

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.

EUG. — 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!

EUG. — 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.

EUG. — ¿ 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.

EUG. — ¡ 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 sí 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 convenceros 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.

TEOD. — 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, ¿síguese 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, tambien 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 40 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 suspenso 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 creíble 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 todavía 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 así 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 vacio? 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 envuelta 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-

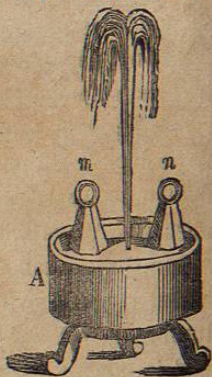


Fig. 65.

do ceñida de cuero puede ajustar bien en él, é 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 líquidos.

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 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-

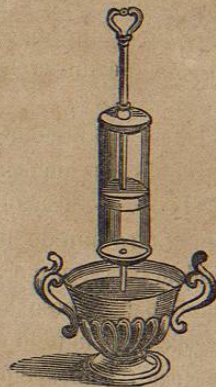


Fig. 64.

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 quisiéreis. 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 líquido (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 líquido no ha de subir el líquido por la jeringa: vamos ahora á ver si la esperiencia nos muestra esto mismo (Fig. 63.). 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 oprimido.



Fig. 63.

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 va 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 explica escelentemente. El peso del aire no es infinito, tiene sus límites; 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. Confirmase 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