

TEOD. — Ahora si quereis, podremos tratar de los vapores, que es materia interesante : mayormente en el dia en que hay tanta máquina de vapor, y que tanto se emplea su pujanza para las necesidades cada dia mayores de la industria.

EUG. — Decís verdad, y me apresto para escucharos con mas atencion que nunca.

SILV. — Pues yo siento declararos que me marcho, tengo mucho que hacer, y sobre todo he de ver dos otros enfermos de cuidado.

TEOD. — Entonces podemos dar por terminada la conferencia de hoy : mañana proseguiremos.

EUG. — Enhorabuena, me conformo.



## TARDE OCTAVA.

SIGUESE TRATANDO DEL CALORICO Y DE SUS EFECTOS.

### § I.

Trátase de los vapores, y se da una idea general de las máquinas de vapor y caminos de hierro; esplicanse ademas algunos fenómenos vulgares.

TEOD. — Esta es la primera vez que llegais ambos á dos á la misma hora.

SILV. — Nos hemos reunido al salir de la ciudad, y hemos llegado conversando : ocioso es decirnos sobre qué.

TEOD. — ¿ Os ha hablado Eugenio de los vapores?

SILV. — Hoy ha visto una máquina de vapor, y está en brasas hasta saber la teoría de los vapores : no podeis figuraros las preguntas que me ha hecho, como si yo fuera un mecánico.

TEOD. — ¿ Con que estais ansioso por saber esta materia?

EUG. — Y de tal suerte que todo el tiempo que

gastamos conversando me parece perdido : así , si quereis darme gusto entrad de lleno en la cuestion.

TEOD. — Mucha prisa traeis amigo : sentaos que llegais fatigado, y vamos á satisfacer vuestra impaciencia. El género de fluido elástico que resulta de la ebullicion y evaporacion espontánea es de una importancia inmensa en la naturaleza general , en la mayor parte de las artes, y en la ciencia de la vida. Para que tengais una idea bien clara y despejada de la teoría de los vapores, vamos á ver su formacion primero en el vacío. Ya habeis visto como en efecto se forma en esta circunstancia, y os voy á decir las leyes que sigue. 1<sup>a</sup>. *La cantidad de vapor que se produce es tanto mayor quanto mas grande es el espacio en que se forma.* Esta ley es muy clara de explicar : los límites del local que recibe el vapor la detienen , si continua formándose de nuevo se espesa, se oprime, y oprime el agua de donde sale; y esto precisamente ha de impedir que se forme mas, así los esperimentos que hemos visto en la máquina pneumática, no tendrían lugar, sino pusieramos el aceite de vitriolo que absorbe el vapor de agua , á medida que se va formando. Si á medida que se forma le damos salida, toda el agua se reducirá á vapor. El mismo líquido, á la misma temperatura, dará mas vapor en un espacio como cuatro , que en uno comodos. 2<sup>a</sup>. *Cuanto mas elevada, es la temperatura del liquido, tanto mas vapor se produce, siendo el espacio igual.* Todo líquido tiende á evaporarse cualquiera que sea su temperatura, y se evaporará sensiblemente en el vacío; quanto mas grados de caló-

rico contenga, puesto que este es el que le hace tender á evaporarse mas tendencia tendrá á ello, y mas vapor se formará : esta fuerza elástica con que marcha el vapor procedente ya de la parte del líquido que tiende á evaporarse se llama *tension de los vapores* , y lo que prueba que el líquido participa de ella es que si se quita la porcion de vapor formado, se forma de nuevo otra cantidad. 3<sup>a</sup>. *En un mismo espacio, y en igual temperatura se forma mas ó menos vapor conforme sea la naturaleza del liquido que lo da.* El aceite de vitriolo, el agua y el eter por ejemplo, bajo igual temperatura y en igual espacio, dan cantidades diferentes de vapor. En general los que hierven á una temperatura mas baja, dan en circunstancias iguales, presiones mas considerables , esto es mas vapor. Ahora que sabeis las leyes que sigue la formacion de los vapores, os diré las propiedades de estos. En primer lugar, sabed que los vapores perfectamente formados son la mayor parte invisibles : el vapor de agua nos bastará para probarlo. El aire mas puro y trasparente contiene vapor de agua enteramente invisible. Rato hace que está hirviendo agua en la chimenea, nos hemos servido de ella, y el vapor que se ha escapado, á manera de humo, se ha esparcido por esta sala, ¿decidme , os ruego , si lo veis?

