

de los cuerpos flotantes” estableció las leyes de la hidrostática, en particular su famoso principio:

“Todo cuerpo sumergido en un fluido experimenta un empuje hacia arriba igual al peso del fluido desalojado y aplicado en el centro de gravedad de ese mismo fluido”.

Otro estudioso de la hidráulica fue Ctesibio, una combinación de artesano y de inventor, cuyas obras se han perdido. Sin embargo, sus discípulos le asignaron algunas innovaciones importantes como la bomba aspirante, el órgano hidráulico y las mejoras de la clepsidra, a la que incorporó una alimentación de nivel constante.

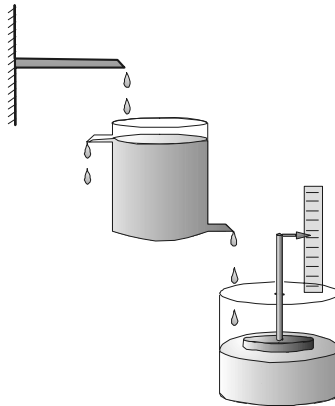


Figura 11. Esquema de la clepsidra de Ctesibio.

Su discípulo, Filón de Bizancio, fue algo más joven que su maestro y ejerció como ingeniero militar. En su haber se encuentra el gran tratado “*Mechanice syntaxis*” que trató de compendiar todos los conocimientos mecánicos conocidos. De dicho libro se conserva una parte que está dedicada a la neumática. En esa obra, Filón describe los inventos de Ctesibio y otros muchos, como el sifón, dedicados a diversas aplicaciones de los fluidos y justificados por experiencias con un claro interés didáctico. De estas, hay dos que son de particular importancia para nuestro interés, porque estableció relaciones entre el calor y el aire.

En el primer experimento trató de poner de manifiesto el consumo de aire por el fuego y consistió en lo siguiente: se disponía una vela encendida sobre un cuerpo que flotaba en el agua de un recipiente. La vela encendida se cubría con otro recipiente invertido cuya boca se sumergía en el agua del fondo. El resultado de la experiencia era que el nivel del agua dentro del frasco invertido subía y la vela terminaba apagándose. La interpretación dada por Filón fue que el fuego consumía el aire, lo que hacía ascender el agua.

La segunda experiencia descrita por Filón correspondió a un termoscopio²⁵, el primero que se conoce por lo que, dada su importancia, se transcriben sus palabras:

²⁵ Un termoscopio es un termómetro sin escala, por lo que no puede medir numéricamente la temperatura.

“El fuego, por su propia naturaleza, está relacionado estrechamente con el aire y por eso lo arrastra con él. Esto se demuestra como sigue. Tómese una esfera de plomo hueca, de manera que posea un espacio en su interior, de un tamaño mediano. No deberá ser demasiado delicada para evitar que se rompa con facilidad, ni tampoco excesivamente pesada. Para la experiencia deberá ser completamente estanca. Perfórese la esfera por arriba e insértese un tubo acodado que casi llegue a su fondo. Sitúese el otro extremo del tubo en otro recipiente con agua. Dispóngase también este extremo, como el primero, muy próximo al fondo, de manera que el agua fluya por él con facilidad. Llamemos a la esfera A, al tubo B y al recipiente C.

En ese caso, yo aseguro que si se expone la esfera al sol, parte del aire contenido escapará cuando la esfera llegue a calentarse. Esto se evidenciará porque el aire saldrá por el tubo sumergido en el agua, agitándola y produciendo numerosas burbujas.

Ahora, si la esfera se sitúa a la sombra, es decir, si no la alcanzan los rayos solares, el agua del recipiente subirá y recorrerá el tubo hasta caer en la esfera. Si entonces vuelve a ponerse al sol, el agua retornará al recipiente; sin embargo, volverá a fluir de nuevo a la esfera si ésta vuelve a situarse a la sombra. Tantas veces se repita esta operación, volverá a suceder lo mismo.

