteramente en ella, ha de venirse arriba y nadar en su superficie. Demos la razon, y luego aplicaremos la ley á muchas esperiencias. Si un cuerpo pesa menos que igual volumen de agua, claro está que metiéndole enteramente en ella pierde todo su peso : por esta razon ya tenemos que no puede bajar. Vamos ahora á ver la razon por que no sube hácia arriba. Ved esta figura (Fig. 17.) que representa un vaso lleno de agua con un cuerpo dentro mas ligero que el agua : supongamos que este cuerpo *eo* es corcho v. g. : si el corcho es mas ligero que igual porcion de agua, se sigue que esta columna que va de *m* hasta *r*, y es parte de corcho y parte de agua, tiene menos peso que esta columna *an* que



Fig. 17.

es enteramente de agua.

EUG. — No hay duda.

TEOD. — Bien ; luego esta partícula *o* que está inmediata al fondo del vaso, y es oprimida por ambas columnas, ha de ser mas oprimida por la columna *an* que por la columna *mr*; así, segun lo que quedó establecido en el principio de esta tarde (Prop. XV), ha de moverse hácia donde tiene menor opresion, que es hácia la columna *mr*: viniendo, pues, las partículas de agua que estan en el fondo, cargando todas hácia esta parte *s*, como aquí no caben han de ir levantando hácia arriba el corcho que allí

está, y mientras las columnas no queden iguales en peso, la mas pesada siempre ha de ir cargando hácia abajo con mayor fuerza, y haciendo subir hácia arriba la que sea mas ligera. Aquí teneis la razon por que el corcho, ó cualquier madera ligera, sube por el agua arriba.

SILV. — Pero el corcho nunca sale enteramente fuera del agua, siempre queda alguna parte metida en ella.

TEOD. — Así debe ser, porque el corcho siempre tiene algun peso : ese peso ha de ser igual á alguna porcion de agua mayor ó menor segun él fuere ; y así puesto el corcho en la superficie del agua ha de ir introduciéndose en ella hasta levantar esa porcion de agua á que equivale todo su peso : en llegando á estos términos para ; ni baja ni sube, porque entonces ya estan en equilibrio y con igual peso ambas columnas, tanto la que es compuesta de corcho y agua, como la que es solo de agua. Ved esta (Fig. 18.) que representa nadando con la mitad fuera del agua el mismo corcho que la figura anterior representaba enteramente sumergido en ella. Aquí tenemos dos columnas, una que va de *a* hasta *s* toda de agua, otra de *c* hasta *p* de corcho y agua, las cuales pesan igualmente, porque aunque el pedazo de corcho sea mas ligero que igual porcion de agua, se supone pesar tanto como el agua que hay desde la superficie *a* hasta *x* ; y así quedan las columnas iguales en el peso, y por eso ni baja ni sube el corcho, va nadando en el agua de la misma



Fig. 18.

suerte. Si entendeis esto teneis la razon de innumerables esperiencias de que no sabreis la causa.

EUG. — Id refiriéndolas, y aplicándoles esa misma doctrina.

TEOD. — Primeramente ya teneis la razon por que unos cuerpos echados en el agua se van á fondo y otros nadan en su superficie: los que son mas ligeros que igual volumen de agua quedan nadando, y los que son mas pesados que un volumen igual de agua se van á fondo. De aquí se infiere tambien la razon por que un mismo cuerpo que nada en un liquido puede ser que se vaya á fondo si lo echaren en otro liquido mas ligero, v. g. la cera amarilla si la echan en agua nada en su superficie; pero si echan en aceite esta misma cera se irá á fondo: la razon es, porque la cera aunque es mas ligera que igual volumen de agua, es mas pesada que igual volumen de aceite*. El plomo que echado en el agua se va á fondo, echado en azogue queda nadando en su superficie.

EUG. — Segun eso muy pesado es el azogue, pues aun vence en peso al plomo.

TEOD. — Despues del oro es la cosa que hay mas pesada. Tambien de aquí se infiere la razon por que los barcos cuando navegan por agua salada pueden con mayor carga que cuando navegan por agua dulce, porque el agua salada es mas pesada que la dulce, y quanto mas pesado es un liquido, mayor peso sufre en su superficie.

EUG. — Aun no sabia eso: ya veo que cuando se

* Nollel, tomo 2, pág. 598.

hubiere de cargar un barco aquí en la ria para ir por el Tajo arriba, es preciso precaver que la carga no sea mayor de la que admite el agua dulce que hay allá mas arriba. Ahora ya poco mas ó menos sé la razon porque cuando nadan los hombres se sostienen encima del agua, y supongo que es porque son mas ligeros que igual volumen de agua.

TEOD. — Esa es la razon: puede ser que no la sepaís de una industria que hay para nadar con tal seguridad que el hombre mas inepto y tímido no correrá peligro de ahogarse, y andará metido en el agua hasta la cintura con admiracion de todos*.

EUG. — Decidme como puede ser eso.

TEOD. — Mandad hacer un cinto que os ciña el cuerpo alrededor: este cinto ha de tener pegados unos odres pequeños, los cuales se llenan de aire y cierran con cautela; despues de así ceñido con este cinto poned en los pies algunos pesos de plomo proporcionados á los odres, y unas como palas para poder remar con los pies: hecho todo esto, si los odres no fueren muy grandes quedan debajo del agua y no se ven de fuera, cosa que causará admiracion á quien os viere nadar con medio cuerpo casi fuera del agua.

EUG. — Esa industria está bien pensada; así no puede haber peligro.

SILV. — Es facil dar la razon de ella: lo que yo quisiera que me explicáseis es el modo con que los peces andan unas veces allá por el fondo del mar, otras acá por encima: aquí no puede tener lugar la

* Scott. *Mágia Hidrostat.*, pág. 5, lib. 5.

doctrina que habeis dado, porque ellos siempre tienen el mismo peso; y así, ó siempre han de ser mas pesados que el agua é ir abajo, ó siempre mas ligeros y venir arriba.

TEOD. — Tambien se da la razon de este efecto natural por la doctrina establecida. Habeis de saber que en los peces hay una como vejiga llena de aire: cuando dilatan mas esta vejiga quedan con mayor volumen; y así pierden mas peso y suben arriba; pero cuando contraen y aprietan mas la tal vejiga de aire tienen menos volumen, y pierden menos peso, y así van abajo, porque pesan mas que igual volumen de agua.

SILV. — Eso no puede ser. ¿Como pueden tener los peces esa vejiga de aire viviendo siempre debajo del agua? eso es dicho sin fundamento ni verisimilitud.

TEOD. — No es sin fundamento, porque abriéndolos con cuidado se les halla, y se confirma mi pensamiento, porque es esperiencia constante, que metiéndose un vaso de agua con algunos peces dentro, metiéndose, digo, dentro de la máquina pneumática, luego que comenzamos á extraer el aire, comienzan tambien los peces á subir arriba, mas forcejeando vuelven á ir á fondo, pero luego que el aire está casi todo extraido, por mas que los peces forcejeen para recogerse al fondo del vaso nunca bajan, y se ven obligados por fuerza á nadar en la superficie del agua, como lo he experimentado varias veces. La razon de esto es, porque como se extrae el aire que oprimia el agua, y juntamente á los peces que estan dentro de ella, se dilata mucho la vejiga de aire, y no puede el pez estrecharla ni encogerla, por

eso anda encima del agua: al contrario, si le agujerean la tal vejiga de aire, de suerte que salga el que tiene dentro, se va el pez á fondo sin poder subir arriba.

EUG. — Esta esperiencia confirma plenamente el discurso de Teodosio.

SILV. — Bien está, sea muy enhorabuena.

EUG. — ¿Y cual es la razon, Teodosio, por qué los hombres cuando se ahogan se van á fondo, y despues de pasados algunos dias suben á la superficie del agua?

TEOD. — La razon de eso es, porque cuando se ahogan se les introduce por la boca mucha agua; de este modo ya quedan mas pesados que antes, por eso se van abajo, así como los navíos cuando se llenan de agua; pero pasando algunos dias se van corrompiendo é inchando: tienen mayor volumen sin tener mas materia; de este modo vienen arriba, porque entonces ya quedan mas ligeros que un volumen igual de agua.

EUG. — Ahora que habeis hablado de navíos me acuerdo algunas cosas, que en varias ocasiones me han dado en que pensar: primeramente ¿cuál es la razon por qué un navío siendo tan pesado no se ha de ir á fondo.

SILV. — Por muy pesado que sea, como es de palo tiene la misma razon para sostenerse encima del agua que cualquier otro madero.

EUG. — Si vale esa razon entonces no habia de irse á pique aunque se abriese, como sucede muchas veces, y lo hemos visto pocos dias há aquí en la ria. ¿Que os parece, Teodosio?

TEOD. — Lo que Silyio dice es así; pero no es esa sola la causa por que el navío no se va á pique. Si no tuviese el navío mas que madera (no siendo de algunas castas de palo mas pesado que el agua), yo os aseguro, Eugenio, que aunque se abriese no habia de irse á pique, como sucede en una tina, que aunque está abierta con mil grietas, y la echeis en un estanque lleno de agua, no ha de sumergirse porque la madera siempre es mas ligera que igual porcion de agua; pero como los navíos ademas de la madera llevan mucho hierro, lastre, artillería etc., por eso se van á pique cuando se les abre algun costado.

EUG. — ¿Y por qué no se va á fondo un navío estando sano, aunque esté cargado de hierro y otros géneros muy pesados?

TEOD. — Para eso concurre su construccion. Mirad: para irse á pique el navío estando sano es preciso que el agua le entre por los bordes, y que al tiempo que baja levante un volumen de agua igual á todo el navío y á su concavidad: con este vaso de vidrio A (Fig. 49) podemos hacer una esperiencia que nos aclare el punto. Si yo lo quisiere meter derecho con el fondo hácia abajo dentro del vaso B



Fig. 49.

que está lleno de agua, antes de sumergirse en ella ha de levantar un volumen de agua igual á su tamaño y concavidad. Voy á hacer la esperiencia, y por el agua que se vierta por los bordes del vaso B conoceréis la cantidad de agua

que levanté cuando cargué con el vaso A hácia abajo.... He ahí el vaso sumergido.

EUG. — ¿Pero como hemos de medir la cantidad de agua que se vertió para ver si es igual al volumen y concavidad del vaso A?

TEOD. — Eso se conoce fácilmente: voy sacando el vaso chico de dentro del grande con cuidado para que no rebose mas agua. Ved ahora: si yo echare en el vaso grande el agua que este vaso chico puede incluir, ya veis que le echo un volumen de agua igual á la concavidad del vaso chico, aun así no ha de quedar el vaso grande totalmente lleno como estaba... ¿Veis?

EUG. — Es así, aun le falta alguna porcion de agua.

TEOD. — Solamente le falta una porcion igual al vidrio. Para que me creais destaparé un agujero que hay en el fondo de este vasito (que de intento habia yo tapado con cera), y lo destapo para que el agua se introduzca en él cuando lo fuere metiendo dentro del vaso B. Reparad ahora que luego que el vasito entró dentro del agua, vuelve el vaso B á estar lleno como en el principio antes de hacer la esperiencia.

EUG. — No hay duda que está lleno.

TEOD. — Pues ahí veis la razon por que los navíos estando sanos no se van á fondo, y cuando tienen algun agujero se van á pique fácilmente. Cuando estan sanos no pueden irse á fondo sin levantar una porcion de agua igual á todo el navío y su concavidad, así como el vasito no puede irse á fondo sin echar fuera una porcion de agua igual á la con-

cavidad y volumen del vidrio ; y para levantar tanta cantidad de agua no tiene el navío peso bastante con la carga ordinaria ; pero si le metieren tanta carga que pese mas el navío que un volumen de agua igual al mismo navío y su concavidad , ciertamente se irá á pique.

EUJ. — Y cuando está abierto el navío ; por qué se va á fondo aunque esté con poca carga ?

TEOD. — Es porque entonces para irse á pique no le es preciso levantar tanta cantidad de agua, basta levantar un volumen de agua igual al casco del navío sin atender á la concavidad ; así como el vasito con el agujero destapado para irse á fondo solo necesita levantar una porcion de agua que corresponda al vidrio y no á la concavidad ; y para esto tiene el navío peso bastante aun con una carga muy ligera, y por lo mismo se va á fondo.

EUJ. — Pocos dias há que así lo vimos en aquel navío que á vista de su dueño se fue á pique , viniendo de fuera con bien poca carga, por tener abierta la quilla no sé de qué modo.

SILV. — Puede que Teodosio por sus filosofías halle algun modo de sacarlo fuera con toda su carga.

TEOD. — Algunas industrias hay para eso ; bien que todas tienen su dificultad para ponerse en práctica.

EUJ. — Decidme qué industrias son esas, pues deseo saberlas.

TEOD. — En donde hay flujo y reflujo, que llaman mareas, se debe buscar gran porcion de cajones huecos ó pipas vacías, cuya multitud sea proporcio-

nada al peso que se pretende levantar ; y en el término de bajamar se deben atar con cuerdas fuertes al navío que está en el fondo, de suerte que queden las cuerdas bien tirantes : cuando principia á crecer el mar hace gran fuerza en los cajones ó pipas vacías para empujarlas hácia arriba, y como estan aseguradas al navío, le arrancan y levantan de donde estaba. La dificultad mayor está en amarrar bien los cables al navío que se intenta levantar ; pero se vence con alguna diligencia.

EUJ. — A mí me parecia que era mejor usar de barcos en lugar de cajones y pipas.

TEOD. — Bien puede ser ; pero tiene su peligro, porque si acaso no fueren bastantes para arrancar el navío en la primera marea, puede suceder que estando arrimados á él crezca el agua de suerte que los cubra, y consiguientemente se hundan, cuyo peligro no hay en las pipas y cajones estando bien tapados ; porque aunque de la primera vez no puedan arrancar el navío y queden tambien cubiertas de agua, nunca se van á fondo ; y así continuamente estan haciendo fuerza hácia arriba, y de esta continuada fuerza se debe esperar mayor efecto.

EUJ. — Pero donde no haya mareas ¿ cómo se podrá arrancar el navío que se hubiere ido á pique ?

TEOD. — Tambien hay otros arbitrios para eso, siguiendo las leyes del peso de los líquidos que hemos dado ; búsqense algunos barcos proporcionados al navío, y llénense de agua cuanto pudiere ser sin peligro de irse á fondo ; estando así los barcos muy metidos en el agua á causa del peso que tienen, amárrense á ellos los cables que estuvieren atados

al navío que está en el fondo, de suerte que queden bien tirantes; hecho esto estraigase de los barcos con algunas bombas toda el agua que tuvieren dentro: con esta diligencia los barcos ya vacíos, que estan muy metidos en el agua, harán gran fuerza hácia arriba; y como los cables estan muy tiesos, necesariamente ha de ir moviéndose el navío: llénense otra vez de agua los mismos barcos para que se vayan metiendo mas en el agua, y vuélvase á entiesar los cables; y luego que estuvieren bien tiesos, y los barcos bien metidos en el agua, se volverán á vaciar para tirar de nuevo el navío mas arriba. Pero si de la primera vez no pudieren los barcos mover el navío, júntensele otros y hágase la misma diligencia. La mayor dificultad es cuando el navío comienza á salir fuera del agua, porque entonces pesa mucho mas; pero no obstante, se puede conducir remolcándole hácia tierra, de suerte que siempre vaya descansando en la arena; y últimamente aumentado el número de los barcos se sacará fuera del agua, precediendo la diligencia de saltar en el navío, así que comenzare á salir fuera del agua, algunos hombres que con bombas echen fuera toda el agua para que quede mas ligero. La razon de todo esto bien veis que se infiere de lo que queda dicho. He aquí, Silvio, para qué sirven estas observaciones sobre el peso de los sólidos dentro de los líquidos.

EUG. — No podeis negar, Silvio, que estas industrias son muy útiles, además de ser muy curiosas.

SILV. — En la práctica siempre hay muchas dificultades que no hay aquí en la especulacion.

TEOD. — Eso no lo dudo; pero aun así no podemos negar el mérito de estos proyectos, que no son aereos; y con efecto, de este modo se han sacado muchos navíos, bien que con gran trabajo. Pero aun en el caso que no se hubiesen reducido á práctica, siempre merecian nuestra estimacion.

EUG. — Segun lo que nos habeis dicho, Teodosio, me parece que si se construyese un barco de plomo habia de flotar.

TEOD. — Por supuesto que flotaria, como se construyese segun regla.

SILV. — Esto sí que quisiera verlo con mis propios ojos para creerlo.

EUG. — Lo que yo sé es que cierto dia, queriendo jugar una partida á una tia mia, le eche una caldera en un estanque con el fin de que se fuese á pique, y dando de fondo en la superficie del agua se me quedó con grande pasmo mio flotando como una madera.

TEOD. — Yo voy á mandar que echen al estanque mi baño de cobre, y Silvio verá lo mismo: aguardadme.

SILV. — Este Teodosio es muy singular: propone cosas que me parecen paradojas inadmisibles; y luego me sale con sus experimentos ó razones y me hace callar.

EUG. — Mirad Silvio, ya está flotando el baño.

TEOD. — Que tal, Silvio, podriamos construir un barco de metal.

SILV. — Ahora ya no lo dudo.

TEOD. — Pues sabed que no es esto solo un proyecto, por quanto se ha construido ya un barco de

vapor, todo de hierro colado que rivalizaba en velocidad con los navíos de madera. Por la misma razón se emplean ya en muchos puertos y rios boyas de metal huecas; pues permanecen flotantes en las aguas como las de corcho y madera y les son preferibles. Ya que estamos hablando de los cuerpos flotantes y os he entretenido bastante sobre el peso de los líquidos, quiero explicaros un instrumento llamado *areómetro*, que sirve hoy día para conocer el peso específico de tales cuerpos.

EUQ. — Si no me engaño ya me disteis un medio para ello.

TEOD. — En efecto pero es exactísimo. Aquí lo teneis (Fig. 20.). Esto que pudieramos decir A es una esfera hueca de bastante volumen, D una pequeña esfera que se llena de mercurio para que sirva de lastre al instrumento y lo mantenga en una posición vertical. Esto C un cañuto delgado en el cual se señala con una línea el punto fijo de la inmersión. Esto B es un pequeño plato, en el cual se pueden deponer pesos. El peso total de este instrumento ha de ser tal, relativamente á su volumen, que no pueda hundirse por sí mismo en el líquido mas ligero: inútil es deciros que se ha de saber cual es su peso absoluto. Veamos como se usa. Se sumerge en el agua destilada ó de fuente y se van colocando pesos en el platillo B, para sumergir el instrumento hasta el punto C. Está claro que en se-



Fig. 20.

mejante caso, el peso conocido del instrumento, con la añadidura de los pesos adicionales que ha sido necesario emplear, representan exactamente el peso de un volumen de agua igual al de la máquina. Ya sabemos pues, cuantos pesos ha sido necesario para hundir el instrumento en el agua. Queremos ahora saber si otro líquido es mas ó menos pesado que el agua. Venga el *areómetro*, metámoslo en este vaso que contiene espíritu de vino del comercio, menos pesos han bastado para sumergir el instrumento hasta el punto C. Metámoslo ahora en esta cubeta, donde hay agua de mar; ¿veis como es preciso que aumente el peso que bastaba cuando lo sumergí en agua de fuente?

EUQ. — En efecto ya se deja comprender la utilidad y exactitud de este instrumento: como en todos casos el volumen de líquido desalojado es siempre el mismo, se ven claramente las relaciones que hay entre los pesos específicos de líquidos diferentes. Pero tambien me parece que se ha de tener en cuenta la temperatura del líquido.

TEOD. — Por supuesto; tanto á fin de que el líquido no mude de peso específico, como á fin de que el areómetro no mude de volumen; por lo demas es exacto el resultado. Este areómetro es de Fahrenheit y se llama tambien areómetro universal. Nicholson y Charles, célebres físicos modernos, han aplicado á otro objeto, la idea fundamental de este instrumento y lo han empleado; el primero para reconocer el peso específico de los sólidos, metiendo un pedacito en el fondo como en este (Fig. 21.), y el segundo los cuerpos mas ligeros que el agua

como en este otro (Fig. 22.) que tiene en vez de pla-

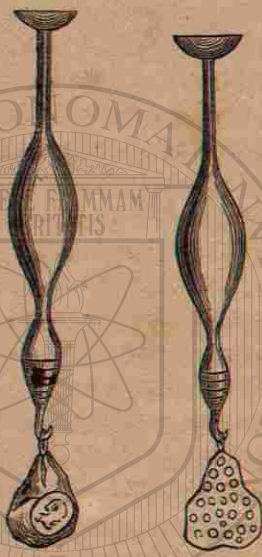


Fig. 21.

Fig. 22.

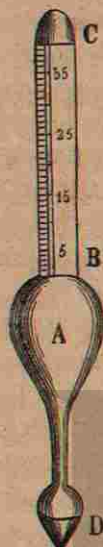


Fig. 25.

tillo inferior un embudo metálico vuelto y agujereado; otros areómetros hay que se llaman *pesa licores* siendo el mas usado el que se llama de Baumé. Los hay para pesar líquidos mas ligeros que el agua, y menos ligeros que ella; y como no exigen ningun peso adicional son mucho mas cómodos, bien que menos exactos, que los anteriores. Ahí está un *pesa licores* (Fig. 25.) compuesto de esta esfera A vacía, de otra pequeña D, llena de mercurio ó de pedacitos de plomo para lastrar el instrumento; por último veis aquí este cilindro BC en cuyo interior se halla una escala graduada, como os diré luego. Supon-

gamos que esté construido semejante instrumento de modo que se hunda en agua de lluvia hasta el punto B y que luego se sumerja en un líquido mas ligero que el agua, deberá hundirse mas; pero el cilindro BC tiene como veis un diámetro considerable; así desalojará un volumen de líquido tanto mayor, cuanto mas se sumerja el instrumento: de suerte que podrá llegar un momento en que el peso de este volumen de líquido desalojado sea igual al peso del instrumento, y entonces cesará de hundirse. Podráse señalar este punto en el cilindro y obrando de este modo sobre muchos líquidos de pesos específicos diferentes y conocidos procurarse areómetros que servirán luego por el solo grado de su inmersión, para reconocer estos pesos específicos en los líquidos desconocidos. Y en efecto de este modo se construyen los *pesa licores*. Para los líquidos mas ligeros que el agua, por ejemplo el espíritu de vino, se señala debajo del cilindro ó tubo el punto en que se detiene el instrumento en el agua clara, se señala arriba del tubo el punto, en que el instrumento se detiene en el alcohol rectificado; se toma este intervalo con un compas y se corta una tira de papel igual á este intervalo. Se ha convenido en señalar 10 en el punto inferior; y se divide el intervalo en 50 partes iguales, que se llaman *grados*, y cuando está construida y trazada con tinta la escala, se arrolla la tira de papel, á lo largo, y se introduce en el tubo de vidrio haciendo corresponder los cabos en la escala con las dos líneas hechas en el tubo. Hecho esto, se cierra el extremo del tubo al fuego, y se tiene un areómetro que sirve para reconocer

aproximativamente los pesos específicos de los líquidos mas ligeros que el agua, y que se hunde, por ejemplo, hasta veinte y dos grados en el aguardenite ordinario.

EUG. — Ya voy viendo que con esa física no hay cosa que no se esplique y no se halle.

TEOD. — Para los líquidos mas pesados que el agua se hace del propio modo; Baumé se servia de una disolucion que contenia pesos conocidos de sal marina. Comunmente se hace tambien uso del aceite de vitriolo muy fuerte, el cual da el punto inferior de la escala; mientras que el agua da el punto superior y se divide el intervalo en 66 partes: ocioso es decirnos que estos areómetros son tanto mas sensibles cuanto mas fino es el tubo. Ahora descansad un poco del trabajo que os habrán ocasionado mis discursos. Vamos al jardin, y despues que hubiereis descansado haremos algunas esperiencias, que os han de agradar, porque divierten é instruyen á un mismo tiempo, y con esta instruccion enfadará menos la conferencia que ha sido dilatada.

EUG. — A mí me ha parecido tan breve como las otras.

SILV. — Vamos, vamos al jardin, porque la aplicacion me ha recalentado la cabeza, y necesito que me dé el aire.

§ VII.

De algunas esperiencias curiosas sobre el peso de los líquidos.

TEOD. — Este lugar está mas desahogado; si hubiera sabido que estaba tan libre del sol como ahora lo veo, mucho antes os hubiera traído á él, porque en todo deseo vuestro alivio.

SILV. — Sentémonos en esta galería, que no podremos hallar sitio mas agradable; y cerca del agua de este estanque, que tenemos á la vista, podreis vos, Eugenio, filosofar y observar, si es verdad lo que acerca de los líquidos ha discurrido Teodosio esta tarde. Mandad traer aquí los instrumentos y máquinas precisas.

EUG. — ¿Qué máquina es esa que nos traen? (Fig. 24).

TEOD. — Es un instrumento á que llaman fuelle hidrostático: consta como veis de dos tablas redondas semejantes á la tapa y fondo de un barril, sus costados alrededor son de cuero, para que la tabla de arriba pueda llegarse mas ó menos á la de abajo.

EUG. — ¿Y para qué es este cañon *rs* que está fijo en la tabla de arriba?

TEOD. — Sirve para que el fuelle se llene de agua: advertid ahora una circunstancia bien pas-



Fig. 24.

aproximativamente los pesos específicos de los líquidos mas ligeros que el agua, y que se hunde, por ejemplo, hasta veinte y dos grados en el aguardenite ordinario.

EUG. — Ya voy viendo que con esa física no hay cosa que no se esplique y no se halle.

TEOD. — Para los líquidos mas pesados que el agua se hace del propio modo; Baumé se servia de una disolucion que contenia pesos conocidos de sal marina. Comunmente se hace tambien uso del aceite de vitriolo muy fuerte, el cual da el punto inferior de la escala; mientras que el agua da el punto superior y se divide el intervalo en 66 partes: ocioso es decirnos que estos areómetros son tanto mas sensibles cuanto mas fino es el tubo. Ahora descansad un poco del trabajo que os habrán ocasionado mis discursos. Vamos al jardin, y despues que hubiereis descansado haremos algunas esperiencias, que os han de agradar, porque divierten é instruyen á un mismo tiempo, y con esta instruccion enfadará menos la conferencia que ha sido dilatada.

EUG. — A mí me ha parecido tan breve como las otras.

SILV. — Vamos, vamos al jardin, porque la aplicacion me ha recalentado la cabeza, y necesito que me dé el aire.

§ VII.

De algunas esperiencias curiosas sobre el peso de los líquidos.

TEOD. — Este lugar está mas desahogado; si hubiera sabido que estaba tan libre del sol como ahora lo veo, mucho antes os hubiera traído á él, porque en todo deseo vuestro alivio.

SILV. — Sentémonos en esta galería, que no podremos hallar sitio mas agradable; y cerca del agua de este estanque, que tenemos á la vista, podreis vos, Eugenio, filosofar y observar, si es verdad lo que acerca de los líquidos ha discurrido Teodosio esta tarde. Mandad traer aquí los instrumentos y máquinas precisas.

EUG. — ¿Qué máquina es esa que nos traen? (Fig. 24).

TEOD. — Es un instrumento á que llaman fuelle hidrostático: consta como veis de dos tablas redondas semejantes á la tapa y fondo de un barril, sus costados alrededor son de cuero, para que la tabla de arriba pueda llegarse mas ó menos á la de abajo.

EUG. — ¿Y para qué es este cañon *rs* que está fijo en la tabla de arriba?

TEOD. — Sirve para que el fuelle se llene de agua: advertid ahora una circunstancia bien pas-



Fig. 24.

mosa : si os pusiéreis en pie sobre esta tabla de arriba *st*, sube el agua por el cañon arriba; pero no caerá fuera. Esperimentad, y ved si sucede así como digo.

EUG. — Así es : yo veo el agua casi en el borde del cañon; pero ni una gota cae fuera; al mismo tiempo que con todo mi peso cargo sobre el fuelle. No acabo de admirarme de una cosa tan estraña : ¿qué os parece, Silvio?

SILV. — Tambien estoy admirado : decid, Teodosio, ¿cuál es la razon de este efecto tan maravilloso?

TEOD. — Ya la doy : reparad en esta figura que de propósito he traído dibujada para el intento (Fig. 25) : supongamos que esto es una pipa ú otro



M
Fig. 25.

cualquier vaso lleno de agua, que tenga el mismo ancho de aquel fuelle (Fig. 24), y que tenga la misma altura, atendiendo tambien al cañon. Si metiéremos un cañon dentro de esta pipa, así como este *ac*, y lo tapáremos con el dedo por encima, mientras lo introducimos en ella, veremos que despues de destaparlo se llena de agua por abajo, hasta que el agua quede dentro del cañon en la misma linea

en que está la otra de afuera, y no subirá mas alto ni un solo dedo.

EUG. — No hay duda que así ha de suceder, porque como dijisteis, entonces las partículas que estan á plomo debajo del cañon tienen sobre sí tanta altura de agua como las otras que estan en la misma

linea *or*; por lo que han de estar igualmente oprimidas, y no hay razon para que unas venzan á las otras impeliéndolas hácia arriba.

TEOD. — Habeis discurrido escelentemente : suponed ahora que estraemos toda el agua que hay desde la linea *or* hasta arriba, y que en su lugar ponemos esta tabla *M*, que ajusta bien con la pipa, dejando el lugar debido para el cañon, y que con facilidad puede subir y bajar; si sobre esta tabla pusiésemos tanto peso de plomo quanto es el peso del agua estraída, quedaria el agua de abajo tan oprimida como estaba antes, y así subiria por el cañon arriba tanto quanto subia entences. ¿No es así, Silvio?

SILV. — Con razon.

TEOD. — Luego así como el agua no salia del cañon cuando la pipa estaba llena de agua, tampoco ha de salir ahora que en lugar del agua tiene la tabla igualmente cargada de plomo.

SILV. — Así es, no dudo de eso.

TEOD. — Bien. Supongamos ahora que Eugenio pesa tanto como esos pesos de plomo, que estaban sobre la tabla *M*: si sacáremos los pesos y pusiéremos á Eugenio en pie sobre la tabla, ha de quedar el agua de abajo tan oprimida como de antes, y por consiguiente ha de subir por el cañon arriba solamente hasta la altura á que entonces subia.

SILV. — En eso concuerdo de buena gana.

TEOD. — Pues las circunstancias que hasta aquí hemos supuesto son las que verdaderamente concurren cuando Eugenio se pone sobre el fuelle como visteis. He aquí porque el agua no sale fuera.

Cuando Eugenio se puso sobre el fuelle *st* (Fig. 24) bajó la tabla á causa del peso; y el agua de dentro como la oprimian, subió por el cañon arriba; pero luego que llegó á la boca del cañon *r* paró, porque entonces ya las partículas de agua que estaban á plomo debajo del cañon quedaron tan oprimidas con el peso de la columna de agua del cañon, como las demas partículas con el peso de la tabla sobre que cargaba Eugenio; de la misma suerte y por la misma razon que sucederia esto si Eugenio se pudiese en pie sobre la tabla *M* (Fig. 25) que teneis aquí figurada.

EUG. — Lo he entendido perfectamente.

SILV. — ¿Y si yo me pusiere sobre el fuelle saldrá el agua? Yo soy mucho mas pesado que Eugenio.

TEOD. — Saldrá; pero si en la boca del cañon ajustare yo este otro cañoncito *e* (Fig. 24), que tendrá un palmo de largo, seguramente os podreis poner sin que salga el agua.

EUG. — Pues dadnos una regla general para saber el peso que podrá sostener sobre sí este fuelle, sin echar el agua fuera.

TEOD. — Voy á darla: considerad que este fuelle continuaba hasta la altura en donde está la boca del cañon *r* con la misma anchura que tiene en la tabla superior *st*, de suerte que quedaba una especie de barril todo lleno de agua; toda esta agua que iba desde la superficie de arriba hasta la tabla *ts* habia de tener un peso determinado.

EUG. — Es cierto.

TEOD. — Pues mientras no pusiéreis sobre la ta-

bla *ts* mayor peso del que tendria el volumen de esa agua, no ha de salir por el cañon. De aquí procede que quanto mas áncha fuere esta tabla *ts*, y quanto mas alto fuere este cañon, mayor peso ha de sostener el fuelle. La razon es, porque entonces cabria mayor peso de agua de esta tabla por arriba, en el caso que el fuelle continuase con el mismo ancho hasta la altura en que queda la boca del cañon; y el peso que yo pongo sobre el fuelle es para hacer el mismo efecto que haria el peso del agua si ahí estuviese, como os espliqué con esta figura (Fig. 25) que dibujé.

EUG. — Ya estoy satisfecho, enteramente. Vamos á otras esperiencias, pues yo veo aquí muchos instrumentos preparados para ellas.

TEOD. — Vamos enhorabuena. ¿Veis este vaso de vidrio *A* (Fig. 26) que está asentado sobre esta base de plata *e*? Voy á mandarlo llenar de agua de la fuente; despues de lleno he de ponerlo delante de vuestros ojos, y sin que persona alguna se llegue á él lo vereis de allí á poco enteramente lleno de vino. Vamos entre tanto hablando sobre algunas materias útiles.

EUG. — Será para mí caso digno de toda admiracion; mas por no perder tiempo vamos como dijisteis hablando sobre algunos puntos de fisica.

TEOD. — Hemos tratado hasta aquí del peso de los líquidos; y hemos visto al principio de este asunto que no todos tienen el mismo peso, unos son mas pesados que otros; el agua bien saben to-



Fig. 26.

dos que es mas pesada que el aceite, por eso si echáreis aceite dentro de un vaso, y luego le echáreis agua encima, vereis que el aceite se viene arriba y el agua baja.

EUG. — Esa esperiencia es muy frecuente y sabida.

TEOD. — Y tambien lo es la razon; porque así como en una balanza cuando en sus dos brazos estan puestos dos pesos, de suerte que uno no pueda bajar sin que el otro suba, vemos que el mas pesado echa hácia arriba al mas ligero; así tambien como dentro del vaso estan dos líquidos pesados, y no pueden estar ambos en el fondo, para bajar el agua es preciso que eche hácia arriba el aceite; y como es mas pesada que él vence de la misma suerte que si estuviesen en una balanza, y así sube el aceite y baja el agua. Esta misma ley observan todos los demas líquidos cuando tienen peso diferente; el mas pesado siempre busca el fondo, escepto cuando la diferencia es muy poca; porque entonces si se mezcla un líquido con otro se embarazan las partículas unas con otras, y no es bastante el exceso del peso para desembarazarlas de suerte que vayan hácia abajo las mas pesadas.

EUG. — Todo eso conviene con la razon y esperiencia cotidiana.

TEOD. — Mirad ahora el vaso A: ahí lo teneis ya lleno de vino.

EUG. — Yo no puedo creer tal cosa.

TEOD. — Probadlo, y ved si es vino, ó si acaso estaban dentro del vaso algunos polvos que le diesen ese color.

EUG. — Es vino y muy generoso: en eso no hay duda. Decidnos, Teodosio, ¿qué encanto es este?

TEOD. — No es encanto, es un efecto natural, cuya causa nace de la doctrina que acabé de explicar. Esta peana ó base de plata es hueca por dentro, y cuando la trajeron aquí ya venia llena de vino; el vaso de vidrio que está sobre ella tiene en el fondo un agujero pequeño con comunicacion á lo interior de la base: reparad que el vaso está pegado á la peana con betun, para evitar que no se derrame por el fondo el agua que echamos dentro del vaso.

EUG. — Todo está muy bien; pero aun no percibo esta trasformacion.

TEOD. — Ya lo esplico: como la peana estaba llena de vino, luego que echaron agua en el vaso fue subiendo el vino y bajando el agua como mas pesada: de aquí resultó que el vino que estaba dentro de la peana se pasó al vaso de vidrio que está encima, y el agua que estaba dentro del vaso se halla ahora dentro de la peana. Pero advierto que si hiciéreis esta esperiencia en un solo vaso, de suerte que el espacio en donde está el vino tenga comunicacion muy ancha con el espacio en donde está el agua, podreis quedar sin ver el efecto, porque entonces al echar el agua se mezclan perturbadamente las partículas de agua con las de vino, y se embarazan de suerte que no pueden volver á separarse los dos líquidos fácilmente.

EUG. — Ya me habia ocurrido esa misma dificultad, porque muchas veces acostumbro á echar agua sobre vino sin que el vino suba hácia arriba,

pues se mezcla todo sin resultar la mínima separacion.

TEOD. — Para evitar esa mezcla perturbada es preciso que el agujero por donde se comunica el agua con el vino sea estrecho, para que al echar el agua no se perturben las particulas de vino. Para hacer esta esperiencia mas fácilmente, aunque con menos gracia, no teneis mas que llenar de vino un frasquito, cuya boca sea mas estrecha que una pluma de escribir, y meter este frasquito así lleno dentro de un vaso grande lleno de agua, de suerte que la boca del frasco quede enteramente dentro del agua. Hecho esto vereis ir saliendo el vino hácia arriba hasta la superficie del agua, y esta bajar, y en poco tiempo quedará lleno de agua el frasquito que metisteis lleno de vino.

SILV. — Ahí concurre la misma razon, bien que como ya se sabe que hay vino dentro del frasco no causa tanta admiracion como en la esperiencia precedente. Pero ahora me ocurre preguntaros la razon de una cosa que pocos dias há me hizo quedar suspenso en Lisboa. Me enseñaron una ampolla de cristal con una única boca, sin que dentro tuviese algun repartimiento ó separacion, y me dijeron que juntamente servía para el aceite y para el vinagre, de suerte que cualquier persona echaba de ella ya uno ya otro licor separadamente cuando quería y en la porcion que deseaba.

EUG. — Parece increíble : ¿qué decís, Teodosio?

TEOD. — Yo tengo una ampolla de esas, y hago que la traigan.

EUG. — ¿Y no se mezclan los dos licores?

TEOD. — Bien veis que el aceite y el agua aunque los echeis juntamente en un vaso se separan por sí mismos, y la causa de esta separacion es, como ya dije, la gran diversidad que hay en el peso de estos licores; pues lo mismo sucede con el vinagre y aceite, porque el vinagre es mucho mas pesado que el aceite, y así siempre busca el lugar inferior.

EUG. — Ahí viene ya la ampolla : ¿es esta, Silvio? (Fig. 27).

TEOD. — Todo su artificio consiste en que el cuello *a* no sale del medio de la ampolla sino por un costado, y es encorvado hácia arriba : echando dentro aceite y vinagre, el vinagre siempre busca el lugar inferior *ca*, y el aceite como mas ligero ocupa el superior *mn*, como veis. Reparad ahora : de cualquier suerte que se mueva esta ampolla de vidrio



Fig. 27.



Fig. 28.



Fig. 29.

siempre queda el aceite en la parte superior de ella : si la pusiéreis en esta postura (Fig. 28), como está la boca en la mitad inferior, sale el vinagre, que es el que está siempre en la mitad inferior de la ampolla *a*, y el aceite que queda en la mitad superior *e* no puede salir sino despues que hubiere salido todo el vinagre : al contrario, si pusiéreis la ampolla como ahora la tengo (Fig. 29), queda el aceite en la parte superior, que es la que tiene salida mas inmediata; así si yo fuere inclinando la

ampolla sobre su boca, ha de salir el aceite que está encima, y si sigo inclinándola de cada vez mas, entonces ya puede salir el vinagre. Hagamos la experiencia, y vereis que así sucede en la práctica.

EUG. — Así es : no se puede negar, y es cosa bien maravillosa, al mismo tiempo que mirando á la causa no hay cosa mas natural.

TEOD. — Ya que gustais de estas esperiencias quiero enseñaros una figura que os servirá de diversion é instruccion..... Aquí la teneis (Fig. 50) : está en la accion de quien echa agua en las manos, y en la realidad que lo hace siempre que se desea.

EUG. — Tendria gusto en verlo ahora si acaso puede ser.

TEOD. — No hay cosa mas facil : echándole en la palangana que tiene en la mano izquierda esta porcion de azogue, vereis que luego echa agua el jarro que tiene en la mano derecha..... ¿ Veis ?

EUG. — No puedo contener la risa, viendo la prontitud con que os sirven hasta las cosas inanimadas. El paje mas puntual no haria este ministerio con mas prontitud. Pero decidme, Teodosio, ¿ por qué sucede esto así ?

TEOD. — Para entenderse la causa de este efecto es preciso que sepais la construccion interior de esta figura, y una doctrina que os daré ahora. Ya os dije que las columnas de cualquier líquido, cuando se comunican todas, tienen su última superficie en la misma linea horizontal ; de aquí es que si en este



Fig. 50.

cañon encorvado M (Fig. 51), ó por mejor decir en estos dos cañones que se comunican por la parte inferior echáremos agua por una de las bocas, en ambos cañones quedará en la misma altura ó en la misma linea horizontal *ea*, como veis. La razon es porque así tanto pesa una columna como otra, y de este modo quedan en equilibrio.

EUG. — En eso no puede haber duda.

TEOD. — Esto, y lo demas que en esta tarde queda dicho acerca del equilibrio de los líquidos, se entiende cuando se equilibra una porcion de cualquier líquido con otra del mismo género, v. g. agua con agua, aceite con aceite, azogue con azogue, etc.; pero no sucede así cuando queremos equilibrar una porcion de agua, v. g., con una porcion de azogue ú otro cualquier licor que sea mas pesado ó mas ligero que el agua, porque entonces el que fuere mas ligero ha de tener la superficie mas arriba ; de suerte que si echamos agua y azogue dentro de este otro cañon N (Fig. 52), vereis que la columna de azogue es mucho mas corta que la de agua.

EUG. — Haced la experiencia, que quiero ver.

TEOD. — Ya la hago... ¿ Veis ? El agua llega casi hasta la boca del cañon *i*, y el azogue de la otra parte queda en esta altura *a* : reparad ahora : el azogue que va de esta



Fig. 51.

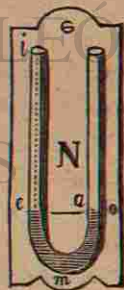


Fig. 52.

línea *eo* abajo se equilibra consigo mismo, porque el azogue que va de *e* hasta *m* se equilibra con el que va de *m* hasta *o*; pero el azogue que va desde *o* hasta *a*, aunque es tan poco, se equilibra con el agua que va desde *e* hasta *i*, que es una columna mucho mas alta.

EUG. — Ahora lo percibi claramente : vamos á saber la razon de esa esperiencia.

TEOD. — La razon es, porque el azogue pesa catorce veces mas que el agua poco mas ó menos ; así tanto ha de pesar una columna de azogue que tenga un dedo de altura, como una columna de agua de catorce dedos, y por esta cuenta pesando ambas igualmente, no es de admirar que se equilibren. Por tanto, regla general, *cuando se equilibran licores diversos, quedan en columnas de diversa altura; de suerte que cuanto mas ligero es un liquido tanto mas alta es su columna.*

EUG. — En eso estoy firme : la razon lo persuade, aunque no lo enseñase la esperiencia. Vamos á saber ahora la organizacion de esta figura 50 para acabar de conocer la causa del efecto que hemos visto.

TEOD. — Voy á esponerla. Desde la palangana que tiene en la mano izquierda va un cañon estrechito, que por dentro de la pierna izquierda llega casi hasta el fondo de la peana *o* : desde el jarro que tiene en la mano derecha va otro cañon, que pasa por lo interior del pecho, y baja por la pierna derecha hasta entrar en la peana, la cual es hueca por dentro. Siempre que se hubiere de hacer la esperiencia es preciso ir echando agua dentro de la palan-

gana, mientras se sume por el agujerito que le da comunicacion con el cuerpo de la figura, lo que se debe hacer ocultamente para causar mayor admiracion.

EUG. — Ahora advierto yo un agujerito que tiene la palangana en aquel lado que toca en el cuerpo de la figura.

TEOD. — Es para este efecto. Reparad ahora : mientras echamos agua en la palangana, como va entrando por el agujerito á lo interior de la figura ; se va llenando primeramente toda la peana, y luego los dos conductos hasta la altura de la palangana, solo queda vacía la parte del conducto que va desde la cintura arriba hasta el jarro. Aquí no hay duda ; pero cuando á vuestra vista le eché azogue en la palangana se fue bajando, y como es mucho mas pesado que el agua, la fue impeliendo, de suerte que al instante subió por el otro conducto, y comenzó á salir por el jarro : el agua que cayó del jarro en la palangana entró tambien por el conducto izquierdo, y ayudó con su peso al del azogue. He aquí por que corre el agua del jarro.

EUG. — Ahora ya no hallo en esta esperiencia cosa que admire.

TEOD. — La dificultad que aquí habia era hacer subir el agua mas alta de lo que estaba la palangana ; esto con el agua solamente no podia ser, porque, como visteis en los cañones de vidrio (Fig. 51), el agua sola siempre queda en la misma altura ; pero como aquí en un cañon echamos azogue, y en el otro hay agua, bien claro es que la columna del agua ha de quedar mucho mas alta que la de azogue. Pero

advierto que se deben observar algunas circunstancias para no frustrarse la esperiencia: la primera es que el cañon por donde baja el azogue llega casi al fondo de la base, para que no suceda caer el azogue abajo, y subir el agua por el mismo conducto por donde bajó el azogue: la segunda es. que el conducto que va á parar al jarro ha de comenzar desde la cubierta de la peana *e*, para que el azogue que cae por el pie izquierdo no pueda entrar por el conducto del pie derecho, sino despues de llenar toda la peana, y haber echado de este modo gran cantidad de agua por el jarro: la tercera es, que los conductos sean muy estrechos, especialmente el cañon del azogue, y el otro á lo menos de la cintura arriba, pues de otro modo será precisa una gran cantidad de azogue para hacerse la esperiencia. He aquí teneis la razon del efecto que tanto admirasteis. Pasemos ahora á tratar de otro punto no menos curioso que los antecedentes.

SILV. — ¿Cuál será este?

TEOD. — De los tubos capilares.

SILV. — Materia hay aquí para disputar y si no me engaño este es otro de los puntos en que discutiremos mas.

TEOD. — Entremos pues en materia.

DIRECCIÓN § VIII.

Sobre los tubos capilares.

EUG. — ¿Decidme antes de todo qué viene á ser esto de *tubos capilares*?

TEOD. — *Tubos capilares se llaman los que tienen diámetro pequeño como un cabello y por esto se llaman capilares.* Se observa, pues, que en los tubos capilares abiertos por los dos extremos, si los metemos á plomo en el agua sube esta por dentro de ellos; y tanto mas sube sobre el nivel cuanto mas estrecho es el vacío del cañutillo. La proposicion es así. *En los tubos capilares sube el agua casi en razon inversa de los diámetros.* V. g. si los diámetros en los tres tubos de la (Fig. 55) ABC son como 4, 2, 4, el agua subirá en ellos á las alturas 4, 2, 4: siendo mayor la altura en el cañutillo mas estrecho, y menor en el que sea mas ancho. Decid á Silvio que os dé la razon de esta esperiencia constante.

SILV. — Este efecto procede del peso del aire, por cuanto el agua de los tubos es mas oprimida del aire que dentro de ellos; y cuanto mas

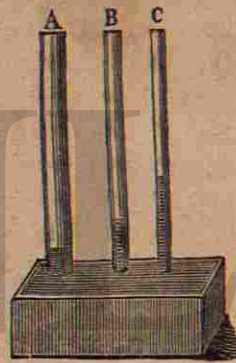


Fig. 55.

estrecho sea el tubo mas obstáculo habrá en la accion del aire, y oprimirá menos al fluido inferior; y como es ley constante de los fluidos que oprimidos en una parte mas que en otra huyen por donde hallan menor opresion, el agua huirá hácia dentro de los tubos, á la manera que se introduce en la jeringuilla, al paso que se levanta el émbolo. Esta es la razon de subir en los tubos, y de subir mas cuando son mas estrechos.

advierto que se deben observar algunas circunstancias para no frustrarse la esperiencia: la primera es que el cañon por donde baja el azogue llega casi al fondo de la base, para que no suceda caer el azogue abajo, y subir el agua por el mismo conducto por donde bajó el azogue: la segunda es. que el conducto que va á parar al jarro ha de comenzar desde la cubierta de la peana *e*, para que el azogue que cae por el pie izquierdo no pueda entrar por el conducto del pie derecho, sino despues de llenar toda la peana, y haber echado de este modo gran cantidad de agua por el jarro: la tercera es, que los conductos sean muy estrechos, especialmente el cañon del azogue, y el otro á lo menos de la cintura arriba, pues de otro modo será precisa una gran cantidad de azogue para hacerse la esperiencia. He aquí teneis la razon del efecto que tanto admirasteis. Pasemos ahora á tratar de otro punto no menos curioso que los antecedentes.

SILV. — ¿Cuál será este?

TEOD. — De los tubos capilares.

SILV. — Materia hay aquí para disputar y si no me engaño este es otro de los puntos en que discutiremos mas.

TEOD. — Entremos pues en materia.

DIRECCIÓN § VIII.

Sobre los tubos capilares.

EUG. — ¿Decidme antes de todo qué viene á ser esto de *tubos capilares*?

TEOD. — *Tubos capilares se llaman los que tienen diámetro pequeño como un cabello y por esto se llaman capilares.* Se observa, pues, que en los tubos capilares abiertos por los dos extremos, si los metemos á plomo en el agua sube esta por dentro de ellos; y tanto mas sube sobre el nivel cuanto mas estrecho es el vacío del cañutillo. La proposicion es así. *En los tubos capilares sube el agua casi en razon inversa de los diámetros.* V. g. si los diámetros en los tres tubos de la (Fig. 55) ABC son como 4, 2, 4, el agua subirá en ellos á las alturas 4, 2, 4: siendo mayor la altura en el cañutillo mas estrecho, y menor en el que sea mas ancho. Decid á Silvio que os dé la razon de esta esperiencia constante.

SILV. — Este efecto procede del peso del aire, por cuanto el agua de los tubos es mas oprimida del aire que dentro de ellos; y cuanto mas

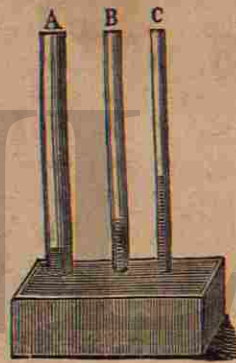


Fig. 55.

estrecho sea el tubo mas obstáculo habrá en la accion del aire, y oprimirá menos al fluido inferior; y como es ley constante de los fluidos que oprimidos en una parte mas que en otra huyen por donde hallan menor opresion, el agua huirá hácia dentro de los tubos, á la manera que se introduce en la jeringuilla, al paso que se levanta el émbolo. Esta es la razon de subir en los tubos, y de subir mas cuando son mas estrechos.

TEOD. — El amor á la verdad pide que confesemos que esta doctrina es falsa, y tenemos esperiencia convincente. Pongamos los tubos capilares dentro del recipiente, y sacado el aire pongamos los tubos sobre el líquido. (Fig. 54.) veremos que sube el agua en ellos del mismo modo que fuera del recipiente: introduzcamos despues el aire y el agua en los tubos, no hará mutacion alguna; luego este efecto no procede del peso del aire. Y á la verdad que el aire pasa con toda libertad por los tubos capilares para oprimir con su peso el fluido interior, pues pasa por agujeritos mucho menores, como lo experimentan los que acostumbran á usar de la máquina pneumática

EUG. — Otra debe ser la causa de este efecto, pues á este experimento no hay réplica

TEOD. — No dudo que sea la atraccion, porque ya visteis que sin mas causa que la atraccion subia el agua por las paredes de cualquier vaso, y atraida por ellas se suspendia mas alto que el nivel: ahora bien, si fuésemos aproximando las paredes interiores del vaso, disminuyendo el hueco que hay entre ellas, el fluido elevado por la una tocará en el fluido elevado por la otra, y se sostendrá en todas las paredes alrededor: esto pues hace un tubo capilar, por tener muy inmediatas las superficies interiores.

Para entender y esplicar bien este punto divida-

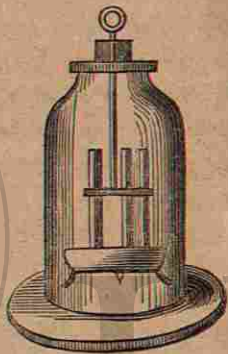


Fig. 54.

mos las columnas de agua elevadas dentro de los cañutillos en varias hojas circulares, tenuisimas y puestas unas sobre otras; lo que dijéremos de una porcion se dirá de las demas y de todas las columnas. Vamos pues á examinar las fuerzas atractivas y las masas que levantan, veremos si concuerda el efecto con la causa. Cuando los diámetros son diversos tambien lo son las circunferencias, y estas tienen entre sí la misma razon que los diámetros: de este modo, comparando el tubo mas estrecho C con el mas ancho A, que tienen los diámetros como 1 y 4, hallaremos que las circunferencias de los tubos son como 1 y 4. Pero quanto mayor es una línea circular, en el vidrio mas partículas hay que puedan atraer el agua; y en este sentido la fuerza atractiva crece á proporcion con la circunferencia del tubo.

No obstante, quanto mayor fuere la altura del agua dentro del tubo, tanto mas partículas de vidrio habrá que toquen en ella y la puedan atraer; debemos pues poner la atencion tambien en la altura y multiplicar la circunferencia por la altura del agua dentro del tubo, para conocer la cantidad de partículas atractivas que hay en él; y como en donde hay mayor circunferencia es menor la altura del agua, y esta altura disminuye en la misma razon en que crece la circunferencia, se compensa una cosa con otra, y en los dos tubos A y C la atraccion del vidrio es igual; porque en el estrecho la circunferencia 1 se multiplica por la altura 4, y en el mas ancho la circunferencia 4 se multiplica por la altura, y así viene á ser lo mismo.

Pero ademas de la atraccion que procede del vidrio tenemos otra que proviene de las particulas de agua ya suspensas y pegadas á él. Arrojemos una salpicadura de agua hácia un espejo, ó cualquier otro vidrio bien seco y á plomo: vemos que la salpicadura se conserva suspensa pegada al vidrio. Aumentemos mas el agua poco á poco con el cabo de una pluma levisimamente mojada, veremos que se va aumentando poco á poco, y aun sin caer haciendo bulto hácia fuera: en este caso las particulas pegadas al vidrio son atraidas por este; estas particulas atraen á otras, y estas á las que salen mas afuera, hasta tanto que el peso de todas sea tal que venga á disolver la union, y caerá casi toda la gota, quedando algunas partes de ella pegadas al vidrio, porque la adhesion del agua al vidrio es mas fuerte que la adhesion de las particulas de agua unas con otras. Esto supuesto, si sacásemos dos pedazos de espejo cada uno con una gota bien gruesa, y juntamos las dos, se pegarian y quedaria el agua péndula suspensa por ambas partes, pero de forma que las particulas del medio se sustentarian en las otras, estas en otras, y las últimas en el vidrio. Por esto, que me parece evidente, digo, que en el tubo capilar las particulas de agua que estan en el centro de estas porciones circulares se deben sostener en las otras inmediatas atraidas por ellas, estas en las siguientes, y las últimas en el vidrio; por consiguiente, si quereis examinar toda la fuerza de la atraccion que hay en los tubos, ademas de lo dicho debeis atender á los radios de cada tubo, esto es, al número de particulas que hay desde el centro

hasta las paredes del tubo, porque todas estas particulas son atraidas por las que ya estan suspensas, y atraen á otras mas distantes. En esta suposicion en el tubo ancho C el radio es, respecto del estrecho A, como 4 á 1: luego las fuerzas atractivas que hasta aquí se hallaban iguales, ahora en el tubo ancho C se hallan mayores que en A en la proporecion de sus radios, ó como 4 á 1.

Calculemos ahora el efecto de esta atraccion, y las columnas de agua elevadas sobre el nivel. En el tubo ancho C la columna tiene una basa diez y seis veces mayor que en A, porque las basas son círculos y estos son como los cuadrados de los diámetros: por consiguiente, si estos estan en la razon de 4 á 4, los círculos ó bases de las columnas estarán en la razon de 4 á 16. Atendamos ahora á la altura de ellas: en el tubo estrecho A la columna tiene la altura de 4, y en el ancho C tiene la altura de 1; multiplicando, pues, bases por alturas, para conocer el valor de las alturas tenemos en A la base 4, multiplicada por la altura 4, que vale 16, y en el ancho C tenemos la base 16 multiplicada por la altura 1, que vale 16; luego estan las masas ó cantidades de agua suspensa en los dos tubos como 4 á 16, lo que viene á ser una quatro tantos de la otra, como lo eran las fuerzas atractivas. ®

Advierto que esta agua no está totalmente suspensa por la atraccion, lo que se prueba sacando el tubo fuera del agua inferior, que luego cae, y cuando mucho queda en el fin una porcion muy pequeña, y tal que el peso no sea bastante para disolver la union de las partes del agua entre sí, como su-

cede cuando mojamos la pluma en el tintero, de modo que la tinta cubra todo el corte, porque retirándola queda como una superficie circular que cubre el hueco de la pluma, y en el medio es mas delgada y trasparente, en la circunferencia mas densa y oscura; así pues sucede en los tubos capilares cuando no son demasiado anchos; cae el agua así que se saca fuera el tubo, y solo queda una porcion tan tenue, que la atracción libró del peso: esta caída del agua tambien prueba que el agua inferior del tubo tambien sostenia parte del peso de las superficies circulares en que dividimos las columnas. Y por esto no se sostiene el agua en toda la altura del tubo; porque si cada superficie ó porcion circular del agua carga en parte en las superficies inferiores, en cargando mucho huye la inferior y baja la columna.

Falta dar la razon de una palabra *casi*, que yo contra todos los físicos añadí á la proposición generalmente recibida. Todos suelen decir que la subida del agua está en razon inversa de los diámetros, y yo dije *casi razon inversa*; la razon de este escrúpulo mio es la experiencia comun y constante de la (Fig. 55, t. I.), vemos que la abertura de los dos vidrios disminuye en razon aritmética de 6, 5, 4, 5, 2, 1; y vemos tambien que el fluido no sube en esta razon, porque si así fuese haria una línea recta, como la *mn* de puntitos que yo hice en la figura: es verdad que esta línea sube en la razon aritmética de 1, 2, 5, 4, 5, 6, y no obstante el fluido hace una línea curva, que sube sensiblemente en la razon de 1, 4, 9, 16, 25, 56, que es la razon inversa de los cua-

drados de las distancias. Queriendo yo conciliar esta experiencia constante con la ley general no pude, y por eso la modifiqué con la palabra *casi*: el que no fuere escrupuloso no use de ella.

SILV. — Ahora falta responder á algunas dificultades que se oponen á esta doctrina. Mr. Jurin hizo varias experiencias, que en este punto merecen atención, y las diré. Tomó un tubo por la parte superior muy estrecho y capilar (Fig. 55.), por la inferior muy ancho de 7 ú 8

líneas mas, como los de un infundíbulo de que nos servimos para llenar los barómetros: metióle en el agua, y le fue le-

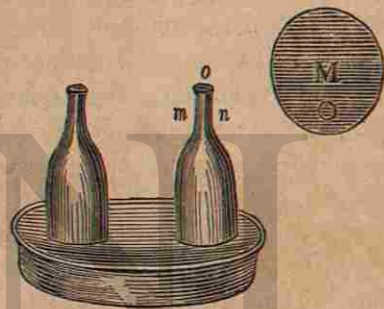


Fig. 55 y 56.

vantando sobre el nivel, y el agua se conservaba suspensa, y quedando todo el infundíbulo lleno de agua.

Quiso ver si esta suspension procedia de la atracción de las partes que hacen la bóveda *mn*, la cual obra directamente contra el peso de agua inferior, y tentó esta experiencia (Fig. 56.): tomó el infundíbulo sin agua, y metiéndole en ella hasta casi tocar en la bóveda *mn*, le puso una gota de agua en el orificio del tubo capilar *o*, y le levantó despues: observó que el agua se suspendia muy superior al

nivel sin que tocase en la parte del vidrio que formaba bóveda para ser atraída por ella. Esto le hizo caer de ánimo para no atribuir á la atraccion la suspension del agua en los tubos capilares.

TEOD. — No obstante, yo hallo que aquí se debe advertir una cosa muy esencial. Si el tal infundíbulo (que ciertamente ni entra en la clase ni en la razon de los tubos capilares por ser demasiado ancho) se conserva lleno de agua en todo ó en parte sobre el nivel, es por estar tapado por arriba, sea con el dedo ó sea con agua, todo hace el mismo efecto. Si tapamos con el dedo el capilar, y levantamos el infundíbulo, vendrá con el agua, que tenia, poca ó mucha; como sucederia con un vaso volcado que tuviese un agujero en el asiento, y le tapásemos bien con el dedo. Aquí todos veian que era el peso del aire que cargaba en el líquido estérno, y no en el interno, el que obraba este efecto, como lo esplicaremos tratando del aire. Pero si en el fondo tuviese un agujero grande ó pequeño, mas tambien tapado, tendremos el mismo efecto y por la misma razon; y si fuere como el del capilar mas delgado de la esperiencia, con sola el agua se podrá tapar tan suficientemente como con el dedo, pues vemos que la proporcion del hueco del agujero ha de ser la resistencia que se opone á la entrada del aire.

Advierto que la presion del aire sobre un agujero, cuando debajo se forma algun vacío, es mucho mas fuerte que cuando debajo de él tenemos el aire en su compresion natural. Cuando yo hago esta esperiencia, tengo dentro del infundíbulo ó del vaso aire en su compresion natural, que resiste á todo

el aire superior, y se equilibra la elasticidad de uno con el peso del otro, y el agua es bastante para hacer cesar la entrada: no obstante, si se hiciere el vacío debajo por medio de la máquina, entonces disminuida la compresion y la elasticidad del aire inferior prevalece el peso del estérno y superior, y el agua no será bastante para hacer que cese la accion del peso que ha de ser vencedora.

Ahora vamos á averiguar el punto principal, y os diré las esperiencias que tengo hechas.

En primer lugar tomé cuatro infundíbulos de vidrio de aquellos con que se suelen llenar los barómetros (instrumentos que sirven para medir la presion del aire), cuyas bases eran de 40 á 42 lineas de diámetro, y los capilares en que terminaban eran muy tenues, bien que unos mas delgados que otros: los llené todos de agua con los capilares hácia abajo, y por dos salia el agua á hilo, por dos solamenté en gotas, por el uno mas lentas que por el otro; y de este modo conocí la diferencia de los diámetros que la vista no podia distinguir.

ETG. — Ingenioso fué el experimento.

TEOD. — Los sumergí sucesivamente á todos cuatro en el agua con los capilares hácia arriba, y vi que en los dos mas estrechos no entraba el agua, porque el aire interno no podia salir por los capilares ya mojados interiormente con la precedente esperiencia, escepto cuando los metia del todo en el agua, porque entonces salia el aire por los capilares con mucha dificultad, formando bombitas mas ó menos tardas, segun eran mas ó menos estrechos capilares. Luego los llené todos cuatro de agua, y volví los ca-

pilares hácia arriba, y ví que los dos mas estrechos, por donde el agua solamente salia en gotas, se secaban casi todos fuera del agua llenos de ella: en los otros dos mas anchos, en saliendo el orificio de los capilares 10 ó 14 líneas, de repente se desprendia el agua del capilar, y quedaba interiormente en el nivel de la exterior.

EUG. — Todo esto me parece muy conducente.

TEOD. — Tomé los dos mas estrechos, y llenándolos en parte de agua, los volqué con la boca hácia abajo sumergiéndolos en ella, dejando no obstante defuera los capilares y buena parte de la bóveda que hacía el infundíbulo; y tapando con el dedo seco los capilares, retirando despues los infundíbulos hácia arriba, el agua interior subia mucho mas al nivel, como sucede en cualquier otro vaso tapado por arriba. En seguida, en vez de tapar con el dedo seco los capilares, toqué con el dedo mojado, y ví que inmediatamente se llenaban de agua 6 ó 7 líneas del capilar; y que retirando despues mansamente el infundíbulo, subia con él el agua interior, y quedaba mucho mas arriba del nivel, como si el capilar estuviese tapado con el dedo, con haber grande intervalo entre el agua del grueso del infundíbulo y el capilar tapado con agua. Mas hice aun: saqué estos dos infundíbulos del agua, y volcando los capilares hácia abajo y arriba, el agua se conservaba en ellos por 11 y 12 líneas sin caer estando en el aire libre. Despues sacudí con fuerza los infundíbulos, y cayó alguna agua; pero siempre quedaba parte dentro, y solo soplando con fuerza

los vaciaba del todo. De estas esperiencias infero lo siguiente.

1º Que si la adhesion del agua al vidrio es tan fuerte en estos capilares, que ni sacudiendo el capilar con fuerza suelta el agua interna, y por eso puede tapar los capilares, de modo que la causa de la suspension del agua en los infundíbulos que terminan en capilares sea el estar tapado el capilar, esto basta para que el aire no entre á pesar sobre el agua interna, así como pesa sobre el agua esterna.

2º Que si el capilar no es tan estrecho, ya la adhesion del agua interna no es tan fuerte que pueda resistir al peso del aire, el cual crece conforme al cuadrado del diámetro interno del capilar, y por eso entra el aire, y el agua interna cae.

3º Que quanto se dice del infundíbulo que se conserva lleno, se dice tambien de aquel que se conserva mediado de agua, y va subiendo, porque la razon de estar vedada la comunicacion del aire esterno es la misma.

4º Que no es el anillo de la suprema superficie interna del capilar la causa de la suspension del agua, como quiere Mr. Jurin; ni el anillo ínfimo de la superficie interna del capilar es la causa de la suspension de los fluidos en los capilares y en los infundíbulos, como da á entender Mr. Clairaut, sino la que he dicho de la adhesion del agua al vidrio en los capilares, como tambien la de las particulas de agua unas á otras.

De lo dicho se infiere que en los cuerpos esponjosos, como son la verdadera esponja, el azucar en terrones, las torcidas mojadas y otros semejantes, el

licor ha de subir sobre el nivel, porque sus poros son tubos capilares tortuosos ó retorcidos, que no por eso pierden la virtud de atraer los fluidos, antes la aumentan, porque las columnas del fluido cuanto mas torcidas y retorcidas mas descansan en las partes sólidas, y menos peligro tienen de caer.

EUG. — Yo estoy enteramente persuadido que es la atracción la causa que hace subir los líquidos por los tubos capilares.

SILV. — Enhorabuena, y puesto que yo no hago mas oposicion, id adelante.

TEOD. — Si no estais cansado, Eugenio, acabaremos esta tarde todo lo que hay que decir sobre los líquidos.

EUG. — En cuanto á mí, Teodosio, se me pasaria la noche sin que lo advirtiese. Acaso sea Silvio el que desee poner fin á la conferencia.

SILV. — Apuradamente hoy no tengo nada que hacer, y como por otra parte no puede faltar mucho, ya puede si quiere Teodosio acabar con los líquidos esta tarde.

TEOD. — Vamos pues á ello.

§ IX.

Trátase del movimiento de los líquidos, de la refraccion que sufre en ellos el paso de los sólidos y del roce que experimentan unos y otros.

EUG. — ¿Que vais á hacer con esta cubeta llena de agua? ¿por que soltais el líquido?

TEOD. — Mirad como se marcha el agua, bajándose su superficie horizontalmente: observad ahora, á medida que el líquido se acaba, como se forma en el centro una depresion encima de la abertura figurando una especie de embudo (Fig. 57).

EUG. — Lo que es el hecho para mí no es nuevo: siempre he visto lo mismo, en los embudos ya lo hace desde el principio, en los molinos de agua y en las rebezas: pero no sabia ni sé la causa, bien que ya casi la columbro,

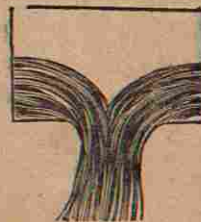


Fig. 57.

TEOD. — En todos estos casos el agua forma este hundimiento, porque va agitada, y tanto mas pronto cuanto mas circular es el movimiento que se le da y única la forma del vaso ó local que contenga el líquido. La razon es que las moléculas del agua que bajan en líneas verticales hasta la abertura por donde escapan, deben de estar animadas de mayor velocidad que las que llegan por direcciones oblicuas; de suerte que el líquido ha de faltar encima de la abertura cuando hay todavía en las partes laterales. El movimiento circular produce el mismo efecto, porque las partículas líquidas adquieren una fuerza centrífuga que las aleja de la línea vertical. Si el orificio fuese lateral, no se formaria embudo; pero no dejaria de advertirse un hundimiento tanto mas considerable cuanto mas rápido fuese el derramamiento.

EUG. — Yo me figuraba que habia de ser una co-

licor ha de subir sobre el nivel, porque sus poros son tubos capilares tortuosos ó retorcidos, que no por eso pierden la virtud de atraer los fluidos, antes la aumentan, porque las columnas del fluido cuanto mas torcidas y retorcidas mas descansan en las partes sólidas, y menos peligro tienen de caer.

EUG. — Yo estoy enteramente persuadido que es la atracción la causa que hace subir los líquidos por los tubos capilares.

SILV. — Enhorabuena, y puesto que yo no hago mas oposicion, id adelante.

TEOD. — Si no estais cansado, Eugenio, acabaremos esta tarde todo lo que hay que decir sobre los líquidos.

EUG. — En cuanto á mí, Teodosio, se me pasaria la noche sin que lo advirtiese. Acaso sea Silvio el que desee poner fin á la conferencia.

SILV. — Apuradamente hoy no tengo nada que hacer, y como por otra parte no puede faltar mucho, ya puede si quiere Teodosio acabar con los líquidos esta tarde.

TEOD. — Vamos pues á ello.

§ IX.

Trátase del movimiento de los líquidos, de la refraccion que sufre en ellos el paso de los sólidos y del roce que experimentan unos y otros.

EUG. — ¿Que vais á hacer con esta cubeta llena de agua? ¿por que soltais el líquido?

TEOD. — Mirad como se marcha el agua, bajándose su superficie horizontalmente: observad ahora, á medida que el líquido se acaba, como se forma en el centro una depresion encima de la abertura figurando una especie de embudo (Fig. 57).

EUG. — Lo que es el hecho para mí no es nuevo: siempre he visto lo mismo, en los embudos ya lo hace desde el principio, en los molinos de agua y en las rebezas: pero no sabia ni sé la causa, bien que ya casi la columbro,

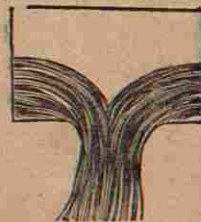


Fig. 57.

TEOD. — En todos estos casos el agua forma este hundimiento, porque va agitada, y tanto mas pronto cuanto mas circular es el movimiento que se le da y única la forma del vaso ó local que contenga el líquido. La razon es que las moléculas del agua que bajan en líneas verticales hasta la abertura por donde escapan, deben de estar animadas de mayor velocidad que las que llegan por direcciones oblicuas; de suerte que el líquido ha de faltar encima de la abertura cuando hay todavía en las partes laterales. El movimiento circular produce el mismo efecto, porque las partículas líquidas adquieren una fuerza centrífuga que las aleja de la línea vertical. Si el orificio fuese lateral, no se formaria embudo; pero no dejaria de advertirse un hundimiento tanto mas considerable cuanto mas rápido fuese el derramamiento.

EUG. — Yo me figuraba que habia de ser una co-

sa por este estilo, pero ahora tengo una idea mas clara y mas completa.

TEOD. — Vamos á ver si esplicais los fenómenos siguientes. Abro esta cuba al lado y sale una columna de líquido que llamaré *vena fluida* como la llaman los físicos, veis que tiene la forma cilíndrica y describe una parábola. ¿Por que todo esto?

EUG. — El agua sale por la presión que ejerce el líquido hácia los lados; tiene la figura cilíndrica porque es circular el agujero por donde sale; y describe una parábola porque las moléculas estan animadas de una fuerza que tiende á hacerles seguir la línea horizontal, y de otra que es la gravedad que tiende á hacerlas marchar hácia abajo, la curva que describe es la resultante de estas dos fuerzas.

TEOD. — Muy bien: con esto se conoce que aprovechais de mis lecciones: vamos adelante. Hasta ahora la cuba ha estado en reposo; ahora la agito, y hete que la columna se presenta torcida: ¿cual es la causa de esto?

EUG. — Agitando la cuba, dais un movimiento circular al líquido, y este movimiento forma la espiral de la columna.

TEOD. — Cabalmente: ahora alzo por debajo: ¿veis la vena fluida formar un embudo?

EUG. — Lo erraría esta vez: no sé.

TEOD. — Es que el agua se acaba, y agitada como está, forma embudo al interior y al salir ha de formar otro opuesto. Pero se nos ha escapado una circunstancia notable, Eugenio, y es que el diámetro de la vena fluida disminuye á una distancia de la mitad del diámetro de la abertura, y esta dismi-

nucion que llaman *contraccion* de la vena líquida es constantemente tal que el volumen de la vena se reduce á, 0, 62 de su volumen primitivo, cualquiera que sea por otra parte el diámetro de la abertura, ó la altura del arca, ó vaso que contiene el líquido. Abramos estotra cuba por debajo: mirad como disminuye rápidamente su diámetro: tapo abajo y abro á un lado: ved como no disminuye el volumen con tanta prisa. Ahora voy á hacer que se escape el agua hácia arriba y abro este especie de surtidor que tengo aquí. Mirad como la vena fluida se engruesa progresivamente en vez de disminuir. Por último, en todos los casos podeis ver que la vena fluida se rompe y se dispersa. ¿Podriais explicarme todos estos efectos?

EUG. — Si lo meditare un poco, probablemente hallaria la causa y ya me parece que la entreveo; mas tened la bondad de esponerla vos.

TEOD. — La misma causa que preside á lo del embudo que forma el agua, cuando acaba, ó está agitada, esplica la contraccion de la vena fluida. Las moléculas del centro marchan al principio mas de prisa que las de la circunferencia, y por lo tanto el volumen debe disminuir. Si sale una columna de soldados del cuartel á cuatro de fondo, y al abandonar la puerta los dos del centro marchan á paso redoblado mientras que los de los lados á paso regular, vereis el fondo de la columna disminuido.

EUG. — A propósito es el ejemplo: está entendido; pasad adelante.

TEOD. — Mas si luego de haber pasado la puerta y á alguna distancia marchan todos los soldados al

mismo paso; la columna tendrá el mismo fondo en todas partes y solo variará por los obstáculos, ó influencias que halle en el camino. Lo mismo sucede con la vena fluida, pues luego se reparte el movimiento, y solo varia la columna influida por otras fuerzas. Cuando la vena fluida cae verticalmente va de prisa, porque su movimiento es acelerado, y á mas la presión del líquido es otra fuerza que obra en sentido de la gravedad. Cuando se escapa horizontalmente se halla en el caso de un proyectil lanzado, y sigue sus leyes: cuando escapa hácia arriba, su movimiento es uniformemente retardado: de aquí su grueso progresivo. El romperse y dispersarse al fin es porque el aire resiste á su paso y la divide como dividen los guijarros la corriente de un arroyuelo.

EUG. — Bastan estas indicaciones, ahora lo veo claramente; mas decidme, Teodosio. ¿Por que cuando se abre la canilla de un tonel, el vino, ó lo que sea sale al principio menos rápido que luego despues?

TEOD. — Cuando el líquido está quieto y sus capas permanecen horizontales, bajando paralelamente, en tanto que el líquido se derrama, debe considerarse como un sólido que cae libremente, desde el nivel, en que estaba, hasta el nivel de la abertura; y como ya sabeis que un cuerpo movido lleva una velocidad final capaz de hacerle recorrer, en tiempo igual, un espacio doble, el líquido que se escapa del tonel ha de salir con esta velocidad. Ahora bien: cuando abris la canilla del tonel esta velocidad es sumamente poca, por esto el chorro sale con poca fuerza; mas como este movimiento

es el efecto de una fuerza aceleratriz, la cual al principio era casi nada, al cabo de algun tiempo va el chorro saliendo con la rapidéz que habeis muy bien observado.

EUG. — Teneis razon, el fenómeno queda debidamente explicado. Segun esto las velocidades de dos venas líquidas hechas una encima de la otra no serán iguales, y deberán ser proporcionales á la altura del nivel del líquido que se escapa?

TEOD. — Alto ahí, Eugenio, no habeis de guiaros por la presión, es segun parece, por lo que ibais á decir, pues no es lo mismo una simple presión que un movimiento efectivo. Si practicais dos aberturas, á alturas diferentes, debajo del nivel del depósito, las velocidades de las columnas líquidas estarán en razon de las raíces cuadradas de las alturas; puesto que las velocidades de un cuerpo en libre descenso estarian en esta proporción. Así, cuando la altura del nivel encima de la abertura es cuádruplo, la velocidad del derramamiento es tan solo doble. Voy á daros un medio facil de saber cuanto líquido sale de una fuente en un tiempo dado.

EUG. — Me gustará saberlo, vamos á ello.

TEOD. — El agua que sale por el cañon de una fuente puede considerarse como un cilindro sólido, cuya base está en la abertura del cañon y cuya altura queda representada por el espacio que en un dado tiempo recorre el líquido: multiplicad la superficie de la abertura por la velocidad del líquido, y teneis calculada la cantidad de agua que sale. Pongamos un ejemplo para mayor claridad. Supongamos un depósito que tenga quince pies de alto y

la abertura cuatro milímetros cuadrados; multiplicando 4 milímetros por 15 pies, ó 4 metros, 9 decímetros tendreis 59,200 milímetros cubos de agua derramada en un segundo: de lo cual se deduce que bajo presiones iguales, las cantidades de agua, derramada estan en razon de la superficie de los orificios; de modo que una abertura de dos milímetros de diámetro deja cuatro veces mas agua que la abertura de un milímetro.

EUG. — Si esto se verifica como decís en efecto no hay nada mas sencillo. Y para saber cuanto movimiento puede comunicar una vena fluida, ¿cómo he de gobernarme; pues esto ha de ser bueno para mover máquinas con el agua?

TEOD. — Os lo voy á decir. El movimiento que una vena líquida puede imprimir á otros cuerpos es proporcional á la masa multiplicada por la velocidad, mas la misma masa es ya proporcional á esta; así la fuerza motriz es como el cuadrado de la velocidad; pero como la velocidad está en razon de la raíz cuadrada de la altura del depósito, resulta que la fuerza motriz de una vena líquida está directa y simplemente en razon proporcional á dicha altura. Procurad pues saber cual es la masa y velocidad del líquido, segun ya os llevo indicado; examinad la resistencia del cuerpo ó máquina que querais mover, y proporcionad estas dos cosas segun el efecto que pretendéis conseguir.

EUG. — Ya que me habeis dado medios de saber cuanta cantidad de agua mana de una fuente en un dado tiempo, quisiera tener noticia de alguno

para saber cuanta pasa por un rio, una acequia, etc.

TEOD. — Para este objeto medís el corte vertical de la masa de agua en cualquier punto, y multiplicais la superficie de este corte por la velocidad de la corriente. Por lo que toca á la velocidad, la determinais siguiendo desde la orilla un cuerpo flotante colocado en medio de la corriente. Mas tened en cuenta el roce que experimenta el agua con las orillas y el fondo, y el de su superficie con el aire: el movimiento de las moléculas que sufren este roce se retarda, y ellas retardan á su vez el de las vecinas, de suerte que el máximo de movimiento solo se halla en el centro de la corriente á algunos centímetros de profundidad. Contad con que el término medio de la velocidad de la masa es cerca de unos $\frac{4}{5}$ de este máximo, y procedereis de una manera cabal, pudiendo por ende saber cuanta agua pasa por un rio, ó una acequia. Y ya que habeis querido saber como se hace para indagar la fuerza de una corriente para mover máquinas, cuando querais aumentar esta fuerza precisad á la masa que pase por un cauce mas estrecho, ó que baje por un plano inclinado, en cuyos casos disminuirá de volumen y aumentará su velocidad.

EUG. — Esta será la razon porque se ponen esas barras junto á los molinos. Ya que estamos en esto, y disimulad si soy imperlinente, explicadme el mecanismo de los surtidores, y como se puede hacer subir el agua en donde uno quiere.

TEOD. — Cuando hablamos del equilibrio de los líquidos ya pudisteis entreverlo; como sea acordaos

de que hemos dicho poco hace que un líquido mana al través de una abertura practicada en un depósito, siguiendo las leyes de un sólido en descenso libre, desde el nivel del depósito hasta el de la abertura. Si adaptamos á esta abertura un tubo encorvado, de suerte que su orificio se halle arriba y se levante tanto el tubo como el depósito, el líquido que saldrá por esta abertura deberá elevarse segun las leyes conocidas hasta el nivel del depósito.

EUG. — Así me parece viene á ser la oscilacion de un péndulo.

TEOD. — Pues no sucede así: no porque las leyes falten, sino porque hay otras que las contrastan. En primer lugar hay el roce del líquido con las paredes del tubo y la estrechez de la misma abertura; en segundo lugar hay el aire que resiste al líquido en tanto que este avanza; en tercer lugar las partículas del mismo líquido que llegando cerca del orificio vuelven á caer por el tubo y chocan con las que van subiendo. La suma de estas resistencias produce una diferencia notable en la altura á que se eleva el agua por el tubo, y esta diferencia puede ser varia segun sean las circunstancias. En general puede decirse que es tanto mas considerable, cuanto mayor es la velocidad y la elevacion que quiere darse al chorro del surtidor. Voy á daros reglas para producir chorros á determinadas alturas. Si quereis que un surtidor suba cinco pies: haced bajar el agua de un depósito que tenga cinco pies y una pulgada de altura; si quereis un chorro de cien pies, necesitareis un depósito de 100 pies y 400 pulgadas, y os digo 400 pulgadas para que veais mas

clara la diferencia, así veis, que en el primer caso, la diferencia es tan solo un $\frac{1}{10}$, y en el segundo es cerca de una tercera parte. Concebiréis esta diferencia sabiendo que los roces parecen crecer como el cuadrado de las velocidades; diciendo lo mismo del aire. Si quereis disminuir estos obstáculos haced los tubos mas anchos que la abertura del depósito, é inclinadlos un poco; y hay quien introduce en la ajustadura del tubo una corriente de aire que divide en varias la columna de agua y la hace subir mas alto que el nivel del depósito.

EUG. — Yo he oido decir mas de una vez que para tocar un objeto metido dentro del agua con un tiro de bala, es preciso apuntar mas bajo de donde está el objeto. Si esto es verdad, y pertenece aquí decir la razon, quisiera que me la dieseis.

TEOD. — Nada mas cierto y nada mas facil de explicar. Si echais verticalmente en el agua un cuerpo mas pesado que ella, sigue este cuerpo su direccion, se hunde, y solo sufre en su camino el retardo que el roce hace sufrir á su movimiento: mas si este cuerpo va hácia el líquido con direccion obliqua como en esta figura que os trazo (Fig. 58) su direccion se muda en el punto del contacto; experimenta un desvio que se llama refraccion, que le aleja de la perpendicular, en razon del seno del ángulo

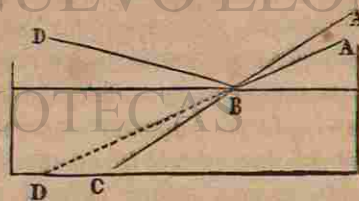


Fig. 58.

de incidencia; de suerte que el cuerpo, llegando por la direccion AB, en vez de herir el fondo del líquido en el punto C irá á herir el punto D si la oblicuidad de la incidencia es tal que el ángulo que hace con la superficie sea mas pequeño que el ángulo de refraccion, en la direccion AB; por ejemplo el cuerpo no penetrará en el interior del líquido, será reflejado en la superficie como si hubiere herido un cuerpo sólido, y se irá por la direccion BD, veámoslo con un ejemplo vulgar. Si de un cañon de artillería se despidiere una bala que dé en el agua por una linea muy oblicua y rastrera, reflectirá hácia arriba despues que diere en el agua, lo mismo que si despidiéremos con fuerza una bola por el suelo adelante, y hallare en el fin un plano inclinado á manera de cuesta, aunque sea de tierra mojada y blanda, ha de subir la bola por esta cuesta arriba, y dar un salto por el aire si fuere con fuerza.

ERG. — Eso se observa en el juego de bolos muchas veces.

TEOD. — La razon de este efecto se deduce de lo que queda dicho acerca de la continuacion del movimiento. Cuando la bola llega á la tal subida de tierra blanda puede hacer dos cosas, ó seguir la linea derecha y meterse por la tierra adentro, ó apartarse un poco de la linea recta y subir por el plano inclinado. Supuesta la gran velocidad que lleva la bola le es mas facil mudar camino que entrar por la tierra adentro; porque introduciéndose en la tierra halla mucha mayor resistencia que subiendo por encima de ella.

SILV. — En eso no os canseis, porque me parece cierto.

TEOD. — Supuesta esta doctrina, es clara la razon de la esperiencia de la bala. Cuando la bala da en el agua hace una concavidad que consta de dos planos inclinados ó dos cuestas (dejadme explicar asi), una sube hácia delante, otra hácia atras: la bala va despedida con una gran fuerza, y sube por esta cuesta que le queda delante, dando un salto como la bola de que hablé; y este salto por el aire es lo que parece reflexion.

SILV. — Eso no es verosimil: ¿quereis hacer una cuesta de agua? Yendo la bola con tanta fuerza, ¿por qué no ha de romper el agua y seguir su camino?

TEOD. — Porque en eso halla mucha mayor resistencia que en subir por esa cuesta arriba. Si con la punta del baston hiriéreis con fuerza el agua muy horizontalmente, habeis de conocer la grandísima resistencia que hace el agua; y tanto mayor resistencia quanto mayor fuere la velocidad con que movais el baston; y es cosa cierta que un movil se mueve por el camino en que halla menor resistencia; como tambien es cosa sentada que quanto mayor es la velocidad de un movil, tanto mayor es la resistencia que le hace cualquier medio: esplicaréme con una comparacion. Si un hombre quisiere ir despacio por una calle en donde hay concurso de gentes y carruajes, tiene algun embarazo en ello; pero si quiere ir de priesa tiene mucho mayor embarazo, y quanto mas de priesa quiere ir mayor embarazo tiene. Asi en nuestro caso: la bola moviéndose des-

pacio poco embarazo tendrá en romper el agua ; pero (dejadme decir así) si quiere ir con una velocidad cuasi infinita , tiene grandísimo embarazo en la division del agua ; y así mas facil le es subir por la cuesta arriba , y como lleva mucha fuerza necesariamente ha de dar un salto.

SILV. — Esa razon , si vale , es para todos los casos , sea que la bala vaya muy rastrera , ó sea que llevé mayor inclinacion ; y nosotros vemos que si la bala no fuese rastrera , se introduce por el agua adentro.

