

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. Aquí 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 agua que e-

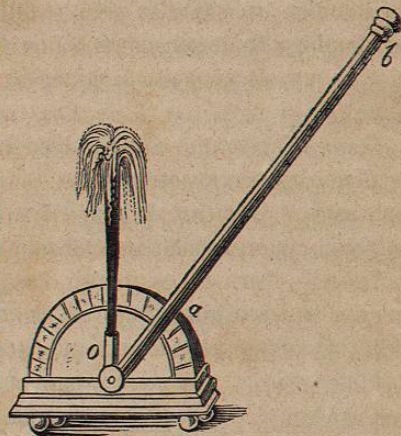


Fig. 10.

chamos 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 subiendo mas alto.

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

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 estarian si allí estuviese 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,

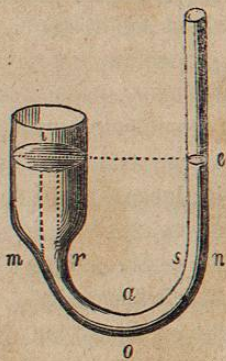


Fig. 12.

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 concuerda 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 engañéis, 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,

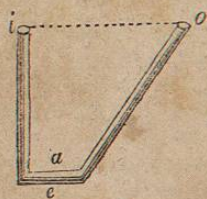


Fig. 15.

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.

EUG. — ¿Y por qué razon 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 linea 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 hácia 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 hácia 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

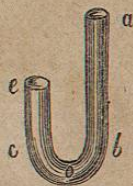


Fig. 14.

de la otra menos: en estas circunstancias ha de ceder á la mayor fuerza, y moverse hácia el cañon *ec* (Proposicion XV). Bien veo que no puedo ir hácia esa parte sin levantar la columna de agua que está allí; pero ha de ir levantándola hácia 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 hácia 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 hácia 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 pesan 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 va 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 dia 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 extraeis 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 líquido 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 estan metidos dentro de algun líquido siempre le aumentan el peso.* Vamos á ver esto con los ojos, despues daré la razon (Fig. 15). 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 *5* 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-

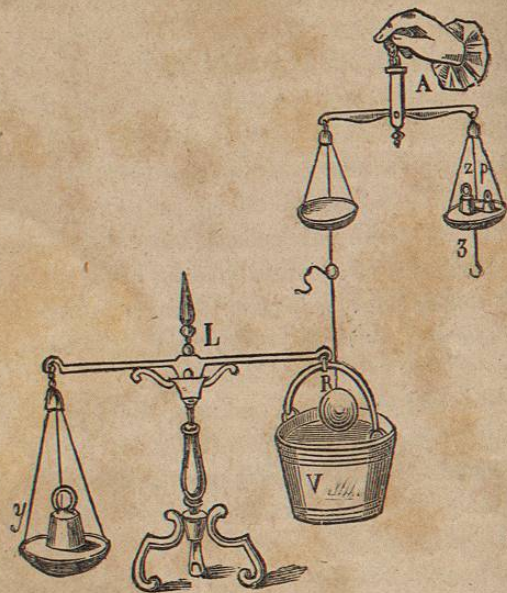


Fig. 13.

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 añadido, 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.

EUG. — 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 cargaria 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 tenia fuera del agua.

SILV. — Está muy bien discurrendo ; 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 cargaria 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 basta 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 .

EUG. — 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 proposicion, que es certísima, se infiere la razon de muchas esperiencias 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

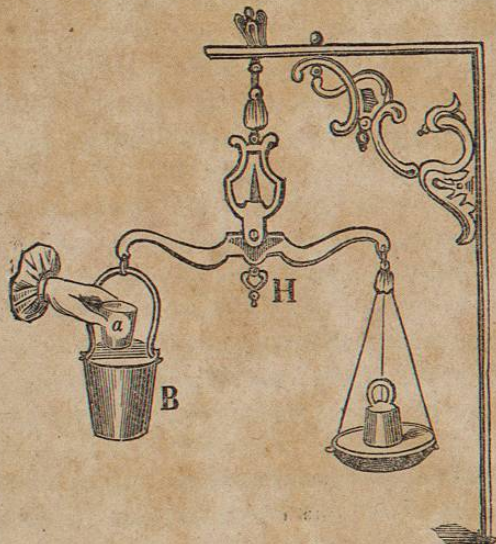


Fig. 16.

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, cuanto 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?