

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.

### § III.

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 partícula 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 partícula*

*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 partículas 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 partícula de materia por sí sola é independientemente de las demas; y las unas no aumentan el peso de las otras.*

*Vª Escepto cuando unas partículas estan á plomo sobre otras, porque entonces, aunque esten desatadas, nunca pueden bajar sin traer consigo las que tienen debajo de sí.*

*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 Cuanto mayor fuere el número de las partículas 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 evidéntísimo, 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<sup>a</sup>. *Los cuerpos que estan igualmente oprimidos hacen igual esfuerzo contra los que les impiden el librarse de la opresion; y por consiguiente,*

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

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

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

Pero, XV<sup>a</sup>. *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<sup>a</sup>); 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). Lllaman *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 líquidos. Lleguémonos 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 movable 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

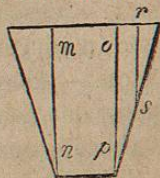


Fig. 4.

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<sup>a</sup>) *que cuando las partículas de materia estan sueltas y desatadas pueden unas bajar sin que bajen las otras, y que entonces (proposicion IV<sup>a</sup>) pesaba cada partícula 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 movable 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 movable, 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 partículas que estan á plomo unas sobre otras* (como ya dije en la proposicion quinta y sexta) *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 admirais 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 dentro<sup>1</sup>, 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

<sup>1</sup> P. Regnault, Entretien. Physiq., tomo 1, página 525.