TEOD. — Os engañais : todas las veces que la línea de la direccion de la bala quedare perpendicular ó cuasi perpendicular á la superficie del agua , necesariamente la ha de romper ; porque entonces es preciso que la bala fuerza mucho el camino para no entrar por el agua adentro ; y cuanto mas torciere el camino , mayor resistencia ha de sentir en ello. Supuesto esto , si la bala no va muy rastrera , como de la parte de allá hace en la superficie del agua una cuesta , sucede que la línea de la direccion de la bala queda perpendicular á esa cuesta frontera , y así ha de romperla. Lo mismo tenemos en el ejemplo de la bola que propuse : si la bola viniere despedida por el suelo , subirá por la cuesta de tierra blanda ; pero si tiráreis la bola por una línea que quede cuasi perpendicular al tal plano inclinado , hará una concavidad grande y quedará enterrada , ó por lo menos no correrá por el plano arriba. Confirmase esto con otra esperiencia bien vulgar. Cuando los muchachos tiran con guijarrillos al agua para hacerles dar saltos en su superficie , sucede muchas

veces que en el primer golpe entran por el agua , y observareis esto : que cuando tiran con algunos pedazos de jarro quebrado , si la parte convexa , ó lo que llaman vientre , va hácia abajo , reflecte mucho mejor que si va con la parte convexa hácia arriba ; y la razon creo que es esta : cuando el guijarrillo ó pedazo de jarro dando en el agua hace concavidad , de suerte que la superficie del agua forme como un plano inclinado que suba hácia delante , entonces salta el guijarrillo ; pero si el guijarrillo ó pedazo de barro cuando hizo la concavidad metió la esquina anterior ó la orilla debajo del agua , no puede reflectir , porque ya no hay plano inclinado por donde suba. Por tanto , yendo á dar la regla para cuando la bala ha de entrar hácia abajo ó subir hácia arriba , advierto que cuando la bala da el golpe queda parte de su superficie dentro del agua y parte fuera ; digo ahora que si la línea de la direccion de la bala (que es la que pasa por su centro hasta la superficie de adelante) , si esta línea va á salir á la superficie de la bala que queda debajo del agua , entra la bala hácia abajo , porque ya esa línea queda perpendicular á la concavidad ó plano inclinado⁴ ; pero si la tal línea de direccion va á salir en la superficie de la bala que queda fuera del agua , resbala la bala hácia arriba , porque no encuentra superficie á que sea perpendicular , sino superficie oblicua ó plano

⁴ El diámetro de la esfera ó la línea de la direccion de la bala de que es parte este diámetro , siempre es perpendicular á la tangente tirada del punto en que se termina ; luego tambien es perpendicular á la superficie de la esfera ; y tambien á la superficie concava que rodea la esfera.

inclinado¹; y como va con mucha fuerza, da el salto hácia el aire. Por eso sucede á veces que una bala grande reflecte yendo por una línea, por la cual yendo otra bala mas pequeña no reflecte. He aquí como yo esplico este efecto.

EUG. — A mí me parece este discurso conforme á razon; ¿y á vos que os parece, Silvio?

SILV. — Yo no acostumbro formar juicio precipitadamente; no deja de tener esto algunas dificultades, que me es necesario ponderar con mas sosiego: podemos pasar á otra materia. Y á mí, Teodosio, me parecia mas acertado ir á continuar nuestra conversacion dentro de casa, porque corre mucho aire.

TEOD. — Con igual voluntad os he de dar gusto en cualquier parte; vamos á nuestro gabinete.

EUG. — Hábeis dicho que el roce con el líquido hace perder movimiento al sólido que en él se mueve: estendeos sobre el particular.

TEOD. — Este roce y la pérdida de movimiento que acarrea tiene tambien sus leyes que voy á esponeros acto continuo.

4^a. *La resistencia del medio es á proporcion de su viscosidad.*

La razon es, porque el movil no puede atrave-

¹ Cuando el diámetro que es parte de la línea de direccion se termina en la superficie de la bala que queda fuera del agua, se sigue que las líneas paralelas á estas, que se terminan en la superficie que está dentro del agua, todas son cuerdas, las cuales nunca son perpendiculares á la superficie de la esfera, sino siempre oblicuas; luego las partes que incurren contra la superficie concava del agua, todas dan en esa superficie oblicuamente, y por eso no penetran el agua, sino que resbalan por esa superficie arriba.

sar por cualquier fluido que sea sin dividirle; pero cuanto mas cueste el dividirle mas resistencia opone al movimiento. La viscosidad, pues, de un fluido hace que sus partículas se peguen entre sí con mas tenacidad, y por eso cuesta mas el dividir las.

EUG. — No me chocha esta ley.

2^a. *La renuncia del medio es á proporcion de su densidad.*

Tambien es facil dar la razon de esta ley, porque ya os previne que el movil no podia atravesar fluido alguno sin poner en movimiento alguna parte de este, la que debe ceder el lugar por donde va pasando, y cuanto mas denso fuere el fluido mas partículas de materia quieta se habrán de desacomodar. Pero es muy claro que pues hay resistencia de inercia en todo cuerpo quieto, cuanto mas materia haya de ponerse en movimiento y desacomodarse para el paso del movil, será mayor su resistencia; y así debemos tener por ley que la densidad del medio hace mayor la resistencia.

EUG. — ¿Esto se confirma con la esperiencia?

TEOD. — Sí: pongamos un péndulo en una vara de hierro ó cualquier materia que no se doble; si la bola ó lantejilla que hace las oscilaciones unas veces se mueve por el aire, otras por el agua, que es 700 veces mas densa que el aire, ó poco mas, hallaremos que hace 700 veces menos oscilaciones en el agua que en el aire; luego la resistencia del medio sigue la densidad de este.

3^a. *La resistencia del medio sigue la razon de la*

superficie del sólido móvil, principalmente por la parte que divide al fluido.

La razon es, porque al pasar el cuerpo sólido por entre el fluido es preciso que las partículas de este rocen por la superficie del sólido y entren en sus cavidades, lo que siempre retarda el movimiento; pero cuanto mayor fuere la superficie mayor debe ser el roce, como luego diremos. De aquí proviene que una libra de plomo dividida en granos no va tan lejos como una bala de á libra, aunque se arroje con la misma pólvora, porque todas las superficies de los granos menudos suman mucho mas que la de la bala grande. Ademas de la geometría nos lo manifiesta la esperiencia cotidiana. Tómese una naranja, su superficie, cuando entera, es la cáscara; pero pártase por el medio, ya parecen dos superficies chatas que no tienen cáscara: divídanse en cuartos, medios cuartos, cada vez va el cuchillo haciendo nuevas superficies, que esceden á la de la cáscara; luego cuando un globo se divide van creciendo á proporcion las superficies.

Dije que se debe atender en especial á la parte que divide al fluido, porque hay en los sólidos unas figuras mas propias que otras para dividirlos; y por esto tienen los navíos la proa mas aguda que la popa para dividir el agua con mas facilidad.

De lo dicho se colige, que de muchos modos resiste el medio al paso del sólido, y que no es facil calcular exactamente esta resistencia.

En vista de lo que os llevo dicho sobre la refraccion, siempre que querais matar algun animal dentro del agua, apuntad mucho mas bajo de lo que vues-

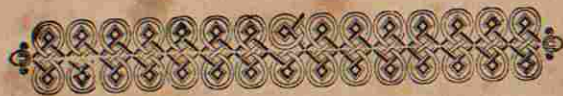
tro blanco se os presentare. Todavía podria deciros algo relativo á los líquidos, mas es ya muy tarde; hoy con motivo de la poca prisa de Silvio nos hemos estendido mas, y es hora de que pongamos fin á la conferencia.

EUG. — Razon teneis de hacerlo porque hoy os he dado mucho que hacer con tanta pregunta; pero me voy contentísimo porque me habeis enseñado cosas sumamente curiosas.

SILV. — ¿Con que nos vamos, Eugenio?

EUG. — Sí; os acompaño: hasta mañana, Teodosio; y tenedme preparado una leccion como hoy.

TEOD. — Id con Dios, y volved, que yo os prometo una tarde mas agradable.



TARDE SESTA.

APLICANSE LAS CONSIDERACIONES GENERALES DE LA
MATERIA A LOS FLUIDOS ELASTICOS.



§ I.

Trátase de las propiedades generales de los fluidos elásticos, de su peso,
de su adhesión y cohesión.

EUG. — Hoy Teodosio, no está el tiempo á propósito para el paseo; forzosamente ha de ser en casa nuestra recreacion.

TEOD. — Aunque el tiempo permitiese el paseo, la materia que hemos de tratar nos obligaria á quedar en casa, porque tenemos que hacer muchos experimentos y muy curiosos; aquí voy preparando los instrumentos precisos para ellos, mientras no viene nuestro amigo.

EUG. — No acabo de admirarme viendo la multitud de cosas que aquí teneis. Veo aquí huevos, agua de jabon, pesas arrugadas y escopetas de una hechura extraordinaria, balanzas, frasquitos, azogue,

vejigas y otras muchas cosas. Ya veo que tenemos tarde divertida.

SILV. — Para vos todas lo han sido hasta ahora.

EUG. — Seais bien venido, doctor, como estábamos entretenidos con estos instrumentos, ninguno de los dos os ha oido llegar, y hablando la verdad no os esperábamos tan temprano.

TEOD. — Me alegro que vengais á esta hora, porque me parece que ha de durar mucho tiempo la conferencia.

SILV. — Supuesto esto no perdamos tiempo: vámonos sentando; sepamos primeramente cual ha de ser la materia de la conversacion.

TEOD. — Vamos hoy á hacer aplicaciones de las nociones generales de la materia, á los cuerpos gaseosos y en especial al aire. Estos cuerpos se diferencian de los que hemos examinado hasta ahora en que parece que sus moléculas no tienen ninguna atraccion reciproca, ó que no gozan de ninguna cohesion; en que son estas eminentemente movibles entre sí, como las de los líquidos, y estan animadas de una como fuerza de repulsion, que tiende sin cesar á separarlas unas de las otras, y produce en ellas una compresibilidad y elasticidad perfectas y sin limites. Las llaman *aeriformes* á causa de su semejanza con el aire, el mas abundante y notable de todos; ó bien fluidos *elásticos* á causa de ser la elasticidad una de sus propiedades mas descollantes. Acordaos que los hay permanentes, como os dije, hablando de las diferencias de los cuerpos, los cuales se conservan tales cuales son, cualquiera que sea el conjunto de circunstancias en que se hallan, y otros

dichos vapores que solo lo son durante la influencia de las causas que les han dado su existencia. El aire es permanente, porque en paises cálidos, frios, altos, bajos, libre, ó violentado, siempre es gas; nadie hasta aquí ha podido hacer de él un líquido siquiera: otros hay que se hallan en la misma categoría, bien que á decir verdad pueden reducirse á líquidos y hasta sólidos algunos, por medio de fuertes presiones y un gran frío. Mas como no se consigue esto sino á beneficio de grandes esfuerzos, seguiremos adoptando la division establecida. Por ahora no nos ocuparemos sino en los permanentes, y como á escepcion de su peso específico todo lo que se diga físicamente de uno, se pueda aplicar á todos, tomaremos el aire por tipo; ya porque es mas abundante y está mas á nuestro alcance para todos los experimentos, ya porque es el mas conocido, y el que en efecto nos importa mas conocer. Aun mucho menos que los líquidos, los gases ó fluidos elásticos no tienen figura propia ni estension determinada: libres, sin ningun obstáculo, sus moléculas se marcharian hácia todos lados en virtud de su fuerza de repulsion: contenidos dentro de un vaso, se adaptan á su figura y se limitan á su estension; de tal suerte que si el vaso tiene cavidad como uno, lo llenan enteramente; abrid en este vaso una comunicacion con otro de cavidad, como cuatro; el gas llenará los dos vasos: ábrase comunicacion con otro y otro, el gas los llenará todos, sin aumentar su cantidad material. De esta disposicion podeis ya deducir claramente cual ha de ser la porosidad de los gases; teneis en las manos una vejiga llena de aire

la comprimis y reducís á muy poco volumen; la soltais y la vejiga recobra su volumen primitivo: el aire contenido en su interior se ha reducido con la presion á menor volumen; sus moléculas se han aproximado; cesando la presion ha recobrado su volumen primitivo: ó lo que es lo mismo sus moléculas se han separado para guardar las distancias en que se hallaban antes de la presion: síguese de aquí que su porosidad no puede ser mas evidente, semejándolos bajo este aspecto á los sólidos que llamamos por escelencia porosos. Igualmente clara resulta de lo dicho la movilidad de los fluidos elásticos; movilidad superior á la de los líquidos, por cuanto es menos todavía el lazo que agrega sus moléculas. ¿Y qué diremos de la divisibilidad? ni este nombre merece la de los gases, pues que ellos son la expresion, por decirlo así, de esta propiedad de la materia, su mismo estado es la separacion de sus últimas partículas no reunidas ya por ningun lazo. Con todo podreis concebirla claramente, figurándoos una burbuja de aire, que se introduce en una grande capacidad perfectamente vacía, donde se estiende para ocupar todo su espacio, y si se ensancha la capacidad, como ya os he dicho, se divide mas la burbuja para ocupar aun el espacio dilatado.

EUG. — Son tan evidentes estas propiedades generales de la materia, en los gases, que no debeis deteneros en ellas, así pasad adelante.

TEOD. — Acaso no lo sea tanto á primera vista para vos la impenetrabilidad.

EUG. — En efecto, el aire habeis dicho que es un

gas yo creo que el aire nos rodea en gran cantidad.

TEOD. — Estamos inundados de aire, como los peces, de agua, y os digo de antemano que el aire, fluido elástico y permanente, envuelve la superficie del globo terrestre de todos lados, formando lo que se llama la *atmósfera*, la cual viene á ser como os he indicado, un mar de aire, que cubre á mucha altura mares, tierras y montañas, y nos movemos, por este océano invisible, como los peces por el de agua. Pero ya os hablaré de esto en otra parte.

EUG. — Pues bien, si nos hallamos en este mar que llamais *atmósfera*, y el aire es impenetrable, como podemos hacer los movimientos que practicamos.

TEOD. — Del mismo modo que los hacemos entre los sólidos y líquidos, dislocando una porción de dicho aire igual al volumen del cuerpo que movemos, cosa que nos es mas fácil en los gases que en los líquidos, porque hay todavía en aquellos mayor movilidad. El aire cede fácilmente su puesto, pero no se deja penetrar, y aunque ceda no quiere esto decir que deje de resistir, segun como y cuando se quiere desalojarlo. Agitado por el aire una tira de papel; el papel se dobla en sentido opuesto; hace lo que haria una varilla flexible, que movieseis por el interior de un líquido, y se explica por la misma causa; por la resistencia del medio. Agitado con viveza una varilla y silva; esto procede de la agitacion viva que dais al aire. Ya os dije, hablando de la impenetrabilidad general de los cuerpos, que un vaso puesto boca abajo en el agua no deja llegar este líquido hasta su fondo, porque hay entre el fondo y el agua

el aire que llenaba el vaso antes de meterlo en el agua. Y para que no os quede la menor duda sobre el particular, voy á contaros lo que pasó en Burdeos, cuando la construccion de uno de sus hermosos puentes. Se construyó un cubo cuadrado de hierro colado, lo volvieron y suspendieron por el fondo como una campana; en el interior habia un banco de madera, donde se sentaron algunos trabajadores que debian de bajar al fondo del rio Garona, muy caudaloso, para colocar unas piedras en la base de uno de los arcos del puente. La luz les entraba por seis aberturas tapadas con un pedazo de vidrio muy grueso; habia ademas un agujero, en el cual estaba ajustado un tubo ó una manga de cuero, por cuyo interior llegaba aire fresco á la campana, mediante una especie de bomba, precaucion indispensable para la vida y salud de los trabajadores que iban á bajar al fondo del rio. Dispuesto todo, bajó la campana con sus individuos al seno de las aguas, y llegó á tocar el suelo del cauce del rio sin que el agua, que por la parte de fuera cubria de todos lados la campana, hubiese avanzado por la de dentro mas que unas cuatro ó cinco pulgadas.

EUG. — Es extraordinario el hecho; un rio como el Garona. ¿Con que á beneficio de esa máquina se puede bajar en el fondo de las aguas y hacer por allá de las suyas? ¿pero y como no entra el agua mas que cuatro ó cinco pulgadas?

TEOD. — Por la impenetrabilidad del aire, el cual no puede salir de la campana por ninguna via, y el agua no puede entrar sin desalojarle, y solo entra cuatro ó cinco pulgadas, porque hasta aquí llega

su fuerza para comprimir ó sea reducir el volumen del aire.

EUG. — Os aseguro que estoy bien convencido de la impenetrabilidad del aire. Y puesto que no quedan mas propiedades que aplicar á los gases, hacedme el favor de esplicarme como se conducen con ellos las fuerzas, y dadme á comprender como puede pesar el aire.

SILV. — Esto sí que ha de embarazar á Teodosio, ya sé que se dice por ahí que el aire es pesado; mas del dicho al hecho hay grande trecho.

EUG. — ¿Es cuerpo ó no es cuerpo el aire? si es cuerpo por fuerza ha de pesar.

TEOD. — No os metais en disputas, porque este no es el mejor medio de convencer á Silvio, cuyo ingenio y sistemática oposicion á todo lo que sea adelantos, le inspiran mil efugios con que escapar al razonamiento mas lógico. Dejadme hacer, y yo le haré confesar que lleva á cuestras mas de doce y veinte arrobas de peso sin advertirlo.

SILV. — Risa me da la ocurrencia. Vamos á verlo.

TEOD. — Es preciso antes de todo esplicaros esta máquina pneumática, que estáis viendo (Fig. 59). Consta de dos jeringas AB, de las cuales cada una tiene dentro su émbolo, y alternativamente baja uno cuando el otro se levanta; de suerte que cuando yo ando con esta cigüeña E hácia una parte se levanta el émbolo en esta jeringa de la parte derecha, y se baja en la otra de la izquierda; y luego que yo ando con la cigüeña hácia la parte contraria se baja el émbolo en la jeringa de la parte derecha

y se levanta el de la otra geringa. Es de advertir

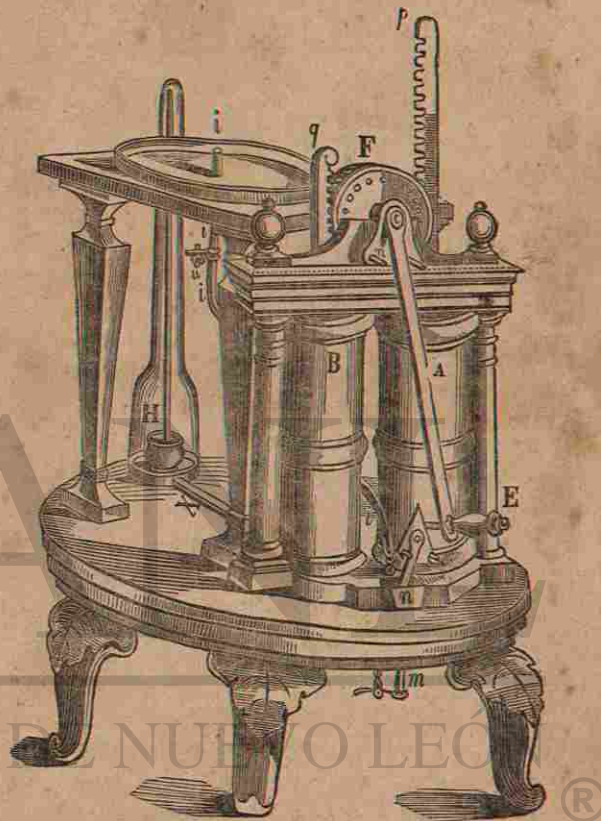


Fig. 59.

ahora que estas dos jeringas tienen comunicacion con el recipiente. Ya sabeis que llaman recipiente á cualquier manga de vidrio que se pone encima de la máquina para estraerse el aire de ella.

EUG. — ¿Y por dónde tienen comunicacion las jeringas con el recipiente?

TEOD. — Desde el fondo de cada jeringa va un cañoncillo hasta esta llave *n*, y desde aquí va este cañoncillo *iiii* por entre las jeringas hasta el recipiente. Esta llave fue ideada por el ingenio ciertamente raro de nuestro portugues Benito de Moira, que tantos créditos adquirió á su patria en los reinos estrangeros por donde anduvo: por medio de esta única llave juntó en esta máquina la brevedad con que obran las máquinas inglesas á la seguridad y exactitud de las de Francia y Alemania. Ejecutóla el insigne Manuel Angelo Vila, tambien portugues, que á la verdad ninguna envidia debe tener á los mejores artifices de Francia é Inglaterra, tanto por la feliz y fecunda idea que tiene, como por la perfeccion con que ejecuta y fabrica cualquier género de instrumentos físicos y matemáticos; pero vamos al caso. Esta llave está hecha con tal artificio, que con seis agujeros que tiene da comunicacion á las dos jeringas, al cañon *iii*, que va hasta el recipiente, y á otro cañon *m* que da salida al aire hácia fuera: todo esto alternativamente, de suerte que el aire que está en el recipiente tiene entrada franca para las jeringas, cuyo émbolo se levanta; y cuando el émbolo se baja tiene salida franca hácia fuera de la máquina, y por ningun modo puede el aire que está fuera entrar ni en las jeringas ni en el recipiente.

SILV. — Pues si él tiene camino para salir, ¿no puede entrar por esa misma parte?

TEOD. — No; porque cuando está abierto el ca-

ñon que da salida al aire de las jeringas hácia fuera, viene cayendo el émbolo hácia abajo, y viene echando fuera el aire; y así mientras viene saliendo hácia fuera el aire que estaba en la jeringa, no puede entrar hácia allá el que estaba acá fuera; y si entrare, el émbolo que viene bajando le haria volver á salir; pero cuando el émbolo llega abajo da la llave una vuelta, con que queda tapado este cañon, y al mismo tiempo se abre otro por donde puede venir el aire del recipiente hácia la jeringa, y entonces se va levantando el émbolo hácia arriba; pero luego que llega arriba, da la llave otra vuelta con que tapa ese cañon, que daba paso al aire del recipiente hácia la jeringa, y se abre otro cañon que da salida al aire de la jeringa hácia fuera, lo mismo sucede en la otra jeringa. De suerte que se saca el aire del recipiente con la mayor facilidad, como ya habeis visto varias veces en las otras tardes.

EUG. — ¿Y para qué sirve esta rueda F con dientes?

TEOD. — Sirve para hacer bajar el émbolo de una jeringa cuando se levanta el de la otra. Estos dos listones de laton que tienen estos dientes *pq*, estan unidos á los émbolos de las dos jeringas AB.

EUG. — ¿Y de qué sirve esta pesa que está pendiente del eje de la rueda? ¿Para qué son estos dos dientes que sobresalen hácia fuera, y en que toca la cigüena?

TEOD. — Cuando el émbolo de cualquier jeringa viene hácia abajo, está abierta la comunicacion de la jeringa con el aire de afuera: si cuando el émbolo llega abajo volviere luego hácia arriba sin que

primero tapase la comunicacion que habia con el aire de afuera, habia el peligro de que entrase alguna porcion del aire de fuera hácia el recipiente : para precaver esto sirve esta pesa de que hablais, la cual de tal suerte está unida al eje de la rueda, que cuando se mueve la pesa, forzosamente ha de andar alrededor. Pero la cigüeña E juega libremente, y solo hace mover la rueda cuando toca en alguno de los dientes de esta pesa, tanto en el de allá como en el de acá. Mientras la cigüeña E va arrimada á este diente en que ahora toca, va levantando el émbolo de esta jeringa A, y bajando el de esta otra jeringa B hasta que este llegue abajo : luego que llega abajo, ya la cigüeña no puede andar mas hácia aquella parte E ; ha de volver hácia acá para arrimarse al otro diente r, y hacer andar la rueda hácia la parte contraria, y comenzar á levantar el émbolo de esta jeringa B ; pero mientras la cigüeña se aparta del diente de allá, y viene hácia este diente r, estan la rueda y la pesa paradas, y los émbolos quietos ; y entre tanto la manija de la cigüeña da en la llave, y la trae consigo hácia acá ; y en esta vuelta que da la llave se tapa la comunicacion que habia de esta jeringa B con el aire de afuera, y se abrió el paso del aire del recipiente hácia la jeringa ; y juntamente en la otra jeringa A, cuyo émbolo se acabó de levantar con esta vuelta de la llave, se cerró la comunicacion que habia desde el recipiente á la jeringa por donde habia bebido el aire del recipiente, mientras fue hácia arriba el émbolo, y se abrió el paso franco del aire desde la jeringa A hácia fuera, para que cuando el émbolo

principiare á bajar vaya despidiendo el aire que estaba en el cuerpo de la jeringa.

ERG. — Lo he entendido : está construida con bastante ingenio : decidme ahora, ¿ para qué es aquella manga de vidrio á manera de una grande garrafa H que está allá detras de la máquina ?

TEOD. — Aquel vaso que veis allá dentro de la manga tiene azogue, y el cañon que está metido en ese vaso tambien está lleno de azogue : esta manga de vidrio tambien es un recipiente de que se estrae el aire por este cañon X, que tiene comunicacion con el otro cañon que va á parar al recipiente encima de la máquina : sirve esto como de indice ó mostrador por donde se conoce cuánto aire se ha estraido del recipiente grande que se pone encima de la máquina : el modo con que esto se conoce, por este indice lo sabreis de aqui algunas horas.

ERG. — Bien está : solo me resta saber ¿ para qué está aquí esta llave u en el cañon, que va á parar al recipiente ó al lugar de él ?

TEOD. — Sirve para cuando despues de haber estraido el aire del recipiente lo queremos introducir de nuevo : entonces no es preciso mas que abrir esta llave, que da al aire de afuera entrada franca al recipiente.

ERG. — Tengo comprendido lo que basta : cuando la viere trabajar, entonces vendré mas fácilmente en el conocimiento del uso que tiene cada una de sus partes.

SILV. — En eso teneis razon : vamos á probar el peso del aire, que estoy impaciente.

TEOD. — Para probar que el aire pesa hay innumerables esperiencias; ahora haremos algunas de las mas fáciles y sencillas: otras, que son mas trabajosas, me contentaré con referirlas por estar hechas y repetidas frecuentemente por personas muy inteligentes. Aquí teneis esta bola de vidrio A (Fig. 40), de la cual he hecho estraer el aire con la máquina pneumática: si la pesáremos ahora, y despues de bien equilibrada le abriésemos esta llave para que se llene de aire, veremos que pesa mucho mas.

SILV. — Eso debe manifestarse á la vista, y despues se tratará de si hemos de creerlo.

TEOD. — Voy, pues, á hacer la esperiencia; pero para que mejor se conozca la diferencia es preciso que la balanza sea muy delicada, y no esté oprimida con pesos grandes para que no se ponga roncera. Metamos, pues, la bola sola de vidrio bien cerrada dentro del agua para que se pueda sostener con un peso muy leve; y para que no haya engaño en el cordel de que se cuelga usemos de una cerda de caballo. Pesemos la bola vacía de aire: he aquí la teneis equilibrada con este peso..... levantemos la bola un poco cuando salga la boca fuera del agua, y enjugándola con una esponja para que no entre alguna agua hácia adentro, abramos la llave hasta



Fig. 40.

que se llene de aire, y volviendo á cerrarla veremos si pesa mas.

SILV. — Ha de ser lo mismo.

TEOD. — Puede ser que no. Ahí teneis la balanza con el equilibrio perdido.

EUG. — Poned mas peso en la balanza.

TEOD. — Ahí teneis ya cincuenta granos mas, y ahora es cuando la balanza está derecha, y tanto es lo que pesa el aire que se estraño de esta bola, que tendrá cinco pulgadas de diámetro.

EUG. — Esta sola esperiencia basta para dar el punto por probado.

TEOD. — Esta esperiencia no penseis que es cosa nueva, es muy trivial y frecuente entre los profesores de física. M. Homberg estraño el aire de una bola que tenia trece pulgadas de diámetro, y halló que pesaba una onza menos: pesó otra bola que tenia veinte pulgadas de diámetro, y despues de haber estraído el aire muy bien halló que pesaba dos onzas menos. Wolffio, hombre nimio y exactísimo en sus esperiencias, asienta que un pie cúbico de aire pesa una onza y veinte y siete granos. Lo que hemos dicho del aire se puede aplicar en general á todos los gases propiamente tales, y os digo esto por última vez dándole siempre en lo sucesivo por entendido,

EUG. — Supuesto, pues, que el aire pesa, quisiera saber si se ha averiguado ya cuánto es su peso específico.

TEOD. — El aire pesa mas ó menos conforme está mas ó menos condensado: hablando del aire en su estado natural que tiene junto á la tierra ha habido

varias opiniones entre los físicos. Boyle quiere que el peso del aire, comparado con el del agua, sea como uno á 958, esto es, que tanto pesa un palmo cúbico de agua como 958 de aire. M. Homberg dice que tanto pesa un palmo cúbico de agua como 1087 de aire. M. Haley dice que tanto pesa un palmo de agua como 860 de aire. M. Hauxbee difiere poco, porque dice que pesa tanto un palmo de agua como 885 de aire. M. Muschbroek le da mas peso: dice que tanto pesará un palmo cúbico de agua como 681 de aire, y el abate Nollet se inclina á que tanto pesa un palmo de agua como 900 de aire.

EUG. — ¿Y cómo se puede conocer esta proporcion de peso respecto del agua?

TEOD. — Fácilmente. Pesan primeramente, como ya dije, una bola de vidrio como aquella, estando sin aire: pésanla, digo, dentro del agua, y observan cuánto pesa: despues la dejan llenar de aire, y vuelven á pesarla, y ven cuánto se aumenta el peso; y este aumento es el peso del aire que cabe en la bola: últimamente llenan la misma bola de agua pura, y vuelven á pesarla, y de este modo conocen cuánto pesa el agua que cabe en la bola; despues cotejan este peso del agua que cabe en la bola con el peso del aire que allí cabia anteriormente; y así vienen en conocimiento de la proporcion que hay entre el peso del aire y el del agua.

SILV. — Pero reparo que siendo tan facil ese modo de averiguar este peso hay tanta diversidad entre los modernos.

TEOD. — Eso no me causa admiracion, porque primeramente el aire no siempre está en el mismo

estado: unas veces es mas caliente, otras mas frio: unas mas seco, otras mas húmedo; y todas estas mudanzas causan tambien diversidad en su peso, como evidentemente nos muestra la esperiencia, y ademas de esto puede haber tambien gran diferencia procedida de la mayor ó menor exactitud con que se estrae el aire: yo en este mismo globo de que uso unas veces he hallado 54 grados, otras 47 de menos, cuando habiendo pesado el globo lleno de aire, le vuelvo á pesar vacío. Por otra parte las aguas no todas tienen el mismo peso: unas pesan mas que otras: ademas de eso unos usaban para la esperiencia de aguas purificadas, otros no se cansaban en estas menudencias, de lo que forzosamente habia de resultar gran variedad. Por esto se ha de tener mucho cuidado cuando se quiere obtener resultados rigurosos en que el aire y gas que se pese esté bien seco; esto es, no contenga agua en vapor, porque el mas ligero descuido da notables diferencias. Así como se ha tomado el agua por punto de comparacion, para determinar el peso específico de los líquidos, se ha tomado el aire por punto de comparacion para los fluidos elásticos; mas notad que no basta advertir solamente el volumen, sino lo que se llama temperatura, esto es los grados de calor que tiene el gaz y la fuerza de presion que se ejerce sobre él. Generalmente se ha convenido en tomar el peso del aire por 1,0000 y se supone una temperatura *cero* y una presion 0,760 milímetros. La diferencia del peso específico de los gases os explicará dos fenómenos entre cien otros que acaso os han llamado algun dia la atencion. ¿Habeis oido hablar

Eugenio de la gruta de Puzzole en el reino de Nápoles, llamada *gruta ó cueva del perro*?

EUG. — ¿Es acaso aquella cueva donde no puede entrar ningun perro, sin que muera al momento, en tanto que los hombres y mugeres entran en ella sin daño alguno? Daos prisa en explicarme esto porque realmente me maravilla.

TEOD. — En esta cueva sale un gas ó humo invisible del fondo de la gruta, que llaman los físicos *gas ácido carbónico*, el cual es mas pesado que el aire y ocupa el fondo de la cueva, como ocupa el fondo del vaso el agua que se echa en un vaso medio lleno de aceite. El animal de cuatro patas pequeño respira el aire que está inmediato al suelo, y como allí no hay aire, sino gas carbónico, inutil, como vereis á su tiempo, para la respiracion y por lo mismo mortal, el animal perece sofocado por falta de aire; es como si le ahorcasen ó se anegase. El hombre respira el aire que está encima del gas carbónico y no sufre nada; lo mismo hace un caballo, un mulo y el mismo perro si uno lo sostiene á la altura de la cabeza del hombre.

EUG. — ¿Con que si un hombre entrase á gatas en la cueva ó bien arrastrando pereceria?

TEOD. — Infaliblemente, lo mismo que el perro.

SILV. — Esto parece estar en contradiccion con lo que los médicos dicen en sus obras; pues aconsejan no colocarse en los lugares altos de un local, donde esté encerrada mucha gente, como en el gallinero de un teatro, por cuanto allí es mas impuro el aire, y esta impureza no procede sino del gas carbónico que los hombres arrojan de su pecho, res-

pirando; y mal puede ser mas pesado que el aire puesto que se va arriba, y cuidad Teodosio que esto que os digo reposa sobre observaciones sólidas y no son cuentos como ese de la cueva del perro.

TEOD. — Es muy cierto lo que acabais de decir, Silvio, pero mal aplicado: el gaz carbónico que sale del pecho del hombre no sale solo, sino mezclado con vapor de agua mucho mas ligero que el aire, y por esto se lo lleva hácia arriba, así como dos pedazos de corcho, ó dos calabazas se llevan hácia la superficie del agua, al muchacho que no sabe nadar y que sin aquellos se iria á fondo. Por lo tanto sin dejar de ser ciertas las observaciones de vuestros médicos, no es un cuento lo de la cueva del perro.

SILV. — Me satisface lo que habeis dicho, seguid adelante.

TEOD. — De las lecciones antecedentes sabeis, Eugenio, que hay adhesion entre los sólidos, entre estos y los líquidos, y entre unos líquidos con otros: ahora pues sabreis que tambien la hay entre los gases y los sólidos, aunque no sea tan facil de demostrar. Vamos á probarlo con hechos: llenemos con cuidado y suavemente un vaso de agua bien trasparente, ¿veis esa multitud de gorgoritas de aire que se quedan pegadas á las paredes del vaso á pesar de que su ligereza tiende á hacerlas subir?

EUG. — En efecto esto no puede explicarse sino por una fuerza de adhesion que resiste á la tendencia del aire á ocupar el puesto mas alto.

TEOD. — No echeis pues en olyido esta condicion si algun dia tratais de desalojar completamente

un gas de algun vaso. Echemos ahora en otro vaso lleno de agua un pedacito de azucar : ahí estais viendo como se deshace, y como suben algunos pedacitos rodeados de burbujas de aire que les estan pegadas.

SILV. — Muy claro se ve en efecto.

TEOD. — Cualquiera cuerpo constituido en semejantes circunstancias hará lo propio ; muchos hay mas pesados que el agua y se sostienen en ella reducidos en polvo, al cual está pegado una capa de aire. Podeis estar seguro que siempre y cuando el exceso de peso de un cuerpo, no pase mas allá del del volumen de agua desalojada, que el que se necesita para equilibrarle con su fuerza de adhesion con el aire, andará flotando por la superficie. ¿Diriais que un aguja de coser se pueda sostener á flor de agua ?

SILV. — Cuando lo hubiese visto con mis propios ojos.

TEOD. — Ahí tengo una : la dejo caer horizontalmente y con cuidado, ahí la teneis flotando como un palillo.

EUG. — Es singular ; nunca lo hubiera dicho.

SILV. — Ahora lo creo y me parece fundado vuestro razonamiento.

TEOD. — Tocad esta aguja de modo que se hunda por una estremidad... Hetela á fondo, su fuerza de adhesion con el aire quedó destruida y se fué abajo. Por lo tanto no os puede haber ninguna duda sobre la adhesion de los gases. En cuanto á su cohesion, puede decirse que en los permanentes no la hay de un modo sensible ; solo á fuerza de grandísimas pre-

siones se manifiesta en ellos, como lo vereis á su lugar. Vamos á tratar otra fuerza mas notable y al parecer peculiar de los fluidos elásticos y no nos faltará divertimento.

EUG. — Tal me he esperado desde que he entrado en esta estancia.

§ II.

Trátase de la elasticidad del aire y de sus efectos notables.

TEOD. — Vamos á tratar ahora de la elasticidad y compresibilidad de los gases, y no estrañeis que en el decurso de mi conferencia, me vaya de la una á la otra, porque estan estas dos propiedades tan ligadas entre sí, que no puede mencionarse la primera, sin la segunda y viceversa. Lo mismo digo de la presion. Los fluidos elásticos desarrollan la propiedad que les ha dado su nombre con la presion que disminuye su volumen, y se despliega volviendo el fluido elástico á su volumen primitivo, luego que cesa la presion. En estos cuerpos se ve casi claramente que la fuerza repulsiva del calórico que está mas ó menos combinado con sus moléculas constituye la elasticidad que los distingue ; ella es su causa, en efecto, ó por lo menos adoptando esta idea se esplican cien fenómenos que quedarían sin ella inexplicables. Mil circunstancias vulgares os prueban la elasticidad del aire ; de muchas esperiencias, la que está mas á mano es esta. Aquí teneis una pelota de

un gas de algun vaso. Echemos ahora en otro vaso lleno de agua un pedacito de azucar : ahí estais viendo como se deshace, y como suben algunos pedacitos rodeados de burbujas de aire que les estan pegadas.

SILV. — Muy claro se ve en efecto.

TEOD. — Cualquiera cuerpo constituido en semejantes circunstancias hará lo propio ; muchos hay mas pesados que el agua y se sostienen en ella reducidos en polvo, al cual está pegado una capa de aire. Podeis estar seguro que siempre y cuando el exceso de peso de un cuerpo, no pase mas allá del del volumen de agua desalojada, que el que se necesita para equilibrarle con su fuerza de adhesion con el aire, andará flotando por la superficie. ¿Diriais que un aguja de coser se pueda sostener á flor de agua?

SILV. — Cuando lo hubiese visto con mis propios ojos.

TEOD. — Ahí tengo una : la dejo caer horizontalmente y con cuidado, ahí la teneis flotando como un palillo.

EUG. — Es singular ; nunca lo hubiera dicho.

SILV. — Ahora lo creo y me parece fundado vuestro razonamiento.

TEOD. — Tocad esta aguja de modo que se hunda por una estremidad... Hetela á fondo, su fuerza de adhesion con el aire quedó destruida y se fué abajo. Por lo tanto no os puede haber ninguna duda sobre la adhesion de los gases. En cuanto á su cohesion, puede decirse que en los permanentes no la hay de un modo sensible ; solo á fuerza de grandísimas pre-

siones se manifiesta en ellos, como lo vereis á su lugar. Vamos á tratar otra fuerza mas notable y al parecer peculiar de los fluidos elásticos y no nos faltará divertimento.

EUG. — Tal me he esperado desde que he entrado en esta estancia.

§ II.

Trátase de la elasticidad del aire y de sus efectos notables.

TEOD. — Vamos á tratar ahora de la elasticidad y compresibilidad de los gases, y no estrañeis que en el decurso de mi conferencia, me vaya de la una á la otra, porque estan estas dos propiedades tan ligadas entre sí, que no puede mencionarse la primera, sin la segunda y viceversa. Lo mismo digo de la presion. Los fluidos elásticos desarrollan la propiedad que les ha dado su nombre con la presion que disminuye su volumen, y se despliega volviendo el fluido elástico á su volumen primitivo, luego que cesa la presion. En estos cuerpos se ve casi claramente que la fuerza repulsiva del calórico que está mas ó menos combinado con sus moléculas constituye la elasticidad que los distingue ; ella es su causa, en efecto, ó por lo menos adoptando esta idea se esplican cien fenómenos que quedarían sin ella inexplicables. Mil circunstancias vulgares os prueban la elasticidad del aire ; de muchas esperiencias, la que está mas á mano es esta. Aquí teneis una pelota de

piel llena de aire; aplicadla el dedo y comprimidla, vereis que luego se restituye á su estado natural: ahora la humedezco levemente con este lienzo; reparad, y vereis que cuando la tiro al suelo deja una mancha grande, señal de que se comprimió en el golpe; pero si la cogiéreis y reconociéreis no la vereis mella alguna; de donde se infiere con evidencia, que se restituyó despues de comprimida: ahí va, ¿veis la mancha que dejó en el suelo, y como saltó?

ERG. — Si reflectió es señal que tiene elasticidad.

SILV. — Esa esperiencia no me convence: puede ser que la elasticidad esté en la piel de la pelota ó tambien en el suelo, y no en el aire que está dentro de la pelota, y basta que ó el pavimento sea elástico ó la piel para que ella salte hácia arriba. Tambien las otras pelotas que no tienen aire dentro saltan.

TEOD. — Esperad, no quiero que quedeis con esa duda; aquí tenéis esta otra pelota casi vacía; reparad que es la misma piel, y el suelo ahora es el mismo que era antes: tirad con ella al suelo á ver si salta.

SILV. — ¿Cómo ha de saltar si está vacía?

TEOD. — Luego la razon por que la otra reflecte y esta no, es porque el aire de la otra se comprime, y en esta no. Ni me digais que este efecto procede del aire, pero no del aire comprimido; porque si abriéreis un agujero en esta pelota, por donde pueda salir libremente el aire, cuando la pelota se comprimiese en el golpe no saltará, ó por lo menos será muy poco: la razon es, porque cuando la pelota se

comprime en el golpe, sale el aire fuera, y así no se comprime; y no comprimiéndose no hay lugar para que la elasticidad haga efecto alguno, por cuanto, como ya sabeis, la compresion es el origen de todo el efecto de la elasticidad.

SILV. — Enhorabuena; es punto ese en que fácilmente concordaré con vos: dudé, porque quise ver si el fundamento era suficiente.

TEOD. — Es de notar que la elasticidad del aire tiene mas ó menos fuerza conforme á la compresion, y en esto sigue la ley general de los cuerpos elásticos, que cuanto mas comprimidos estan mayor, es á proporcion la fuerza de la elasticidad. Pero hay en la elasticidad del aire tres propiedades muy dignas de notarse. La primera es, que no se estingue ni disminuye aunque dure por mucho tiempo la compresion: un arco, si está mucho tiempo encorvado y comprimido, pierde gran parte de la elasticidad; y cuando se restituye á su estado natural es con mas flojedad; pero no sucede así en el aire: si estuviere comprimido muchos años, al fin de ellos se restituirá con la misma fuerza que lo haria luego despues de la compresion.

SILV. — ¿Quién ha de tener el aire comprimido muchos años?

TEOD. — Quien hiciere lo que hizo M. de Roberval¹, que guardó una escopeta cargada de viento por espacio de quince años, al fin de los cuales hizo el efecto que haria si estuviere cargada pocos minutos antes. Esta tarde ó mañana, si hoy no hu-

¹ Nollel, tomo III, pág. 203.

biere lugar, os mostraré que la causa de los efectos que hace la escopeta cargada de viento es la elasticidad del aire.

EUG. — No puedo dejar de admirar la paciencia de este hombre en esperar quince años para certificarse de una esperiencia.

TEOD. — Aunque se ha creído por mucho tiempo que todos los gases se conducian como el aire relativamente á su elasticidad ó á la duracion de su tendencia al recobro de su primitivo estado, se ha reconocido en nuestros dias que muchos gases, reputados como permanentes, han podido no solamente pasar al estado líquido, á beneficio de fuertes presiones y grande frio, sino tambien conservar este estado, aun despues de haber cesado la compresion, lo cual supone que se llegó á vencer al fin su fuerza elástica, como sucede en el año de que ya os he hablado. Mas no me contentaré con lo dicho para demostraros hasta la evidencia la elasticidad de los gases y sobre todo del aire; voy á hacer varios experimentos al efecto; mas notad que nunca hemos de echar en olvido la presion de la atmósfera que nos rodea y envuelve de todos lados, presion sobremanera considerable, Eugenio, y os lo digo ahora sin perjuicio de entrar despues en mayores detalles y en sus pruebas, á fin de que comprendais lo que voy á decir y practicar. Tambien me contentaré con estableceros ya formulada la ley de Mariote, á saber, que *la elasticidad de los gases es siempre directamente proporcional á las presiones que suportan y los volúmenes inversamente proporcionales á las presiones*; esto es, que si la fuer-

za de compresion es uno, la elasticidad desarrollada en el gas es una; si es aquella dos, tres, cuatro, esta es tambien dos, tres, cuatro, si la compresion es dos, el volumen es dos, si la compresion es cuatro, el volumen uno. Si habeis entendido bien esto, y Silvio no se opone, lo daremos ya por establecido conforme lo está en fisica, y pasaremos adelante.

EUG. — Yo lo he entendido perfectamente.

SILV. — Y yo no me opongo á ello.

TEOD. — Sabed ahora que los vapores parecen sometidos á la misma ley, cuando son iguales las condiciones de su existencia, y tened en cuenta que, cuando damos por causa de la elasticidad de los gases la fuerza repulsiva del calórico, combinado con ellos, cuanto mas calórico tuvieren, mas elásticos serán. Ya que os he preparado con estos preliminares, vamos á los efectos de la elasticidad del aire, y empecemos por aquellos que tienen lugar puesto el aire en su natural compresion. Sea el primero este que os voy á mostrar en la máquina pneumática.

EUG. — Mientras va trabajando la máquina decid lo que querais hacer.

TEOD. — Aqui tengo este frasco de vidrio lleno de aire en su compresion ordinaria; si le tapare bien la boca, y le pusiere dentro de la máquina, luego que estrajere el aire que le comprime por afuera, el aire interior le reventará y se hará pedazos: esperad y vereis (Fig. 41).



Fig. 41.

EUG. — ¿Para qué cubris el frasco con esa red de alambre?

TEOD. — Para que cuando reventare no me quiebre el recipiente. Reparad, que no puede tardar mucho en reventar.

EUG. — He ahí reventó y se hizo pedazos.

TEOD. — ¿Veis, Silvio, la fuerza de la elasticidad que tiene el aire? Antes que la máquina trabajase, el aire que estaba dentro del frasco hacia fuerza para dilatarse; mas por la parte de afuera el aire exterior, apretando y comprimiendo el frasco, (pues vereis luego que los gases ejercen presiones análogas á las que os expliqué tratando de los líquidos), resistía á la fuerza que el aire interior hacia para reventarle; pero como con la máquina extraje el aire que rodeaba al frasco por la parte de afuera, quedó el aire interior sin cosa que le embarazase, y rompió el frasco para dilatarse. Anteayer ya os mostré que estrayendo el aire de dentro del frasco, y quedando solo el aire que le comprime por afuera este con su peso reventaba al frasco: ahora le veis reventado por causa de la elasticidad del aire interior.

SILV. — Bien me acuerdo: vamos á otra experiencia, que esta es clara.

TEOD. — Ahora he de coger un huevo, y por la parte mas aguda he de hacerle un agujerillo del grueso de una pluma, y con un palito ó cosa semejante quiero menearlo por adentro, despues he de volverlo hácia abajo en esta copa (Fig. 42).



Fig. 42.

EUG. — ¿Para qué?

TEOD. — Para que veais un efecto admirable: metiendo todo esto en la máquina, luego que se extrae el aire, va saliendo la clara y la yema del huevo por el agujerillo afuera, de suerte que queda el huevo vacío; y luego que yo vuelva á introducir de repente el aire dentro de la máquina, tambien se vuelve á recoger de repente la clara y yema del huevo dentro de su cáscara. Hagamos la experiencia; pero al mismo tiempo advierto que para que se recoja otra vez en la cáscara lo que salió del huevo, es preciso que el agujerillo del huevo llegue á tocar casi en el fondo de la copa, porque si quedare muy separado no podrá entrar adentro de la cáscara todo lo que habia salido. Reparad ahora.

EUG. — He ahí va saliendo toda la clara y yema.... la cáscara ya está vacía: ¿qué me decis á esto, Silvio?

SILV. — Metamos ahora de nuevo el aire dentro de la máquina.

TEOD. — He aquí lo hago, y todo se volvió otra vez á recoger. Expliquemos ahora de qué procede esto: los huevos, especialmente siendo añejos, tienen una porcion de aire entre la cáscara y una película que tienen por la parte de adentro: este aire, como está comprimido, luego que pudiere ha de dilatarse: estrayendo el aire de la máquina, no hay quien embarace la salida de la clara y yema: por otra parte el aire interior del huevo no puede dilatarse sin echar fuera lo que está allá dentro, y por eso viene todo saliendo hácia afuera; pero cuando yo vuelvo á introducir de nuevo el aire, carga este

en la superficie del líquido que salió de la cáscara, y con su peso le obliga á recogerse dentro de ella, y reducir el aire interior á la compresion antigua.

Ahora tiene lugar otra esperiencia muy divertida con este mismo huevo. Vamos agrandándole el agujero y rompiéndole la cáscara alrededor, de suerte que quede con la tercera parte menos: despues de vaciarlo todo fuera, se verá en el fondo de la cáscara por la parte de adentro una ampolla llena de aire: puesto todo esto en la máquina, y estrayendo el aire del recipiente se va dilatando la ampolla y creciendo, de suerte que viene saliendo la película por la cáscara afuera, y queda como un huevo entero, cuya superficie en parte es de cáscara, y en parte de la película, que á manera de bóveda salió hácia afuera: ya está todo preparado, vedlo con los ojos.

SILV. — Será en verdad esperiencia divertida.

ERG. — Ya se va levantando la película: ya va saliendo por la cáscara afuera: ¿ qué os parece, Silvio?

SILV. — Aquí bien se ve la fuerza de la elasticidad del aire. ¿ Tenemos aun mas esperiencias, Teodosio?

TEOD. — Mas tenemos. Una porcion de agua tibia metida dentro de la máquina pneumática hace grandes ampollas, y parece que hierve. Mientras no lo veis os diré la razon. El aire que estaba dentro del agua, despues de trabajar la máquina, solo se halla oprimido con el peso del agua; le falta ya el peso del aire exterior, que cargaba sobre la superficie del agua, y estaba equilibrada su fuerza con la repul-

siva de las partículas del aire, así se va dilatando y no saliendo hácia arriba ampollas.

SILV. — Eso tambien ha de suceder por esa misma razon en el agua fria: por tanto, ó esa razon no es bastante, ó para la esperiencia es escusada la circunstancia de ser el agua caliente.

TEOD. — En el agua fria tambien se ven ampollas hechas por el aire que estaba dentro de ella, y sale hácia fuera; pero no son tantas ni tan repetidas como en el agua caliente. Es la razon, porque el aire á causa del calor tiene mas fuerza para dilatarse, y el agua por estar en movimiento deja desembarazar mas fácilmente las partículas de aire para que salgan hácia afuera: añado que en el agua caliente las partículas de fuego que salen con grande violencia hacen salir juntamente las partículas de aire. Todo lo tenemos pronto, veamos si sucede así.

ERG. — Es cosa pasmosa en verdad: veis, Silvio: ya comienza á hacer ampollas como si hirviese.

SILV. — Bien lo veo: meted el aire en el recipiente, Teodosio, á ver si para el hervor.

TEOD. — He ahí el agua quieta: ¿ veis? Hagamos otra esperiencia: voy á poner en este vaso una poca de agua de jabon con espuma; luego que la metiere en el recipiente, y sacare el aire, vereis que la espuma va creciendo de suerte que rebosa por el vaso afuera; la razon es, porque el aire que está en la espuma á causa de su elasticidad va dilatando las ampollas, y de este modo las hace crecer. Reparad: ¿ veis?

EUG. — Todo sucede conforme lo pronosticásteis.

TEOD. — Ahora os haré otra experiencia que causa grande admiracion á los ignorantes : aquí teneis estas figuritas de vidrio huecas por adentro y llenas de aire : tienen un agujerillo en un pie, por donde puede salir el aire y entrar el agua, pero son un casi nada mas ligeras que el agua, de suerte que echadas en el agua se vienen arriba, y quedan casi totalmente debajo de ella ; pero si les saliere de dentro algun aire, y entrare alguna porcion de agua en su lugar, ya las figuritas quedan mas pesadas que igual volumen de agua, y se van abajo. Esto supuesto, dejádmelas meter en este vaso de agua, y poned todo esto debajo del recipiente, y vereis que mientras saco el aire estan las figuras encima del agua ; pero si abriere la llave y dejare entrar el aire, bajan al instante hácia abajo, y vuelven á subir si yo repito la diligencia de estraer el aire : esperad, y vereis.

EUG. — No parece mala danza ; pero yo aun no estoy totalmente instruido en la causa de estos movimientos.

TEOD. — Cuando estraigo el aire del recipiente, el aire interior de las figuras se dilata, y sale fuera alguna porcion : cuando introduzco de nuevo el aire en el recipiente, vuelve á su compresion natural el aire interior de la figurilla ; y como parte de él habia salido, ocupa menor espacio, y entra el agua á ocupar algun espacio que antes ocupaba el aire, y de esta suerte queda la figurilla mas pesada, y se va abajo : acordaos de lo del volumen de los

cuerpos flotantes relativamente á su peso.) Si vuelvo á sacar el aire de la máquina, el aire interior de la figura se dilata, y va haciendo salir el agua que habia entrado, y quedando de esta suerte la figurilla mas ligera sube hácia arriba.

EUG. — Ya estoy hecho cargo de este efecto : vamos adelante.

TEOD. — Ahora entendereis mejor la razon de algunas experiencias que en diversas ocasiones os he referido ; como es la de los peces, que metiéndolos en algun vaso con agua dentro de la máquina pneumática, subian arriba sin que pudiesen jamas irse á fondo.

EUG. — Bien me acuerdo de la experiencia ; pero no conozco bien cual es la causa.

TEOD. — Ya os dije que en los peces hay una vejiga (por lo menos en algunos en que se hace esta experiencia), que está llena de aire : este aire está comprimido, estrayéndose el aire de la máquina, ya el agua no queda oprimida ni el pez, y por consiguiente se dilata el aire de la vejiga, y quedan los peces con mayor volumen, y por eso suben ; y aunque los peces hagan fuerza para comprimir esta vejiga á fin de irse al fondo, no lo pueden conseguir, porque resiste á eso la elasticidad del aire que tienen dentro de la vejiga ; por eso no pueden bajar de la superficie al fondo.

EUG. — Si los peces pueden comprimir esa vejiga en los rios, de suerte que suban y bajen á su arbitrio, ¿ cómo no pueden hacer eso mismo en la máquina ?

TEOD. — Es, porque acá fuera en los rios el aire

que carga en la superficie del agua ayuda á comprimir el aire de la vejiga, y cualquiera fuerza que haga el pez para eso bastará; pero en la máquina, como no hay aire que cargue en la superficie del agua, no tiene el pez causa que le ayude á comprimir el aire de la vejiga, y así queda en la parte superior del agua.

EUG. — Ahora ya lo entiendo.

TEOD. — Semejante causa tiene el efecto que se observa en los demas animales que se meten en la máquina; porque así como se empieza á trabajar, se comienzan á hinchar por causa de la elasticidad del aire que tienen en el buche y demas partes del cuerpo: de aquí procede que unos vomitan y otros evacuan ó desocupan el estómago de otro modo, todo á causa del aire que tienen dentro de sí, y se quiere dilatar. Y continuándose la estraccion del aire mueren todos los animales, no solo los terrestres ó volátiles (esceptuando las moscas y otros insectos semejantes, porque á esos les basta el aire tenuísimo que siempre queda en el recipiente); pero lo que es mas digno de admiracion, hasta los peces metidos en vasos de agua dentro de la máquina en sacando el aire se mueren. Hay quien diga, que pueden vivir mas tiempo sin agua que sin aire. La razon de esto es, porque en todos los vivientes el aire promueve la circulacion de la sangre, como diremos á su tiempo.

EUG. — Los animales de la tierra, que fueron criados en el aire, forzosamente lo han de estrañar; pero en los peces admira mas.

TEOD. — Esto no procede de que lo estrañen los

animales terrestres, porque en los peces no milita esa razon; ademas de que me acuerdo ahora de otra cosa que en otra parte tendrá su lugar: las flores, que tambien se crián con el aire, aunque las metan en la máquina pneumática no estrañan ni se marchitan con la falta del aire, antes se conservan frescas y lozanas muchos meses: yo ví unos tulipanes y anémonas metidas sin agua en el recipiente, creo que habria un mes, y estaban tan vistosas como si pocas horas antes las hubiesen cogido del jardín; y es esperiencia constante que se conservan frescas por muchos meses; y será conveniente de dos en dos dias repetir la diligencia de estraer el aire del recipiente, porque las flores continuamente estan despidiendo de sí algun vapor y aire que en sí tenían.

EUG. — Esa esperiencia á veces puede ser muy util; mas no perdamos el hilo de nuestro discurso.

TEOD. — En la elasticidad del aire teneis tambien la razon de los efectos que vemos en las ventosas, no solo en aquellas que se dan ó ponen por medio de la máquina, como Silvio esperimentó antes de ayer, sino tambien en las ordinarias que se ponen con el fuego.

SILV. — Eso ahora me pertenece á mi. ¿Pues cuál es la razon por qué sube hácia arriba la carne en las ventosas ordinarias?

TEOD. — Cuando se enciende el fuego dentro de las ventosas queda muy rarefacto y dilatado el aire que estaba dentro: cuando se vuelve la ventosa sobre la carne, como el aire que está en la ventosa

está mas dilatado, no tiene tanta elasticidad ni comprime tanto la carne como el aire exterior comprime lo restante del cuerpo: esto supuesto, el aire que está dentro de la carne y está comprimido, como ya os mostré, hallando menos resistencia dentro de la ventosa que fuera, se dilata, y consiguientemente dilata tambien la carne y la hace hincharse.

EUG. — ¿Pues qué, Silvio, es esta la razon?

SILV. — O sea esta ó cualquier otra para mi asunto me basta saber los efectos que pueden hacer: las causas por qué obran así pertenecen á los físicos.

TEOD. — Hay otros innumerables efectos que tienen por causa la elasticidad del aire en esta su natural compresion; pero de lo que queda dicho podeis, Eugenio, fácilmente inferir el modo con que se debe discurrir acerca de ellos. Vamos ahora á otros efectos de la elasticidad del aire, quiero ahora mostraros una fuente artificial, cuyo efecto procede de la elasticidad del aire aumentada con el fuego. Aquí la teneis (Fig. 45), dejadme mandar encen-

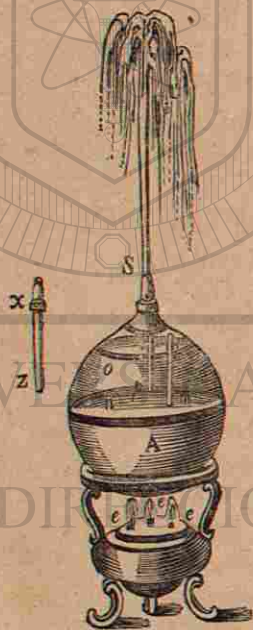


Fig. 45.

der estas tres luces *eee* que son precisas para el efecto; mientras tanto os explicaré la construccion interior de esta fuente: tiene un repartimiento ó division por el medio *mn*, que reparte su concavidad en dos: la inferior *A* está llena de aire, y la superior *o* tiene una buena porcion de agua; pero es preciso advertir que desde la concavidad inferior va un cañon *mr* hasta la parte mas alta de esta concavidad de arriba *o*: sirve este cañon para que el aire que está abajo pueda comunicarse á la concavidad de arriba, sin que haya peligro de que por él pueda ir agua alguna abajo. Esta fistula *S* tiene unido un cañon *ip*, el cual casi toca en la division *mn*, que separa una concavidad de la otra: voy á destornillararlo y sacarlo fuera para que le veais mejor, y de camino echaré agua en la fuente. Aquí le teneis *xz*.

EUG. — Tengo comprendido todo el artificio: ahí estan las luces encendidas; ¿qué efecto tenemos?

TEOD. — Brevemente lo vereis: entre tanto reparad en lo que digo. El aire que está en esta concavidad de abajo *A* con el calor de las luces ha de enrarecerse y hacer fuerza para dilatarse: dilatándose no cabe acá abajo, comunicase á la concavidad de arriba *o*. Ahí tambien hay aire, el cual con el calor que este le comunica tambien ha de hacer fuerza para dilatarse: no lo puede hacer sin oprimir al agua que allí está, la cual viéndose oprimida sube por el cañon *p i* con fuerza, y sale fuera por la fistula *S*, como sucede en las fuentes de empuje: destapo la fistula, y vereis.

EUG. — ¿Qué me decís á esto, Silvio? ¡Hay cosa mas divertida!

SILV. — Esta fuente es una pieza digna de estimacion. ¿Y continúa mucho tiempo en echar agua, Teodosio?

TEOD. — Despedirá toda la que yo le eché ó casi toda si perseverasen las luces encendidas.

EUG. — Apagadlas para ver si deja de correr el agua.

TEOD. — Como entonces no hay cosa que aumente la elasticidad al aire, se acomoda con la estension que tiene, y no obliga al agua á salir hácia afuera.

EUG. — Así va sucediendo; ya casi no corre nada: está vista esta esperiencia.

TEOD. — Otras fuentes tengo que hacen el mismo efecto por diferente causa: harélas traer, y las veréis... Por ahora ya habeis visto que la elasticidad del aire se aumenta con el calor; y esta es la razon de no acomodarse con la compresion que padece: por eso estando caliente no cabe en los límites en que cabia estando frio: aquí teneis la razon de muchos efectos vulgares, en que tal vez no habeis reparado. Muchas cosas luego que las llegan al fuego ó cerca de él revientan, como sucede á las castañas y otras cosas semejantes, porque el aire que encierran dentro de su cáscara tiene con el calor mayor elasticidad, y ya no puede sufrir la estrechez del lugar en que se halla cerrado; por eso rompe la cáscara con estrépito, si no ha habido la preocupacion de hacerle en la cáscara un corte ó agujero por donde pueda salir el aire poco á poco cuando se

fuere dilatando. Ahí vienen ya las otras fuentes, y mientras se preparan iremos dando las doctrinas, en cuya confirmacion han de servir. Salgamos acá fuera á la galería para que el agua de las fuentes no moje la sala, como sucedió con esta que ya hemos visto.

EUG. — Ni es razon que por mi respeto tengais esa incomodidad, principalmente cuando acá fuera se pueden hacer estas esperiencias con mas aseo.

§ III.

De los efectos de la elasticidad del aire comprimido violentamente.

TEOD. — Hemos dicho ya que la fuerza de la elasticidad del aire procedia de su compresion; ni jamas puede haber fuerza de elasticidad sin haber compresion: este aire que respiramos siempre está comprimido por el peso de la atmósfera, esto es, por el peso del otro aire que tiene encima, y de esta compresion proceden los efectos que ya hemos visto; pero como el aire aun se puede comprimir mucho mas de lo que está, resta ver los efectos que se pueden seguir de su compresion violenta. Uno de ellos, y el mas fuerte, es el de la escopeta de viento, de que luego trataremos: vamos ahora á otros menos fuertes, que son los de estas fuentes que teneis á la vista: vamos á esta (Fig. 44) que ya está cargada.

EUG. — ¡Cargada! ¿Con qué?

EUG. — ¿Qué me decís á esto, Silvio? ¡Hay cosa mas divertida!

SILV. — Esta fuente es una pieza digna de estimacion. ¿Y continúa mucho tiempo en echar agua, Teodosio?

TEOD. — Despedirá toda la que yo le eché ó casi toda si perseverasen las luces encendidas.

EUG. — Apagadlas para ver si deja de correr el agua.

TEOD. — Como entonces no hay cosa que aumente la elasticidad al aire, se acomoda con la estension que tiene, y no obliga al agua á salir hácia afuera.

EUG. — Así va sucediendo; ya casi no corre nada: está vista esta esperiencia.

TEOD. — Otras fuentes tengo que hacen el mismo efecto por diferente causa: harélas traer, y las veréis... Por ahora ya habeis visto que la elasticidad del aire se aumenta con el calor; y esta es la razon de no acomodarse con la compresion que padece: por eso estando caliente no cabe en los límites en que cabia estando frio: aquí teneis la razon de muchos efectos vulgares, en que tal vez no habeis reparado. Muchas cosas luego que las llegan al fuego ó cerca de él revientan, como sucede á las castañas y otras cosas semejantes, porque el aire que encierran dentro de su cáscara tiene con el calor mayor elasticidad, y ya no puede sufrir la estrechez del lugar en que se halla cerrado; por eso rompe la cáscara con estrépito, si no ha habido la preocupacion de hacerle en la cáscara un corte ó agujero por donde pueda salir el aire poco á poco cuando se

fuere dilatando. Ahí vienen ya las otras fuentes, y mientras se preparan iremos dando las doctrinas, en cuya confirmacion han de servir. Salgamos acá fuera á la galería para que el agua de las fuentes no moje la sala, como sucedió con esta que ya hemos visto.

EUG. — Ni es razon que por mi respeto tengais esa incomodidad, principalmente cuando acá fuera se pueden hacer estas esperiencias con mas aseo.

§ III.

De los efectos de la elasticidad del aire comprimido violentamente.

TEOD. — Hemos dicho ya que la fuerza de la elasticidad del aire procedia de su compresion; ni jamas puede haber fuerza de elasticidad sin haber compresion: este aire que respiramos siempre está comprimido por el peso de la atmósfera, esto es, por el peso del otro aire que tiene encima, y de esta compresion proceden los efectos que ya hemos visto; pero como el aire aun se puede comprimir mucho mas de lo que está, resta ver los efectos que se pueden seguir de su compresion violenta. Uno de ellos, y el mas fuerte, es el de la escopeta de viento, de que luego trataremos: vamos ahora á otros menos fuertes, que son los de estas fuentes que teneis á la vista: vamos á esta (Fig. 44) que ya está cargada.

EUG. — ¡Cargada! ¿Con qué?

TEOD. — Con aire : no reparásteis en lo que estuvo haciendo ahora aquel criado?



Fig. 44.

EUQ. — Solo atendí á vuestra doctrina, y no advertí en lo demas que se hacia ; ¿pero qué es lo que hizo ?

TEOD. — Aquí teneis esta jeringa A (Fig. 45) : su



Fig. 45.

boca bien veis que es una rosca que se une y aprieta en la fuente aquí sobre esta llave *u* : con esta jeringa se va introduciendo mucho aire á pura fuerza dentro de esta fuente, y despues de haberse introducido todo el que se hubiese podido, se cierra la llave *u* para que el aire introducido no salga.

EUQ. — Aun no entiendo cómo con la jeringa se pueda meter mas aire dentro de la fuente.

TEOD. — Yo os lo esplicaré : en la boca ó fístula de la jeringa está puesta una válvula de vejiga de buey con tal artificio, que deja salir el aire hácia afuera de la jeringa ; pero no lo deja entrar, como ahora lo vereis mejor (Fig. 46) si reparais bien en la rosca *mn* que yo desarmé de la boca ó fístula de la jeringa : esta tira de piel *mn* está apretada tapando un agujerillo que está en el medio de la rosca : el aire que viniere de este agujerillo para afuera puede salir por los lados de la piel ;

mas si quisiere entrar, con la misma fuerza con que pretende entrar tapa el agujero, y consiguientemente no entra. Supuesto esto, estando esta jeringa unida y apretada en la boca de la fuente, puede entrar hácia la fuente el aire que estuviere en la jeringa, mas no puede volver á salir para dentro de la jeringa el aire que estuviere en la fuente. Cuando yo, pues, levanto el émbolo de la jeringa hasta arriba, por este agujerillo *r* se llena la jeringa de aire ; y cuando cargo el émbolo hácia abajo todo el aire de la jeringa se introduce dentro de la fuente. ¿Habeis comprendido esto ?



Fig. 46.

EUG. — Y con facilidad : vamos ahora á saber el artificio que hay aquí dentro de esta fuente.

TEOD. — Esta fuente tiene un cañon *eo*, que desde el bocal llega casi hasta el fondo ; pero no ha de tocar en él, á fin de que por la estremidad del cañon o pueda entrar el agua que estuviere dentro de la fuente, y salir por él hácia fuera cuando fuere preciso. Tambien se debe advertir que este cañon en su estremidad superior ha de estar muy bien soldado en el bocal, y apretar perfectamente en la fuente, de suerte que el aire ni pueda entrar ni salir de la fuente sino por dentro del cañon, y á esto está reducido su artificio. Supuesto esto, cuando se quiere hacer la esperiencia, la primera operacion es destornillar el bocal que está unido al cañon, y echar en la fuente una buena porcion de agua, de suerte que quede mediada : despues de esto se le mete el cañon y se atornilla, y sobre la llave *u* se ajusta la jeringa, y levantando el émbolo y bajándolo con fuerza se va introduciendo en la fuente mucho aire : con esta diligencia se va comprimiendo el aire que está dentro de la fuente, y luego que quedare por este medio bien comprimido, se cierra esta llave *u* para poderse sacar la jeringa sin peligro de salir nada fuera : hecho esto, se ajusta sobre la llave *u* este bocal, que tiene varios agujerillos para que salga el agua, y se abre la llave, é inmediatamente saltará el agua hácia arriba hasta una grande altura.

EUG. — Veamos ya la esperiencia.

TEOD. — Ahí la teneis.

EUG. — Agradable esperiencia en verdad..... Lo

cierto es, Silvio, que yo hasta aquí andaba 'en este mundo á ciegas, como suelen decir, pues ignoraba tantas cosas ; pero esplicadme, Teodosio, cómo la compresion del aire hace salir el agua con tanta fuerza.

TEOD. — Todo el aire que está dentro de aquella fuente ocupa la parte superior, dejando la inferior para el agua : de este modo queda el aire sin tener medio alguno para dilatarse, sino oprimiendo el agua hácia abajo : el agua viéndose oprimida no tiene otro arbitrio (dejádmelo decir así) sino subir por el cañon arriba, porque solo de este modo puede quedar mas espacio para la dilatacion del aire.

EUG. — Basta ; ya lo entiendo : en cuanto á esto obra el agua en esta fuente como en la antecedente.

SILV. — Estas dos estan vistas, Teodosio : vamos á ver la tercera ; porque como tiene diversa hechura, creo tambien hará su efecto por diferente modo.

TEOD. — Esta fuente, que vulgarmente se llama la fuente de *Heron* (Fig. 47), tiene una particulari-



Fig. 47.

dad en que escede á las demas, y es, que no necesita ni de fuego ni de aire metido á fuerza. Reparad primeramente en su artificio : desde la taza de arriba viene un cañon *epq* hasta casi el fondo de este globo de vidrio B; pero no toca en el fondo : aquí no se ve bien el fondo al cañon, por causa de estas hojas de metal que adornan el globo por la parte exterior. El otro cañon *on* es mas corto : con la estremidad inferior apenas entra en el globo de abajo B, y con la estremidad de arriba debe llegar solamente á este sitio *n*.

EUG. — Estos cañones estan esplicados : falta el cañon que está enmedio de ellos.

TEOD. — Este cañon está unido al bocal de la fuente, entra por este globo de vidrio A, y casi toca en el fondo de él. Vamos á ver el efecto ; pero para eso es preciso echar agua en este globo de arriba A : voy á desarmar el bocal con el cañon que está unido á él , para poder echar agua dentro del globo....: volvamos á ajustar el cañon en su lugar. Hecho esto, dejadme destapar el cañon largo *epq*, quitándole este tapon *e*.... Vereis ahora que echando yo agua en esta taza comienza al mismo tiempo la fuente á despedir agua por la fistula del medio *i*.

SILV. — Lo que mas me admira es ver la facilidad con que se hace este efecto sin ser precisas muchas diligencias.

EUG. — Yo absolutamente no entiendo como puede ser esto.

TEOD. — Yo os explicaré como es : el agua que echásteis en la taza cayó por este agujero *e*, y vino

por este cañon *pq* abajo hasta este globo B : como el agua cayó en esta concavidad , el aire que allí estaba subió por este otro cañon *on* hasta la concavidad superior A ; pero como tambien halló allí aire y agua no podia acomodarse , y así ó habia de quedar muy comprimido , ó habia de hacerse lugar para dilatarse : esto solo podia ser oprimiendo el agua que ahí está dentro del globo A, y haciéndola salir por el cañon del medio. He ahí la causa por que esta fuente echa agua.

EUG. — Ahora ya lo entiendo : lo que me ocasionaba confusion era pensar que la misma agua que yo acababa de echar en la taza era la que salia fuera por la boca de la fuente ; pero ya veo que me engañaba, porque el agua que sale es la que echásteis primeramente dentro del globo superior A.

TEOD. — Con esta fuente se hace un juego con que es facil sorprender á quien no lo entienda : en lugar de agua se echa vino en este globo de arriba A, y esto se hace ocultamente ; pero ha de ser en las fuentes que no fueren de vidrio como esta : despues cuando quisieren hacer correr la fuente le mandan echar agua en la taza delante de todos, y quedan los circunstantes admirados , no solo de ver correr la fuente , sino de ver el agua súbitamente mudada en vino al parecer de ellos. Pero advierto que los cañones han de ser del modo que dije para que pueda hacerse el efecto deseado.

EUG. — Todo está bien premeditado y he de mandar hacer una para mi diversion luego que tenga oportunidad.

TEOD. — Vamos ahora á tratar de la escopeta de viento, porque como su efecto procede de la elasticidad del aire comprimido violentamente tiene aquí su lugar.

SILV. — Estaba deseoso de ver una, y de ver los efectos que hace.

TEOD. — Aquí la teneis (Fig. 48): la hechura exterior es como la de las otras escopetas, pero mas gruesa por la razon que luego diré. Sus efectos, hablando regularmente, no son tan fuertes como los de las escopetas de pólvora; pero no dejan de ser muy grandes: esta escopeta estando bien cargada da muchos tiros con tanta fuerza, que el octavo aun pasa una puerta de roble siendo delgada, y á distancia de veinte pasos.

EUG. — Esa sola circunstancia hace esa escopeta muy estimable, pues las de fuego para cada tiro es necesario cargarlas nuevamente. Pero decidme ya ¿como se carga, y cuál es la razon de los efectos que causa?

TEOD. — Para que me entendais habeis de verla por adentro; pero como es engorroso el desarmarla os mostraré un dibujo de esta misma escopeta por la parte interior (Fig. 49). Esta escopeta consta de dos cañones de metal, uno ancho y otro estrecho, que se mete dentro del ancho, de suerte que entre uno y otro cañon quede un vacio como aquí se representa con las letras *ccc*: este vacio rodea todo el cañon estrecho que está en el medio, y en la boca de la escopeta ha de estar tapado totalmente, de suerte que el aire condensado que se introduce á pura fuerza en este hueco que queda entre uno y

otro cañon, no pueda salir sino despues de pasar del cañon estrecho por donde sale la bala.

EUG. — ¿Y cómo puede pasar hácia ahí el aire comprimido que está entre uno y otro cañon?

TEOD. — En el fin del cañon estrecho hay una llave *i*, que anda alrededor como las que hay en las fistulas ó bocas de las fuentes: esta llave tiene por

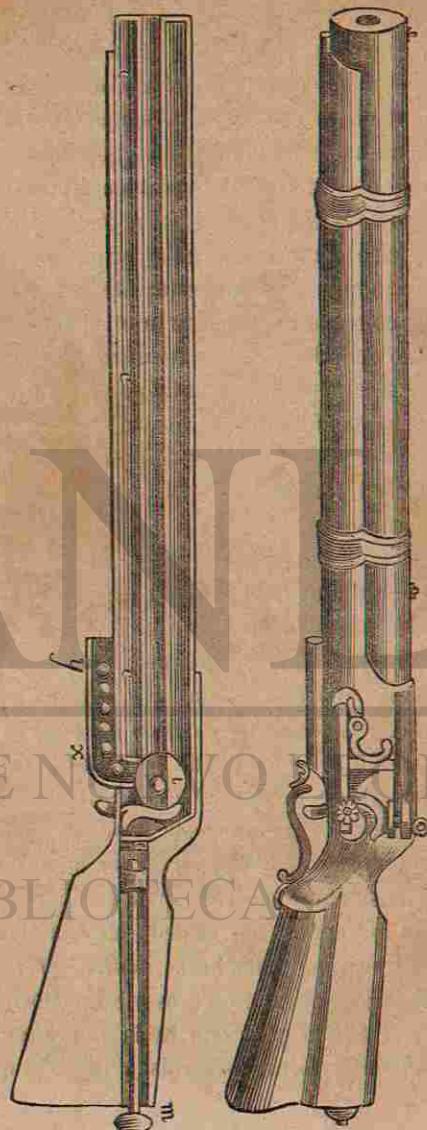


Fig. 49.

Fig 48.

dentro un agujero que la atraviesa y corresponde al cañon estrecho, en el cual está metida una bala como veis cuando esta llave está en la situacion en que está pintada, corresponde el agujero de la llave al cañon: habeis de notar ahora que detras de esta llave está una válvula, la cual tapa de tal suerte el agujero de la llave, que sin levantar la válvula no puede el aire comprimido salir por la llave afuera; pero luego que se levanta esta válvula, el aire que estaba comprimido sale con gran violencia por el agujero de la llave, y con la misma fuerza lleva delante de sí la bala que allí está puesta, y la despide por el cañon afuera con gran velocidad.

EUG. — ¿Y cómo podemos nosotros acá desde fuera levantar la válvula que está allá adentro para hacer el tiro?

TEOD. — Tirando por el gatillo se desarma un muelle muy fuerte, que hace abrir la válvula, y la deja luego cerrar para que no salga todo el aire.

EUG. — Todavía pregunto mas: ¿y cómo podemos meter allá la bala? ¿Es acaso por la boca de la escopeta, como hacemos en las otras?

TEOD. — Bien puede ser; mas para evitar algun peligro se le introduce de otro modo: ¿veis este cañoncillo *yx*, que está lleno de balas? Reparad, pues: si yo moviese alrededor la llave *i*, de suerte que su agujero corresponda al cañoncillo de las balas, y cargare con el dedo en esta primera bala *y*, entrará una bala hácia dentro del agujero de la llave; y volviendo á mover alrededor la llave, quedará pronta para salir hácia afuera todas las veces que le abrieren la válvula, y este es el modo con que

sucesivamente se pueden ir metiendo muchas balas en la escopeta, y dando varios tiros.

EUG. — Solo no entiendo cómo abriéndose la válvula para salir el aire para el primer tiro no sale todo el aire, porque si saliere todo, no quedaria aire comprimido capaz de dar los otros tiros.

TEOD. — No sale todo el aire, porque luego que se abre la válvula, al instante se vuelve á cerrar; pero como siempre sale una buena porcion, por eso los tiros de cada vez son mas débiles. Esta llave así tiene muchas utilidades: la primera, que fácilmente se saca la bala de la escopeta siempre que es preciso, sin que sea necesario descargarla del aire: la segunda, que cuando estuviere la escopeta cargada con aire y bala, y quisiéremos estar sin recelo de que se dispare por algun incidente ó cosa que toque en el gatillo, no tenemos mas que volver la llave de suerte que su agujero no corresponda al cañon de la escopeta, porque entonces, aunque se abra la válvula, no podrá salir aire ninguno respecto de estar atravesado el agujero de la llave.

EUG. — Esa utilidad es muy digna de atencion.

SILV. — Todo lo habeis explicado, solamente no dijisteis el modo con que se comprimia el aire dentro de la escopeta.

TEOD. — Comprímese del mismo modo que se comprime en la segunda fuente artificial que os mostré: en la culata hay un conducto abierto por donde se mueve este émbolo *m*; este émbolo tiene en sí una válvula que se abre hácia dentro de la escopeta, por eso cuando le tiro hácia afuera se abre la válvula, y entra el aire en la culata: cuando meto

el émbolo hácia adentro, se cierra esta válvula, y va el aire tambien hácia adentro. Advierto que en el fin de este tal conducto, que está abierto en la culata, aquí donde está la letra *e*, hay una division que tiene un agujero, el cual está tapado por la parte de adentro con otra válvula, de suerte que deja entrar el aire que hácia allá impele el émbolo; pero no le deja salir: de este modo metiendo el émbolo hácia dentro, y tirándole hácia fuera repetidas veces, se va llenando de aire la escopeta cada vez mas; y cada vez se va el aire allá dentro comprimiendo y condensando mas, de suerte que su elasticidad ó fuerza para restituirse crece notablemente, y hace los efectos que hemos dicho.

SILV. — Ahora ya se entiende todo fácilmente; pero de aquí infiero que una pieza de estas ha de ser difícil el conservarla largo tiempo capaz de trabajar á causa de esas válvulas.

TEOD. — No hay duda que fácilmente se desconcierta de cualquier modo que se haga esta escopeta, porque se hace de varias maneras.

EUG. — ¿Qué mas efectos tenemos de la elasticidad del aire?

TEOD. — Lo que por ahora me acuerdo es de explicaros la bomba perenne, porque tambien procede de esta causa. Voy á mandar traer una de vidrio para que veais el modo con que obra, y conozcais la causa de los efectos que hace.... Aquí la teneis (Fig. 50.): consta de tres cañones de vidrio AEI: este primero A es como una jeringa, y sirve para atraer el agua del vaso; este otro cañon I sirve para echarla afuera, y esta manga del medio E sirve para

conservarla, y juntamente para suplir la accion de la bomba cuando ella parare por breve tiempo, y por eso la llaman bomba perenne, porque perennemente sale el agua, aunque la bomba pare por algun rato. Harémosla trabajar para ver el efecto, y despues conoceremos la causa. Reparad que mientras trabajo descanso de cuando en cuando, y no obstante eso siempre sale el agua sin parar.

EUG. — Así es, el agua corre sin parar.

SILV. — Esta bomba sin duda será muy util para los incendios.

TEOD. — Vamos ahora á dar la razon de este efecto: antes de todo reparad en esta válvula que hay en el fin del cañon A: es una concavidad donde entra y ajusta perfectamente esta bola de plomo *m*: cuando la bola de plomo está dentro de esa cavidad tapa el agujero que da salida para el cañoncillo de la jeringa; y así estando ahí esta bola no puede el agua salir, aunque yo empuje el émbolo hácia aba-

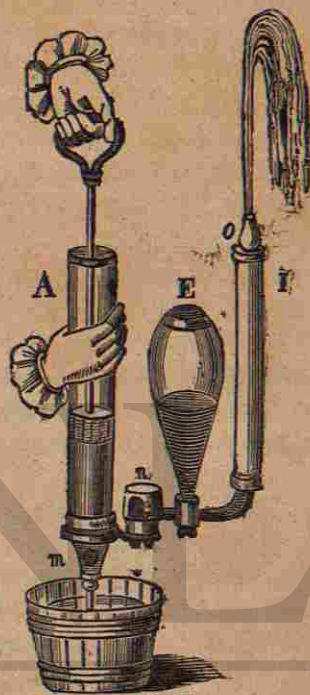


Fig. 50.

jo ; pero luego que yo levanto el émbolo, el agua que viene por el cañoncillo de la jeringa arriba levanta la bola de plomo, y entra hácia el cuerpo de la jeringa.... ¿Veis? He ahí se levanta la bola todas las veces que yo levanto el émbolo ; pero luego que paro con el émbolo cae á causa de su peso en la cavidad, y tapa el agujero de suerte que por allí no puede salir el agua.

EUG. — Bien lo veo, teneis razon.

TEOD. — Reparad ahora : como el agua de la jeringa tiene paso para este otro cañon E, luego que yo bajo el émbolo, y oprimo el agua, como ella forzosamente ha de salir por alguna parte, sale por este cañoncillo *n*, y viene á esta manga de vidrio E, pasando por otra válvula semejante ; la cual deja ir el agua allá dentro de ese vidrio E ; pero no la deja salir otra vez acá á la jeringa A. De esta manga de vidrio E bien veis que hay paso libre para el otro cañon I ; por eso el agua que entra en esta manga E tambien se reparte para el cañon I ; y continuando en venir mas agua, va llenando este cañon I, y sale por él afuera con el impulso con que es oprimida por el émbolo que se baja. He aquí por que sale el agua por este cañon I cuando yo bajo el émbolo en este otro A.

EUG. — Hasta ahí lo entiendo yo : vamos á ver de qué sirve esta manga E.

TEOD. — Como esta fistula *o* por donde sale el agua es estrechita, no puede salir hácia afuera tanta agua cuanta yo hago salir de este cañon A cuando bajo el émbolo : de aquí nace que el agua que no puede salir por el cañon I, se va conservando y ajus-

tando en esta manga de vidrio E : esta manga estaba llena de aire, el cual no tiene por donde salir ; el agua que se va juntando y creciendo va comprimiendo el aire, y cada vez le reduce á menor espacio : de aquí procede que este aire hace fuerza para dilatarse, lo que no puede hacer sin espeler el agua hácia fuera : el agua que aquí está no puede venir á la jeringa A por causa de la válvula *n*, solo puede ir hácia el otro cañon I, cuyo paso está desembarazado. He aquí por qué cuando yo descanso, y no trabajo con el émbolo, va continuando en salir el agua por la fistula *o*, porque el aire comprimido que está en esta manga de vidrio E, haciendo fuerza para dilatarse, la hace salir por allí. Ya habeis visto y entendido el modo con que trabaja la bomba que llaman perenne.

EUG. — Esto bien se deja comprender.

TEOD. — Las otras bombas ordinarias no tienen cosa que no se entienda fácilmente, supuesto lo que queda dicho de esta. Pero advierto que estas válvulas pueden variarse de otros modos conforme el camino que se desea que tome el agua. Algunos las hacen de cuero ; pero estas para este efecto son mucho mejores. Y doy por acabada la elasticidad del aire, pasando, si bien os parece, á ver las leyes de la mecánica en los fluidos elásticos.

EUG. — Vamos á ello que ha de ser gustoso.

TEOD. — Digamos antes de todo alguna cosa sobre la atmósfera.

§ IV.

Trátase de la atmósfera, de su peso, y de varios efectos de su presión.

EUG. — ¿Qué quiere decir esta palabra atmósfera? pues me parece de origen extranjero.

TEOD. — Es una palabra que nos ha venido de los antiguos griegos y significa *esfera* de vapor, y se da á un envoltorio de fluidos elásticos, que circuyen el globo de la tierra, y aunque nos parezca muy alta, pues por ella vagan las nubes y vuelan hasta perderse de vista los pájaros, debe considerarse como una capa muy delgada, aplicada á la superficie de la tierra; puesto que su grueso no escede de mucho la tres centésima parte del diámetro de nuestro globo; esto es, se le considera ordinariamente unas trece, ó diez seis leguas de estension partiendo desde la superficie de la tierra hasta su cima.

EUG. — Habeis dicho que la atmósfera es un envoltorio de fluidos elásticos: yo estaba en la inteligencia que solo la formaba el aire.