De hecho, si se calienta la esfera al fuego o, incluso, si se vierte sobre ella agua caliente, el resultado será el mismo. Y si después se enfría, el agua pasará del recipiente a la esfera.”

No podría haber empleado Filón un lenguaje más directo y efectivo para describir su experimento. En él debe destacarse su interés por la reproducción del fenómeno y por la variedad de efectos que lo generaban. En realidad, estaba manifestando la capacidad de dilatación de los gases y los efectos que sobre estos ejercía el calor. Sólo le faltó la escala para generar un termómetro, pero la idea de temperatura todavía estaba lejos de establecerse cuantitativamente.

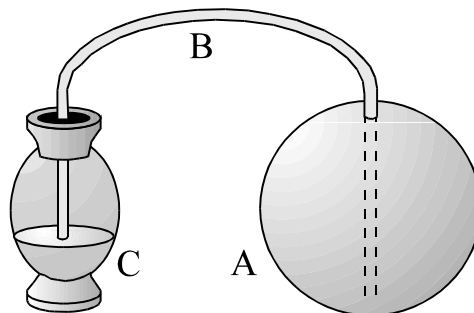


Figura 12. Esquema del termoscopio de Herón.

Herón de Alejandría fue un especialista en máquinas neumáticas a las que añadió algunas aplicaciones interesantes del fuego. En su *“Pneumatica”* recogió inventos, dispositivos y experiencias anteriores, junto con sus propias aportaciones. Los descubrimientos de Herón se plantearon como juguetes o artilugios ingeniosos de dudosa utilidad, aunque su extensión dio lugar, mucho más tarde, a la revolución industrial. En este sentido, puede considerarse la obra de Herón como un antecedente manifiesto de la

dificultad de valorar de manera inmediata la producción científica, siempre sometida al juicio inapelable de la perspectiva histórica.

Entre las aportaciones de Herón se encuentran los dispositivos de apertura automática de las puertas de los templos, de las capillas de los dioses y de las fuentes de agua. Estos ingenios se basaban en el mismo principio: al encender el fuego del altar, su calor dilataba el aire contenido en un depósito que, a su vez, presionaba sobre el agua que cerraba su fondo. Mediante los conductos apropiados, el agua así impulsada o bien llenaba el contrapeso de las puertas para abrirlas o bien giraba la válvula del agua de la fuente, permitiéndole manar.

Herón también puso de manifiesto la fuerza expansiva del vapor de agua, lo que consiguió mediante sus juegos de vapor. Uno de ellos consistió en una pequeña caldera con una salida tubular en su parte superior cerrada por una bola metálica. Al hacer hervir el agua contenida en la caldera, el chorro de vapor era capaz de mantener suspendida en el aire la bola de cierre.

Posiblemente el juguete de vapor más conocido fue la eolipila, una especie de turbina formada por un recipiente metálico esférico, sostenido por un eje horizontal, y que contaba con dos salidas laterales contrapuestas. Al añadir agua al recipiente y hacerla hervir aplicándole una llama a su parte inferior, el vapor salía por los dos orificios laterales generando un par de fuerzas que provocaban el giro continuo del recipiente. La capacidad del calor para vencer a la gravedad y para producir movimiento quedó, así, empíricamente demostrada gracias a los graciosos juegos de nuestro sabio alejandrino.

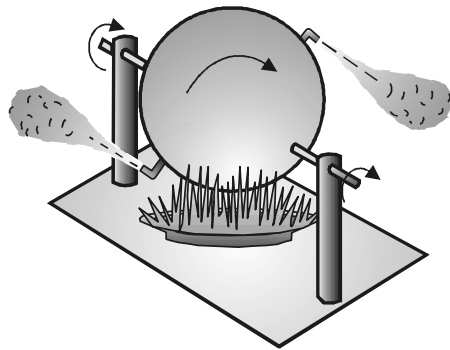


Figura 13. Esquema de la eolipila de Herón.