EUG. — Yo no veo nada, sino las paredes, el techo y los muebles de esta sala , ni el aire veo siquiera.

SILV. — No hallo ninguna dificultad en esto ; pero demostradnos experimentalmente, si podeis, que el aire de esta sala contiene vapor de agua.

TEOD. — Nada mas facil; mezclemos esta porcion

de sal comun que tengo aquí y esta nieve: dejémoslo espuesto al aire en este barreño: de aquí á poco vereis cubierta de una capa blanca la parte esterna del barreño.

EUG. — Ya la percibo, mirad, Silvio.

SILV. — ¿Y bien qué prueba esto? Lo que yo quiero ver es un vapor y no un sólido, y esto que mostrais es sólido.

TEOD. — Es agua helada procedente del agua en vapor que el aire contenia: yo os explicaré como se ha formado. La mezcla que he hecho tiene la facultad de producir una temperatura muy baja, porque la sal tiene mucha afinidad por el agua, y liquida la nieve, para lo cual el agua absorve una cantidad de calórico considerable que toma de los cuerpos circumvecinos, como el barreño, y el aire que lo circunda. La capa de aire que está en contacto con el barreño cede su calórico á este, y este lo da á la mezcla: el vapor de agua contenido en el aire, como se le sustrae calor, se condensa, pasa al estado líquido, moja la pared esterna del barreño, mas como esta sustraccion de calórico es considerable, y se hace con rapidez no solo se reduce á líquido el vapor, sino que se hiela: de aquí esta capa que veis cubriendo el barreño. Si el aire estuviese perfectamente seco, no la veriais seguramente: así como no vereis hielo en un estanque, por frio que haga, sino hay agua.

SILV. — Me habeis satisfecho completamente.

TEOD. — ¿No habeis visto muchas veces hielo en los vidrios de vuestras ventanas y balcones durante el invierno?

SILV. — Algunas veces lo he visto, sobre todo en paisés frios.

TEOD. — Pues este hielo debe su formacion á la misma causa, el aire frio de la calle roba calórico al aire caliente del cuarto; el vapor que este contiene, con la pérdida de este calor se condensa y llega al estado líquido: de aquí ese vaho que empaña los vidrios, y esas gotas que corren por ellos á medida que el vaho es mas intenso, y si tanta es la sustraccion de calórico, esta agua, pues lo es verdaderamente, se hiela. Tambien habeis visto sin duda humear las bodegas durante el invierno: la razon es que el aire de la bodega es mas caliente y dilatado que el de la atmósfera exterior, y por lo mismo tiende á escaparse hácia arriba, luego quese abre la comunicacion de la bodega con el aire exterior el de la bodega se escapa: al salir se halla en contacto con el aire frio, este le roba calórico, el vapor de agua que el otro contiene se condensa y se deja ver á modo de humo.

EUG. — Esta misma razon debe de explicar porque el aliento humea en invierno y no en verano.

TEOD. — ¿Cabal. Cuantas veces habeis notado mas flojedad en vuestros cabellos, mas blandura en vuestro sombrero, y gotear las piedras, que segun el vulgo indican lluvia, siendo así que el cielo estaba despejadísimo?

SILV. — En efecto, y puesto que estos fenómenos se deben á la humedad, esto es, al vapor de agua que estos cuerpos absorven, fuerza es admitir que el vapor de agua completamente formado es invisible.