TEOD. — Viviais equivocado, amigo, y me alegro que me hayais hecho esta observacion, porque así os explicaré la constitucion de esta atmósfera. Consideradla como el mar, receptáculo general de todo lo gaseoso ó vaporoso que se desprende de la superficie de la tierra; así como el agua del mar recibe todo lo que le traen los rios, torrentes, arroyuelos y lluvias. El mar está formado esencialmente de

agua compuesta como os diré en su lugar de *oxígeno* ó *hidrógeno*; pero contiene en ella arenillas ó moléculas de mil cuerpos diferentes que la distinguen del agua pura, y la singularizan tanto, como sabeis. Lo mismo hace el aire: este *gas* tampoco es un elemento como decian los antiguos; pues está formado de otros dos, uno *oxígeno*, que es aquel que encendió la pajueta, si os acordais, Eugenio, y otro que la apaga sin ruido; el primero se llama *oxígeno* y el segundo *azoe*: y entran en la proporcion siguiente: tomáis una parte de aire y hay en ella 21 centésimas de oxígeno y 79 de azoe. Tal es el aire propiamente tal; pero no es el de la atmósfera, y notad bien esta diferencia, este está mezclado con una infinidad de otros gases y vapores ligeros, entre los cuales hace grande papel el agua evaporada. Todos los humos, todas las emanaciones, todos los líquidos que se reducen á vapor van en efecto á parar á la atmósfera, del mismo modo como os he dicho ya, van todas las aguas á la mar. Todo este conjunto de gases y vapores, pues, forma la atmósfera propiamente llamada, la cual por eso no deja de gozar de las mismas propiedades de los fluidos elásticos, puesto que fluidos elásticos la componen. Si os mirais la atmósfera en pequeñas masas es de ordinario trasparente y sin ningun color; pero si os la mirais en grande volumen presenta un color azul, que unos dicen deberlo al vapor de agua que contiene, otros á sí misma. Por esto el cielo nos parece azul, lo mismo que las montañas que nos miramos de lejos por la mañana ó por la tarde.

EUG. — En efecto mas de una vez he observado

en mis marchas eso de las montañas, y no sabia á qué atribuirlo, y quien habia de pensar que era esto el color de la atmósfera, cuando uno no ve nada mirando en torno suyo.

TEOD. — ¿No os ha sucedido nunca ver turbia el agua de un río mirada en masa, y luego cogiendo un poco con el hueco de la mano verla casi tan trasparente como la de un arroyuelo pacífico?

EUG. — Teneis razon, y ya concibo ahora como la masa aumenta este color.

SILV. — Vos no habeis reparado una cosa digna de nota, Eugenio; arrebatado de vuestro entusiasmo por lo que os anda diciendo Teodosio, se os escapan ciertas observaciones que yo no puedo dejar pasar por alto; por ejemplo, Teodosio nos ha probado que el aire pesa; nos acaba de decir que tenemos encima trece ó diez y seis leguas de aire; ved si ha de ser grande el peso que suportamos; porque aunque sea muy poco el peso del aire, como su estension es tanta, necesariamente suma esto un peso de muchas arrobas, y si esto es verdad, amigo Teodosio, miserable de aquel que saliese de casa al aire libre: sobre él cargará un peso inmenso que le oprimirá, y le echará á tierra: esto, pues, es quimera. ¿Qué os parece, Eugenio?

EUG. — Ahora sí me parece que teneis razon. ¿Qué decis, Teodosio?

TEOD. — Antes que os responda decidme: ¿el agua del mar pesa?

EUG. — Pesa; ¿y por qué no?

TEOD. — Decidme mas: ¿los que van al fondo del mar á buscar perlas ú otra cualquier cosa re-

vientan con el peso del agua que tienen sobre sí? A mí me parece que no les incomoda, aunque el peso del agua que tienen sobre sí importe un gran número de arrobas: pues lo mismo digo del aire; pesa sí, y pesa mucho; y no obstante eso un hombre acá debajo de todo ese peso no ha de sentirlo.

EUG. — Ya veo que la paridad es fuerte; mas quiero saber la razon por que no sentimos tan grande peso.

TEOD. — Las razones son muchas, primeramente, el aire nos comprime, y carga sobre nosotros; pero nos comprime por todas partes, y por eso no lo sentimos; así como un hombre que está metido en un baño no siente el peso del agua, porque esta le oprime por todas partes: si una porcion de agua le oprime hácia abajo, otra porcion que está debajo de su cuerpo le sostiene hácia arriba: lo mismo digo del agua de los lados: he ahí una de las razones por que este hombre no siente el peso del agua: mandad abrir un agujero ancho en el fondo de una tinaja, y poned la mano debajo: mandad echar agua en la tinaja, y vereis que esta os oprime mucho la mano, y la impele hácia abajo con fuerza; pero si metiereis la mano dentro del agua no sentireis la opresion que sentiais cuando la teniais por la parte de afuera; y esto no es por otra razon sino porque en un caso os oprime el agua por todas partes, y en el otro os oprime solamente por arriba.

SILV. — Esa razon me satisface enteramente.

TEOD. — Aun hay otra mas sustancial, y es, que nosotros, dentro de nosotros mismos, tenemos mucho aire, y aire que está comprimido: este aire si le

dejasen libre habia de dilatarse, y siempre hace fuerza para eso, y con esta fuerza que hace resiste á la compresion que hace el aire de fuera. He aquí por que no sentimos tanto su opresion. Tomad una esponja, atadla con un hilo al fondo de un vaso bien alto, y llenadle de agua, vereis que no obstante ser la esponja un cuerpo blando, y tener sobre sí un peso de muchas arrobas de agua, no se dobla, ni queda mas comprimida de lo que estaria fuera del agua, y es por esta razon; porque la esponja está dentro traspasada de agua: esta que está dentro de sus poros resiste al peso que hace en la esponja el agua de arriba, y por eso no se comprime la esponja. Lo mismo digo de nosotros respecto del aire: nosotros, como os mostraré siendo preciso, tenemos una gran cantidad de aire dentro de nuestros poros: este aire está comprimido y muy comprimido; y así resiste al peso del aire que está por afuera, porque el aire exterior no nos podria comprimir á nosotros sin comprimir al aire que está en nuestros poros; y como este aire resiste á eso por estar ya muy comprimido impide tambien que el aire de afuera nos comprima.

SILV. — ¿Y cómo probais que dentro de nuestros poros hay gran cantidad de aire comprimido?

TEOD. — De este modo: llegaos aquí á la máquina pneumática (Fig. 54.). Aquí está este vasito A sin fondo: poned la palma de la mano sobre él, de suerte que le tape bien: dejadme ahora trabajar con la máquina.

SILV. — Basta, basta, que esta esperiencia molesta: yo no puedo arrancar la mano hácia fuera.

TEOD. — Antes que aparteis la mano reparad que la carne que entró dentro del vidrio está muy hinchada, y bajó hácia adentro.

EUG. — Así es: quedó la palma de la mano hinchada como si hubieran pegado una ventosa.

TEOD. — Voy á abrir una llave para que podais despegar la mano.

SILV. — Con esta ventosa que me aplicásteis en mi perfecta salud sin duda quereis curarme de mi incredulidad. Quisiera saber cómo probais con esta esperiencia que tenemos mucho aire en nuestros poros.

TEOD. — Cuando pusisteis la mano sobre el vasito A, y con la máquina estraje el aire, la palma de la mano que correspondia á la concavidad del vaso no tenia aire ninguno que por fuera del cutis la oprimiese; así el aire que estaba en los poros de la carne comenzó á dilatarse, y eso es lo que hace crecer la carne como si se hinchase: otras pruebas hay mas evidentes: la carne y cualquiera otra cosa que metemos en el agua y ponemos á la lumbre, visiblemente despide de sí muchas partículas de aire que aparecen en ampollas en la superficie del agua. Los filósofos han buscado algunos modos de averiguar la porcion de aire que se contiene dentro de cualquier cuerpo, precediendo muchas cautelas que evi-



Fig. 54.

ten cualquier engaño, y han hallado que muchos cuerpos contienen una cantidad de aire mayor ciertamente de lo que nadie pensaria; de donde infero que este aire antes que saliese de los cuerpos estaba muy comprimido. M. Hales¹ habiendo hecho varias esperiencias sobre este punto, y usando de destilaciones quimicas, observó que una pulgada cúbica de sangre de puerco, esto es, cuanto cupiese en un vaso cuadrado que tuviese una pulgada de alto y otra de ancho, echaba de sí treinta y tres pulgadas cúbicas de aire. Ved ahora si estaria comprimida esta cantidad de aire mientras estaba dentro de la sangre.

EUG. — ; Es mucho á la verdad!

TEOD. — Aun esto es poco para lo que añade : hizo esperiencia en la mitad de una pulgada cúbica de la asta de un gamo, y echó de sí 447 pulgadas cúbicas de aire que ocupaban un espacio 254 veces mayor del que ocupaba el cuerpo de donde salió, y aun mayor porcion de aire observó que salia de media pulgada de palo de roble, porque salieron 428 pulgadas cúbicas de aire, que es un espacio 256 veces mayor del que ocupaba el palo antes de resolverse.

SILV. — Parece eso imposible, y aun mas el modo de medir el aire despues de salir de los poros del cuerpo, porque como se esparce, ¿quién ha de saber la cantidad de aire que salió?

TEOD. — Eso lo observan los físicos de muchos modos : primeramente ponen el cuerpo de donde ha

¹ *Stat. des Veget.*, cap. VI.

de salir el aire dentro de la máquina pneumática, y estraen el aire de dentro del recipiente : por este medio ya saben que todo el aire que hay despues en el recipiente salió del cuerpo que allí pusieron.

SILV. — ¿ Y cómo pueden medir la cantidad de aire que hay en el recipiente?

TEOD. — Primeramente por un índice de azogue que tienen las máquinas como aquel H (Fig. 59.), en que se da á conocer la cantidad de aire que hay en el recipiente : despues miden geoméricamente el ámbito del recipiente, y de esta suerte conocen cuantas pulgadas cúbicas hay en el recipiente de aire en su condensacion ordinaria. Pero aun hay otro modo mas facil de que usan cuando quieren observar la cantidad de aire que sale de los cuerpos, que es por via de destilacion⁴. El vaso en donde está el cuerpo que se ha de resolver hacen que no tenga comunicacion sino hácia un cañon, el cual esté tapado con agua por la otra parte ; pero de suerte que creciendo el aire, se vaya el agua retirando y dejándole espacio libre : preparadas así estas cosas miden el espacio que ocupa el aire dentro del cañon antes de la operacion, y miden el espacio que ocupa despues de hecha la esperiencia, estando ya el aire frio ; y de este modo conocen cuánto se aumentó el aire, y la cantidad que salió del cuerpo que se resolvió ; pero advirtiéndolo que se observan todas las circunstancias que pueden inducir cualquier engaño para evitarle ; bien que siempre es preciso declarar que toda esta cantidad de aire que sale de los poros

⁴ Nollel, tomo III, p. 512.

va mezclada con muchas partículas de vapores que no son aire.

EUG. — Conforme á este discurso, Silvio, ya no me admiro de las eructaciones y flatos que me mortifican frecuentemente: supongo que proceden de mucho aire que sale de la comida que se digiere en el estómago.

SILV. — Claro está que de ahí proceden; y de ahí viene que unos manjares son mas ocasionados á eso que otros, mas vamos á nuestro punto del peso del aire.

TEOD. — Aquí, pues, teneis la razon por que el aire cargando sobre nosotros no nos comprime tanto como pedia su peso, por quanto el aire que está dentro de nosotros, como está muy comprimido, impide que el de afuera nos comprima mas; así como el agua que carga sobre la esponja no la comprime ni la hace abatir, porque el agua que está dentro de sus poros resiste al peso de la otra agua.

SILV. — Bien; luego ya concedéis que el aire que carga sobre nosotros nos comprime algun tanto; y si es así ¿cómo no sentimos esta compresion y este peso? Ya no quiero que nos comprima tanto, como sería en el caso que no hubiese aire dentro de nosotros; pero á lo menos esa compresion que nos hace, ¿por qué no la hemos de sentir?

TEOD. — ¿Sabeis por que no la sentimos? porque siempre la padecemos: si nosotros por algun tiempo estuviésemos fuera del aire y de cualquier otro medio grave, yo os aseguro que sentiriamos gran diferencia cuando entrásemos dentro de él, así como sentimos diferencia cuando entramos ó salimos

de un baño; mas porque desde el primer instante en que nacemos sufrimos esta opresion y peso del aire, ya no la sentimos.

SILV. — Eso no me parece que tiene la menor apariencia de verdad.

TEOD. — Pues respondedme. Un hombre entra en una casa que está muy caliente: al principio siente un gran calor; despues de pasar algunas horas ya no le siente, ó por lo menos muy poco. Mas: ¿cuál es la razon porque en invierno si descubrimos un brazo sentimos gran frio muchas veces, aun cuando no le sentimos en la cara, sino porque la cara está acostumbrada á la impresion del aire frio, y el brazo no?

EUG. — Esa es la razon de una célebre respuesta que dió el filósofo Escita Anacarsis, que floreció en el tiempo de Solon: estaba él en el invierno casi desnudo, pero muy alegre, sin dar señales de padecer frio. Preguntáronle si no sentia frio; y respondió á quien se lo preguntaba, haciéndole esta pregunta: ¿sientes tú frio en la cara? respondiéronle que no, y concluyó entonces el filósofo, pues yo todo soy cara.

TEOD. — Cualquiera de nosotros si acostumbrase á traer los brazos desnudos así como la cara, no habia de sentir en ellos mas frio que en la cara, porque concurre la misma razon. Pues si la continuacion de dos horas hace que no sintamos el calor, y la costumbre de años hace que no sintamos el frio, ¿por qué no hará la costumbre de toda la vida, que no sintamos la opresion del aire? Mas: si nosotros así como vivimos en el aire viviésemos en

el agua como peces desde el día de nuestro nacimiento, ¿sentiríamos la opresión del agua? Ciertamente no; pero si ahora entrásemos dentro del agua, al entrar y al salir conoceríamos alguna diferencia, porque en el aire libre siempre estamos mas desembarazados, y nuestros miembros menos oprimidos; pues lo mismo digo del aire. Si estuviésemos fuera del aire, y entrásemos en él de repente, habíamos de sentir diferencia; pero si nosotros siempre estuvimos y estamos debajo del aire, ¿cómo quereis que sintamos esa tal cual opresión que siempre hemos tenido, la que ya os dije era muy pequeña á causa del aire que tenemos dentro de nosotros?

SILV. — Yo creo que no es chica ni grande; porque tal cual fuese se habia de sentir; y como no la siento, digo que el aire no nos oprime, ni tal cosa podreis persuadirme jamás.

TEOD. — Eugenio, para convencer á Silvio, necesitamos de alguna esperiencia.

EUG. — Tambien servirá para confirmarme yo mas en estas doctrinas.

TEOD. — No os dé cuidado, pues tenemos esperiencias innumerables. Primeramente si yo os probase que el aire comprime un odre lleno de viento y una pera v. g. y otras cosas semejantes, ¿creereis que tambien nos oprime á nosotros, no obstante que no sentimos su opresión?

SILV. — Si yo viese eso con mis ojos lo creeré; porque la misma razon hay para nosotros que para cualquier otra cosa.

TEOD. — Bien estamos: si en la cumbre de un

monte muy alto llenásemos un odre de aire de suerte que quede bien lleno, luego que bajemos al valle con el odre observaremos que queda muy blando y flojo, como si se le hubiese salido algun aire; y para que se vea que esto no procedió precisamente de que le saliese algun aire, volviendo á llevarlo á la cumbre del monte, volverá el odre á quedar totalmente lleno como al principio.

SILV. — ¿Pues de donde procede esa mudanza?

TEOD. — Procede del peso del aire: el odre en la cumbre del monte tiene sobre sí menos cantidad de aire que en el valle, porque cuando está en el valle bien veis que carga sobre el odre el aire que va desde el valle hasta la cumbre del monte, y el que va de allí arriba hasta el fin de la region del aire; mas cuando el odre está encima del monte ya no pesa sobre él aquella porción de aire que va desde la cumbre del monte hasta el valle; y como acá abajo tiene mayor peso sobre sí, está el aire de dentro del odre mas oprimido, y ocupa menos espacio: ocupando menos espacio parece que el odre no está lleno; pero cuando le llevan hácia arriba se va disminuyendo el peso del aire exterior, y se va dilatando el aire interior del odre hasta volver á quedar estendido totalmente y lleno como antes.

SILV. — Cuando tuviereis oportunidad para hacer esa esperiencia convidadme; porque si lo viere, entonces lo creeré; antes de eso no, dígalo quien lo dijere.

TEOD. — Levantaos: vamos aquí á esta máquina. ¿Veis esta vejiga casi vacía? Reparad que tiene la

boca bien cerrada : aquí la meto dentro del recipiente. ¿Veis esta pera arrugada?

SILV. — Veo : supongo que es del tiempo del rey don Sebastian : es estimable ciertamente por su antigüedad ; ¿y para que sirve eso?

TEOD. — Sirve para meterse ahora en el recipiente : reparad en lo que sucede mientras trabaja la máquina.

EUG. — La vejiga se va llenando.

SILV. — Y la pera se va desarrugando.

EUG. — Parece una pera cogida poco ha : Silvio, reparad en la vejiga ; cuando se metió en el recipiente estaba casi vacía, y ahora está llena.

TEOD. — ¿Lo habeis visto? Oid ahora. El aire que estaba dentro de la vejiga cuando estaba acá fuera estaba oprimido con el peso del aire, por eso estaba comprimido y ocupaba poco espacio ; y como ocupaba poco espacio estaba la vejiga casi vacía ; pero ahora que yo extraje el aire de dentro del recipiente, ya el que está dentro de la vejiga no tiene quien le comprima, y así se dilata y llena toda la vejiga como veis : lo mismo sucede al aire que estaba en los poros de la pera, y por eso queda su corteza lisa y sin arrugas como estais viendo.

SILV. — No puedo persuadirme que esa mudanza proceda del peso del aire. ¿Si volviéremos á poner estas cosas en el aire libre volverán á su antiguo estado?

TEOD. — Si ; porque vuelve el peso del aire á comprimir estos cuerpos como antes : ya meto el aire en el recipiente abriendo una llave que hay para este fin. Vedlo.

EUG. — He ahí la vejiga casi vacía otra vez y la pera arrugada. ¿Lo creeis ya, Silvio?

TEOD. — Esperad, no deis todavía crédito, pues hay mas esperiencias que os han de obligar á ello. Aquí teneis esta manga de vidrio A (Fig. 52), con una piel de vejiga atada encima á manera de tambor : en lugar del recipiente pongo esta manga de vidrio sobre la máquina ; cuando trabajar con la máquina, y reparad lo que sucede.



Fig. 52.

SILV. — ¿Qué es esto? ¿Qué estallido ha sido este?

TEOD. — La piel que tapaba la manga, luego que extraje el aire que estaba dentro de ella, reventó hacía abajo como veis. En cuanto esta manga de vidrio estaba llena de aire el aire que estaba debajo de la piel impedía que el aire que pesaba de arriba no la reventase ; pero luego que yo con la máquina saqué el aire que estaba dentro de la manga, el aire que pesa de arriba no halla quien sostenga la piel por la parte de abajo : carga en ella y la reventó. Lo mismo sucede al vidrio ; esperad, y lo vereis. Aquí teneis este cañon de cobre B abierto por ambas partes (Fig. 53), tápole con este pedazo de vidrio E, y lo pongo sobre la máquina en lugar del recipiente para extraerle el aire de adentro : vereis como estalla el vidrio luego que le falte el aire que está por debajo.



Fig. 53.

SILV. — Veámoslo, pero á lo lejos...

EUG. — He ahí el vidrio hecho pedazos.

TEOD. — Advierto que para hacerse bien esta esperiencia entre el vidrio que se ha de quebrar, y el cañon de cobre B, debe ponerse alguna piel mojada y agujereada en el medio para que el vidrio asiente bien en el cañon, de suerte que no pueda pasar el aire de afuera por entre el vidrio y el cañon. Vereis ahora otra esperiencia divertida. Aquí está este cañon de laton J (Fig. 54): sobre él



Fig. 54.

pongo esta mitad de manzana *m*, cargo algun tanto en ella para que quede la boca del cañon clavada en la manzana; vereis que luego que estrajere el aire del cañon entra la manzana por el cañon adentro, partiéndose con una especie de estallido; porque como le falta el aire que de la parte de abajo la sostenia, el de arriba con su peso la va clavando hasta partirla. Ya trabajan con la máquina.

EUG. — Ella se va hundiendo y clavando en el cañon... Ahora estalló y se metió dentro del cañon la parte que cupo por su boca.



Fig. 55.

TEOD. — Aquí tenemos ahora este frasquito H (Fig. 55); es cuadrado, y así es preciso que lo sea: tiene en la boca una rosca con que se cierra y ajusta con la de la máquina i (Fig.

59), por donde se estrae el aire del recipiente. Mientras tiene el aire dentro, el de afuera, que le carga y oprime, no le puede quebrar; porque tanto carga el aire de afuera como ampara y sostiene el aire de adentro; pero si le estraemos el aire de adentro, como el de afuera no halla quien le resista por la parte de adentro, hará pedazos el frasquito; mas para que no nos salte á los ojos algun pedacillo, aquí le pongo por afuera esta red de alambre M.

EUG. — Esta esperiencia tarda mas tiempo que la de la manzana... mas ya reventó todo cuando yo menos pensaba.

SILV. — ¿Y quebrásteis vuestro frasquito á causa del peso del aire?

TEOD. — No servia sino para eso. Sentémonos, que despues continuaremos con otras esperiencias. Decidme ahora, Silvio; ¿este peso ú opresion que quebró este frasco, que reventó la vejiga, y ha hecho los demas efectos, es cierto que oprimia esos cuerpos?

SILV. — Lo es sin duda: antes que los reventase ó quebrase habia de oprimirlos.

TEOD. — Pues el mismo aire que estaba sobre estos cuerpos que se quebraron estan tambien sobre los nuestros; luego si los oprimia á ellos, tambien nos oprime á nosotros.

SILV. — Poco á poco; yo quiero concederos eso; mas reparad que estais perdido: de ahí infero yo: ¿luego así como el peso del aire oprimió á estos cuerpos tanto que los reventó, tambien nos oprimiria á nosotros tanto que nos reventaria? ¿Veis, Teodosio, que os clavásteis en vuestra misma lan-

za? Es lo que yo digo, Eugenio, todo esto es quimera.

TEOD. — Lo que sucedió al frasco de vidrio, etc. tambien nos sucederia á nosotros, si no tuviésemos dentro mucho aire, como ya os dije. Reparad que mientras el frasco tuvo dentro de sí aire bastante no reventó: lo mismo digo de los demas cuerpos; porque el aire interior con su elasticidad rebatía la fuerza que hacia por fuera el aire exterior: he aquí por que no sentimos molestia ni daño con el peso del aire que nos oprime, porque tenemos dentro de nosotros gran cantidad de aire como ya os dije.

ETG. — Decidme ahora, Teodosio: ¿y á quanto ascenderá el peso del aire que carga sobre cada uno de nosotros estando á campo raso?

TEOD. — Por esa pregunta vuestra infiero que estais en una equivocacion muy grande, y es, que un hombre puesto en el campo tiene mas peso de aire sobre sí que estando dentro de casa.

ETG. — Yo en eso estaba, porque dentro de casa solamente carga sobre mí el aire que hay hasta el techo, que es mucho menos que el aire que tengo sobre mí cuando estoy en el campo.

SILV. — En eso teneis razon, Eugenio.

TEOD. — El aire ya sabeis que es un cuerpo fluido: sabeis tambien que los fluidos y los liquidos se parecen, y que los cuerpos liquidos no pesan como los sólidos. Traed á la memoria que cuando traté del modo con que pesaban los liquidos sobre el fondo de cualquier vaso, os dije que pesaban igualmente hácia los lados con tanta fuerza como hácia abajo: que todas las veces que la base ó fondo so-

bre que pesaban era igual, y la altura perpendicular del líquido era la misma, siempre importaba el mismo peso, bien sea que la columna esté derecha desde abajo hasta arriba, ó bien que venga con rodeos.

ETG. — Bien me acuerdo de esa doctrina.

TEOD. — Pues he ahí por que el aire tanto pesa sobre nosotros estando en casa como estando en el campo; porque estando en casa ó en el campo siempre pesa sobre nosotros una columna de aire, que va desde nosotros hasta allá arriba al fin de la atmósfera del aire, que dicen tendrá de 15 á 20 leguas de altura poco mas ó menos. Hay no obstante una diferencia en lo que iba diciendo, y es, que si estamos en el campo pesa sobre nosotros una columna de aire derecha; pero si estamos en casa, pesa sobre nosotros una columna torcida, que viene desde el fin de la atmósfera hasta la ventana, y desde allí hasta nosotros, mas aunque esta columna así torcida sea mas larga que la otra derecha, siempre es igual su peso, como os mostré con evidencia cuando traté del peso de los liquidos en los vasos inclinados, y en los vasos mas estrechos arriba que abajo; y la razon es, porque tiene la misma base y la misma altura perpendicular: de suerte que como este aire de afuera tiene comunicacion con el que está dentro de casa, le oprime tanto como el que le queda por abajo á plomo hasta la tierra: este aire oprimido carga sobre nosotros con fuerza igual á su peso y á la opresion que le hace el aire de afuera, que es mucha, porque es tanta cuanto es el peso de la columna allá desde fuera hasta el fin de

la atmósfera: así venimos á tener sobre nosotros un peso igual al de una columna de aire desde nosotros hasta el fin de la atmósfera del aire.

EUG. — Ahora veo para qué sirven las doctrinas que entonces me disteis.

TEOD. — Dejada ya á un lado esta preocupacion en que estábais, respondo á la pregunta que me hicisteis: ¿á cuánto ascenderia el peso de aire que carga sobre nosotros? No puede darse regla cierta, porque conforme fuere la estension del cuerpo que cada uno tiene, así es mas anchá ó mas estrecha la columna de aire que carga sobre él; pero os daré una idea cierta por donde se puede venir á conjeturar poco mas ó menos el peso de aire que cada uno trae sobre sí: la columna de aire que tenga de base un pie de Rey en cuadro pesa 2204 libras. Pie de Rey es una cierta medida que tiene 12 pulgadas ó palmo y medio de los nuestros; y por esta cuenta, ocupando la estatura ordinaria de un hombre tres pies de Rey, viene á importar el peso de aire que le oprime mas de 6000 libras.

EUG. — Eso, Teodosio, no puede ser: os equivocais en la cuenta.

TEOD. — No me equivoco: mirad, una columna de aire que tenga un pie en cuadro pesa tanto como una columna de agua de ese ancho que tenga 52 pies de altura, como os mostraré hoy ó mañana si hoy no hubiese tiempo: cada pie cúbico de agua pesa 72 libras¹; multiplicando 72 libras por 52 pies, sale el producto de 2504, que es el peso de

¹ Regnault, *Entret. físic.*, tomo 1, p. 385.

una columna de aire que tenga por base un pie cuadrado. Si la estension de un hombre ocupase tres pies cuadrados, multiplicando aquel peso por tres, sale el producto de 6912, que tanto importará el peso de 3 columnas de aire, si cada una tiene por base un pie cuadrado, lo que reducido á arrobas suma mas de 200: ¿qué me decís, Eugenio?

EUG. — Parece increíble que no nos haga reventar tanto peso.

TEOD. — Mas peso tiene ciertamente sobre sí á proporcion un pez en el fondo de la alta mar, y con todo no revienta: ¿qué importa que tengamos sobre nosotros mas de 6000 libras, si dentro de nosotros tenemos aire capaz de sostener todo ese peso? ¿Si tuviéseis sobre vuestra mano mas de 1000 arrobas, y yo por entre los dedos os pusiese unos espeques capaces de sostener todo ese peso, sentiriais molestia alguna en la mano?

EUG. — Ciertamente que no.

TEOD. — Pues lo mismo nos sucede á nosotros con el peso del aire: el aire que está dentro de nuestros poros y dentro de nosotros, es capaz de sostener todas esas 6000 libras de aire que cargan encima.

SILV. — ¿Con que quereis sostener 6000 libras de peso con unos puntales de aire? ¡Célebre máquina á la verdad!

TEOD. — Ya que ambos estais incrédulos, vamos á las esperiencias, y despues hablaremos. Aquí tenéis esta caja de palo A (Fig. 36) con su tapa B, la cual tiene tres argollitas en los lados, que encajan en estos tres hierros que estan clavados en la caja en

orden á que cuando se levantara la caja no suceda el caerse hácia el lado.

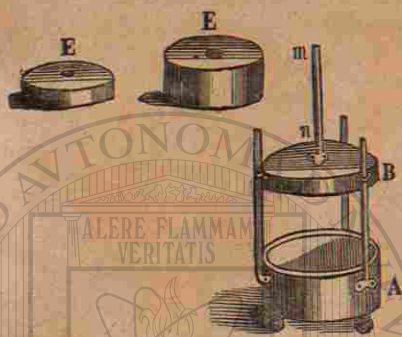


Fig. 56.

de la caja hácia los costados. Reparad ahora, Silvio: aquí meto dentro de la caja esta vejiga que no tiene ni la mitad del aire que le podía haber: bien veis que ella no llena toda la caja; ahora la cubro con su tapa, y le pongo encima estos pesos, que pesan 40 libras. Todo esto va adentro de la máquina, y lo cubro con el recipiente para estraerle todo el aire que oprime la vejiga por la parte de afuera.

SILV. — En tanto que la máquina va trabajando, decidnos, ¿qué ha de suceder?

TEOD. — Vereis que la vejiga así que le falte el aire que estaba fuera de ella, se dilata tanto que llena la caja A, y va levantando la tapa B con los pesos EE que estaban encima: no me creais á mí, creed á vuestros ojos (Fig. 57). ¿Veis ya la tapa separada de la caja? Esperad un poco, y vereis que aun se levanta mas.

EUG. — No hay duda, ya está totalmente sepa-

rada de la caja: yo veo allá dentro la vejiga ooo bien llena. ¿No la veis, Silvio?

SILV. — Bien la veo: ¿mas á qué viene esto al caso?

TEOD. — Si lo habeis visto, sentémonos á discurrir. Decidme: ¿quién impide y sostiene aquella tapa cargada con 40 libras de plomo? ¿Quién, digo, impide que no baje hácia abajo á unirse con la caja como estaba antes? Supongo que muy bien veis que el aire interior de la vejiga es quien sostiene todo aquel peso.

SILV. — Es así, no se puede negar.

TEOD. — ¿Pues cómo así, mi doctor? ¡Con puntales de aire quereis sostener 40 libras! Advertid ahora: estas 40 libras no pueden comprimir el aire que está en la vejiga, de suerte que se acomode en la caja cerrada; luego para comprimirle de suerte que la vejiga se acomode dentro de la caja cerrada, como estaba antes de la esperiencia, es preciso un peso mayor que el de las 40 libras. ¿No es así?

SILV. — Así ha de ser necesariamente.

TEOD. — Bien: luego si este aire libre que decís que no pesa; si este aire, digo, por sí solo comprimiéndose de tal suerte la vejiga que quepa en la caja cerrada, habeis de conceder que pesa mas de 40 libras; porque hace lo que ellas no pueden hacer.

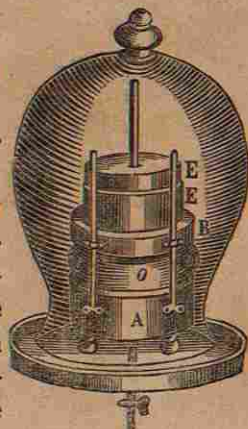


Fig. 57.

SILV. — Si señor.

TEOD. — Ahora dejadme introducir el aire en la máquina, y sacar la vejiga fuera... Aquí la teneis en su estado natural... ¿Veis que cabe francamente dentro de la caja? Decidme ahora; ¿quién comprime este aire de la vejiga? ¿Quién hace que no esté tan dilatado, como ha poco tiempo estaba, cuando levantaba la tapa cargada con los pesos?

EUG. — Será el aire exterior que ahora tiene sobre sí, de cuya opresion estaba libre cuando estrajisteis el aire de la máquina.

TEOD. — ¿Estais por esa respuesta, Silvio? Si estais, ved que dais al aire, que carga sobre esta vejiga mas de 40 libras de peso; porque el peso del aire que carga sobre la vejiga la comprime mas de lo que la comprimian las 40 libras de plomo: luego la columna de aire que carga sobre esta vejiga pesa mas de 40 libras: ved ahora cuánto mas pesará la columna de aire que carga sobre cualquiera de nosotros; porque, como ya os dije, cuanto mayor es la superficie de cualquier cuerpo, tanto mas ancha es la columna de aire que carga sobre él; y cuanto mas ancha es tanto mas pesa.

SILV. — Aun así siempre va grande esceso de 40 libras á 6000 y tantas, que deciais que cargaban sobre cada uno de nosotros.

TEOD. — Tambien es grande el esceso que cualquiera de nosotros lleva á esta vejiga, que apenas cubre la palma de la mano.

EUG. — Ahora ya no teneis, Silvio, que replicar, pues está el punto evidentemente probado.

TEOD. — Concluyendo pues el discurso: así co-

mo el aire que está dentro de la vejiga resiste al peso de las 40 libras de plomo, y resistirá 80 y 100, si la vejiga fuere mayor: así el aire que está en nuestros poros resiste al peso de todo el aire exterior que nos comprime; de suerte que este aire que está dentro de la vejiga está comprimido; y ya os mostré que era elástico: todo cuerpo elástico que está comprimido hace fuerza para dilatarse: he aquí el modo con que resiste al peso del plomo: los pesos cargaban en la vejiga hácia abajo, el aire interior á causa de su elasticidad hacia fuerza para que la vejiga se dilatase y levantase hácia arriba; y como esta fuerza de la elasticidad era mayor que la que hacian los pesos de plomo, por eso el aire los levantaba. Pero luego que puse la vejiga fuera, como cargaba sobre ella el aire exterior, y su peso es mayor que las 40 libras, por eso vence á la resistencia que hace el aire interior, y así le comprime mas y le reduce á menor espacio; y si le reduce á menor espacio, claro está que ha de quedar la vejiga mas baja ó vacía. ¿No os parece esto verdad, Silvio?

SILV. — Quiero pensar en esto mas despacio, pues estas cosas no se me conforman bien con la razon: si vos, Eugenio, por vuestra parte, os dais por convencido, id, Teodosio, continuando con el discurso.

EUG. — Yo me doy por convencido; solo me ocurre una duda, y es esta: si el peso del aire exterior vence la resistencia del aire que está dentro de la vejiga ¿por qué no la comprime mas? Este aire que aquí está aun se puede reducir á espacio mucho me-

nor, conforme á lo que dijisteis cuando esplicasteis la comprimibilidad del aire.

TEOD. — Es verdad que este aire que está en la vejiga se puede comprimir mas; pero para eso se requiere mayor fuerza que la que tiene aquí el peso del aire. Habeis de saber, Eugenio, que cualquier cuerpo elástico cuanto mas se comprime mas fuerza hace para restitirse, como poco ha visteis en aquella espada: así tambien el aire cuanto mas comprimido está mayor es la fuerza de su elasticidad: de aquí procede que cuando el aire exterior comprimió esta vejiga la fue comprimiendo poco á poco: al principio era mayor el peso del aire que la fuerza de la elasticidad, por eso el aire exterior iba venciendo y comprimiendo; pero como al mismo paso que crecia la compresion crecia tambien la fuerza de la elasticidad, creció tanto esta que vino su fuerza á igualarse con el peso del aire exterior, y así quedaron estas dos fuerzas en equilibrio, ni el peso del aire vence la elasticidad comprimiendo mas la vejiga, ni la fuerza de la elasticidad puede vencer el peso del aire dilatando la vejiga; y por eso queda en este estado quieta sin dilatarse ni comprimirse. Poned esta vejiga así atada donde sea menor el peso del aire, vereis que entonces la elasticidad del aire interior vence el peso del exterior, y que la vejiga se dilata: por el contrario, poned esta vejiga donde el peso del aire sea mayor que aquí, vereis como entonces el peso del aire exterior vence la elasticidad del aire interior, y queda la vejiga mas comprimida.

SILV. — ¿Y cómo se puede ver eso?

TEOD. — De este modo: llevad esta vejiga á un monte muy alto, y quedará mas llena y estendida: llevadla á un profundo valle ó pozo, y quedará mucho mas vacía de lo que está.

EUG. — Esa es la esperiencia del odre, que ya alegásteis. Pero de lo que habeis dicho infero que el aire que tenemos junto á nosotros está mas comprimido que el que está allá encima de esos montes muy altos.

TEOD. — E inferis bien. El aire, Eugenio, carga el uno sobre el otro; aquel que queda mas abajo tiene sobre sí mayor peso, y necesariamente ha de estar mas comprimido. Esta es la razon por qué en los montes muy altos, como el Olimpo etc., dicen que no se puede vivir mucho tiempo, por quanto el aire que allí hay, como tiene sobre sí menos peso está menos comprimido, y así no sirve para la respiracion; porque como os explicaré á su tiempo, la compresion y la elasticidad del aire son precisas para la circulacion de la sangre y otras utilidades de la respiracion. De aquí procede que si en la máquina pneumática metiésemos un gato ó una paloma, ú otro animal semejante, luego que comenzásemos á extraer el aire, de suerte que quedara mas rarefacto el otro que queda dentro, acometerian al animal tales ansias y convulsiones que moriria brevemente: si quereis ver esto al instante se hará la esperiencia.

EUG. — Siendo la esperiencia en gato nada se me da, porque es animal que aborrezco.

TEOD. — Pues vamos á ello: dejadme preparar este recipiente mayor mientras me traen al infeliz.

SILV. — Sin culpa se ve condenado á muerte por causa de las filosofías modernas : ¿ y qué culpa tiene el pobre de las dudas de Eugenio ?..... Allá traen al miserable.

TEOD. — Reparad en la brevedad....., ya entra en convulsiones. (Fig. 58).



Fig. 58.

EUG. — Ya veo que muere : perdonémosle , Teodosio , no diga Silvio que aprendemos á ser crueles hasta con los animales inocentes : abrid la llave , y dejad entrar el aire dentro de la máquina.

TEOD. — Ya está libre del peligro : sentémonos y continuemos el discurso.

EUG. — Ya veo que el aire por muy rarefacto daña , y que tam-

bien será nocivo por estar muy comprimido.

TEOD. — Esta tambien es la razon por qué los que van al fondo del mar dentro de las *campanas urinatorias* , cuando vienen hácia fuera traen los ojos macilentos , y otras señales de no haberse hallado allá muy bien.

EUG. — Yo no sé qué cosa es eso de *campana urinatoria*.

TEOD. — Ya os he dicho lo que acaeció en Burdeos cuando bajaron al fondo del rio Garona : pues

aquello es una *campana urinatoria*. Para mejor inteligencia os mostraré una (Fig. 59); aquí la tenéis : es como un gran recipiente de vidrio ó de otra cualquier materia : alrededor ha de tener una cinta como esta *eee* cargada de pesos de plomo : métese en el agua así derecha con la boca hácia abajo , y el hombre que quiere ir al fondo del mar va dentro en un palo atravesado como pájaro en jaula : de este modo baja hasta el fondo del mar sin que le toque gota de agua.

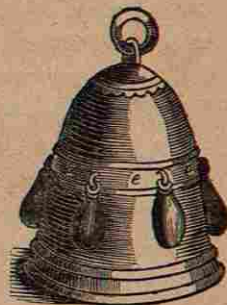


Fig. 59.

Porque el agua como sabeis no puede entrar hácia dentro de la *campana* sin echar el aire fuera de ella : el aire no tiene por donde salir , porque la misma agua le tapa la boca : hagamos la esperiencia : mandaré traer un vaso con agua , y vereis que metiendo dentro de él la *campana* derecha no le entra agua dentro.

EUG. — No es necesario : ahora advierto que eso sucede con cualquier vaso de vidrio , que metiéndole derecho con la boca hácia abajo dentro del agua no se llena : vamos á lo que deciais.

TEOD. — El aire que queda dentro de la *campana urinatoria* resiste á causa de su elasticidad á que entre el agua ; pero no puede resistir tanto que el agua no entre hasta la altura de un dedo ó mas , segun fuese la altura del rio ó del agua que hay desde la *campana* arriba , porque esta agua que está en

el horde de la *campana* quiere entrar hácia dentro por causa del peso de la otra que tiene sobre sí: este peso es mayor (como ya os dije en la Tarde de los líquidos), cuanto mayor es la altura del agua que hay desde la *campana* arriba: además de eso sobre la superficie del rio carga el peso del aire que le corresponde: de este modo ya la fuerza que hace el agua para entrar es muy grande, porque es la fuerza de todo el peso del aire y del peso del agua que hay de la *campana* arriba: así esta fuerza vence la elasticidad del aire que está dentro de la *campana*, y le comprime algun tanto mas: por eso el hombre que está dentro padece bastante incomodidad, y no puede sufrir allí mucho tiempo; pero se detiene el que basta para buscar en el fondo del mar lo que se intenta sacar, que esta es su utilidad. En la que se construyó en Burdeos no habia los inconvenientes que podeis notar en estas campanas, que son de añeja construccion. Entre unas y otras hay grande diferencia.

EUG. — Por cierto que es grande; mas no dejemos la materia de que hablábamos.

TEOD. — Todo este aire, Eugenio, pesa, y por eso el que está mas abajo está mas condensado; pero de ahí se infiere que es mas pesado, conforme á lo que queda dicho del mayor ó menor peso de los cuerpos; esta es la razon de la dificultad que hay en medir la altura que tiene la region del aire, porque si todo fuese igualmente pesado, sabiéndose cuánto pesa un pie cúbico de aire, y por otra parte cuánto pesa una columna entera que tenga el ancho de un pie en cuadro, se venia fácilmente á conocer

cuántos pies tenia de altura esa columna; pero la verdad es que el aire cuanto mas arriba mas raro está, y menos pesa á proporcion, como tambien en los pozos y concavidades de la tierra está mas denso y mas pesado: en esto se funda el discurso de M. Amontón⁴ acerca del aire subterráneo: opina que el aire que estuviese 48 leguas por la tierra abajo estará en esa distancia tan denso como el azogue.

EUG. — Parece mucho, Teodosio.

TEOD. — Yo no defiendo por ahora este pensamiento; pero como el aire es sumamente comprimible por causa de los innumerables poros que tiene, y de la mucha flexibilidad de sus partes, creciendo el peso que le oprime ha de crecer su compression; y cuanto mas fuere hácia abajo mas comprimido ha de estar forzosamente; y así en el fin de las 48 leguas siempre ha de tener una gran compression, porque además del peso del aire que hay desde la faz de la tierra arriba hay toda esa columna de aire de 48 leguas, y de aire cada vez mas comprimido, por lo que á mí no me parece esto increíble. Una cosa hallo á su favor, y es, que conforme á la esperiencia que hizo M. Hales cuando redujo el aire á un espacio 1554 veces menor que el que ocupaba naturalmente, entonces estaba el aire mucho mas condensado que el agua, como observó juiciosamente Muschembroek, y mas pesado que ella, porque conforme al cómputo que seguimos, cuando el aire llegase á ocupar un espacio 900 veces menor que su estension natural, entonces estaba tan

⁴ Memor. de l'Acad. p. 101.

denso y tan pesado como el agua ; luego todo el exceso de compresion que tuvo de allí adelante hasta quedar en un espacio 1554 veces menor, hizo que quedase el aire mas denso y mas pesado que el agua.

EUQ. — No hay duda que así habia de ser forzosamente, porque tenia mas materia que el agua.

SILV. — ¡ Es posible, Eugenio, que aun creais en las doctrinas de Teodosio, y en lo que dicen sus libros!

EUQ. — A mí para que me convenzan bastan las esperiencias que ví con mis ojos. Si á vos no os hacen fuerza, ¿ por qué no las impugnais? Mas si os parece que prueban el peso del aire, ¿ por qué razon dudais en una cosa tan clara?

SILV. — Yo no vengo aquí con ánimo de sostener tesis, continuad Teodosio, y aprovecharemos mejor el tiempo.

§ V.

Explicanse los efectos de algunas máquinas debidos á la presion atmosférica. Del barómetro.

TEOD. — Espliquemos por el peso y elasticidad del aire ó mejor por la presion atmosférica los efectos de algunas máquinas, sea el primer efecto la subida del agua dentro de las bombas y jeringas.

EUQ. — ¿ Pues qué cuando yo con una jeringa atraigo el agua que está en un vaso, procede esto del peso del aire? Jamas se me pasó tal por la imaginacion. ¿ Qué decís, Silvio?

SILV. — En cuanto á ese efecto es escusado el peso del aire. Acá en nuestra Filosofia damos causa muy bastante, que es el horror del vacío : ello es cierto que el agua es pesada, y que siendo pesada no puede subir hácia arriba naturalmente ; pero es ley de la naturaleza que no haya *vacuo* en este mundo, esto es, lugar totalmente vacío, ni naturalmente le puede haber ; porque seria una como herida que se hacia en la naturaleza : esto pues como es una causa comun todos los cuerpos ceden, permitidme decir así, de su peso para acudir á la integridad del universo, esto es, para impedir que no haya *vacuo*. Cuando yo meto la punta ó cañoncito de una jeringa dentro del agua y tiro del émbolo, una de dos, ó el agua ha de subir á ocupar el espacio que deja el émbolo, ó ese espacio ha de quedar vacío : quedar vacío era un grande inconveniente á que toda la naturaleza tiene horror : para que no suceda eso sube el agua hácia arriba á llenar el vacío de la jeringa ; y si sacais la jeringa del vaso, no caerá el agua fuera por la misma razon ; porque si cayese quedaria vacía esa cavidad de la jeringa ; por esta razon el agua desprecia su peso, y se está quieta sin caer abajo, teniendo camino abierto para caer si quisiese.

EUQ. — ¡ Gracias á Dios, que ya me explicásteis un efecto natural en vuestro sistema, de suerte que me satisficiese ! Si todo lo demas fuese así no tendria duda en ser de los vuestros. ¿ A vos, Teodosio, no os parece que esto está puesto en razon?

TEOD. — Paréceme que no : yo iré diciendo los

denso y tan pesado como el agua ; luego todo el exceso de compresion que tuvo de allí adelante hasta quedar en un espacio 1551 veces menor, hizo que quedase el aire mas denso y mas pesado que el agua.

EUJ. — No hay duda que así habia de ser forzosamente, porque tenia mas materia que el agua.

SILV. — ¡ Es posible, Eugenio, que aun creais en las doctrinas de Teodosio, y en lo que dicen sus libros!

EUJ. — A mí para que me convenzan bastan las esperiencias que ví con mis ojos. Si á vos no os hacen fuerza, ¿ por qué no las impugnais? Mas si os parece que prueban el peso del aire, ¿ por qué razon dudais en una cosa tan clara?

SILV. — Yo no vengo aquí con ánimo de sostener tesis, continuad Teodosio, y aprovecharemos mejor el tiempo.

§ V.

Explicanse los efectos de algunas máquinas debidos á la presion atmosférica. Del barómetro.

TEOD. — Espliquemos por el peso y elasticidad del aire ó mejor por la presion atmosférica los efectos de algunas máquinas, sea el primer efecto la subida del agua dentro de las bombas y jeringas.

EUJ. — ¿ Pues qué cuando yo con una jeringa atraigo el agua que está en un vaso, procede esto del peso del aire? Jamas se me pasó tal por la imaginacion. ¿ Qué decís, Silvio?

SILV. — En cuanto á ese efecto es escusado el peso del aire. Acá en nuestra Filosofia damos causa muy bastante, que es el horror del vacío : ello es cierto que el agua es pesada, y que siendo pesada no puede subir hácia arriba naturalmente ; pero es ley de la naturaleza que no haya *vacuo* en este mundo, esto es, lugar totalmente vacío, ni naturalmente le puede haber ; porque seria una como herida que se hacia en la naturaleza : esto pues como es una causa comun todos los cuerpos ceden, permitidme decir así, de su peso para acudir á la integridad del universo, esto es, para impedir que no haya *vacuo*. Cuando yo meto la punta ó cañoncito de una jeringa dentro del agua y tiro del émbolo, una de dos, ó el agua ha de subir á ocupar el espacio que deja el émbolo, ó ese espacio ha de quedar vacío : quedar vacío era un grande inconveniente á que toda la naturaleza tiene horror : para que no suceda eso sube el agua hácia arriba á llenar el vacío de la jeringa ; y si sacais la jeringa del vaso, no caerá el agua fuera por la misma razon ; porque si cayese quedaria vacía esa cavidad de la jeringa ; por esta razon el agua desprecia su peso, y se está quieta sin caer abajo, teniendo camino abierto para caer si quisiese.

EUJ. — ¡ Gracias á Dios, que ya me explicásteis un efecto natural en vuestro sistema, de suerte que me satisficiese ! Si todo lo demas fuese así no tendria duda en ser de los vuestros. ¿ A vos, Teodosio, no os parece que esto está puesto en razon?

TEOD. — Paréceme que no : yo iré diciendo los

fundamentos que me obligan á no concordar con Silvio. Primeramente, decidme, Silvio, ¿esa agua que sube por la jeringa arriba sube ella por sí misma ó la lleva alguno?

SILV. — El émbolo que yo levanto con la mano es quien trae el agua hácia arriba.

TEOD. — El émbolo no puede traer hácia si al agua porque no la toca: entre el émbolo y el agua media todo el cañoncillo ó punta de la jeringa que está llena de aire, antes que el agua suba; y ese aire siempre se conserva entre el agua y la superficie del émbolo: esto se ve con una esperiencia fácil: poned en el émbolo, por la parte de abajo un papel seco pegado con una oblea, limpiad la jeringa por adentro muy bien, meted el émbolo en su lugar, y haced subir el agua de algun vaso, teniendo la jeringa derecha á plomo hácia abajo: no la cerreis por encima, id tirando el émbolo hasta que salga fuera de la jeringa, y hallareis el papel tan seco como antes; luego estando así la jeringa bien derecha es cierto que el émbolo no tocó en el agua; y si no tocó en ella, ¿cómo la puede tirar y traer hácia arriba? Además de que si quereis convencersos de que es verdad esto que os digo, antes de meter la jeringa en el agua no bajeis el émbolo hasta el fin de la jeringa, dejadle ir solamente hasta el medio, y de ahí volvedle á tirar hácia arriba, vereis que el agua sube sin tocarla el émbolo. Luego si el agua sube no es porque el émbolo tira de ella y la lleva hácia arriba, porque no la toca.

EUG. — Y aunque la tocase, como el émbolo es liso por abajo, no podia traer el agua.

SILV. — Yo no digo que el émbolo coge el agua y la lleva hácia arriba; digo que la atrae, porque cuando el émbolo se levanta el agua va hácia arriba.

TEOD. — Bien está: ¿luego el agua va por sí misma hácia arriba?

SILV. — Sí, para impedir que se verifique el vacío que está inminente, esto es, que está para suceder, si el agua no subiere.

TEOD. — ¿Y quién dió noticia al agua de que estaba para suceder el vacío si ella no subiese? Ella no ve, porque no tiene ojos: no tiene sentido alguno por donde tenga este conocimiento de lo que está para suceder si ella no subiere: ¿luego por qué ha de subir? Mas, abramos en el extremo de la jeringa, junto al cañoncillo, un agujerito que quede fuera del agua: tiremos el émbolo como antes, entonces el agua ciertamente no subirá: tapemos el agujerillo, sube el agua infaliblemente; pregunto ahora: ¿Quién dijo al agua que el agujerillo estaba abierto ó tapado para unas veces estarse quieta en su lugar y otras subir con la mayor prontitud? Aun mas: este agujero puede ser tan pequeño que muchas veces no le veais: como sucederia si fuera alguna pequeña raja que hubiese quedado en la soldadura del cañoncito con el cuerpo de la jeringa: el agua no subirá ciertamente estando este agujerito abierto. Pregunto ahora: ¿por dónde percibe y conoce el agua esto, cuando vos que teneis muy buena vista no lo percibireis muchas veces? Y si el agua no conoce que el agujero está tapado ó desta-

pado, ¿por qué no sube siempre, ó por qué no se queda siempre abajo?

SILV. — Ese argumento es bueno para niños: estas cosas no se llevan tan materialmente.

TEOD. — Está bien; mas suponed que un niño os preguntaba: ¿señor doctor, esta agua se mueve hácia arriba? ¿quién es el que la mueve? Si ella se mueve por sí misma, ¿por qué razon sube solamente cuando el agujerillo está tapado y no cuando está abierto?

SILV. — Es porque estando el agujerillo tapado hay peligro de vacío, y estando abierto no.

TEOD. — Suponed que el niño inferia de ahí: luego el agua sabe cuando hay peligro de vacío, y cuándo no: ¿y por dónde sabe esto el agua?

SILV. — A los niños no se responde cuando son importunos. Vamos adelante, no quiero responder á eso, pues no merece respuesta.

TEOD. — Vamos á otro argumento: si el agua sube hácia arriba por causa del horror del vacío, ¿siguese que ha de subir siempre mientras hubiere la misma razon?

SILV. — Claro está.

TEOD. — Pues en realidad no es así, porque el agua en llegando á una determinada altura no sube mas arriba por mas que se levante el émbolo. Es esperiencia esta averiguada y cierta, que en llegando el agua á la altura de 52 pies, y cuando mas 55, no sube mas; y así va subiendo el émbolo; pero el agua queda en el mismo lugar, sin subir ni un dedo mas. Luego si ella subió hasta esa altura no fue por miedo ú horror del vacío, porque si así

fuese habia de subir siempre, lo que no sucede. Mas: la misma razon que hay en el agua para subir la hay en cualquier otro líquido: si atrájeremos pues con alguna jeringa azogue, no subirá sino hasta la altura de 27 ó 28 pulgadas cuando mas, y de ahí arriba no pasa por modo alguno por mas que el émbolo suba. Supuesto esto, quisiera que me dijéseis, ¿quién quita el horror del vacío al azogue así que llega á aquella altura determinada? ¿O cual es la razon por qué no pierde ese horror antes de llegar ahí? Aun pregunto mas: si el azogue en llegando á 27 pulgadas ya no hace caso del vacío y se está quieto, ¿por qué razon el agua no desprecia el horror del vacío sino en altura mucho mayor?

SILV. — Si el agua y el azogue no suben pasando de esa altura determinada, es porque ya no es necesario eso para impedir el vacío: el espacio vacío que va de allí arriba puede llenarse de los vapores que el agua que está abajo echa de sí: lo mismo digo del azogue.

TEOD. — Muy bien está; mas decidme: si el agua que ocupa 52 pies puede echar de sí vapores para llenar todo el espacio que hubiere de ahí arriba, aunque sea otro tanto, también el agua que ocupa 20 pies podrá despedir de sí vapores capaces de llenar á lo menos un pie; y así levantando nosotros el émbolo hasta la altura de 21 pies, el agua no subirá sino hasta 20 pies; porque el otro pie podia llenarse bastantemente de los vapores.

SILV. — No será el agua de 20 pies bastante para el efecto.

TEOD. — No podeis responder eso; porque si el

agua de 52 pies es bastante para llenar de vapores 10 pies vacíos de ahí arriba, el agua de 20 pies también ha de dar vapores para llenar 5 ó 6 pies; pero quiero convenir en esto. Hagamos otra experiencia: supongamos un cañon muy ancho que en los 20 pies coje tanto agua como el otro en los 52, entonces habeis de conceder que esta agua ya es capaz de echar de sí vapores que llenen algun espacio.

SILV. — Sí, ha de despedir algunos.

TEOD. — Pues es experiencia constante, que va siguiendo el émbolo hasta los 52 pies, sea el cañon ancho ó estrecho, sin mudanza alguna; luego esta diferencia que hay en estas diversas alturas no puede proceder de despedir vapores el agua ó de no despedirlos.

SILV. — Si yo viese esas experiencias con mis ojos, entonces confieso que me harian mucha fuerza.

TEOD. — No está en eso la dificultad: supongo que tanta dificultad teneis en la experiencia del agua como en la del azogue, respecto de haber la misma razon en ambos casos.

SILV. — Para mí una y otra es igualmente dudosa.

TEOD. — Vamos pues á la experiencia del azogue, que como no es necesaria tanta altura se hace más fácilmente; aquí teneis este cañon *ge* (Fig. 60.); tiene 5 pies de largo, que vienen á ser 56 pulgadas: aquí está este vaso con azogue, haced la experiencia, y vereis que el azogue no pasa de una altura determinada *e* por mas que levanteis el émbolo..... ¿Veis?

SILV. — Así es; mas eso procederá de no estar el émbolo bien ajustado en el cañon.

TEOD. — ¿Pues qué eso no embarazó que subiese el azogue hasta aquí *e*, y embaraza que suba mas arriba?

SILV. — Será el cañon por arriba mas ancho.

TEOD. — Volvamos el cañon, y quede hácia arriba la parte que hasta ahora estaba hácia abajo, y vereis el mismo efecto sin diferencia...

EUG. — Ahora ya, Silvio, no teneis á donde huir: veis que quedó el azogue suspendido en la misma altura *e*, y que de ahí arriba no pasó. Meted ahora, Teodosio, este mismo cañon en el agua á ver si sube mas arriba.

TEOD. — Ha de subir hasta el fin, y subirá mucho mas hasta la altura de 52 pies si el cañon tuviese tanta altura: esperad un poco... He aquí está todo lleno de agua hasta arriba. Decidme ahora, Silvio: ¿es creible que el agua no pierda el horror al vacío sino despues de subir 52 pies, y el azogue le pierde desde luego que sube 27 pulgadas!

SILV. — ¿De qué os admirais? Esto que yo digo es opinion antiquísima de muchos hombres doctos.

TEOD. — No lo niego; pero esos grandes hombres no vieron las experiencias que vos estais vien-

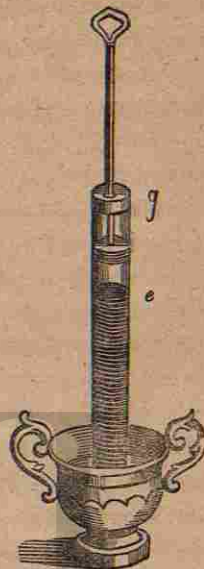


Fig. 60.

do. El primero que conoció que las jeringas ó bombas no podian atraer el agua sino hasta la altura de 52 pies, fue el gran Galileo, que hasta entonces tambien atribuia este efecto al horror del vacío; pero luego que hizo esta observacion se desengañó: su discípulo Torricelli fue quien hizo la observacion en el azogue; y M. Pascal y todos los demas físicos experimentales fueron repitiendo las mismas esperiencias, y uniformemente abandonaron el horror del vacío: son hoy tantas y tan evidentes las que hay sobre este punto, que me parece imposible que un hombre que las viere ó leyere atentamente quede todavia preocupado del horror del vacío, por mas que quiera hacer fuerza á su entendimiento para seguir su opinion.

EUG. — Id refiriendo esas esperiencias para ver si Silvio se da por convencido.

TEOD. — Vamos á otra que es muy clara. Aquí teneis este otro cañon, que tiene de largo 50 pulgadas poco mas ó menos (Fig. 61): bien veis que es cerrado por esta parte *e*, y que por la otra es abierto: he de llenarle enteramente de azogue, y tapando la boca del cañon con el dedo he de volverle sobre este vaso, que tiene tambien azogue, y meter



Fig. 61.

la boca del cañon dentro de él: hecho esto, luego que quitare el dedo que tapa la boca del cañon, vereis que el azogue va bajando por el cañon abajo hasta parar aquí en este lugar *i*; y de ahí abajo no baja... reparad, y ved si sucede asi como dije.

SILV. — Así es, paró en el lugar *i* que habiais dicho.

TEOD. — ¿Pues qué el azogue solo tiene horror al vacío de aquí abajo, y por eso no baja, y no tuvo horror para descender á este lugar *i* en que paró? Pues esto mismo ha de suceder, aunque el cañon sea mucho mas largo; porque el azogue siempre ha de venir bajando hasta quedarse 27 pulgadas mas alto que la superficie del azogue que está en el vaso. Reparad ahora en otra esperiencia que hago aquí mismo. Si inclinare este cañon vereis que á proporcion que yo le inclinare va subiendo el azogue en él, de suerte que le llena todo; y si le enderezare volverá á bajar (Fig. 62): reparad bien.

EUG. — Así es, Silvio, no se puede negar.

TEOD. — Reparad aun en otra circunstancia. Aquí está el cañon á plomo: á medida que yo le bajare y metiere mas dentro del vaso subirá el azogue; si volviere á levantar el cañon como estaba antes, bajará el azogue á su altura acostumbrada... ¿Veis que es verdad lo que yo es digo? Aun mas: si yo estuviere con el ca-



Fig. 62.

ñon inmoble y mandare echar mas cantidad de azogue en el vaso, de suerte que crezca en el vaso la superficie del azogue, vereis que tambien sube el azogue dentro del cañon; y si mandare disminuir el azogue del vaso de suerte que baje la superficie del azogue allá en el vaso, tambien bajará acá en el cañon: haré la esperiencia si quereis.

EUG. — ¿Para qué? Eso es retardar mas la causa de estos efectos, y estoy ya impaciente por saberla.

TEOD. — ¿Estais ya desengañado, Silvio, que quien sustenta al azogue para que no caiga no es el horror del vacío? Bien veis que el azogue sube y baja fácilmente todas las veces que se mudan las circunstancias que habeis observado.

SILV. — En esas circunstancias irá enyuelta alguna causa en que yo no advierta; mas veamos cómo esplicais estos efectos con el peso del aire: creo que habeis de encontrar con las mismas ó mayores dificultades.

TEOD. — Supuesto lo que queda probado, que el aire pesa, es claro que ha de oprimir y pesar sobre la superficie de cualquier líquido: ese líquido viéndose oprimido, si tuviere alguna parte donde no esperimente tanta opresion, ha de huir (dejádmelo decir así), ha de huir y escaparse por esa parte. Tenemos un ejemplo en este vaso A (Fig. 65): metamos en este vaso una tabla, que estan-

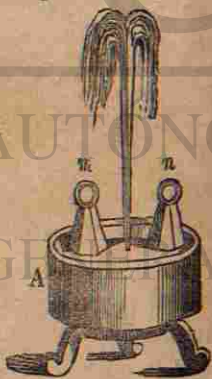


Fig. 65.

do ceñida de cuero puede ajustar bien en él, ó ir abajo y arriba: si hiciéremos un agujero en el medio de la tabla, y cargáremos en ella poniéndole estos pesos *mn*, el agua viéndose oprimida por la tabla y pesos ha de salir por el agujero saltando hácia arriba.

EUG. — No os canseis en hacer la esperiencia, que eso es cierto, y si bien me acuerdo fúndase en una proposicion evidente de las que me declarásteis cuando tratábais de los liquidos.

SILV. — Yo tambien vengo en eso: vamos adelante.

TEOD. — Pues esto mismo sucede cuando yo extraigo el agua de un vaso con una bomba ó jeringa: aquí tenemos esta á mano (Fig. 64.). El aire pesa sobre toda la superficie del agua que está en este vaso, y pesa igualmente en todas partes: de aquí se sigue que esta agua del vaso está igualmente oprimida del aire. Reparad ahora: cuando yo meto la punta de la jeringa en el agua, y tiro del émbolo hácia arriba, ya el aire no pesa en el agua que queda dentro del cañon, porque levantando yo el émbolo, voy levantando la columna de aire que carga



Fig. 64.

sobre él; y así no puede el aire cargar en el agua que está debajo del émbolo. Supuesto esto, queda clara la razon por qué el agua sube por la jeringa arri-

ba, y es, porque el agua que está fuera de la punta de la jeringa es oprimida del aire que carga en su superficie, y el agua que queda dentro de la punta no es oprimida del aire; así conforme á la ley de los líquidos ha de subir por la jeringa arriba de la misma suerte que el agua en la esperiencia de la tabla agujereada subia por el agujero de la tabla, porque así como la tabla oprimia al agua en todas partes menos en el agujerillo, así el aire oprime toda la superficie del agua menos la que queda dentro del cañon: por eso así como el agua oprimida por la tabla subia por el agujero donde no era oprimida, así tambien el agua oprimida por el aire debe subir por la jeringa, donde no padece esta opresion.

SILV. — Esa no puede ser, porque si nosotros...

TEOD. — Tened paciencia, doctor mio, dejadme probar lo que digo, y despues pondreis todas las dudas que quisierais. Primeramente ¿entendeis esto, Eugenio?

EUG. — Entiendo perfectamente: vamos á ver las pruebas con que confirmais vuestro discurso.

TEOD. — Si la subida del agua ó azogue ó cualquier otro liquido (porque la razon es la misma en todos) procediere del peso del aire, todas las veces que no haya peso de aire que cargue sobre la superficie del liquido no ha de subir el liquido por la jeringa: vamos ahora á ver si la esperiencia nos muestra esto mismo (Fig. 65.). Aquí pongo en la máquina pneumática este vaso *a* lleno de azogue: este recipiente tiene encima ajustada una jeringa, como veis, cuya punta ó fistula es este cañon de vidrio que llega hasta acá abajo para entrar dentro

del azogue que está en el vaso *a*: dejad trabajar la máquina para ver si estrayendo nosotros el aire de dentro del recipiente, que es el que oprime al azogue que está en el vaso, para ver, digo, si aun despues de eso la jeringa hace subir el azogue.

SILV. — Para ser verdadero vuestro discurso, luego que se sacare el aire del recipiente no podrá subir el azogue, porque cesa la causa que le hace subir; mas yo creo que luego que se levantara el émbolo de la jeringa ha de subir el azogue.

EUG. — Tentemos la esperiencia que ya se habrá apurado el aire del recipiente.

TEOD. — Observad lo que sucede: ya levanto el émbolo de la jeringa.

EUG. — El azogue no subió.

SILV. — No será el émbolo justo al cuerpo de la jeringa.

TEOD. — Para que os libreis de esa duda dejadme meter el aire dentro del recipiente, y vereis cómo sube el azogue: asegurad el émbolo, por cuanto hace grande fuerza para venirse abajo, mientras abro yo esta llave *o* para que entre el aire dentro de la máquina.

EUG. — He ahí subió el azogue de repente.

TEOD. — ¿Y por que no habia de subir si ahora el azogue que está en el vaso tiene ya sobre sí aire que le oprime? Antes no subia porque no era opri-

II.



Fig. 65.

mido por el aire; ahora que tiene aire que le oprime por eso sube.

SILV. — Volved á mandar estraer el aire, á ver si el azogue se conserva en el cañon, ó si baja mas abajo.

TEOD. — Ya se trabaja con la máquina: reparad que ya bajando á medida que va faltando el aire.

EUG. — Así es: ha bajado ya mas de la mitad.

TEOD. — En estrayéndose todo el aire ha de bajar todo.

SILV. — Así es: basta ya, porque me cuesta mucho el sostener fijo el émbolo de la jeringa, que hace gran fuerza para bajar.

TEOD. — He ahí bajó enteramente.

EUG. — Volvamos á introducirle el aire.

TEOD. — He ahí vuelve á subir como la otra vez.

EUG. — Está probado el intento.

TEOD. — Decid ahora, Silvio, lo que teneis contra esto.

SILV. — Tengo primeramente contra esa opinion que tambien milita contra ella la misma dificultad de no subir el agua ni el azogue sino hasta altura determinada.

TEOD. — Eso se esplica escelerentemente. El peso del aire no es infinito, tiene sus limites; luego puede equilibrarse el peso de una columna de aire con el peso de una columna de agua ó azogue: bien veis que una columna de agua ó azogue cuanto mas alta es mas pesa. Supuesto esto, cuando yo voy chupando el azogue por un cañon, cuanto mas va subiendo mas va pesando la columna de azogue que

está dentro del cañon en el otro azogue que está en el vaso por debajo del cañon.

SILV. — Así ha de ser.

TEOD. — Pues he ahí por que el azogue se para en una altura determinada, porque luego que la columna de azogue que está dentro del cañon pesare tanto como la columna de aire que carga en el demas azogue que está en el vaso, ya no hay razon para subir; y así por mas que se levante el émbolo no subirá el azogue. Tenemos ejemplo en una balanza ordinaria: cuando de parte á parte hay pesos iguales ninguno sube ni baja; pero si alguno de ellos es mas pequeño, sube para que el otro baje; así en nuestro caso cuando el azogue llega á la altura de 27 pulgadas, tanto pesa la columna de azogue que está dentro del cañon, como la columna de aire que de fuera le corresponde y oprime al azogue del vaso; así ni el azogue ha de subir ni ha de bajar, ha de parar en ese sitio. Confírmase esto, porque si en lugar de azogue hiciéremos la esperiencia con agua, que es mas ligera, sube hasta mayor altura, porque llega á 52 pies; y la razon es, porque en llegando á esa altura ya pesa tanto la columna de agua que está dentro de la bomba, como la columna de aire que carga fuera; y si hiciéremos la esperiencia con vino, que es mas ligero que el agua, subirá mas alto, y mucho mas si fuere aceite, porque es necesario mayor columna para igualar el peso de la columna de aire que está por la parte de afuera cargando en lo restante del líquido. Esta es la razon por que todos los líquidos paran en una altura determinada mayor ó menor conforme es su

peso: los que fueren mas ligeros paran en mayor altura, y en menor los que fueren mas pesados.

TEOD. — De ahí se está infiriendo manifiestamente que en todos esos efectos se atiende al peso.

TEOD. — Volvamos al ejemplo de la balanza. Ponemos en una balanza una libra de corcho: para equilibrar este peso podemos poner de la otra parte ó plomo, ó piedra, ó palo, etc.; pero con una diferencia, que si quisiéremos poner plomo será mas pequeño el volumen que si fuese piedra; y si fuere piedra será mas pequeño que si fuere palo; pero tanto ha de pesar el plomo como la piedra y como el palo, para haber de sostener en equilibrio la libra de corcho que está de la otra parte. Así tambien en nuestro caso: tenemos que equilibrar una columna de aire, para esto podemos valernos ó de azogue, ó de agua, ó de aceite: si fuere azogue bastará menor columna, esto es, bastarán 27 pulgadas: si fuere agua será precisa una columna de 52 pies: si fuere aceite será necesaria una columna de mayor altura, porque tanto pesa una columna de azogue que tenga 27 pulgadas como una de agua que tenga 52 pies.

EUG. — Basta, no os canseis mas, que lo he entendido perfectamente.

TEOD. — Esto que sucede con el subir de los líquidos dentro de los cañones sucede tambien con otro efecto semejante, que es el no bajar hácia abajo, lo cual vos, Silvio, tambien habeis explicado con el horror del vacío. Si llenáremos un cañon de azogue que tenga tres pies de alto, como visteis poco há (Fig. 61.), despues de volverle boca abajo no se

conserva el azogue en esa altura, baja hácia abajo hasta quedar en la altura *i* de 27 pulgadas: lo mismo sucede al agua: si llenaron un cañon de 55 pies, y despues de haberle tapado por encima muy bien le abrieren el orificio inferior, no se conservará el agua, caerá hácia abajo, quedando en la altura de 52 pies.

EUG. — ¿Y cuál es la razon de este efecto? ¿Es por ventura la misma que hasta aqui habeis dicho?

TEOD. — Sí: porque estando lleno de azogue el cañon que tiene 5 pies, ya la columna de azogue pesa mas que la columna de aire que está fuera cargando en la superficie del líquido: como pesa mas, baja hácia abajo, y viene bajando hasta llegar á la altura de las 27 pulgadas, porque en llegando ahí pesa ya tanto como la columna de aire que está fuera del cañon.

SILV. — De lo que habeis dicho, Teodosio, se sigue que cuanto mas ancho fuere el vaso mas alto ha de subir el azogue en el cañon; porque cuando el vaso es mas ancho carga en él mayor cantidad de aire, y habiendo mayor cantidad de peso en la columna de aire, mayor peso es necesario en la columna de azogue para que queden en equilibrio; y esto por lo que habeis dicho es falso, pues afirmáis que el azogue siempre queda en la misma altura de 27 pulgadas.

EUG. — Esa instancia, Silvio, es fuerte, y yo hallo gran dificultad.

TEOD. — Hallaisle dificultad porque no os acordais de lo que hemos dicho acerca del equilibrio de

los líquidos cuando los líquidos se equilibran teniendo comunicacion entre sí, se atiende solamente á la altura: de aquí procede que euando en un vaso,

v. g. aquel (Fig. 66), equilibramos dos porciones de agua, no se hace caso de que una porcion sea mayor que la otra; por cuanto queda el agua en la misma altura, tanto en la boca ancha A como en el cañoncillo B, equilibrándose de este modo una porcion muy grande de agua con otra mucho mas pequeña; porque tienen la misma altura, aunque una columna de agua sea mas ancha que la otra.

Lo mismo digo cuando se equilibran entre sí líquidos de diversos géneros: mirase solamente á la altura, de suerte que si un líquido es dos veces mas pesado que otro, el que fuere mas ligero ha de tener una columna dos veces mas alta que el otro que es mas pesado; y así á proporcion, sin hacer caso de que una columna sea mas ancha ó mas estrecha, porque eso no hace mudanza alguna en el equilibrio de los líquidos entre sí cuando se comunican. La razon de esto la di en su lugar, y viene á ser, porque cuando dos columnas de líquidos se equilibran y comunican entre sí, es cierto que teniendo en consideracion toda la altura de estas columnas, el extremo de una bate y forcejea contra el extremo de la otra, en este sitio donde las dos columnas se tocan y contienden necesariamente tienen base igual; y por la base y altura se mide todo el peso de los lí-



Fig. 66.

quidos, como queda dicho en su lugar. Por tanto, una cosa es el ancho de la base y otra el ancho de la columna: puede una columna ancha tener una base estrecha, y al contrario una columna muy estrecha tener una base muy ancha: de la anchura que tiene la columna del líquido no se hace caso en orden al equilibrio con otra porcion de líquido; solo se debe tener en consideracion la base de estas columnas; pero como queda dicho que todas las veces que dos columnas se comunican y equilibran se tocan entre sí con bases iguales hablando nosotros del equilibrio de dos líquidos, es superfluo mirar á las bases de las columnas: hemos de atender solo á las alturas. Por tanto, Silvio, aunque sobre un vaso ancho cargue mas porcion de aire que sobre otro estrecho, como el aire tiene la misma altura en una y otra parte, es necesaria igual altura de azogue para contrapesarle. Esta es la razon por que el azogue siempre sube á la misma altura en un cañon ancho ó en uno estrecho: lo mismo digo del agua que tanto sube en las bombas anchas como en las estrechas; porque como en estos casos se equilibran líquidos entre sí, solo se atiende á las alturas de las columnas.

SILV. — Fúndase esa vuestra doctrina en los principios de la hidrostática, que habeis explicado ya; mas no dejan de ser admirables, y á lo que parece á primera vista contrarios á lo que dicta la buena razon; pero esta materia ya quedó disputada en otra ocasion, pasemos adelante. Acuérdomé ahora otra cosa, siguiendo esos mismos principios que acabais de establecer. Si decís que en el equilibrio del aire

con el azogue v. g. solo se atiende á la altura de las columnas, síguese que cuanto mas alta fuere la columna de aire mas alta ha de ser á proporcion la columna de azogue; y así haciendo nosotros la esperiencia dentro de casa, como ahí es menor la altura del aire que en el campo, ha de subir mucho menos el azogue en casa, y esto tambien es falso.

TEOD. — Ya respondí ayer tarde á una dificultad semejante cuando deciais que el peso del aire dentro de casa habia de ser menor que allá fuera. Silvio, habeis de reparar en otra propiedad que hay en el peso de los líquidos: atiéndese á la altura perpendicular de las columnas, ó ellas serán derechas á plomo, ó inclinadas y torcidas, y con altos y bajos (dejadme explicar así): si hay la misma altura perpendicular hay el mismo peso en bases iguales.

ERG. — De eso me acuerdo yo muy bien, y la razon que disteis fue, porque como el aire de fuera se comunicaba con este de adentro, le oprimia tanto como al otro que está allá fuera de la ventana abajo; y como tanto este de adentro como el otro de fuera padecian igual opresion del aire superior, tanto nos oprimia este como nos oprimia el aire que está fuera de la ventana si estuviésemos en el campo.

SILV. — Ahora me acuerdo, y tambien viene ahí la doctrina de los líquidos, que todas las partículas que estan en la misma línea horizontal estan igualmente oprimidas, y oprimen igualmente los cuerpos que estan debajo de ellas. Vamos á otra dificul-

tad: y si hiciéremos la esperiencia en algun monte muy alto, ha de subir ahí el azogue menos que si hiciéremos la esperiencia acá abajo en el valle; porque desde el valle hasta el fin de la atmósfera va una columna de aire mas alta que si la consideráremos desde la cumbre del monte hasta allá arriba. Aquí ya no teneis adonde recurrir.

TEOD. — Ciertamente que no: confieso que la columna de aire que carga sobre la columna del monte es mas corta que la otra que carga acá sobre el valle; y si es mas corta, el azogue ha de subir menos allá arriba que acá abajo.

SILV. — Bien está: nosotros vemos que siempre sube igualmente.

TEOD. — Antes vemos lo contrario: es esperiencia cierta y repetida mas de mil veces que el azogue sube menos en los lugares mas altos, y que en los lugares mas bajos sube mas. Esta esperiencia se hace mas fácilmente con el barómetro que con vasos de azogue y jeringas etc.

ERG. — Esplicadme cómo se hace esa esperiencia y lo que es barómetro, porque tengo en mi casa un instrumento que me parece que tiene ese nombre; pero hasta ahora no sé cómo puedo usar de él para el punto de que hablais.

TEOD. — Barómetro no es otra cosa que un cañon que tenga tres pies de largo ó poco menos, el cual está tapado por encima perfectísimamente, y contiene el azogue hasta la altura de 27 pulgadas poco mas ó menos: en los barómetros ordinarios la estremidad inferior es encorvada, como veis en este

que aquí está colgado de la pared (Fig. 67), y acaba en una ampolleta *a* abierta por encima, que hace lo mismo que haria un vaso de azogue en que estuviese medido el cañon, como hicimos hoy en varias esperiencias. Este cañon se pone horizontalmente y se llena todo de azogue, de suerte que no quede en él aire alguno: luego que está perfectamente lleno cuélgase á lo alto en la forma que le veis; pero como tiene mayor altura que 27 pulgadas, comienza á bajar el azogue hasta que queda en su altura acostumbrada; y el azogue que salió pasa á la ampolleta de vidrio *a*, y en este azogue, que aquí está, hace su impresion el peso del aire. He aquí lo que es el barómetro.



Fig. 67.

EUJ. — Ya me he formado una idea clara de este instrumento: decidme ahora cuales son sus usos y de que modo lo usais.

TEOD. — Sus usos ya os los he dicho, medir cuanto es la presion del aire que carga sobre la abertura del tubo. Si os estais observando este instrumento colgado en la pared del balcon en horas y circunstancias diferentes, vereis como sube y baja el azogue y como sus movimientos dependen de la fuerza que le aprieta, cual fuerza está en la atmósfera, razon justa es concluir que teneis en este instrumento un medio idóneo para apreciar las variaciones atmosféricas. Si está sereno el azogue va muy arriba, en poniéndose nublado ó poco antes baja: si le viésemos bajar mucho y súbitamente ya po-

driais estar seguros de que ibamos á tener una tempestad.

EUJ. — Curioso es en efecto; y yo me acuerdo haber visto uno en que habia una figurita que salia con paraguas cuando señalaba lluvia, y sin él cuando sereno, ¿y de qué depende esto? ¿No es la misma la atmósfera?

TEOD. — No, Eugenio, cuando está sereno, dicen algunos que el aire pesa menos que cuando está nublado, en atencion á que en este último caso está muy lleno de vapor de agua y este es casi la mitad mas ligero que el aire atmosférico. Esto no es una buena razon, si quereis, porque el aire sereno contiene tambien mucha agua en vapor trasparente; mas probable es que se deban estas diferencias notables, sobre todo en las inmediaciones de las tempestades en que el azogue sube y baja á modo de oscilaciones, á las grandes agitaciones atmosféricas. Lo que hay de notable es que el azogue del barómetro sube á lo mas alto por la mañana á las 9; baja á lo mas bajo á las 4 de la tarde, y vuelve á subir á las once de la noche, y todo esto con mucha regularidad si el tiempo está tranquilo; hay países en que es constante. Por lo que toca á estas señales que se ponen ordinariamente en la escala para indicar el buen tiempo, la lluvia, viento ó borrasca, os he de advertir que no os fieis mucho de ellos, porque distan de ser exactos y constantes, sin que por eso se entienda que dejen de verificarse algunas veces. Vamos ahora á la duda de Silvio.

EUJ. — Teneis razon, pues no es bien que se interrumpa por mas tiempo.

TEOD. — Mr. Pascal que algun dia tambien habia explicado estos efectos por el horror del vacío, así que tuvo noticia de la esperiencia de Torricelli, que ya hemos hecho; esto es, que el azogue paraba en una tal altura, le vino luego al pensamiento esa duda vuestra, que si esto procedia del peso del aire habia de subir menos el azogue en los lugares mas altos, y en efecto valiéndose de la industria de su cuñado, M. Perrier, que estaba en Clermont, en Auvernia, le pidió que hiciese la observacion en un monte muy elevado que allí hay. Tomó Mr. Perrier el barómetro, y reparó bien en el grado de altura en que estaba el azogue antes que comenzase á subir el monte, y observó que á proporcion que iba subiendo por el monte arriba iba el azogue bajando dentro del barómetro: llegó á la cumbre, y vió que estaba mucho mas pequeña la columna de azogue: bajó despues el monte, y reparó que el azogue volvía otra vez á subir por el cañon del barómetro, hasta que llegando al pie del monte vió que llegaba á la misma altura en que estaba antes que comenzase á subir el monte. Con esta esperiencia Mr. Pascal y todos los demas que la repitieron en varios lugares dieron por cierto que esta subida y detencion del azogue en el barómetro procedia del peso del aire. Es sin embargo digno de notarse que para que se conozca diferencia en el barómetro no basta cualquier altura; porque el grueso de una moneda de diferencia en el azogue pide una gran diferencia en la altura de la columna del aire. Hasta cierta altura se observa la proporcion de una linea de disminucion por doce

toesas de elevacion vertical. Una de las mayores diferencias que se han hallado en el barómetro es la que observó el insigne abate Nollet en lo mas alto de los Alpes: dice pues que habia hallado allí el azogue del barómetro la cuarta parte mas bajo que en Turin⁴.

ETG. — ¿Cuántas pulgadas tenia por esa cuenta encima de los Alpes?

TEOD. — Si en Turin subia á su altura ordinaria de 27 pulgadas, en los Alpes solo habia de subir hasta la altura de 21, y aun algunas líneas menos.

SILV. — Supuesto lo que me decís, si lleváremos el barómetro á alguna gran profundidad, ha de subir el azogue á mayor altura.

TEOD. — Forzosamente; porque ademas del aire que tiene sobre sí cuando está en la altura en que nosotros estamos, tiene tambien la altura del aire que va desde la boca del pozo ó cueva hasta el lugar donde se pone el barómetro; y en efecto, esta esperiencia es muy frecuente. Vamos ahora á mostrar mas efectos que pueden nacer de la elasticidad del aire.

ETG. — Vamos, pues, Silvio no ha de tener ya tantas dificultades.

SILV. — Eso lo veremos.

⁴ Nollet. tomo II, fol. 519.

§ VI.

Siguese el mismo asunto.

TEOD. — El aire hemos dicho ya que era cuerpo elástico, y que como tal resistía á la compresion, y que despues de estar comprimido hacia fuerza para dilatarse. Esta fuerza, que el aire hace para dilatarse, es igual á la fuerza con que le comprimieron; porque el aire cuando es oprimido con alguna fuerza siempre resiste á la compresion: si la fuerza es grande va cediendo el aire y se va comprimiendo; pero á medida de la compresion va creciendo la resistencia que hace, hasta que llega á igualarse la fuerza de la resistencia del aire con la fuerza que le pretende comprimir: en estos términos queda todo parado, ni la fuerza comprimente vence al aire reduciéndole á menor espacio, ni el aire con su resistencia se dilata venciendo la fuerza que le quiere comprimir; y tenemos ya que la fuerza con que el aire se quiere librar de la compresion, es igual á la fuerza que le comprime. A esta fuerza pues con que el aire resiste á la compresion, y con que forcejea para dilatarse, llamamos *elasticidad*; luego *la elasticidad del aire es igual á la fuerza que le comprime*. Quédeos esto por ahora en la memoria: las esperiencias os irán probando esto mismo que ahora persuade la razon. Vamos á sacar de aquí algunas consecuencias.

EUG. — ¿Y qué inferis de ahí?

TEOD. — Infero que *si la elasticidad del aire es igual á la fuerza que le comprime, puede hacer los mismos efectos que hace esa misma fuerza que comprime el aire*: esto tambien es evidente.

EUG. — No hay duda.

TEOD. — Bien estamos; notad ahora: este aire que tenemos junto á nosotros, todo está comprimido; y la fuerza que le comprime es el peso del demas aire que este tiene encima de sí; luego si concedeis que la fuerza de la elasticidad del aire es igual á la fuerza que le comprime, habeis de conceder que la fuerza de la elasticidad de este aire que tenemos junto á nosotros es igual al peso de todo el otro aire que va de aquí hácia arriba.

EUG. — Todo ese discurso está naturalísimo.

TEOD. — He aquí la razon de algunas esperiencias que voy á hacer. Aquí está este frasco redondo (Fig. 68): dentro tiene azogue hasta la altura *i e*, de ahí arriba tiene aire con la misma compresion ordinaria que tiene este que respiramos: dejadme ajustarle en la boca esta jeringa con este cañoncito largo de vidrio. Supuesto todo esto, advertid: este aire que está dentro del frasco está comprimido, y hace fuerza para dilatarse; mas por ahora no lo puede hacer, porque para eso habia de quebrar el frasco, y esto no puede ser, porque el aire exterior, cargando en sus lados por afuera, resiste á la fuerza que en ellos hace el aire interior por aden-



Fig. 68.

tro. También podía dilatarse el aire bajando la superficie del azogue, y haciéndole elevar hácia arriba por el cañoncito de la jeringa; mas tampoco puede ser eso, porque sobre el émbolo de la jeringa carga una columna de aire, y de este modo ya no puede subir el azogue por el cañon de la jeringa, porque entonces habia de levantar hácia arriba el émbolo y la columna de aire que carga sobre el émbolo, y para tanto no es bastante la fuerza de su elasticidad.

SILV. — Todo ese discurso se encamina á probar que el aire del frasco, no obstante estar comprimido, y hacer fuerza para dilatarse, no se dilata, porque no puede.

TEOD. — Eso es; pero advertid ahora en lo que sucede cuando levanto el émbolo de la jeringa.

SILV. — Va subiendo el azogue por el cañon, y al mismo tiempo se va disminuyendo y bajando la superficie del azogue que resta en el frasco.

