

§ 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 forceja 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 inferís 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 dentro. 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 ampollas de cuero que divierten á los muchachos por el carnaval.

EUG. — Esplicadme 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.



Fig. 70.

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

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 hácia abajo sobre aquel plato? Pues está lleno de agua sin que esta se derrame.



Fig. 71.

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 hácia abajo, ha de crecer el agua del plato, y ha de subir hácia arriba; pero como sobre esta agua carga el aire, hace que ella no suba ni crezca hácia arriba; y así cargando el aire en esta agua de fuera impide que caiga la otra que está allá dentro, no obstante que carga hácia abajo con su peso.

EUG. — ¿Y si abriésemos un agujero en el fondo del vaso caeria el agua?

TEOD. — Al instante.

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 vuél-

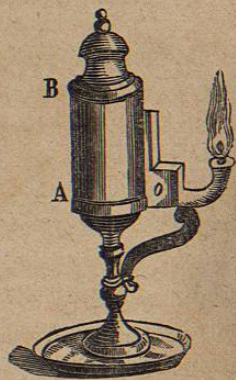


Fig. 72.

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



Fig. 75.

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

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. — Decís 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 ningun 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