TEOD. — Facil me seria probar lo propio de la mayor parte de vapores, pero vamos á otra propiedad de estos cuerpos. El vapor ocupa un espacio mucho mas grande que el del líquido que ha servido para formarle: ya os he dicho que el agua, reducida á vapor, ocupa un espacio 1698 veces mayor que el que ocupaba líquida. Otra de sus propiedades, como ya lo habeis visto tambien, es presentar la misma temperatura que el líquido de que procede. El vapor goza ademas de una fuerza expansiva extraordinaria conocida bajo el nombre de *tension*. Vauban hizo esperimentos, y de ellos dedujo que 140 libras de agua en vapor producen una esplosion capaz de hacer saltar una masa de 77,000 libras: sabeis que la pólvora en igual cantidad no produciria el mismo efecto, sino sobre una masa de 50,000 libras. La tension del vapor varia segun las temperaturas. Yo os empeño, Eugenio, cuando tengais tiempo y mas conocimientos, á mirar algun tratado estenso de física, si quereis abarcar toda la cuestion de los vapores relativamente á su tension, pues nuestras conferencias no nos permiten entrar en mas detalles. Vamos ahora á ver el peso específico de los vapores. Determinar este peso ha sido y es para los físicos una cosa tan importante como difícil: han hecho varias tentativas mas ó menos ingeniosas, y Gay Lussac, sobre todo, ha ideado calcular el peso específico de un vapor por el volumen que coje cuando se forma, comparativamente al del líquido de que dimana. Voy á deciros como lo hizo. Cogió una campana de vidrio graduada que volvió boca abajo, en un vaso lleno de azogue que podia calentar á me-

dida de su gusto, luego envolvió esta campana con una especie de manguito de vidrio mas alto que ella y sumergido profundamente en el líquido ó azogue del vaso, este manguito podia llenarse de agua que hacia sumergir la campana. Dispuesto de esta suerte el aparato preparó botellitas de vidrio muy delgado llenas de líquido, cuyo peso y volumen por lo tanto podian determinarse perfectamente. Metida una de estas botellitas en la campana llena de azogue, llegaba á su cima. Luego se calentaba todo hasta hacer hervir el agua contenida en la campana; la botellita se rompía con la esplosion del líquido contenido en ella, y esparciéndose el vapor por la campana ocupaba allí un volumen que era facil apreciar exactamente por medio de la graduacion. Haciendo todas las reducciones necesarias en cuanto á la altura del barómetro, á las diversas presiones del agua y del mercurio del aparato, etc.; determinó con este método que á 100° y bajo la presion ordinaria, el vapor de agua ocupa, como ya os he dicho, 1696,4 veces su volumen de agua líquida, y pesa 10, mientras que igual volumen de aire tambien á 100 pesa 16. Mas dejemos este y otros puntos que aun cuando interesantes para físicos ex-profeso, estoy viendo que no os divierten, y pasemos á otra cosa mas agradable: quiero hablar de la esplicacion de la fuerza del vapor á los efectos mecánicos.

EUG. — No podiais escojer materia mas agradable para mí; esplicadme como se conducen esas fábricas y esos barcos que el vapor mueve; pues es cosa que me pica mucho la curiosidad.

TEOD. — Yo no os esplicaré aquí el mecanismo ó

sea la construccion detallada de las máquinas de vapor, porque esto pertenece á la mecánica aplicada<sup>1</sup>. Con todo os daré alguna idea de la fuerza del vapor y del modo como la han empleado y emplean hoy dia. El empleo del vapor en la mecánica industrial ha mudado la faz de la industria humana, facilitándole potencias en cierto modo ilimitadas y mucho menos dispendiosas que todas las que habian estado hasta su descubrimiento á sus alcances. La primera idea que ha sugerido el empleo del vapor fué un experimento bien sencillo. Si se pone agua en un tubo ó cañuto de hierro bien tapado ó soldado por un cabo, y se cierra el otro con un tapon de madera, hundido con solidez, calentando el aparato llegará un momento en que será arrojado el tapon con mucha fuerza. Esta observacion, pues, tan sencilla, dió lugar al empleo de una fuerza muy superior como ya os he dicho, á la de la pólvora. Voy á trazaros la historia de este descubrimiento.