TEOD. — É iria subiendo el azogue hasta la altura de 27 pulgadas si la jeringa fuese mas larga; pero de ahí arriba no pasaria: del mismo modo que visteis poco ha que sucedia haciendo la esperiencia en el aire libre fuera del frasco.

EUG. — Entonces comprendí la razon de esa subida, porque allí habia peso del aire; pero aquí donde el aire exterior no pesa ni oprime al azogue del frasco, no alcanzo bien cómo sube solo á esa altura.

TEOD. — Sube por causa de la elasticidad de este aire que está dentro del frasco: luego que yo levanto el émbolo, ya el azogue que queda dentro

del cañon no tiene sobre sí aire que pese: el otro azogue que está en el vaso padece la fuerza que le hace el aire para dilatarse, y así sube por el cañon arriba, como haria acá fuera donde le cargase toda la columna de aire. Pero cuando llegare la columna de azogue á tener 27 pulgadas, ya el aire con su elasticidad no la puede levantar, y por eso el azogue no sube mas que las 27 pulgadas.

EUG. — Ya veo que el mismo efecto que hace el peso del aire puede nacer muchas veces de su elasticidad; y creo que semejante doctrina se puede dar acerca de la subida del agua, atendiendo siempre á su altura acostumbrada de 52 pies.

SILV. — Ahí ha de concurrir la misma razon.

TEOD. — Así es; pero es preciso hacer una advertencia, y es, que todas las veces que el aire se dilata se disminuye la compresion, y consiguientemente se disminuye la fuerza de la elasticidad, disminuyéndose la fuerza de la elasticidad ya no puede levantar tanto azogue como sustentaria si no se dilatase; y por eso es preciso atender al espacio que ocupa el aire, y á la cantidad del azogue que subió, porque el aire ocupa de nuevo el espacio que va dejando el azogue que sube: cuando la columna de azogue es estrechita, y el espacio que ocupaba el aire dentro del vaso es grande, poco mas dilatado está el aire despues de subir el azogue de lo que estaba antes, y así no es sensible la disminucion de las fuerzas; pero si la cantidad de aire que habia dentro del vaso fuere poca, ó fuere muy considerable la cantidad del azogue que cabe en la altura de 27 pulgadas, entonces como se disminuye

mucho el azogue del vaso, es muy considerable la dilatacion del aire, y tambien ha de ser considerable la disminucion de las fuerzas que tiene la elasticidad, y así no llegará el azogue á su altura acostumbrada. Esta advertencia es mucho mas precisa cuando se hace la esperiencia en agua, porque 52 pies de agua que suben por el cañon siempre dejan en el vaso cerrado mucho mayor espacio para dilatarse el aire; y siendo mayor la dilatacion del aire, ha de ser mas sensible la disminucion de las fuerzas de su elasticidad.

EUG. — Supuestos vuestros principios, pide la razon que haya esa diferencia. Decidme ahora, ¿y la elasticidad del aire es tambien causa bastante para sustentar la columna de agua ó azogue despues de haber subido?

TEOD. — Tambien. Voy á haceros ver la esperiencia: aquí tenemos este cañon de vidrio (Fig. 69): está tapado por encima: tiene de largo mas de tres pies, y en el medio tiene esta division de laton para podersele introducir esta llave *e*: sácole fuera del frasco, porque quiero llenarle todo de azogue, despues de lleno he de volverle, y meter su estremidad dentro del frasco B como estaba, y sumergirle dentro del azogue.

EUG. — Ahí está ya lleno de azogue: ¿mas cómo le habeis de meter ahora dentro del frasco sin derramarse el azogue?

TEOD. — Fácilmente: cierro esta llave *e*, y en-



Fig. 69.

tonces el azogue que va de ahí hasta el fin del cañon *a* ya no puede caer, y el que va de la llave abajo como es una columna muy pequeña y estrecha tampoco se caerá: ¿veis? Dejadme ajustar bien el cañon en la boca del frasco, para que no tenga el aire de fuera la menor comunicacion con el de adentro. Atended ahora, este aire que está dentro del frasco está comprimido por causa del peso del aire que tenia sobre sí mientras el frasco estaba destapado: ahora ya no tiene sobre sí el peso del aire; pero si en lugar del peso del aire pusiéremos otra cosa que pese tanto como el aire, ha de conservarse el aire en la misma compresion; y si pusiéremos otra cosa que pese mas de lo que pesaba el aire, entonces ha de quedar el aire del frasco mas comprimido.

EUG. — Es natural que así suceda.

TEOD. — Pues esta columna de azogue siempre que tuviere mas de 27 pulgadas pesa mas de lo que pesaba la columna de aire, y así ha de comprimir al aire mas, y ha de bajar el azogue hácia abajo: abramos la llave *e* para que toda la columna cargue hácia abajo, y haga crecer hácia arriba la superficie del azogue que está en el vaso; y así quede menos espacio para el aire, y se comprima mas.

EUG. — Ahí comienza á bajar el azogue por el cañon abajo...; mas ya paró.

TEOD. — Es porque ahora tanto pesa esta columna de azogue como pesaba la columna de aire, y por eso ha de comprimir tanto el aire del frasco

como anteriormente le comprimía el aire exterior cuando el frasco estaba destapado.

EUG. — Todo va concordando, porque todo nace del mismo principio.

TEOD. — Pero tambien es preciso hacer aquí la misma advertencia que hice poco há, que como creciendo la compresion en el aire crece la elasticidad y sus fuerzas, cuando el azogue fue bajando se fue aumentando la compresion del aire, y por eso ahora se le aumentó mas la fuerza de la elasticidad; pero este aumento será mas ó menos sensible conforme fuere la cantidad del azogue respecto del espacio que ocupaba el aire dentro del frasco, como dije poco há. Y basta ya en cuanto á este efecto: vamos á los otros mas vulgares, pero que tienen conexion con estos. Mas advierto que esta altura del azogue ó del agua no es la misma en todos los países: en unos la altura ordinaria del azogue es de 27 pulgadas, en otros de 28, en otros de 27 y media, en otros de 26, etc., conforme fuere la altura de los países; y este es el modo mas facil de conocer cuánto unos países estan mas altos que otros: lo mismo se debe decir del agua. Vamos ahora á explicar otros efectos resultantes de la presion atmosférica que tienen conexion con los que quedan explicados y son mas vulgares.

EUG. — ¿Y qué efectos son estos?

TEOD. — Explicarélos brevemente. Cuando andando á caza llegais con sed á alguna fuente y bebeis el agua atrayéndola por un cañoncito, en este caso sube el agua por el cañon á causa del peso del aire, como sucede en la jeringa, lo mismo digo cuando

llenamos unas de estas botillas ó ampollitas de cuero que divierten á los muchachos por el carnaval.

EUG. — Explicadme eso mas, porque no lo entiendo bien.

TEOD. — Cuando queremos llenar una bota la comprimimos y apretamos de suerte que le salga fuera el aire ó gran parte de él: como la materia de la bota es elástica quiere restituirse á su antigua forma y ensancharse, ensanchándose, el aire que restaba dentro de la bota queda mas rarefacto y dilatado, y ya no oprime el agua que está dentro del brocal, tanto como el aire exterior oprime el agua que está de la parte de afuera: supuesto esto, es cosa necesaria que el agua viéndose mas oprimida por fuera que por dentro del brocal ha de subir por él arriba, y llenar la bota: lo mismo digo del modo con que bebeis el agua de la fuente chupándola por un cañoncito.

EUG. — Visto eso, si dentro de la máquina quisiese yo atraer algun líquido por este modo, no podría, ni se podría llenar bota alguna no habiendo aire en el recipiente.

TEOD. — Así es: ya visteis que la jeringa no podía hacer subir el azogue del vaso que estaba dentro del recipiente cuando la máquina estaba sin aire, y es la misma razon para nuestro caso. Ademas de eso, si quisiéreis chupar el azogue por un cañon que tenga mas de 28 pulgadas, por muy delgado que sea, no lo podreis hacer por la propia razon; mas si fuere menor ya lo podreis hacer. Aquí teneis

este (Fig. 70.), que es pequeño y bien delgado; pero advierto que el peso del azogue siempre hace gran violencia á la respiracion.

EUG. — Con este hice yo subir el azogue hasta la boca.

TEOD. — Aquí teneis ahora este otro que tiene tres pies de largo; chupad el azogue, y ved si llega arriba.

EUG. — No acaba de llegar arriba por mas diligencia que



Fig. 70.

haga.

TEOD. — Atraed, pues, el agua chupándola por ese mismo cañon, y vereis que os llega brevemente á la boca.

EUG. — El agua sí y con mucha facilidad.

TEOD. — No me canso en daros la razon, porque en todo sucede lo mismo que en las jeringas, y la razon es la misma.

SILV. — Supuesta esta doctrina, si ahora no pesase el aire habria en la naturaleza una mudanza muy notable, porque cesarian gran parte de los efectos que ahora vemos.

TEOD. — Quien habia de padecer mas era el ganado, los bueyes, los caballos y semejantes animales, que siempre beben el agua sorbiendo y chupando: estos moririan infaliblemente de sed á no haber peso en el aire, porque entonces por mas que dilatasen el pecho no les subiria el agua por la boca arriba. Ahora quiero explicaros otro efecto mas es-

traordinario y admirable. ¿Veis aquel vaso de vidrio (Fig. 71.) que está con la boca vuelta hacia abajo sobre aquel plato? Pues está lleno de agua sin que esta se derrame.

EUG. — ¡Qué cosa tan extraordinaria! ¿Qué me decís, Silvio?

SILV. — Es una cosa esta que me causa grande admiracion. ¿Cómo hicisteis esto, Teodosio?

TEOD. — Llené el vaso de agua, le tapé con el plato, y despues volviendo todo de repente quedó como le veis. Vamos á dar la razon por qué no se derramó el agua, pues creo que la deseais saber.

EUG. — Y con grande impaciencia.

TEOD. — El agua que está dentro de este vaso no es oprimida por el aire superior, porque está defendida con el fondo del vaso: por esta razon solo tiene su peso, que no es muy grande: en el plato bien veis que está alguna agua derramada: sobre esta agua carga el aire exterior, cuyo peso es muy considerable. Reparad ahora, si el agua del vaso cayere hacia abajo, ha de crecer el agua del plato, y ha de subir hacia arriba; pero como sobre esta agua carga el aire, hace que ella no suba ni crezca hacia arriba; y así cargando el aire en esta agua de fuera impide que caiga la otra que está allá dentro, no obstante que carga hacia abajo con su peso.

EUG. — ¿Y si abriésemos un agujero en el fondo del vaso caeria el agua?

TEOD. — Al instante.

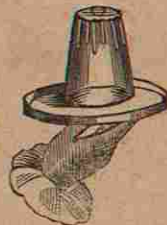


Fig. 71.

SILV. — ¿Pues qué entonces no habria el mismo peso del aire que cargaba acá en el agua del plato?

TEOD. — Habria sí el mismo peso del aire; pero el agua que estaba dentro del vaso haria mucho mayor fuerza para bajar hácia abajo, porque como el aire superior tendria comunicacion dentro del vaso, oprimiria con su peso al agua; y así el agua del vaso con su peso y con el del aire que cargaria sobre ella, haria una gran fuerza para bajar, la cual no podria resistir el aire solo que carga acá fuera en el agua del plato.

EUG. — Eso lo entiendo con facilidad, y es esperiencia bien divertida.

TEOD. — Ahora fácilmente entenderéis la razon de otra esperiencia mas ordinaria que se practica en algunos velones, en que se conserva el aceite para muchos dias, y á veces para mas de un mes.

SILV. — Decidme qué velones son esos, porque no he reparado en semejante cosa, y son útiles para quien estudia.

TEOD. — Haré que traigan uno.... Aquí le teneis (Fig. 72.): este velon está tapado por encima con mucho cuidado, de suerte que por ningun modo pueda entrar el aire dentro por ahí: tiene uno ó dos agujeros junto al fondo por la parte de adelante *o*: cuando se quiere llenar de aceite vuel-



Fig. 72.

vese hácia atrás, de modo que quede la boca *o* para arriba, y por ella se llena; y luego que está lleno se pone derecho en esta postura en que le veis.

EUG. — ¿Y no cae fuera todo el aceite?

TEOD. — Ni una gota: aquí milita la misma doctrina que en la esperiencia del vaso: en la boca *o* y en el extremo del mechero está el aceite espuesto al peso del aire que carga sobre él: el aceite que está en todo el cuerpo del velon EA carga sí hácia abajo, y quiere salir por la boca *o*; mas si saliese habia de crecer ahí el aceite hácia arriba, y eso es lo que no consiente el peso del aire que le carga y oprime hácia abajo; y como este peso del aire que está acá fuera y no deja salir el aceite es mayor que el peso del aceite que está allá dentro, y quiere salir, queda vencedor el peso del aire, y no baja el aceite.

EUG. — Mas si abriésemos un agujerito en el velon por la parte de arriba, ¿caeria todo el aceite hácia abajo?

TEOD. — No tiene duda, porque entonces cargaba el aire tambien en el aceite que estaba allá dentro, y bajaria todo hácia abajo.

SILV. — Parece que aun así no bajaria, porque tambien acá en la boca estaba el peso del aire embarazando la salida.

TEOD. — En la boca del velon impide la salida el peso del aire solamente: allá dentro el peso del aceite, y el peso del aire que carga sobre él por el agujerito, hacen fuerza para que el aceite baje y salga, y así saldrá el aceite.

SILV. — Mas si el aceite que está dentro no ha de salir fuera, ¿de qué sirve allá?

TEOD. — Respondo : que cuando se va gastando el aceite que estaba fuera de la boca *o*, se va descubriendo el agujero que da entrada para el cuerpo del velon, y luego que aparece descubierto entra por ahí un poco de aire, y va hácia arriba á buscar la parte superior *e*; y como ahí ya entró el aire, bajó al mismo tiempo una porcion de aceite á ocupar el lugar que dejó el aire que subió, que era el que de la parte de afuera estaba junto al agujero *o*; mas como el aceite que salió hizo subir la superficie del que estaba acá fuera, tapo de nuevo el agujero *o*, y no puede entrar mas aire hasta que no se vuelva á gastar ese aceite.

SILV. — Reparo en que el peso del aire que está acá fuera consiente que salga ese poco de aceite que salió cuando entró el aire,

TEOD. — No podia embarazarlo, porque el peso de la columna de aire que carga acá en el aceite de la boca del velon solo puede embarazar que el aceite de dentro baje, cuando no pudiere bajar sin que levante hácia arriba toda esa columna de aire. Cuando entró algun aire y bajó algun aceite, la columna de aire quedó en el mismo estado : lo que hubo aquí de nuevo fué que aquella pequeña porcion de aire que estaba junto al agujero trocó su lugar con el aceite que estaba dentro : entró el aire en el lugar del aceite, y salió el aceite al lugar del aire, quedando toda la demas columna de aire en el mismo estado sin subir ni bajar.

SILV. — Bien está : vamos adelante.

TEOD. — Acuérdome ahora de haceros aquí algunas

otras experiencias divertidas, que tienen la misma causa en el peso del aire. Este mismo vaso lleno de agua, tapándole con este lienzo estendido, si le volviere de repente hácia abajo conservará el agua sin que se derrame.

ETG. — Paréceme imposible que no pase el agua por los poros del lienzo.

TEOD. — Reparad : cubro con el lienzo el vaso lleno ya de agua; despues uno y aprieto el lienzo acá en el fondo, y vuélvolo todo de repente hácia abajo... ¿Veis? (Fig. 75.)

ETG. — Los rústicos atribuirán esto ciertamente á hechicería : decidnos la causa de este efecto.

TEOD. — El agua queda suspendida en el vaso á causa del peso del aire. Vamos á dar la razon ; mas para que me entendais mejor dejadme dibujar en este papel lo que acabásteis de ver (Fig. 75.). Suponed que en esta casa está el aire así como puede estar el agua v. g. en un vaso donde la echan : no hagais por ahora caso del aire que va de esta línea *ao* arriba : suponed que esta es la última superficie del aire. Esto supuesto, vamos á ver donde padece esta superficie de aire *ao* mayor opresion, si en la parte que queda por debajo del vaso, si en la parte *o* ú *a* : la superficie de aire que queda por debajo del vaso solo tiene la opresion del peso del agua : la superficie que queda en *o* ú *a* tiene sobre sí el peso del aire que va de ahí arriba : pregunto ahora, ¿cuál



Fig. 75.

peso es mayor, el del agua del vaso ó el del aire que va de esta superficie *aa* arriba?

EUG. — Yo creo que el aire ha de pesar mas conforme á lo que queda dicho.

TEOD. — Decis bien ; pero de aquí se sigue que si esta superficie de aire está en los lados *oa* mas oprimida que en el medio por tener ahí menor peso, ese aire que queda por debajo del agua ha de hacer fuerza para ir hácia arriba, y ha de sustentar el agua. Con el símil de una balanza entendereis esto mejor : poned en un brazo una libra, y de la otra parte poned cuatro ó cinco ; claro está que el brazo que tiene solo una libra ha de hacer fuerza para ir hácia arriba, y no dejará caer hácia abajo la libra por ningún modo. Pues de la misma suerte sucede aquí : la superficie del aire *oa* en los lados *oa* tiene un peso muy grande, que es el del aire, que va de ahí arriba : en el medio que queda por debajo del agua solo tiene el peso del agua ; que es mucho menor, y por eso en el medio hace fuerza para ir hácia arriba, y sustenta el agua.

SILV. — Lo comprendo ; mas tengo una dificultad : en la balanza el peso menor no cae hácia abajo, porque no puede caer sin levantar hácia arriba el otro peso mayor que está de la otra parte ; pero el agua del vaso, aunque pese menos, puede caer hácia abajo sin hacer subir la columna de aire que carga sobre *o* ú *a*.

TEOD. — Respondo que no puede ser : el agua que está en el vaso no puede caer sin ocupar de nuevo algun lugar donde estuviese el aire : este, viéndose impelido por el agua que viene hácia aba-

jo, no tiene á donde ir, porque todo el espacio inferior y alrededor está tambien lleno de aire : si le obligaren á dar lugar al agua, el aire para acomodarse no tiene otro remedio (permitidme hablar así) sino echar fuera de su lugar el otro aire que está en los lados ; y este solo se puede acomodar levantando hácia arriba toda la columna de aire que pesa sobre él, por quanto para los costados no puede ir, pues está todo ocupado. He aquí como el agua del vaso no puede bajar hácia abajo sin hacer subir hácia arriba la columna de aire, y para esto bien veis que no tiene fuerza bastante aquella pequeña porcion de agua, y por eso no baja.

SILV. — Ahora ya lo entiendo.

TEOD. — Os lo confirmaré mas : si yo con los dedos cargare en el lienzo que tapa la boca del vaso, metiéndole hácia adentro, saldrá alguna agua, y quedará el lienzo cóncavo como una bóveda.... ¿ Veis ?

EUG. — Es verdad : ¿ cuál es la razon de ese efecto ?

TEOD. — Es la que dí poco há : el agua pesa sobre el lienzo ; mas el aire que está debajo le impele con mas fuerza hácia arriba juntamente con el agua : por eso levanta el lienzo á manera de bóveda, quanto le da lugar la cantidad de agua que quedó dentro del vaso.

SILV. — Habeis discurrido muy bien ; pero si es verdadero vuestro discurso, ¿ no será preciso el lienzo en la boca del vaso para sostener el agua sin caer ?

TEOD. — Estimo que pusiéseis esa duda, porque

me acuerdo de la esplicacion de un efecto que se me iba olvidando, y ahora nos ha de dar luz para que entendais la respuesta de esa dificultad. Cuando los cañones que conservan el agua sin caer tienen la boca ancha (lo mismo digo de cualquier otro líquido), para sostenerse el agua sin caer dentro de ellos es preciso que tengan la boca metida en algun líquido mas grueso que el aire. La razon es, porque no siendo así, el aire que carga hácia arriba contra la boca del cañon pasa por entre el agua, y va á ocupar el lugar superior del cañon; y teniendo el cañon aire dentro, ya puede caer alguna porcion de agua; y como por el mismo modo puede sucesivamente ir entrando mas aire, viene á caer toda el agua: por el contrario, cuando el cañon tiene la boca estrecha, aunque la boca del cañon no esté metida en algun líquido, antes bien esté en el aire libre, se conserva el agua suspendida. Vedlo en esta jeringa, que estando llena de agua, y puesta en el aire libre y con el cañoncito vuelto hácia abajo, no cae fuera ni una gota, lo cual no sucederia si tuviese la boca muy ancha. La razon es, porque siendo la boca estrecha no puede el aire fácilmente dividir el agua para pasar hácia arriba por entre ella, porque como la superficie del agua que está en la boca del cañon está muy lisa, halla el aire igual resistencia en todas sus partículas, y no puede vencer unas mas que otras; y así no pudiendo romper mas por una parte que por otra no entra: tambien conduce para esto la union que tienen las partes del líquido entre sí; de aquí viene que unos líquidos se conservan suspensos en cañones mas anchos que otros. Supuesto esto,

habeis de saber que el lienzo estendido en el borde del vaso lo que hace es dividir la boca del vaso, que es ancha, en tantas boquitas estrechas quanto son los agujerillos del lienzo: por eso, aunque el lienzo sea bien ralo, hará el mismo efecto con seguridad.

SILV. — Estoy satisfecho: vamos á otros efectos.

TEOD. — Reparad en lo que hago ahora. He de coger un vaso y llenarle de agua hasta el borde, y ponerle encima un papel estendido, que le tape y toque bien en las orillas y en el agua: si le pusiere la mano encima, y le volviere de repente, despues, aunque quite la mano, quedará el agua suspendida en el vaso, y el papel pegado al borde.... Ved (Fig. 74).

EUG. — Yo no sé á qué dé lugar, si á la risa, si á la admiracion, viendo unas cosas tan nuevas, y por eso tan agradables. ¿Qué os parece, Silvio?



Fig. 74.

SILV. — Esta esperiencia aun escede á las precedentes, porque el lienzo estaba cogido en el fondo del vaso, y sostenido en la mano; pero aquí el papel está suelto; y no solamente no cae, sino que sustenta el agua para que no caiga.

TEOD. — El peso del aire hace aquí lo mismo que hacia en el vaso de la esperiencia anterior; y así como allá el aire sostenia el agua para que no cayese, é impelia hácia arriba el lienzo á manera de bóveda, así ahora cargando hácia arriba no deja caer ni el

agua ni el papel. No os admireis, Silvio, de que yo diga que el aire carga hácia arriba, porque ya os dije como era eso, hablando del modo con que los líquidos pesaban hácia arriba.

SILV. — Bien me acuerdo.

TEOD. — Advierto no obstante que el papel ha de tocar bien en el borde del vaso todo alrededor, y no ha de ser mucho mas grande que la boca del vaso, porque á veces si en alguna parte sobra ó queda porcion de papel, este pesa hácia abajo, y se separa del borde del vaso; y luego que se separa entra por allí el aire y sube, cayendo de golpe toda el agua. Pasemos á otros efectos mas ordinarios; que tambien tienen causa semejante.

EUG. — Aunque sean ordinarios y vulgares para mí siempre es nueva la causa que les señalais.

TEOD. — Una pipa ó barril si estuviere bien tapado por todas partes, aunque esté lleno, si en el fondo le abriéremos un agujero pequeño no caerá el licor que tiene dentro: por eso cuando se quiere vaciar algun barril de agua, despues de abrirle el agujero de la espita, le abren encima otro, que llaman respiradero, para que entre el aire hácia dentro del barril, porque de otra suerte no saldria libremente por el otro agujero de la espita, ó si saliese será á borbollones.

EUG. — Así es, no tiene duda.

TEOD. — ¿Pues de dónde os parece que procede esto sino del peso del aire? Estando el barril derecho y totalmente tapado, si le abrieren un agujero pequeño en el fondo, no saldrá agua ninguna, así como no puede caer el agua que está dentro de la jeringa,

aunque tenga el cañoncito ó fistula destapada; pero si el agujero del barril fuere ancho, entonces entrará el aire por el mismo agujero, y vendrá saliendo el agua á borbollones; porque como por la misma puerta ha de entrar el aire y salir el agua, es preciso que se sirvan de él alternativamente; pero si el agujero fuere estrecho, como yo decia al principio, de ningun modo saldrá el agua.

EUG. — Ahora ya lo he entendido.

TEOD. — Esta misma razon sirve para explicar otro efecto, que á veces se experimenta en las chimeneas. Si estuviere una casa tan tapada que no la entre el aire por parte alguna, encendiendo mucho fuego en la chimenea no saldrá el humo por la chimenea, porque lo embaraza el peso del aire que carga sobre ella misma; pero si estuviere una ventana abierta ó puerta por donde pueda entrar el aire dentro de la casa, entonces saldrá el humo por la chimenea arriba, y por la ventana ó puerta entrará el aire á ocupar el lugar que deja el humo, así como sucede en el barril del agua por la misma razon; pero si la boca de la chimenea allá arriba fuere muy ancha, ó si el humo fuere poco, podrá salir el humo hácia arriba por la chimenea, y por allí mismo bajar el aire á ocupar su lugar, aunque la casa esté bien cerrada.

EUG. — Cada vez voy gustando mas de estas nuestras conferencias, y cada vez voy admirando mas cuán ciegos andan por la mayor parte los hombres que se reputan por linceos, cuando á la verdad no ven mas que la mitad de las cosas, porque ven los efectos, pero no sus causas. Mas ya que la fortuna

me deparó esta ocasion para abrir los ojos, no perdamos tiempo : vamos continuando con los efectos del peso del aire, si aun hay mas efectos que explicar.

TEOD. — Aun hay, y tantos, que para no detenernos demasiado me es preciso ir dejando los menos principales ; pero no dejaré los efectos que observamos en los cañones inflexos y encorvados, á que llaman *sifones* : fórmanse á veces de vidrio ó de metal unos cañones encorvados como este (Fig. 75) ; pero es preciso para que observemos los efectos ordinarios que

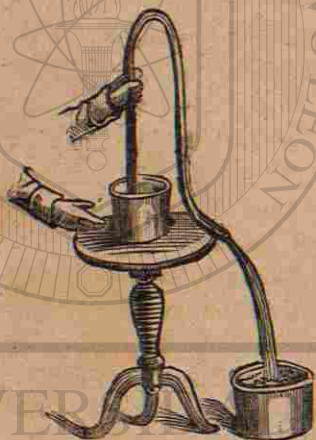


Fig. 75.

una de las piernas ó estremidades sea mas largas que la otra. Esto supuesto, si quisiere vaciar este vaso de agua lo podré hacer sin valerme mas que de este cañon : esta experiencia parece inutil ; pero puede aplicarse á mil casos en que hace efectos utilísimos.

EUG. — ¿Y de qué modo habeis de hacer eso?

TEOD. — De este modo. La estremidad del cañon mas corta se mete dentro del agua, y la mas larga queda hácia afuera : si atrajéreis el agua chupando aquí por esta estremidad mas larga, vereis que to-

da el agua del vaso viene subiendo por ese cañon. Haced la experiencia : chupad el agua, y luego que la sintiéreis en la boca, retiraos de prisa para que no os moje, y recibidla en ese otro vaso que ahí está en el suelo.

EUG. — Ya veo que se vacia todo el vaso ; Es cosa pasmosa ! ¿Quién hace que esta agua suba por el cañon arriba para salir acá por esta parte? Decidnos, Teodosio, ¿cuál es la causa de este efecto?

TEOD. — Es el peso del aire. Luego que este cañon está lleno de agua, carga el aire en ambas bocas para sustentar ahí el agua suspendida, así como carga para mantener suspensa el agua en cualquier cañoncito delgado, cuando tiene la boca vuelta hácia abajo, y está tapado por la parte de arriba, como visteis repetidas veces esta tarde. Si el aire carga hácia arriba en ambas bocas de este cañon inflexo, síguese que por ambas tambien impele el agua hácia arriba ; pero como estos cañones se comunican, y el agua no puede subir por un cañon sin echar fuera la que está en el otro, estas dos columnas de agua contienden ambas entre sí.

EUG. — Hasta ahí es cierto.

TEOD. — Bien estamos : reparad ahora. La columna de aire que impele hácia arriba el agua de cualquiera de estos cañones, solo tiene fuerza para impeler una columna de agua que tenga de altura 32 pies ó menos, y cuanto mas corta fuere la columna de agua, mas fácilmente la columna de aire hace subir el agua, y con mas fuerza la ha de impeler hácia arriba.

EUG. — Con razon, porque siendo la fuerza de la columna de aire siempre la misma, mas fácilmente ha de levantar una columna de agua que tuviere tres palmos v. g. que otra que tuviere 8 ó 9.

TEOD. — Luego cuando fuere mas corta la columna de agua, entonces será impelida hácia arriba por la columna de aire con mas fuerza; y como el agua que está en las dos piernas de este sifon ó cañon hace dos columnas, una mas larga que otra, siguese que el agua, que está en esta pierna mas corta, es impelida hácia arriba por el aire con mas fuerza que el agua que está en la otra parte mas larga.

EUG. — Todo eso es conforme á razon.

TEOD. — Atended ahora: ya os dije que estas dos porciones de agua, siendo ámbas impelidas por el aire hácia arriba, contendian entre sí: si ahora me concedeis que la columna de la estremidad mas corta es impelida hácia arriba con mas fuerza, ha de vencer el agua de la estremidad mas larga, y así ha de echarla hácia abajo. He aquí porque estando este cañon lleno, luego que le destaparen la boca de la parte mas larga, el agua que estaba en esta parte saldrá impelida por la que estaba en el cañon mas corto, y tras ella viene viniendo la del cañon corto impelida por el aire.

EUG. — Pero cuando hicisteis la esperiencia teniais la boca de la parte mas corta metida en el agua del vaso.

TEOD. — Eso es para que cuando el agua del cañon mas corto pasare hácia el otro mas largo entre luego en su lugar el agua del vaso, y vaya por la

misma razon pasando toda al cañon mas largo, y de ahí saliendo hácia fuera.

EUG. — ¿Y quién hace entrar el agua del vaso hácia el cañon mas corto cuando el agua de este pasa al mas largo?

TEOD. — El aire cargando y oprimiendo hácia abajo la superficie del agua que está en el vaso hace subir hácia arriba el agua del vaso para el cañon corto que ahí está sumergido. Usando de este artificio podemos hacer pasar el agua de un estanque á otro por encima de los tejados; pero con tal que el cañon mas corto por donde ha de subir el agua no tenga mas de 52 pies de alto; porque si tuviere mas, ya el peso del aire que carga en la superficie del agua del estanque no la podrá hacer subir hasta esa altura: otra circunstancia se debe advertir, que el lugar donde quisiéremos que caiga el agua siempre debe estar mas bajo que la superficie del estanque de donde viene: la razon es, porque el cañon por donde baja ha de ser siempre mas largo que el otro por donde sube.

EUG. — Podrá ser mas largo; pero no estar puesto á plomo, y de esta suerte el fin de ese cañon mas largo quedará ya mas alto que la boca del cañon mas corto por donde sube el agua.

TEOD. — Reparad, Eugenio, en una cosa que ya os he dicho varias veces: todas las veces que se habla de equilibrio de líquidos y de los efectos que de ahí nacen, no se mira á lo largo de las columnas simplemente, sino á su altura perpendicular. Dibujemos en este papel un cañon como ese de que ha-

blais (Fig. 76). Este cañon *bc* es mucho mas largo

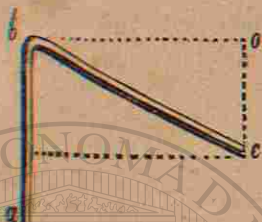


Fig. 76.

que este *ba*; pero la columna de agua que estuviere dentro de este cañon *bc* no es tan alta como la que está en el otro. La razon es, porque en esta columna de agua *bc* no se atiende sino á la altura perpendicular, esto es, á la distancia que va de *c* hasta *o*: he aquí por qué siendo verdaderamente mas larga es menos alta é impelida por el aire hácia arriba con mas fuerza, etc.

EuG. — Ahora advierto en esa doctrina que me disteis cuando habeis hablado del equilibrio de los líquidos, y voy viendo cuán útiles son sin embargo de parecerme entonces que no se sacaria de ellas tanta utilidad.

TeoD. — De este modo se puede vaciar cualquier vaso que esté muy tapado y firme, con tal que tenga ó se le pueda hacer algun agujero encima por donde se le introduzca uno de estos *sifones*; pero advirtiéndole que siempre es preciso dar alguna entrada al aire hácia dentro del vaso tapado, para que pueda cargar en el líquido que estuviere dentro, y hacerle subir de este modo por el cañon arriba. A veces puede ser muy util esta diligencia.

Silv. — Y á veces puede ser inutil tambien: he oido contar que teniendo un hombre su bodega muy bien provista y cerrada, ciertos huéspedes que

recogió en su casa tuvieron habilidad para vaciar y agotar todos los toneles que tenian el respiradero abierto, y creo que seria valiéndose de esos *sifones*, por cuanto se hallaron unos cañones muy largos de hoja de lata en un cuarto que correspondia encima de la bodega donde ellos estuvieron, y el pavimento agujereado en partes.

TeoD. — Bien podia ser, con tal que la altura del cañon que se metia en los toneles no pasase mucho mas de 52 pies: podian unir ese cañon con el otro que por alguna ventana fuese á salir á la calle ó á otro sitio mas bajo que la superficie del vino en los toneles; de este modo fácilmente sacarian todo el vino con circunstancia de poderle recoger en la calle en algunos vasos. Mas este daño no se debe imputar á los instrumentos de que se valieron esos malos hombres, sino al mal uso que hicieron de ellos.

EuG. — No hay cosa tan santa de que no se pueda abusar. Ahora me acuerdo una cosa que me sucedió en Lisboa visitando á un amigo mío por el tiempo del carnaval: pedi agua, y me la trajeron en una jarra de cristal; pero con la boca tan llena de adornos del mismo vidrio, que no podia beber por ella: viéndome él así suspenso, me dijo que chupase el agua por la estremidad inferior del asa, la cual era hueca: así lo hice, y hebi toda cuanta quise; mas despues que aparté la boca del jarro toda el agua que tenia dentro vino saliendo por el asa, de suerte que me mojé los vestidos. Yo juzgo que aquí habria algun *sifon* ó cosa que hiciese el mismo efecto.

TEOD. — Y ju gais acertadamente : yo tengo uno de esos jarros que me han regalado... Esperad, y le haré traer... Aquí le teneis (Fig. 77).



Fig. 77.

EUG. — Era así como ese ; solo se diferenciaba en tener la boca llena de varios adornos.

TEOD. — Esta asa es un cañon, el cual entra por dentro del jarro, y llega casi al fondo, ¿qué otra cosa es esto sino un *sifon* ?

EUG. — Ahora veo yo por qué hicieron el asa tan larga : sin duda fue para tener mayor altura la columna de agua que estuviese de la parte de afuera, que la otra que estuviese en el cañon que está dentro del jarro.

TEOD. — Este *sifon* se puede variar de tantos modos, y aplicarse industriosamente á tantas circunstancias, que gastaria toda la tarde y toda la semana si quisiese referiros todos los efectos maravillosos que pueden hacerse con él. Vamos adelante.

SILV. — Vamos; pues la tarde se va adelantando, y no quiero que quede esta materia partida segunda vez. Explicad cómo procede del peso del aire la union de dos hemisferios vacíos de aire.

TEOD. — Réstanos, Eugenio, tratar de uno de los más notables efectos que hace el peso del aire. Aquí teneis esta bola A (Fig. 78). Compónese de dos hemisferios de cobre, los cuales juntos entre sí forman una bola hueca por dentro : una de estas argollas *e* se desarma y se saca fuera para estraerse por ahí el aire que hay dentro de ellos ; y luego que está

estraido se cierra la llave *o*, y se sacan fuera de la máquina para hacerse algunas esperiencia : una de ellas es que si colgáremos un hemisferio, y en el otro pusiéremos esta balanza, podremos cargar en ella mas de sesenta libras sin que se separen. Voy haciendo desde luego la esperiencia, porque ya he estraído el aire esta mañana.

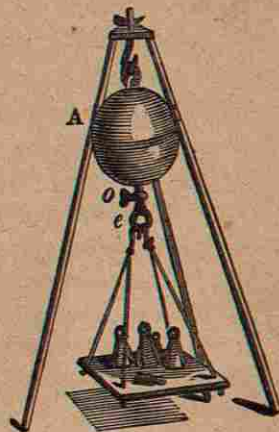


Fig. 78.

EUG. — Decidme antes de todo, ¿cómo habeis asegurado un hemisferio en el otro antes de estraerles el aire ?

TEOD. — Puse entre uno y otro un cuero abierto en el medio y mojado para que ajustasen perfectamente : no tienen entre sí cosa alguna que los una. Ahí teneis ya en la balanza mas de setenta libras sin separarse un hemisferio del otro.

SILV. — Es una cosa notable la que veo. ¿Y decís que esto procede del peso del aire ?

TEOD. — Sí : el aire por todas partes comprime y aprieta estos dos hemisferios : comprimiéndoles aprieta de tal suerte uno contra otro, que no es bastante la fuerza de setenta libras para separarles.

SILV. — Yo bien veo el efecto ; mas no puedo persuadirme que sea esta su causa.

TEOD. — La experiencia os persuadirá. Estos dos hemisferios que ahora no se pueden separar con tanto peso, si les pusiéremos dentro de la máquina pneumática, y estrajéremos el aire que está dentro del recipiente, que es el que oprime por fuera los hemisferios, fácilmente se separarán.

SILV. — Veamos esa experiencia.

TEOD. — Ya los descargo y hago lo que me pedís; y en tanto que se va preparando la experiencia sabed que esta es de las mas ordinarias, y que causan menos admiracion. El primero que la hizo, que fue (si no me engaño) Otthon Guerik¹, dice que unos hemisferios en que hizo la experiencia quedaron tan pegados, que diez y seis caballos tirando hácia partes opuestas con dificultad los separaron. Sturmo en su Colegio experimental (pág. 2) refiere, que para separar unos hemisferios le fueron precisas diez y seis mil quinientas y setenta y cuatro libras.

SILV. — ¡Pasmoso efecto á la verdad! Pero vamos á ver si en la máquina se separan con facilidad.

TEOD. — Ya lo podemos ver, pues está estraído el aire del recipiente (Fig. 79). Levantemos este hierro *e* que tiene colgado el hemisferio de encima, y vereis que fácilmente se suelta el hemisferio de abajo.



Fig. 79.

¹ Libro III, cap. XVIII.

EUG. — Ya le soltó: no es necesaria mayor prueba.

TEOD. — Esperad: volvamos á bajar este hemisferio superior de suerte que se vuelva á unir con el otro: metamos ahora aire dentro del recipiente, que comprima y apriete entre sí otra vez estos hemisferios, á ver si quedan tan unidos como antes.... Hé ahí los teneis otra vez pegados.

EUG. — Saquémoslos ambos acá fuera para ver si estan pegados otra vez.

TEOD. — Ahí los teneis, haced la misma experiencia de los pesos.

EUG. — ¿Para qué? Ya he tirado de ellos, y hecho cuanta fuerza pude para separarlos, y no ha sido posible.

TEOD. — ¿Quereis que yo los separe? Dejadme abrir esta llave *o* para que entre el aire dentro. ¿Veis? Hé ahí estan separados sin fuerza ninguna.

SILV. — ¿Pues qué? ¿Ahora ya no les comprime el aire por fuera? ¿Ya no les aprieta?

TEOD. — Sí, comprime y aprieta del mismo modo; pero no hace el mismo efecto que hacia. Bien veis que ahora estos hemisferios tienen aire dentro, y aire tan comprimido como este que está por la parte de afuera: todo aire que está comprimido hace fuerza para dilatarse: este aire que está dentro de los hemisferios no se puede dilatar sin abrílos y separarlos; y ciertamente lo haria si no lo embarazase el aire que los aprieta por la parte de afuera: tenemos luego que el aire de adentro hace fuerza para separar los hemisferios, y el de afuera hace fuerza para unirlos: de parte á parte hay fuerzas iguales, por

cuanto ya queda demostrado, que la fuerza que el aire comprimido hace para dilatarse es igual á la fuerza del peso del aire exterior.

ERG. — Habiendo fuerza igual de parte á parte ninguna ha de vencer; y nosotros vemos que los hemisferios estaban unidos, y ahora separados.

TEOD. — Eso es, porque yo concurri con mi mano tirando para separarlos: habiendo fuerzas iguales en una balanza de parte á parte, cualquier fuerza con que querais levantar ó bajar uno de los platos de la balanza será bastante para moverle; así tambien en el presente caso. Pero cuando los hemisferios estan sin aire dentro, toda la fuerza que hace el peso del aire se ocupa en unirlos; y como no tienen los hemisferios dentro de sí quien resista y contrapese esta fuerza, por eso quedan tan unidos y pegados, que sin una gran violencia no se pueden separar.

SILV. — Ese vuestro discurso ciertamente que estaria muy bueno, á no tener contra sí esta dificultad. Conforme á lo que queda dicho, quien aprieta y une los hemisferios es el peso del aire que los comprime: si es así, para separar estos hemisferios seria bastante una fuerza ó un peso igual al peso del aire: no es pues creible que el aire que pesa sobre estos hemisferios pesa mas que 70 libras: por tanto, como no es bastante este peso para separarlos, no es verdadero vuestro discurso.

TEOD. — El peso del aire es mucho mayor de lo que

* Para este efecto concurre la atraccion en las planchas.

se imagina: ya os dije uno de estos dias, que conforme á las observaciones que se han hecho, una columna de aire que tenga por base un pie en cuadro pesaba 2504 libras; y por esta cuenta si los hemisferios fuesen de tanta estension que la columna de aire que carga sobre ellos tuviese la misma base, ya veis que para separar estos hemisferios era preciso un peso mayor que 2504 libras; pero estos hemisferios tienen de diámetro tres pulgadas, y haciendo la cuenta á lo que pesa una columna de aire que tenga por base una pulgada circular, que serán once libras conforme á la graduacion comun, viene á importar el peso de la columna de aire que carga sobre estos hemisferios 99 libras, y así solo un peso mayor que este podria separarlos. Pero advierto que esto sucederia en el caso que se sacase todo el aire de dentro de los hemisferios; mas porque eso no es facil, siempre se debe rebajar algo del peso que pueden sustentar sin separarse; pero estos ya me sustentaron 92 libras.

ERG. — De ese discurso se infiere que cuanto mayores fueren los hemisferios mayor peso es preciso para separarlos, porque entonces es mas ancha la columna de aire que los oprime y aprieta.

TEOD. — Decis muy bien: otra cosa advierto, que como este efecto procede del peso del aire, cuando se hiciere la esperiencia en lugar mas bajo, como ahí son mas altas las columnas de aire, y pesan mas, será preciso mayor peso para separar los hemisferios. Ademas de eso tambien podrán los hemisferios sufrir mayor peso en un tiempo que en otro, porque el aire con la mudanza de tiempo

varia tambien de peso , como se conoce en el barómetro, y á su tiempo se explicará.

EUG. — Todo se conforma con la razon supuestos los principios que quedan establecidos.

TEOD. — Apliquemos ahora esta misma causa á otros efectos semejantes. He aquí teneis la razon por qué dos planos perfectamente lisos , mediando aceite ó algun otro licor semejante, se unen tan fuertemente, que sin mucha dificultad no se pueden abrir perpendicularmente. Aquí podemos hacer la esperiencia con estas dos piedras AB (Fig. 80), que acostumbro poner sobre las cartas para comprimirlas. Ellas son perfectamente lisas por abajo, y si llego una de ellas á la otra, de suerte que se toquen por las superficies lisas y planas, estando secas fácilmente las separo como quiero; pero si mojare una de las superficies, de tal suerte quedan las piedras pegadas entre sí, que teniendo una sustentada por el boton que tiene encima, dejando la de abajo libre no se cae... ¿ Veis?

SILV. — Lo mismo se experimenta en las piezas del juego de damas si son de marfil, que tambien se pegan unas á otras de ese mismo modo.

TEOD. — En todos los casos es la misma razon de los hemisferios, porque el aire exterior comprime las dos piedras, y las aprieta una contra otra; y por eso es necesario á veces una gran fuerza para separarlas. Si los dos planos fueren bien lisos, de



Fig. 80.

suerte que ajusten perfectamente, sustentan á veces un gran número de libras así como los hemisferios. Pruébese que este efecto procede del peso del aire, porque haciendo la esperiencia en la máquina pneumática, luego que se estrae el aire fácilmente se separan; de donde se infiere manifiestamente que la gran dificultad que habia acá fuera en separarlos procedia del peso del aire.

SILV. — Si eso es así, ¿ por qué no se conservan pegados y unidos entre sí esos dos planos sin mojarse? Pareciame que estando secos habia esa misma razon del peso del aire para conservarse unidos.

TEOD. — Esa diligencia de mojar las superficies que se han de tocar es precisa para que entre uno y otro plano no quede aire ninguno, y por esta misma razon tambien deben las superficies ser muy lisas; de otra suerte entre una y otra quedará algun aire que embarace el efecto, así como visteis que sucedia en los hemisferios huecos, que cuando tenían aire dentro fácilmente se separaban: la misma razon milita en los planos, y por eso á veces es preciso estregarlos con fuerza uno con otro para que no quede entre ellos ningun aire. Tambien hace mejor efecto ordinariamente el aceite ú otro licor viscoso que el agua, porque penetra mas fácilmente por los poros de los planos, y escluye mejor todos los vacios que allí pueden quedar. Esta es, Eugenio, la causa mas ordinaria de la adhesion ó union de los planos: á veces con esta causa del peso del aire se juntan otras que aumentan el efecto. Por lo mismo sucede algunas veces cuando se procede con mucha cautela y exactitud, que sustenten

estos planos sin despegarse mayor peso que el de la columna de aire, ó tambien el quedar pegados en la máquina pneumática, de suerte que necesitan de algun peso para separarse, bien que mucho menos que acá fuera en el aire libre, porque ademas del peso del aire se debe atender á la viscosidad del líquido, la cual puede hacer efecto muy considerable. Nosotros bien vemos que un hilo de seda cruda fácilmente se quiebra casi con un soplo, pero un cordón grueso no se quiebra sin fuerza grande, porque resisten todos los hilos á un tiempo: lo mismo digo en los planos: cada partícula fácilmente se desprende de la otra; mas siendo los planos bien lisos, y tirando perpendicularmente, solo se separan cuando á un tiempo se quiebran todas las uniones del líquido viscoso que está entre uno y otro plano: como las partes mínimas del plano son casi infinitas, y los planos por ser muy lisos tocan en todas, para separarse crece la resistencia increíblemente. Ademas de esto es de advertir que cualquier partícula de líquido (aun del agua) se pega con una union fuertísima á las superficies sólidas, aunque sean de vidrio: por eso despues de salpicado el vidrio por mas que sacudamos nunca haremos que quede seco; luego si la misma partícula sensible de líquido se uniere á los dos planos, como cuesta mucho el separarse de cualquiera de ellos, ha de hacer que queden pegados, pues no se pueden separar sin que la partícula del líquido se separe del uno ó del otro, salvo si la partícula se dividiere por medio; y como las partículas mínimas de los fluidos son sólidas (como queda dicho cuando traté de

los fluidos), cuanto mas pequeña fuere la partícula del líquido tanto mas costará el dividirla; y por esta razon los dos planos para quedar bien pegados deben tener lo menos que pudiere ser del líquido entre sí. En fin, estando por la doctrina de los newtonianos en la atraccion de todos los cuerpos cuando se tocan, teneis otra gran causa de este efecto, del cual algunos modernos de buen nombre dan alguna razon que no me agrada; mas vamos adelante,

EUG. — Pero siempre debemos creer que el peso del aire es la causa principal de este efecto.

TEOD. — Si: la duda solo es sobre el exceso que hay de peso sustentado al que vale el peso del aire; y notad (en lo que algunos creo que no reparan) que este exceso de peso, como tambien el quedar unidos aun dentro del recipiente, solo lo hallé en planos ó hemisferios sólidos, y no en los hemisferios huecos de que se estrajo el aire.

EUG. — Pero los planos fácilmente se separan resbalando uno por encima del otro.

TEOD. — Si, porque ya ahí no milita el peso del aire: esta piedra A (Fig. 86), está comprimida por el aire igualmente por esta parte *m* que por esta otra *n*; si yo la tiro hácia esta parte *m*, me ayuda la fuerza con que el aire la oprime de la otra parte *n*, y si la muevo hácia esa otra parte *n*, me ayuda la fuerza con que el aire carga de esta parte *m*; por eso la muevo fácilmente hácia la parte *m* ó hácia la otra *n*; pero si la quisiere tirar hácia arriba estando fija la de abajo, no tengo quien me ayude, y he de

vencer yo solo todo el peso que hace el aire sobre la piedra.

SILV. — ¿Pues no me ayuda la fuerza con que el aire comprime á la otra piedra B por la parte de abajo?

TEOD. — Eso así sería si esa piedra estuviese suelta, entonces fácilmente levantaría yo la piedra de encima yendo pegada á la de abajo; mas como suponemos que la piedra de abajo está fija, ya la fuerza con que el aire oprime por debajo esta piedra B no puede facilitarme el que yo levante la de arriba.

SILV. — Lo he entendido: vamos adelante.

TEOD. — Semejante causa hay para la firme adhesión que tiene el recipiente á la máquina cuando se le saca el aire de adentro. Es cosa pasmosa que luego que se comienza á trabajar con la máquina se va pegando el recipiente de tal suerte á ella, que mas fácilmente le quebraréis que arrancareis; y es por la misma razón de los hemisferios huecos: comprímelo el aire por la parte de arriba, de suerte que solo quien pudiere vencer este peso le podrá separar de la máquina.

EUG. — ¿Pero introduciéndole aire dentro se separará luego?

TEOD. — Sin la mínima dificultad por la misma razón de los hemisferios.

SILV. — Solo reparo, Teodosio, que teniendo el recipiente sobre sí tan grande peso, y que tanto le oprime, como decís, no se quiebra siendo de vidrio.

TEOD. — No se quiebra, porque es redondo y á

manera de bóveda: bien sutil y fragil es la cáscara de un huevo, y si le pusiéreis entre las dos palmas de las manos, por mas que apreteis no será facil quebrarle, porque está en forma de bóveda, en la cual unas partes sustentan á otras: un huevo á plomo sostenia tres arrobas y trece libras sin quebrarse, y no sé cuánto mas sustentaria, porque no tenia mas pesos á mano: lo mismo sucede en el recipiente de vidrio: si este fuese cuadrado fácilmente se quebraría, así como visteis que se quebró aquel frasco cuadrado de que he estraído el aire ayer tarde.

SILV. — Ahora me acuerdo.

EUG. — Decidme, Teodosio, ¿acaso procede tambien del peso del aire aquella gran dificultad que hay para tirar por el émbolo de la jeringa estando el cañoncito tapado?

TEOD. — ¿Y quién duda que procede de eso?

SILV. — Dudan los que dicen que procede del horror del vacío.

TEOD. — Ese punto ya queda bastantemente disputado; mas aquí particularmente se convence no ser la causa, porque entonces ninguna fuerza sería bastante para tirar ese émbolo, y vemos que habiendo fuerza grande se mueve; pero advierto que la fuerza debe ser proporcionada al grueso de la jeringa, porque cuanto mas delgada fuere, mas delgada es la base de la columna de aire que carga sobre el émbolo, y pesa menos. M. Gravesande dice que teniendo la jeringa tres cuartos de una pulgada de diámetro, estando el cañoncito totalmente tapado, si se tiene bajado el émbolo hasta el cañoncito hasta el peso de seis libras para hacer bajar la je-

ringa, estando asegurado el émbolo. Además de que dentro de la máquina pneumática colgando en lo alto del recipiente una jeringa por el émbolo, teniendo el cañoncito tapado, bajará luego que sacáremos el aire, de donde se infiere que toda la dificultad que experimentamos en esto acá fuera procede del peso del aire.

EUG. — Con esas esperiencias ya no puede haber la menor duda.

TEOD. — Ultimamente en el peso del aire teneis la razon por qué en un fuelle casi vacío, estando con la boca tapada, por mas diligencias que hagamos no podremos hacer que se separe un cuero del otro mas de lo que permite el poco aire que tiene dentro, porque el peso del aire exterior lo comprime. Pero si le abriéremos la boca podremos dilatar el fuelle cuanto quisiéremos. Hemos tratado de los efectos que hace el peso del aire; vamos ahora á tratar del equilibrio de los cuerpos que flotan en la atmósfera.

EUG. — Bravo; hoy me explicareis lo de los globos. Esto ha de ser curioso, Silvio.

SILV. — ¿Que no lo es para vos?

§ VII.

Trátase del equilibrio de los cuerpos que flotan en la atmósfera.

TEOD. — Con lo que os he dicho sobre el barómetro ya podeis prever que los fluidos elásticos, y sobre todo el aire no pueden conducirse con respecto á los cuerpos que flotan en ellos, como se conducen los líquidos; pues estos presentan una densidad sen-

siblemente uniforme en toda su altura, al paso que la densidad, tal cual es, de la atmósfera mengua rápidamente á medida que uno se eleva en ella. Tampoco vereis que un cuerpo se vaya á la superficie de la atmósfera á flotar, por mas ligero que sea, por cuanto hallará mucho tiempo antes, una elevacion en la que el peso específico del aire será igual al suyo. Suponed que un cuerpo de cualquier volumen, cuyo peso específico sea precisamente la mitad del peso específico del aire en la superficie del globo, tenderá á elevarse y se elevará en efecto con una fuerza igual al esceso de peso de su volumen de aire sobre su peso propio; mas elevándose de esta suerte se irá hallando colocado sucesivamente en las capas atmosféricas de una densidad menguante, hasta que halle por fin una cuya densidad será precisamente la mitad de la densidad del aire que está en la superficie del globo; y entonces dejará de elevarse y se quedará equilibrado. Ejemplo de lo que estoy diciendo son las nubes. Os digo de antemano que las nubes son una especie particular de vapor de agua cuyo peso específico es menor que el del aire de la superficie del globo, y se sostienen en la atmósfera cerca una legua de elevacion precisamente en el punto donde la densidad del aire es igual á la suya.

EUG. — He aquí porque cuando uno se halla en la cima de altas montañas puede ver bajo sus plantas nublado el cielo, y encima de su cabeza el cielo azulado.

TEOD. — En cuanto á la elevacion de las nubes no hay término fijo. En primer lugar teneis que la

ringa, estando asegurado el émbolo. Además de que dentro de la máquina pneumática colgando en lo alto del recipiente una jeringa por el émbolo, teniendo el cañoncito tapado, bajará luego que sacáremos el aire, de donde se infiere que toda la dificultad que experimentamos en esto acá fuera procede del peso del aire.

EUG. — Con esas esperiencias ya no puede haber la menor duda.

TEOD. — Ultimamente en el peso del aire teneis la razon por qué en un fuelle casi vacío, estando con la boca tapada, por mas diligencias que hagamos no podremos hacer que se separe un cuero del otro mas de lo que permite el poco aire que tiene dentro, porque el peso del aire exterior lo comprime. Pero si le abriéremos la boca podremos dilatar el fuelle cuanto quisiéremos. Hemos tratado de los efectos que hace el peso del aire; vamos ahora á tratar del equilibrio de los cuerpos que flotan en la atmósfera.

EUG. — Bravo; hoy me esplicareis lo de los globos. Esto ha de ser curioso, Silvio.

SILV. — ¿Que no lo es para vos?

§ VII.

Trátase del equilibrio de los cuerpos que flotan en la atmósfera.

TEOD. — Con lo que os he dicho sobre el barómetro ya podeis prever que los fluidos elásticos, y sobre todo el aire no pueden conducirse con respecto á los cuerpos que flotan en ellos, como se conducen los líquidos; pues estos presentan una densidad sen-

siblemente uniforme en toda su altura, al paso que la densidad, tal cual es, de la atmósfera mengua rápidamente á medida que uno se eleva en ella. Tampoco vereis que un cuerpo se vaya á la superficie de la atmósfera á flotar, por mas ligero que sea, por cuanto hallará mucho tiempo antes, una elevacion en la que el peso específico del aire será igual al suyo. Suponed que un cuerpo de cualquier volumen, cuyo peso específico sea precisamente la mitad del peso específico del aire en la superficie del globo, tenderá á elevarse y se elevará en efecto con una fuerza igual al esceso de peso de su volumen de aire sobre su peso propio; mas elevándose de esta suerte se irá hallando colocado sucesivamente en las capas atmosféricas de una densidad menguante, hasta que halle por fin una cuya densidad será precisamente la mitad de la densidad del aire que está en la superficie del globo; y entonces dejará de elevarse y se quedará equilibrado. Ejemplo de lo que estoy diciendo son las nubes. Os digo de antemano que las nubes son una especie particular de vapor de agua cuyo peso específico es menor que el del aire de la superficie del globo, y se sostienen en la atmósfera cerca una legua de elevacion precisamente en el punto donde la densidad del aire es igual á la suya.

EUG. — He aquí porque cuando uno se halla en la cima de altas montañas puede ver bajo sus plantas nublado el cielo, y encima de su cabeza el cielo azulado.

TEOD. — En cuanto á la elevacion de las nubes no hay término fijo. En primer lugar teneis que la

densidad del propio vapor ó sea de la nube, puede ser diferente segun la influencia del sol; pues calentando la nube introduce entre sus moléculas mas partículas de calórico, aumenta la fuerza repulsiva y las vuelve mas ligeras, en cuyo caso se van mas arriba; en segundo lugar la densidad de la atmósfera es tambien susceptible de variaciones, influida por el sol ú otras causas, de modo que las nubes han de bajar cuando se vuelven mas pesadas ó cuando se vuelve la atmósfera mas ligera, y han de subir cuando sucede lo contrario.

ERG. — Todo esto se concibe muy claramente: habládme de los globos que he visto subir tantas veces sin comprender en su mecanismo una jota.

TEOD. — Voy á satisfaceros, dándoos sobre el particular cuantos detalles permita nuestra conferencia. Habiendo visto algunos físicos que el aire calentado se volvia mas ligero, y habiendo descubierto el gas hidrógeno, mas ligero que el aire, concibieron la audaz idea de viajar por los aires, y se aplicaron á construir ingeniosamente una navecilla á propósito, y de aquí data la invencion de los globos aereostáticos. Montgolfier el primero construyó un globo anchísimo de tela cubierto de papel; y dilató el aire del interior de esta máquina por medio de un fogon, colocado en la abertura inferior del globo. Despues de muchos ensayos preliminares, elevóse por los aires á causa de la ligereza específica del conjunto del aparato. Mas estos medios estaban sujetos á mil imperfecciones y peligros; el volumen del globo habia de ser enorme, porque la dilatacion del aire por medio del calórico es poco considera-

ble; la humedad de las nubes por otra parte podia alterar esta fragil máquina, y no hablo aun del fuego, inconveniente mas terrible que todos. Otro físico, el célebre Charles imaginó la construccion de otro globo hecho de seda barnizada de un barniz impermeable y flexible, y lo llenó de gas hidrógeno que pesaba en aquella época cinco ó seis veces menos que el aire; coleccionóse en una navecilla que se cuelga de la parte inferior del globo, y con un amigo suyo llamado Roberto, partió desde el medio del jardin de Tullerías de París, viéndose rápidamente trasladado á una distancia de quince leguas de la capital, donde Roberto bajó, y Charles aligerado de este peso se volvió á elevar por los aires (Fig. 81.).

ERG. — ¡Qué intrepidez la de este hombre!

TEOD. — Desde esta famosa tentativa casi no se ha mudado nada en la construccion de los globos aereostáticos: hoy dia se cubren de una red, cuyos hilos reunidos sostienen la barquilla, donde se coloca el viajero. En la parte superior del globo hay una válvula que se abre tirando de una cuerda, para dejar salir el gas; se tiene cuidado que el globo no esté enteramente lleno; á fin de que el hidrógeno pueda dilatarse cuando se halla sometido á menor presion. En una palabra se procura darle una ligereza específica, capaz de levantarse con el viajero ó viageros, y cierta cantidad de lastre que estos pueden arrojar para elevarse mas, mientras que para bajar no tienen mas que hacer, sino abrir la lengüeta ó válvula del globo.



Fig. 81.

SILV. — ¿Habeis visto algun viage de esta naturaleza ó bien os lo han contado?

TEOD. — No he visto ninguno, pero es tan auténtico que no puede dudarse, tanto menos cuanto los conocimientos fisicos que llevamos esplicados no lo contrarian. No es mas pesado el hierro que el agua, porque flota pues el hierro á la superficie del mar, pegado á la madera como sucede en los barcos; ¿no os acordais de lo de los toneles que sacan un navío abarrancado solo por su ligereza específica que los tira arriba con una fuerza superior á la gravedad del conjunto?

SILV. — Es muy cierto.

TEOD. — Pues lo propio sucede en el aire: el hidrógeno es tan ligero, mayormente en el dia que se sabe preparar mas puro, que por los tiempos de Charles, que su tendencia á ganar la parte superior de la atmósfera es superior á la gravedad ó peso de toda la máquina aereostática.

ERG. — ¿Pero decidme, Teodosio, como se arreglan para practicar semejantes viajes?

TEOD. — Se calculan las dimensiones del globo para ver quanto peso puede suportar, pues se conoce el peso del volumen de aire que el globo desaloja y que constituye la fuerza ascendente. Me esplico. Suponed que deseamos elevarnos, Silvio, vos y yo en un globo.

SILV. — Hacedis mal en suponerlo, porque malditas las ganas que tengo de hacer semejantes viajes.

TEOD. — La primera diligencia que practicamos es ver quanto pesamos los tres; luego quanto es el volumen de aire que ha de desalojar el globo, para

vencer este peso; si un volumen de treinta pies de diámetro basta para elevar para un viaje aereo á un hombre, como en efecto es así, construiremos un globo de 90 pies; luego nos aseguramos de que se nos llevará, viendo quanto pesa el volumen de aire desalojado, y quanto pesamos los tres juntos con el globo, la barquilla, el hidrógeno y el lastre. Si el volumen de aire desalojado pesa mas que nosotros, el globo y sus accesorios, nos iremos á hacer el viaje aereo con la mayor facilidad; asi como se va hácia la superficie del agua un pedazo de hierro pegado á un pedazo de corcho, cuando el peso del volumen de agua desalojada por el conjunto de estos dos cuerpos es mayor que el peso de estos últimos.

ERG. — Todo lo comprendo fácilmente, y ya me empeñaria á construir un globo y á elevarme; pero lo que todavia me embaraza es no saber como procurarme el gas hidrógeno.

SILV. — Para esto, amigo, es preciso que sepais la química.

TEOD. — En efecto este trabajo no es para vos: ya os lo esplicaré, cuando emprendamos esta ciencia; pero idos al encuentro de algun químico ó farmacéutico y este os lo procurará. Yo tengo, y cuando querais hacer la prueba, no nos faltará globo ni gas.

ERG. — Acepto la oferta y un dia nos iremos á viajar por esos aires. Mas decidme ¿realmente se ha elevado alguno de confianza?

TEOD. — Estos viajes en el dia son muy comunes y bastante seguros. Actualmente viven en Francia

célebres sabios, entre ellos Biot y Gay-Lussac, que los han hecho. El último hizo en 1804, un viaje aereotático, uno de los mas notables que conocemos: salió del Conservatorio de Artes y Oficios, y se elevó á 7,000 metros mas allá del nivel del mar, altura á que no habia llegado nunca ningun hombre. El barómetro estaba en París á 0^m, 765, y en su barquilla bajo á 0^m, 528, y mientras que la temperatura de París era de 27^o, 75, aquel sabio sufrió en su ascenso un frio de 9^o debajo cero.

SILV. — ¿Y quereis que yo haga viajes por el aire? harto espuesto estoy por acá abajo á pillar un resfriado.

TEOD. — Desde el viaje de Gay-Lussac se han hecho otros muchos, y en el dia hay, si no me han engañado, ya una carrera establecida en Londres, donde se viaja tomando pasajeros como se hace para los barcos y diligencias.

EUG. — ¡A tanto se ha llegado ya!

TEOD. — Sí; porque, perfeccionándose cada dia de mas á mas este invento, se ha llegado casi á darle una direccion determinada, como sucede en la mar con las embarcaciones. Antes el globo navegaba á la merced de las corrientes de aire que hay en la atmósfera; mas á beneficio de ciertas máquinas se le ha puesto á la barquilla sus remos y su timon, y los viageros van á donde se proponen con su viaje.

EUG. — Parece imposible, mucho me gustaria ver la partida de semejantes globos, y si en efecto hay seguridad hasta quisiera hacer un viaje.

TEOD. — Seguridad la hay: actualmente hay

anunciado en París un viaje á varios puntos comarcanos de la capital de la Francia, y partirá el globo del campo de Marte, despues de haber ensayado delante de una reunion de sabios y literatos y de todo el público parisiense, movimientos en direcciones de arriba abajo, de abajo arriba, de derecha á izquierda, de izquierda á derecha y circularmente. En este globo, el mas adelantado de todos, hay una máquina que se mueve segun la voluntad del director, y se navega por el aire, como por la mar. Lo que es desgracias ha habido muchas, porque la empresa es atrevida; mas á medida que vamos andando en años se perfecciona y se obvian muchos inconvenientes; de suerte que llegará dia en que ya perfeccionando mas la máquina, ya estudiando bien la atmósfera, sus variaciones y corrientes, se navegará por los aires mucho mejor que por el mar; y quien sabe, si los hombres tendrán tambien la barbarie de dar batallas aereas, así como se pusieron á dar combates navales, luego que hubieron regularizado su modo de sostenerse en las aguas y atravesar los mares para ir á luengas tierras.

EUG. — Bastará que una potencia empiece á tener lo que acaso se llamará su *aérea*, así como dicen su *marina*, esto es, una porcion de globos de guerra con que defender por los aires sus intereses mercantiles, como los defiende con ejércitos en la tierra y con navíos en el mar.

SILV. — No os deis semejantes cuidados, que estos viajes aéreos no pasarán de ciertos ensayos curiosos.

TEOD. — Ya se ha pasado varias veces el estre-

cho de Cales, y hay quien intenta pasar desde los Estados-Unidos á Inglaterra.

EUG. — Pero, y si sobreviene algun incidente que rompa el globo, ¿y el gas se escape?

TEOD. — Hay lo que se llama *para-caidas*, el cual es una especie de paragua muy grande, por cuyo centro pasa una cuerda que une al globo la barea : desde los bordes de esta salen unos cordones que van á parar á la circunferencia del para-caidas, el cual está cerrado mientras el globo sube. Suponed que sobreviene algun accidente capaz de comprometer la seguridad de los viageros : el director corta la cuerda que tenía suspendido la barca del globo y cae aquella como cualquier cuerpo libre con un movimiento acelerado : mas el aire resiste á cederle el paso, tanto mas cuanto mas aprisa va, abre por sí mismo el para-caidas, y bien pronto cesa de caer con movimiento acelerado ; este es reemplazado por otro uniforme y suave, y la barca llega al suelo sin accidente alguno. Acabareis de comprender bien esta resistencia del aire, dentro de poco que os hablaré particularmente de ella ; pero antes quiero dejar como suficiente esto de los globos, y ver otros cuerpos que flotan tambien por la atmósfera á pesar de ser mas pesados que el aire. ¿Habeis observado esta especie de costra verde morena ó amarillenta que se pone en los tejados?

EUG. — Seria preciso no haberlos visto.

TEOD. — Pues, como vereis á su tiempo, estas costras son plantas, y las semillas á que deben su nacimiento, lo mismo que las de cien y cien plantas mas visibles y vulgares que crecen espontáneamente en

las alturas, no pueden haber ido á depositarse allí, sin haber voloteado por los aires. Tambien vereis tratando especialmente de las plantas que hay árboles machos cuyas flores dan un polvo fecundante, el cual se lleva el aire, y pasando por cerca de otros árboles hembras los fecunda. El polvo que se depone en los muebles de un aposento vuela tambien por el aire, y no hay mas que mirarlo al través de un rayo de sol que entra en un cuarto oscuro.

EUG. — Pues si todos estos cuerpecillos son mas pesados que el aire ¿cómo se sostienen en él?

TEOD. — Por sus propias agitaciones. Cuanto mas movido está mas alto vuelan : basta soplar para que vuelva á remontarse una pluma, que iba cayendo : el polvo de una carretera sube muchos pies, remolinando cada vez que el viento arrecia. Los niños que levantan birlochas ó cometas, apenas pueden conseguirlo en lugares bajos, donde el aire está quieto, y cuando no hace un sopro : solo cuando corren, pueden levantarlo un poco, porque la resistencia que presenta el aire al cometa que lo atraviesa de lleno, le pone en agitacion, y hace levantar la birlocha. Vamos ahora á tratar del viento.

EUG. — En tanto tiempo que estais hablando del aire no se me ha ocurrido, Teodosio, preguntaros que viene á ser el viento.

TEOD. — Cuando el aire se mueve en masa por causas naturales los movimientos á que se entrega son los vientos, que llevan diferentes nombres, segun las partes de donde vienen y su velocidad. Os nombraré los mas principales porque vos no sois

piloto. En primer lugar hay cuatro á saber *norte*, *sur*, *este*, y *oeste*. El espacio que hay entre estos cuatro puntos del horizonte se divide por el medio, y da otros cuatro puntos, de donde salen otros tantos vientos que son *nordeste*, *sudeste*, *sud-oeste* y *noroeste* formando los nombres de los dos vientos cardinales entre los cuales corresponden v. g. *nordeste* es el que está entre el norte y el este. Asimismo dividiendo estos ocho intervalos por el medio, se hace lugar á otros ocho vientos, que toman el nombre de los dos que están á los lados, siendo primero en el nombre el mas principal, por ejemplo, *nord-nordeste*, es el que está entre el *norte* y el *nord-este*. Del mismo modo se dividen estos 16 intervalos y forman otros 16 vientos, que se llaman *cuartas*. Y así al que cae entre el *norte* y el *nordeste* le llaman *norte-cuarta al nordeste* y así de lo demas. Todos estos nombres se derivan de las direcciones. Por lo que toca á la duracion de los vientos los hay constantes y regulares como los vientos *eliseos* del ecuador ó zona tórrida como llaman, é *irregulares* ó *occidentales*, los que no están sujetos á ningun cálculo ni regla fija. Con respecto á su velocidad son *suaves*, *vivos*, *fuertes*, *brisas* ó *huracanes*. Pero todos estos nombres no sirven de nada sino os esplico las causas de los vientos, y porque hay entre ellos diferencias de direccion, duracion y velocidad.

EUG. — Ya que me habeis hecho medio piloto hacedme ahora físico sobre este punto.

TEOD. — Siendo tan sumamente movable como es en efecto la atmósfera, cualquiera cosa que pro-

mueva esta movilidad será causa de viento. Cuatro hay sin embargo que bastan para esplicar la produccion de todos los vientos conocidos: á saber el sol, la luna, el vapor del agua, y el movimiento de la tierra diurno, pues sabreis á su tiempo que la tierra gira sobre su eje una vez cada dia. El sol calienta el aire, lo rareface, y lo vuelve mas ligero: la porcion de aire rareficada bajo la influencia del sol abandona el lugar que ocupaba en la atmósfera y sube; y otro aire mas pesado, por no haber sufrido la accion del sol, marcha á ocupar el espacio que el primero abandona, como viene á ocupar el espacio que abandona el navío en marcha el agua de las cercanías; esto produce una agitacion, un movimiento del aire en el sentido del lugar por donde se rareface el aire. Desaparece el sol; el aire se enfria, baja y se produce un movimiento contrario. Lo mismo sucede cuando una masa de aire se llena de vapor de agua; el cual es un cuerpo que pasa buscando la parte mas alta por ser específicamente mas ligero, y su paso produce agitaciones, desalojamientos de aire en masa y de aquí vientos. El sol y la luna, en virtud de su atraccion recíproca con la tierra, tiran hácia sí la atmósfera en ciertas horas y la abandonan en otras, lo cual, segun Laplace, esplica esta especie de marea que se observa como ya os he dicho en el barómetro. Lo que os acabo de decir os manifiesta claramente como ha de haber vientos accidentales, inconstantes que uno no puede prever, ni calcular de una manera segura y exacta, tanto menos, cuanto las desigualdades de la superficie del globo, los rios, los bosques, etc., pueden modificar muchísimo

las direcciones é intensidades de estos movimientos ya determinados por causas tan varias.

EUG. — Yo concibo muy fácilmente la producción de los vientos accidentales; lo que no puedo alcanzar es la de los constantes; la de los eliseos, por ejemplo.

TEOD. — Tened un poco de paciencia y vais á verlo claro como la luz. Estos vientos se hallan constantemente en torno del ecuador de la tierra y se estienen hácia los trópicos. Figuraos, como ya os dije, un queso atravesado por sus puntos aplanados de un palo, este palo es su eje, los puntos por donde sale los polos, su circunferencia del centro, esto es de la parte mas redonda, *ecuador*; y dos círculos que pasan á sus lados entre él y los polos, *trópicos*: os lo pondré en una figura para que lo comprendais mejor (Fig. 82), A ecuador: BB trópicos: CC polos. Estos

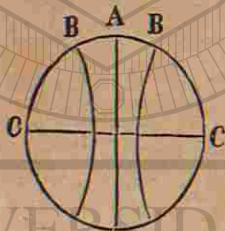


Fig. 82.

vientos van ó parecen ir de oriente á poniente, esto es, de un modo de todo punto opuesto al movimiento de rotación diurno de la tierra, y son sumamente favorables á los viajeros ó navegantes. Voy á explicaros como son constantes. La porción de superficie de atmósfera comprendida entre los trópicos, está mas espuesta á los rayos del sol porque le caen á plomo; por la misma razón se calienta mas que las restantes del globo, y tanto que hasta se conserva caliente durante la noche. Calentándose tanto, se dilata y vuelve esta porción de atmósfera mas ligera, de con-

siguiente ha de elevarse sin cesar, y á medida que se eleva, como abandona espacio, el aire frio de los polos corre á ocupar este espacio abandonado por el aire calentado. Ahí teneis ya un movimiento del aire que va desde los polos al ecuador. Llegado el aire de los polos al ecuador, se calienta á su vez, se dilata y sigue el camino del que le precede. Este llegó á la parte superior de la atmósfera á un punto donde se equilibra con la fuerza de gravedad, y como el aire de los polos ha ido ocupar el espacio que él abandonó en el ecuador, él á su vez cae por los lados hácia los polos donde va á enfriarse y á ocupar á su turno el espacio abandonado por las porciones del aire que le han seguido, y vuelve sucesivamente al ecuador para emprender su viage y hacer eternamente el mismo círculo. Con la sola diferencia que va arrasando la superficie de la tierra, cuando va de los polos al ecuador, y marcha por la superficie de la atmósfera cuando se va del ecuador á los polos. De ahí resultan, como es indispensable, cuatro corrientes de aire, ó cuatro vientos constantes, dos inferiores, dos superiores. Con todo guardaos de creer que esto se verifica tal como os acabo de decir: si no hubiese mas que la fuerza del sol así sucedería, y en efecto las corrientes inferiores son muy sensibles en las latitudes situadas mas allá de los trópicos, á escepcion de algunas modificaciones que les hacen experimentar los continentes ó los mares que hallan en su paso. Pero es preciso haceros cargo que la totalidad de la masa es arrastrada con la tierra, á causa de su movimiento de rotación con velocidades proporcionales á la distancia de ca-

da punto de la superficie al eje de rotacion, de suerte que la atmósfera situada, por ejemplo, cerca de los polos, debe girar como esta parte de la tierra con una velocidad menor que la que anima la superficie de la tierra situada en el ecuador. Si el movimiento ascensional que se verifica entre los trópicos acarrea hácia el ecuador el aire que ocupaba antes la parte vecina á los polos, este aire no tendrá la velocidad que tienen los cuerpos situados en el ecuador, y de consiguiente todos estos darán contra este aire animado de una velocidad menor que la suya, y sufrirán por su parte una reaccion que semejará perfectamente una corriente verdadera que se produjere en la superficie de la tierra en reposo. Debe pues decirse que los vientos eliseos no son verdaderas corrientes de aire; ó si lo son, son relativas á la velocidad de rotacion del globo. De aquí se saca la consecuencia, que el navegante que tiende sus velas á los vientos eliseos, en vez de aumentar la velocidad de su navio la retarda con respecto á la rotacion de la tierra, y que mientras cree que avanza hácia las Indias, las Indias son las que vienen á su encuentro.

SILV. — Esta si que es paradoja y media, pero os la paso porque no quiero estorbaros.

TEOD. — Independientemente de las causas naturales que ponen en movimiento el aire de la atmósfera, puede moverse á beneficio de ciertos recursos del hombre y hacer como quien dice vientos artificiales. Calentando una porcion de aire, en tanto que se le abre paso por una ó mas abertura para salir, y otras para entrar, se establece una corriente que renueva el ambiente de las salas y las hace mas sa-

ludables: las chimeneas, las estufas tienen, á mas de el de calentar, este objeto, ó lo realizan, sin la intencion del que las ha construido; de suerte que una chimenea es un purificador del aposento en que se halla. Y ya que estamos en esto voy á deciros como podeis formar un ventilador, y purificar el aire de una sala de hospital, de una carcel, de un teatro, de una fábrica, de un navio, etc.

EUG. — Os escucharé con muchisima atencion.

TEOD. — Formemos una caja circular que tenga de dos palmos y medio hasta tres de diámetro por seis pulgadas de altura. En el centro de esta caja debe haber un eje, del cual salgan cuatro aspas como de molino, que llenen enteramente todo el diámetro interior de la caja. Estas aspas deben ser ligeras, y por los extremos de arriba y de abajo, y los que rozan por la circunferencia, conviene que esten adornados de pluma de pato ó cosa semejante, de suerte que raspen sin dificultad por lo interior de la caja cuando se muevan como las de molino. En la circunferencia de esta caja ha de haber una especie de tangente, á la que se arrime un cañuto que haga un ángulo recto con el radio de la caja, y tenga como ella tiene seis pulgadas de altura: conviene que este cañuto en la parte que queda fuera del círculo se vaya estrechando hasta quedar en una pulgada. En la embocadura de este cañon se debe poner una manga flexible de cuero, corta ó larga, á proporcion, segun fuere preciso para vaciar el aire de la caja por la ventana afuera. En la caja, junto al eje, debe haber un agujero del ancho de una pulgada, en el que ajuste otra manga flexible de cuero como

la de las bombas, corta ó larga, lo preciso para que pueda beber todo el aire corrupto que se quiera sacar, aunque sea de dentro de la cama de los enfermos ó de los lugares mas recónditos del navío. Hecha esta preparacion encájese en el eje una manija que pueda hacer andar alrededor del molino interno, y para esto debe sobresalir el eje algunas pulgadas, para que el movimiento de la manija no se detenga con el cañon ó manga que ha de beber el aire corrupto. Moviéndose pues este molino, todo el aire que encuentren las aspas, por razon de la fuerza centrífuga, buscará la circunferencia de la caja, y saldrá por la tangente ó manga que va hácia el aire. Entre tanto por la otra manga central, que está junto al eje, entrará el aire que fuere bebido, y así se sacará de los lugares menos puros. Habrá pues una corriente continua de aire, que entra por el centro de la caja, y sale por la circunferencia de esta: de este modo vaciaremos por la ventana afuera el aire corrompido de las piezas mas infectas con el hálito de los enfermos y cargadas de los vapores corruptos y mefíticos. Si se quiere aumentar la velocidad de este molino con menos cansancio, se pondrá en el eje una rueda de diez dientes, que juegue con otra mayor de treinta, en que esté la manija, pues entonces, con que la mano dé una vuelta, dará el molino tres, y será mayor la velocidad del aire que sale, y mucho mas pronta la evacuacion del aire que va entrando. Dije que no habia peligro, porque en lugar del aire mefítico que quitan no entra encañonado que pueda constipar, pues de todo el ambiente va la parte que convie-

ne á suplir por el que va faltando. Me alegraré que aproveis mi pensamiento.

EUG. — He de mandar construir uno para mi uso.

TEOD. — No quiero dejar escapar este momento para enseñaros un modo idóneo para remediar los inconvenientes de las chimeneas. Ya sabeis, si habeis estado en países frios, donde se reciben las visitas en estancias que tienen una chimenea, lo mucho que se incomodan los circunstantes cuando algun viento contrario impide la salida del humo, y haciéndole retroceder á lo interior de las salas, mortifica á los que buscaban con el fuego remedio á los intensos frios. De este defecto se libran muchos por varios modos: algunos poco eficaces, otros muy dispendiosos. Hay otro inconveniente, que es sentir los circunstantes que se les enfrían las espaldas, á proporcion que se calientan por el pecho en las chimeneas, y este frio crece á proporcion de la mayor llamarada que se levanta. El mismo fuego es causa indispensable de este inconveniente, por quanto el peso del aire obliga á que se conserve en la misma sala de la chimenea un cierto volumen de aire; de manera que tanto sube con la llamarada por la chimenea arriba á causa de que le hacen mas leve la llama, el humo y la rarefaccion, quanto debe entrar por las ventanas ó rendijas de las puertas para llenar el vacio que el otro deja; y así estando encendida la chimenea es forzoso que haya un círculo de movimiento en el aire, subiendo una porcion por la chimenea, y entrando otro por la puerta y rendijas que haya abiertas: este círculo es indispensable

habiendo llama encendida. Como el aire pues que entra de fuera siempre es frío, y va derecho á la chimenea para suplir por el que va volando y subiendo por ella, todos los circunstantes que estan alrededor de la lumbre sienten enfriarse las espaldas. A estos dos inconvenientes, que incomodan

bastante, me parece que se podrá ocurrir á poca costa, haciendo la chimenea por el modelo que yo ofrezco, en el que el círculo del aire se hace dentro de la misma chimenea, y el mayor viento que sople contra el humo por la chimenea abajo le hará salir con mayor violencia por la chimenea arriba (Fig. 85).

La construcción consiste en repartir el vano de la chimenea en dos espacios de alto abajo, pero el plano de división debe ser un plano inclinado, y de forma que el



Fig. 85.

hueco de la chimenea quede dividido en dos como embudos, uno con la boca estrecha hácia arriba, y la ancha hácia abajo, y otro atravesado. Entrando el humo de la chimenea por la boca ancha del embudo, que coja casi todo el vano ó hueco, va subiendo y sale por la boca estrecha, que puede tener un palmo de anchura en el cañon que sobresale; y no habiendo viento contrario saldrá sin dificultad. Pero supongamos que sopla un viento recio, que baja derecho por la chimenea abajo; entonces es preciso ver cómo podremos conseguir que este viento nos sirva para impeler el humo hácia arriba en lugar de retroceder hácia abajo. Por la construcción de la chimenea y el plano inclinado se ve que teniendo la chimenea diez palmos, v. g., de hueco ó vano, y ocupando la abertura estrecha del embudo por donde el humo sale un palmo, restan nueve palmos en la boca ancha del embudo que mira al viento, y siempre el viento que entra por nueve palmos de boca debe ser mucho mas fuerte que el viento que entra por un solo palmo; conduciendo pues este viento por el embudo abajo, le traemos por un lado hasta el mismo hogar, y dando vueltas en el suelo hácia la lumbre, todo cuanto viento entrare por nueve palmos de boca en el humo de la chimenea va á soplar la lumbre á dar impulso á la llama hácia arriba, llevando consigo el humo; y como esta fuerza es nueve veces mayor que la del viento que envia el humo hácia abajo, no hay duda que vencerá la fuerza nueve veces mayor, y que el humo será impelido hácia arriba. De aquí resulta la segunda utilidad, porque habiendo circulación del ai-

re dentro de la chimenea, no hay precision de que entre por las rendijas de la puerta ó ventana otro que acuda al vacío, que de otro modo dejaría el aire que sube por la chimenea arriba, y permaneciendo quieto el aire que había en la pieza, los que se estén calentando sentirán un temple de calor agradable.

EUG. — ¡De cuanta utilidad es el conocimiento de la física! ¡Y yo he podido vivir tantos años sin saber una tilde de esta ciencia! Proseguid, Teodosio, que no paro hasta tener una tintura de todas: decidme si es posible medir la fuerza del viento así como me habeis dado reglas para medir la de un sólido y de un líquido en movimiento.

TEOD. — También hay reglas para ello, amigo, los físicos no sosiegan hasta poderse dar razón de todos los fenómenos que examinan. Aquí teneis un instrumento compuesto de un plano de cierta estension, esto no importa que sea mas ó menos, sostenido por esta palanca horizontal sumamente móvil en su eje vertical: este instrumento se llama *anemómetro ó medidor del aire*: para medir la fuerza del viento se vuelve el plano de cara al viento que está reinando, y por medio de un contrapeso se sostiene quieto á pesar del viento que viene á chocar contra el plano. Puesto que el peso sostiene el equilibrio este peso representa la fuerza que obra actualmente contra el plano pues solo siendo igual y contraria puede haber equilibrio.

EUG. — Este medio es mas sencillo que los propios para los sólidos y líquidos.

TEOD. — En efecto es así en cuanto á la veloci-

dad no teneis mas que abandonar un cuerpo ligero á la acción del viento y ver que espacio recorre en un segundo.

EUG. — Segun esto se debe saber en que razón está este movimiento con el volumen y la masa.

TEOD. — *La resistencia que hace el aire cuando un cuerpo se mueve por él, ó la que hace el cuerpo en reposo cuando es el aire el que se mueve, es á proporcion del volumen del sólido.* Pongamos un ejemplo y demos la razón. Si cargamos una pieza con una bala de madera y otra del mismo peso, pero de plomo, la de madera se quedará muy cerca, la de plomo irá mucho mas lejos; ambas llevan igual fuerza, porque el impulso fué el mismo; luego la diferencia procede del aire, para moverse la de madera fué preciso que dejase su lugar mucha parte de aire, y la de plomo con poco aire que se divida tiene el suficiente; luego cuanto mayor fuere el volumen del cuerpo que se mueve, mas resistencia le hará el medio. Otra ley hay y es, que *la intensidad del choque del aire contra un cuerpo en reposo, ó de la resistencia del aire al movimiento de un cuerpo es siempre á proporcion del cuadrado de la velocidad.* La razón es porque el aire por su inercia resiste á lo que le quiere mover, conforme el cuadrado de la velocidad que le dan: así el móvil ó el aire han de experimentar resistencia en esta misma proporeion.

EUG. — Lo he entendido perfectamente, pero no hemos de salir de este punto que no me expliqueis todo lo que se rija por esta ley.