Las investigaciones que se realizaron en el Museo sobre el sifón y la bomba aspirante hicieron que se discutiera el problema del vacío. En este sentido, Herón aceptó la posibilidad de conseguirlo artificialmente con estas palabras:

“Debe mantenerse, por tanto, que el vacío continuo es imposible, a menos que se ejerza alguna fuerza externa sobre la naturaleza, en cuyo caso el vacío puede crearse por medios artificiales”.

A pesar este planteamiento de Herón, el pensamiento de Aristóteles se impuso en la Edad Media y en el Renacimiento, posiblemente porque Herón fue traducido al latín muy tarde, en 1575. Ello dio lugar a la permanencia axiomática de la idea de que la naturaleza tenía horror al vacío.

La época romana.

Hacia la mitad del siglo II a.C., Roma se extendió hasta ocupar Macedonia y Siria. El joven e impetuoso poder romano dominó todo el mundo griego a excepción de Egipto, que fue posteriormente incorporado por Augusto. La situación cultural atravesó momentos de gran dificultad, pues la mentalidad agrícola de los nuevos dominadores, con una lengua poco evolucionada, chocó con el griego culto y preciso de los dominados. La reacción ante esa situación no se hizo esperar, Marco Porcio Catón, el censor (234-149 a.C.) autor de un amplio tratado sobre agricultura, despreciaba públicamente a los romanos que escribían en griego, a pesar de que él mismo se vio obligado a utilizar muchos de sus términos.

Con el tiempo, los romanos cultivados llegaron a hacerse bilingües e iniciaron un proceso cultural basado en la traducción y la difusión de los conocimientos anteriores, de forma que llegaron al enciclopedismo. A pesar de ello, el mundo romano se mostró siempre más propenso a la realización de obras materiales que al desarrollo del conocimiento abstracto y de la especulación. Cuando llegó a hacer algo en este sentido se dirigió más a los aspectos morales y sociales, que requería el complejo gobierno del Imperio, que al estudio de la naturaleza.

La cultura griega que encontraron los romanos en su conquista griega residía básicamente en cuatro instituciones: Dos de carácter científico, la Academia y el Liceo, que ya conocemos, y otras dos de contenido moral: el Pórtico de los estoicos y el Jardín de Epicuro. Estas últimas habrían de penetrar profundamente en la vida romana. Los estoicos seguían las doctrinas de Zenón de Citio (335-264 a.C.), cuyo propósito residía en fortalecer la conciencia social y política sobre la base del deber personal y de la fraternidad universal. Para ellos la virtud se basaba en el conocimiento y los hombres debían vivir en armonía con la naturaleza y con la razón. Los estoicos siempre mostraron una cierta predilección por la astrología y por otras supersticiones. Por el contrario, los seguidores de Epicuro (341-270 a.C.) profesaban una visión materialista y racionalista del mundo. Defendían que la materia era eterna y que el mundo se desenvolvía sin necesidad de la intervención de los dioses. El alma humana también la consideraban material y consecuentemente mortal, por lo que carecía de sentido cualquier vida posterior a la muerte. Mantenían como actitud moral que la felicidad humana residía en el placer, pero no en el sentido de pasión desordenada, sino entendido como la ausencia de la enfermedad y del dolor.

Bajo estas influencias desarrollaron su actividad los enciclopedistas romanos, de los que citaremos algunos: Marco Vitrubio (s. I a.C.) escribió "*De architectura*", la primera obra que se conoce sobre la técnica de edificación, aunque su carácter enciclopédico la llevó más allá de lo que hoy consideramos como arquitectura. No sólo trató la construcción, con su historia y sus estilos, sino que incluyó la acústica, la decoración, el suministro de aguas y una gran cantidad de máquinas para la paz y para la guerra. Cornelio Celso (S. I a.C.), que tal vez fuera un simple traductor de la obra griega del siciliano Tito Aufidio, publicó "*De artibus*", un tratado de las diversas artes.