TEOD. — Todo no os lo explicaré, porque sería

nunca acabar ; pero os diré algunos ejemplos vulgares que os servirán para todos. Sabeis que cuanta mas masa tiene un cuerpo que cae libremente, tanta mas velocidad, y quanto mas volumen tanta mas resistencia le hace el aire. Segun esto los cuerpos pequeños han de sufrir esta resistencia mas que los grandes, con tal que el pequeño, á pesar de su poco volumen, no tenga mucha masa. Si ahora consideramos un cuerpo cualquiera que cae libremente en la atmósfera ; como la resistencia del aire cualquiera que fuere, erecerá como el cuadrado de la velocidad de los cuerpos, llegará necesariamente un término en que esta resistencia será igual á la acción de la fuerza aceleratriz, y desde este momento la caída ó descenso del grave será necesariamente uniforme, como si le hubiesen quitado la gravedad. Añadid que si la densidad del aire va creciendo de una manera sensible acercándose á la tierra, el valor de su resistencia puede crecer aun despues que el movimiento se ha hecho uniforme, y que de consiguiente la velocidad del cuerpo no solamente puede volverse uniforme, sino menguar un tanto. Claro está que el momento en que la resistencia del aire se hará igual á la fuerza aceleratriz, dependerá de la relacion primitiva de estas dos fuerzas, y como la resistencia del aire depende de la superficie, y la intensidad de la gravedad de la masa, resulta que los cuerpos mas pequeños y los que tendrán menor peso específico, serán los que adquirirán mas pronto un movimiento uniforme á causa de la resistencia del aire. Mas, como la velocidad uniforme, despues del movimiento acelerado, es á proporcion de la

duracion de este movimiento, se sigue que los cuerpos pequeños, ó ligeros, tomarán cayendo, por la atmósfera, una velocidad uniforme, pero muy poco considerable, mientras que los cuerpos de grande peso específico y grande volumen tomarán tambien un movimiento uniforme, si caen de bastante altura, pero será muy rápido.

EUCL. — Con lo que me acabais de esponer ya preveo la causa de muchos fenómenos que hasta aqui no habia podido esplicarme. Sin duda será por esto que el polvo cae tan lentamente, lo mismo que las plumas, y otros cuerpos ligeros como la nieve : la lluvia y cierto granizo ya caen con mas furia, y por último es mucha la rapidez con que bajan las piedras de los nublados.

TEOD. — Efectivamente es esta la razon : vamos mas adelante. La intensidad del choque de los fluidos elásticos es evidentemente á proporcion de la estension de las superficies chocadas : no se sabe cual es la influencia precisa de los ángulos de inclinacion bajo los cuales puede tener lugar, solo se sabe que el choque es mas poderoso en una superficie cóncava que en una plana ó convexa. Visto lo que va dicho comprendéis que podemos dar artificialmente á un cuerpo de cierto peso, una superficie mas ó menos estendida : en el sentido en que el aire debe oponer su resistencia á su descenso. Aumentando de esta suerte el valor de la resistencia del aire, sin aumentar la masa en la misma proporcion, puede modificarse singularmente la velocidad de la caída de los cuerpos. Nada mas facil que probar esto ; cojamos un carton delgado, y abandonémoslo

horizontalmente : cae oscilando y lentamente : abandonémoslo verticalmente, cae con rapidez y derecho, y siempre es el mismo carton ; el modo, pues, como corta el aire, hace toda la diferencia.

EUG. — Hete lo que alentó á los viajeros en globos aereostáticos sin duda ; pues así pudieron construir sus para-caidas.

TEOD. — En efecto, y uno hubo que lo practicó de intento : elevóse con un globo, y llegado á una altura considerable cortó la cuerda que sostenia unida su barquilla al globo ; la barquilla cayó ; abrióse el para-caidas y el areonauta llegó al suelo sin la menor novedad.

SILV. — Si esto es cierto es á cuanto puede llegar la osadía humana.

EUG. — Así se han escapado algunos presos de ciertas torres, lanzándose desde lo alto con paraguas sólidos y otros sábanas atadas á su cuerpo.

TEOD. — No sé si esto es verdad ; pero la fisica no se opone á ello, antes al contrario demuestra claramente su posibilidad. Esta resistencia del aire, no solo permite bajar de grandes alturas sin hacerse ningun daño, sino moverse de un lado á otro como se hace ya con los globos aereostáticos. A la misma deben las aves la pujanza de su vuelo ; pues dotadas de una grande fuerza relativamente á su peso, hieren el aire con velocidad de arriba abajo, dando con las anchas superficies de sus alas desplegadas, y hallan una resistencia en el aire que les sirve de punto de apoyo para elevarse en la atmósfera y ejecutar los movimientos mas variados.

EUG. — Varias veces he oido decir que se han he-

cho tentativas para poder volar los hombres, y con lo que andais diciendo casi no lo miro ya como tan disparatado.

TEOD. — Al contrario deberiais mirarlo como mas disparatado que nunca, porque si las aves pueden volar, lo deben á la fuerza de sus músculos cien veces mayor acaso que la del hombre relativamente á su peso respectivo y la velocidad de esta fuerza que es tambien mucho mas grande : así todo lo que se ha intentado ha sido inutil, y á menudo acompañado de desastres semejantes á lo que nos cuenta de Icaro la fábula.

EUG. — Hay todavía alguna cosa que no sé como aclarar y es cuando debemos llamar viento, viento suave ó brisa, viento fuerte, y huracan á los movimientos varios del aire : ya concibo que será segun la velocidad que tengan, ¿pero es determinada esta velocidad ?

TEOD. — Lo es, Eugenio. Cuando la velocidad es poca, apenas sensible ó apreciable lleva el nombre de céfiro, brisa, etc. Cuando el viento corre por segundo unos doce á quince pies es ya un viento fuerte, cuando corre por segundo unos 40 á 50 metros, produce un huracan. Hé aquí porque la violencia de los huracanes desarraiga árboles añosos, derriba habitaciones, y levanta las olas de la mar á tanta altura, todo lo cual es efecto de la grande masa de la atmósfera, del peso considerable del aire, y de la velocidad de que os he hablado. Mas si los vientos llevados á este exceso de furor causan tanto daño, no dejan de reportarnos inmensas ventajas en sus movimientos moderados, pues removiendo

la masa de la atmósfera esparraman ciertos gases y cuerpos ligeros que se habian acumulado en algunos puntos, purifican el aire, y libran las poblaciones de males epidémicos que las diezman horriblemente cuando faltan estas circunstancias. Son tambien útiles los vientos como sabeis para la navegacion, y hasta el momento en que se ha puesto en práctica la navegacion por medio del vapor, sin vientos hubiéramos tenido que renunciar á las inmensas ventajas del comercio marítimo. Los molinos de viento representan despues de los barcos como otras de las máquinas que se mueven bajo el influjo de su fuerza.

EUG. — ¿No me direis por que las astas de un molino de viento estan en una posicion vertical y como torcidas todas en un mismo sentido?

TEOD. — Estan de tal modo afin de que den á su eje un movimiento de rotacion: si estuviesen planas el viento las heriria directamente, y como heriria al mismo tiempo y en una misma direccion el asta de arriba que la de abajo el eje no podria rodar. Torcidas de modo que formen con el plano comun de sus líneas medias un ángulo de unos 55° ; la fuerza del viento que choca directamente con ellas se descompone en dos porciones, una de las cuales paralela á sus superficies, hace en cierto modo resbalar la corriente de aire mudando su direccion; mientras que obrando la otra segun el plan comun de las alas, produce el movimiento de rotacion.

EUG. — Y el ruido que hacen los cuerpos movidos por el aire ¿qué viene á ser?

TEOD. — Es el sonido, pero este punto es curioso y digno de ser circunstanciado, por lo tanto pasemos á sus detalles.

§ VIII.

Trátase del movimiento vibratorio de los fluidos elásticos.

EUG. — Hacedis bien en entrar en pormenores porque hasta ahora no comprendo bien esta palabra, y sobre todo la realizacion de lo que indica.

TEOD. — Digo que el sonido consiste en el movimiento del aire: movimiento, digo, vibratorio y trémulo: dos cosas tengo aquí que probar: primera, que el sonido consiste en el movimiento del aire; segunda, que ese movimiento ha de ser vibratorio y trémulo: vamos á las esperiencias, que son la mejor prueba para el intento. Decidme, Eugenio, ¿en qué consiste el sonido que tiene una flauta cuando la tocan? Bien veis que es el aire movido, por eso si no soplais no suena, y si le tapais todos los agujeros, como no sale el aire no sale el sonido. Mas: ¿en qué consiste el sonido que hace el viento cuando es recio, entrando por las grietas de las puertas y ventanas, que parece que silba? Claro está que es el aire movido. ¿En qué consiste el sonido de nuestra voz? La esperiencia diaria nos enseña que consiste tambien en el aire movido, porque para hablar tomamos primero respiracion, y en acabándose de echar el aire por la boca no podemos hablar sin tomar nuevo aire en la nueva respiracion.

la masa de la atmósfera esparraman ciertos gases y cuerpos ligeros que se habian acumulado en algunos puntos, purifican el aire, y libran las poblaciones de males epidémicos que las diezman horriblemente cuando faltan estas circunstancias. Son tambien útiles los vientos como sabeis para la navegacion, y hasta el momento en que se ha puesto en práctica la navegacion por medio del vapor, sin vientos hubiéramos tenido que renunciar á las inmensas ventajas del comercio marítimo. Los molinos de viento representan despues de los barcos como otras de las máquinas que se mueven bajo el influjo de su fuerza.

EUG. — ¿No me direis por que las astas de un molino de viento estan en una posicion vertical y como torcidas todas en un mismo sentido?

TEOD. — Estan de tal modo afin de que den á su eje un movimiento de rotacion: si estuviesen planas el viento las heriria directamente, y como heriria al mismo tiempo y en una misma direccion el asta de arriba que la de abajo el eje no podria rodar. Torcidas de modo que formen con el plano comun de sus líneas medias un ángulo de unos 55°; la fuerza del viento que choca directamente con ellas se descompone en dos porciones, una de las cuales paralela á sus superficies, hace en cierto modo resbalar la corriente de aire mudando su direccion; mientras que obrando la otra segun el plan comun de las alas, produce el movimiento de rotacion.

EUG. — Y el ruido que hacen los cuerpos movidos por el aire ¿qué viene á ser?

TEOD. — Es el sonido, pero este punto es curioso y digno de ser circunstanciado, por lo tanto pasemos á sus detalles.

§ VIII.

Trátase del movimiento vibratorio de los fluidos elásticos.

EUG. — Hacedis bien en entrar en pormenores porque hasta ahora no comprendo bien esta palabra, y sobre todo la realizacion de lo que indica.

TEOD. — Digo que el sonido consiste en el movimiento del aire: movimiento, digo, vibratorio y trémulo: dos cosas tengo aquí que probar: primera, que el sonido consiste en el movimiento del aire; segunda, que ese movimiento ha de ser vibratorio y trémulo: vamos á las esperiencias, que son la mejor prueba para el intento. Decidme, Eugenio, ¿en qué consiste el sonido que tiene una flauta cuando la tocan? Bien veis que es el aire movido, por eso si no soplais no suena, y si le tapais todos los agujeros, como no sale el aire no sale el sonido. Mas: ¿en qué consiste el sonido que hace el viento cuando es recio, entrando por las grietas de las puertas y ventanas, que parece que silba? Claro está que es el aire movido. ¿En qué consiste el sonido de nuestra voz? La esperiencia diaria nos enseña que consiste tambien en el aire movido, porque para hablar tomamos primero respiracion, y en acabándose de echar el aire por la boca no podemos hablar sin tomar nuevo aire en la nueva respiracion.

SILV. — A mi nunca me puede agradar semejante opinion.

EUG. — Ni yo la doy asenso todavía, porque hé aqui se mueve el aire, pues sentimos un fresco ambiente, y con todo no oimos sonido alguno.

TEOD. — Ya dije al principio que el sonido no consistia en cualquier movimiento del aire, sino en movimiento del aire trémulo y vibratorio; y este movimiento trémulo y vibratorio del aire ha de ser en cada una de las partículas minimas é insensibles del aire, de suerte que cada una tiemble de por sí. No es movimiento total, como sucede en el ambiente, donde todas las partículas van juntamente hacia una parte.

EUG. — ¿Con que todo el sonido consiste en ese movimiento trémulo?

TEOD. — Sí: en la voz humana tenemos esperiencia. Cuando cantamos si pusiéremos la mano levemente en la garganta la sentiremos temblar con un temblor tenuísimo, pero sensible al tacto; y este mismo temblor que tienen los órganos de la garganta se comunica al aire que por ella sale. Además de eso la cuerda de un instrumento músico, que llamamos clave, por eso suena, porque tiembla, y temblando comunica al aire el mismo temblor; de suerte que si le pusiéremos el dedo encima, y tocáremos la tecla que le corresponde, ya no suena, porque el dedo le impide el movimiento trémulo. Aun mas: una campana despues de dar una campanada, en cuanto queda sonando sensiblemente queda temblando, como experimenta con facilidad el que la aplica la mano levemente; y luego que se

acaba aquel sonido ó zumbido que acostumbra quedar despues de la campanada, tambien se acaba el temblor. Un timbal si tuviere el parche ó piel tan floja que tocando en ella no tiemble, tampoco suena: lo mismo se observa en la cuerda de cualquier instrumento si está demasiadamente floja; y en ambas esperiencias concurre la misma razon, porque no temblando la piel ó cuerda no se puede comunicar al aire este movimiento vibratorio y trémulo, y así no hay sonido.

SILV. — A mí se me hace dificultoso creer que se comunique el movimiento de la cuerda ó de la piel al aire.

TEOD. — Tenemos para prueba de eso muchas esperiencias: primeramente estando junto á algunas campanas cuando se repican, sucede muchas veces que el sombrero que está en la mano empieza á temblar con un temblor semejante al que se experimenta en la garganta cuando una persona canta, y la pone levemente la mano: lo mismo me ha sucedido estando junto á algunos instrumentos mayores, como el violon ó el órgano, que teniendo el sombrero en la mano le sentia temblar, especialmente cuando sonaban los cañones mayores. Es bien evidente que los instrumentos ó campanas no me pueden hacer temblar el sombrero ó cosa semejante sino en cuanto hacen temblar el aire, y el movimiento ó temblor del aire, por ser en estos casos muy fuerte, hace temblar al sombrero si está en la mano y desamparado, por estar mas pronto para recibir sensiblemente este temblor.

SILV. — Aun no he hecho esas esperiencias, y so-

lo cuando las viere podré creer lo que ahora asen-
tais, que no solo las cosas que suenan comunican
al aire su movimiento, sino que el aire así movido
y trémulo hace temblar los cuerpos sólidos que en-
cuentra.

TEOD. — Podeis hacerlas siempre que tuviéreis
ocasion, y hallaréis que son ciertas: por lo menos
habreis observado muchas veces que cuando se
dispara un cañon de artilleria tiemblan las casas que
estan inmediatas, y muchas veces se quiebran las
vidrieras; pues aquí no hay otra causa que pueda
hacer este efecto sino el movimiento del aire; y si
no decidme: ¿quién menea estas casas? ¿quién
hace temblar las puertas? ¿quién hace estallar las
vidrieras sino el aire movido?

SILV. — En eso no dudo, porque es un movi-
miento muy fuerte; mas en los órganos y en los
instrumentos músicos y aun en las campanas no
puede ser tan fuerte el movimiento.

TEOD. — Tambien el temblar el sombrero v. g.
ú otra cosa semejante no pide causa tan fuerte co-
mo el temblar las casas y las puertas, y quebrarse
las vidrieras.

EUG. — Yo tambien estaba admirado y dudoso;
pero confieso la verdad, ya me voy dando por con-
vencido.

TEOD. — Aun no os he referido la esperiencia mas
evidente que hay en esta materia, y viene á ser esta.
En la máquina pneumática que visteis en mi casa se
pone un recipiente de vidrio bastante grande
(llámase recipiente, como ya dije, á cualquier man-
ga de vidrio de donde se estraee el aire): si dentro

de este recipiente colgamos una campanilla con cor-
del, y no cosa de metal (Fig. 84.), observamos esto,
que si moviendo la máquina
hacemos que la campanilla
dé algunos campanillazos, se
oyen bastantemente; pero si
le sacamos un poco de aire
ya se oye mucho menos, y
parece que está mas á lo lejos
la campanilla; continuase en
estraer el aire, y finalmente
ó no se oye, ó ya casi no se
oye; y parece que la campa-
nilla se toca en una distancia
grandisima; y esto aunque
toque con fuerza.

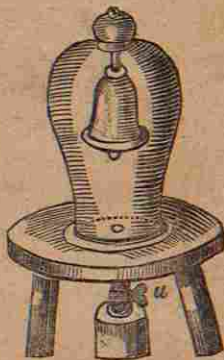


Fig. 84.

SILV. — ¿Experimentásteis eso?

TEOD. — Muchas veces; y cuando quisiéreis os
haré la esperiencia en mi casa. La misma esperien-
cia se hace y aun mejor con un reloj que dé ho-
ras puesto sobre una almohadilla bien fofa, en orden
á que no se comunique el movimiento á la máquina.

SILV. — Eso tambien puede proceder de estar la
campanilla tapada con el recipiente por todas par-
tes, y por eso no se oirá el sonido.

TEOD. — Que esa no es la causa principal se ve;
porque estando la campanilla tapada de la misma
suerte, al paso que le estraemos el aire, se va oyen-
do menos el sonido; de suerte que si le volvemos
á meter el aire dentro, vuelve á oirse perfectamente
el sonido, aunque la campanilla esté tan tapada co-
mo antes: siempre se oye menos que sacando la

manga de vidrio; pero eso tambien prueba lo que yo digo; porque como el aire no tiene por donde pasar, no se difunde tan fácilmente el sonido como si no estuyese tapada la campanilla.

SILV. — ¡Y por ventura hemos de decir que un cañon de artilleria mueve el aire alrededor hasta la distancia de diez leguas y mas! Pues es cierto que á estas distancias llega el sonido del tiro.

TEOD. — Una pequeña piedrecita cayendo en un grande estanque de agua mueve toda la superficie del agua; porque luego que la piedra cae se empiezan á formar unos círculos en el agua, los cuales van sucesivamente creciendo, y de esta suerte se mueve toda la superficie. Lo mismo digo del aire: bien veo que va gran diferencia de un estanque al espacio de diez leguas ó mas; pero tambien va gran diferencia de la conmocion que causa un tiro de cañon á la conmocion que causa una pequeña piedrecita cayendo en el agua: ademas de que el aire como es mucho mas fluido que el agua, tambien se mueve mucho mas fácilmente que ella.

EUG. — ¿Y cuál será la razon, porque las mismas campanas á lo lejos unas veces se oyen mas otras menos?

TEOD. — La razon es, porque como el sonido consiste en el aire movido, cuando el viento sopla de allá echa hácia acá las particulas del aire que vienen con su movimiento vibratorio, y este mismo se viene comunicando á las otras hasta los oidos, y así mas fácilmente viene el sonido hácia acá; por el contrario, cuando el viento va de acá, las particulas de aire que la campana hizo temblar van hácia

allá, y así comunican mas el temblor á las otras que encuentran de la parte de allá que á las particulas que quedan hácia nuestra parte; por eso el sonido va hácia allá, y por acá se oye menos.

EUG. — Hasta ahí bien se esplica; pero antes que pasemos adelante habeis de dar la razon de una cosa que me ha admirado. Una de estas noches pasadas observé que las torres de San Giaó y del Bogio hacian fuego, y tardaba el sonido mucho tiempo despues de ver yo la lumbre. Habia ya observado en Lisboa cosa semejante: muchas veces á lo lejos veia estar los carpinteros trabajando en los tejados clavando algun clavo, y cuando yo oia el sonido del golpe, ya el martillo estaba levantado en el aire para dar otro; cosa que cuanto mas observaba para certificarme tanto mas escitaba mi admiracion.

SILV. — Cuando truena observamos lo mismo, porque primero vemos el relámpago, y de allí á mucho tiempo oimos el trueno, siendo así que uno viene juntamente con el otro.

TEOD. — Todo eso proviene de la misma causa, y es, porque el sonido consiste en el movimiento del aire, todo ese espacio de tiempo es preciso para que venga comunicándose el movimiento de unas particulas de aire á las otras hasta llegar á nosotros: no penseis que es preciso venir hasta nosotros el mismo aire que estaba junto al cañon y se movió al principio; basta que él mueva al que tiene junto á sí, y ese al otro, etc., hasta moverse el que está inmediato á nuestros oidos, como sucede en los círculos del estanque.

SILV. — Poco á poco, Teodosio, que ahora me

parece que os contradecís: decís que el sonido tarda tanto en venir desde el cañon de artillería hasta nosotros, porque todo ese tiempo es preciso para comunicarse el movimiento de unas partículas á otras desde el cañon á nosotros: tambien dijisteis que la luz se difundía comunicándose el movimiento de unas partículas á otras; y aun así no gasta tanto tiempo en llegar á nuestros ojos, porque verificándose el tiro en el mismo instante en que se enciende la pólvora, vemos la lumbre del cañon primero que oigamos el tiro; por lo que, amigo Teodosio, ó esa razon no basta, ó la luz no consiste en el movimiento que dijisteis.

TEOD. — No os alijais, que no quedareis sin respuesta: la luz y el sonido consisten en el movimiento de partículas; pero la luz consiste en el movimiento de las partículas de la materia etérea, y el sonido en el movimiento de las partículas del aire; y la diversidad que hay entre unas partículas y otras es la causa de difundirse el movimiento mas de priesa en la luz que en el sonido.

SILV. — ¿Pues qué diferencia hay que venga al caso?

TEOD. — Dos: la primera, que la materia de la luz es mucho mas fluida que el aire, y por eso se comunica por ella mas de priesa el movimiento: la segunda, porque las partículas del aire dicen los modernos que son muy flexibles, como evidentemente muestran muchas esperiencias; y cuanto mas flexibles son unas partículas, mas lentamente comunican movimiento á las otras: á esa piedra que ahí está en el suelo fácilmente la movereis con este bas-

ton que no se dobla; y si la quisiéreis mover con la punta del espadin habeis de gastar mas tiempo, porque antes que la piedra se mueva ha de doblarse mucho el espadin: pues lo mismo se debe decir á proporción de las partículas del aire; y por eso el sonido gasta mas tiempo en llegar á nuestros sentidos que la luz; sin embargo no es tan pausadamente que en un minuto segundo, esto es, en la sexagésima parte de un minuto, no corra 524 varas de las nuestras¹, y por este modo se puede medir bien fácil y seguramente la distancia de dos lugares, mandando disparar un tiro en el uno, y observando tres ó cuatro veces para seguridad el tiempo que tarda el sonido.

EUG. — Es de alabar ciertamente la gran curiosidad que tienen los modernos para averiguar hasta las mínimas circunstancias, que suceden en los efectos naturales, aunque ordinariamente se miran tan á bulto, como suelen decir.

SILV. — Decidme, pues, Teodosio; ¿cómo es posible que el sonido consista en el movimiento del aire, siendo así que el sonido se comunica de una casa á otra estando la primera bien cerrada?

TEOD. — Por las grietas de las puertas siempre pasa algun aire; pero si el aire no pudiere pasar de ningun modo, como sucede en el recipiente bien tapado, y el estruendo fuere pequeño, no se oirá; mas si fuere muy grande, hará mover al vidrio, y este al aire que está fuera, y así se comunicará el sonido.

¹ La vara portuguesa es de cinco palmos.

SILV. — Eso es imposible.

TEOD. — Ya os probé como el aire movido con movimiento vibratorio movia los cuerpos sólidos que encontraba, y eso con un temblor sensible; y no es necesario para el sonido que el temblor sea sensible al tacto, como sucede en las esperiencias que referí, basta menos movimiento, y por eso menos fuerza es necesaria para comunicarse á los cuerpos sólidos el movimiento preciso para el sonido.

SILV. — Aun tengo otra dificultad, y es que una campana, una cuerda de clave, un tambor etc. tocándolos solo en una parte suenan por todas igualmente, y con todo no tiemblan sino en donde los tocan.

TEOD. — Si hemos de dar crédito á las esperiencias, hemos de decir que eso no es así. La campana despues de tañida tiembla alrededor, como se esperimenta poniéndole la mano; la cuerda del clave tiembla por todo su largo, como se ve aplicando levemente el dedo; porque si pusiéremos el dedo en el medio de la cuerda no suena; señal de que poniéndole ahí el dedo, le quita el movimiento ó temblor.

SILV. — Si yo diere un golpe en una pared, por toda ella se oye el estruendo, y nadie ha de decir que tiembla la pared.

TEOD. — Conforme fuere el golpe: si fuere muy grande, de tal suerte que el estruendo se comunique por toda la pared, toda ella se mueve. Tenemos una esperiencia bien facil en prueba de lo que digo. A veces viene por la calle un carro cargado

con una gran piedra, tiemblan las casas, tiemblan las puertas y vidrieras, y hasta las luces que estan dentro de las casas tiemblan. Mas: viene á veces un coche corriendo por una calle abajo, tiemblan las cerraduras de las puertas y las vidrieras etc. Pregunto ahora: ¿quién hace temblar todo esto? No es otra cosa que el golpe que el coche ó carro da pasando de una piedra de la calle mas alta á otra mas baja; de aquí es que si la calle estuviere con arena no se sentirá temblor alguno; luego si el golpe que da un coche pasando de una piedra á otra puede hacer temblar las casas de toda una calle con todo lo que hay dentro de ellas, ¿cómo no hará temblar á una pared el golpe fuerte que yo la diere?

EUG. — He observado muchas veces que un zapatero que trabaja en una tienda debajo de mi casa, con los martillazos que da en su oficio hace temblar toda la pared, de suerte que tiemblan las vidrieras; pero otras veces no sucede esto.

TEOD. — Creo que hará esa mayor impresion cuando batiere la suela en el grueso de la pared, y que cuando trabajare dentro de casa no se comunicará tanto el temblor á la pared. Y la causa de todo esto nace de estar unidas entre sí las partes de la pared, de suerte que fácilmente se comunique el temblor de unas á otras. Pero si el golpe no fuere muy grande temblarán solamente las partes mas llegadas á aquella en donde se dió el golpe.

EUG. — Ahora ya sé la razon de una cosa pasmosa que me contó un caballero (uno de los mejores oficiales, ó el mejor que tenemos en Portugal), y me parece que atestiguaba de vista: decia que muchas

veces estando el ejército acampado hacia señal el general para que todo se pusiese en silencio sin que nadie se moviese; entonces un cierto soldado se echaba en el suelo, y unia el oído con la tierra; pasado un breve intervalo se levantaba, y decia muchas veces que á tal distancia poco mas ó menos venian tropas enemigas en marcha, lo cual se hallaba cierto.

TEOD. — Yo no me admiro de eso, porque muchas veces se ha hecho otra esperiencia para el mismo intento, pero aun mas admirable: en el *journal des Savans* he leído yo que un general para conocer si la caballería enemiga venia cerca mandó poner en tierra un tambor, y sobre él un dado, y que cuando la caballería venia cerca se sentia temblar el dado sobre el tambor; así no es mucho que ese soldado percibiese el movimiento de la caballería, porque el mismo temblor que se comunicaba por la tierra, y hacia temblar el dado, podia mover el aire de los oídos, de suerte que se percibiese aquel estruendo.

SILV. — Ahora bien, decidme: ¿de qué nace ser un estruendo fuerte ó remiso?

TEOD. — Digo que ser el sonido mayor consiste en que dentro de un determinado espacio las partículas del aire movido sean mas en número, ó tengan movimiento mas fuerte; de aquí nace que el sonido de un tiro de cañon es á mucha distancia cada vez mas remiso, porque el movimiento cada vez es mas tenue y debil: por la misma razon la voz de un hombre hace un sonido grande; pero si juntáremos cuarenta hombres todos á hablar ó cantar, hacen un

estruendo mayor, porque son mas las partículas de aire que se mueven, y es mas fuerte el movimiento.

EUG. — Esperaba yo que dijéreis que ser grande el sonido consistia en moverse las partículas del aire mas aceleradas en las vibraciones.

TEOD. — No: eso hace el sonido mas agudo: yo os esplicaré eso, y ya que sois apasionado á la música tratemos de la música filosóficamente.

EUG. — Vamos, que atenderé con gusto.

§ IX.

Trátase de la música, y se explica como se forma el eco y otras curiosidades acerca del sonido.

TEOD. — Consonancia es una mezcla de dos ó mas sonidos, de que resulta á los oídos suavidad y dulzura: la disonancia por el contrario es un agregado de sonidos desproporcionados y desapacibles al oído. Las mismas voces mezcladas de un modo hacen consonancia, y mezcladas de otro hacen disonancia. La razon física y verdadera de esto procede de que en nuestros oídos, ademas de otros órganos que hay, tenemos una piel estendida y tensa sobre un hueso, lo que llaman los anatómicos *tímpano*, que quiere decir lo mismo que tambor: este tímpano tiene consigo una propiedad, y es, que unas veces se estira, otras se afloja mas, conforme á los diversos sonidos que recibe, y esto es preciso, porque si no fuese esta mudanza no oiríamos mas que un tono solamente. La razon es, porque en un tambor

veces estando el ejército acampado hacia señal el general para que todo se pusiese en silencio sin que nadie se moviese; entonces un cierto soldado se echaba en el suelo, y unia el oído con la tierra; pasado un breve intervalo se levantaba, y decia muchas veces que á tal distancia poco mas ó menos venian tropas enemigas en marcha, lo cual se hallaba cierto.

TEOD. — Yo no me admiro de eso, porque muchas veces se ha hecho otra esperiencia para el mismo intento, pero aun mas admirable: en el *journal des Savans* he leído yo que un general para conocer si la caballería enemiga venia cerca mandó poner en tierra un tambor, y sobre él un dado, y que cuando la caballería venia cerca se sentia temblar el dado sobre el tambor; así no es mucho que ese soldado percibiese el movimiento de la caballería, porque el mismo temblor que se comunicaba por la tierra, y hacia temblar el dado, podia mover el aire de los oídos, de suerte que se percibiese aquel estruendo.

SILV. — Ahora bien, decidme: ¿de qué nace ser un estruendo fuerte ó remiso?

TEOD. — Digo que ser el sonido mayor consiste en que dentro de un determinado espacio las partículas del aire movido sean mas en número, ó tengan movimiento mas fuerte; de aquí nace que el sonido de un tiro de cañon es á mucha distancia cada vez mas remiso, porque el movimiento cada vez es mas tenue y debil: por la misma razon la voz de un hombre hace un sonido grande; pero si juntáremos cuarenta hombres todos á hablar ó cantar, hacen un

estruendo mayor, porque son mas las partículas de aire que se mueven, y es mas fuerte el movimiento.

EUG. — Esperaba yo que dijéreis que ser grande el sonido consistia en moverse las partículas del aire mas aceleradas en las vibraciones.

TEOD. — No: eso hace el sonido mas agudo: yo os esplicaré eso, y ya que sois apasionado á la música tratemos de la música filosóficamente.

EUG. — Vamos, que atenderé con gusto.

§ IX.

Trátase de la música, y se explica como se forma el eco y otras curiosidades acerca del sonido.

TEOD. — Consonancia es una mezcla de dos ó mas sonidos, de que resulta á los oídos suavidad y dulzura: la disonancia por el contrario es un agregado de sonidos desproporcionados y desapacibles al oído. Las mismas voces mezcladas de un modo hacen consonancia, y mezcladas de otro hacen disonancia. La razon física y verdadera de esto procede de que en nuestros oídos, ademas de otros órganos que hay, tenemos una piel estendida y tensa sobre un hueso, lo que llaman los anatómicos *tímpano*, que quiere decir lo mismo que tambor: este tímpano tiene consigo una propiedad, y es, que unas veces se estira, otras se afloja mas, conforme á los diversos sonidos que recibe, y esto es preciso, porque si no fuese esta mudanza no oiríamos mas que un tono solamente. La razon es, porque en un tambor

si no hubiere mudanza en la piel, de cualquier suerte que le toqueis siempre se oye el mismo tono mas ó menos fuerte, pero siempre el mismo tono.

ETG. — Lo propio sucede en el clave, en el violín etc., siempre la cuerda da el mismo tono, bien sea que la toquen con fuerza, ó que la toquen suavemente.

TEOD. — Luego si nuestro tímpano estuviese siempre de la misma suerte, cualquier sonido que viniese de fuera habia de mover el tímpano de la misma suerte; y como el movimiento del tímpano es el que da movimiento al otro aire que está de la parte de adentro, siempre se oirá allá el mismo tono. Por esta razon cuando oimos un sonido mas agudo y alto se estira mas el tímpano, y cuando oimos un sonido mas bajo ó grave se afloja. Esto creo que lo entendeis.

ETG. — Con facilidad; mas antes que pasemos adelante, decidme, ¿qué es lo que hace que un sonido sea mas agudo que otro?

TEOD. — Sonido agudo llamo yo aquel que está en tono mas alto, como los triples y contraltos; y sonido grave aquel que está en tono mas bajo. Habeis advertido que muchos juzgan que lo mismo es tono mas alto y mas agudo que sonido mas fuerte y recio; y es engaño, porque una campana grande tiene voz mas fuerte que un pajarito, y el pajarito tiene voz mucho mas alta y aguda que la campana.

SILV. — Bueno es que estemos libres de ese error.

TEOD. — Respondiendo, pues, Eugenio, á vuestra pregunta digo, que el sonido mas agudo consiste en

que las vibraciones del aire sean mas frecuentes, y el sonido grave al contrario, en que sean mas pausadas. Ya dije que el sonido consistia en el movimiento trémulo del aire, causado por el movimiento trémulo del cuerpo sonoro, v. g. de la cuerda del instrumento. El movimiento trémulo ya sabeis que es lo mismo que movimiento vibratorio, ó movimiento que consta de vibraciones; porque la cuerda temblando va hácia una parte, de allí vuelve hácia otra, despues vuelve otra vez á la parte contraria hasta aquietarse; estas idas y vueltas se llaman vibraciones; y de camino es preciso saber que estas vibraciones ó temblores nacen de la elasticidad de la cuerda, ó de la fuerza con que estendiéndola y moviéndola con el dedo hácia un lado se restituye á su estado natural; por eso estando sueita de una parte no se estiende, y dejándola no se restituye, ni tiembla, ni hace sonido alguno. Decimos ahora que cuando estas vibraciones fueren mas breves y mas frecuentes será el sonido mas grave, y el tono mas alto, y cuando fueren mas pausadas será el sonido mas grave, y el tono mas bajo.

ETG. — Yo estoy acostumbrado á no dar crédito á nada sin experiencia.

TEOD. — No me desagrada.. Llegaos á un clave, descubridle, é id sucesivamente tocando todas sus teclas, y observareis con los ojos un temblor sensible en las cuerdas que hacen tono mas grave; pero cuanto mas fueren subiendo de tono menos se percibirá su temblor, á causa de ser tan veloz, que la vista ya no le alcanza. Mas: poned la mano en la

garganta, é id levantando varios tonos sucesivamente, y vereis que en los tonos mas graves es el temblor mas sensible; pero en los mas agudos es mas rápido y acelerado. Haced esperiencia, pues la soledad del sitio da libertad para todo.

EUO. — Teneis razon, no hay duda que se conoce bien grande diferencia.

TEOD. — Reparad, Eugenio, en ese puerco que anda pastando: sensiblemente se percibe con los oidos el temblor y las vibraciones del sonido de su gruñido, porque gruñe en un tono bajisimo.

EUO. — Así es; mas dadme la razon, ¿por qué la misma cuerda apretándola mas hace un sonido mas agudo?

TEOD. — Es porque apretándola mas resiste mas á quien la quiere mover hácia el lado; y como resiste mas, tambien hace mas fuerza para restituirse; por consiguiente cuando la dejaren ha de restituirse con mas fuerza, y hacer sus vibraciones mas ligeras y aceleradas; y así resulta el sonido mas alto y agudo. Por lo contrario, si aflojáremos la cuerda ya no resiste tanto cuando la mueven hácia el lado; y así no se restituye con tanta fuerza, y hace las vibraciones mas despacio, y el sonido es mas grave.

EUO. — Aun pregunto mas: ¿y cuál es la razon por qué cuanto mas corta es la cuerda mas alto es el sonido?

TEOD. — Es la misma, porque cuanto mas corta es la cuerda, estando igualmente tiesa resiste mas á quien la mueve hácia el lado, y se restituye con mas fuerza; y como hace las vibraciones mas cortas, es

el sonido mas agudo: la misma razon sirve para la diferencia de dos cuerdas apretadas con fuerza igual, é iguales en lo largo, las que cuanto mas gruesas son, mas grave es el sonido, porque se restituyen y tiemblan mas despacio.

EUO. — Ya sé en qué consiste el sonido grave y agudo: vamos ahora á mezclar uno con otro, y saber la razon por qué unas mezclas son agradables á los oidos y otras no.

SILV. — Antes que pasemos á eso, decidme vos, Teodosio, ¿y cómo se pueden oir á un mismo tiempo dos sonidos? El aire ó tiene vibraciones mas breves, ó tiene vibraciones mas pausadas; de este modo uno de los dos sonidos se puede oir, y no ambos juntos.

TEOD. — Reparad, Silvio: unas particulas del aire movidas por la voz mas gruesa tiemblan con vibraciones mas pausadas; pero otras particulas del aire movidas por la voz mas fina tiemblan con vibraciones mas breves, y como las unas van mezcladas con las otras, todas entran juntamente por los oidos, y de este modo se perciben ambos tonos. Y satisfaciendo á la pregunta de Eugenio digo, que todas las veces que el tímpano recibe sonido mas agudo se estira mas, y cuando recibe sonido mas grave se afloja; pero cuando vienen dos sonidos juntos se está moviendo continuamente, y estirándose mas para recibir las vibraciones del sonido mas agudo, ya aflojándose para recibir las vibraciones del sonido mas grave: cuando las vibraciones concuerdan y hieren al mismo tiempo en el tímpano, entonces las recibe juntamente, y en cier-

to modo descansa; pero cuando las vibraciones discordan, es preciso que el tímpano esté estirándose y aflojándose alternativamente. De aquí nace que siendo dos veces unisonas, como las vibraciones de una se arreglan con las de la otra hacen una armonía agradable, porque el tímpano descansa, y recibe las vibraciones de dos voces como si fuesen de una sola.

EUG. — Pero cuando las voces no son unisonas, v. g. cuando canta el alto con el contrabajo en consonancia, á que los músicos llaman *octava*, ¿qué acontece?

TEOD. — Entonces descansa menos el tímpano, porque como unas vibraciones son mas apriesa, otras mas pausadas, muchas veces discordan; pero de dos á dos vibraciones se arreglan, y hieren juntamente el tímpano; de suerte que mientras la voz del contralto hace dos vibraciones en el aire, hace una la voz del contrabajo, y en cuanto el bajo hace diez, hace el alto veinte, etc.; y así de dos á dos siempre concuerdan, y como concuerdan descansa entonces el tímpano. Por tanto regla general, cuanto mas frecuentemente se arreglan las vibraciones del sonido grave con las del sonido agudo, mas veces descansa el tímpano; y cuantas mas vibraciones hubiere discordes, mas trabaja estirándose y aflojándose con suma velocidad, y en este trabajar del tímpano es en lo que está la disonancia que nos molesta los oídos.

SILV. — Todo eso está muy bien ideado; mas todo es fingido por la imaginacion. ¿Quién averiguó jamas, ó, cómo probais vos, que cuando una

voz está en octava de la otra hace la mas alta dos vibraciones, mientras la otra hace solo una?

TEOD. — Con una esperiencia clara: dejadme señalar aquí con el lapiz en un papel unas líneas para que me entendais mejor (Fig. 85). Estas dos líneas

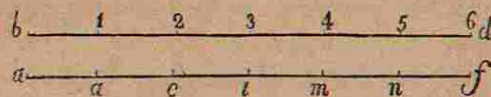


Fig. 85.

af, *bd* supongo que son dos cuerdas del mismo largo y grueso, é igualmente tirantes: si las tocaren harán sonido unisono; aquí queda probado al mismo tiempo que en el sonido unisono todas las vibraciones concuerdan y se ajustan, porque siendo estas cuerdas iguales en el largo, grueso y tensura, esto es, igualmente apretadas, tambien se han de restituir á un tiempo, y hacer vibraciones iguales y á un tiempo; ni hay razon para que una se apresure mas que la otra. Pasemos adelante. Si nosotros, estando estas misma cuerdas en un tono, pusiéremos el dedo sobre una bien en el medio, v. g. en *i*, la mitad de la cuerda *if* queda en octava respecto de la otra entera *bd*: así lo prueba la esperiencia; mas vamos ahora á mostrar como esta mitad de la cuerda cuando la tocan hace dos vibraciones en cuanto la otra cuerda entera hace solo una. Para evitar confusion aquí señalo otras dos cuerdas (Fig. 86), de las cuales una tenga doble largo respecto de la otra. Ya mostré que cuanto mas corta era la cuerda mas de

prieta se restituia, y hacia sus vibraciones mas breves; luego siendo esta cuerda *mn* la mitad de la

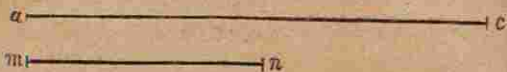


Fig. 86.

otra, ha de hacer las vibraciones en la mitad del tiempo en que la grande hace las suyas; y así en cuanto la grande hiciere una vibracion hará la pequeña dos.

EUG. — Ya veo el fundamento de ese vuestro sistema, y estoy pasmado viendo lo que puede averiguar la industria humana. Pero ya que estamos metidos en esta materia, esplicadme brevemente las otras consonancias y disonancias, porque soy curioso, y es materia esta que jamas pensé me esplicasen filosóficamente.

TEOD. — Despues de la *octava* la mayor consonancia que hay es la que llaman *quinta*, que es la que hace *ut con sol*: esta consiste en que la voz mas alta hace tres vibraciones en cuanto la voz mas baja hace dos, y pruébase con la esperiencia de las cuerdas unisonas (Fig. 85); porque si pusiésemos el dedo en una y en otra, de suerte que una tenga tres palmos de largo v. g. y otra dos, hacen la consonancia de *quinta*; de aquí se infiere, que si la cuerda cuanto mas larga es mas tiempo gasta en las vibraciones, teniendo la cuerda mayor tres palmos, gastará tres instantes v. g. en una vibracion, y por consiguiente en dos gastará seis; vamos ahora á la cuer-

da mas pequeña: esta tiene dos palmos, gastará pues dos instantes en una vibracion, y en dos gastará cuatro instantes, y en tres gastará seis; y como seis instantes son los que gasta la cuerda mayor en dos vibraciones solamente, síguese, que mientras la pequeña hace tres vibraciones hace la grande dos, y así de tres en tres vibraciones de la cuerda pequeña se juntan y concuerdan las vibraciones de ambas cuerdas, y descansa el tímpano. Pero como las vibraciones no se juntan de dos en dos como en la *octava*, por eso la *quinta* no es consonancia tan grata.

EUG. — Todo va concordando con la esperiencia y con la razon. Vamos á esplicar la otra consonancia que llaman *tercera mayor*.

TEOD. — La *tercera mayor* es la que hace *ut con mi*; esta consiste en que la voz mas alta haga cinco vibraciones mientras la mas grave hace cuatro; y así solo se juntan despues de cinco vibraciones, y por consiguiente no es tan apacible consonancia como las dos precedentes: la prueba de esta verdad se hace con las cuerdas de la esperiencia anterior, dando á la mayor cinco palmos y á la menor cuatro. De las consonancias que faltan decimos lo mismo; y segun se juntan mas antes ó mas despues las vibraciones, es mayor la consonancia. Las disonancias por el contrario consisten en que de tal suerte se desigualan las vibraciones que no se juntan sino despues de mucho tiempo. El *tritono* v. g. consiste en que la voz mas alta hace cuarenta y cinco vibraciones, mientras la mas grave hace treinta y dos; y la *quinta falsa*, que es la peor de todas, consiste en

que la voz mas aguda haga sesenta y cuatro vibraciones, mientras la mas grave hace cuarenta y cinco; de donde se infiere, que solo despues de sesenta y cuatro vibraciones de voz mas alta es cuando descansa el tímpano, y entre tanto se mueve ciento y siete veces; unas para acomodarse á las vibraciones mas agudas, otras para recibir las vibraciones mas graves; por eso se molestan de tal suerte los oidos que los tapamos muy de priesa.

EUG. — Ahora ya sé la razon por que estando las voces en bella consonancia, si una se levanta un poco mas, desafina y hace disonancia; y es, porque como las vibraciones de una se apresuran mas, ya no concuerdan con las otras como antes, y así tiene el tímpano mucho mayor trabajo.

TEOD. — A mí me parecia que bastaba de música, porque ella es mas gustosa en la práctica que en la especulacion. Sentémonos aquí á la sombra de esta arboleda, y vereis, Eugenio, uno de los mas admirables ecos que hay por estos sitios.

EUG. — Sentémonos.

SILV. — Ahora que no hace viento se percibirá el eco con bastante distincion. Dejadme vocear, y oireis, Eugenio, un eco perfectísimo.

EUG. — No parece que pueda proceder esta voz que os responde sino de otro Silvio, que desde aquella parte os está hablando.

TEOD. — Reparad que otra segunda respuesta se oye á la mano izquierda, allá dentro de la arboleda.

EUG. — Teneis razon; pero esta voz es ya mas

cansada. Decidme, pues, Teodosio, ¿qué es este eco que nos responde?

TEOD. — El eco no es otra cosa que el sonido reflejo. Luego que se profiere alguna voz con vehemencia, se va comunicando el movimiento del aire de unas partes á otras: si acaso encontraren con algun cuerpo que no las esparza, han de reflectir hácia atras las partículas del aire, y vuelven á mover las otras antecedentes, y de este modo viene el sonido hasta nuestros oidos; y he aquí como volvemos á oír la voz despues de haberse pasado algun tiempo que la proferimos. Sucede al sonido con los sitios en que se forma el eco, lo mismo que á los rayos de luz y de color con los espejos; así como la reflexion hecha en los espejos nos hace creer que el objeto está allá adentro del espejo, tambien la reflexion del sonido hecha en la pared nos hace creer que desde ella nos responden.

EUG. — Si en esto consiste el eco le habiamos de oír á cada paso.

SILV. — Advertís bien, Eugenio, porque á cada paso hay paredes altas y otras cosas semejantes en que puede reflectir el sonido.

TEOD. — Muchas cosas son precisas para percibirse el sonido que reflecte: primeramente es preciso que haya bastante distancia entre el cuerpo de donde reflecte el sonido y nuestros oidos; porque si estuviéreis cuatro ó cinco varas v. g. distante de aquella pared profiriendo una voz, en brevísimo tiempo va hácia la pared y vuelve; y así cuando viene el sonido reflejo aun tenemos en los oidos el

sonido que se entró allá antes de reflectir; por eso no se distingue uno del otro, ni percibimos el eco.

EUG. — Eso concuerda con la esperiencia, porque muchas veces me ha sucedido oír un eco perfectísimo y con bastante distincion; pero yéndome llegando al sitio de donde respondia el eco, repitiendo de cuando en cuando la misma palabra, cada vez se repetia con menos separacion de mi voz, hasta que á poca distancia solo se repetia la última silaba, y llegándome mas cerca nada se repetia.

TEOD. — Es por esta razon que dije.

SILV. — ¿Y cómo esplicais el eco cuando se repite muchas veces, como ahora experimentamos, y me ha sucedido repetirse en otro sitio una palabra tres veces?

TEOD. — No es de admirar eso, porque junto á Milan hay una casa que repite la voz mas de veinte veces, como testifica el padre Kircher.

EUG. — Mucho es: ahora ya creo lo que leí en un cierto libro, que antiguamente hubo en Olimpia un célebre pórtico que repetia la voz, siendo de dos sílabas, siete veces.

TEOD. — Para explicar eso, supongamos que así como tenemos á la mano izquierda aquel bosque, y enfrente de nosotros aquella casa alta, que tenemos tambien aquí á la mano derecha una montaña, y que el monte dista 50 pasos, la casa 100, el bosque 200: si yo profriere una voz gritando, va el sonido hácia todas esas partes juntamente, y luego que llega á dar en estos obstáculos reflecte y vuelve otra vez hácia nosotros; pero como el monte del lado derecho dista solo 50 pasos, viene de allá el so-

nido mucho mas antes que del palacio que tenemos enfrente; porque para llegar acá el sonido que fué hácia el palacio, ha de andar 100 pasos allá y otros 100 acá; pero siempre ha de venir, y volveremos á oír la misma palabra; y como aun falta la respuesta del sonido que fué hácia el bosque, el cual tiene que andar 200 pasos allá y otros tantos acá, aun hemos de oír otra vez la voz. He aquí la razon por que oimos tres respuestas de la misma voz; porque vienen en tiempos diferentes á causa de ser mayor el camino que tiene que andar el eco que viene de una parte que el que viene de las otras.

EUG. — Aquí comprendo yo cual es la causa de donde procede esta repeticion; pero en la casa que dijisteis habia junto á Milan no podemos recurrir á esas diversas distancias de paredes ó montes que hagan esta desigualdad en los ecos.

TEOD. — Ahí se explica la reflexion del sonido como de la luz en la sala de los espejos de que hablaremos. En esta casa de Milan á causa de su construccion ó figura, sucede que unas partículas de aire reflecten hácia los oídos despues de una sola reflexion; otras van de una parte reflectiendo hácia la otra, y vienen á los oídos despues de tres ó cuatro ó mas reflexiones, y así tardan mas tiempo; despues de estas llegarán á los oídos otras partículas de aire que hayan hecho siete ú ocho reflexiones; y despues de estas otras que reflectirán aun mas veces; pero en estos casos cada vez es el sonido mas debil, porque las reflexiones siempre le debilitan.

EUG. — ¿Y todas las veces que hubiere estos

sitios que puedan reflectir el sonido, ha de haber eco?

TEOD. — Para haberlo es preciso que el aire esté pacífico; porque si hace viento, basta el movimiento rápido que entonces tiene el aire para esparcir el sonido, y no dejarle reflectir tan ordenadamente como es preciso para haber eco. También conduce mucho para oírse el eco que no haya mucho ruido ni estruendo de voces fuera del sonido que se pretende oír en el eco, porque como esos estruendos son movimientos del aire perturban el del eco; por eso de noche estando todo sosegado y la noche serena se oyen las respuestas de los ecos aun mejor que de día. Es también necesario advertir, que conforme es la distancia así debe ser la cláusula que se profiera; porque siendo la distancia no muy grande, si la cláusula fuere larga, cuando viniere el eco de la primera palabra aun se profieren las últimas, y así no se pueden oír, lo cual se evita siendo la cláusula corta; y á veces ni eso basta, y es preciso que sea una sola palabra, por ser la distancia muy pequeña. Mas ahora se me acuerda explicaros un efecto bien admirable; pero quiero que le veais con vuestros ojos: vamos á entrar en la torre de Belén; id preguntando entre tanto lo que se os ofreciere.

EUG. — Se me ofrece una cosa, que tal vez vendrá en buena ocasion; decidme: ¿cuál es la causa por qué cuando se desarma una casa y se le quita toda la tapicería y ornamento sentimos diversidad en el modo con que oímos las voces?

SILV. — Así sucede: parece que las voces resuenan en las paredes.

TEOD. — Como la casa está desarmada y libre de muebles, quedan las paredes mas desembarazadas y prontas para que reflecta el sonido de las voces, porque bien veis que el aire movido ó el sonido de las voces, dando en los tapices ó en cualquier género de adornos, allí se estingue, y no reflecte nada ó casi nada, lo cual no sucede estando las paredes desnudas, porque entonces reflecte de una parte á otra; y esto es lo que vulgarmente sucede cuando dicen que resuenan las voces en las paredes.

EUG. — Ya lo entiendo: vamos á lo que nos resta.

TEOD. — Aquí teneis también la razon por que en una casa cerrada se percibe mucho mejor una voz remisa que estando á campo raso, porque en la casa no se perturba el movimiento del aire en que consiste el sonido, y en el campo se esparce mas el sonido, y se pierde mas.

EUG. — Delante de los ojos tenemos un efecto que quisiera me explicáseis: en la torre de Belén, que tenemos á la vista, estan gritando con una bocina: deseaba saber la razon ¿por qué la bocina aumenta de tal suerte el sonido, que la voz humana se oye en lugar tan remoto?

TEOD. — Lo mismo sucede en los clarines, trompas y trompetas de que se usa ordinariamente; y si acaso la bocina fuese de mas de seis palmos de largo, y tuviese el primer bocal hecho de tal suerte que ambos labios se puedan mover dentro de él (Fig. 87.), se oirán las voces á mas de mil pasos de distancia: dicen que esta bocina fué inventada por un célebre ingles llamado *Morlando*. La razon por

que se aumenta el sonido en todos estos casos es



Fig. 87.

porque primeramente todo el aire que una persona, hablando en el aire libre, habia de mover alrededor hácia todas partes, todo lo mueve hácia dentro de la bocina, de donde nace que el aire sale con un movimiento muy fuerte, así como es el espejo ustorio, en el cual porque se juntan los rayos, que á no haber espejo se esparcirian, tenemos una luz fuertísima. Ademas de esto como la bocina al principio es estrecha, el aire va muy comprimido, y va reflejando de un lado á otro, y de esta suerte cuando llega á salir lleva un movimiento fuertísimo; por eso cuanto mas larga fuere la bocina, mas lejos se ha de oír la voz, porque mientras el aire va por dentro de ella se le va aumentando el movimiento. Tenemos un ejemplo en el cañon de escopeta, que cuanto mas largo es tanto mas lejos despide la bala, porque mientras va por dentro del cañon, se le aumenta mas el movimiento, como os explicaré á su tiempo.

EUG. — Ahora hago reflexion de que las trompetas como dan muchas vueltas, verdaderamente son unos cañones mucho mas largos que las bocinas, y por eso su sonido se oye mucho mas lejos.

TEOD. — De aquí podeis inferir tambien la razon de un efecto que se cuenta ó verdadera ó fabulosamente. Dicen que en Zaragoza de Sicilia hay todavía una carcel llamada de Dionisio el Tirano, en la cual si hablais aunque sea en voz baja parece que estais gritando. Dicen que es una cueva larga abierta en peña viva á manera de bóveda; y siendo así puede suceder naturalmente lo que dicen, porque ademas de ser un sitio cerrado, y no tener el aire por donde se esparza, puede el sonido reflectir de unas partes á otras, de suerte que se aumente mucho el movimiento del aire, y que las voces suaves se hagan fuertes, á manera de lo que sucede en los instrumentos músicos. Nosotros vemos que el sonido que hace la cuerda de una vihuela se aumenta mucho por reflectir varias veces dentro de la vihuela; de aquí nace que si estuviere abierta tiene muy pequeñas voces, y suenan poco las cuerdas, y no hallo dificultad en que suceda á las voces en la concavidad de esta peña lo que sucede al sonido de la cuerda en la concavidad de una vihuela ó violon.

EUG. — Efectos muy semejantes á ese tengo yo observados dentro de algunas cisternas muy espaciosas, á donde entré por curiosidad.

TEOD. — Ahí concurre la misma razon. Mas ahora quiero que veais con vuestros ojos otra pieza, que no os ha de admirar menos, aquí en la torre de Belen. Vamos entrando..... Ahora, Silvio, si yo me pusiere en una esquina de esta sala, y vos, Eugenio, en la otra esquina opuesta, hablando yo muy bajo me habeis de oír fácilmente, y quien estuviere en

el medio de la sala nada ha de percibir de lo que se dice.

EUG. — Yo apelo á la esperiencia.

TEOD. — Aquí la teneis (Fig. 88.): poneos, Eugenio,

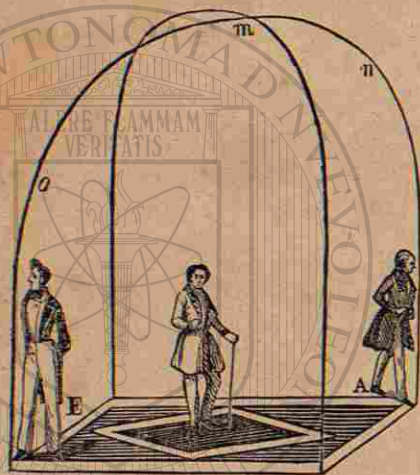


Fig. 88.

en una esquina E, que yo me pongo en la esquina opuesta A, y vos, doctor mio, quedad en el medio de la sala: yo me vuelvo de cara á la esqui-

na, haced vos lo mismo, Eugenio, y decidme luego si me ois lo que voy á decir con voz sumisa.

EUG. — Oigo distintamente todo cuanto decís.

SILV. — Pues yo no he oido nada: vosotros os convenisteis en engañarme.

EUG. — No esteis con esa desconfianza: poneos en mi lugar, y yo me iré al medio de la pieza, porque tampoco puedo creer que dejáseis de oir lo que me dijo Teodosio.

SILV. — Me conformo: cambiemos. Ahora ha-

blad vos, Teodosio, con voz sumisa para experimentar si yo os oigo.

EUG. — Nada entendí: oí algun susurro, pero no percibi palabra alguna.

SILV. — Pues yo oí todo clara y distintamente. ¿Y en las otras esquinas, Teodosio, sucede tambien lo mismo?

TEOD. — Tambien, con tal que las dos personas que hablan estén en esquinas opuestas como ahora nosotros. Vamos á la razon, porque ya os considero impacientes. Reparad en el techo de esta sala, formado en bóveda y sin cornisa alrededor; ademas de eso en esta esquina en que yo estoy va por el ángulo de las paredes un canal ó media caña *nmo* abierta en la pared, que se continúa por el techo hasta la esquina opuesta de la sala.

EUG. — Así es: ahora reparo en eso, y lo mismo hay en las otras dos esquinas.

TEOD. — Supuesto esto, cuando yo me vuelvo hácia la esquina y hablo, va el aire encañado por la esquina de la sala y por el canal que está abierto en las paredes, y así encañado se continúa por la bóveda, y vuelve hasta la esquina opuesta sin esparcirse, por eso hablando suavemente lo ois allá; al contrario sucede á quien está en medio de la sala, porque como el aire no va encañado hácia allí, fácilmente se esparce, y pierde el movimiento que yo le he dado por ser muy debil, pues hablé sumisamente; y así cuando mucho oirá algun sonido en confuso, mas no distinguirá las palabras.

EUG. — Ahora veo yo la razon por que no hicieron en esta sala cornisa alrededor; creo que fue pa-

ra no perturbar el paso al aire que iba arrimado por la esquina de la sala arriba.

SILV. — Yo no acabo de creer lo que estoy viendo; pero lo cierto es que es muy poderosa la industria humana.

TEOD. — Aun se podía hacer otra sala mas pasmosa, como una que hizo un curioso: mandó poner en un salon algunas estatuas sobre sus peanas totalmente apartadas de la pared, y era un embeleso del entendimiento entrar en esta pieza, y oír las estatuas hablando y conversando entre sí como si fuesen figuras vivas.

EUG. — ¿Y cómo era eso?

TEOD. — Habia mandado agujerear las estatuas hasta las bocas, y asimismo las peanas y los cañones que se habian metido por los agujeros iban á salir á otras salas diferentes en donde hacian la boca ancha como de trompeta: en estas salas mandaba hablar tantas personas cuantas eran las estatuas, y que tuviesen voces proporcionadas á las figuras que representaban: de aquí resultaba que el aire movido por la voz entraba por la boca ancha del cañon que estaba metido en la pared, é iba por él adelante por debajo del suelo hasta salir á la boca de la estatua; los que estaban próximos á la estatua, oyendo salir el sonido de su boca les parecia que hablaba. Es tambien de notar que como el sonido habia venido encañonado, llegaba á la boca de la estatua sin disminucion; por eso no parecia sonido que se hubiese proferido lejos de aquel sitio, sino que allí mismo se habia formado. Lo propio

sucedía á las demas estatuas, y de esta suerte se engañaban los que ignoraban el artificio.

SILV. — Ahí era disculpable todo engaño.

EUG. — Y tambien todo dispendio, porque era una diversion muy agradable.

TEOD. — Ahora demos fin á nuestra conferencia que ya ha sido bastante larga por hoy, vámonos á paseo. Si mañana acudís como de costumbre: empezaremos el estudio de los cuerpos imponderables, y será el primero el calórico.

EUG. — Bueno, ganas tengo de conocer este cuerpo.



TARDE SÉPTIMA.

TRATASE DEL CALORICO O SEA DE LA CAUSA DEL CALOR.

ALERE FLAMMAM
VERITATIS



§ I.

Explícate lo que es el calórico y de qué manantiales procede.

TEOD. — Que tal, Eugenio : dicen que hace frio esta tarde.

EUG. — No mucho ; pero os aseguro que me siento mejor en esta sala que en el campo.

TEOD. — Yo no he salido en todo el dia por haber estado entretenido en mis gabinetes, y como me lisonjeaba de que vos y Silvio no faltariais á la conferencia acostumbrada, he mandado encender la lumbre, á fin de que tengamos hoy nuestra recreacion en torno de mi chimenea.

EUG. — No podia ser mas á propósito puesto que se trata del calórico esta tarde, causa, segun os he oido decir, del calor y del frio.

TEOD. — Hoy examinaremos al fin este cuerpo de quien hemos hablado tantas veces por su con-

curso á la produccion de muchos fenómenos naturales, y ya lo tengo todo preparado para responder con experimentos á la oposicion de Silvio, quien nos ha de hacer esta tarde una guerra á muerte. Es el punto de fisica en que está mas atrasado : mas hetele que ya llega ; adelantémonos á recibirle.

SILV. — Buenas tardes, amigos ; ya veo, Teodosio, que habeis pensado discretamente encendiendo vuestro hogar ; os aseguro que tengo frio.

TEOD. — Venid acá pues, y sentémonos á la lumbre.

SILV. — Parece que el tiempo quiere tomar parte en nuestra conferencia precisándonos á permanecer junto al fuego : así no dejará de ser práctica la leccion.

TEOD. — Este cambio súbito de temperatura habrá ocasionado muchos resfriados y pulmonías.

SILV. — Bastantes hay en efecto : hoy he tenido mucho que correr, y no sé si podré presenciar toda la conferencia de esta tarde por poco que la prolongueis.

EUG. — Entonces empecémosla cuanto antes.

TEOD. — Entremos pues en materia. Hace ya rato que nos estamos calentando, y seguramente que ambos á dos atribuis el estar calientes al fuego que va ardiendo en la chimenea : con todo ninguno de los tres ha tocado las brasas : esto prueba que nos llega algo de ellas, y ya sea directamente, ya sea por medio del aire, siempre resulta que nos llega algo capaz de calentarnos. El agua de este puchero

estaba fria, cuando la criada la ha puesto al fuego, y ahora está hirviendo. Si ponemos una barra de hierro ó una bala de plomo en un horno, se vuelven blandos y hasta corren como el agua, y se amoldan como la cera. ¿Os atreveriais á explicar, Eugenio, estos y otros fenómenos semejantes, por alguna de las causas y modo de accion de que hemos hablado en nuestras primeras conferencias?

EUG. — Me parece que si no estableceis otras fuerzas diferentes de la atracción y todas sus modificaciones, estos y otros fenómenos análogos van á quedar inesplicables.

TEOD. — En efecto es así, ninguna de las fuerzas de atracción, tomada bajo el aspecto que se quiera, puede darnos razon de estos fenómenos; y como no hay efecto sin causa, nos es forzoso buscar otra capaz de producirlos. ¿Mas será esta causa una fuerza como la gravedad, ó bien un cuerpo como muchos de los que existen?

EUG. — Me parece que ha de ser un cuerpo, porque, como habeis dicho muy bien, nos hemos calentado estando junto al hogar, pero sin tocar las brasas, lo cual prueba que nos ha llegado algo, y no puede menos que ser este algo corpóreo.

SILV. — Sin llegarnos nada puede el aire calentarnos estándolo él por su contacto con el fuego.

TEOD. — Pocas palabras bastarán para haceros ver que no es así. En primer lugar el aire va hácia la chimenea y no de la chimenea hácia nosotros; por lo mismo se halla en condiciones opuestas para calentarnos. En segundo lugar, y esto os ha de

hacer mas fuerza, aunque estuvierais en el vacío os calentariais del propio modo.

SILV. — En este caso he de convenir en que nos llega algo de las brasas; pero yo no veo nada.

TEOD. — No solamente no lo veis, sino que os seria imposible encerrar lo que nos llega, en algun lugar, ni pesarlo por finas que fuesen las balanzas empleadas; con todo no podeis negar que nos impresiona, pues nos causa lo que llamamos calor, y por lo tanto podemos suponer sobradamente que es un cuerpo, pero un cuerpo imponderable el cual como causa del calor, le llamaremos con los fisicos modernos, *calórico*. Supuesta su existencia, ¿qué especie de cuerpo diriais que es, sólido, líquido, ó gaseoso?

EUG. — Lo que es sólido no puede serlo, pues vemos que no tiene ninguna condicion de los tales cuerpos.

TEOD. — Discurrís muy bien: la ninguna analogía del calórico con los cuerpos sólidos ha conducido necesariamente á suponer que es un fluido, y un fluido mucho mas sutil que los gases, no solamente porque es invisible é imponderable, sino porque no hay cuerpo que no penetre.

SILV. — A mí no me cabe la menor duda sobre que el fuego ó calórico, como le llamais los modernos, es cuerpo; pero lo que no puedo admitir es que no pese, pues esto es una propiedad de todos los cuerpos; á mas de que hay mil esperimentos que prueban el peso del fuego, y entre ellos os podria citar lo que nos dice Boyle.

TEOD. — El fuego, bajo la acepcion en que vos lo tomáis, es pesado efectivamente y ponderable tambien : mas no es lo mismo el fuego de vuestra escuela que el calórico, y si os digo que este, á pesar de ser cuerpo, no pesa, quiero decir con esto que en el estado actual de conocimientos, no hay un medio capaz de apreciar exactamente su peso, por grande que sea la cantidad de calórico acumulado en un cuerpo y por finas que sean las balanzas empleadas. Todo lo que se ha dicho sobre este particular dista mucho de ser concluyente, y la mayor parte de los físicos convienen hoy dia en que el calórico es un fluido *imponderable*. Llamadle *imponderado* si quereis, os citaré un ejemplo que si no demuestra la absoluta imponderabilidad del calórico, prueba á lo menos que, si tiene peso, no lo pueden revelar nuestras balanzas mas finas. Se toman dos retortas de vidrio, que son como unas calabazas de cuello largo y torcido; se mete en la una agua clara, en la otra aceite de vitriolo, se hacen comunicar ambas á dos por sus cuellos, que se cierran ablandándolos al fuego, y en seguida se pesa todo con exactitud. Hecho esto, se vuelve poco á poco una retorta contra la otra; ambos líquidos se mezclan, se combinan, y se desprende de ellos un calor considerable, como si sacase del fuego el aparato. Este calor es una porcion de calórico que contenian, antes de la combinacion, el agua y el aceite de vitriolo, y que despues se escapa disipándose poco á poco, y pasando de las retortas á todo lo que las rodea, y ellas de por junto con lo que contienen se quedan frias, esto es, pierden toda la cantidad de

calórico que ha hecho desprender la combinacion. En este caso se vuelve á pesar el aparato y se le halla el mismo peso de antes.

SILV. — Pasad á otro punto, si lo teneis á bien, que no tengo por ahora ganas de sostener esta cuestion.

TEOD. — El calórico penetra todos los cuerpos; cualesquiera que sean, hasta los que niegan el paso á la luz; esto nos conduce á creer que es sobre manera sutil y que sus moléculas son sumamente pequeñas.

ETG. — Segun lo que acabais de decir, ya puedo afirmar desde luego que el calórico no es lo mismo que la luz, y que en los rayos del sol igualmente que en todo cuerpo que arde, ha de haber luz y calórico.

TEOD. — ¿Y por que decís esto?

ETG. — Porque, segun habeis dicho, la luz no pasa por todo lo que el calórico penetra, y porque los rayos del sol al propio tiempo que arden nos alumbran.

TEOD. — No va mal fundado el discurso, y me alegro que sepais prever las consecuencias de lo que estoy diciendo. Sabed con todo que tal cual químico opina que los tres cuerpos reputados imponderables á saber *calórico, luz y electricidad*, no forman mas que uno, esto es, que el calórico es lo mismo que la luz y el eléctrico. Me atreveria á deciros que un dia esta opinion se generalizará, por cuanto hay muchos hechos que conducen á establecerla: mas hoy dia la generalidad de químicos y físicos miran el calórico, luz y electricidad como tres cuerpos de naturaleza diferente; por lo tanto habeis discurrido

muy bien en la observacion que me habeis hecho. Ya hablaremos mas por estenso de este importante punto cuando tengais conocimientos de todos los tres fluidos imponderables á la vez. Paso ahora á decir os donde se halla el calórico y de donde procede. Cuando hablamos de la porosidad dijimos que todos los cuerpos la tenían, esto es, que todos tenían en tal disposicion sus moléculas, que no llegaban á tocarse siendo la fuerza repulsiva del calórico la que las mantenía separadas. De esto se deduce que todos los cuerpos del mundo contienen calórico, ó que el calórico está esparcido por todos los cuerpos del mundo, y esto es de tal suerte que no hay ningun cuerpo frio absolutamente hablando, quiero decir si por frio se ha de entender un cuerpo desprovisto absolutamente de calórico.

SILV. — Esta si que es gorda, decir que no hay cuerpo frio es negar que haya nieve, hielo, granizo.....

TEOD. — Ya os he dicho bajo qué sentido no le hay. Cuando decimos que una cosa es fria ó caliente, siempre la comparamos con otra; de aquí proviene que una misma cosa puede ser fria para unos y caliente para otros. Tocad, Eugenio, esta agua fria.

ERG. — Fria está y muy fria.

TEOD. — Tocad ahora este pedazo de hielo que tengo aquí: ahora volved á tocar el agua.

ERG. — Ahora me parece tibia.

TEOD. — Calentaos la mano, Silvio, y haced de modo que casi os la queméis, y tocad luego estofra agua que hay en esta palangana.

SILV. — Fria está como hielo.

TEOD. — Tocadla vos, Eugenio.

ERG. — Pues hombre, si está tibia; si casi humea!

TEOD. — Esto os conducirá á creer que no hay nada de absoluto en la frialdad ó calor de los cuerpos, y que realmente no hay ninguno frio tomado absolutamente.

SILV. — Si Eugenio os cree, pasad adelante, que es inutil porfiar.

TEOD. — Los cuerpos no producen el calórico que contienen, y por lo tanto, como son susceptibles de tenerlo en mas ó menos cantidad, segun las circunstancias, se hace preciso admitir la existencia de manantiales de que dimana. Rigurosamente hablando no hay mas que un manantial que nos envíe sin cesar nuevas cantidades de calórico, tal es el sol; pues los demas antes renuevan el que se halla dentro de los cuerpos que nos envían de nuevo. Con todo á mas del sol hay otros manantiales que estan como quien dice á nuestros alcances y podemos dirigir. La combinacion de unos cuerpos con otros, la frotacion, la percusion, y los fenómenos eléctricos son otros tantos manantiales de calor. Mas de una vez habeis visto sin duda echar agua á la cal, hervir luego esta agua y quemar todo lo que toca. No hace mucho os he dicho que mezclando el aceite de vitriolo concentrado con agua arrojaban estos líquidos grande cantidad de calórico. Si tocáis la pólvora la hallareis ni fria ni caliente, y si le arrimais una pajuela ó una mecha encendida se produce tambien una cantidad espantosa de dicho fluido. Lo mismo hace cuando disparais la escopeta; pues el cañon se

pone caliente, tanto mas, quanto mas frecuentes son los tiros. En fin, el hogar que nos calienta, no es mas que una porcion de leña á la cual se ha prendido fuego, rodeada de aire que alimenta la combustion á sus espensas. Ahora bien todos estos hechos y otros muchos que pudiera citaros son otras tantas combinaciones de varios cuerpos entre sí; en estas combinaciones se ha desprendido el calórico que contenian los cuerpos combinados, lo han arrojado fuera de sí, y por lo tanto podemos decir que son aquellas verdaderos manantiales de calor. Vamos á ver si lo es tambien la frotacion. Habeis observado, Eugenio, vos que sois militar, que los artilleros barren de cuando en cuando el interior del cañon para refrescarlo.

EUG. — Mas de cien veces por cierto, y es en efecto para refrescarlo, porque á fuerza de tirar se llega á poner tan caliente que inflamaria el cartucho: pero esto lo produce la inflamacion de la pólvora.

TEOD. — No hay duda que tiene mucha parte en ello, como yo lo he indicado en lo de la escopeta; pero tambien la tiene y mucha la frotacion rápida de la bala con las paredes interiores del cañon: de aquí es que los tiros con bala calientan mas las bocas de fuego.

EUG. — Es un hecho, y ahora concibo lo que hasta aquí no habia podido explicarme.

TEOD. — Cuando limais un hierro se calienta el hierro y la lima, tanto mas, quanto mas aprisa vais; los ejes de los coches cuando van disparados á veces desarrollan tanto calor que pegan fuego. Si acaso sucediere escurrirseos de la mano algun peso,

de suerte que la cuerda á que está atado os roce la mano con mucha velocidad, sentireis en ella un tal calor como si os abrasáseis. ¿Habeis visto alguna vez subir una campana á un campanario?

EUG. — Lo he visto, y en efecto echaban agua fria desde arriba á las cuerdas, por temor de que no se inflamasen, tanto es lo que se calientan.

TEOD. — Cuando habeis llegado, tanto vos como Silvio os estregabais una con otra las manos para haceros pasar el frio. ¿Habeis oido hablar alguna vez de que los salvajes encienden fuego frotando un pedazo de madera con otro?

EUG. — En América he visto eso muchas veces: hay dos especies de palo de que se valen aquellos naturales para encender lumbre, sin otra diligencia que rozar y estregar uno con otro: en una tabla de madera (creo que es de un palo llamado de hierro) hacen un agujero, no muy hondo, en el cual meten una estremidad aguda de otro palo, y revolviéndole entre las manos como hace quien bate chocolate, sin otro artificio se enciende fuego.

TEOD. — Con el palo de roble, peral y nogal se puede hacer lo mismo: arrimando á la pared una tabla de estas especies de madera, donde haya un chico agujero en el cual se encaja la punta de un palo de lo mismo, y que la otra estremidad tambien aguda, se aplique á otra tabla semejante que tuviésemos arrimada al pecho, y con un arco como el del violin se debe hacer andar alrededor el palo con gran velocidad y luego pega fuego: puede ser que no salga llamarada; pero no dejará de salir humo y el palo quedará quemado en la estremidad y cavi-

dad de la tabla. Asi pues no podeis dudar de que mediante la frotacion se produce una fuerte cantidad de calórico. La percusion es otro medio no menos productivo de calor : Tomad un martillo y dad con él contra una bala de plomo; esta se aplasta, y si la tocáis la hallareis en extremo caliente : mucho será que podais aguantarla entre los dedos despues de algunos martillazos. Con el eslabon y el pederal los fumadores sacan fuego, y lo sacan porque hieren, percuten fuertemente estos dos cuerpos uno con otro.

TEOD. — Tambien he visto á mi caballo hacer brotar de un peñasco chispas de fuego con sus herraduras.

TEOD. — Si alguna vez visitais una fábrica de moneda ó de botones, tocad los que acaban de ser acuñados, y hallareis que calientes estan. Dad con las manos una contra otra, y se han de calentar bien pronto.

EUG. — Bien me acuerdo de cuando niño, que si á uno le pegan una zurra ó le encajan un bofeton las nalgas y megillas se ponen que arden.

TEOD. — Todos estos hechos vulgares y mil otros que pudiera citaros, son pruebas de que la percusion ó el golpear hace desarrollar calor. Cuando hablemos de la electricidad tendreis ocasion de ver qué cantidades de calórico desarrolló en sus juegos este fluido ; pero ya puedo hacéroslo entrever ahora citándoos algunos hechos que os son familiares. Sin duda que habeis oido hablar de los estragos del rayo ; que habeis visto los relámpagos, y no podeis

haber olvidado la chispa que salió de aquella máquina que os hice tocar la primera tarde.

EUG. — Bien me acuerdo de ello ; todavía me parece que siento la conmocion que me dió en el brazo.

TEOD. — Pues ahí teneis que la electricidad tambien es otro manantial del calórico. No os he dicho nada del sol, porque es ocioso demostraros que nos envia calor á torrentes, mas á medio dia que por la mañana, y por la tarde, mas en verano que en invierno, por la sola razon de que en cada una de estas circunstancias nos lo envia de diferente modo.

EUG. — ¿ Consiste este diferente modo en que el sol está mas cerca de nosotros en verano, como he oido decir ?

TEOD. — Así lo juzgan muchos vulgarmente ; pero es engaño, en invierno anda el sol mucho mas cerca que en verano.

EUG. — ¿Cuál es la razon porque andando mas alto en el verano sentimos mayor calor que en el invierno ?

TEOD. — La razon es, porque en verano anda el sol mas á plomo sobre nosotros que en invierno ; de aquí procede el que caigan sobre nosotros mayor cantidad de rayos del sol, y sintamos mayor calor. El sol difunde sus rayos igualmente hácia todas partes ; pero aquellos cuerpos, respecto de los cuales quedan perpendiculares los rayos del sol dentro de una determinada estension, reciben mayor número de rayos, como se demostrará geoméricamente ; y vereis fácilmente con esta esperiencia : coged un papel blanco, ponedle enfrente de una vela encendida ;

y vereis que cuando el papel está puesto de tal suerte que los rayos de luz le den de plano, queda el papel mas claro que cuando está tan inclinado que los rayos de luz que salen de la vela le dan oblicuamente.

ETG. — Esa esperiencia es cierta.

TEOD. — Pues si el papel queda mas claro es señal que recibe mayor número de rayos de luz: lo mismo se debe decir de los rayos del sol que caen mas juntos sobre aquellos cuerpos, respecto de los cuales quedan perpendiculares; y como en el verano está el sol mas á plomo sobre nosotros que en el invierno, por eso sentimos mayor calor. Advertid, Eugenio, que aunque dije que el sol en el verano está mas á plomo sobre nosotros, nunca verdaderamente llega á estar á plomo, ni lo puede estar respecto de los que vivimos en las zonas templadas, como os explicaré algun dia: digo que está menos oblicuo en el verano que en el invierno.

SILV. — Esta respuesta es muy buena hablando del calor que experimentamos de dia; pero muchas veces de noche tambien hay calor, y este no puede proceder de estar el sol mas perpendicular.

TEOD. — Siempre procede de eso: vos, Silvio, sabeis muy bien que cualquier cuerpo que llega á concebir calor grande le conserva por mucho tiempo; del mismo modo la tierra y el aire como de dia recibieron gran calor del sol le conservan de noche, especialmente si no hay viento que los refresque; y como en verano son los dias mayores, y hay mas horas para calentarse la tierra, y menos en que se temple, naturalmente ha de concebir mucho mayor

calor, y juntar mayor número de las partículas de fuego que trae el sol.

SILV. — Aun tengo otra dificultad, y es, que si el gran calor que experimentamos en el verano procediese de estar el sol mas á plomo sobre nosotros, irian los calores creciendo á proporcion hasta el solsticio del verano (solsticio del verano, Eugenio, es aquel punto del cielo adonde el sol llega á 21 de junio), y desde este dia en adelante irian disminuyendo los calores, porque en el punto del solsticio está el sol mas á plomo sobre nosotros que en ningun otro lugar del cielo, como vos, Teodosio, sabeis muy bien. Nosotros vemos que esto no concuerda con la esperiencia, porque ordinariamente en los meses de julio y agosto es cuando experimentamos la mayor fuerza del calor.

TEOD. — Responderé por partes. Primeramente el que no crezcan ó disminuyan los calores á proporcion que el sol se llega ó aparta del solsticio, de suerte que muchas veces en mayo, cuando el sol está mas lejos del solsticio, hay mayor calor que en algunos dias de junio en que el sol está mas inmediato á él, eso procede de la irregularidad de los vientos, que unas veces refrescan mas la tierra, otras menos; por eso aunque en 20 de junio, v. g., esté el sol mas á plomo sobre nosotros que en 10 de este mes, con todo puede suceder que á 20 haya viento norte, que es mas fresco, y á 10 no le haya; y así mayor calor hará en el dia 10 que en el 20; pero, regularmente hablando, bien veis que cuanto mas cerca estamos de S. Juan mayor es el calor. Vamos ahora á los calores grandes despues de S. Juan. El

sol en agosto verdad es que está tan á plomo respecto de nosotros como en mayo poco mas ó menos; pero halla ya la tierra muy caliente con los calores de los meses antecedentes, lo que no sucede en mayo; y por eso desde S. Juan en adelante sentimos mayor calor que en los meses anteriores, habiendo en unos y otros á proporcion casi igual distancia del sol respecto del solsticio; y esta es la razon porque ordinariamente por la tarde hace mayor calor que por la mañana, aun en las horas que distan igualmente del medio dia, porque el calórico que ha llegado del sol allí se ha quedado, y de aquí procede haber á veces un viento solano que abrasa, porque pasa por tierras que estan llenas de partículas de calórico que trajo el sol, y no halla mar ni tierras inundadas que con la humedad templen su ardor; y por eso todo lo quema, y aun de noche causa un calor horrendo.

SILV. — Enhorabuena : vamos adelante.

TEOD. — Ahora me acuerdo de una cosa que os ha de parecer que destruye todo lo que queda dicho, y es, que las regiones que caen hácia el polo del norte parece que nunca habian de experimentar gran calor, por lo mismo que el sol, aun en la mayor fuerza del verano, está mas oblicuo respecto de ellas de lo que está respecto de nosotros en el rigor del invierno; pero hemos de confesar que á veces se experimentan calores mucho mayores que los de nuestro pais. En la Laponia bastan 15 dias de calor para hacer crecer las hojas de los árboles, tanto como crecen en nuestro pais por muchos meses : tan grande es el calor en estas regiones, que

estando una piedra espuesta al sol por algun tiempo dificultosamente se podrán poner los pies desnudos encima sin que se quemen. En la isla de Cherri, en una ocasion, los pescadores que andaban pescando los bueyes marinos, sintieron á 21 de junio un calor tan grande, que la brea de los barcos se derretia, y corria por la embarcacion : lo mismo sucedió en Spitzberg en el mes de julio ¹.

SILV. — ¿Y cómo esplicareis esos efectos sin contradeciros?

TEOD. — Habeis de saber que en los polos son mucho mas dilatados los dias que aquí en nuestras regiones : allí en cada año hay un dia solamente; pero un dia que dura seis meses continuados y mas, sin ocultarse nunca el sol sino en el fin de ellos; y así como no hay los intervalos de la noche en que la tierra se refrigere, el calor continuado va creciendo de manera que hace estos efectos que oisteis.

ETG. — ¡Terrible pais para vivir en él! Yo no puedo sufrir los calores de Lisboa, !qué haria en esas partes!

TEOD. — Lisboa y sus contornos habeis de saber, Eugenio, que es de los paises mas soportables en el verano : ¿qué hariais vos si estuviéseis en Montpellier en el dia 50 de julio? En este dia fué allí el calor tan grande, que los huevos que se ponian al sol salian cocidos ².

ETG. — Quisiera que me diéseis la razon de todo lo que acabais de decirnos : porque no llego á con-

¹ Memoir. de Trevoux, pág. 4906, 4010.

² Hist. de l'Académie, pág. 50.

cebir como la diferencia de posicion del sol puede calentarnos mas ó menos.

TEOD. — Antes de esplicaros por qué leyes sucede esto, permitidme hablaros todavía de otros manantiales de calórico considerables : del uno ya casi os he dado una idea cuando he colocado en el número de tales la combinacion de ciertos cuerpos ; y es la combustion, ella en efecto es la que despues del sol nos procura mas cantidades de calórico ya para calentarnos, ya para todos los usos de nuestra industria. Contentaos con lo que os digo de ella aquí, porque tengo intencion de ocuparos en otra tarde sobre la combustion, por ser materia interesante, y comprendereis entonces mejor todos sus efectos á causa de conocer toda la historia del calórico. El otro manantial es el cuerpo humano, y quien dice este el de todo animal : el hombre es un manantial permanente de calórico que lleva el nombre de *calórico animal*, y tambien me limitaré á indicaros que hay esta fuente mas de calórico, porque su formacion en el cuerpo humano es demasiado complicada y vuestros conocimientos pocos para que podais concebir este punto con la claridad deseada. Cuando os explique la organizacion del hombre, os daré cuenta del calórico animal; y como ya estareis enterado de la física y de la química me comprendereis perfectamente. Fáltanos por último hablar del calor central de la tierra, como otro de los manantiales mas abundantes de calórico. Pero á pesar de su abundancia y del importante papel que se le hace representar, no ha de ser hoy tampoco el dia en que os ocupe en él, pues merece su punto á

parte, y lo haremos cuando tratemos de la geología ó sea de la masa y formacion del globo de la tierra. Vamos á satisfacer vuestro deseo por lo que toca al asunto en que estábamos poco hace.

§ II.

Trátase de la irradiacion del calórico, de sus leyes, del modo como lo reciben los cuerpos y como la irradian á su vez.

SILV. — Me veo precisado á alejarme de la lumbre, me estoy abrasando, teneis aquí demasiado fuego.

TEOD. — Pues yo siento un calor agradable.

TEOD. — Yo tambien, y con todo, Eugenio, observad que vos y yo estamos mas cerca de la lumbre que Silvio.

EUG. — Es verdad : nosotros nos hallamos sentados á los lados de la chimenea, y Silvio frente por frente de ella.

TEOD. — Pues esta diferencia de posicion y no la distancia es la que precisamente es causa de que Silvio se vea precisado á alejarse, me explico. No podeis negar que la lumbre nos calienta arrojándonos el calórico que se desprende de ella. De dos maneras podeis explicar este fenómeno : ó bien nos llega el calórico por medio del aire calentado sucesivamente por capas, ó bien á modo de chorros que parten directamente del manantial. Si fuese del primer modo, no podriamos calentarnos en el vacío, ni en torno de una hoguera levantada en descubierta, porque, á medida que se irian calentando las capas de aire contiguas á las llamas se volverian mas leves, y de consiguiente se marcharian hácia arriba, y para calentarnos seria preciso ponernos en-

cebir como la diferencia de posicion del sol puede calentarnos mas ó menos.

TEOD. — Antes de esplicaros por qué leyes sucede esto, permitidme hablaros todavía de otros manantiales de calórico considerables : del uno ya casi os he dado una idea cuando he colocado en el número de tales la combinacion de ciertos cuerpos ; y es la combustion, ella en efecto es la que despues del sol nos procura mas cantidades de calórico ya para calentarnos, ya para todos los usos de nuestra industria. Contentaos con lo que os digo de ella aquí, porque tengo intencion de ocuparos en otra tarde sobre la combustion, por ser materia interesante, y comprendereis entonces mejor todos sus efectos á causa de conocer toda la historia del calórico. El otro manantial es el cuerpo humano, y quien dice este el de todo animal : el hombre es un manantial permanente de calórico que lleva el nombre de *calórico animal*, y tambien me limitaré á indicaros que hay esta fuente mas de calórico, porque su formacion en el cuerpo humano es demasiado complicada y vuestros conocimientos pocos para que podais concebir este punto con la claridad deseada. Cuando os explique la organizacion del hombre, os daré cuenta del calórico animal; y como ya estareis enterado de la física y de la química me comprendereis perfectamente. Fáltanos por último hablar del calor central de la tierra, como otro de los manantiales mas abundantes de calórico. Pero á pesar de su abundancia y del importante papel que se le hace representar, no ha de ser hoy tampoco el dia en que os ocupe en él, pues merece su punto á

parte, y lo haremos cuando tratemos de la geología ó sea de la masa y formacion del globo de la tierra. Vamos á satisfacer vuestro deseo por lo que toca al asunto en que estábamos poco hace.

§ II.

Trátase de la irradiacion del calórico, de sus leyes, del modo como lo reciben los cuerpos y como la irradian á su vez.

SILV. — Me veo precisado á alejarme de la lumbre, me estoy abrasando, teneis aquí demasiado fuego.

EUG. — Pues yo siento un calor agradable.

TEOD. — Yo tambien, y con todo, Eugenio, observad que vos y yo estamos mas cerca de la lumbre que Silvio.

EUG. — Es verdad : nosotros nos hallamos sentados á los lados de la chimenea, y Silvio frente por frente de ella.

TEOD. — Pues esta diferencia de posicion y no la distancia es la que precisamente es causa de que Silvio se vea precisado á alejarse, me explico. No podeis negar que la lumbre nos calienta arrojándonos el calórico que se desprende de ella. De dos maneras podeis explicar este fenómeno : ó bien nos llega el calórico por medio del aire calentado sucesivamente por capas, ó bien á modo de chorros que parten directamente del manantial. Si fuese del primer modo, no podriamos calentarnos en el vacío, ni en torno de una hoguera levantada en descubierta, porque, á medida que se irian calentando las capas de aire contiguas á las llamas se volverian mas leves, y de consiguiente se marcharian hácia arriba, y para calentarnos seria preciso ponernos en-

cima de la hoguera, sin lo cual con todo nos calentamos; por lo tanto hemos de creer que el hogar nos arroja el calórico, á modo de chorros, que llamaremos rayos. Poca dificultad tendreis en admitir todo lo que os digo, por lo que toca al manantial inagotable de calórico, esto es, el sol, cuyos rayos dice todo el mundo que alumbran y calientan. El sol está á muy grande distancia, sus rayos atraviesan un espacio vastísimo que se considera vacío, y no espoco el trayecto que han de correr para llegar hasta nosotros y producirnos calor. ¿Cómo poder hacer todo esto, si hubiese de calentarnos por medio de un cuerpo interpuesto, calentando sucesivamente por capas? ¿Quién de vosotros no ha observado que en la sombra se siente menor calor que en el sol? ¿Sucedería lo propio si el sol calentase el aire por capas para producirnos calor?

EVG. — Esto para mí no admite duda ni dificultad alguna.

SILV. — Yo tampoco exijo que aumente Teodosio mas pruebas, puesto que os adaptais á su doctrina.

TEOD. — Todos los manantiales de calórico se conducen como el sol relativamente al envío de su calor, esto es, todos nos lo envían á manera de rayos; y como no hay mas razon para que los despidan por delante que por detras, por derecha que por izquierda, puesto que como dijimos el calórico no halla obstáculo que no deje penetrarse, diremos que estos rayos parten del manantial en todas direcciones. Unas cuantas reflexiones sobre su propiedad mas descollante os lo acabará de persuadir. Dijimos que el calórico es el que ejerce una fuerza antagonista

de la atraccion de las moléculas, esto es, una fuerza repulsiva, de la cual estan animadas sus moléculas; estas salen del manantial donde estan acumuladas en grupos, y repeliéndose constantemente, á medida que hallan espacio donde ensancharse, los grupos se lanzan á él en grupos menores, constituyéndose cada grupo un foco de nuevos rayos. Figuraos que son como un manajo de cohetes que al salir del armatoste de un castillo de fuegos artificiales cada uno parte por su lado y luego estalla en cien estrellas que lanzan á su vez cada una mil chispas. De esto es fuerza deducir que el calórico irradia; de modo que su marcha por rayos en todas direcciones es una consecuencia de su fuerza repulsiva. Esto supuesto veamos porque Silvio se calienta mas que nosotros, hallándose mas lejos de la lumbre, y vereis que solo admitiendo la marcha del calórico por rayos se esplica este fenómeno. Voy á coger lapiz y á trazaros en el papel una (Fig. 89) para mayor inteli-

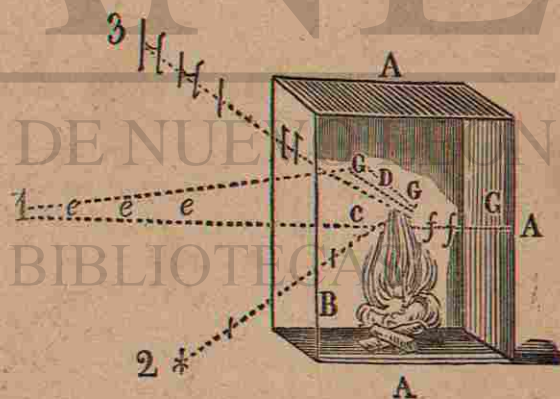


Fig. 89.

gencia. Suponed que AAA sea la chimenea, B la lumbre, C el fondo de la chimenea, D uno de sus lados y que el número 1 es Sylvio, 2 Eugenio y 3 yo. La lumbre arde y arroja rayos en todas direcciones. No tomemos mas que uno en cada direccion para mayor simplicidad; pues todo lo que digamos de uno se entenderá de los demas. El rayo *eee* llega á Sylvio por delante; suponed que el rayo *ff*, que partió de la lumbre hácia atras y dió contra el fondo, es reflejado, como en efecto llega un término en que esté fondo refleja los rayos de la lumbre, segun os lo diré bien pronto, como fue perpendicularmente al fondo perpendicularmente se vuelve, traspasa la lumbre y viene á parar á Sylvio, bien cual lo haría una bola de billar, tirada en línea recta contra uno de los lados de la mesa: es decir que se vuelve por la misma direccion pasando por *eee*. El rayo G cayó sobre el lado D; es reflejado y se conduce como un sólido, esto es, forma un ángulo de reflexion igual al de incidencia, y tambien va á dar contra Sylvio. Suponed que el del otro lado hace lo propio. Ya teneis, pues, que le llegan á Sylvio cuatro rayos. Al número 2 que os representa, Eugenio, no le llega mas que el rayo HHH, y al 3 que me representa á mí solo le llega el rayo III. Ahora bien, aplicad lo que sucede en cada uno de estos rayos á todos los que arroja la lumbre y vereis que Sylvio recibe todos los que lanza aquella por delante, gran parte de los que lanza por detras, y muchísimos de los que irradia por ambos lados reflejados, por los de la chimenea, y por lo tanto es muy natural que Sylvio se caliente mas; así como se calienta mas quien

está espuesto á los rayos del sol que los que se hallan en la sombra. ¿Podriais explicar este fenómeno de otro modo que con la irradiacion del calórico?

SILV. — En efecto la esplicacion es satisfactoria.

TEOD. — Por lo que os acabo de decir, sabeis que el calórico parte en forma de rayos, de sus manantiales, que atraviesa el espacio y que es reflejado por los cuerpos á quienes va á parar. Vamos á ver qué leyes sigue en cada uno de estos casos; es decir ya que hemos visto de qué modo se escapa de un manantial, espliquemos como marcha al traves del espacio y como lo reciben los cuerpos á donde llega. Si yo cierro el póstigo de una ventana donde esté dando el sol, el paso de la luz y el calórico que aquel arroja quedará interceptado por de pronto; si hago en el póstigo un agujero, entrará por el el rayo del sol, y si pongo la palma de la mano frente por frente del agujero perpendicular á la direccion del rayo, siento calor, si la pongo de otro modo, no siento nada. Si me coloco delante de la puertezuela de un horno ó de una estufa y me quedo un rato en esta postura, se me calentará toda la porcion de mi cuerpo correspondiente á la figura de la puertezuela. Si pongo entre la abertura y mi cuerpo una pantalla dejo de calentarme. ¿Qué prueba todo esto sino que el calórico parte de su manantial en línea recta? Puesto que la pantalla no tapa exactamente la puertezuela del horno ó de la estufa, el calórico podría llegar hasta mí, siguiendo una direccion oblicua, ó curva como lo hace una corriente de agua, cuando encuentra un obstáculo á su frente. Con todo yo no me vuelvo á calentar hasta tanto que la

pantalla está caliente, pero nunca me llego á recibir tanto calórico como cuando no estaba la pantalla. ¿Quereis probar vos mismo lo que ando diciendo? Levantaos, poneos delante de la chimenea donde estoy yo; yo interpondré este biombo: ¿que tal? ¿sentís el ardor del hogar?

EUG. — No por cierto, y es mucha la diferencia.

TEOD. — Si yo os dijere solamente que cuanto mas distantes estamos del manantial tanto menos calórico recibimos, me responderiais que ya lo sabiais tan bien como yo; pero lo que no sabeis probablemente es qué ley sigue esta disminucion. Algunos físicos han sostenido que disminuyen los efectos de la irradiacion del calórico en simple razon de la distancia; mas hoy dia está reconocido que disminuyen en razon del cuadrado de esta distancia. Voy á trazaros con lapiz tambien una figura que os represente esta disminucion. Supongamos la hoguera A (Fig. 90) manantial de calórico, y aunque arroje rayos por todas las parte de su superficie, no tomemos mas que la punta de la llama B que hemos de suponer redondeada, y como los rayos parten en línea recta han de formar una especie de abanico, distando entre sí tanto mas cuanto mas lejos van. Así que poniendo cualquier cosa en el punto C se calentará mucho, puesto que recibirá todos los rayos arrojados por la porcion de la llama B. Si la pongo en el punto D, ya no se calentará tanto, puesto que ya no le alcanzan todos los rayos; si en el punto E se calentará todavía menos; menos aun si en el punto F, y mucho menos si en el G. Mas esta figura solo os da una idea de la disminucion, pero no de

la razon por que esta se verifica: para esto aquí te-

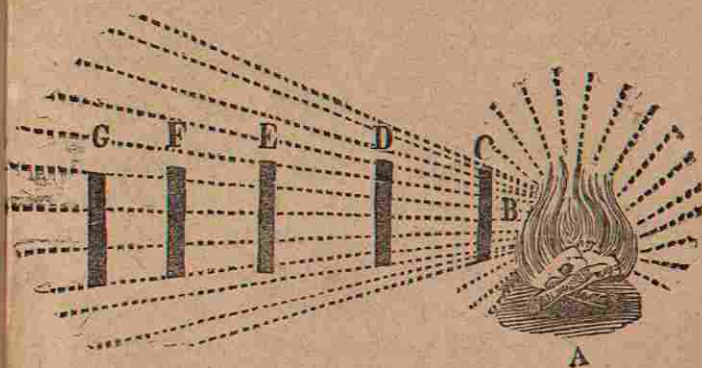


Fig. 90.

neis esta otra (Fig. 91) representando un número de

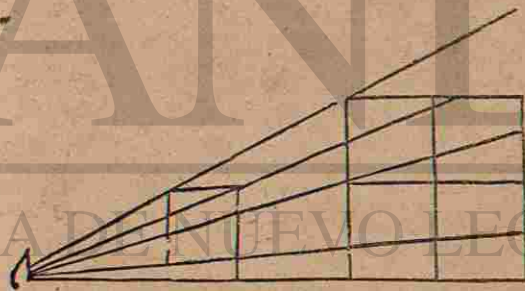


Fig. 91.

rayos dando contra un espacio cuadrado, y de su simple vista salta á los ojos la verdad de la ley establecida.

EUG. — Ahora tengo una idea clara de ello.

TEOD. — Pues pasemos adelante. La fuerza con que el calórico parte de un manantial, atribuida por los físicos á una repulsion de sus moléculas entre sí

debe ser mucha puesto que dicho fluido marcha con muy grande rapidez al traves del espacio. ¿Quereis una prueba espermental de lo que digo?

SILV. — Lo que es yo bien la quisiera.

TEOD. — Levantémonos los tres : poned, Eugenio, este espejo de cobre cóncavo al otro extremo de la sala ; en tanto que yo coloco estotro igual aquí, démosles números para que nos entendamos. Sean los números 1 y 2 (Fig. 92) los espejos cóncavos.

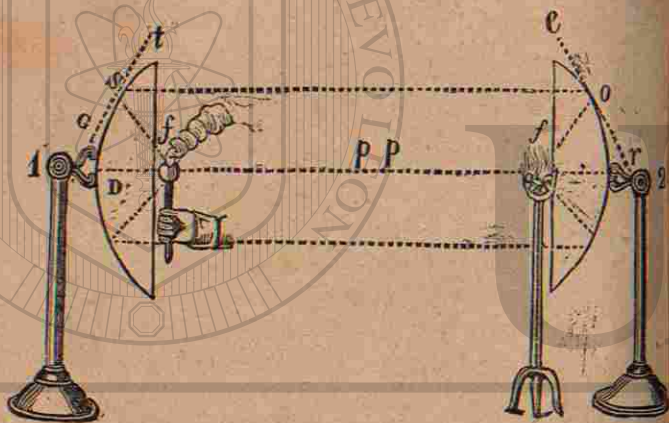


Fig. 92.

Acercad algo mas el vuestro para que solo disten unos seis pies. Bueno ; voy á poner carbon encendido en el foco *f* de mi espejo 2 : entre tanto, Silvio tendrá la bondad de poner un pedazo de yesca en el foco *f* del espejo 1. Voy á soplar ; ya está ardiendo la yesca.

EUG. — ¡ Hombre ! ¡ Con qué prontitud !

TEOD. — Ahora, Silvio, poned otro pedazo de yesca á la distancia, á poco diferencia media, de ambos espejos que llamaremos P. Sostenedla con la mano que no correis riesgo de quemaros.

SILV. — Lleva trazas de no encenderse.

TEOD. — Con todo está mas cerca del carbon encendido que la primera vez.

EUG. — Esto parece en contradiccion con lo de la figura que nos habeis trazado antes.

TEOD. — Dejádme explicar y vereis que no hay tal cosa. El rayo *fS* cae en el punto *S* del espejo 1 haciendo un ángulo *fS* con la línea tangente *tG*. Este rayo es reflejado paralelamente al ege *D* formando un ángulo *tSo*, igual al ángulo de incidencia *fSG*. Llegado al punto *o* de la cara cóncava del espejo 2, es otra vez reflejado hácia *f* haciendo un ángulo *for* con la tangente *er* igual al ángulo *eoS*. Es decir que en el punto *f* del espejo 2 se hallan reunidos todos los rayos que arroja el carbon encendido llegados á él directamente y por reflexion ; mientras que en el punto *pp* no hay mas que los arrojados directamente por el foco *f* del espejo 1. Y como estos no bastan para inflamar la yesca porque no acumulan en ella la cantidad suficiente para el efecto, teneis que, á pesar de estar mas cerca, no se enciende. Apartar la yesca del foco *f* del espejo 1 es lo mismo que alejar el cuerpo *C* de la hoguera *A* de la (figura 90).

EUG. — Quedo completamente satisfecho, y si no me engaño, el esperimento que acabamos de hacer prueba ademas lo que habeis dicho sobre la marcha del calórico en línea recta y á manera de rayos,

igualmente que lo de su reflexion en ángulos iguales á los de incidencia.

TEOD. — Lejos de equivocaros, manifestais con esto que sabeis apreciar todo el valor de los experimentos. Sin embargo parece que se os ha escapado una observacion. Luego que he soplado el carbon encendido ha prendido el fuego en la yesca. Esto os conduciria á creer que la fuerza ó rapidez con que parte el calórico de un manantial depende de la cantidad que está contenida en él; ya veremos este punto en otra parte y lo discutiremos con mas conocimiento de causa. Pasemos á otra cosa, el calórico para llegar de un manantial á un cuerpo lejano tiene que atravesar un espacio. Y este espacio puede ser vacío, lleno de gas, de líquido ó de sólido. ¿Creeis, Eugenio, que su marcha se verifica en todos del propio modo?

EUG. — A primera vista parece que no: para moverse el calórico por entre los cuerpos ha de separar sus moléculas, y los obstáculos han de ser diferentes, conforme fuere la cohesion de los cuerpos por donde penetrare.

TEOD. — Muy bien dicho; pero veamos lo que hay sobre el particular. El calórico que pasa al traves de un espacio vacío no sufre ninguna modificacion, y marcha segun las leyes que hemos establecido. Si este espacio está lleno de algun cuerpo, y este cuerpo es un fluido elástico, lo atraviesa en línea recta con mucha rapidez como ya lo hemos visto; pero sufre modificaciones conforme fuere la naturaleza del fluido atravesado. Como todavía no está bien determinado lo que se ha dicho sobre

estas modificaciones lo dejaremos á un lado. Os diré tan solamente que puesto que el calórico se conduce como la luz y todo cuerpo en movimiento, me inclino á pensar que sigue las leyes de la refraccion al pasar por los cuerpos transparentes. En cuanto á los fluidos y sólidos que pueden llenar el espacio atravesado por el calórico, su marcha por ellos está íntimamente ligada con su naturaleza, y en unos es rápido su paso, en otros lento. Conténtome con indicaros esto, porque nos estenderemos mas sobre este punto cuando hablemos acerca de la conductibilidad de los cuerpos para el calórico, y voy á deciros de qué manera se conduce este fluido cuando llega, desde un manantial á un cuerpo. Cuando el calórico, que irradia libremente en el espacio, viene á penetrar un cuerpo cualquiera no trasparente, entra en él como si fuese absorbido; pero se conduce de diferente modo, segun sea la naturaleza y forma de la superficie de este cuerpo. Si la superficie es blanca y bruñida, apenas hay calórico absorbido; el cuerpo no se calienta, ó tarda en calentarse, porque el calórico es reflejado, como lo seria un sólido elástico, tirado contra un plano resistente; y ya hemos visto que sigue en esta reflexion las mismas leyes. Al contrario sucede si la superficie del cuerpo es negra ó áspera; el calórico es completamente absorbido; el cuerpo se calienta mucho y á penas refleja la menor cantidad del fluido radiante. Entre los que absorven mucho calórico y los que apenas le absorven hay mil grados que dan efectos intermedios.

SILV. — ¿Y no me dareis la razon de este fenó-

meno, ó bien no hareis algunos experimentos para probarlo?

TEOD. — A lo mismo iba cuando me habeis interrumpido. Volvamos á servirnos de los espejos, á beneficio de los cuales encendimos el pedazo de yesca, tocad el fondo del espejo 4 y ved si está caliente.

EUG. — No; seguramente no lo está, su superficie bruñida refleja el calórico, y por esto no se calienta.

TEOD. — Vamos á hacer que se caliente luego; aquí tengo otro construido del mismo metal, pero que en vez de ser bruñido presenta en su concavidad una capa de color negro escabrosa: pongámoslo al frente del otro, tocadlo.

EUG. — Muy caliente está en efecto: apuesto que no se enciende ahora la yesca.

TEOD. — Vais á verlo, en efecto no se enciende porque el espejo se guarda para sí el calórico que le envía el foco del otro, y el hogar por esto se calienta: mas cuidado de que no llegue á calentarse mucho, porque desde luego arrojará mas calórico que antes y la yesca arderá mas prontamente. Aquí tengo dos vasos, uno de los cuales está ennegrecido por de fuera y el otro cubierto de una chapa metálica bruñida; los lleno de agua caliente que es igual en entrambos, pues veis que la saco de este puchero, hecho esto os dejo observar en cual de los dos se enfria mas aprisa el agua.

EUG. — En el ennegrecido ya está casi fria, en el de la chapa está todavía caliente el agua.

TEOD. — Como podeis comprender, la razon de

esto está en que la superficie negra absorbe el calórico que el agua caliente irradia, y esta se enfria tan rápidamente, como pierde su calórico, y la superficie bruñida de la chapa refleja la mayor parte de calórico que le llega del agua contenida en su vaso, el cual, volviéndose al agua, la mantiene caliente por mas tiempo.

EUG. — Estos hechos demuestran á la evidencia, lo que habeis sentado acerca de las superficies bruñidas ó ásperas, blancas ó negras de los cuerpos con respecto al calórico.

TEOD. — Hasta aquí hemos visto de qué manantiales puede proceder el calórico, como parte para los cuerpos y como estos lo reciben; vamos á ver ahora qué hacen de él; y aquí viene bien deciros una cosa que, si bien no se necesita para la inteligencia de los fenómenos que examinaremos, está con todo establecida entre los físicos. Dicen estos que el calórico tiene afinidad para los otros cuerpos; que esta afinidad varia segun cuales estos sean; que está sometida á la influencia de las masas como las demas afinidades químicas. Tambien admiten que el calórico puede hallarse solamente interpuesto entre las moléculas de los cuerpos, conservando la libertad de moverse en ellas, de salir y obrar al exterior, y designan este calórico con el nombre de *libre* ó de *temperatura*, mientras que en otras circunstancias se podia considerarle como verdaderamente combinado con los cuerpos, no pudiendo moverse en ellos, ni salir, ni producir efectos exteriores, en cuyo caso le llaman *calórico latente* ó *combinado*. Fácilmente concebis que lo que he-

mos dicho hasta ahora pertenece al calórico libre ó radiante, si quereis llamarle así, y de él vamos á hablar todavía. Llegado, pues, este calórico de un manantial á un cuerpo y absorbido por este, vuelve á salir de él como lanzado por un verdadero manantial, y bien cual en este, marcha en todas direcciones á modo de rayos que siguen tambien las mismas leyes. Mas así como no todos los cuerpos reciben el calórico libre del mismo modo, así tambien no todos lo lanzan de igual manera. Para que comprendais la razon, voy primero á daros una explicacion de los instrumentos que sirven para conocer las leyes de esta irradiacion de calórico. Aquí teneis esto (Fig. 95.), que se llama un espejo para-

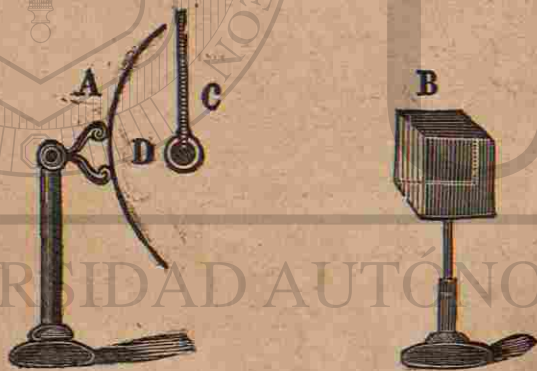


Fig. 95.

bólico A, su curvadura reúne en un solo punto todos los rayos paralelos que pueden caer en su superficie. Ahí tengo este vaso B cúbico de metal, y por lo mismo veis que tiene seis caras, las cuatro

verticales se diferencian en que una es lisa y bruñida, otra negra y escabrosa; otra barnizada, otra en fin está cubierta de una capa de almidon; aquí está estotra instrumento C que se llama termómetro, cuyo mecanismo y construccion os explicaré cuando tratemos de la medida del calórico: contentándome con deciros por ahora que sirve para medir los grados de calórico libre que tiene un cuerpo, pues esta columna de azogue que distinguís dentro de este cañuto, sube á medida que hay mas cantidad de calórico libre en los cuerpos, y los grados estan señalados en esta escala, el número de grados es lo que ordinariamente se entiende por temperatura. Para hacer esperimentos se llena el vaso cúbico de agua caliente, se pone á cierta distancia del espejo parabólico, al mismo tiempo que se coloca el termómetro en el foco D. Estos esperimentos permiten establecer, 1º que cuanta mayor es la temperatura de un cuerpo tanto mas calórico irradia; si el agua metida en el vaso está á 20º grados, arrojará dos veces mas calórico que si estuviese á 10º. 2º Quanto mas estensa fuere la superficie del cuerpo que irradie calórico, tanto mas irradiará. 3º La misma superficie arrojará mas ó menos calórico, en razon directa del seno del ángulo que esta direccion forma con la superficie; de modo que nunca es mayor la irradiacion que cuando se hace perpendicularmente á la superficie. 4º La naturaleza de la masa del cuerpo no influye en nada sobre la irradiacion que se hace en la superficie. Un vaso de estaño lleno de agua, ó un cubo sólido de estaño irradian igualmente en iguales temperaturas.

EUG. — Esto parece en contradicción con lo que nos habeis dicho, poco hace, sobre las modificaciones que sufría el paso del calórico al través de los sólidos.

TEOD. — Advertid, Eugenio, que estas modificaciones solo son con respecto al paso del calórico por el interior de la masa de un cuerpo hácia su superficie, y no en esta, pues por lo que toca al paso del calórico al través de la superficie de los cuerpos, todo depende de la naturaleza de esta superficie y no de la naturaleza de la masa. Vais á verlo en el momento, este vaso cúbico B es de hoja de lata y le lleno de agua hirviendo. La naturaleza de la masa es pues idéntica en las cuatro caras del vaso cúbico: las voy á poner sucesivamente delante del espejo parabólico, ved lo que sucede.

EUG. — Ya podeis dar por completo y concluyente el experimento. El termómetro ha subido cuando habeis puesto la cara negra; ha bajado mucho, cuando la blanca lisa y bruñida, ha vuelto á subir cuando la barnizada, y ha vuelto á bajar bien que no tanto, cuando la cubierta de almidon.

TEOD. — Ladeando el vaso cúbico de modo que las superficies formen ángulos agudos, y esperando que el agua se enfrie, podreis probar tambien experimentalmente lo que os he dicho antes.

EUG. — Es ocioso que lo hagais; yo quedo satisfecho.

SILV. — En cuanto á mí ya podeis pasar adelante.

TEOD. — Con que resulta probado que la naturaleza de las superficies, influye en la irradiacion del

calórico de un cuerpo. Ahí en el fondo de esta chimenea veis una plancha de hierro, con bajos relieves puestos al parecer tan solo para adorno. Pues sabed que es á fin de que arrojen mas calor: por eso es negra y escabrosa, de modo que si quereis dar á una superficie lisa y bruñida mayor poder radiante, rayadla en una ó dos ó mas direcciones, y cuanto mas rayada estuviere mas calórico irradiará. Lo mismo sucederá si añadís capas de algun barniz de cola ó almidon; pero notad que si las multiplicais llegareis á dificultar el paso del calórico, á causa del espesor de la superficie.

EUG. — Ahora concibo la razon por que un plato de metal bruñido conserva mas el calor de los guisados que un plato de barro barnizado de negro. El primero lanza menos calor, por ser su superficie lisa y bruñida, y como rechaza el calórico que el guisado le envia, este ha de tardar mas á enfriarse; lo contrario sucede en el plato de barro negro cuya superficie absorve rápidamente el calórico del guisado, y luego lo lanza en mas abundancia.

TEOD. — Asi sucede á la verdad.

EUG. — Ahora me acuden una multitud de hechos naturales y vulgares que, sin duda, se esplican por lo que acabais de enseñarme. Un labrador conozco yo, que, cuando quiere acelerar la madurez de los higos, ú otras frutas, quita las hojas que les impiden los rayos del sol, y aun la acelera mas poniendo detras de cada fruta un pedacito de paño negro.

TEOD. — La práctica le ha enseñado, sin duda, lo que la fisica esplica: las hojas deben considerarse como abanicos, ó biombos, que impiden la accion

directa del sol, cuyo calor fuerte podria lastimar los frutos tiernos, y cuando ya pueden tolerarlo, se acelera su madurez, porque reciben mayor cantidad de calórico: la misma razon hace que maduren mas pronto con el pedacito de paño detras, pues este les vuelve á arrojar luego el sol que recibe, y la fruta se halla hañada de calórico por todas partes.

EUQ. — ¿Y las campanas de vidrio que se ponen sobre ciertas plantas?

TEOD. — Su superficie lisa y bruñida retarda el paso del sol preservan á la planta de una accion demasiado directa, y cuando el sol ya está puesto, conservan todavia calor que arrojan á la planta, pues tanto tardan á despedirlo como á abrasarlo:

EUQ. — La ropa blanca es mejor para ir por el sol que la de color oscuro, y sin duda lo debe á que el negro absorve mas calórico: hete que la física es tambien por ahí buena para la salud del hombre, pues le da á conocer como puede ponerse con armonia con la naturaleza. Y aun me culpais, Silvio, si me aficiono á la física.

SILV. — Dios no quiera que tal haga si la aprendeis con este objeto.

TEOD. — Pasemos á otro punto, y veamos lo que entienden los físicos por *conductibilidad* de los cuerpos para el calórico.

EUQ. — Explicadme que significa esta palabra.

§ III.

Trátase de la facultad conductriz de los cuerpos para el calórico, y del equilibrio de este entre todos los cuerpos.

TEOD. — *Conductibilidad* de los cuerpos para el calórico quiere decir el modo como se esparce por su interior y los atraviesa, sin hacerles mudar de estado. La conductibilidad, ó propiedad conductriz del calórico es diferente segun los cuerpos, y desde luego se presentan tres grandes clases de estos en que es notable esta diferencia, á saber, los sólidos, los líquidos, los gases.

EUQ. — Ya me lo habia figurado: andadlo mostrando por partes.

TEOD. — Esto es lo que voy á hacer. Si tomamos una barra de hierro y ponemos una estremidad en un foco de calor, se observa que esta estremidad se calienta rápidamente, y lo restante de la barra no tarda á calentarse tambien de un modo sucesivo, desde los puntos mas vecinos hasta los mas lejanos del foco. Todos los cuerpos sólidos se hallan en el mismo caso; pero la trasmision del calórico es mucho mas rápida en unos que en otros. Esto os dará todavia una idea de la conductibilidad.

EUQ. — Puesto que la marcha del calórico por el interior de un sólido parece ser infinitamente mas lenta que cuando irradia de una superficie, quisiera que me esplicaseis la razon.

TEOD. — Voy á satisfaceros. Cuando sale de una

directa del sol, cuyo calor fuerte podria lastimar los frutos tiernos, y cuando ya pueden tolerarlo, se acelera su madurez, porque reciben mayor cantidad de calórico: la misma razon hace que maduren mas pronto con el pedacito de paño detras, pues este les vuelve á arrojar luego el sol que recibe, y la fruta se halla hañada de calórico por todas partes.

EUQ. — ¿Y las campanas de vidrio que se ponen sobre ciertas plantas?

TEOD. — Su superficie lisa y bruñida retarda el paso del sol preservan á la planta de una accion demasiado directa, y cuando el sol ya está puesto, conservan todavia calor que arrojan á la planta, pues tanto tardan á despedirlo como á abrasarlo:

EUQ. — La ropa blanca es mejor para ir por el sol que la de color oscuro, y sin duda lo debe á que el negro absorve mas calórico: hete que la física es tambien por ahí buena para la salud del hombre, pues le da á conocer como puede ponerse con armonia con la naturaleza. Y aun me culpais, Silvio, si me aficiono á la física.

SILV. — Dios no quiera que tal haga si la aprendeis con este objeto.

TEOD. — Pasemos á otro punto, y veamos lo que entienden los físicos por *conductibilidad* de los cuerpos para el calórico.

EUQ. — Explicadme que significa esta palabra.

§ III.

Trátase de la facultad conductriz de los cuerpos para el calórico, y del equilibrio de este entre todos los cuerpos.

TEOD. — *Conductibilidad* de los cuerpos para el calórico quiere decir el modo como se esparce por su interior y los atraviesa, sin hacerles mudar de estado. La conductibilidad, ó propiedad conductriz del calórico es diferente segun los cuerpos, y desde luego se presentan tres grandes clases de estos en que es notable esta diferencia, á saber, los sólidos, los líquidos, los gases.

EUQ. — Ya me lo habia figurado: andadlo mostrando por partes.

TEOD. — Esto es lo que voy á hacer. Si tomamos una barra de hierro y ponemos una estremidad en un foco de calor, se observa que esta estremidad se calienta rápidamente, y lo restante de la barra no tarda á calentarse tambien de un modo sucesivo, desde los puntos mas vecinos hasta los mas lejanos del foco. Todos los cuerpos sólidos se hallan en el mismo caso; pero la trasmision del calórico es mucho mas rápida en unos que en otros. Esto os dará todavia una idea de la conductibilidad.

EUQ. — Puesto que la marcha del calórico por el interior de un sólido parece ser infinitamente mas lenta que cuando irradia de una superficie, quisiera que me esplicaseis la razon.

TEOD. — Voy á satisfaceros. Cuando sale de una

superficie sale apretado y por lo tanto con fuerza, y marcha con rapidez porque pasa por un espacio lleno de un cuerpo, cuyas moléculas se separan fácilmente á su paso; cuando atraviesa un sólido las moléculas de este no le ceden tan fácilmente el paso, y por lo tanto su marcha al través de ellas ha de ser mas lenta. Discurramos ahora de otro modo. Concedid que la barra de hierro esté compuesta de una serie de capas paralelas y trasversales en toda su longitud y que designaremos por las letras ABC etc. tambien podeis reducir, con un esfuerzo de vuestro pensamiento, cada una de estas capas á una sola molécula de hierro. Esto supuesto, si se admite que las moléculas de hierro ejercen una atraccion sobre las moléculas de calórico, podreis representaros que la molécula A despues de haber recibido del foco cierta cantidad de calórico, deberá ceder la mitad del suyo á la molécula B; que la molécula C tomará á la molécula B la mitad de esta mitad, y así sucesivamente hasta la estremidad de la barra; mas como la primera molécula A recibirá incesantemente del foco nuevas cantidades de calórico para reemplazar el que se ha trasmitido, toda la barra entera habia de hallarse en igual temperatura que el foco, al cabo de cierto tiempo que segun el cálculo se juzga infinito. Mas los esperimentos no permiten que la cosa se verifique de esta suerte; porque desde luego que la barra está calentada empieza á irradiar calórico en mayor cantidad, de suerte que la estremidad opuesta al foco no alcanza jamas, y de mucho, la temperatura de la que recibe directamente el calórico.

EUG. — Así me parece bien explicado.

TEOD. — Con todo puesto que no puede sujetarse á cálculo esta esplicacion fundada enteramente en la atraccion de los cuerpos por las moléculas del calórico, se han visto los físicos precisados á admitir que habrá entre las moléculas de los sólidos una verdadera irradiacion de calórico, esto es, que la molécula A, calentando la molécula B que la toca, envia tambien alguna cantidad de calórico á las moléculas C, D, etc., que no la tocan nada; de esta suerte han hecho cálculos sobre cual será la temperatura de cualquiera punto de un sólido al cabo de cierto tiempo, con tal que se conozca la cantidad de calórico acumulado en el foco; ó lo que se llama temperatura y el grado de conductibilidad del cuerpo.

EUG. — ¿Y cómo lo hacen para saberlo?

TEOD. — Del modo siguiente. Cuando se quiere conocer el grado de la conductibilidad de un cuerpo sólido, se convierte en una barra de dimensiones conocidas; se sumerge una estremidad de esta barra en una temperatura fija y bastante elevada, se hacen en diferentes puntos de la longitud de la barra algunos agujeros donde se meten termómetros muy sensibles, acabándolos de llenar de mercurio, y luego se observa con exactitud al cabo de qué tiempo se hacen los termómetros estacionarios, siendo igual entonces la pérdida de calórico al calentamiento, y cual es la altura de cada termómetro relativa á la distancia del foco de calórico: y á fin de que la irradiacion sea constante, se cubren los cuerpos que sirven para los esperimentos de una capa igual en todos. Como los resultados que se han obtenido son poco numerosos todavía, solo os diré aquí uno de ellos

y es que la temperatura, que puede tomar un cuerpo á cierta distancia del foco que le calienta, es como la raíz cuadrada de un grueso : y esto os explica porque podeis aguantar con la mano un alambre muy delgado á poca distancia del punto en que esté hecho ascuá ; mientras que ni aun á mucha distancia podeis hacerlo con una barra de hierro. Los metales son los cuerpos que mas sensible tienen la propiedad de conducir el calórico ; por esto se dice que son buenos *conductores*, esto es, que le facilitan el paso con mucha rapidez, mas no todos lo conducen igualmente ; he aquí su orden con respecto á la conductibilidad segun Despretz, oro, plata, cobre, hierro, zinc, estaño, plomo : despues de los metales vienen las piedras, que tambien varian mucho ; los ladrillos, por ejemplo, lo son menos que todas las demas sustancias pedregosas. El vidrio es muy mal conductor del calórico : pues podeis coger un tubo de vidrio entre los dedos, hacerlo calentar por una estremidad hasta ponerla roja, y aunque vuestros dedos no disten de esta estremidad mas que una pulgada ó dos no os habeis de quemar. Por esto se rompe tan fácilmente el vidrio calentándolo con mucho calor de pronto. Pues un solo punto puede calentarse muchísimo sin transmitir á los demas el calórico que recibe, y como este se dilata, segun veremos luego, queda destruida la cohesion de sus moléculas y se quiebra. El carbon es tambien otro de los peores conductores que conocemos, y lo mismo puede decirse de todas las sustancias en que entre el carbon en alguna cantidad.

EUg. — Teneis razon porque uno coge un pedazo

de carbon hecho brasa por un pedacito que todavia no se ha encendido y lo sostiene bien entre sus dedos sin quemarse : lo mismo sucede con un palo.

TEOD. — A su tiempo vereis que en el palo hay mucho carbon, puesto que de la madera se saca. Independientemente de la naturaleza del cuerpo, hay la disposicion de sus partes que influye mucho en el peso del calórico ; así aquellos que presentan un conjunto de hilos finísimos que no se tocan, sino por muy pocos puntos dejando entre ellos grandes vacios, casi no son susceptibles de conducir el calórico. Esta es la razon del porque de las colchas ó vestiduras aeolchadas de seda, de lana cardada, de algodón, y los tegidos de las mismas sustancias nos guardan del frio, durante el invierno, pues no dejan pasar el calor que se forma en nuestro cuerpo y que la piel lanza por todas partes, y de consiguiente nos mantienen en una temperatura agradable.

EUg. — Ved aquí un conocimiento fisico bien útil : ya sabia yo por práctica que la lana y el algodón eran mas calientes que el hilo, y en especial, cuando estaban trabajados de cierto modo, y esto lo sabe todo el mundo porque la esperiencia se lo ha enseñado : pero no sabia la razon, y por lo mismo no podia modificar mis vestidos segun mis verdaderas necesidades ; ahora ya me empeño á ponerme en relacion con el tiempo que haya. Mas decidme, Teodosio, ¿cómo se conducen los líquidos con respecto al paso del calórico ?

TEOD. — De una manera muy diferente de los

sólidos, y por lo mismo merece que os la explique. Esta facultad es tan debil en los líquidos, que ha podido considerarse como nula; hasta que nuevos experimentos han demostrado que existe hasta cierto punto. Sin embargo, nada mas facil que asegurarse de que los líquidos se calientan y con mucha rapidez, pero de un modo que les es peculiar. En efecto, si calentais un puchero lleno de agua puesto sobre las brasas de este hogar, al cabo de cierto tiempo podreis palpar que por arriba el agua es caliente mientras que por abajo es todavía fria.

EUG. — Es esto en efecto singular y muy diferente de los sólidos, porque aquí se calientan las partes mas lejanas del foco, con mas prontitud que las vecinas, explicadme la razon de este fenómeno.

TEOD. — Os he dicho ya mas de una vez que calentándose el aire se vuelve mas ligero; lo mismo hace el agua, calentada pesa menos; ahora bien, la primera capa de agua [que el calórico encuentra, cuando atraviesa el fondo del puchero, se calienta con la llegada de este calórico, vuélvese mas ligera que las capas que tiene encima, y como lo hace el aire segun visteis cuando os expliqué la teoría de los vientos eliseos, como lo hace el aceite cuando echais agua en un vaso que lo contenga, aquella capa mas ligera se va hácia la superficie del líquido, y baja la segunda capa á tocar el fondo: esta se calienta á su vez, se vuelve tambien mas ligera y sigue el mismo camino que la primera, y asi sucesivamente: concebís pues que al cabo de cierto tiempo el agua que era superior es inferior, y por lo mismo ha de ser arriba caliente y abajo fria.

SILV. — ¿Con que estableceis que en un vaso de agua que se calienta, hay un movimiento de arriba abajo, esto es, una corriente doble y en sentido contrario? Esto me parece algo embrollado: si no me lo probais con algun experimento, me permitiré el dudarle.

TEOD. — Voy á hacer el experimento. Aquí está un vaso de vidrio lleno de agua: echo en él polvos de resina que flotarán en el agua, cualquiera otro polvo flotante podria servir para lo mismo: calentémoslo todo... al cabo de algun tiempo vereis como se establecen las corrientes de que os he hablado: las moléculas que tocan el fondo del vaso subirán á la superficie y las de la superficie bajarán al fondo... Mirad ya se está verificando.

EUG. — A la verdad que esto es así.

SILV. — Ahora lo creo.

TEOD. — ¿No habeis visto hervir el puchero? Ahí se verifica otro tanto; el agua sube del fondo á modo de olas, y los garbanzos ó judías suben arrastradas por la corriente, y se precipitan de nuevo en el remolino que hace el agua ó el caldo hirviendo.

SILV. — Teneis razon, mil veces he presenciado este fenómeno trivial.

TEOD. — Si en vez de aplicar el foco del calórico en el fondo del vaso, lo aplicásemos á un lado la corriente se estableceria desde este lado.

EUG. — ¿Y si calentaseis el vaso por arriba?

TEOD. — Entonces no tendriais ninguna corriente y tardariais á calentar el agua. Volviéndose las moléculas del agua mas cercanas al foco mas ligeras, permanecen en la superficie, por la misma ra-

zon que subian á ella desde el fondo, en el caso antecedente.

EUG. — Pero el calórico irradia hácia abajo para calentar las demas capas.

TEOD. — Es tan poco que ha podido hacer negar á los líquidos la facultad conductriz. Vaya un experimento en corroboracion de lo que digo, que pertenece á Rumford. Aquí teneis en el fondo de este vaso agua que he hecho helar; la veis cubierta de algunos milímetros de mercurio ó azogue, voy á poner encima de este azogue este cilindro de hierro hecho ascua; aquí lo dejo, y vais á ver como el hielo no se derrite, á pesar de que solo lo separa del hierro ardiente una delgadísima capa de azogue.

EUG. — Bien puede decirse al menos que el azogue no es conductor del calórico.

TEOD. — Así lo dedujo Rumford. Voy á hacer un experimento análogo pero mas sencillo, aquí tengo este vaso lleno en parte de agua fria, echo suavemente á la superficie de esta agua cierta cantidad de aceite que casi hierve; á pesar de esto el agua se ha de quedar fria ó se calienta muy poco. Tocad el vaso y probadlo.

EUG. — En efecto, fria se siente la parte del vaso que toca en tanto que la que toca el aceite está caliente.

TEOD. — Con todo hoy día se está en que aun cuando es sumamente poca la facultad conductriz de los líquidos, no dejan de tenerla, pues se ha derretido hielo poniendo agua hirviendo encima.

EUG. — ¿Y los gases la tienen poca ó mucha?

TEOD. — Como los líquidos, son eminentemente susceptibles de calentarse con el desalojamiento de sus moléculas; mas esta circunstancia se opone á la observacion de su facultad conductriz, y aun hay además que, como permiten en su interior la irradiacion del calórico, se calientan con mucha rapidez, cualquiera que sea la direccion en que se les trasmita dicho fluido, sin que sea posible aislar los efectos de la conductibilidad, y lo que es consecuente, de hacer constar si la tienen ó dejan de tenerla. La facultad que tienen los fluidos elásticos de calentarse por el desalojamiento de sus moléculas, da margen á una infinidad de fenómenos notables en la naturaleza, en las artes y usos de la vida, de los cuales os podreis dar fácilmente razon teniendo presentes los dos principios que siguen. 1º *Cuando una parte cualquiera de una masa de aire se pone mas caliente que el resto de la masa, esta porcion se eleva.* 2º *Cuando una porcion cualquiera de una masa de aire se pone mas fria que el resto de la masa, esta porcion baja.* Esto hace que se establezca al rededor de un cuerpo caliente una corriente de aire ascendiente, ó hácia arriba, como podeis aseguraros de ello, poniendo un espiral de papel colgado de un tubo de estufa; y una corriente descendiente, esto es, hácia abajo, en torno de un cuerpo mas frio que la atmósfera. Por las mismas leyes hay corrientes hácia una chimenea y todo foco ardiente, y de él hácia arriba, llevándose con ellas los productos volátiles de la combustion. Si yo abro aquella ventana, no podreis, Eugenio, estaros sentado en el puesto en que estais, pues habrá tal corriente

de aire hácia vuestro lado que no podreis calentáros por mas que arda la lumbre : y os advierto de paso que no escojais nunca, si quereis recibir calor de algun hogar, un parage donde haya corrientes de esta suerte, y las conoceréis mirando de que lado esté alguna puerta ó ventana abierta.

ERG. — Bueno haceis en advertirlo porque mil veces me he quejado de semejantes corrientes, sin saber á qué atribuir las, y ahora veo que dijisteis muy bien hablando del aire y de los vientos, que una chimenea ardiendo es un grande medio de purificar el aire de un lugar cualquiera. Las capas mas cercanas al hogar se calientan, vuelven mas ligeras, y se marchan hácia fuera de la casa por la chimenea arriba ; por la ventana, puerta ó rendijas que nunca faltan viene aire exterior frio á reemplazar el vacío que ha dejado el que se calentó, y al cabo de cierto tiempo que el hogar arde, ya está mudada la atmósfera de un aposento.

TEOD. — Habeis explicado la cosa con tanta exactitud como un profesor de física ; ya veo que no perdeis ni una palabra de lo que os enseñó. La invencion de los globos aereostáticos se debe á esta propiedad del aire de subir cuando calentado, de suerte que, como ya os dije, primero se elevaban, calentando el aire del interior del globo.

ERG. — Esto tambien nos explica porque se siente mas calor en el gallinero que en el patio de un teatro : á medida que los individuos y las luces calientan el aire del teatro, este se sube y deja su puesto al aire de arriba que es mas frio. Pero una idea me ocurre y es esta. Yo me paseo, por ejemplo, y no

siento frio : voy á un café, y cuando entro, casi me sofoca el calor ; allí me quedo, y al cabo de cierto tiempo, ya no siento el calor que sentí al entrar, salgo, y siento frio, y este frio me pasa, cuando hace rato que pasco : ¿de qué depende todo esto ?

TEOD. — Este y otros muchos fenómenos análogos dependen de una tendencia que tiene el calórico á ponerse en equilibrio entre todos los cuerpos, y por esto han convenido por último los físicos actuales en admitir la opinion de Prevot, quien considera el calórico como un fluido *discreto*, esto es, un fluido como el aire pero mucho mas sutil. Mas ya que habeis provocado esta cuestion, digamos lo que haya de singular relativamente á este equilibrio. La primera cosa que se ofrece es que el calórico pasa de unos cuerpos á los inmediatos, y ordinariamente con tal economía que viene á quedar en ellos el calor por igual ; pero para que haya este equilibrio es preciso no tener en consideracion aquellos cuerpos que son fuentes, ó manantiales de calórico, y ademas de esto, se debe esperar algun tiempo proporcionado.

ERG. — Supongo que ha de haber esperimentos claros que lo prueben.

TEOD. — Claro está que sin ellos sería pensamiento vano. Primeramente hemos de reproducir aquí lo que ya os tengo dicho sobre el uso del termómetro ; pues él es el que nos ha de servir para demostrar el equilibrio del calórico, así como nos sirven las balanzas para conocer el que se hacen dos cuerpos con sus pesos relativos. Poned en una sala espaciosa un termómetro en el recipiente vacío, mu-

dad los grados de calor introduciendo braseros en la sala, y despues retirándolos y abriendo las ventanas, etc., observareis que hay el mismo calor en las piedras, metales, lana, agua, vino, aceites, pan, y en el vacuo, etc. Mas, si examináreis con el termómetro el agua hirviendo en un vaso tapado, hallareis que el mismo grado de calor tiene el aire próximo á la superficie del agua. Aun mas: si hiciéremos dentro de una piedra lugar para un termómetro, y tambien dentro de un madero, y pusiéremos otro termómetro en el aire libre, observaremos que por muchos meses, hechas cuantas mudanzas quisiéremos en los grados de calor, el mismo grado mostrarán todos tres termómetros, por bien cerrados que esten los dos, uno con una cuña de palo, otro con piedra. En fin, metiendo un hierro hecho brasa en agua fria, el hierro se enfria, y el agua se calienta hasta quedar el calor igual en ambas cosas. Pero advierto que es preciso esperar algun tiempo para ver este equilibrio, pues no todos los cuerpos reciben el calor con igual facilidad.

ETG. — Claro está que ha de suceder así, por poco que varien sus superficies, y segun sea su grado de conductibilidad.

SILV. — Contra lo que queda dicho se me ofrece una dificultad, y es que nosotros, aun dentro de casa, siempre hallamos la piedra mas fria que la madera: por eso en invierno no se sufren las piezas enlosadas, y buscamos las entabladas; luego ese equilibrio de calor es quimérico.

TEOD. — Respondo á ese argumento vuestro, que es grande á la primera vista respecto de la

doctrina que queda dada. Todas las veces que tocamos con la mano un cuerpo menos caliente de lo que está la mano naturalmente se calienta ese cuerpo, pasando particulas de calórico de la mano á él, y por lo mismo se enfria la mano, porque queda con menos particulas de calórico, y menor calor del que tenia. De aquí es que si el cuerpo tuviera un grado de calor igual al de la mano, ni le sentiremos frio ni caliente. Esto supuesto, quiero referiros una esperiencia¹ para que recaiga sobre ella la respuesta de vuestra duda. Pongamos una piedra y un madero de tamaños iguales, y con igual calor examinado en el termómetro, y calor sensiblemente menor que el de las manos: pongamos á un tiempo ambas manos, una sobre el madero, otra sobre la piedra, observaremos que la mano de la piedra se enfria mas que la otra, y no obstante eso la piedra recibe menor grado de calor que la mano: la razon es, porque como la piedra es mas densa que la madera, la mano que toca en la piedra toca en muchas mas particulas de materia que la otra mano; y como por causa del equilibrio se van comunicando particulas de calórico á todas las particulas en que toca la mano, claro está que mas calor ha de perder la mano que toca en la piedra que la otra: supuesto esto, vamos á vuestro argumento. Esta piedra y palo estaban, como os dije, con el mismo grado de calor, y sin embargo la mano que se puso sobre la piedra perdió mas particulas de calórico que la otra; luego habia de en-

¹ S. Gravesande, u. 2519.

friarse mas, y consiguientemente habia de sentirse mayor frio, pues el frio que sentimos se mide por la mudanza que se hace en el calor de nuestra piel; y no obstante sentir la mano que se puso en la piedra mayor frio que la otra, antes de ponerse sobre estos cuerpos, ellos tenian igual calor: lo mismo digo en cualquier otro caso, pues son ciertas estas dos cosas que voy á decir: la primera que la mano solo siente frio por perder calor del que tenia en la piel: la segunda que cuando toque en la piedra, como es mas densa que el palo ha de perder mas calor, porque le reparte con mayor número de partículas. Luego aun estando el palo y piedra igualmente calientes, ha de sentir la mano mas fría la piedra que la madera, si el calor de esos cuerpos fuere menor que el de las manos.

SILV. — ¿Y si fuere mayor?

TEOD. — Ha de ser por el contrario, y por la misma razon, porque la mano ha de recibir mas calor de la piedra que de la madera; y esto es forzoso, pues la que toca en la piedra toca en mas partículas, y de cada una de ellas ha de recibir calórico, pues todas esceden á la mano en el calor.

EUG. — Antes que se me olvide decid: ¿Por qué razon en esa última esperiencia que referisteis, perdiendo la mano que está en la piedra mas calórico, recibia la piedra menor grado de calor?

TEOD. — Porque como la piedra es mas densa necesita muchas mas partículas de calórico para tener el mismo grado de calor que tiene la madera; y aunque para el aumento de calor recibe la piedra de la mano mas partículas de calórico, no son tan-

tas cuantas le eran precisas para el tal grado de calor: supongamos que para aumentarse dos grados de calor en la piedra eran precisas doscientas partículas de calórico, y que para aumentarse en la madera estos dos grados de calor bastaban ciento: si la piedra recibiese de la mano ciento y cincuenta, y la madera ciento, ahí teneis como la mano de la piedra perdía mas calor, y la piedra quedaba con menor aumento de calor que la madera.

EUG. — Lo comprendo: continuad ahora con lo que ibais á decir.

TEOD. — De lo que queda dicho se esplica fácilmente el modo con que los cuerpos se enfrian y pierden el calor. Como las partículas de calórico se esparcen por los cuerpos inmediatos hasta que haya este equilibrio, puesto un cuerpo caliente al aire le va comunicando partículas de calórico, y él las va perdiendo y el calor con ellas, pues enfriarse no es otra cosa que perder el calor; y un cuerpo frio es lo mismo que menos caliente.

SILV. — Ahí os estais implicando: las rejas de vuestra ventana con el sol quedan calientes; y por esta doctrina como estan espuestas al aire se habian de ir enfriando, y el aire habia de ir recibiendo mayor calor hasta equilibrarse con las rejas; lo cual es falso, porque la reja se enfria, y el aire no se calienta.

TEOD. — Reparad, Silvio, que el aire que rodea las rejas de la ventana, y que le roba (espliquémonos así) las partículas de calórico que en ellas depositó el sol, no es siempre el mismo; va pasando, y se van esparciendo por todo el que pasa las partículas de calórico, y por eso no es sensible en él el

aumento del calor, como seria si fuese siempre el mismo y en porcion mas pequeña; mas reparad que últimamente han de quedar las rejas y piedra de la ventana tan frias como el aire, y reducirse con él á equilibrio. De aquí mismo procede que cuando hay mas viento se enfrian mas apriesa los cuerpos, porque dentro de un minuto pasan por la piedra, v. g., mayor número de partículas de aire inferiores en el calor, y hay mas que le roben las partículas de calórico que tenia, pues siempre pasan del cuerpo mas caliente al menos caliente.

EUG. — Por eso cuando queremos enfriar la comida la soplamos, para hacer pasar por su superficie mas partículas frias de aire que lleven las partículas de calórico.

TEOD. — Por eso tambien cuando queremos enfriar el caldo para los enfermos le meneamos con la cuchara repetidas veces, para que suban á las superficies del líquido que se mudan á cada vuelta las partículas mas calientes, y puedan comunicar á las del aire mayor número de las partículas de calórico.

SILV. — Sin tantas filosofias hace eso muy bien cualquiera enfermera.

TEOD. — Completando, pues, esta doctrina, queda claro lo que tengo dicho: que el mismo cuerpo mas fácilmente se enfria metiéndole en el agua que esponiéndolo al aire; y, hablando regularmente, cuanto mas denso fuere el líquido en que se mete un cuerpo caliente, mas presto pierde el calor: la razon es, porque habiendo de equilibrarse el calor, siendo el líquido mas denso consta de mas partes, y

estas necesitan de mayor número de partículas de calórico para adquirirse un determinado grado de calor. Pero ya digo que segun la esperiencia está sujeta esta regla á muchas escepciones, y ya veremos en su puesto á que deben atribuirse. Entre tanto advertid que el calórico que se pone en equilibrio; esto es, el que nos demuestra en tal estado el termómetro, es el calórico libre, radiante ó de temperatura, y no creais que por este equilibrio se entienda que todos los cuerpos tienen, al cabo de cierto tiempo, la misma cantidad de calórico, pues ya veremos que no es así, y por lo que os he dicho anteriormente, sobre el palo y la piedra, ya podeis prever que os lo probaré con hechos. Cuando el termómetro señala el mismo grado en todos los cuerpos que se examinan, se dice que la temperatura es igual en todos ellos. Veamos ahora bajo qué influencias se iguala esta temperatura.

§ IV.

Por qué medios se pone el calórico en equilibrio: del frio y del cambio de volumen.

EUG. — Esplicadme claramente este punto porque conozco que no lo alcanzo bien.

TEOD. — Atended: si dos cuerpos calentados de diferente manera; ó bien, si un cuerpo caliente se pone en contacto con otro frio; el equilibrio se efectuará por medio de la conductibilidad de estos dos cuerpos, y será tanto mas pronto cuanto mejor conductores sean; si echais agua hirviendo en un

aumento del calor, como seria si fuese siempre el mismo y en porcion mas pequeña; mas reparad que últimamente han de quedar las rejas y piedra de la ventana tan frias como el aire, y reducirse con él á equilibrio. De aquí mismo procede que cuando hay mas viento se enfrian mas apriesa los cuerpos, porque dentro de un minuto pasan por la piedra, v. g., mayor número de partículas de aire inferiores en el calor, y hay mas que le roben las partículas de calórico que tenia, pues siempre pasan del cuerpo mas caliente al menos caliente.

EUG. — Por eso cuando queremos enfriar la comida la soplamos, para hacer pasar por su superficie mas partículas frias de aire que lleven las partículas de calórico.

TEOD. — Por eso tambien cuando queremos enfriar el caldo para los enfermos le meneamos con la cuchara repetidas veces, para que suban á las superficies del líquido que se mudan á cada vuelta las partículas mas calientes, y puedan comunicar á las del aire mayor número de las partículas de calórico.

SILV. — Sin tantas filosofias hace eso muy bien cualquiera enfermera.

TEOD. — Completando, pues, esta doctrina, queda claro lo que tengo dicho: que el mismo cuerpo mas fácilmente se enfria metiéndole en el agua que esponiéndolo al aire; y, hablando regularmente, cuanto mas denso fuere el líquido en que se mete un cuerpo caliente, mas presto pierde el calor: la razon es, porque habiendo de equilibrarse el calor, siendo el líquido mas denso consta de mas partes, y

estas necesitan de mayor número de partículas de calórico para adquirirse un determinado grado de calor. Pero ya digo que segun la esperiencia está sujeta esta regla á muchas escepciones, y ya veremos en su puesto á que deben atribuirse. Entre tanto advertid que el calórico que se pone en equilibrio; esto es, el que nos demuestra en tal estado el termómetro, es el calórico libre, radiante ó de temperatura, y no creais que por este equilibrio se entienda que todos los cuerpos tienen, al cabo de cierto tiempo, la misma cantidad de calórico, pues ya veremos que no es así, y por lo que os he dicho anteriormente, sobre el palo y la piedra, ya podeis prever que os lo probaré con hechos. Cuando el termómetro señala el mismo grado en todos los cuerpos que se examinan, se dice que la temperatura es igual en todos ellos. Veamos ahora bajo qué influencias se iguala esta temperatura.

§ IV.

Por qué medios se pone el calórico en equilibrio: del frio y del cambio de volumen.

EUG. — Esplicadme claramente este punto porque conozco que no lo alcanzo bien.

TEOD. — Atended: si dos cuerpos calentados de diferente manera; ó bien, si un cuerpo caliente se pone en contacto con otro frio; el equilibrio se efectuará por medio de la conductibilidad de estos dos cuerpos, y será tanto mas pronto cuanto mejor conductores sean; si echais agua hirviendo en un

vaso de metal, bien pronto tendreis que abandonar este vaso, porque quemará tanto como el agua : el ejemplo lo teneis en una cafetera : si la echais en un vaso de tierra como un puchero : podreis aguantar este mucho tiempo : prueba clara de que, segun la mayor ó menor conductibilidad de los cuerpos que estan en contacto, la tardanza del equilibrio del calórico es mas ó menos. Pero los cuerpos no siempre estan en contacto, y con todo el equilibrio se verifica, sea que sumerjais los cuerpos en el aire, sea que los tengais en un espacio vacío. En ambos casos el equilibrio se debe principalmente á la irradiacion que se hacen los cuerpos recíprocamente. Cuando es en el aire la temperatura se iguala por medio de la accion de este fluido, y por irradiacion. El aire trae ó quita calórico al cuerpo por comunicacion, y lo hace muy rápidamente, porque el aire se renueva sin cesar. Si calentais un cuerpo y lo esponeis al aire, estando este tranquilo, el aire irá á calentarse al rededor de este cuerpo, produciendo una corriente; porque la primera capa recibirá calórico que irradia el cuerpo caliente, se volverá mas ligera, como vereis en esta misma tarde, y se marchará cediendo el puesto á otra capa que hará lo propio hasta que el aire se haya equilibrado con el cuerpo, ó por mejor decir este con aquel. Si el cuerpo es mas frio que el aire se verificará un movimiento inverso, pero al cabo de cierto tiempo tendrán tambien la misma temperatura. En este caso ya veis que el equilibrio es indirecto.

ÉRG. — Explicadme bien esta irradiacion que todavía no llevo á comprender como se verifica.

TEOD. — Un cuerpo que habeis calentado y lo poneis cerca de otro frio, lanza en todas direcciones rayos de calórico. No tomemos en consideracion mas que la direccion que va hácia el cuerpo frio; pues lo que pasa con este pasa con todos los demas con quienes se equilibra la temperatura del cuerpo caliente. El cuerpo frio tambien lanza calórico porque ya sabeis que es propio de todos los cuerpos; mas no lanza tanto como el caliente, así este envia á aquel mas calórico de lo que recibe; aquel recibe mas de lo que envia : ¿qué ha de resultar? que, al cabo de cierto tiempo, dependiente de la menor ó mayor rapidez, con que reciban y envíen el calórico dichos cuerpos, ambos á dos han de tener igual temperatura; lo cual será, cuando reciban y lancen tantos rayos de calórico el uno, como el otro.

ÉRG. — Ahora lo entiendo perfectamente, esto es, lo mismo que si Silvio y yo tuviésemos él cien pesos yo cinco, por ejemplo, y tratásemos de equilibrar la cantidad de metálico entre los dos; enviándonos el uno al otro, el dinero en reales : al principio yo podria enviarle pocos y recibiria de él muchísimos; pero á medida que él me los iria enviando en grande cantidad, yo le enviaria mas, y como él iria siempre disminuyendo y yo aumentando, bien pronto llegaria que cada uno tendria cincuenta pesos, y desde entonces cesariamos de enviarnos, porque ya habriamos logrado nuestro objeto, ó si siguiésemos enviándonos lo haríamos por igual.

TEOD. — Este ejemplo es bueno para dar del caso una idea grosera. Todos los cuerpos pues de la naturaleza hacen constantemente estos cambios mútuos

cuando los hacen por igual; igual es su temperatura, y si somos nosotros uno de estos cuerpos, no hallamos los que tocamos ni frios ni calientes, cuando alguno envía mas, la temperatura varia, el equilibrio se pierde, y esta pérdida ocasiona al que la sufre una baja de calor, y si es en nosotros, una sensación de frio; cuando un cuerpo recibe mas calórico del que envía, su temperatura sube, el equilibrio se pierde, y si esto para en nosotros sentimos calor. Ya concebís que cuando decimos que un cuerpo es frio ó caliente venimos á decir que nos roba ó que nos da calórico. Mas os confieso que este modo de explicar el equilibrio no me satisface mucho; él es efecto de la repulsion del calórico, en virtud de la cual este cuerpo se busca lugar donde acomodarse; y mal podrá recibir un cuerpo que lance mucho el calórico de otro que lance poco, como se supone diciendo que es el envio recíproco, cuando hay en el primero una fuerza de repulsion mayor que en el segundo. Cuando dos corrientes son desiguales y opuestas la mayor vence á la menor. Mas dejémoslo tal cual lo esplican los físicos.

EUG. — ¿Y la variedad de superficies no impide la realizacion de este equilibrio?

TEOD. — No, porque precisamente las que irradian mas, mas absorven, y así va el uno por el otro.

EUG. — ¿Y el frio, qué viene á ser, Teodosio? ¿es tambien algun cuerpo imponderable como el calórico?

SILV. — Así lo creo yo y ahí va un experimento que prueba la irradiacion de un fluido frigorífico tan bien como la del calórico. Poned uno de vuestros

espejos cóncavos de metal frente por frente de un globo de hielo en una atmósfera de 40°, y luego colocad en el foco de este espejo un termómetro; al instante vereis que el termómetro baja muchos grados; si ha sido buena vuestra lógica deduciendo que el calórico irradia, porque el termómetro subió en vuestro experimento, tambien es buena la mia deduciendo que el frio ó el hielo lanza rayos de frio puesto que el termómetro baja.

EUG. — Me ha parecido certero el tiro; vamos á ver lo que dice Teodosio.

TEOD. — Por lo que llevo dicho ya del equilibrio del calórico podiais deducir bien que el frio no es nada, sino una palabra que espresa la pérdida, la falta notable de calórico que sufre un cuerpo. Voy á destruir el experimento de Silvio, como prueba de la existencia de un cuerpo frigorífico. Si no habeis olvidado la teoría del cambio recíproco que se hacen los cuerpos de su calórico, vereis que el mas caliente envía mas rayos al menos caliente y recibe muchos menos; que ha de resultar sino la baja de temperatura del uno y la subida del otro. He aquí porque el termómetro baja puesto frente por frente de un globo de hielo; este apenas irradia calórico, mientras que el termómetro y los espejos se lo irradian á él; lanzándolo sin recibir nada que les compense su pérdida, han de enfriarse y de consiguiente bajar el termómetro. Y si veis que esto se verifica tan aprisa, es porque el espejo aumenta mucho la rapidéz de este cambio desigual, enviando grande número de rayos caloríficos del termómetro al hielo. Así, ya veis que no hay ninguna necesidad de supo-

ner la existencia de nuevo cuerpo, puesto que con la del calórico podemos explicar muy bien por medio de sus leyes de equilibrio, todos los fenómenos relativos á las desigualdades de la temperatura. Tened pues entendido desde ahora que el frio no debe considerarse sino como un estado relativo, en el cual los cuerpos contienen menos calórico libre que los que nos miramos como calientes, de modo que el mismo cuerpo puede ser caliente, y frio á la vez con respecto á otros dos que se comparen con él. Acordaos del experimento vulgar que hemos hecho, hablando del calórico que contienen todos los cuerpos sin escepcion, para probaros que en rigor no hay ningun cuerpo frio. Basta pues de este punto y vengamos á otro. Hasta aquí no hemos visto que el calórico hiciese algun efecto dentro de los cuerpos, ni con respecto á su volumen, ni con respecto á su estado. Hemos dicho que volvia el agua y el aire mas ligeros, podeis concebir que esto se verifique de tal suerte, sino alejando sus moléculas las unas de las otras, esto es, aumentando su volumen sin aumentar su masa.

ERG. — Así me parece en efecto, para que una onza de agua caliente sea mas ligera que otra onza de la misma agua pero fria, bien es preciso que aquella haya aumentado de volumen, y lo mismo debemos decir del aire.

TEOD. — En efecto, el calórico aumenta el volumen no solo de los gases y líquidos sino tambien el de los sólidos. Nada mas vulgar y repetido que los hechos en comprobacion de este efecto del calórico sobre los cuerpos, y notad de paso que le llaman

algunos *rarefaccion*; pues en efecto los hace mas raros, ó mejor mas ralos. Vamos á hacer lo mismo que hemos hecho relativamente á la conductibilidad, esto es, examinar primero el cambio de volumen de los cuerpos, que mas lo cambian, y empezaremos por los gases. Esta clase de cuerpos se dilatan notablemente bajo la influencia del calórico, veamos qué leyes siguen y de qué instrumento es preciso servir para apreciar los grados de esta dilatacion.

SILV. — ¿Y no valdria mas que antes de estudiar estas leyes nos hicieseis ver que el calórico dilata los gases?

TEOD. — Bueno, creí que no podiais hallar en ello ninguna duda; voy á probarlo, aquí teneis una vejiga casi aplastada; de modo que hay dentro muy poco aire, calentemos la vejiga, mirad como se hincha:

ERG. — Evidente es en efecto la prueba, ya está como si la hubiésemos llenado de aire soplando.

SILV. — Si los demas gases hacen lo propio me doy por convencido.

TEOD. — Lo hacen en efecto, y con la particularidad de todos se dilatan igualmente, segun lo han experimentado Gay-Lussac y Dalton. Independientemente de esta propiedad singular que les es esclusiva, tienen otra que tampoco se halla en los líquidos ni en los sólidos, la cual consiste en que la dilatacion de cada uno de ellos es la misma para cada grado. Prueba en efecto la esperiencia que una parte de cualquier gas, calentada desde cero, que es cuando el hielo se deshace, hasta ciento, que es cuando el agua hierve, se dilata un tercio de su volumen primitivo

(0,575). Es probable que los vapores sigan las mismas leyes de dilatacion y condensacion, cuando estan aislados de los líquidos que los producen, y mientras sea suficiente la temperatura para sostenerlos en tal estado.

EUG. — ¿Y cual es el instrumento de que se sirven los físicos para averiguar la dilatacion de los gases? ¿es acaso el termómetro de que nos habeis hablado?

TEOD. — No: es otro que lleva el nombre de termómetro diferencial, de aire, ó de Leslie. Ahí lo teneis (Fig. 94.) pero tampoco os lo explicaré, porque con intencion guardo haceros su descripcion cuando trate de la medida del calórico espresamente. Vamos á ver la dilatacion de los líquidos bajo la influencia del calórico.

EUG. — Probadnos tambien antes como se dilatan.

SILV. — Lo mismo iba á proponer.

TEOD. — Aquí tengo dentro de esta campana de vidrio vuelta y metida por su embocadura en esta cubeta llena de azogue. ¿Veis que el azogue llena el interior

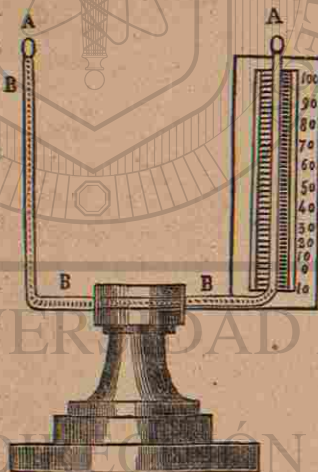


Fig. 94.

de la campana, escepto la parte superior, que está llena de eter; calentémosla con brasas de carbon, ¿veis como baja el azogue y desaparece de la campana, impelido por el eter que se dilata? sigamos calentando, ahora ya no veis el eter, es que se ha convertido en gas.

EUG. — Esta es otra prueba no menos concluyente que la anterior para los gases.

TEOD. — Mil veces habeis visto hechos análogos que debian escusarme este esperimento: y ahora precisamente se pasa uno en el hogar: ya habeis visto que he sacado agua de mi puchero, y la última vez que lo he dejado junto al fuego, estaba la mitad lleno: ahora hierve el agua y rebosa. ¿Podria rebosar caliente, no ocupando fria mas que la mitad del vaso si el calórico no la dilatase?

EUG. — Teneis razon: es una impertinencia pedir esperimentos para demostrar una cosa que todas las cocineras saben: decidnos, pues, qué leyes siguen los líquidos en su dilatacion; ¿se dilatan igualmente que los gases?

TEOD. — No: aquí hay una diferencia notable; cada líquido se dilata diferentemente á una misma temperatura, como vais á verlo inmediatamente. Aquí tenemos estas esferitas de vidrio con sus tubos, que estando vacias, las he llenado la una de espíritu de vino, otra de agua, otra de aceite, otra de azogue. Ya veis que todos estos líquidos se hallan ahora al mismo nivel; vamos á ponerlos luego en el agua caliente: cata ahí como se dilatan.

EUG. — En efecto, todos han subido y ya han

perdido la igualdad de su nivel, pero observo que no se dilatan tanto como los gases.

TEOD. — Ciertamente que no: los gases se dilatan mas de un tercio en tanto que los líquidos se dilatan solamente una novena parte mas de su volumen primitivo. Otra circunstancia hay en esta clase de cuerpos que les diferencia mucho de los gases, y es que no se dilatan de una manera uniforme, especialmente á medida que se acercan al momento en que van á hervir ó á helarse: quiero decir con esto que el agua por ejemplo se dilata menos pasando de 10° á 20° que cuando sube de 70° á 80° . Hase creído por algun tiempo que el mercurio ó azogue hacia escepcion á esta regla; mas hállase absolutamente en el mismo caso al menos entre la temperatura de 56° debajo de 0° y de 100° , y sobre todo cuando está contenido dentro de algun vaso de vidrio, en cuyo caso, combinándose la dilatacion del vaso con la del azogue, se compensan las diferencias que podria presentar; por esto se hace el termómetro de vidrio y azogue, y es este instrumento muy propio y exacto para averiguar la temperatura de los líquidos.

EUG. — ¿Hay algo mas que decir sobre este punto?

TEOD. — Una sola cosa me resta á deciros, que es relativa al agua. El acrecentamiento de temperatura produce en todos los líquidos, como hemos dicho, una dilatacion; mas no sucede así en el agua; pues presenta esta una anomalia notable cuando se acerca al grado en que se hiela que es bajo cero. He aquí lo que se observa, si poneis un vaso lleno de

agua á 10° en un aposento cuya temperatura sea debajo cero, y en su fondo y superficie termómetros muy sensibles, la parte inferior del líquido se pone mas fria que la superior, en atencion á que las moléculas enfriadas se vuelven mas pesadas y alcanzan el fondo del vaso; mas cuando se acerca al grado cero, sucede todo lo contrario, esto es, la superficie del agua es mas fria que el fondo; lo cual supone que las moléculas mas frias se vuelven mas ligeras.

EUG. — Esto parece contradictorio y opuesto á los principios establecidos.

TEOD. — Los Académicos de Florencia habian observado ya que sumergiendo un termómetro de agua en una mezcla refrigerante, el líquido bajaba en el termómetro hasta cierto punto, y luego se remontaba considerablemente antes de helarse. En Inglaterra y Francia se han repetido estos experimentos muchas veces, y hase hallado que el máximo de densidad del agua es á 4° , 44 encima de cero, disminuyendo esta intensidad, calentándose ó enfriándose mas allá de este grado, de suerte que su densidad es á poca diferencia la misma á cero que á 10° encima. Ensayos mas recientes ponen el máximo á 4° , ó á 4° , 4.

EUG. — Pero yo quisiera saber la razon de este fenómeno que me lo embrolla todo.

TEOD. — Os diré la que se da: atribúyese este fenómeno á que el agua líquida que se acerca al término de la congelacion tiende ya á tomar un arreglo molecular que le haga ocupar mas volumen, como se verifica, cuando se hiela efectivamente.

SILV. — Tened la bondad de explicaros mas sobre este punto, porque eso para mí es algo confuso: si yo no puedo negaros que el fuego aumenta el volumen del agua, cuando esta hierve, tampoco me negareis que el frio aumenta el volumen del agua, cuando esta se hiela, pues rompe los cántaros, jarras y conductos donde se halla, y con una fuerza tal, á veces, que es prodigiosa.

TEOD. — Si quereis guardar mas amplia explicacion de este fenómeno para cuando tratemos del paso de los líquidos al estado sólido, dejaré de satisfaceros por ahora.

SILV. — Bueno, os concedo este plazo, con tal que me saqueis de atolladero.

EUG. — Tambien lo deseo yo.

TEOD. — Entonces voy á decirlo ahora: el agua, cuando se hiela, aumenta en efecto de volumen cerca de una décima parte, y hace tanta fuerza en esta dilatacion que es capaz de romper un vaso de una fuerza inmensa. Los Académicos de Florencia hicieron reventar una bola de oro, cuya resistencia podia valuarse á 40,000 kilogramos, y nada mas comun que ver quebrarse peñas por cuyo interior filtraba agua que se ha helado. Estos sorprendentes efectos se deben, como os he dicho, al nuevo arreglo que toman las moléculas del agua, la cual cristaliza, cuando se hiela, en prismas que se cruzan en ángulos de 120° y 60° , cuya disposicion, como concebis, ha de dejar muchos vacíos, que no existian antes en el agua líquida. Ya dijimos, hablando de su porosidad, cuan arrimadas estaban sus moléculas: si helándose estas moléculas, se disponen en agujas

prismáticas, y en vez de estarse arrimadas las unas á las otras, se cruzan, como un manojo de alfileres que revolviereis en una caja, claro está que ha de aumentar su volumen, y estando el peso relacionado con este, naturalmente han de ser mas ligeras las moléculas de agua helada ó cercana á helarse: esto os explica por que el agua de la superficie es fria al grado dicho, y por que los pedazos de hielo, siendo sólidos, flotan en la superficie de un rio ó de un estanque.

EUG. — Me ha satisfecho vuestra explicacion.

SILV. — A mí tambien.

TEOD. — Pues vamos á la dilatacion de los sólidos.

EUG. — Esto sí que no teneis necesidad de probarlo para mí, pues hartó me acuerdo de lo del jardin de mi amigo.

SILV. — Con todo, yo quisiera un experimento para verlo con mis propios ojos.

TEOD. — Bueno: no me ha de faltar uno que os convenza. Ahí teneis este instrumento (Fig. 95) tomo esta bala

de hierro A, veis como pasa por este anillo B: calentémosla hasta hacerla ascua: veamos ahora si pasa: veis que no; luego se ha ensan-

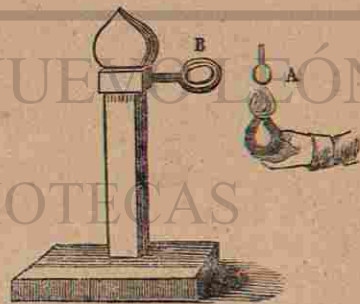


Fig. 95.

chado : enfriémosla en el agua ; ya vuelve á pasar por el anillo.

SILV. — Pasad adelante.

TEOD. — Los sólidos se dilatan aun mucho menos que los líquidos, pues el plomo, el metal mas dilatado, solo se dilata á 100° una $\frac{1}{17}$ parte, mientras que el azogue, el líquido menos dilatado, se dilata á la misma temperatura un $\frac{1}{17}$. Tambien, presentan diferencias como los líquidos, y basta haber visto calentar una barra de hierro y un pedazo de carbon para no quedar ninguna duda. Lo mismo que los líquidos, á medida que se acercan á la ebullicion, los sólidos ya no guardan la proporcion primera, á medida que se acercan al momento en que van á derretirse ; así el hierro se dilata mas pasando de 500° á 400° que pasando de 100° á 200°. El vidrio se dilata mucho mas rápidamente que los metales sólidos. Asi, como los gases tienen el termómetro diferencial y los líquidos el termómetro ordinario para poder medir sus grados de dilatacion, así los sólidos tienen su instrumento propio llamado *pirómetro*, el cual tampoco os explicaré, sino cuando os explique los dos primeros. Vamos ahora á ver los efectos del calórico sobre los cuerpos, relativamente á la mudanza de estado que acarrea en ellos.

EUG. — Este sí que me parece punto interesante.

§ V.

Trátase del cambio de estado de los cuerpos por el calórico.

TEOD. — Hablando de los cuerpos sólidos, líquidos y fluidos elásticos, ya vimos que debiamos atribuir estos estados á ciertos equilibrios mas ó menos estables que se establecen entre las fuerzas de cohesion y la repulsion de las partículas del calórico. Así es una consecuencia natural que destruyendo estos equilibrios, se ha de destruir el estado actual de cualquier cuerpo ; lo cual puede conseguirse de dos modos : ó aumentando la fuerza repulsiva del calórico, introduciendo en las moléculas del cuerpo mayor cantidad de este fluido imponderable ; ó aumentando la fuerza de cohesion, quitando calórico del cuerpo, cuyo estado se quiera modificar. La facilidad con que la mayor parte de los cuerpos pasan del estado sólido al líquido, del líquido al gaseoso ó aereiforme, añadiendo calórico, ó bien del gaseoso, al líquido del líquido al sólido, quitando porcion de dicho fluido, os demuestran claramente la realidad de lo que acabo de decirlos. Vamos á ver pues el paso de los cuerpos del estado sólido al estado líquido. Aquí tengo este pedazo de plomo ; calentémoslo lentamente dentro de este plato, y vereis como, primero se dilata progresivamente, segun las leyes que hemos establecido ; aplicándole el termómetro, podriamos saber las adiciones de

chado : enfriémosla en el agua ; ya vuelve á pasar por el anillo.

SILV. — Pasad adelante.

TEOD. — Los sólidos se dilatan aun mucho menos que los líquidos, pues el plomo, el metal mas dilatado, solo se dilata á 100° una $\frac{1}{17}$ parte, mientras que el azogue, el líquido menos dilatado, se dilata á la misma temperatura un $\frac{1}{17}$. Tambien, presentan diferencias como los líquidos, y basta haber visto calentar una barra de hierro y un pedazo de carbon para no quedar ninguna duda. Lo mismo que los líquidos, á medida que se acercan á la ebullicion, los sólidos ya no guardan la proporcion primera, á medida que se acercan al momento en que van á derretirse ; así el hierro se dilata mas pasando de 500° á 400° que pasando de 100° á 200°. El vidrio se dilata mucho mas rápidamente que los metales sólidos. Asi, como los gases tienen el termómetro diferencial y los líquidos el termómetro ordinario para poder medir sus grados de dilatacion, así los sólidos tienen su instrumento propio llamado *pirómetro*, el cual tampoco os explicaré, sino cuando os explique los dos primeros. Vamos ahora á ver los efectos del calórico sobre los cuerpos, relativamente á la mudanza de estado que acarrea en ellos.

EUG. — Este sí que me parece punto interesante.

§ V.

Trátase del cambio de estado de los cuerpos por el calórico.

TEOD. — Hablando de los cuerpos sólidos, líquidos y fluidos elásticos, ya vimos que debiamos atribuir estos estados á ciertos equilibrios mas ó menos estables que se establecen entre las fuerzas de cohesion y la repulsion de las partículas del calórico. Así es una consecuencia natural que destruyendo estos equilibrios, se ha de destruir el estado actual de cualquier cuerpo ; lo cual puede conseguirse de dos modos : ó aumentando la fuerza repulsiva del calórico, introduciendo en las moléculas del cuerpo mayor cantidad de este fluido imponderable ; ó aumentando la fuerza de cohesion, quitando calórico del cuerpo, cuyo estado se quiera modificar. La facilidad con que la mayor parte de los cuerpos pasan del estado sólido al líquido, del líquido al gaseoso ó aereiforme, añadiendo calórico, ó bien del gaseoso, al líquido del líquido al sólido, quitando porcion de dicho fluido, os demuestran claramente la realidad de lo que acabo de decirlos. Vamos á ver pues el paso de los cuerpos del estado sólido al estado líquido. Aquí tengo este pedazo de plomo ; calentémoslo lentamente dentro de este plato, y vereis como, primero se dilata progresivamente, segun las leyes que hemos establecido ; aplicándole el termómetro, podriamos saber las adiciones de

calórico que va recibiendo : miradlo ya como se derrite, y como lo hace por partes, de suerte que cada nueva porcion de calórico que llega va á derretir nueva parte : si ahora le aplicamos el termómetro este no subirá mas de lo que ha subido cuando ha empezado á derretirse, con todo no podeis negar que continuamente le llegan nuevas cantidades de calórico.

ERG. — Esto es bastante singular.

TEOD. — Lo que hemos hecho con el plomo pudiéramos hacerlo con la mayor parte de los sólidos, pues en efecto la mayor parte son susceptibles de pasar al estado líquido, ó sea de derretirse por medio del calórico que se introduzca en ellos, y no hay mas diferencia que la de la cantidad necesaria para cada uno ; pues varia esta cantidad conforme son los cuerpos que se quiera derretir. Este fenómeno se llama *fusion*, y término de *fusion* el grado de temperatura á que cada cuerpo lo presenta.

SILV. — Yo creo que os equivocais, diciendo que la mayor parte de sólidos se derriten. Y os citaria yo muchos que no lo son.

TEOD. — En vuestro tiempo, Silvio, convengo en que habia muchos cuerpos que se tenian por infusibles ; mas desde la invencion del instrumento que se llama *soplete*, casi no se conoce ninguno que no lo sea.

SILV. — Esplicadme, Teodosio, si podeis, cual es vuestro sistema, porque cuando, para curar ciertas enfermedades del hombre, mando aplicar el frio á alguna parte del cuerpo, se enfria mas la parte aplicando hielo, que aplicando agua á cero, esto es á

la misma temperatura que el hielo, y es esto tan cierto que cuando aplico agua la he de mudar mas á menudo.

TEOD. — Esto es una consecuencia de lo que he dicho sobre la fusion de los sólidos. El hielo es agua sólida, ya veremos luego como pasa á este estado : aquí tengo una porcion que he mandado traer ; veis que el termómetro señala 0° aplicándolo al hielo : pongamos esta masa de agua sólida en aquella sala, cuya temperatura es de 40° . Vais á ver como el hielo se derrite poco á poco, sin que el termómetro suba : y con todo no podria derretirse si no recibiese cantidades nuevas de calórico. Cuando la masa total de hielo estará derritida, el termómetro señalará todavia 0° . Esta esperiencia que hago ahora se ha practicado muchas veces, y para que no perdamos tiempo aguardando que se derrita el hielo haremos otra que esplicará la dificultad de Silvio, Aquí hay un kilogramo de agua líquida á 0° , y aquí otro kilogramo de agua líquida tambien, á 77° ; los mezclo rápidamente ; ahora tengo una masa de agua de dos kilogramos : pongo el termómetro y me da 58° , 5, esto es el término medio aritmético entre las dos temperaturas primitivas : de suerte que los 77° de uno de los kilogramos de agua se ha repartido igualmente entre los dos. Ahora tomo un kilogramo de agua líquida á 77° y otro de agua sólida á 0° ; los mezclo y agito ; el hielo se derrite poco á poco... pongo ahora el termómetro y señala 0° , esto, es los 77° del kilogramo de agua líquida han desaparecido completamente para derretir un kilogramo de agua sólida ó de hielo. De esto se sigue que cuando el

hielo se ha derretido ha absorbido tanto calórico como se necesita para dar al agua una temperatura de 77°. Black, célebre físico, que imaginó el primero el experimento que acabo de hacer, dijo que este calórico se combinaba con el agua, se hacia *latente*, y por esto el termómetro no indica su presencia; mas ninguna necesidad tenemos de admitir dos especies de calórico para la esplicacion de este fenómeno, como veremos cuando hablemos de la capacidad de los cuerpos para el calórico. Vamos pues á dar solucion á la dificultad de Silvio. El agua líquida á 0° roba, por una ley que ya va esplicada sobre el equilibrio del calórico radiante entre todos los cuerpos, á la parte del cuerpo enfermo bastante calórico para ponerse á la misma temperatura; mas su accion irá disminuyendo á medida que se calentase al agua, mientras que el hielo le robará una cantidad de calórico capaz de llevar el agua líquida á 77°, sin que por eso pase de 0°.

SILV. — Quedo satisfecho, de modo que si supiéramos que la frente por ejemplo tuviera 77° grados de calor y esto diese dolor de cabeza, poniendo agua á 0°, solo disminuiria por mitad el calor, y aun en el caso que esta agua se repartiase pronto en el calórico de la frente; mientras que el hielo, puesto en la parte, dentro de una vejija, para que el agua que se iria formando no se escapase, le robaria todos los 77°.

TEOD. — En globo así podeis decir que sucederia, pero ya concebís que ha de haber algunas diferencias relativas á las condiciones del cuerpo humano, manantial de calórico, que alejan la exacti-

tud en lo que acabais de decir, sin que por esto impidan que realmente con el hielo se refresque mas una parte que con el agua, aunque ambas aguas esten á 0°. Esto mismo os esplica porque no tenemos grandes aguaceros ni avenidas inundaderas, como habia de haberlas si esas masas enormes de nieve de que estan cubiertas las montañas, no necesitasen grandes cantidades de calórico para derretirse. A no ser así luego que la temperatura de la atmósfera se hallaria sobre cero, todos los hielos y nieves acumuladas en las montañas, durante el invierno, se derretirian á la vez y rápidamente, inundando las llanuras como un segundo diluvio. Mas ya que hemos hablado hasta ahora del agua pasada al estado sólido, veamos ahora qué viene á ser la solidificacion de los líquidos. Casi todos los líquidos que conocemos pueden, en efecto, pasar á ser sólidos, quitándoles una porcion de calórico; mas notad que entre los líquidos en general los hay como el eter, el espíritu de vino, el azogue, y ordinariamente el agua que lo son á las temperaturas ordinarias de la atmósfera, y otros como los metales derretidos que solo son fluidos bajo temperaturas muy altas, ya naturales, ya artificiales. Cuando los primeros pasan al estado sólido, se dice este fenómeno *congelacion*, cuando los segundo recobran este estado se dice que se *fijan* ó se *solidifican*. Los líquidos que se congelan deben presentar fenómenos inversos de los que presentan los sólidos que pasan al estado líquido, y han de sucederse precisamente estos dos estados á una misma temperatura; por ejemplo el hielo empieza á derretirse á 0°, y el agua empieza á

helarse al mismo grado. Con todas las circunstancias hay en que un cuerpo líquido puede enfriarse á algunos grados bajo la temperatura en que empezaría á derretirse si fuese sólida, sin que por esto se hiele.

SILV. — Decís unas cosas que á primera vista siempre me repugnan, ya sé que no las diriais si no tuvierais sobre la marcha un experimento en que apoyarlo.

EUG. — Gustariame presenciar este experimento.

TEOD. — Os lo diré, aunque no lo haga: poned agua bien clara y privada de aire en un cuarto que se halle á una temperatura de 6° bajo cero, dejadla en reposo: esta agua se enfriará poco á poco hasta tener la misma temperatura que el cuarto; y con todo no se formará la menor cantidad de hielo. Pero notad que si haceis vibrar el vaso de vidrio que contiene el agua, ó tremolar la mesa en que está el vaso, se formará de repente una cantidad de hielo y el agua líquida se hallará á 0°.

EUG. — ¡Qué cosa tan rara!

TEOD. — Gay-Lussac, otro de los químicos actuales de la Francia, ha logrado hacer bajar la temperatura del agua hasta once grados bajo cero, cubriéndola con una capa sin que se helase tampoco aquel líquido. Mas advertid que si el agua es turbia, contiene aire ó está agitada, se hiela al término ordinario que es á 0°. Este experimento puede probar que si el hielo absorbe 75° de calórico para derretirse; puesto que el agua derretida está á 0°, pierde de esta igual cantidad de calórico que se desprende en el acto. Hase observado en efecto que bajando la

temperatura del agua á 5°, 3 bajo cero se forma cerca de $\frac{1}{7}$ de hielo en la masa de agua, y al mismo tiempo toda la masa de agua se calienta desde 3°, 5 hasta cero, lo que prueba que de la $\frac{1}{7}$ de hielo se desprende bastante calórico para calentar el agua de 8° 8.

EUG. — Si no os molesta, Teodosio, quisiera que me esplicaseis la formacion del hielo, porque se hielan los estanques y los ríos, y si es verdad que hasta se hiela el mar en algunos puntos de la tierra.

TEOD. — Habeis tocado un punto interesante, y por lo tanto voy á deciros cuanto pueda escitar vuestra curiosidad. Como se necesitan grandes sustracciones de calórico para que el agua pase del estado líquido al estado sólido, el agua no se hiela de repente toda de arriba abajo sino por capas. El agua empieza por perder una porcion de su calor, pues este se escapa para irse á poner en equilibrio con la atmósfera. Si esta pérdida continua, que en otros términos podriamos decir, si continua el frio, la parte superior del agua, espuesta á su accion, pasa al estado sólido, al principio en forma de una telilla de hielo que se queda en la parte superior por ser mas ligera. Con la ausencia del calórico el líquido se hace mas denso, y experimenta una disminucion de volumen, de lo que resulta que esta primera telilla ó capa se queda suspendida algunas pulgadas encima de las capas inferiores. Mas si la superficie es muy estensa como la de un estanque, arrastrado el hielo por su propio peso, cede y cae debajo la capa de agua que sigue; esta se hiela á su vez y aumenta el espesor del hielo, y así sucesivamente

hasta que es bastante fuerte para sostenerse encima, ordinariamente sigue el hielo el movimiento del agua y se coloca en su superficie. A medida que el frio se prolonga, se añaden nuevas capas y se forman costras de hielo sumamente gruesas. Advertid, como ya lo he indicado mas arriba, que no todas las aguas se hielan á iguales grados de temperatura; el agua dulce y pura se hiela mas fácilmente que la del mar y de los rios, aun dejando aparte el movimiento de estos; el agua del mar y de los rios contiene sales que le hacen suportar un frio mas fuerte sin que se hiele. Segun el frio el hielo toma formas diferentes: si el frio no es mas que algunos grados bajo cero, la congelacion del agua es una verdadera cristalización que presenta agujas entre cruzadas, formando ángulos mas ó menos abiertos. A una temperatura mas baja, el agua forma una masa informe llena de burbujas de aire; su superficie es áspera, cuando en el momento de helarse hace viento, que arruga la superficie del agua; cuando el agua está tranquila la superficie del hielo suele ser lisa como el vidrio. El hielo pesa como os he dicho menos que el agua líquida, á causa del aumento de volumen que le hace tomar el nuevo arreglo ó disposicion de sus moléculas. Los conductos de las fuentes que rebientan las piedras, las rocas, los árboles que se hienden ó estallan, el suelo ó losas que se levantan son otros tantos efectos de la dilatibilidad ó expansibilidad que adquiere el agua pasando al estado de hielo. Os he dicho que á medida que el frio aumenta, aumenta el espesor del hielo; mas tambien aumenta su densidad, la

cual puede ser tanta que se reduce á un polvo fino como arena. En Rusia y en la Laponia, países muy cercanos al polo, el hielo tiene muchos pies de profundidad, y dicen los viageros que han hallado en los mares del sud y del polo septentrional montañas de hielo de centenares de pies de altura.

EUG. — Yo he oido decir cosas prodigiosas sobre la dureza del hielo, pero hasta ahora lo he tenido por fábula.

TEOD. — Pues sabed que es la pura verdad lo que se cuenta de esta dureza. En los climas del norte, en Spitzberg, en la Groenlandia, en Islanda, lo mismo que en el mar del Sud, vecino al polo austral, son los hielos tan duros que ni se pueden pellizcar sino difícilmente á martillazos. Por esto habeis de calcular cuan grande es la fuerza del calórico, puesto que él vence esta cohesion de las moléculas del hielo, sin ninguna dificultad. Os voy á contar un hecho histórico que pasó en Rusia por los años de 1740. El invierno fué muy rigoroso, y duró el frio mas de lo que acostumbra en aquel áspero clima, y para ocupar á los jornaleros imaginaron construir un palacio de hielo. Fueron á sacar grandes pedazos de hielo del rio Neva cerca del cual está edificada la ciudad, y construyeron, segun las reglas de la mas elegante arquitectura, un edificio que tenia 52 pies de largo, 16 de ancho y 20 de alto. Tenian las paredes de este singular palacio tres pies de grueso en el suelo y dos en la parte superior: delante del edificio colocaron seis cañones de hielo tambien, montados sobre cureñas de lo mismo, y dos morteros de igual calibre que los que se hacen de metal.

Cargáronlos con cerca una libra de pólvora; que es casi la cuarta parte de lo que se pone en las piezas de bronce, y se dispararon: la detonacion fué fuertísima, las balas atravesaron una plancha, ó tabla de dos pulgadas de grueso á la distancia de sesenta pasos, y las piezas se quedaron intactas: ninguna rebentó, siendo así que apenas tenian cuatro pulgadas de grueso.

EUG. — Ya habia oido contar una cosa igual, y no lo creía, por parecerme imposible; mas ahora que me lo decís y que tengo algunos conocimientos de física, lo comprendo fácilmente. Pero, decidme ahora por que en tanto que el agua de los estanques está helada corre líquida todavía el agua de los rios: puesto que el frio puede helar la una, ¿por que no hiela la otra?

TEOD. — El agua que corre siempre tarda mas á helarse que la que está tranquila, sea porque la movilidad continua de las moléculas desprenda por el roce una cantidad de calórico suficiente para tenerlas separadas, sea que la atraccion molecular no pueda ejercerse naturalmente mas que en un agua tranquila; sea en fin que la agitacion, el desalojamiento de las partes acueas abran paso facil al calórico de las capas inferiores, el cual como serenuéva de esta suerte en la superficie del agua compensa, durante algun tiempo, la pérdida que el frio atmosférico ocasiona. Sin embargo esto no quita que el agua corriente se hiele al fin tanto mas pronta cuanto menos profundidad tenga la corriente. Por lo que toca á los rios de alguna consideracion, he aqui lo que sucede. Despues de algunos dias de

un frio intenso, las partes mas sosegadas, por ejemplo las que forman golfos en las riberas, ceden á la accion del frio y se hielan: una vez helados sirven como de núcleo, ó de centro, en cuyo torno vienen á arreglarse nuevas moléculas. De esta manera se forma ordinariamente el hielo en los rios poco rápidos. Los que son mas rápidos se hielan de otro modo. Habeis observado sin duda mas de una vez que se forman en ciertos puntos de una corriente de rio una especie de remolinos que duran unos cuantos segundos y luego desaparecen. En el momento que desaparecen estos remolinos las moléculas de agua que lo formaban son arrastradas un momento sin mudar de puesto entre sí, esto es, se quedan en reposo relativo. Este momento basta para que la accion de un frio intenso, en especial cuando el agua se halla ya sobradamente enfriada, la haga pasar al estado sólido, y quede formado un núcleo de hielo en torno del cual se irán reuniendo sucesivamente nuevas moléculas pasadas al estado sólido. A veces es una hoja de arbol, un palillo ú otro cuerpe ligero en cuyo torno se empiezan á helar las moléculas del agua. Y como este efecto se verifica en muchos puntos resulta la formacion simultánea de muchos témpanos ó carámbanos que van bajando arrastrados por la corriente. Su forma es en general redondeada ya porque crecen circularmente ya porque con el roce se gastan los ángulos que se forman. Si el frio continua, formándose mas témpanos y mayores ya acaban por llenar toda la superficie del rio, porque el encuentro de los puentes, que rompen algunas veces como suce-

dió en París por los años de 1408, cuando deshelo, el de los molinos ú otros edificios presenta obstáculos á su curso, y no hacen sino engrosarse y reunirse en una masa compacta. De esta manera se forma en los rios del norte una capa de hielo desigual en su superficie, pero bastante sólida para suportar pesos prodigiosos. Para formarse témpanos basta un frio de 6 grados : mientras que para detenerse los rios, como sucede en Rusia, se necesitan 50 grados bajo cero.

EUG. — ¿Y el deshielo qué viene á ser? Por lo que va dicho ya casi me atrevería á esplicarlo, pues me parece que ha de consistir en que mientras la temperatura del aire sube el calórico tiende á ponerse en equilibrio con el hielo y lo derrite, mas no acabo de entender como se verifica esta subida de temperatura.

TEOD. — Por lo comun, es el viento del medio-dia y del oeste el que produce el deshielo. El viento seco y violento, que por lo comun sostiene el hielo, cede el lugar á un viento suave y casi insensible; estos vientos casi siempre traen consigo vapores de que se cargan atravesando el mar. Como llegan al pais del hielo y encuentran allí un aire fresco, abandonan una porcion de sus vapores por la condensacion de estos, y por esto suele formarse antes del deshielo alguna niebla; y hay una humedad notable que se manifiesta en todas partes, formándose en todos los cuerpos escarcha, porque el calórico del vapor le abandona para pasar á estos cuerpos que se hallan frios, y el vapor se vuelve agua helada. Este mismo calórico, y el que el sol envia, disuelven

bien pronto capa por capa el hielo, hasta que todo viene á quedar como antes. Y como para que se verifique este deshielo se necesitan grandes cantidades de calórico que se sustraen al aire y los cuerpos contenidos en él, esto os esplicará porque sentimos mas frio cuando deshiela que cuando todo está helado. El aire cede su calórico al hielo, nosotros lo cedemos al aire, y por lo tanto sentimos frio; por la misma razon cuando deshiela son mas frios los aposentos que las plazas y las calles. La razon es clara. El aire húmedo es menos pesado que el aire seco, y, lo vereis á su lugar, el aire exterior, esto es, el de las calles y plazas está lleno de vapores; por lo tanto ha de entrar dificilmente en los aposentos que estan llenos de aire seco, el cual lo es tanto mas cuanto mas intenso ha sido el frio y cuanto mas fuego se haya hecho en el interior de las casas para calentarse. Así lo mejor que puede hacerse en este caso es abrir bien los aposentos y renovar el aire.

EUG. — He oido decir tambien que el hielo de los rios y estanques, cuando va á deshelar, estalla con ruido; ¿es esto cierto?

TEOD. — Cierto y muy cierto: la fuerza del calórico penetra el hielo para disolverle; aumenta su volumen y le ablandece; por otra parte, el agua que está debajo que se habia condensado, se dilata y levanta la costra de hielo; y si añadís las aguas que manan con el derretimiento de las nieves, comprendereis muy bien como pueden estallar las masas de hielo haciendo ruido, como lo hace todo sólido que se quiebra con violencia. Pongamos fin á este punto, que bastante hemos dicho, y veamos ya como se

convierten en vapores los líquidos. Muchos son los cuerpos naturales que parecen susceptibles de pasar al estado de vapor por la adición de una cantidad suficiente de calórico. La mayor parte de los que son ordinariamente sólidos empiezan por pasar al estado líquido, antes de evaporarse: con todo algunas excepciones hay á esta regla, de suerte que ciertos cuerpos sólidos pueden pasar de un salto, desde el estado sólido al gaseoso; de estos puede decirse que son mas volátiles que fusibles. Los líquidos que lo son á temperaturas ordinarias, como el agua, el alcohol, etc., son susceptibles de reducirse á vapores en casos y con circunstancias muy análogas á las en que un cuerpo sólido se vuelve líquido, esto es, que cada uno de estos cuerpos se reduce á una temperatura fija, que esta reduccion se opera sucesivamente, á medida que se añaden nuevas cantidades de calórico, que el cuerpo no se calienta mas luego que empieza á evaporarse, y que en fin el vapor formado tiene la misma temperatura que el líquido de que procede. Como los cuerpos que se reducen á vapor toman de repente un volumen infinitamente mas considerable que su volumen primitivo y pueden mezclarse con los fluidos elásticos que constituyen la atmósfera, se sigue que esta atmósfera ó cualquiera otra presion exterior ha de ejercer una influencia muy grande en este cambio de estado, mientras que no ejerce ninguna sobre la liquefaccion ni la solidificacion. Mas no siempre se reducen á vapor los líquidos de un mismo modo. Aquí estais viendo como hierve este puchero de agua, el humo que sale es agua en vapor; ahí teneis un modo de re-

ducirse á vapor este líquido. Cien veces os habrá sucedido poner un poco de agua en un plato, sobre todo en verano, y al cabo de cierto tiempo el agua ha desaparecido del plato: pues sabed que se ha convertido en vapor y de un modo bien diferente del primero, pues en aquel el agua recibe nuevas cantidades de calórico y se agita violentamente, y en este el agua está tranquila y no recibe mas calórico que el que le da la atmósfera de una manera insensible para nosotros. Al primer modo le llaman los físicos ebullicion ó hervor, al segundo evaporacion espontánea. Y por si acaso os cae algun libro en las manos que trate de esta materia, sabed que algunos físicos llaman evaporacion la reduccion á vapor de un líquido bajo la presion atmosférica y sin fuego, mientras que dan el nombre de vaporizacion á la conversion de un líquido en vapor por medio del hervor ó en el vacío.

EUG. — Haceis bien en advertirmelo; pero entre tanto esplicadme el hervor de un líquido ó la ebullicion: el hervir el agua es uno de los fenómenos mas vulgares y con todo no sé todavía su mecanismo ni su razon.

§ VI.

De la ebullicion y evaporacion.

TEOD. — Puesto que lo estais viendo y que como habeis dicho es un fenómeno tan vulgar, ocioso es que os describa la ebullicion; mas importa mucho ad-

convierten en vapores los líquidos. Muchos son los cuerpos naturales que parecen susceptibles de pasar al estado de vapor por la adición de una cantidad suficiente de calórico. La mayor parte de los que son ordinariamente sólidos empiezan por pasar al estado líquido, antes de evaporarse: con todo algunas excepciones hay á esta regla, de suerte que ciertos cuerpos sólidos pueden pasar de un salto, desde el estado sólido al gaseoso; de estos puede decirse que son mas volátiles que fusibles. Los líquidos que lo son á temperaturas ordinarias, como el agua, el alcohol, etc., son susceptibles de reducirse á vapores en casos y con circunstancias muy análogas á las en que un cuerpo sólido se vuelve líquido, esto es, que cada uno de estos cuerpos se reduce á una temperatura fija, que esta reduccion se opera sucesivamente, á medida que se añaden nuevas cantidades de calórico, que el cuerpo no se calienta mas luego que empieza á evaporarse, y que en fin el vapor formado tiene la misma temperatura que el líquido de que procede. Como los cuerpos que se reducen á vapor toman de repente un volumen infinitamente mas considerable que su volumen primitivo y pueden mezclarse con los fluidos elásticos que constituyen la atmósfera, se sigue que esta atmósfera ó cualquiera otra presion exterior ha de ejercer una influencia muy grande en este cambio de estado, mientras que no ejerce ninguna sobre la liquefaccion ni la solidificacion. Mas no siempre se reducen á vapor los líquidos de un mismo modo. Aquí estais viendo como hierve este puchero de agua, el humo que sale es agua en vapor; ahí teneis un modo de re-

ducirse á vapor este líquido. Cien veces os habrá sucedido poner un poco de agua en un plato, sobre todo en verano, y al cabo de cierto tiempo el agua ha desaparecido del plato: pues sabed que se ha convertido en vapor y de un modo bien diferente del primero, pues en aquel el agua recibe nuevas cantidades de calórico y se agita violentamente, y en este el agua está tranquila y no recibe mas calórico que el que le da la atmósfera de una manera insensible para nosotros. Al primer modo le llaman los físicos ebullicion ó hervor, al segundo evaporacion espontánea. Y por si acaso os cae algun libro en las manos que trate de esta materia, sabed que algunos físicos llaman evaporacion la reduccion á vapor de un líquido bajo la presion atmosférica y sin fuego, mientras que dan el nombre de vaporizacion á la conversion de un líquido en vapor por medio del hervor ó en el vacío.

EUG. — Haceis bien en advertirmelo; pero entre tanto esplicadme el hervor de un líquido ó la ebullicion: el hervir el agua es uno de los fenómenos mas vulgares y con todo no sé todavía su mecanismo ni su razon.

§ VI.

De la ebullicion y evaporacion.

TEOD. — Puesto que lo estais viendo y que como habeis dicho es un fenómeno tan vulgar, ocioso es que os describa la ebullicion; mas importa mucho ad-

vertiros que este fenómeno está relacionado con tres cosas ó influencias que son la cohesion de los líquidos, la fuerza expansiva del calórico y la presión exterior. Los líquidos no hierven todos tampoco á la misma temperatura, y como ordinariamente la presión exterior ó atmosférica es siempre la misma, estas diferencias han de depender de ordinario de la diferente cohesion de las partículas de los líquidos. Ahi tenéis el agua que hierve á 400°, el espíritu de vino á 78°, el aceite de trementina rectificado á 157, el azogue á 547, el aceite de vitriolo á 548, etc. Una prueba clara de que la cohesion influye en el hervor, es que todo lo que aumenta esta cohesion retarda la ebullicion de los líquidos. Poned agua al fuego luego que llegue á 400° se echará á hervir: poned la misma agua al fuego habiéndole echado cierta cantidad de sal, será necesario mas calórico para hacerla hervir y por lo mismo tardará mas á presentar el hervor en iguales circunstancias. Hacedla calentar y hervir pura en un vaso de metal, hierve á 400°: en un vaso de vidrio no hervirá hasta 404°25: cuando cese de hervir, restablecereis la ebullicion echando en ella unas cuantas limaduras de hierro.

EUG. — No me cabe la menor duda de que así sucede, pero yo quisiera saber la razon.

TEOD. — La razon de estos fenómenos es mas quimica que física, con todo como creo que la comprendereis voy á deciroslo. El agua se convierte en vapor á causa de la fuerza expansiva del calórico, que acumulado en ella le separa las moléculas hasta el punto de hacerles perder su fuerza de cohesion, y

se marchan por no haber nada que las retenga y ser mas ligeras que antes. Tal sucede cuando haceis hervir simplemente el agua clara. Cuando le echais sal ú otro cualquier cuerpo que tenga mucha afinidad por el agua, el calórico no solo ha de vencer la fuerza de cohesion de las partículas del agua, sino la de afinidad ó atraccion de composicion, que tiene el agua con la sal ó el otro cuerpo análogo, el cual en virtud de esta fuerza retiene las partículas que se escaparian sin ella, por esto es menester mas calórico, para llegar á vencer esta fuerza.

EUG. — Lo entiendo perfectamente.

TEOD. — Por lo que toca á la diferencia de vasos, notad que el agua y el vidrio adhieren mucho mas que el agua y el metal; pero no es esta la verdadera razon, como pudierais creer por lo que acabo de deciros, sino que el vidrio es mal conductor del calórico y el metal muy buen conductor; por lo tanto ha de tardar mas el calórico á llegar al agua, á traves del vaso de vidrio, que al traves del de metal.

EUG. — Tambien me satisface esta explicacion. Y lo delas limaduras de hierro.

TEOD. — Los cuerpos agudos tienen la singular propiedad de determinar hácia sus puntas la formacion de gorgoritas de vapor que constituyen la ebullicion de un líquido; por esto metiendo limaduras de hierro, pedacitos de vidrio en el fondo del vaso, ó un espiral de platina acelerais la ebullicion. Por lo mismo cuando calenteis en vasos de vidrio algun cuerpo líquido, como el aceite de vitriolo por ejemplo, cuya evaporacion no se haga de

una manera continua, sino que se suspenda á ratos para volver á hacerse con mas ímpetu, y en mayor cantidad, á fin de que los sobresaltos á que da margen este modo de evaporarse, no rompan las paredes del vaso, se ponen en él algunos cuerpecillos agudos como los mencionados, y se evita el malogro de la operacion. Ahora veamos si, así como cuando un sólido pasa al estado líquido absorbe calórico y en mucha cantidad, lo absorbe tambien un líquido que pasa al estado de gas ó de vapor.

EUG. — Parece que segun la misma ley lo ha de absorber.

TEOD. — Y os parece bien: vamos á hacer la prueba, aquí tenemos dos libras de agua que hierve, por lo tanto está á cien grados; y aquí diez y seis libras de limaduras de hierro que estan á 150°: el termómetro nos lo indicará.

SILV. — En efecto, tal es el grado que señala, vamos á ver.

TEOD. — Mezclemos estos dos cuerpos: ved qué grande cantidad de vapor se ha formado, todo esto es agua evaporada. Veamos ahora cual es la temperatura de la mezcla.

EUG. — Señala el termómetro cien grados.

TEOD. — Ya veis que las limaduras de hierro han perdido 50°, puesto que han bajado á 100°, y todo este calórico se lo ha llevado el agua evaporada que lo ha absorbido. Vamos á hacer otro experimento, aquí está esta plancha de hierro caliente, cuya temperatura no varia sensiblemente, por recibir casi siempre igual calor de la chimenea: coloquemos encima un vaso de estaño con agua, cuya tempera-

tura es de 10°, como os lo indica el termómetro....: cuatro minutos han trascurrido, ya hierve, ya tiene 100°; de aquí hemos de concluir que el agua recibe de la plancha de hierro por minuto 22°, 5 de calórico. Advertid tambien, como ya os he dicho en otra parte, que el agua, desde que alcanzó los 100°, su temperatura no se eleva mas, y todo el calor que recibe se emplea para reducirla á vapor, se combina con él y se hace *latente*, de suerte que antes la vereis desaparecer que aumentar de temperatura.

EUG. — En efecto, hétela que hace rato que está hirviendo y con todo el termómetro á cien grados se quedó. ¿Y el vapor que sale no es mas caliente?

TEOD. — Vais á verlo; saco el termómetro del agua y lo pongo en medio del vapor, ó el humo que sale del vaso de estaño. Ahí lo veis, cien grados señala.

EUG. — Como no sale mas humo... ¡Ah! el agua se acabó, toda quedó reducida á vapor.

TEOD. — Veinte minutos ha tardado á pasar toda esta agua á vapor; hemos visto que á cada minuto recibia 22°, 5 de calórico, ved lo que suma veinte veces 22°, 5.

EUG. — 450 grados de calórico; esto es extraordinario, y tanto mas cuando el vapor por esto no da muestras mas de 100°.

TEOD. — Hacedos cargo, Eugenio, que el agua reducida á vapor ocupa un espacio 1698 veces mayor que el que ocupaba en estado líquido, y ahora concebireis que bien necesita toda esa grande cantidad de calórico que absorbe para pasar á tal estado.

Ahora podríamos hacer un experimento al revés, á saber tomar cien partes de agua evaporada, hacerlas pasar al traves de quinientas cincuenta de agua á 0°, y hallaríamos que la mezcla presentaría 100° de calor, y habria 650 partes de agua, pues las cien partes de agua evaporada habrian pasado al estado liquido; aquí veis bien que todos estos grados de calor estaban combinados con el agua evaporada.

Los físicos modernos se han ocupado mucho en investigar esta cantidad de calórico, pero no estan acordados en sus resultados. Rumford dice que el calor latente del vapor de agua, ó la cantidad de agua á cero que 100 partes de vapor pueden elevar á 100 grados, es 567; Gay-Lussac 550, Clement-Desormes 550, Despretz ahora 551 ahora 540. Pelletan dice que es probable que el verdadero número sea 550. Seguid al que queráis.

EUG. — Puesto que de los cinco que habeis citado hay tres que dicen 550, yo sigo la mayoría, dado caso que todos sean buenos observadores.

TEOD. — Discreto sois, Eugenio. Mas vamos á otra cosa, hasta ahora hemos hablado de la ebullicion de los líquidos, bajo la presion atmosférica siguiendo el término medio; mas harto es sabido que esta presion está sujeta á sus variaciones ya en diferentes puntos del globo, ya en diferentes estaciones, ya en diferentes horas y días. En esta misma sala una misma agua no hervirá á la misma temperatura cuando el barómetro suba que cuando baje. En lo alto de una montaña no hay necesidad de llegar á 100° para que hierva el agua; en la profundidad de un pozo se necesita que los traspase.

EUG. — Todos estos hechos manifiestan bien la influencia de la presion; pues cuando el barómetro baja la presion es menor; tambien es menor en lo alto de una montaña y mayor en el fondo de los pozos, y yo concibo claramente porque con menos presion ha de hervir mas pronto el agua.

SILV. — Vamos á ver, joven profesor, esplicaos.

EUG. — La presion aproxima las moléculas de los cuerpos, cuanta mas fuerte sea aquella mas aproximadas estarán estas y *vice versa*. Las moléculas del agua estan aproximadas por su fuerza de cohesion, y puesto que estan debajo de la atmósfera y esta carga sobre ellas, han de sufrir tambien una fuerza que tiende á aproximarlas; entra el calórico y con su fuerza expansiva separa las moléculas del agua venciendo la fuerza de cohesion y la de la presion de la atmósfera; es decir tiene que vencer dos fuerzas, de consiguiente cuanto menos sean estas, tanto mas pronto hará hervir el agua y tanto mas tarde cuanto sean mas intensas.

TEOD. — Para un discipulo no es mala la esplicacion, y ahí va un experimento en comprobacion de lo que decís. Hay un instrumento de hierro ó de cobre que se llama la *marmita de Papin*, y llenándolo de agua, se puede calentar hasta que esté hecho ascua, sin que se forme la menor cantidad de vapor, y si acaso se forma está tan comprimido, que al darle salida se escapa con una furia sorprendente. Ahora hagamos un experimento por opuesto rumbo, esto es, sin ninguna presion. Vaciamos la máquina pneumática, habiendo puesto antes en ella un poco de agua á una temperatura de 52°, y un poco

de aceite de vitriolo en el fondo de un plato que sostiene el vasito de agua... Hétela ya hirviendo.

EUG. — Hombre : es maravilloso. ¿Y por que habeis puesto el aceite de vitriolo?

TEOD. — Porque aqui se trata de demostrar que en el vacío, donde no hay la presion atmosférica, el agua se reduce á vapor á una temperatura sobre cero que no le hace perder el estado liquido bajo aquella presion, y como á medida que se forma el vapor llena la campana, esta, por su poca capacidad, obligaria al vapor de agua á estrecharse y comprimiria el agua liquida hasta el punto de hacer cesar la ebullicion. Y á fin de que no suceda esto se pone el aceite de vitriolo que se apodera ó absorve el vapor de agua con avidéz á medida que se forma, en virtud de una afinidad muy fuerte que tiene por él, y el vacío persiste, y la operacion se hace á las mis maravillas.

EUG. — Ya lo entiendo ahora. Y si hubieseis puesto el agua á una temperatura de 40° ¿hubiese hervido?

TEOD. — No : porque el agua, como todo liquido, tiene un término de ebullicion que es aquel en que el calórico vence la fuerza de cohesion de las partículas de agua. A 52° por ejemplo la fuerza expansiva del calórico ya es bastante para triunfar sobre la cohesion de las moléculas del agua y reducirla á vapor, cuando no tiene otro obstáculo que vencer, como sucede en el vacío ; mas bajo la presion de la atmósfera, ademas de la cohesion, hay que vencer esta presion, y no lo consigue el calórico sino cuando llega su cantidad á 100°.

SILV. — Yo he oido decir que el agua hervia á cualquiera temperatura sobre cero en el vacío.

TEOD. — Así lo dicen algunos, otros como lo he dicho yo, y parece mas razonable. Mas basta ya de la ebullicion y vamos á ver la evaporacion espontánea.

EUG. — Como gusteis : yo os escucho.

TEOD. — Para pasar un liquido al estado de vapor no se necesita fuego, ni hervir. Ya os he dicho que el agua desaparece de un plato, de un hoyo, de un estanque, al cabo de cierto tiempo : en estos casos el agua se evapora espontáneamente : su vapor se forma en la superficie y se mezcla poco á poco con los fluidos elásticos circunvecinos, ó se esparce en el espacio vacío en cuyo medio se halle el cuerpo. Este modo de evaporarse no está sometido á la presion de la atmósfera, porque las moléculas de vapor pueden escaparse por el intervalo de las moléculas gaseosas que oprimen el liquido, sin tener ninguna necesidad de levantar la masa atmosférica, como se verifica cuando el agua hierve : por esto la evaporacion espontánea se verifica del mismo modo en el aire, en los gases, y en el vacío. La cantidad de vapor que se forma durante cierto tiempo depende directamente de la temperatura, y cuando el espacio de en torno está lleno de vapor, que puede formarse á la temperatura de este espacio, se detiene ó para la formacion del vapor. La accion del aire ó del gas sobre el liquido es enteramente nula.

SILV. — Alto ahí, Teodosio : aquí no convengo con vos : el agua del mar, de los rios, y de los es-

tanques se evapora, porque está en contacto con el aire por el cual tiene mucha afinidad : por lo tanto, haceis mal en decir que el aire no tiene nada que ver sobre la formación del vapor.

TEOD. — Ya os he dicho que en el vacío se forma, en un tiempo dado, igual cantidad de vapor que en el aire, por lo tanto la afinidad del agua por el aire no pega aquí pues es inutil.

SILV. — Haced algun experimento que me lo pruebe, porque yo he leído este punto en Muschenbroeck y Leroy de Montpellier, y así lo dicen.

TEOD. — De mil amores : Aquí teneis este recipiente A (Fig. 96), con dos aberturas, una de las cuales da paso á un barómetro EF, á la otra se adoptan dos espitas CD, separadas la una de la otra por un pequeño espacio. Hagamos el vacío en el recipiente por medio de la máquina pneumática.. ahora

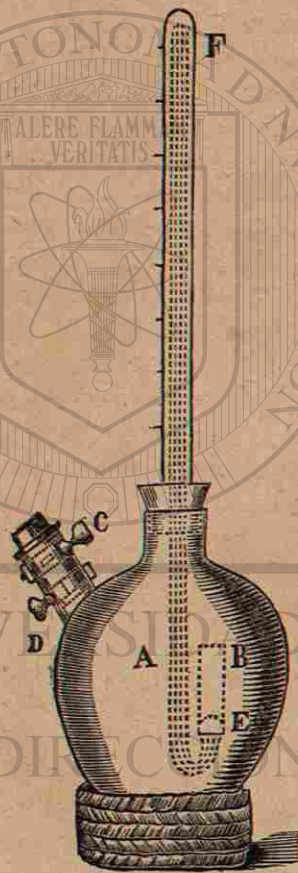


Fig. 96.

abramos la espita C: introduzcamos agua en el espacio comprendido entre ambas á dos espitas, cerremos la espita D, el agua cae en el recipiente : ved como se evapora una porcion de agua, y como oprime la superficie del azogue E que estaba casi al nivel de la que contenia la rama F, y como sube; notemos los grados á que llega. Vamos á hacer el mismo experimento llenándolo de aire bien seco; tambien podriamos poner otro gas que no se combinase con el agua como por ejemplo oxígeno : hagamos las mismas operaciones; mirad, el azogue sube á la misma altura, y sube porque el vapor que se desprende del agua le oprime de por junto si quereis, con el aire que se ha introducido.

SILV. — Ahora que lo veo lo creo.

TEOD. — Convencido pues debeis estar de que el aire y su presión no tienen otra influencia que la de retardar la formación de este vapor. La fuerza elástica de este vapor es á proporción de la temperatura; cada cuerpo produce de esta manera cantidades diferentes de vapores, segun su naturaleza particular y probablemente en razon inversa de su cohesión. Y advertid que los vapores que se forman en estas diferentes circunstancias se llevan tanto calórico latente como los que se forman por ebullición. Hablemos ahora de la conversión de los vapores en líquidos. Cuando un cuerpo se ha reducido á vapor tres especies de causas pueden volverlo al estado líquido : 1° una baja de temperatura ó la sustracción de calórico; 2° un aumento de presión; 3° la afinidad de otro cuerpo por el vapor condensado. Ya habeis oido que haciendo pasar cien partes de

agua evaporada por quinientas cincuenta de agua líquida á 0° pasaba al estado líquido y aumenta de cien partes el agua á 0° teniendo despues la masa total 100°; toda esta cantidad de calórico contenian latente las cien partes de agua evaporada, y se le han sustraído con su paso al traves del agua fria; si se enfria poco á poco, tambien se condensa por porciones sucesivas. Aunque ya trataré de ello espresamente luego, os digo de antemano que la disminucion de volumen de un cuerpo le hace arrojar calor: acordaos de la percusion que contamos entre los manantiales de calórico; y esto ha de ser así, pues un cuerpo no puede disminuir de volumen, sin que sus moléculas se aproximen, y estas no pueden aproximarse sin quedarse aproximadas y sin que salga parte del calórico que las tenia separadas. Ahora bien, segun, esto la presion exterior no podria producir la condensacion del vapor, pues aumentaria la temperatura, y el vapor no se condensa sino bajando esta. Mas esta presion hace que el vapor se replegue sobre sí mismo, por decirlo así, se vuelve mas espeso, mas denso, de lo que seria sin ella y á esto llaman los fisicos *saturarse el vapor*, y si esta presion continua, llega un término en que no pueden aumentar su densidad, y entonces se condensan á medida que va disminuyendo el espacio, pero conservan siempre la misma tendencia á dilatarse. Las afinidades químicas ejercen tambien alguna influencia sobre la condensacion de los vapores. Los cabellos, los sombreros, ciertas piedras y otros mil cuerpos que se llaman *higrométricos* absorben el agua contenida en estado de vaporen e/

aire, y la condensan; por esto parecen mojados y hasta algunas piedras gotean agua: lo cual es un indicio de que hay en el aire mucho vapor de agua, y como cuando hay en el aire mucho vapor de agua puede este por mil circunstancias condensarse y pasar al estado líquido, lo cual, segun veremos luego, sucede cuando llueve, teneis que en efecto estas piedras que gotean pueden anunciar la lluvia como generalmente se cree, pero no de un modo infalible, porque ellas no anuncian la existencia de la humedad del aire debida al vapor de agua que contiene, y así como este puede condensarse y formar agua para la lluvia, tambien puede desaparecer por cien causas, rarificándose mas ó llevado por los vientos á otras partes. Voy á hacer os un experimento que pertenece á Leslie, que os ha de gustar. Aquí tengo la máquina pneumática: pongo en su recipiente una cápsula llena de agua, y á alguna distancia otra cápsula llena de aceite de vitriolo: hagamos el vacío: el agua hierve y se forma vapor, y como ya lo habeis visto y sabeis porque, el aceite de vitriolo se va apoderando del vapor de agua á medida que se forma. El agua se enfria con la sustraccion de calórico que sufre á causa de la formacion del vapor, se enfria tanto que vais á verla helada, y el aceite de vitriolo estará caliente, á causa del calórico latente que el vapor de agua habrá desprendido, pasando al estado líquido.

EUG. — ¡ Ya veo el hielo: qué prodigio!

TEOD. — Quitemos el recipiente, y toquemos el aceite de vitriolo.

EUG. — Caliente está en efecto.

TEOD. — Ahora si quereis, podremos tratar de los vapores, que es materia interesante : mayormente en el dia en que hay tanta máquina de vapor, y que tanto se emplea su pujanza para las necesidades cada dia mayores de la industria.

EUG. — Decis verdad, y me apresto para escucharos con mas atencion que nunca.

SILV. — Pues yo siento declararos que me marcho, tengo mucho que hacer, y sobre todo he de ver dos otros enfermos de cuidado.

TEOD. — Entonces podemos dar por terminada la conferencia de hoy : mañana proseguiremos.

EUG. — Enhorabuena, me conformo.



TARDE OCTAVA.

SIGUESE TRATANDO DEL CALORICO Y DE SUS EFECTOS.

§ I.

Trátase de los vapores, y se da una idea general de las máquinas de vapor y caminos de hierro; esplicanse ademas algunos fenómenos vulgares.

TEOD. — Esta es la primera vez que llegais ambos á dos á la misma hora.

SILV. — Nos hemos reunido al salir de la ciudad, y hemos llegado conversando : ocioso es decirnos sobre qué.

TEOD. — ¿ Os ha hablado Eugenio de los vapores?

SILV. — Hoy ha visto una máquina de vapor, y está en brasas hasta saber la teoría de los vapores : no podeis figuraros las preguntas que me ha hecho, como si yo fuera un mecánico.

TEOD. — ¿ Con que estais ansioso por saber esta materia?

EUG. — Y de tal suerte que todo el tiempo que

TEOD. — Ahora si quereis, podremos tratar de los vapores, que es materia interesante : mayormente en el dia en que hay tanta máquina de vapor, y que tanto se emplea su pujanza para las necesidades cada dia mayores de la industria.

EUG. — Decis verdad, y me apresto para escucharos con mas atencion que nunca.

SILV. — Pues yo siento declararos que me marcho, tengo mucho que hacer, y sobre todo he de ver dos otros enfermos de cuidado.

TEOD. — Entonces podemos dar por terminada la conferencia de hoy : mañana proseguiremos.

EUG. — Enhorabuena, me conformo.



TARDE OCTAVA.

SIGUESE TRATANDO DEL CALORICO Y DE SUS EFECTOS.

§ I.

Trátase de los vapores, y se da una idea general de las máquinas de vapor y caminos de hierro; esplicanse ademas algunos fenómenos vulgares.

TEOD. — Esta es la primera vez que llegais ambos á dos á la misma hora.

SILV. — Nos hemos reunido al salir de la ciudad, y hemos llegado conversando : ocioso es decirnos sobre qué.

TEOD. — ¿ Os ha hablado Eugenio de los vapores?

SILV. — Hoy ha visto una máquina de vapor, y está en brasas hasta saber la teoría de los vapores : no podeis figuraros las preguntas que me ha hecho, como si yo fuera un mecánico.

TEOD. — ¿ Con que estais ansioso por saber esta materia?

EUG. — Y de tal suerte que todo el tiempo que

gastamos conversando me parece perdido : así , si quereis darme gusto entrad de lleno en la cuestion.

TEOD. — Mucha prisa traeis amigo : sentaos que llegais fatigado, y vamos á satisfacer vuestra impaciencia. El género de fluido elástico que resulta de la ebullicion y evaporacion espontánea es de una importancia inmensa en la naturaleza general , en la mayor parte de las artes, y en la ciencia de la vida. Para que tengais una idea bien clara y despejada de la teoría de los vapores, vamos á ver su formacion primero en el vacío. Ya habeis visto como en efecto se forma en esta circunstancia, y os voy á decir las leyes que sigue. 1^a. *La cantidad de vapor que se produce es tanto mayor quanto mas grande es el espacio en que se forma.* Esta ley es muy clara de explicar : los límites del local que recibe el vapor la detienen , si continua formándose de nuevo se espesa, se oprime, y oprime el agua de donde sale; y esto precisamente ha de impedir que se forme mas, así los experimentos que hemos visto en la máquina pneumática, no tendrían lugar, sino pusieramos el aceite de vitriolo que absorve el vapor de agua , á medida que se va formando. Si á medida que se forma le damos salida, toda el agua se reducirá á vapor. El mismo líquido, á la misma temperatura, dará mas vapor en un espacio como cuatro, que en uno como dos. 2^a. *Cuanto mas elevada, es la temperatura del líquido, tanto mas vapor se produce, siendo el espacio igual.* Todo líquido tiende á evaporarse cualquiera que sea su temperatura, y se evaporará sensiblemente en el vacío; quanto mas grados de caló-

rico contenga, puesto que este es el que le hace tender á evaporarse mas tendencia tendrá á ello, y mas vapor se formará : esta fuerza elástica con que marcha el vapor procedente ya de la parte del líquido que tiende á evaporarse se llama *tension de los vapores*, y lo que prueba que el líquido participa de ella es que si se quita la porcion de vapor formado, se forma de nuevo otra cantidad. 3^a. *En un mismo espacio, y en igual temperatura se forma mas ó menos vapor conforme sea la naturaleza del líquido que lo da.* El aceite de vitriolo, el agua y el eter por ejemplo, bajo igual temperatura y en igual espacio, dan cantidades diferentes de vapor. En general los que hierven á una temperatura mas baja, dan en circunstancias iguales, presiones mas considerables , esto es mas vapor. Ahora que sabeis las leyes que sigue la formacion de los vapores, os diré las propiedades de estos. En primer lugar, sabed que los vapores perfectamente formados son la mayor parte invisibles : el vapor de agua nos bastará para probarlo. El aire mas puro y trasparente contiene vapor de agua enteramente invisible. Rato hace que está hirviendo agua en la chimenea, nos hemos servido de ella, y el vapor que se ha escapado, á manera de humo, se ha esparcido por esta sala, ¿decidme, os ruego, si lo veis?

EUG. — Yo no veo nada, sino las paredes, el techo y los muebles de esta sala, ni el aire veo siquiera.

SILV. — No hallo ninguna dificultad en esto ; pero demostradnos experimentalmente, si podeis, que el aire de esta sala contiene vapor de agua.

TEOD. — Nada mas facil; mezclemos esta porcion

de sal comun que tengo aquí y esta nieve: dejémoslo espuesto al aire en este barreño: de aquí á poco vereis cubierta de una capa blanca la parte esterna del barreño.

EUG. — Ya la percibo, mirad, Silvio.

SILV. — ¿Y bien qué prueba esto? Lo que yo quiero ver es un vapor y no un sólido, y esto que mostrais es sólido.

TEOD. — Es agua helada procedente del agua en vapor que el aire contenia: yo os explicaré como se ha formado. La mezcla que he hecho tiene la facultad de producir una temperatura muy baja, porque la sal tiene mucha afinidad por el agua, y liquida la nieve, para lo cual el agua absorve una cantidad de calórico considerable que toma de los cuerpos circumvecinos, como el barreño, y el aire que lo circunda. La capa de aire que está en contacto con el barreño cede su calórico á este, y este lo da á la mezcla: el vapor de agua contenido en el aire, como se le sustrae calor, se condensa, pasa al estado líquido, moja la pared esterna del barreño, mas como esta sustraccion de calórico es considerable, y se hace con rapidez no solo se reduce á líquido el vapor, sino que se hiela: de aquí esta capa que veis cubriendo el barreño. Si el aire estuviese perfectamente seco, no la veriais seguramente: así como no vereis hielo en un estanque, por frio que haga, si no hay agua.

SILV. — Me habeis satisfecho completamente.

TEOD. — ¿No habeis visto muchas veces hielo en los vidrios de vuestras ventanas y balcones durante el invierno?

SILV. — Algunas veces lo he visto, sobre todo en países frios.

TEOD. — Pues este hielo debe su formacion á la misma causa, el aire frio de la calle roba calórico al aire caliente del cuarto; el vapor que este contiene, con la pérdida de este calor se condensa y llega al estado líquido: de aquí ese vaho que empaña los vidrios, y esas gotas que corren por ellos á medida que el vaho es mas intenso, y si tanta es la sustraccion de calórico, esta agua, pues lo es verdaderamente, se hiela. Tambien habeis visto sin duda humear las bodegas durante el invierno: la razon es que el aire de la bodega es mas caliente y dilatado que el de la atmósfera exterior, y por lo mismo tiende á escaparse hácia arriba, luego quese abre la comunicacion de la bodega con el aire exterior el de la bodega se escapa: al salir se halla en contacto con el aire frio, este le roba calórico, el vapor de agua que el otro contiene se condensa y se deja ver á modo de humo.

EUG. — Esta misma razon debe de explicar porque el aliento humea en invierno y no en verano.

TEOD. — ¿Cabal. Cuantas veces habeis notado mas flojedad en vuestros cabellos, mas blandura en vuestro sombrero, y gotear las piedras, que segun el vulgo indican lluvia, siendo así que el cielo estaba despejadísimo?

SILV. — En efecto, y puesto que estos fenómenos se deben á la humedad, esto es, al vapor de agua que estos cuerpos absorven, fuerza es admitir que el vapor de agua completamente formado es invisible.

TEOD. — Facil me seria probar lo propio de la mayor parte de vapores, pero vamos á otra propiedad de estos cuerpos. El vapor ocupa un espacio mucho mas grande que el del liquido que ha servido para formarle: ya os he dicho que el agua, reducida á vapor, ocupa un espacio 1698 veces mayor que el que ocupaba liquida. Otra de sus propiedades, como ya lo habeis visto tambien, es presentar la misma temperatura que el liquido de que procede. El vapor goza ademas de una fuerza expansiva extraordinaria conocida bajo el nombre de *tension*. Vauban hizo esperimentos, y de ellos dedujo que 140 libras de agua en vapor producen una explosion capaz de hacer saltar una masa de 77,000 libras: sabeis que la pólvora en igual cantidad no produciria el mismo efecto, sino sobre una masa de 50,000 libras. La tension del vapor varia segun las temperaturas. Yo os empeño, Eugenio, cuando tengais tiempo y mas conocimientos, á mirar algun tratado estenso de fisica, si quereis abarcar toda la cuestion de los vapores relativamente á su tension, pues nuestras conferencias no nos permiten entrar en mas detalles. Vamos ahora á ver el peso especifico de los vapores. Determinar este peso ha sido y es para los fisicos una cosa tan importante como dificil: han hecho varias tentativas mas ó menos ingeniosas, y Gay Lussac, sobre todo, ha ideado calcular el peso especifico de un vapor por el volumen que coje cuando se forma, comparativamente al del liquido de que dimana. Voy á deciros como lo hizo. Cogió una campana de vidrio graduada que volvió boca abajo, en un vaso lleno de azogue que podia calentar á me-

dida de su gusto, luego envolvió esta campana con una especie de manguito de vidrio mas alto que ella y sumergido profundamente en el liquido ó azogue del vaso, este manguito podia llenarse de agua que hacia sumergir la campana. Dispuesto de esta suerte el aparato preparó botellitas de vidrio muy delgado llenas de liquido, cuyo peso y volumen por lo tanto podian determinarse perfectamente. Metida una de estas botellitas en la campana llena de azogue, llegaba á su cima. Luego se calentaba todo hasta hacer hervir el agua contenida en la campana; la botellita se rompía con la explosion del liquido contenido en ella, y esparciéndose el vapor por la campana ocupaba allí un volumen que era facil apreciar exactamente por medio de la graduacion. Haciendo todas las reducciones necesarias en cuanto á la altura del barómetro, á las diversas presiones del agua y del mercurio del aparato, etc.; determinó con este método que á 100° y bajo la presion ordinaria, el vapor de agua ocupa, como ya os he dicho, 1696,4 veces su volumen de agua liquida, y pesa 10, mientras que igual volumen de aire tambien á 100 pesa 16. Mas dejemos este y otros puntos que aun cuando interesantes para fisicos ex-profeso, estoy viendo que no os divierten, y pasemos á otra cosa mas agradable: quiero hablar de la explicacion de la fuerza del vapor á los efectos mecánicos.

EUG. — No podiais escojer materia mas agradable para mí; explicadme como se conducen esas fábricas y esos barcos que el vapor mueve; pues es cosa que me pica mucho la curiosidad.

TEOD. — Yo no os explicaré aquí el mecanismo ó

sea la construccion detallada de las máquinas de vapor, porque esto pertenece á la mecánica aplicada. Con todo os daré alguna idea de la fuerza del vapor y del modo como la han empleado y emplean hoy dia. El empleo del vapor en la mecánica industrial ha mudado la faz de la industria humana, facilitándole potencias en cierto modo ilimitadas y mucho menos dispendiosas que todas las que habian estado hasta su descubrimiento á sus alcances. La primera idea que ha sugerido el empleo del vapor fué un experimento bien sencillo. Si se pone agua en un tubo ó cañuto de hierro bien tapado ó soldado por un cabo, y se cierra el otro con un tapon de madera, hundido con solidez, calentando el aparato llegará un momento en que será arrojado el tapon con mucha fuerza. Esta observacion, pues, tan sencilla, dió lugar al empleo de una fuerza muy superior como ya os he dicho, á la de la pólvora. Voy á trazaros la historia de este descubrimiento.

ETG. — Esto os iba á proponer.

TEOD. — Inglaterra y Francia se han disputado, como los pueblos de la antigua Grecia la cuna de Homero, el mérito de la invencion de la máquina de vapor. Uno de los primeros sabios de Europa, Arago, dice sobre este particular, que buscar un inventor único de la máquina en cuestion es meterse en un laberinto sin salida, pues es preciso buscar muchos. El relojero mas instruido en la historia de su

* El que quiera detalles sobre este particular lea entre otras las obras siguientes: Bresson, *Traité élémentaire de mécanique appliquée aux sciences physiques et aux arts*; Tredgold (Thomas) sus obras.

arte, añade dicho sabio, se quedaria punto en boca delante del que le preguntase en términos generales, cual es el inventor de los relojes, mientras que responderia fácilmente si se le preguntase cual es el inventor de cada una de las piezas que han ido perfeccionando esta utilísima máquina¹. Vamos pues á ver quienes fueron los que abrieron el camino á las máquinas de vapor que tanto nos sirven hoy dia. Hay una obra escrita en Frances, publicada en 1615, de un tal Salomon de Caux, que la dedicó á Luis XIII, donde se propone levantar el agua por medio del vapor. En 1665 el marques de Worcester, Ingles, despues de haber visto que el vapor de su puchero habia hecho levantar la tapadera, renovó al menos en teoría la idea de Salomon de Caux, por lo cual sus compatriotas le atribuyeren el bello título de inventor de la máquina á vapor. En 1668 se publicaron en las Actas de Leipzick las ideas de otro frances Papin, el cual imaginó el primero hacer mover un émbolo por medio de la fuerza elástica del vapor y de su condensacion. Antes de acabar de esponer lo que hizo Papin dejadme deciros que en 1698 Savery ejecutó en Inglaterra lo que habian proyectado Caux y Worcester. Papin, realizaba su proyecto poniendo agua en una bomba, la reducía á vapor calentándola, el émbolo se alzaba y condensaba el vapor quitando el fuego, este émbolo caía. Todos los demas perfeccionadores no han hecho otra cosa que levantar y bajar el émbolo; pero se han valido de otros medios menos dispendiosos y

¹ Arago, *Annuaire pour l'an 1839*, etc., pág. 274.

mas cómodos para producir este movimiento alternativo, y por lo tanto tienen su mérito en la máquina. En 1705, Newcomen y sus asociados construyeron la primera máquina puesta en movimiento por la condensación del vapor de agua, la cual conseguían haciendo llegar á las bombas agua fría en vez de retirar el fuego como lo hacia Papin. Cierta dia observan los constructores de la máquina que su émbolo va mas aprisa de lo que hasta entonces habia ido, examinan la máquina y hallan el émbolo agujereado y que algunas gotas de agua fría caian en la bomba, á modo de lluvia y condensaban el vapor. Esto les dió ocasion de añadir á la máquina la bola de regadera que lanzaba una lluvia de agua fría en el interior del cilindro, en el momento en que debia bajar el émbolo, y los movimientos alternativos de arriba abajo adquirieron toda la velocidad deseada. Otra casualidad acarreó otro progreso. La máquina de Newcomen necesitaba toda la atención de una persona que cerrase y abriese sin cesar ciertas espitas, ya para introducir el vapor de agua en el cilindro, ya para lanzar en él el agua fría destinada á enfriar ó condensar el vapor. Cierta dia, un muchacho llamado Enrique Potter, ocupado en esta tarea, oyó los gritos de regocijo de sus camaradas que se estaban divirtiendo, y esto le dió las mas vivas ganas de ir á participar de su contento; pero su ocupacion no se lo permitia: exáltase su cabeza, la pasión le da genio, como dice Arago, y observa cosas y relaciones que hasta entonces no le habian llamado la atención. De las dos espitas, una debia abrirse en el momento en que el balancin que Newcomen introdujo tan útil-

mente en estas máquinas ha llegado al término de su oscilacion descendiente, y era menester cerrarlo, precisamente al fin de la oscilacion opuesta. La maniobra del segundo era de todo punto lo contrario. Con esto vió Potter que habia una dependencia necesaria entre el balancin y las espitas; se apoderó de esta observacion, reconoció que el balancin podia servir para dar á las demas piezas los movimientos que exige el juego de la máquina, y realizó al instante lo que acababa de concebir; ató unos cordones á las cigüeñuelas ó manijas de las espitas, por un cabo, y por el otro á ciertos puntos convenientemente elegidos del balancin; y hecho esto el balancin tiraba de unos cordones cuando se levantaba, y de otros cuando descendia, haciendo mover con esto las espitas por sí solo, y sin necesidad del muchacho; desde cuyo momento la máquina anduvo por primera vez sin mas concurrente que el fullero, ó encargado del fuego, que calienta el agua de la caldera. A los cordones de Potter los constructores añadieron, en vista del buen resultado, varillas rígidas verticales, que luego han sido substituidas perfeccionándose cada dia mas el invento; hasta que llegó Watt á quien se deben todas las mejoras de estas máquinas. Este célebre mecánico inglés ideó condensar el vapor en una cavidad distinta de la bomba, á fin de no enfriar esta, é indicó la ventaja que podria sacarse dejando dilatar el vapor; él fué el primero que construyó la máquina de doble efecto, haciendo obrar sucesivamente el vapor encima y debajo del émbolo; él imaginó lo que se llama el paralelogramo articulado, empleó como medio de

mantener el paralelismo del movimiento del tallo del émbolo, mientras que la estremidad del balancin describe arcos de círculo. Por último á Watt se debe el empleo del regulador de la fuerza centrifuga. Nació este hombre célebre en Greenock, en Escocia, el día 15 de enero de 1736, y sus inventos mas notables datan desde 1763. Trevithick y Vivian aplicaron las máquinas de fuertes presiones al transporte de los fardos. En fin un tal Perkins ha imaginado nuevo método que á la mucha fuerza reúne la baratura á la economía, lo cual es un verdadero progreso. En todas las máquinas de vapor ya sea para hacer mover un barco, ya los coches de un camino de hierro, ya una fábrica cualquiera, debeis considerar dos cosas, una que es el motor, otra el dispositivo mas ó menos complicado de piezas fijas ó móviles, por medio de las cuales este motor trasmite su accion á la resistencia. El motor de estas máquinas es el vapor de agua; el dispositivo la caldera donde se calienta el agua, la bomba sus émbolos, el balancin que estos mueven las ruedas, y otra infinidad de piezas que podreis ver en un tratado particular de este ramo de la mecánica.

ETG. — Habeis hablado de los caminos de hierro, yo no he visto todavía ninguno, y quisiera que me dieseis una idea en general de lo que vienen á ser estos caminos.

TEOD. — Es muy sencillo, figuraos una carretera tirada á cordel, esto es, plana enteramente, de modo que segun que paises no pueden consentir la formacion de estos caminos sin grandes gastos, pues para que el nivel sea siempre el mismo, aquí es

preciso hacer volar una montaña, allá segar un valle una torrentera ó lo que sea. Luego se ponen en el suelo unas barras de hierro, que reposan sobre maderos sólidos, colocados de traves, y estas barras puestas de canto guardan entre sí la distancia que deberán tener las ruedas de los carros de vapor. Entre barra y barra, hay el suelo del cual sobresalen aquellas dos ó tres pulgadas formando el carril del camino; de suerte que sucede lo contrario que en las carreteras ordinarias donde los carruages se abren carriles, pues así como en estas son huecos, en los caminos de hierro forman relieve. Estos carriles no estan formados de una sola pieza sino de muchas, de algunos pies de largo, y tres ó cuatro pulgadas de ancho; pero cuando las fijan al suelo las ponen contiguas por los cabos, de modo que formen como un carril continuo; esto permite dar á estos caminos una direccion curva si conviene, haciendo de modo que esta curva sea insensible. Los coches ruedan sobre este carril, y no hay en general de notable en ellos, sino la forma de sus ruedas, y el modo como van unos atados á los otros. Figuraos que la circunferencia de las ruedas es como una garrucha, esto es, como una muesca que se adapta al carril; mas quitadle un lado de la muesca, y tendreis la idea exacta de la circunferencia de las ruedas de un carro de vapor.

ETG. — Y como no se escapan los carros del carril si no hay mas que media muesca.

TEOD. — Porque el lado de la muesca que falta corresponde en ambas ruedas al interior; así si la rueda derecha por ejemplo quiere escaparse hácia

fuera, aunque podría muy bien hacerlo, puesto que por adentro falta el lado de la muesca que la tendría bien encajada en el carril; la rueda izquierda se opone á ello, porque el lado de su muesca da contra el carril, y no deja salir su colateral porque ella no puede; así es inútil poner el otro lado de la muesca para el efecto, y siempre se ahorran una masa de materia que sería necesario mover, y un roce considerable, á mas de otras ventajas que hay en ello. En cuanto á las cajas de los coches ya os he dicho que no hay nada de particular, como no sea que solo hay las cajas unidas á otras por unas cadenas, y á fin de que cuando se para la máquina, no se choquen con demasiada fuerza y se destruyan, hay unas almohadas elásticas entre coche y coche fijas á sus bases. Delante de todos los coches va el que dirige la máquina, y la fuerza del vapor que sale de ella arrastra los coches que se le atan si el peso está proporcionado á su fuerza. (Fig. 97.)

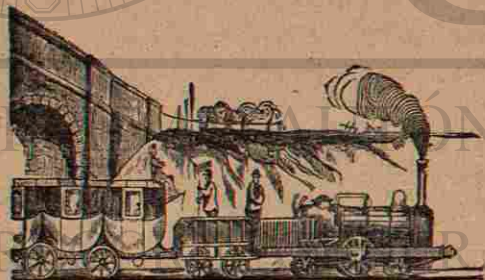


Fig. 97.

EUG. — Me habeis dado una idea de los cami-

nos de hierro bien diferente de la que me había formado.

TEOD. — Advertid que por estos caminos no pasa nada mas que los coches de vapor, y que como por la facilidad y ventaja de las comunicaciones deben ir y venir, hay carriles para tres ó cuatro máquinas que pueden viajar ya simultáneamente y paralelas, ya en direccion contraria, como casi siempre sucede. Mas basta ya de este asunto y vamos á otro. Trate-mos de los vapores mezclados con los gases. Ya dijimos que el aire no tenía nada que ver con la cantidad de vapor formada, puesto que se forma tanta en el vacío, como en la atmósfera. Lo que aquí debéis notar de nuevo es que una vez mezclado, el vapor con el aire ú otros gases goza de una fuerza elástica igual á la que posee cuando ocupa sola un espacio vacío, y lo que es mas particular, puede entonces suportar presiones mucho mas considerables de lo que permite su propia fuerza elástica. Sabeis en efecto que el vapor de agua no puede existir solo bajo la presión atmosférica sino á la temperatura de cien grados; mientras que á temperaturas mucho mas bajas y hasta á 0°, el vapor de agua mezclado con el aire ó con los gases, parece que puede suportar una presión de 0^m, 765 sin condensarse. En este caso pues el vapor se conduce como el gas, y no se condensa ni viene abajo por mas que se comprima la mezcla, á menos que llegue este á su *maximum* determinado por la temperatura y el espacio. Dalton ha establecido, en virtud de estos y otros muchos hechos que le han conducido á ello, que los gases ó vapores mezclados no ejercen ninguna pre-

sion recíproca los unos sobre los otros, sino que cada cual separadamente soporta una parte de la presión común que se ejerce sobre la mezcla. Así en el caso que acabo de citar el aire suporta una presión de 0^m 760 y el vapor los 5 milímetros escedentes.

ERG. — Os confieso que no comprendo mucho esto.

TEOD. — Por difícil que sea concebirlo es lo único que hasta ahora concuerda con los hechos; y os daré alguna explicación para que podáis comprender, admitiendo esta teoría, la evaporación espontánea. A la temperatura ordinaria, los líquidos se evaporan en la atmósfera tanto más aprisa cuanto más renovado es el aire; lo cual se ve claro que ha de ser así, puesto que el aire inmóvil, encima de un líquido, se halla bien pronto cargado de todo el vapor que permite su temperatura, y entonces la evaporación se detiene como si se hubiese hecho en un espacio limitado; al paso que si las masas de aire que tocan el líquido se renuevan incesantemente, jamás llegarán á contener el *maximum* de vapor de agua y el caso será el mismo que para un líquido situado en un espacio infinito.

ERG. — Puesto que el aire húmedo consiste en contener agua en estado de vapor, el aire seco debe permitir mayor evaporación del agua.

TEOD. — Decid que se hace esta evaporación en el aire seco con mayor rapidez y direis bien, pues el aire que ya contiene agua evaporada, llegará más pronto al término que hace cesar la evaporación, y esta se hará más lentamente.

ERG. — Lo que habeis dicho sobre la renovación del aire que acelera la formación del vapor de agua, tendrá que ver en algunas observaciones vulgares, que todo el mundo hace; por ejemplo lo que dijisteis sobre que soplando la sopa meneando el caldo con una cuchará se enfria. Si es por esta razón explicadme como se hace este enfriamiento.

TEOD. — Ya sabeis, Eugenio, que uno de los efectos de la evaporación es disminuir la temperatura del líquido, de donde se escapa el vapor, por llevarse este grandes cantidades de calórico; y esto es tan notable que con dificultad hareis hervir una caldera de ancha superficie al aire libre, pues la grande cantidad de vapor que se escapa, le va robando siempre calórico. Ahora bien, el caldo que agitais con la cuchara, ó la sopa, dejan desprender vapor de agua; el aire inmediato se satura de este vapor, y ya sabeis lo que sucede en este caso; cuando soplais mudais esta capa de aire llena de vapor, y viene otra capa que no lo tiene y se forma de nuevo, continuais soplando y se verifica lo mismo, y así sucesivamente; cada vez que se forma nueva cantidad de vapor, pierde la sopa y el caldo nueva cantidad de calórico, y esta es la razón del por que se enfria, no contando el que pierde comunicándole al plato y demas cuerpos circunvecinos por la ley de equilibrio, y segun las condiciones conductoras de estos cuerpos. Lo mismo sucede cuando revolveis el caldo con la cuchara, pues en suma no haceis sino mudar las capas de aire que estan en contacto con él. Y ahora que viene bien os diré un medio de refrescar agua y frutas en medio del calor del verano.

SILV. — ¡Qué paradojas tan singulares tiene este Teodosio!

EUG. — Dejadle decir; ya vereis como debe ser una cosa clarísima y fácil de ejecutar.

TEOD. — Tomad una alcarraza ó cualquier otro vaso poroso: el agua sale al traves de las paredes y las moja, el calor evapora esta agua y el vapor se lleva grande cantidad de calórico del agua contenida en la alcarraza y la pone fresca, como si saliese de la mina: lo mismo podeis hacer con un melon ó una zandía. Id al melonar escoger el melon que querais comeros fresco, hacedle una tajada y dejadle un poco todavía espuesto á los rayos del sol: el jugo del melon se evaporará, y llevándose mucha cantidad de calórico del melon, el vapor formado lo dejará fresco y podreis comerlo. Igualmente refrescareis una botella de vino envolviéndola con un paño ó lienzo mojado: y agitándola como una honda el agua de este lienzo se evaporará, y cuanto mas de prisa agitáreis se evaporará mas; pronto tendreis el vino fresco como si lo sacarais de una garapiñera.

EUG. — Indecible es el contento que me dais con estas noticias, y no dejaré de practicarlo cuando llegue el verano.

TEOD. — Ahora os daré un medio de refrescar vuestro cuarto precisamente cuando dé en él el sol: coged una toalla, ó una sábana; mojadla y colgadla en la ventana: el sol dando sobre ella, evaporará el agua, cuyo vapor se llevará calórico del aire del cuarto y os refrescará.

SILV. — Yo mando aplicar muchas veces eter á

ciertas partes del cuerpo de mis enfermos para refrescárselas, y no se debe, segun veo, su efecto, sino á que el eter es muy volatil, se evapora rápidamente y roba calor al cuerpo del enfermo para reducirse á vapor.

EUG. — En esto mismo veo ya la esplicacion del por que se suele tener frio al salir del baño: el agua que nos queda pegada en la piel con nuestro calor se evapora y nos roba calórico, por esto sentimos frio.

TEOD. — Yo os he prometido durante la esplicacion de la mudanza de volumen de los cuerpos producida por el calórico que se acumula en ellos, que os daría una descripcion de los instrumentos empleados para conocer estas mudanzas, ó por mejor decir los grados de calórico que se necesitan para que se verifiquen. Pues ya que sabeis como se conduce el calórico en los sólidos, líquidos y gases, es tiempo de que os explique la construccion del termómetro, pirómetro, y termómetro diferencial de Leslie.

EUG. — Hareis muy bien porque rabio por conocer todos los instrumentos que forman vuestro arsenal de fisica.

§ II.

Trátase de la medida del calórico, de los termómetros varios que hay para medirlo, del pirómetro, del termómetro diferencial, etc.

TEOD. — Ya que hemos supuesto que el calóri-

SILV. — ¡Qué paradojas tan singulares tiene este Teodosio!

EUG. — Dejadle decir; ya vereis como debe ser una cosa clarísima y fácil de ejecutar.

TEOD. — Tomad una alcarraza ó cualquier otro vaso poroso: el agua sale al traves de las paredes y las moja, el calor evapora esta agua y el vapor se lleva grande cantidad de calórico del agua contenida en la alcarraza y la pone fresca, como si saliese de la mina: lo mismo podeis hacer con un melon ó una zandía. Id al melonar escoger el melon que querais comeros fresco, hacedle una tajada y dejadle un poco todavía espuesto á los rayos del sol: el jugo del melon se evaporará, y llevándose mucha cantidad de calórico del melon, el vapor formado lo dejará fresco y podreis comerlo. Igualmente refrescareis una botella de vino envolviéndola con un paño ó lienzo mojado: y agitándola como una honda el agua de este lienzo se evaporará, y cuanto mas de prisa agitáreis se evaporará mas; pronto tendreis el vino fresco como si lo sacarais de una garapiñera.

EUG. — Indecible es el contento que me dais con estas noticias, y no dejaré de practicarlo cuando llegue el verano.

TEOD. — Ahora os daré un medio de refrescar vuestro cuarto precisamente cuando dé en él el sol: coged una toalla, ó una sábana; mojadla y colgadla en la ventana: el sol dando sobre ella, evaporará el agua, cuyo vapor se llevará calórico del aire del cuarto y os refrescará.

SILV. — Yo mando aplicar muchas veces eter á

ciertas partes del cuerpo de mis enfermos para refrescárselas, y no se debe, segun veo, su efecto, sino á que el eter es muy volatil, se evapora rápidamente y roba calor al cuerpo del enfermo para reducirse á vapor.

EUG. — En esto mismo veo ya la esplicacion del por que se suele tener frio al salir del baño: el agua que nos queda pegada en la piel con nuestro calor se evapora y nos roba calórico, por esto sentimos frio.

TEOD. — Yo os he prometido durante la esplicacion de la mudanza de volumen de los cuerpos producida por el calórico que se acumula en ellos, que os daría una descripcion de los instrumentos empleados para conocer estas mudanzas, ó por mejor decir los grados de calórico que se necesitan para que se verifiquen. Pues ya que sabeis como se conduce el calórico en los sólidos, líquidos y gases, es tiempo de que os explique la construccion del termómetro, pirómetro, y termómetro diferencial de Leslie.

EUG. — Hareis muy bien porque rabio por conocer todos los instrumentos que forman vuestro arsenal de fisica.

§ II.

Trátase de la medida del calórico, de los termómetros varios que hay para medirlo, del pirómetro, del termómetro diferencial, etc.

TEOD. — Ya que hemos supuesto que el calóri-

co es un cuerpo susceptible de acumularse, de separarse, combinarse etc., es natural que tengamos instrumentos que nos indiquen en qué cantidad existe este calórico, cuanto se acumula, se para, combina, etc. Cuando tocamos un cuerpo lo sentimos caliente, frío, ó apenas le sentimos diferencia de temperatura; esto depende del paso del calórico del cuerpo á nuestras manos, y de nuestras manos al cuerpo, como hemos dicho hablando del equilibrio. Así no podemos abstenernos de opinar que este calórico es libre: y como él es el que se demuestra por medio del termómetro, le llaman también *termométrico*. La temperatura en suma no es sino los grados de calor que un cuerpo tiene; mas sucede á menudo, que dos cuerpos producen sobre nosotros y sobre los termómetros efectos semejantes, siendo así que contienen cantidades de calórico muy diferentes. De esto se ha deducido que los cuerpos tienen, en cierto modo, capacidades diferentes para contener el calórico libre, y se ha llegado á medir comparativamente estas capacidades. En fin como las indicaciones del termómetro, y las diversas capacidades calóricas de los cuerpos no indican sino relaciones entre cantidades desconocidas de dicho fluido, se ha buscado cual podría ser la cantidad absoluta de calórico en un cuerpo. Voy á ocuparos sucesivamente en estas materias. Si hubiésemos de guiarnos por lo que siente nuestra mano para apreciar la temperatura de un cuerpo, caeríamos con frecuencia en error; pues según cual fuere la impresion anteriormente recibida, hoy diríamos que un cuerpo es frío ó caliente, á una

temperatura y mañana á otra, de aquí la necesidad de los instrumentos inventados, como medios mas seguros para comparar las diversas temperaturas de los cuerpos. La facultad que tiene el calórico de dilatar los sólidos, líquidos y gases ha abierto el camino, y se ha tomado un líquido, el azogue, para construir el termómetro, y un metal llamado platina para hacer el pirómetro, ó bien la arcilla que forma el pirómetro de Wegwood.

EUG. — Puesto que todos los cuerpos son dilatables por la accion del calórico ¿por que se ha escogido el mercurio, la platina, y la arcilla para la construccion de estos instrumentos: acaso hay alguna razon que les haga dar la preferencia?

TEOD. — La hay en efecto. Todos los cuerpos son dilatables, como habeis dicho muy bien; mas los unos lo son poco, y no nos permiten observar fácilmente el cambio de volumen que experimentan, tales son los sólidos; los otros se dilatan muchísimo á las mas ligeras variaciones de calor, y por lo tanto serian de un uso muy incómodo, cuando la temperatura fuese muy alta, tales son los gases. Los líquidos, pues, son los que presentan todas las ventajas, puesto que se dilatan mas que los sólidos, y menos que los gases. Entre estos mismos el mercurio parece ser el mas conveniente, por cuanto es sensible á las mas ligeras variaciones de temperatura, se dilata regularmente, y de una manera proporcional á la de los cuerpos gaseosos entre la temperatura de 56° bajo cero y la del agua hirviendo ó 100°, cuando está encerrado en un canuto de vidrio: ademas puede suportar un calor muy fuerte sin

hervir, y un frio muy fuerte tambien sin helarse. Todas estas ventajas que ningun otro cuerpo presenta, le han dado la preferencia para la construccion del termómetro. El alcohol colorado por medio de la ancusa ó canilla de Indias, puede servir tambien, pero como hierve á 78°, y su dilatacion es irregular cuando se acerca á este término, no puede servir sino para apreciar temperaturas bajas que hielan los demas líquidos: el agua, los aceites y otros líquidos tienen los mismos inconvenientes sin las ventajas del alcohol. Vamos pues á la descripcion del termómetro (Fig. 98). Este instrumento A es un cañuto de vidrio que termina en una bola ó esfera llamada

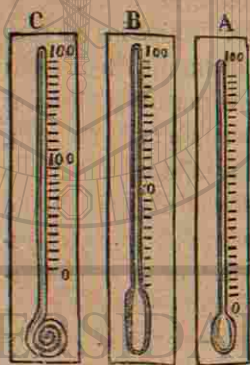


Fig. 98.

reservorio, y contiene un líquido que es comunmente el mercurio, el alcohol, ó el aceite de vitriolo. Cuando el reservorio se acerca á un cuerpo caliente el líquido se dilata, y sube por el cañuto; lo contrario sucede cuando el reservorio está en contacto con un cuerpo frio. El espacio que corre el líquido cuando sube, ó cuando baja permite juzgar lo que se llama la temperatura de un cuerpo, y á fin de apreciarla con exactitud se coloca al lado del cañuto una escala dividida en pequeñas partes que se llaman grados. Cuatro cosas pues se presentan en este ingenioso instrumento: el cañuto, el receptá-

culo, el líquido, y la escala; sobre cada una de las cuales voy á decir cuatro palabras. A fin de que el menor cambio de temperatura se haga sensible es preciso que la capacidad del tubo ó cañuto por donde corre el líquido sea estremadamente estrecha: así se hace capilar, con cuya disposicion la menor dilatacion del líquido se manifiesta á la simple vista. Tambien es preciso que sea esta capacidad igual en diámetro de arriba abajo, porque los grados de otra suerte no serian proporcionales. Por lo que toca al que se llama receptáculo puede ser esférico A, cilindrico B, cónico ó formado de un cañuto en-corvado sobre sí mismo en espiral C. El esférico es el que menos se afecta; los cilindricos y cónicos convienen mas en la mayor parte de casos, el en espiral es el mas sensible de todos y se emplea para reconocer la temperatura del aire. Relativamente á las condiciones del líquido ya os he dicho hablando de la preferencia dada al mercurio, cuales han de ser. Mas advertid que no es cosa facil la introduccion de este líquido en la cavidad capilar del cañuto, porque está lleno de aire, y para el efecto empiezan por calentar el receptáculo, el aire se dilata, y sale en parte del cañuto; luego sumergen el cabo abierto del cañuto en el mercurio: el aire se enfria y permite con su condensacion la entrada del azogue que entra comprimido por la atmósfera: en seguida se vuelve á calentar hasta que hierva el azogue, y se mete súbitamente en el líquido: el vapor que habia arrojado el aire se condensa, esto lo hacen varias veces y con algunas diligencias, mas consiguen al fin completar el vacío de la cavidad capilar por

donde corre despues fácilmente el azogue. Digamos por último algo de los puntos fijos que han dado lugar á la formacion de la escala : estos son como ya sabeis el hielo que se derrite, y el agua que hierve. Así pues para graduar un termómetro, luego que está construido conforme las reglas indicadas, se sumerge en el hielo apeltado, y se señala el lugar donde se para el azogue bajando. Luego se mete el instrumento en el agua hirviendo, ó en el vapor que se desprende, y se señala tambien el lugar donde se para el azogue subiendo. Tómase; hecho esto, con un compas la distancia que hay de punto á punto, y se traslada á un papel ó tabla donde se hace la escala, dividiéndola en los grados que se convenga. Advertid que podeis poner grados encima y debajo de esta escala, cuidando de que correspondan las distancias á las que habeis notado en el espacio comprendido entre los puntos fijos. Este es en suma el instrumento llamado termómetro. Ahora toca deciros que aunque en el fondo algunos son iguales todos ofrecen diferencias notables. Hay el *centigrado*, el mas generalmente usado, y se llama tal porque el espacio comprendido entre los puntos fijos se ha dividido en cien partes. Hay el de Reaumur esclusivamente usado en otro tiempo en Francia y empleado aun hoy dia por algunos : en este el intervalo está dividido en ochenta partes, de suerte que cuatro de estos grados equivalen á cinco del termómetro centigrado. Hay el de Fahrenheit, ó Faranencio, del cual se sirven los Ingleses : este tiene por punto fijo inferior una mezcla de nieve y sal marina, y su escala en el intervalo está dividida en

212 partes. De aquí resulta que 0°. centigrado corresponde á 32°. Faranencio, y que 100°. del primero corresponden á 180 del segundo. Por último hay el de Delisle que tiene los mismos puntos fijos que el centigrado y de Reaumur, pero que presenta el cero de la escala en el término del agua hirviendo, y su intervalo está dividido en 150 partes : de consiguiente el grado 150, corresponde á 0°. del centigrado, y por lo mismo 5°. centígrados igualan 7°. 5 del termómetro de Delisle contándolos en sentido inverso : los Rusos emplean allá en sus tierras este termómetro. Como sea yo me sirvo siempre del que habeis visto, que es el centigrado, y me sirvo de él siempre que se trata de medir temperaturas, que no me hagan hervir el azogue, ó me lo hielen. Si la temperatura es muy baja entonces me valgo del termómetro, cuyo liquido es el alcohol colorado, porque nunca se hiela. Con todo sucede á veces que la temperatura es tan baja que el termómetro, poco sensible á las ligeras cantidades de calórico que pueden afectarle, no indica nada ; y cuando es muy alta se echa á hervir el liquido, y el receptáculo y cañuto se quiebran. En ambos casos se acude á otros instrumentos, al termómetro diferencial de Leslie, por ejemplo, cuando se haya de examinar una temperatura baja, y al pirómetro cuando se trata de ver una temperatura muy alta.

Fig. — Esplicadnos ahora estos instrumentos, ya que lo habeis hecho por lo tocante al termómetro.

TEOD. — Ahí lo teneis (Fig. 94). Consiste en dos bolas de vidrio delgado AA reunidas por un cañuto, á modo de sifon vuelto, y separadas una de otra al-

gunas pulgadas por una porcion del cañuto horizontal BBB. Este pequeño aparato está lleno de aire y cerrado al fuego; mas antes de cerrarlo meten en la rama horizontal, una gota de aceite de vitriolo colorado, la cual separa las dos masas de aire que llenan el aparato. El aire sirve aquí como el mercurio en los termómetros anteriores; sumamente sensible como gas al menor cambio de temperatura, se dilata ó condensa conforme sea esta. Cuando ambas porciones de aire guardan la misma temperatura la gota de aceite de vitriolo no se mueve: mas luego que una bola se calienta ó enfria, sin que la otra haga lo propio, el aire que se dilata empuja la gota de liquido y la hace correr cierto espacio: este espacio que puede correr facilita la escala y su graduacion. La bola que sirve para esponerla á los cambios de temperatura se llama *bola focal*, y se procura separarla de la otra por medio de un biombo, á fin de que la irradiacion no varie la temperatura de la otra bola, pues este instrumento tiende á manifestar las diferencias de temperatura de ambas bolas, de donde se le ha llamado diferencial. El de Rumfort, llamado *termóscopo*, está construido del mismo modo, sino que es mas grande y hay alcohol en vez de aceite de vitriolo. El de Leslie os servirá con ventaja siempre que querais examinar una temperatura muy baja; pues por mucha que sea la condensacion del aire nunca dejará de servir, ya que no puede perder su estado gaseoso. Hablemos ahora de los pirómetros. Dos son los pirómetros que suministran datos aproximativos suficientes para las necesidades de

las artes, pero lejos estan de dar la exactitud de los termómetros. El uno es el pirómetro de Wegwood formado de barro; el otro, ó de Daniel, es de platina. No os describo el de barro porque es tan defectuoso que no vale la pena de ocuparnos en él: así solo os diré alguna cosa del de platina (Fig. 99); el cual consiste en un cilindro de este metal A tendido sobre una capa de grafita B, contra la cual se apoya una de sus estremidades, en tanto que la otra, cuando se alarga el cilindro por efecto del calor, pone en movimiento una aguja C, cuyo brazo grande indica sensiblemente las variaciones por ligeras que



Fig. 99.

sean de la longitud del cilindro. Ocioso es decirlo que observando los espacios corridos por esta aguja se ha formado una escala por la cual se conocen las diferencias de altas temperaturas D. Mas, como la platina no se dilata de una manera proporcional y ofrece todavia muchas inexactitudes, todos los dias trabajan los físicos para sustituirle con otro instrumento mas cabal. Pouillet ha propuesto un pirómetro de aire, y Cagnard de la Tour ha ideado calcular las temperaturas elevadas por medio del sonido. Pero hasta ahora no se ha puesto en práctica nada de

esto. Como ya os lo he indicado el pirómetro sirve para apreciar temperaturas que romperian y derretirian el vidrio de los termómetros, como por ejemplo la de ciertos hornos donde se trabajan artefactos que necesitan grandes cantidades de calórico, por ejemplo las porcelanas. Ahí teneis en suma cuanto hay que decir sobre los instrumentos que sirven para medir las temperaturas; mas como estas son susceptibles de variacion de la mañana á la tarde, y de un lugar á otro, y sucede á veces que el observador no puede seguir siempre ni presenciar los movimientos del cuerpo dilatado, se han ideado tambien termómetros que llaman de *maxima* y *minima*, los cuales indican la temperatura de ciertas horas y ciertos lugares, aunque los examineis en otras horas y otros lugares.

EUG. — Muy bien pensado ha sido esto, porque en efecto los otros solo indican los cambios inmediatos ó actuales, pero como no dejan ningun vestigio, yo no podré saber por ejemplo á la una de la noche qué temperatura habia si no me he levantado para verlo.

TEOD. — Así es realmente: bajad un termómetro á una profundidad, no sabreis qué temperatura hay allá abajo, porque, cuando suba á donde estais, el instrumento indicará la temperatura de la atmósfera y no la del fondo. Mas contentaos con saber que hay estos instrumentos, y no me pidais su explicacion, porque estan sujetos á mil inexactitudes y errores, y ya los mirareis en otro tiempo vos mismo si necesitais emplearlos. Pasemos ahora á otro punto interesante.

§ III.

De la capacidad para el calórico.

EUG. — ¿ De qué punto vais á tratar?

TEOD. — De la capacidad de los cuerpos para el calórico: mas antes es preciso que os advierta que la palabra temperatura ó bien la temperatura de 0°, 50°, 100°, etc., no indica la cantidad absoluta de calórico que un cuerpo contiene, sino los efectos que cada cuerpo produce sobre los termómetros, á consecuencia de la propiedad que tiene de ponerse en equilibrio, así la temperatura es el estado del termómetro que se halla en equilibrio con el cuerpo que se examina. A mas de esto oireis decir tantos grados de frio, tantos de calor: esto es un modo de hablar vicioso, si quereis, que se ha adoptado diciendo grados de calor desde 0° arriba y de frio desde 0° abajo.

EUG. — Lo que yo quisiera que me explicaseis claramente es porque teniendo los cuerpos cantidades de calórico diferentes, puede el termómetro descubrir en ellos la misma temperatura; os confieso que no os entiendo.

TEOD. — Vais á entenderme con un ejemplo trivial. Si tomais veinte vasos ó tinajas de capacidades diferentes; de suerte que la una contenga una cuarta parte de azumbre, otra la mitad, otra uno, otra dos, otra tres, etc., etc.; las haceis comunicar todas en-

esto. Como ya os lo he indicado el pirómetro sirve para apreciar temperaturas que romperian y derretirian el vidrio de los termómetros, como por ejemplo la de ciertos hornos donde se trabajan artefactos que necesitan grandes cantidades de calórico, por ejemplo las porcelanas. Ahí teneis en suma cuanto hay que decir sobre los instrumentos que sirven para medir las temperaturas; mas como estas son susceptibles de variacion de la mañana á la tarde, y de un lugar á otro, y sucede á veces que el observador no puede seguir siempre ni presenciar los movimientos del cuerpo dilatado, se han ideado tambien termómetros que llaman de *maxima* y *minima*, los cuales indican la temperatura de ciertas horas y ciertos lugares, aunque los examineis en otras horas y otros lugares.

EUG. — Muy bien pensado ha sido esto, porque en efecto los otros solo indican los cambios inmediatos ó actuales, pero como no dejan ningun vestigio, yo no podré saber por ejemplo á la una de la noche qué temperatura habia si no me he levantado para verlo.

TEOD. — Así es realmente: bajad un termómetro á una profundidad, no sabreis qué temperatura hay allá abajo, porque, cuando suba á donde estais, el instrumento indicará la temperatura de la atmósfera y no la del fondo. Mas contentaos con saber que hay estos instrumentos, y no me pidais su explicacion, porque estan sujetos á mil inexactitudes y errores, y ya los mirareis en otro tiempo vos mismo si necesitais emplearlos. Pasemos ahora á otro punto interesante.

§ III.

De la capacidad para el calórico.

EUG. — ¿ De qué punto vais á tratar?

TEOD. — De la capacidad de los cuerpos para el calórico: mas antes es preciso que os advierta que la palabra temperatura ó bien la temperatura de 0°, 50°, 100°, etc., no indica la cantidad absoluta de calórico que un cuerpo contiene, sino los efectos que cada cuerpo produce sobre los termómetros, á consecuencia de la propiedad que tiene de ponerse en equilibrio, así la temperatura es el estado del termómetro que se halla en equilibrio con el cuerpo que se examina. A mas de esto oireis decir tantos grados de frio, tantos de calor: esto es un modo de hablar vicioso, si quereis, que se ha adoptado diciendo grados de calor desde 0° arriba y de frio desde 0° abajo.

EUG. — Lo que yo quisiera que me explicaseis claramente es porque teniendo los cuerpos cantidades de calórico diferentes, puede el termómetro descubrir en ellos la misma temperatura; os confieso que no os entiendo.

TEOD. — Vais á entenderme con un ejemplo trivial. Si tomais veinte vasos ó tinajas de capacidades diferentes; de suerte que la una contenga una cuarta parte de azumbre, otra la mitad, otra uno, otra dos, otra tres, etc., etc.; las haceis comunicar todas en-

tre sí por medio de cañutos y luego llenais una de agua : al cabo de cierto tiempo esta habrá pasado á todas las tinajas : hecho esto cogéis un palo y hacéis en él varias líneas trasversales que pueden servir de señales : en seguida vais siguiendo cada tinaja, metéis el palo verticalmente, y el nivel del agua llega en todas ellas á una misma línea.

EGG. — En efecto así sucede : el agua se pone en equilibrio sea grande sea chico el vaso.

TEOD. — Pues bien el palillo que señala sino la altura á que llega el agua en todas las tinajas, sino el equilibrio de este liquido en todos ellos, ¿podeis concebir fácilmente que haya este equilibrio sin que sea necesario que cada vaso ó tinaja contenga la misma cantidad de agua ?

EGG. — Claro está que sí.

TEOD. — ¿Y de qué depende que cada vaso contiene cantidad diferente de agua.

EGG. — ¡Toma ! de su diferente capacidad.

TEOD. — Pues figuraos que el calórico se pone en equilibrio tambien entre todos los cuerpos sin necesidad de que todos tengan la misma cantidad de calórico, y que esta diferencia depende de la *capacidad* que cada uno tiene por él. Voy á esplicaros que debéis entender por *capacidad de los cuerpos para el calórico*. Aquí tenemos estos dos pedazos uno de estaño, otro de cobre, pesando cada uno una libra y estan á 0°, metámoslos en el agua hirviendo..... saquémoslos, ahora veamos cual es su temperatura, la del agua 100°. ¿Creeis que tienen igual cantidad de calórico, es decir que han robado al agua igual cantidad de este fluido para hacer subir

el termómetro á cien grados? Vais á ver como os engañais si tal cosa creéis. Vengan estos dos pedazos de hielo iguales en tamaño y peso, el cobre va á derretir el pedazo entero mientras que el estaño no derretirá mas que parte. Como derriten el hielo en virtud del calórico que han robado el agua hirviendo es consecuencia legitima que el que derrita mas hielo en iguales circunstancias ha de tener mas calórico. Ahí teneis ya el hielo que rodeaba el cobre reducido á liquido, en tanto que el estaño todavia no se ha desembarazado de todo el suyo : veamos qué temperatura tienen ahora los dos metales : 0° como antes.

EGG. — En efecto ya veo palpablemente que mostrando la misma temperatura pueden los cuerpos tener cantidades de calórico diferentes.

TEOD. — Así veis que la capacidad de los cuerpos para el calórico viene á ser la facultad que tienen de absorber mas ó menos cantidad de este agente para elevarse á la misma temperatura ; así las tinajas, para presentar el mismo nivel al palillo, necesitan las grandes mas agua que las chicas. El termómetro no señala sino el calórico que lanzan, no el que se guardan para sí, ó que contienen los cuerpos ; de consiguiente pueden muy bien guardarse mas ó menos sin que el termómetro señale nada relativamente á esto. La cantidad de calórico que dos cuerpos de igual peso y naturaleza diferente exigen para pasar á una misma temperatura se llama *calórico específico*, y segun lo que llevamos dicho podeis deducir que cuanta mas sea la capacidad de un cuerpo para el calórico, tanto mas tardará á calen-

tarse y *vice versa*. Y no os choque esto, pues ya sabeis que el ser caliente un cuerpo depende del calórico que lanza, y así como una tinaja tardará tanto mas en rebosar cuando mas grande fuere, así un cuerpo tardará tanto mas en hacer ver que está caliente cuanto mas calórico pueda contener dentro de sí. Los físicos han buscado por diferentes métodos mas ó menos conducentes las diversas capacidades de los cuerpos para el calórico, ó, lo que es lo mismo, cual es su calor específico ó respectivo. Contentémonos con indicar sus resultados á saber que las capacidades varian segun los cuerpos: en general los sólidos y líquidos tienen poca capacidad; los gases la tienen en grande. Un mismo cuerpo varia de capacidad para el calórico segun su estado, esto es una consecuencia de lo que hemos dicho antes: si se halla en estado de vapor, claro está que ha de tener mas capacidad que en el estado sólido fuerza.

SILV.—Yo he oído hablar del *eslabon pneumático*, instrumento en que se comprime muchísimo el aire, y esta compresion hace encender la yesca. Esto me parece que ha de estar en contradiccion con algunos de vuestros principios.

TEOD.—Al contrario los corrobora. Puesto que el gas á medida que se dilata aumenta de capacidad para el calórico, á medida que le compriman se ha de enfriar; pues ya he dicho que todo este calórico absorbido es contenido dentro del cuerpo que lo absorve y el termómetro no lo señala; cuando se hace sobre un gas una presion considerable, el calórico que contenia, insensible para el termó-

metro, se ve forzado á salir del gas, como se ve forzada á salir el agua de la esponja cuando la estrujais entre vuestras manos, y saliendo, hierre el termómetro, y este señala la cantidad de calórico que sale. Como una fuerte presion puede hacer salir mucho, hasta el punto de poder quemar un cuerpo inflamable, ahí teneis porque comprimido fuertemente el aire en el cilindro del eslabon pneumático, se enciende la yesca. Esto os demuestra tambien, como ya os dije, queno hay dos especies, sino dos estados de calórico, uno latente ó combinado con el cuerpo, otro libre ó radiante; así como no hay dos especies de agua en las tinajas; cuando llegando aquella al nivel, esto es, á los límites de la capacidad de estas para contenerla rebosa de las tinajas. Fijaos bien en el entendimiento esta idea; el calórico cuando se mete en un cuerpo, tiene que vencer la fuerza de cohesion de las partículas de este, y por lo tanto está comprimido y tiende á marcharse á donde lo esté menos; si se presenta otro cuerpo, allí se va en parte, porque de esta suerte tendrá mas local; viene otro cuerpo, y tambien se va á ocuparle una porcion, siempre obedeciendo á su tendencia de hallarse menos comprimido, hasta que por fin lo está igualmente en todas partes, que es lo que constituye su equilibrio. Cuando se mete en un cuerpo se busca local en él, y mientras lo halla se acomoda allí; pero una vez llegado al término en que puede estar á sus anchuras en este local, si va viniendo nueva cantidad de calórico, ya está comprimido, ya tiende á marcharse de toda la cantidad que llega, y entonces va señalando esta cantidad progresiva en el ter-

mómetro: vais á verlo mas palpable con un ejemplo. Tomais un pedazo de hielo y lo calentais, el calórico penetra el hielo; se siente allí comprimido por la fuerza de cohesion de las moléculas de agua sólida que va venciendo, y tiende á marcharse donde esté mas á sus anchuras; á medida que queda vencido el hielo se convierte en agua líquida, y el calórico, que halla en esta mas capacidad, mas espacio, allí se va y se acomoda, de suerte que ya podeis aplicar el termómetro en el hielo; por mas que le arrojéis calórico sucesivamente nunca aumenta su temperatura, siempre es cero, aplicadlo tambien al agua que se forma, siempre señala el mismo grado cero; porque cada grado de calórico mas que llega se acomoda en el agua que se va formando, así como se acomodaria el agua de las tinajas guardando siempre el mismo nivel por mas que enviaséis continuamente nueva agua; si pusieséis nuevas tinajas vacias ó sea con capacidad para recibir el agua que llega. Al fin todo el hielo está derretido, la masa total de agua está á cero, el calórico se ha acomodado en todas partes del mismo modo, y está igualmente en todas ellas comprimido, equilibrado. Seguis aplicando calórico; ya es otra cosa, este fluido se va comprimiendo allá dentro, tiende á marcharse, y el termómetro empieza á señalar esta tension y la señalará hasta cien grados, que es todo lo que puede aguantar el agua; á esta temperatura reduce el agua á vapor, desde este momento se abre nuevo espacio donde colocarse, y como está menos comprimido en el vapor que se forma, que en el agua, allí se va y se acomoda como lo hizo cuando

el paso del agua del estado sólido al líquido; ya podeis aplicar todo el fuego que querais, el agua no pasará de 100°. Llega por fin toda el agua á evaporarse, entonces podreis aumentar el calórico sensible del vapor, porque hallándose oprimido igualmente en él el calórico, irá manifestando su tension tanto mas cuanto mas lo aumentareis, y él dilatará siempre este gas para buscarse nuevo espacio donde acomodarse. Ya veis pues que siempre es el mismo calórico el que funciona, y que todo lo que se ha dicho sobre el calórico latente, no depende sino de las diferentes capacidades de los cuerpos á causa de su naturaleza ó del estado en que se hallan.

EUG. — No os esforceis mas en este punto, que ya lo entiendo completamente.

TEOD. — El volumen, pues, que pueden tomar los cuerpos parece que influye mucho en su capacidad calórica, y hasta ha habido físicos, opinando que el calórico de temperatura pertenece al espacio mas bien que á los cuerpos. Gay-Lussac ha hecho un experimento probando, que en el vacío no hay mas que calórico radiante, el cual atraviesa el espacio á modo de la luz, y que no se produce en dicho espacio ningun cambio de temperatura. No os digo nada sobre la medida de la cantidad absoluta del calórico de un cuerpo, porque todo lo que han dicho hasta aquí los físicos no pasa de cálculos cuyos resultados distan mucho todavía de ser satisfactorios.

EUG. — Cuanto habeis dicho sobre la capacidad del calórico me ha quedado, y tengo ya una idea mas cabal de este punto de física el mas embrollado para mí hasta ahora.

TEOD. — Ya veo lo que os da grima es que un cuerpo tenga mas cantidad de calórico y no presente mayor temperatura que otro. ¿Y qué direis si os notificó que pueden pasar al través de un cuerpo corrientes de calórico considerables, sin que el termómetro dé de ello la menor señal?

EUG. — Tambien me parece estraordinario.

TEOD. — Con todo, es así: haced hervir el agua, el termómetro señala 100°, poned mas fuego, y haced que haya una corriente de aire que se lleve rápidamente el vapor á medida que se va formando; ahí teneis dos causas que aceleran la evaporacion, y por lo tanto pasa una corriente de calórico mas considerable al traves del liquido; con todo vuestro termómetro señalará 100° como antes.

EUG. — Pasad á otro punto, si quereis, que ya doy este por bastante discutido.

TEOD. — ¿Quereis que hagamos aplicaciones de los principios espuestos á ciertos fenómenos que cada dia presenciais en la atmósfera y superficie de la tierra conocidos bajo el nombre de *meteoros* acueos?

EUG. — Buena materia será está y divertida, si no me engaño; aunque hace tiempo que la conferencia dura me parece que la empezais, al anunciarme este asunto,

§ IV.

Hácese aplicaciones de los principios espuestos á los *metéoros*, y se explica el higrómetro, la niebla y las nubes.

TEOD. — La masa inmensa y movil de la at-

mósfera está continuamente en contacto por su capa inferior con la superficie del globo, compuesto en parte de sólidos, en parte de lagos, mares y rios. A mas de esto presenta la atmósfera grandes variedades de temperatura, sea con respecto del sol, sea con respecto de las diferentes alturas de esta atmósfera. Resulta de todas estas circunstancias muy grande variedad de efectos dependientes de la cantidad de agua en vapor que la atmósfera pueda contener, y para que lo concibais mejor voy á establecer unas cuantas proposiciones sencillas que no serán sino la consecuencia de los principios que ya llevamos espuestos.

Proposicion primera. Si una masa de aire, á cualquiera temperatura, está actualmente en contacto con el agua, contiene tanto vapor quanto puede formarse en esta temperatura.

II. Si esta masa de aire se calienta, recibirá nueva cantidad de vapor á proporcion de su nueva temperatura.

III. Si esta masa de aire se enfria, se condensará una parte del vapor que contenia.

IV. Si una masa de aire, que ha estado en contacto con el agua es trasportada fuera de este contacto, sin mudar de temperatura, conservará el *maximum* de vapor de agua que contenia.

V. Si este aire está calentado, ya no contendrá el *maximum* de vapor de agua que pueda contener.

VI. Si este aire se ha enfriado dejará deponer una parte del agua que contenia.

Con esto ya podeis concebir en general que estando la atmósfera mas caliente en sus capas inferiores

TEOD. — Ya veo lo que os da grima es que un cuerpo tenga mas cantidad de calórico y no presente mayor temperatura que otro. ¿Y qué direis si os notificó que pueden pasar al través de un cuerpo corrientes de calórico considerables, sin que el termómetro dé de ello la menor señal?

EUG. — Tambien me parece estraordinario.

TEOD. — Con todo, es así: haced hervir el agua, el termómetro señala 100°, poned mas fuego, y haced que haya una corriente de aire que se lleve rápidamente el vapor á medida que se va formando; ahí teneis dos causas que aceleran la evaporacion, y por lo tanto pasa una corriente de calórico mas considerable al traves del liquido; con todo vuestro termómetro señalará 100° como antes.

EUG. — Pasad á otro punto, si quereis, que ya doy este por bastante discutido.

TEOD. — ¿Quereis que hagamos aplicaciones de los principios espuestos á ciertos fenómenos que cada dia presenciais en la atmósfera y superficie de la tierra conocidos bajo el nombre de *meteoros* acuosos?

EUG. — Buena materia será está y divertida, si no me engaño; aunque hace tiempo que la conferencia dura me parece que la empezais, al anunciarme este asunto,

§ IV.

Hácese aplicaciones de los principios espuestos á los *metéoros*, y se explica el higrómetro, la niebla y las nubes.

TEOD. — La masa inmensa y movil de la at-

mósfera está continuamente en contacto por su capa inferior con la superficie del globo, compuesto en parte de sólidos, en parte de lagos, mares y rios. A mas de esto presenta la atmósfera grandes variedades de temperatura, sea con respecto del sol, sea con respecto de las diferentes alturas de esta atmósfera. Resulta de todas estas circunstancias muy grande variedad de efectos dependientes de la cantidad de agua en vapor que la atmósfera pueda contener, y para que lo concibais mejor voy á establecer unas cuantas proposiciones sencillas que no serán sino la consecuencia de los principios que ya llevamos espuestos.

Proposicion primera. Si una masa de aire, á cualquiera temperatura, está actualmente en contacto con el agua, contiene tanto vapor quanto puede formarse en esta temperatura.

II. Si esta masa de aire se calienta, recibirá nueva cantidad de vapor á proporcion de su nueva temperatura.

III. Si esta masa de aire se enfria, se condensará una parte del vapor que contenia.

IV. Si una masa de aire, que ha estado en contacto con el agua es trasportada fuera de este contacto, sin mudar de temperatura, conservará el *maximum* de vapor de agua que contenia.

V. Si este aire está calentado, ya no contendrá el *maximum* de vapor de agua que pueda contener.

VI. Si este aire se ha enfriado dejará deponer una parte del agua que contenia.

Con esto ya podeis concebir en general que estando la atmósfera mas caliente en sus capas inferiores

que en las superiores, debe formarse sin cesar en la superficie del globo grandes cantidades de vapores que por su ligereza específica se elevarán en la atmósfera y condensarán bien pronto en las regiones frias, lo que constituye una especie de distilacion continua, en la cual el agua sube en vapor para caer en lluvia, nieve ó granizo. Mas, independientemente de este grande movimiento general, una porcion del aire caliente, despues de haber tomado en una parte en la superficie del mar, el *maximum* de vapores, puede ser trasportado á las regiones mas frias de la tierra y dejar en este caso precipitar al estado líquido una parte del vapor que contenia y recíprocamente, el aire calentado fuera del contacto del agua en los climas abrasadores de los trópicos llegará á las regiones templadas con una aptitud grande para recibir nuevas cantidades de vapores. Igual disposicion existirá en el aire de las regiones polares que no puede contener mas que una pequenísima cantidad de agua, á causa de su temperatura baja, pero que se calentará á medida que se acercase al ecuador, y podrá recibir nuevas cantidades de agua. Resulta de todas estas variedades que el aire, considerado en un dado punto, contiene cantidades variables de vapor de agua, las cuales podemos apreciar á beneficio de los métodos que constituyen la *higrometria*; que el agua que se precipita actualmente en el aire turba su transparencia y forma la *niebla*; que el aire, aun cuando sea trasparente, puede dejar deponer agua líquida sobre los cuerpos mas frios que él, lo que constituye el *rocío*; que detenidos los vapores acueos en las regiones

medias de la atmósfera dan lugar á las *nubes*; y en fin que condensándose dichos vapores en forma líquida ó sólida, pueden volver al suelo á modo de *lluvia, nieve, ó granizo*.

EVG. — Dadme, si lo teneis á bien, una idea clara de cada uno de estos puntos, porque es materia que me interesa.

TEOD. — Lo haré con tanto mas gusto cuando ya era este mi intento. Hablemos de la *Higrometria*. Todo el mundo sabe que el aire atmosférico puede ser seco ó húmedo. En el primer caso favorece la evaporacion y no deja líquido en la superficie de los cuerpos que circuye; en el segundo al contrario, humedece prontamente todos los cuerpos y en especial los que son mas frios que él.

EVG. — ¿Depende esta diferencia de la cantidad absoluta de vapor de agua contenido en el aire?

TEOD. — No: de ningun modo. El aire muy caliente puede contener grande cantidad de vapor de agua sin que parezca húmedo; así como un aire frio puede contener muy poco vapor y dar señales evidentes de su presencia. La razon de esto es que el aire caliente, aunque contenga una grande cantidad de calor, esta no llega aun al *maximum* dependiente de la temperatura, mientras que el frio, aunque contenga poca cantidad sobrepasa esta el *máximo* ó término que puede contener. Por esto el aire frio es generalmente húmedo y el caliente seco; ó por mejor decir, el aire se hará húmedo enfriándose y calentándose seco. Ya sabeis que hay una infinidad de cuerpos gozando de la propiedad de atraer la humedad contenida en el aire y hacerse penetrar, ó em-

paparse de ella. Los físicos llaman á estos cuerpos *higrométricos* ó *higroscópicos*, porque los físicos, como todos los autores de las ciencias naturales, tienen la rabiosa mania de hacernos hablar en griego, y quieren decir con estos terminachos *medidores de la humedad*. Hanse construido en efecto instrumentos para medir la humedad, á causa de que hay cuerpos que absorviéndola mudan sus dimensiones y los llaman *higrómetros*: el mas usual es el de Saussure. Consta este higrómetro de un cabello sólidamente atado por uno de sus cabos, dos veces arrollado sobre una pequeña polea que hace mover una aguja; al cabo libre de este cabello se ata un peso que sirve para darle el grado de tension conveniente. El intervalo que hay entre la pequeña polea y el punto fijo encierra una longitud de cabello, que se aumenta, cuando este cuerpo absorve la humedad, y disminuye cuando se seca: de ahí resultan movimientos que se transmiten á la aguja, la cual marcha sobre un cuadrante y puede hacer apreciar las mas pequeñas fracciones. Para regular este instrumento, lo colocan primeramente en un vaso que contiene aire perfectamente privado de agua, y se señala el punto donde se detiene la aguja; luego se lleva el instrumento á una atmósfera que contenga la mayor cantidad de vapor posible y se nota 100 el punto á que llega por este medio la aguja: en seguida se divide en cien partes la porcion de círculo comprendido entre ambos á dos extremos.

EUG. — Esplicadme bien la accion de este instrumento porque todavia no la alcanzo.

TEOD. — El *maximum*, esto es, 100 es el punto

en que el aire está muy dispuesto á abandonar el vapor del agua que contiene por debil que sea la afinidad del cuerpo que tiende á apoderarse de ella: el punto 1, ó de sequedad estremada, es aquel en que el agua que el cabello puede contener todavia es retenida por él á pesar de su fuerza expansiva, en un espacio que no contiene mas vapor de agua. Las indicaciones intermedias resultan de estados medios en los cuales, el espacio circunvecino, conteniendo ya cierta cantidad de vapor de agua, la tension tiene menos efecto y la atraccion del cabello por el líquido mas ventaja, de modo que resultan equilibrios diversos entre estas dos potencias opuestas. Mas advertid que este instrumento no es muy exacto, solo los puntos extremos son siempre los mismos á cualquiera temperatura, y corresponden á los mismos grados de tension de la humedad: los intermedios no corresponden de ningun modo, y como no sabemos la ley de afinidad del cabello por el agua vapor, no se puede deducir de la indicacion higrométrica la tension del vapor de agua ni su cantidad. Wilson construyó otro higrómetro con una vejiga de raton que llenó de azogue; la humedad dilataba la vejiga y hacia bajar el azogue, lo contrario sucedia con la sequedad. Con todo el primero es el que está mas en uso.

EUG. — Y no puede saberse cuanto vapor de agua contiene habitualmente la atmósfera.

TEOD. — Hanse hecho investigaciones acerca de la cantidad absoluta de vapor que puede contener habitualmente, y Dalton ha hallado que esta cantidad varia de 0,0066 á 0,0055 de su volumen; desde

el aire de la zona tórrida que contiene mas , hasta el de Inglaterra en invierno, y de las aproximaciones resulta que la atmósfera contiene cerca de 0,0142 de su peso de agua. Pero notad que las partes superiores de la atmósfera son mucho mas secas que las partes vecinas del globo, y es tan notable la diferencia, que en los viages aereostáticos la sequedad llega al punto de abarquillar el pergamino y todo tegido análogo y hasta la madera.

EUG. — ¿Esplicadme, si gustais, que viene á ser la niebla?

TEOD. — Los vapores aereiformes, cuando se condensan turban la trasparencia del aire, y esto es lo que forma la niebla. Siempre que el vapor de agua llega á su máximum en el aire que lo contiene, si este se enfria, aquel se condensa, y de invisible y trasparente que era el vapor, se hace visible y turbio, ó en otros términos, *niebla*; por esto este fenómeno es mas comun en invierno que en verano, pues en esta última estacion la tierra es ordinariamente seca, y el aire demasiado caliente, para poderse condensar el vapor de agua que contiene. La niebla, en razon del peso de sus particulas, no se aleja de la superficie de la tierra, al contrario se queda como descansando sobre ella, y á esto debe la diferencia que va de la niebla á las nubes.

EUG. — Yo me acuerdo haber pasado por montañas cuya cima sobresalia por la niebla, de modo que arriba el cielo estaba puro.

TEOD. — Subiendo á un campanario, á una torre, podreis ver lo propio algunas veces, pareciendo la

niebla una masa de humo espeso que sale de la tierra y allí se queda.

EUG. — ¿Y por que regularmente cuando sopla el viento se va la niebla ó suele lloviznar?

TEOD. — Cuando se mueve, el viento fuerza al vapor de agua á subir ó á bajar al suelo á modo de escarcha ó neblina que son unas gotitas estremadamente pequeñas: si sucede esto el viento que pasa roba á la niebla calórico, la condensa mas y la reduce á líquido; si la esparce la vuelve mas ligera y desaparece.

EUG. — Dejadme esplicar ahora por que el sol hace desaparecer la niebla, y vuelve esta á la noche.

TEOD. — De mil amores: vamos á ver.

EUG. — Los rayos del sol dan contra la niebla, aumentan la temperatura, esta se dilata, sube, vuelve trasparente porque se forma completamente el vapor, y desaparece dejando libre paso á los rayos de la luz: el sol se pone; la temperatura del aire baja, el vapor se condensa, vuelve á dejarse ver, y forma otra vez la niebla, esta será la razon del porque comunmente por la mañana es mas espesa la niebla.

SILV. — No os habeis esplicado mal: ¿sabriais decirme ahora porque á veces huele mal la niebla, y mata las plantas especialmente la cebada y el trigo?

EUG. — No llega á tanto mi saber, esto os lo dirá Teodosio.

TEOD. — Cuando la niebla no se compone mas que de vapor de agua es inodora, y no parece ofensi-

va ni al hombre, ni á las plantas; mas como á menudo se mezclan con el vapor de agua exhalaciones acres, salinas y perniciosas que la hacen mal sana, de aquí proviene que daña la vista, despide cierto olor, y daña á los vegetales.

EUG. — ¿Mas yo quisiera saber en que estado se halla el agua en la niebla, es líquido, ó es vapor? si es vapor, como es mas ligero que el aire debe irse á la region superior de la atmósfera, si es líquido, ha de precipitarse al suelo.

TEOD. — Si os dijese que es vapor, pero mas denso, no os diria nada que os satisficiese: así pues voy á deciros lo que suponen los físicos actuales. Dicen estos que el agua se halla en la niebla en estado *vesicular*, esto es, en vapor formando una especie de burbujas ó ampollitas huecas como las bombollas de jabon, y lo que los conduce á admitirlo es por una parte que, cuando se condensa la niebla sobre un cuerpo no se desprende calórico, y por otra, que un choque de una corriente de aire cargada de niebla contra un cuerpo resistente aumenta considerablemente su condensacion. Ello es cierto que son mas pesadas las masas de vapor reducidas á niebla, por esto bajan; mas todavía no es tanto su peso específico que se caigan al suelo, lo cual no sucede si no cuando se han convertido en líquido. Acabareis de ver esto mas claramente explicándoos las nubes que vienen á ser la misma cosa. Sabemos que una grande cantidad de vapor se desprende continuamente de la superficie de las aguas, y se eleva hácia la atmósfera; mas tambien sabemos que la temperatura de esta atmósfera baja

continuamente á medida que se aleja de la tierra; es pues muy natural que el vapor de agua se halle condensado cuando alcanza las regiones superiores que son mas frias. A primera vista parece que esta condensacion deberia de producir siempre agua líquida ó sólida. Mas no sucede así: parece convertirse en vapor vesicular, en vapor de burbujas, si puedo espresarme así, y aunque su peso específico es mayor que el del aire, constituyen las nubes que como sabeis flotan por encima de nuestros edificios mas altos.

EUG. — Este estado vesicular me da guerra: no lo llevo á comprender todavía.

TEOD. — Vamos á ver si os formais ahora una idea clara: figuraos que las moléculas de este vapor forman un globo aereostático sumamente pequeño; este globo, aunque por sí mas pesado que el aire exterior que lo sostiene, se vuelve mas ligero por el aire interior, que es mas ligero que el que rodea la nube, porque contiene vapor de agua á su maximum. El globulillo pues contiene un aire que puede compararse al gaz del globo aereostático comun, y así como este se sostiene aun siendo mucho mas pesado que la atmósfera, así puede sostenerse una vejiguilla de vapor condensado: si puede sostenerse una, podrán sostenerse dos, tres, cuatro, ciento, mil, etc., luego podrá sostenerse muy bien una nube que en suma no es mas que una reunion de estas vejiguillas. Aun hay mas: el aire que se halla entre globulillo y globulillo ha de estar en su *máximum* de humedad, y por lo mismo ha de producir una corriente ascendiente propia para sostener el con-

junto de globulillos ó la nube en la atmósfera. Otra razon hay todavía : las nubes son una especie de abánicos ó biombos que reciben los rayos de calórico lanzados por el sol durante el dia, y los lanzados por la tierra durante la noche : de consiguiente su temperatura debe ser siempre superior á la de la atmósfera trasparente que las rodea, lo cual ha de acrecentar su ligereza específica. Por esto las nubes se elevan durante la accion del sol, y si llegan á una region mas seca se reducen á vapor que se dilata y vuelve trasparente, y desaparecen aquellas.

EUG. — Este fenómeno lo he visto muchas veces : una nubecilla blanca flota en el cielo, se divide en varios pedazos, y por último desaparece : y tambien he visto lo contrario ; en un pedazo azul formarse de repente una nubecilla.

TEOD. — Todo esto se esplica por la misma razon : pasa la nube por un lugar mas caliente, se disuelve y desaparece ; pasa el vapor trasparente por un lugar mas frio, impelido por una corriente de aire, se condensa y vuelve *vesicular* : si dos corrientes de aire se chocan, se forma súbitamente una nube, pues el choque condensa el vapor que ambas corrientes contienen.

EUG. — ¿Estan las nubes mas altas en verano que en invierno?

TEOD. — Sí ; por la misma razon que el sol las calienta mas.

EUG. — ¿Y hasta qué altura pueden llegar las nubes?

TEOD. — Esto no puede determinarse con exa -

titud. Los físicos han calculado que no se elevan mas allá de 200 toesas. Sin embargo si se considera que la cima de las montañas mas altas está continuamente cubierta de nieves, y que estas nieves proceden de las nubes y vapores que se condensan á aquella altura, se comprenderá que pueden elevarse las nubes á alturas prodigiosas.

EUG. — ¿Y qué me decís del color y forma de las nubes?

TEOD. — En cuanto á la forma es enteramente accidental ó caprichosa, y depende de mil circunstancias ; tan pronto parecen montañas, tan pronto torres, gigantes, figuras de animales ó árboles que por lo comun contornea, y acaba la imaginacion del que las está contemplando. En cuanto á su color, aunque bastante vario puede determinarse y atinarse la causa que es su modo de reflejar la luz del sol. Son blancas cuando el vapor no es bastante espeso para no hacerlas transparentes, ó cuando reflejan enteramente los rayos de la luz, causa que comprendereis cuando os esplice este cuerpo y sus leyes. Cuando las nubes son muy espesas suelen ser negras, verduzcas, ó azulejas. Por la mañana suelen ser rojas ó coloradas. Todo esto depende del modo como reflejan la luz, y es inutil que me estienda sobre ello puesto que aun no hemos tratado de este cuerpo. Algunos físicos han querido calcular el volumen y espesor de las nubes, por su modo de reflejar la luz y por el agua que cae de ellas lloviendo : mas no os diré una palabra sobre el particular porque todo es inexacto.

§ V.

Explícate el rocío, la lluvia y la nieve.

EUG. — Entonces explicadme el rocío.

SILV. — Dificil será que os dé Teodosio una esplicacion cabal del rocío; pues, desde Aristoteles, los físicos se han quemado las pestañas para hallar su verdadera causa, y hasta ahora, que yo sepa, no estamos mas adelantados.

TEOD. — Si os tomaseis la pena de seguir el movimiento de las ciencias físicas, no diriais esto: sabed, pues, que los físicos modernos esplican este fenómeno por la irradiacion del calórico y sus leyes de equilibrio.

SILV. — Veamos como se esplican estos señores.

TEOD. — Suponed que tomais un cuerpo pequeño que irradie libremente calórico, y que se halla á una temperatura superior á cero, como la atmósfera: suponed que lo colocais, en un tiempo calmoso y sereno, encima de otro cuerpo mal conductor del calórico, que repose sobre el suelo en una llanura vasta y á descubierto. Imaginaos que á cierta altura, mas allá de la atmósfera hay como un firmamento de hielo. En este caso, el cuerpecillo bajará en pocos instantes mas allá de la temperatura del aire que lo circueya; porque este cuerpecillo irradiará calórico de abajo arriba, sin que el firmamento de hielo (que es de temperatura inferior

como se concibe claramente), pueda restituírle todo lo que pierde. De la tierra recibirá tambien muy poco, puesto que hemos dicho que descansaba sobre un cuerpo mal conductor. Por los lados no hay ningun cuerpo sólido ni fluido que pueda comunicarle nada por irradiacion, ó por conductibilidad: tan solo podria el aire producir algun efecto; mas en el estado de calma que hemos supuesto el calor que una parte de aire comunique á la otra es demasiado debil para que pueda admitirse que esta causa repare enteramente las pérdidas de calórico que sufre el cuerpecillo, ¿qué sucederá pues? el cuerpecillo se enfriará y condensará el vapor contenido en el aire que le circueya. Condensado este vapor se reducirá al estado líquido y se depondrá encima del cuerpecillo, y tanto puede bajar la temperatura de este que el líquido que le moje pueda helarse.

SILV. — ¿Y á que vais con tantas suposiciones?

TEOD. — ¿Admitís que pueda suceder lo que acabo de decir con estas suposiciones?

SILV. — Claro está que sí, pero si vos lo arreglais del modo que os conviene.

TEOD. — Vamos á ver: todas estas suposiciones se hallan en las plantas, cuando se forma encima de ellas el rocío. En primer lugar este no se forma, si el cielo no está bien sereno y el aire bien sosegado: la menor nube, el menor soplo de viento, impide la formacion del rocío, ó lo que viene á ser lo mismo, no se forma tanto. La planta, como todo cuerpo, irradia calórico, y por su parte superior lo arroja hácia el cielo, hácia las regiones vacías

del espacio que os representan el supuesto firmamento de hielo, y por lo tanto ningun rayo envian á la planta para reparar las pérdidas de calórico que sufre; las partes inferiores poco conductoras, como son (y no lo dudeis, pues todo el mundo está acorde sobre el particular, y si no cojed una planta, quemadla y la sostendreis bien por su tallo, hasta que el fuego os llegue á tocar sin que os quemé por conductibilidad), no pueden trasmitirle mas que una pequeña porcion del calor terrestre. Como por otra parte no reciben nada ó muy poco de los lados y poquisimo tambien de la atmósfera, precisamente se han de quedar las plantas mas frias que el aire, y condensar el vapor de agua que este contenga, con tal que sea bastante abundante con respecto á la pérdida de calor de la yerba.

EUG. — Yo hallo que esta esplicacion es magnífica.

SILV. — Tanto como magnífica, no; pero confieso que es mas satisfactoria que las anteriores.

TEOD. — Ahí teneis porque cuando está nublado y hace viento, no hay rocío: las nubes arrojan calórico hácia la tierra tambien, como hácia el cielo y hácia los lados, pues, como cuerpo radioso, los lanzan á todas direcciones, y las plantas compensan con el calórico que reciben el que pierden.

SILV. — ¿Y quien os ha dicho que las nubes lanzan calórico?

TEOD. — ¿Podreis negarme que hace mas calor cuando está nublado, que cuando está sereno el cielo? ¿Y por que sucede asi, sino porque, cuando está sereno, los rayos de calor que el sol envia van

directamente, y apartándoos del sol, esto es, poniéndoos á la sombra, podeis sentir mas fresco, porque no recibis tantos rayos de calórico y no los recibis directamente; mientras que cuando está nublado, las nubes os los arrojan directamente de todos lados, y no hay escape ni medio de librarse de ellos.

SILV. — Me dejais convencido.

TEOD. — El viento hace en suma lo propio que las nubes: el aire que pasa rozando con la planta le comunica calor y le compensa el que pierde. Y puesto que el formarse el rocío depende de la condensacion del vapor de agua contenido en el aire, claro está que cuanta mas sea la cantidad de este vapor mas dispuesto estará el aire á abandonarlo como hemos dicho y visto mas arriba: de aquí es que cerca de los lugares pantanosos de los rios y del mar, el rocío es siempre mas abundante: pues es mas abundante el vapor de agua que en estos lugares se forma, y basta un ligero enfriamiento de las plantas y cuerpos espuestos al aire, para que se deponga en ellos el vapor condensado ó sea el agua. Por esto tambien es el rocío mas comun en verano que en invierno, y en la primavera y otoño mas abundante que en la primera estacion.

EUG. — ¿Y el sereno qué viene á ser?

TEOD. — El mismo rocío; sino que se forma al ponerse el sol hasta media noche: compónese en gran parte de vapores que durante el día se habian elevado bajo la influencia del calor, y condensándose por el anochecer, luego que el sol desaparece, caen ó mejor se deponen segun las leyes indicadas.

SILV. — Yo os aconsejo, Eugenio, que no respiréis mucho el sereno, pues aunque yo no sepa explicar su formación, como Teodosio, no por eso dejo de saber prácticamente que sus vapores son malsanos, en especial á las primeras horas de su descenso y cerca de lugares pantanosos.

TEOD. — Estoy de acuerdo con vos, Silvio, porque el sol con su virtud disolvente, arrastra con los vapores partículas estrañas, materias groseras y dañinas, exhalaciones, cuya naturaleza está ligada con la de los cuerpos espuestos al calor; y como son menos tenues que los vapores acueos se quedan mas bajas; así apenas se marcha el calor que las tenía suspensas, son las primeras que se precipitan.

EUG. — ¿Y es cierto que un buen rocío anuncia buen día?

TEOD. — Puede ser muy bien, pues la atmósfera se ha descargado de una grande cantidad de vapor que podía condensarse y turbar su transparencia. En algunos países es tan abundante el rocío que suple á la lluvia, la cual suele ser en ellos rara. La Italia y el Perú son otros tantos ejemplos de esta sabia compensación que procuran en todas partes al hombre la divina providencia.

EUG. — Ahora que habláis de la lluvia quisiera que me la explicaseis; pues ahora llueve mucho, ahora poco; ahora las gotas son pequeñas como en invierno, y caen lentamente; ahora son gruesas como en verano y caen con rapidez, y yo no atino la causa de estas diferencias.

TEOD. — Mucho hay que decir sobre la lluvia, y

como no sabeis nada todavía de la electricidad, la cual hace grande papel en ciertas lluvias, sobre todo en el verano, no os podré explicarlas todas, con todo os diré lo que pertenezca al punto de que hacemos aplicaciones, á la meteorología. Cuando el vapor de agua se condensa tanto que sus partículas se acercan hasta el punto de entrar en juego su fuerza de cohesión, se forma en gotitas, que siendo mas pesadas que el aire se vienen abajo y forman la lluvia. Estas gotas son como habeis dicho unas veces gruesas, otras chiquitas, esto depende generalmente de la altura de que caen. Cuanto mas altas son las nubes de donde se desprenden las gotas, tanta mas ocasion tienen de reunirse y formar otras mas grandes. Ya os dije que condensándose la niebla caía en gotitas sumamente pequeñas: la niebla está cercana á la tierra, así pues debe ser: en invierno las nubes distan menos que en verano de la superficie del globo, he aquí porque las gotas de la lluvia de invierno son mas pequeñas. Hay muchas causas que pueden producir la condensación del vapor de agua hasta el punto de reunir sus partículas y formar la lluvia. En primer lugar siempre que la densidad y por lo mismo el peso específico del aire sufra una disminución por cualquiera causa, los vapores suspendidos en la atmósfera cesan de estar en equilibrio, y bajan ó caen por el exceso de su peso. En segundo lugar, cuando los vapores que el sol ha dilatado llegan á una altura, ó region muy elevada, se enfrian, se condensan, se hacen mas compactos, y á causa de su peso caen hácia las regiones inferiores. En tercer lugar, puede suceder

que las nubes sean impulsadas y comprimidas por vientos que soplan en direcciones opuestas; y en este caso las moléculas acueas se reúnen con facilidad y se precipitan al suelo. En cuarto lugar, sucede también que un viento superior dirige la nube hacia la tierra, ó bien un viento horizontal arroja el aire que sostenía la nube, y en ambos casos se ve precisado el vapor á caer reduciéndose á líquido. A mas de estas causas hay la electricidad, de la cual os daré alguna noticia para que podais entenderme. Hay dos especies de electricidad que pueden desarrollarse en todos los cuerpos, y entre estos unos presentan una, otros otra: cuando dos cuerpos presentan la misma electricidad se rechazan; cuando la presentan diferente se unen tanto mas, cuanto mas notable es la diferencia: esta union en muchos va acompañada de esplosion, y generalmente de desprendimiento de calórico. Cuando hablemos de este cuerpo me estenderé mas. Esto bastará para que comprendais las demas causas de la lluvia. Cuando una nube se mueve electrizada de un modo, halla otra nube electrizada de otro modo, estas dos nubes se atraen, se entrechocan, y sus moléculas acueas durante esta operacion, se unen, se estrechan, y forman gotas de lluvia que son ordinariamente muy gruesas. Figuraos dos gruesas esponjas empapadas de agua que yo aproximo con las manos, donde las tengo una en cada una, y las hago chocar de modo que espelan el agua que contiene, esta se caerá en grandes gotas: pues ahí teneis de un modo aproximado lo que acontece allá arriba. La lluvia redobla cuando las partículas acueas de las nubes bor-

rascosas, esto es, muy cargadas de electricidad, quedan dispersas por una esplosion (que es el trueno, para deciroslo de paso, y su luz es relámpago), porque en este caso se engruesan con la adición de los vapores esparcidos por la atmósfera, y caen con precipitacion. Puede suceder que las nubes esten electrizadas de un modo y la tierra de otro, cosa comun en los momentos de borrasca, las nubes son atraídas hacia la tierra y caen en forma de gruesa lluvia, haciendo muy pocas gotas. Por esto las tempestades por lo comun duran poco, aunque son muy abundantes las aguas que se desploman. La lluvia en este caso es muy peligrosa.

EUJ. — Estas seran aquellas lluvias ó aguaceros que inundan las comarcas.

TEOD. — En efecto, y os explicaré como pueden formarse estos aguaceros á veces sin que sea la electricidad causa directa de ellos. Sucede de vez en cuando que vientos fuertes arrojan con violencia cierta cantidad de vapores y nubes contra las montañas, donde, hallándose como arrimadas, se ven precisadas á acumularse, hasta que su peso es superior á la fuerza del viento, en cuyo caso se precipitan con violencia, ocasionan un diluvio, é inundan comarcas enteras, de donde producen las aguas estragos de mas ó menos cuantía.

EUJ. — He oido decir que puede saberse cuanta agua cae del cielo durante un año ¿es esto posible?

TEOD. — No solo posible, sino real. Hanse hecho muchas observaciones sobre el particular en varios puntos del globo, y se ha visto que no en todos

llueve igualmente. Generalmente hablando, llueve mas en las cercanías de los mares, lagos y ríos; la aproximación de las montañas y bosques causa tambien muchas lluvias porque atraen y condensan las nubes.

ERG. — ¿Y cómo se hace para averiguarlo?

TEOD. — De una manera muy sencilla. Se pone una cubeta en descubierto y se recoge en ella parte del agua que cae lloviendo; se nota cada vez hasta qué altura sube; se tiene cuidado de la evaporación; se suma la totalidad de la agua caída durante un año: se calcula la que ha caído sobre la tierra de un lugar dado, por la que ha caído en la cubeta, y observando esto muchos años, para poder seguir un término medio, se llega á poder determinar cuanto llueve en un año en un país. Y notad que cuanto mas baja tuvierais esta cubeta mas agua recogeréis en ella: así si quereis no equivocaros ponedla inmediata al suelo y en un valle. La lluvia es mas abundante en el verano que en el invierno.

SILV. — Esto es lo que yo no creo: mas á menudo tengo que tomar el paragua en invierno que en verano: y no hay mas que mirar el crecimiento de los ríos en invierno para creer lo contrario de lo que vos decís.

TEOD. — No es lo mismo llover mas á menudo, que caer mas agua. En invierno es cierto llueve mas veces, pero mas agua cae durante los tres meses de verano, en cuyo tiempo se verifican los grandes aguaceros, que en invierno; y si los ríos bajan mas engrosados es porque hay menos evaporación y mas nieves.

ERG. — Disimulad si soy impertinente; pero habeis tocado un punto tan curioso para mí, que no me sacio de preguntar: ya que estamos en la lluvia, ¿quisiera que me dijerais de donde procede ese enjambre de sapos pequeñitos que saltan despues de una lluvia de verano?... ¿Llueve efectivamente sapos, ó nacen entonces?

TEOD. — El pueblo generalmente cree que llueven sapos, así como cree en la lluvia de sangre, de trigo, de algodón, y otras cosas por este estilo: mas ya os diré lo que hay sobre el particular. Los sapos son animales enemigos de la luz y del ardor del sol: y se esconden por el pie de los muros, paredes árboles, márgenes y otros lugares frescos por lo comun llenos de yerbas. Cuando hace mucho tiempo que no ha llovido y caen esas gotas como pesetas, la tierra se refresca, y estos animalillos se apresuran á salir de sus guaridas y se regocijan saltando y brincando por el suelo; y como antes nadie los habia visto ni reparado en ellos, porque estaban escondidos, parece que caen del cielo de por junto con las gruesas gotas de la lluvia.

SILV. — Otros creen que hay depuestos los huevos de estos animales en el suelo, y que con la fermentación producida por el calor y el agua en el polvo, estos huevos se rompen y salen los sapos. ®

TEOD. — Lo que sabré deciros es que si lo que trae en su viage en los mares de la India Le Gentil es cierto, estos animales nacen de sus huevos en el momento de la lluvia acompañada de un calor suficiente para hacerlos salir de ellos: y tanto mas parece ser así, cuando los vió saltar no solo en su

tejado, sino en su observatorio, y él lo atribuye á que el viento se llevó algun día estos huevecillos, y los depositó por las alturas igualmente que por el suelo.

EUG. — A mí me parece mas natural la razon que habeis dado primero.

TEOD. — Las lluvias de sangre, trigo, algodón, etc., no son mas que ilusiones del vulgo, debidas á ciertas manchas que dejan en las paredes ciertas gotas de aguas coloradas mezcladas con polvos colorados de flores ó insectos; los granos de trigo ó de granos desconocidos como los que se observaron en 1805, en el reino de Leon, examinados por Cayanillas, y plantados en Madrid, sin fruto y resultado alguno, no deben atribuirse mas que á la fuerza de los vientos que los trasportan de unos lugares á otros, y á veces se toman insectos por granos de plantas. En cuanto á la lluvia de algodón en general se atribuye á ciertos hilos de arañas que se lleva el viento: hilos de que estas arañas se cubren cuando hace mal tiempo y abandonan saliendo el sol.

EUG. — Advierto, Teodosio, que me habeis explicado hasta aquí tan solamente los meteoros que tienen lugar pasando el vapor de agua al estado líquido, á escepcion de la escarcha: ahora quisiera saber los que se verifican, cuando pasa el agua al estado sólido como por ejemplo la nieve y el granizo.

TEOD. — Os lo explicaré, bien que ya podriais daros razon por lo que llevamos dicho. Cuando la atmósfera se enfria mucho, en vez de caer en forma

líquida el vapor de agua, se hiela, y se forman allá arriba particillas de hielo estremadamente delgadas, que, sometidas á la influencia del viento, se acercan, se entrechocan, se unen por el efecto del contacto, y producen vedejas á menudo bastante gruesas cuando llegan al suelo. Quanto mas alta es la region donde se forma la nieve, tanto mas grandes son los copos ó bedijas, pues hay mas lugar al contacto: así cuando la temperatura no es mas que á 0°, ó algunos grados mas bajo, las bedijas son muy grandes, porque los vapores solo se hielan entonces á mucha altura. Cuando deshíela son grandes y caen menos aprisa, porque pesan menos: la razon está en que el calor, ó la temperatura suave, dilata las particillas de hielo sin acabarlas de separar, les da mas volumen y por lo tanto las vuelve mas ligeras.

EUG. — Yo he reparado que la nieve forma como unas estrellitas ¿de qué depende esto?

TEOD. — Hay varias opiniones sobre el particular, lo mas probable es que este es el modo de cristalizar del agua en dicho caso, bien que otros atribuyen esta cristalización á las partículas salinas mezcladas con los vapores.

EUG. — Tambien tengo observado que la temperatura sube, esto es, hace menos frio cuando nieva: ¿la razon de esto?

TEOD. — La teneis siempre en la irradiacion del calórico. Si la condicion de un cielo sereno es necesaria para que la tierra irradie libremente su calórico hácia los espacios celestes; si las nubes mas pequeñas son un obstáculo á la irradiacion de caló-

rico, se comprenderá fácilmente que, cayendo la nieve, ha de formar un obstáculo tanto mas enérgico, cuanto es un mal conductor del calórico, y se convierte en una especie de abanico ó biombo colocado lo mas cerca posible del foco calorífero: de consiguiente la tierra pierde menos calor, y por esto la temperatura sube ó hace menos frio. Una vez caída la nieve, si es en grande cantidad se oprime á sí misma, y se condensa, disminuye de volumen; si no es muy fria, se pone compacta: si la temperatura es muy baja se reduce á una especie de polvo fino, con el cual no es posible formar una masa apilada, cual se forma en las montañas que estan casi siempre cubiertas de nieve. Estas masas forman lo que se llama *aludes*; al principio no son mas grandes que la cabeza de un hombre, pero á medida que caen se asocian cantidades de nieve, por la cual van rodando, y engruesan tanto que, cuando llegan á la base de la montaña, tienen fuerza para destruir, no solo árboles añejos y cabañas, sino aldeas enteras. La evaporacion se ejerce tambien sobre la nieve, y es tanto mas considerable, cuanta mayor superficie presenta, por esto cuando nieva poco, dos pulgadas por ejemplo, basta un ligero viento seco para hacerla desaparecer.

EUG. — ¿Y creéis vos que la nieve sea util para algo?

TEOD. — No solo para algo, sino para mucho. La que se halla en la altura de las montañas casi eternamente nos alimenta los rios y fuentes, sin las cuales no podriamos hacer muchas de las cosas que hacemos. La que cae durante el invierno, en las llanu-

ras y colinas favorece su fertilidad por las partículas salinas que contiene: luego mata una infinidad de insectos dañinos, y en vez de perjudicar como parece que debiera hacerlo á las semillas, depuestas dentro del suelo, las garantiza del frio; porque, siendo mal conductor, el calórico de la tierra no se pierde, ni el frio de la atmósfera obra sobre las semillas. No os digo nada del granizo, ni de esas piedras que llueven en algunas tempestades, porque si bien obra en su formacion la irradiacion del calórico tambien entra la electricidad, y os lo explicaré cuando tratemos de este otro cuerpo imponderable. Tratemos ahora de la combustion.

§ VI.

Trátase de la produccion del calórico por medio de los combustibles, de los cuerpos diathérmanos.

EUG. — Ya veo que no os escapa nada de lo que aplazais para otra ocasion en el decurso de la conferencia.

TEOD. — ¿Os gustaria saber, Eugenio qué cuerpos son combustibles y por que lo son? ¿cual es su producto en calórico comparativo, como han de estar los aparatos de combustion para que se verifique bien, qué métodos son los mejores para calentar los líquidos, evaporarlos, elevar los sólidos á ciertas temperaturas, y mantener en fin nuestras habitaciones en un grado de calor conveniente á nuestra salud?

rico, se comprenderá fácilmente que, cayendo la nieve, ha de formar un obstáculo tanto mas enérgico, cuanto es un mal conductor del calórico, y se convierte en una especie de abanico ó biombo colocado lo mas cerca posible del foco calorífero: de consiguiente la tierra pierde menos calor, y por esto la temperatura sube ó hace menos frio. Una vez caída la nieve, si es en grande cantidad se oprime á sí misma, y se condensa, disminuye de volumen; si no es muy fria, se pone compacta: si la temperatura es muy baja se reduce á una especie de polvo fino, con el cual no es posible formar una masa apilada, cual se forma en las montañas que estan casi siempre cubiertas de nieve. Estas masas forman lo que se llama *aludes*; al principio no son mas grandes que la cabeza de un hombre, pero á medida que caen se asocian cantidades de nieve, por la cual van rodando, y engruesan tanto que, cuando llegan á la base de la montaña, tienen fuerza para destruir, no solo árboles añejos y cabañas, sino aldeas enteras. La evaporacion se ejerce tambien sobre la nieve, y es tanto mas considerable, cuanta mayor superficie presenta, por esto cuando nieva poco, dos pulgadas por ejemplo, basta un ligero viento seco para hacerla desaparecer.

EUG. — ¿Y creéis vos que la nieve sea util para algo?

TEOD. — No solo para algo, sino para mucho. La que se halla en la altura de las montañas casi eternamente nos alimenta los rios y fuentes, sin las cuales no podriamos hacer muchas de las cosas que hacemos. La que cae durante el invierno, en las llanu-

ras y colinas favorece su fertilidad por las partículas salinas que contiene: luego mata una infinidad de insectos dañinos, y en vez de perjudicar como parece que debiera hacerlo á las semillas, depuestas dentro del suelo, las garantiza del frio; porque, siendo mal conductor, el calórico de la tierra no se pierde, ni el frio de la atmósfera obra sobre las semillas. No os digo nada del granizo, ni de esas piedras que llueven en algunas tempestades, porque si bien obra en su formacion la irradiacion del calórico tambien entra la electricidad, y os lo explicaré cuando tratemos de este otro cuerpo imponderable. Tratemos ahora de la combustion.

§ VI.

Trátase de la produccion del calórico por medio de los combustibles, de los cuerpos diathérmanos.

EUG. — Ya veo que no os escapa nada de lo que aplazais para otra ocasion en el decurso de la conferencia.

TEOD. — ¿Os gustaria saber, Eugenio qué cuerpos son combustibles y por que lo son? ¿cual es su producto en calórico comparativo, como han de estar los aparatos de combustion para que se verifique bien, qué métodos son los mejores para calentar los líquidos, evaporarlos, elevar los sólidos á ciertas temperaturas, y mantener en fin nuestras habitaciones en un grado de calor conveniente á nuestra salud?

EUG. — Por supuesto que me gustaria, y con solo indicarme estos puntos, me habeis inspirado tanto interes, que me hariais mal, si acabaseis hoy la conferencia sin explicármelos todos.

SILV. — ¡No lo digo! le volvereis loco con vuestras esplicaciones; y lo que es mas estraño es que quiere saber cosas que probablemente no le ocuparán en su vida.

TEOD. — ¿Quién sabe? No hay conocimiento de física que no pueda ser util una vez en la vida.

EUG. — El saber dicen que no ocupa espacio, por lo tanto empezad vuestra tarea.

TEOD. — Antes de todo quiero advertiros que como tendremos necesidad de medir comparativamente cantidades de calórico, es preciso que haya una unidad de calor así como haya una unidad de peso, de tiempo, de longitud, etc. Hase convenido en tomar por unidad de calor, la cantidad necesaria para dar un grado de temperatura á un kilogramo de agua, que viene á ser unas dos libras y media escasas.

EUG. — ¿Y no tiene nombre esta unidad?

TEOD. — Clement le ha dado el de *calórico*, así un kilogramo de agua á 60 grados del termómetro centígrado contiene 60 calóricos mas que este mismo kilogramo de agua á 0°. Notad tambien que, para facilitar las comparaciones, se podrá decir que tal cantidad de combustible es capaz de elevar, ardiendo, un kilogramo de agua, á 5, 6, ó 700 grados de temperatura, ó de producir este número de unidades de calor, aunque sea imposible elevar el agua

á tal temperatura, afin de conservar la uniformidad de espresion.

EUG. — Es decir, y ved si lo he comprendido, que puede decirse indiferentemente que cierta cantidad de calórico eleva un kilogramo de agua á 1000 grados ó 10 kilogramos á 100 grados, ó 100 kilogramos á 10 grados, ó 1000 kilogramos á un grado; siempre habrá 1000 unidades de calor, ó 1000 calóricos.

TEOD. — Perfectamente; y puesto que ya estais advertido de estas convenciones vamos á tratar de los combustibles.

EUG. — Esplicadme que quiere decir combustible.

TEOD. — Daré este nombre á los cuerpos que puestos en contacto con el aire atmosférico á una temperatura propia para hacerlos arder echan bastante calórico para producir efectos sensibles. Entrar en la esplicacion detallada de la combustion, es invadir el dominio de la química: pues es una continua combinacion de los principios del cuerpo combustible con el oxígeno del aire; por lo tanto la dejaremos á un lado, aplazándola para cuando nos hallemos en el terreno de aquella ciencia. Hay combustibles sólidos, líquidos y gaseosos. Entre los primeros los mas generalmente empleados son el carbon ordinario, el de piedra, la coka, la turba, su carbon y algunos otros mas, segun en qué paises. Los líquidos son los aceites esenciales, ó crasos, el alcohol ó espíritu de vino y á veces el eter. Entre los gaseosos solo puedo citaros el hidrógeno puro ó con mas ó menos mezcla de carbon, y el que se llama óxido de carbono.

EUG. — ¿Supongo que el estado de los combustibles no debe influir mucho sobre su combustion?

TEOD. — Pues suponeis mal, porque hay bastantes diferencias. Con todo cualquiera que sea el combustible ofrece cosas comunes á todos; á saber desprende á un mismo tiempo luz, calórico radiante, y calórico llevado por la corriente de aire que alimenta la combustion.

EUG. — Entre los combustibles que me habeis citado los hay que no sé lo que son; por ejemplo, la *coka*, la *turba*, y aun, si me apurais, no sé lo que es el carbon de piedra, aunque he visto á montones en los puertos y fábricas de vapor.

TEOD. — Pedirme de talles sobre cada uno de estos cuerpos es quererme hacer salir de los límites de la física, así aguardad para otra tarde que entre en ellos; con todo os diré lo que vienen á ser los talles combustibles. El carbon de piedra es una sustancia mineral, una especie de piedra negra mas ó menos brillante formada casi enteramente de carbon puro y materias bituminosas. Parece de origen orgánico, esto es, como procedente de árboles, puesto que está lleno de restos de vegetales: como sea ya trataremos de él mas estensamente en la química y la geología, ó sea tratado del globo terráqueo. La *coka* es el mismo carbon de piedra privado de todos los elementos volátiles que puede contener: tambien suelen llamarle carbon de piedra purificado. La *turba* es un compuesto de yerbas en descomposicion mezcladas con tierra y arena.

EUG. — Bueno; pasad adelante y esplicadme lo que os habiais propuesto, y esté en orden.

TEOD. — No hay ninguna relacion entre la luz y el calórico que arrojan los combustibles; la paja, por ejemplo, lanza mucha luz y poco calor. Los sólidos solo son luminosos en su superficie, los combustibles gaseosos, que dan tambien en su combustion productos gaseosos, arrojan una llama muy debil. No me preguntéis qué es la llama ni su teoría, porque no os la he de explicar: os faltan conocimientos químicos para su inteligencia, y puesto que todavía no os he dado estos conocimientos, tened paciencia y aguardad.

EUG. — La tengo, Teodosio, no os interrumpiré para que me deis dicha esplicacion; pero, si para que me solteis una dificultad que se me ocurre. Decís que los gases arden con luz debil: ¿como diantre, pues, se emplea el gaz hidrógeno para iluminar las ciudades, segun me habeis indicado en alguna parte?

TEOD. — Muy justa es la observacion, y os diré lo que ha demostrado Davy acerca de este fenómeno: dice el tal, que el hidrógeno arde antes que el carbon puro ó carbono, y este se halla en la llama en forma sólida, por lo que la llama es mas viva. Os he dicho que habia diferencias en la combustion de los varios combustibles que poseemos: en efecto son mas ó menos propios para la combustion, segun su naturaleza, y su estado particular: generalmente hablando, la madera mas dura, la que se ha cortado en invierno, y se ha hecho secar completamente y se hace arder en pedacitos es la que produce mas calor. La madera verde puede contener hasta un 41

por 100 de agua : la seca puede absorber la décima, parte de su peso con su esposicion al aire. Como la madera es combustible por su parte leñosa ; como contiene 0,94 de su peso de esta ; como en fin la naturaleza de esta parte leñosa es la misma en todos los vegetales , resulta que todas las leñas , es decir , que todos los árboles , á peso igual , ha de dar la misma cantidad de calórico : en efecto es así : un kilogramo de diferentes especies de leña da desde 5,500 á 5,900 unidades de calor , cuyo término medio es de consiguiente 5,600.

EUG. — ¿Podriais decirme cuales son las maderas que mas calórico arrojan tales cuales las venden, pues supongo que no se hallarán en iguales condiciones con respecto á su parte leñosa y el agua que contengan?

TEOD. — Si teneis lapiz y papel notad la tabla siguiente.

ESPECIE DE MADERA.	PESOS en kilogramos de la carret ^a de madera seca.	VALOR relativo de los poderes calóricos de una carret.
Nogal de corteza escamosa.....	2222	100
Roble blanco ó encina.....	1956	86
Fresno.....	1707	77
Haya.....	1601	65
Olmo ó álamo negro.....	1282	58
Abedul ó álamo blanco.....	1172	48
Castaño.....	1135	52
Ojaranzo.....	1392	63
Pino.....	1218	54
Chopo de Italia.....	877	40

^a Medida de leña que equivale á dos carretas.

EUG. — Bueno ; ya la tengo copiada y de algo me servirá con el tiempo.

SILV. — Si os echais á mercader de leña.

EUG. — Mas decidme, Teodosio : ¿sabeis en qué proporcion está el calórico que la leña irradia, con el que se lleva el aire que alimenta la combustion?

TEOD. — Si los resultados de las observaciones de M. Pelet son exactos , parece que estan en relacion de 1 á 5 en la leña que arde á pedacitos : mas cuando la leña deja grandes masas de brasa , entonces el calórico radiante es mucho mayor. Ya os he dicho que la brasa arroja mas calórico que la llama.

EUG. — ¿Por supuesto debeis saber tambien cuantas unidades de calórico da un kilogramo de carbon de piedra?

TEOD. — Segun cual es su composicion ; porque los hay de varias especies : el que contiene mayor cantidad de hidrógeno, y deja menos residuo puede suministrar hasta 7450 unidades de calórico. Dejemos los combustibles sólidos para decir algo de los líquidos. Estos mas se emplean para alumbrar que para producir calórico : así veis el aceite, y las grasas, la cera , etc. , que nos sirven , dándonos luz artificial , cuando nos falta la del benéfico sol. Y no os figureis que sea porque den menos unidades de calórico : pues el aceite da en igual cantidad , 10,000 unidades ; sino porque resulta mucho mas caro. Con todo no dejan de servir el alcohol , á veces el eter y aun el mismo aceite, para muchas artes, como productores de calórico. El soplete de los pla-

teros, la lámpara del Daguerreotipo, etc. son otros tantos ejemplos de esta verdad. Yo me he servido mil veces para preparar mi chocolate y mi café, de una lámpara de espíritu de vino, con la cual calentaba



Fig. 100.

en pocos minutos mi cafetera, y el agua se echaba á hervir. Aquí teneis otra cafetera mucho mas sencilla, ó mejor un vaso para calentar el agua (Fig. 100). Echase el agua en el vaso A, y un poco de alcohol en el plato B, que le está pegado por su fondo; péga-

se fuego al alcohol, este arroja llama, y al cabo de cinco minutos el agua hierve, la echais en la cafetera (Fig. 101) en el vaso C que destapais, y el agua

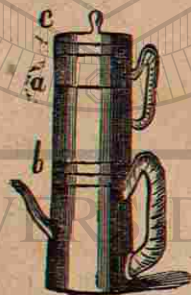


Fig. 101.

pasa al través del filtro D, pieza móvil que se halla de antemano colocada horizontalmente dentro del vaso C á la altura a , donde habeis puesto el café en polvo: la infusion ó sea el agua empapada del polvo fino, y aroma del café cae en el fondo b del vaso C que está agujereado, como el filtro D, pero mas finamente, y de este pasa á la cafetera propiamente dicha C. Con lo cual teneis hecho el café, té, ó lo que sea.

EUG. — Mucho me alegro que me hayais espli-

cado esto, porque mandaré construir una lámpara y una cafetera por este estilo, pues esto es muy cómodo para viajar.

TEOD. — Notad que hay ademas otra pieza que es esta (Fig. 102) la cual es una medida para graduar el alcohol, que se necesita para hacer hervir el agua: de suerte que hervir el agua y acabarse el fuego es una misma cosa, y así resulta mucho mas económico.



Fig. 102.

EUG. — Teneis razon, no me faltará esta pieza.

TEOD. — Por lo que toca á los gases no se emplean sino para alumbrar; mas ya en Paris se sirven algunos farmacéuticos ó boticarios del gas, que les llega para alumbrar su tienda, se sirven de él digo, para sus diversas operaciones en que necesitan calor, muchas artes podrian hacer otro tanto, en especial los plateros. Una cosa os advertiré notable acerca de los combustibles que os he citado, y es que no todos consumen iguales cantidades de aire atmosférico, y M. Welter ha sentado el primero que los combustibles producen tanto mas calórico cuanto mas oxígeno absorven.

EUG. — Estendeos sobre esto, porque interesa mucho, si no me engaño, para la práctica y economía doméstica.

TEOD. — En efecto es así: no podeis imaginaros los grandes volúmenes de aire que se necesitan para alimentar una buena combustion. Por ejemplo, la combustion de un kilogramo de carbon de piedra exige en teoría 7488 litros de aire; pero los mejores

hornos dejan escapar siempre mas de la mitad de aire á la accion del combustible, de suerte que en práctica se necesitan cerca de 20,000 litros de aire para quemar un kilogramo de carbon de piedra; esto es, al menos veinte y seis veces su peso. Esto os esplica porque todos los hornos donde la combustion es lánguida, por falta de aire suficientemente activo, da lugar á un consumo de combustible desproporcionado á los efectos producidos. Así pues el primer principio que se ha de tener en cuenta en la construccion de los aparatos para calentar, es hacer de modo que la combustion se opere con la mayor actividad posible, y para esto se ha de establecer una grande corriente de aire.

EUG.— ¿Cuanto aire consume la madera, y el carbon que es lo que mas usualmente empleamos?

TEOD.— La madera perfectamente seca, suponiendo que hay un kilogramo produce 5300 calóricos, absorve 965 partes de oxígeno en litros, á la presión de 0^m. 76 y á 0^o, y en peso 1^k.577, y necesita 4585 partes de aire en litros, bajo la misma presión y temperatura, y 5^k.96 en peso. Coged el lapiz y anotad en una tabla las proporciones de la madera perfectamente seca, húmeda, carbon de leña, de piedra y aceite.

DESIGNACION de los COMBUSTIBLES.	CANTIDAD DE CALORICO DESPRENDIDO.	CANTIDAD de aire de oxígeno absorvido.		CANTIDAD de aire necesario á la combustion.	
		En litros bajo la presión de 0 ^m . 76 y á 0 ^o .	En peso.	En litros bajo la presión de 0 ^m . 76 y á 0 ^o .	En peso.
			k		k
Leña perfectamente seca.....	5300	965	1,577	4585	5,96
Leña en estado ordinario de desecacion conteniendo 25 0/0 de agua.....	2600	725	1,055	3442	4,47
Carbon ordinario.....	7500	1855	2,655	8820	11,46
Carbon de piedra craso.....	6000	1562	2,254	7458	9,66
Aceite de olivas.....	Rumford. 9041 Lavoisier. 11196	2100	5,02	10000	13,00

Bastante hemos hablado ya de los combustibles; veamos ahora los aparatos de combustion. No os figureis que vaya á describiros todos los que se han construido hasta el dia; esto seria nunca acabar y salirnos de los límites de nuestras conferencias; bastará daros una breve idea de ellos, y las reglas que han de seguirse en su construccion. Lo que mas comunmente se necesita es calentar una masa de liquido y evaporarla, en cuyo caso se pone este liquido en una caldera; el combustible se coloca debajo de ella en un foco y encima de una reja. Una canal vertical mas ó menos elevada que es la chimenea determina una corriente de aire suficiente al traves de la reja, y se lleva á fuera los productos gaseosos de la combustion.

EUG. — Esto basta para tener una idea general de los tales aparatos, decidme las reglas.

TEOD. — 1º La superficie por la cual pueden calentarse las calderas podrá producir hasta 40 kilogramos de vapor por metro cuadrado, si la combustion es activa.

2º Quanto mas alta y ancha sea la chimenea; quanto mas preservada estará de un resfriamiento al exterior, tanto mas rápida será la corriente de aire que produjere.

3º La reja que sostiene el combustible debe tener 0m, 45 de superficie con un cuarto de vacío, para quemar 10 kilogramos de carbon de piedra en una hora.

4º Las vueltas que se haga dar al aire caliente al rededor de la caldera, para aprovecharse de la mayor parte de calor posible, no han de llegar hasta el punto de abajar demasiado la temperatura, porque la fuerza ascendiente del aire en la chimenea, se disminuiría demasiado, y los canales de circulación han de tener ancho diámetro para no estorbar la corriente del aire. Abí teneis las reglas principales de los tales aparatos.

EUG. — Bueno, si no hay mas que esto ya me empeñaria á dirigir la construccion de alguno.

TEOD. — Por lo que toca á calentar los sólidos, lo cual cuando se quiere elevarlos á una temperatura muy alta se hace en las fraguas, ú hornos de reverbero, es bueno, para economizar combustible, tener en cuenta el calor que pueden dar los combustibles gaseosos. La esperiencia ha demostrado que en las hornazas donde la corriente de aire se

determina por medio de fuelles, hasta elevar el aire soplado á 80 grados, para disminuir una cuarta parte de combustible, aumentando á poca diferencia en la misma proporcion la produccion diaria de la hornaza.

EUG. — Decidme algo sobre el modo de calentar los aposentos.

TEOD. — De dos maneras podemos obtener este resultado, con ventaja se entiende, ya empleando las estufas, ya las chimeneas, ú hogares. Unos y otros de estos aparatos tienen sus ventajas é inconvenientes. Las estufas son mucho mas económicas, pues calientan mas un aposento con menos combustible; pero pueden dañar la salud de los que se hallan en él. Las chimeneas son mucho mas saludables, pero caras, y esponen á que el humo se esparza por el aposento y dañe los ojos. Ya os espliqué como podiais construir una buena chimenea, evitando la salida del humo por la boca del hogar; así es inutil que aqui lo repita.

EUG. — Esplicadme en que consiste una estufa, porque no he visto ninguna.

TEOD. — Esta es un mueble muy usual en los paises frios, donde suelen sentir menos frio que en los templados, porque la necesidad los fuerza á ingeniar medios de preservarse sobremanera cómodos y eficaces. Consiste la estufa en unas masas mas ó menos voluminosas de hierro, ó de loza ó sea vidrioado blanco con un hogar en su interior que comunica por una puertezuela con el aire del aposento, y por un agujero con un cañon de hierro que sirve de chimenea, el cual va á parar al exterior de

la estancia, llevándose los productos gaseosos de la combustion. Las hay de varios modos, mas ó menos ventajosas por lo que toca á la economia. Las de metal se calientan rápidamente, irradian mucho calórico, secan el aire del aposento, y se enfrían tambien muy de prisa en cesando la combustion. Por lo tanto no convienen en los cuartos de enfermos, ni de aquellos cuyo pecho es irritable. Podría obviarse este inconveniente, poniendo encima de la estufa un plato lleno de agua, la cual se evapora con el calor y templá la sequedad del aposento. Si este no encierra ningun enfermo, se puede remediar aquel inconveniente renovando á menudo el aire de la estancia, lo cual se hará abriendo las ventanas ó balcones. Las de loza son preferibles porque no esponen á dichos inconvenientes con tanta facilidad. El mejor modo de calentarse por medio de la estufa es darle grande masa y mediana temperatura.

SILV. — No sé donde leí el otro dia que en Inglaterra, habia un modo escelente de calentar los hospitales, y no tengo bien clara la idea de ello, porque lo leí de prisa y á la ligera.

TEOD. — Yo os lo explicaré. Este modo consiste en calentar el aire, mediante tubos ó cañutos calentados por el vapor, y hacer circular este aire caliente por todas las partes del edificio: he aquí lo que practican para este objeto. Colocan en un sótano una, ó muchas calderas de dimensiones convenientes, y hacen en los fundamentos de las paredes maestras galerías que comunican con el aire exterior; tambien se hacen en las mismas paredes con-

ductos verticales tan numerosos como se desee, los cuales comunican con las galerías y estos tubos, estan cerrados por la parte superior pudiendo penetrar cuando se quiera por una simple abertura en todas las salas del edificio. Hácese circular dos grandes cañutos de metal, por todas las galerías de los fundamentos, disponiéndolos de modo que se calientan con el vapor, y vuelva el agua de condensacion á la caldera. A beneficio de este proceder el aire, que debe de calentarse, está siempre cerca de 10° , cualquiera que sea el frio exterior, y cargado de cierta cantidad tal de humedad que nunca se hace demasiado seco, ni aun calentándolo. Las rutas subterranas no permiten ninguna pérdida del calor producido; el aire no contrae ningun olor desagradable, y no se halla nunca mezclado con humo, y como la temperatura de este aire no puede exceder, ni llegar á 100° , no se observa ninguno de los inconvenientes que se hallan en los demas modos de calentar estos edificios. Los conductos de las paredes maestras pueden ser anchos, son muy buenos ventiladores y no solo mantienen el calor, sino la salubridad en todos los puntos del hospital. Hay ademas en las aberturas registros que sirven para limitar el acceso del aire caliente. Este método tiene la grande ventaja de conservar una tension continua del aire caliente, que ha de penetrar en las salas de los enfermos, de modo que el aire de la sala tiende á escaparse por todas las juntas de las puertas y ventanas, mientras que en los métodos ordinarios, y sobre todo en la ventilacion por aspiracion, sucede al contrario; el aire exterior es el

que sopla continuamente al través de estas juntas, y se precipita en masa en la sala, cuando se abre una puerta ó una ventana.

EUG. — Muy ingenioso y atinado hallo este método, y me parece que Silvio no lo despreciaría si le consultasen para la ventilacion de un hospital.

SILV. — En efecto es así.

TEOD. — Acabaré este punto haciéndoos una advertencia : nosotros, cuando entramos en un aposento caliente, podemos recibir el calórico de dos modos : ó por comunicacion, como cuando hay una estufa, en cuyo caso el aire calentado nos cede calórico al rededor de nuestro cuerpo ; ó bien por irradiacion, como cuando el aposento se calienta por medio de una chimenea, en cuyo caso nos calentamos acercándonos á ella. Este último medio es preferible, porque aplicamos el calor á donde queremos y tenemos necesidad, por ejemplo los pies y manos, los mas espuestos al frio ; mientras que el segundo nos lo da igualmente por todas partes y nos ataca la cabeza muy fácilmente : de aquí el dolor de cabeza debilidad que causa una estufa. Cuando se sale de un aposento calentado por una estufa, está uno mas espuesto á resfriarse y á pillar pulmonías, que cuando el aposento lo está por una chimenea. Así, si no teneis necesidad de economizar la preferencia á las chimeneas.

EUG. — Así lo haré efectivamente.

TEOD. — Quería hablaros ahora de los cuerpos que se llaman *diathérmanos*, que son los que dejan pasar, al través de su sustancia, los rayos del calórico como los diáfanos, los rayos de la luz ; mas es

este un asunto delicado, aunque muy interesante, y no lo considero propio para nuestras conferencias : con todo no dejaré de deciros algo. Hay ciertos cuerpos, en efecto, que dejan pasar los rayos del calórico, sin que se deba este paso á su facultad conductriz, sino á una especie de transparencia. La sal gema, el espato de Irlanda, el vidrio, el cristal de roca, la turmalina, el alumbre, etc., son, entre los sólidos, cuerpos diathérmanos : entre los líquidos lo son el aceite de colsa, el de olivas, el eter, el aceite de vitriolo, el alcohol, el agua, etc. Todos estos cuerpos dejan pasar el calórico. El instrumento de que se valen los físicos para apreciar el calórico que los traspassa es el llamado *galvanómetro*, que veremos tratando de la electricidad : cuya sensibilidad es tal que basta acercar la mano para desviar la aguja del galvanómetro muchos grados. Que no se deben los fenómenos de este paso á la facultad conductriz, ó sea elevacion de la temperatura de dichos cuerpos, se prueba con el hecho siguiente. Cogeis una chapa de vidrio y haceis caer en ella rayos de calórico ; este la atraviesa, cuando la chapa tiene libres las dos caras ; ennegreced la cara de la chapa que mira al foco de donde parten los rayos, ya no deja pasar rayos. Sin embargo sabeis que ha de calentarse mas en este segundo caso, en razon de su superficie negra y áspera. Sucede á demas que siempre indica el instrumento el máximo de efecto al cabo de cierto tiempo, aunque sean diferentes los gruesos de las chapas, lo cual no sucedería si los fenómenos fuesen debidos al calentamiento del cuerpo trasparente.

EUG. — Este hecho parece concluyente.

TEOD. — No todos los cuerpos diathérmanos dejan pasar igualmente los rayos del calórico. Un mismo cuerpo deja pasar tanto mas cuanto mas delgado es, y hasta parece que á cierto grado de tenuidad todos los cuerpos dejarían pasar una cantidad igual de calórico radiante. Por delgadas que sean las láminas de metal, nunca se logra volverlas diathérmanas : supónese que lo impide la espesura de sus moléculas.

EUG. — Segun parece esta facultad está en razon del grueso de los cuerpos.

TEOD. — Con todo dicen les físicos que no : los rayos que han atravesado una lámina estan mas dispuestos á atravesar otra.

SILV. — Esto es sumamente estraño : yo no lo atino.

TEOD. — He aqui en que se fundan, tómate una chapa de vidrio y se hace caer en ella cierta cantidad de rayos de calórico, que diremos 100 ; la chapa deja pasar cincuenta, y por lo tanto detiene otros cincuenta. Luego se pone otra chapa que reciba los cincuenta que han atravesado la primera, y solo detiene 15 ; llevándose al traves de ella los 35 restantes.

SILV. — Es raro el hecho, pero es concluyente si es cierto.

TEOD. — Hanse examinado varios cuerpos diathérmanos, y se ha visto que el calórico no los atraviesa todos con igual facilidad. Sobre una cantidad espresada por 100 rayos, la sal gema ha dejado pasar 92, el espató de Irlanda 62, el vidrio de espejos 62, el

crystal de roca 57, la turmalina 27, el alumbre 42, el aceite de olivas 50, el eter 34, el aceite de vitriolo 17, el alcohol 43, y el agua 44.

EUG. — Considerablemente se diferencian en la tal facultad semejantes cuerpos, la sal gema es la que los gana á todos.

TEOD. — Ya veis que casi deja pasar todos los cien rayos.

EUG. — Ocho solo no pueden pasar.

TEOD. — Ahí teneis pues un escelente cuerpo para tapar una chimenea ; recibiendo todo el calor que arroja, sin que salga el humo á incomodaros ni el resplandor del hogar.

EUG. — ¡Cómo! ¿No pasa acaso la luz? ¿acaso no van acordes ambas trasparencias?

TEOD. — Al contrario, hase observado que los cuerpos mas diáfanos son los menos diathérmanos. Por poco que quisieremos reflexionar sobre lo que acabo de deciros acerca de los cuerpos diathérmanos, tal vez hallariamos algunas cosas que modificar en la teoría de la emision, ó irradiacion del calórico : mas basta lo espuesto hasta aquí sobre este punto, tanto mas cuando se hace tarde y es hora que concluyamos. Hoy he recibido algunas cartas, y es preciso que conteste á ellas : así permitidme que dé fin á la conferencia.

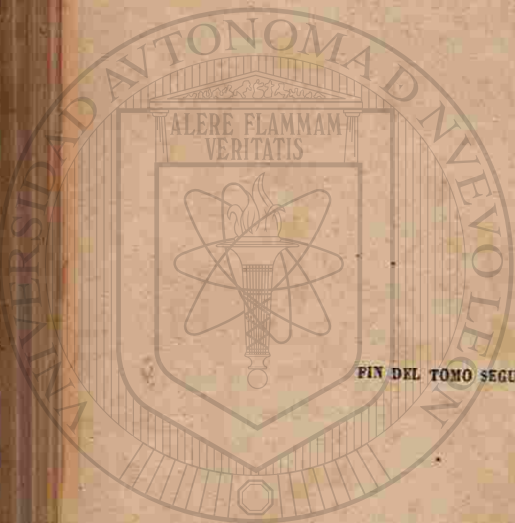
EUG. — Con mucho gusto, amigo ; si es vivo mi deseo de instruirme, aun lo es mas el de no causaros molestia.

TEOD. — Mañana trataremos de la luz, que es tambien asunto interesante.

ETG. — Bueno ya me tendreis aquí temprano, y espero que Silvio hará lo mismo.

SILV. — Y no esperais en vano : con que, Teodosio, hasta mañana.

TEOD. — Hasta mas ver, amigos.



FIN DEL TOMO SEGUNDO.



INDICE

DEL TOMO SEGUNDO.

TARDE QUINTA.

Aplicanse las leyes generales de la materia á los cuerpos líquidos.

- | | |
|--|-----|
| § I. — Trátase de la figura, porosidad, movilidad, divisibilidad é impenetrabilidad de los líquidos. | 7 |
| § II. — Trátase del peso, peso específico, adhesión, cohesión, elasticidad y compresibilidad de los líquidos. | 16 |
| § III. — Pónense algunas proposiciones sobre el peso de los líquidos y se demuestra que sus partes pesan independientemente las unas de las otras. | 26 |
| § IV. — Demuéstrase la presión de los líquidos hácia abajo, hácia los lados, y hácia arriba. | 40 |
| § V. — Del peso de los líquidos en los vasos inclinados, de su presión hácia arriba y de su equilibrio. | 60 |
| § VI. — Trátase del equilibrio de los cuerpos flotantes. | 78 |
| § VII. — De algunas esperiencias curiosas sobre el peso de los líquidos. | 97 |
| § VIII. — Sobre los tubos capilares. | 110 |

- § IX. — Trátase del movimiento de los líquidos, de la refracción que sufre en ellos el paso de los sólidos y del roce que experimentan unos y otros. 422

TARDE SESTA.

Aplicanse las consideraciones generales de la materia á los fluidos elásticos.

- § I. — Trátase de las propiedades generales de los fluidos elásticos, de su peso, de su adhesión y cohesión. 440
- § II. — Trátase de la elasticidad del aire y de sus efectos notables. 459
- § III. — De los efectos de la elasticidad del aire comprimido violentamente. 473
- § IV. — Trátase de la atmósfera, de su peso, y de varios efectos de su presión. 490
- § V. — Esplicanse los efectos de algunas máquinas debidos á la presión atmosférica. Del barómetro. 220
- § VI. — Siguense el mismo asunto. 246
- § VII. — Trátase del equilibrio de los cuerpos que flotan en la atmósfera. 284
- § VIII. — Trátase del movimiento vibratorio de los fluidos elásticos. 311
- § IX. — Trátase de la música, y se esplica como se forma el eco y otras curiosidades acerca del sonido. 325

TARDE SÉPTIMA.

Trátase del calórico, ó sea de la causa del calor.

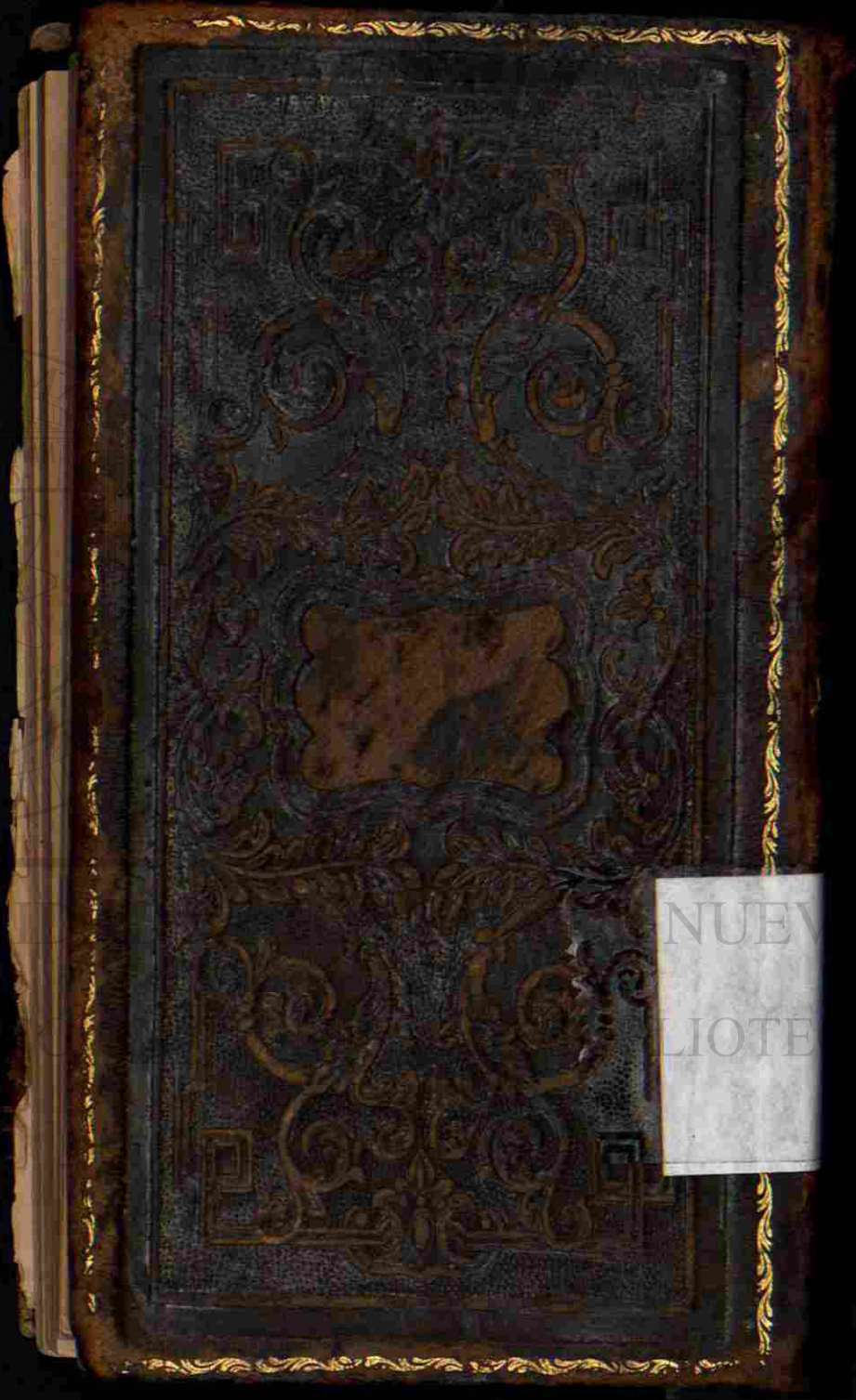
- § I. — Esplicase lo que es el calórico y de que manantiales procede. 344
- § II. — Trátase de la irradiación del calórico, de sus leyes, del modo como lo reciben los cuerpos y como lo irradian á su vez. 361
- § III. — Trátase de la facultad conductriz de los cuerpos para el calórico, del equilibrio de este entre los cuerpos. 379
- § IV. — Porque medios se pone el calórico en equilibrio; del frío y del cambio de volumen. 393

- § V. — Trátase del cambio de estado de los cuerpos por el calórico. 409
- § VI. — De la ebullición y evaporación. 423

TARDE OCTAVA.

Siguense tratando del calórico y de sus efectos.

- § I. — Trátase de los vapores, y se da una idea general de las máquinas de vapor y caminos de hierro; esplicanse ademas algunos fenómenos vulgares. 437
- § II. — Trátase de la medida del calórico, de los termómetros varios que hay para medirlo, del pirómetro, del termómetro diferencial, etc. 455
- § III. — De la capacidad para el calórico. 465
- § IV. — Hácense aplicaciones de los principios espuestos á los metéoros, y se esplica el higrómetro, la niebla y las nubes. 472
- § V. — Esplicase el rocío, la lluvia y la nieve. 484
- § VI. — Trátase de la producción del calórico por medio de los combustibles: de los cuerpos diathérmicos. 497



NUEV
LIOTE