EUG. — Esto os iba á proponer.

TEOD. — Inglaterra y Francia se han disputado, como los pueblos de la antigua Grecia la cuna de Homero, el mérito de la invencion de la máquina de vapor. Uno de los primeros sabios de Europa, Arago, dice sobre este particular, que buscar un inventor único de la máquina en cuestion es meterse en un laberinto sin salida, pues es preciso buscar muchos. El relojero mas instruido en la historia de su

<sup>1</sup> El que quiera detalles sobre este particular lea entre otras las obras siguientes: Bresson, *Traité élémentaire de mécanique appliquée aux sciences physiques et aux arts*; Tredgold (Thomas) sus obras.

arte, añade dicho sabio, se quedaria punto en boca delante del que le preguntase en términos generales, cual es el inventor de los relojes, mientras que responderia fácilmente si se le preguntase cual es el inventor de cada una de las piezas que han ido perfeccionando esta utilísima máquina<sup>1</sup>. Vamos pues á ver quienes fueron los que abrieron el camino á las máquinas de vapor que tanto nos sirven hoy dia. Hay una obra escrita en Frances, publicada en 1615, de un tal Salomon de Caux, que la dedicó á Luis XIII, donde se propone levantar el agua por medio del vapor. En 1665 el marques de Worcester, Ingles, despues de haber visto que el vapor de su puchero habia hecho levantar la tapadera, renovó al menos en teoría la idea de Salomon de Caux, por lo cual sus compatriotas le atribuyeren el bello título de inventor de la máquina á vapor. En 1668 se publicaron en las Actas de Leipzick las ideas de otro frances Papin, el cual imaginó el primero hacer mover un émbolo por medio de la fuerza elástica del vapor y de su condensacion. Antes de acabar de esponer lo que hizo Papin dejadme deciros que en 1698 Savery ejecutó en Inglaterra lo que habian proyectado Caux y Worcester. Papin, realizaba su proyecto poniendo agua en una bomba, la reducía á vapor calentándola, el émbolo se alzaba y condensaba el vapor quitando el fuego, este émbolo caía. Todos los demas perfeccionadores no han hecho otra cosa que levantar y bajar el émbolo; pero se han valido de otros medios menos dispendiosos y

<sup>1</sup> Arago, *Annuaire pour l'an 1839*, etc., pág. 274.

mas cómodos para producir este movimiento alternativo, y por lo tanto tienen su mérito en la máquina. En 1705, Newcomen y sus asociados construyeron la primera máquina puesta en movimiento por la condensacion del vapor de agua, la cual conseguian haciendo llegar á las bombas agua fria en vez de retirar el fuego como lo hacia Papin. Cierta dia observan los constructores de la máquina que su émbolo va mas aprisa de lo que hasta entonces habia ido, examinan la máquina y hallan el émbolo agujereado y que algunas gotas de agua fria caian en la bomba, á modo de lluvia y condensaban el vapor. Esto les dió ocasion de añadir á la máquina la bola de regadera que lanzaba una lluvia de agua fria en el interior del cilindro, en el momento en que debia bajar el émbolo, y los movimientos alternativos de arriba abajo adquirieron toda la velocidad deseada. Otra casualidad acarreó otro progreso. La máquina de Newcomen necesitaba toda la atencion de una persona que cerrase y abriese sin cesar ciertas espitas, ya para introducir el vapor de agua en el cilindro, ya para lanzar en él el agua fria destinada á enfriar ó condensar el vapor. Cierta dia, un muchacho llamado Enrique Potter, ocupado en esta tarea, oyó los gritos de regocijo de sus camaradas que se estaban divirtiendo, y esto le dió las mas vivas ganas de ir á participar de su contento; pero su ocupacion no se lo permitia: exáltase su cabeza, la pasion le da genio, como dice Arago, y observa cosas y relaciones que hasta entonces no le habian llamado la atencion. De las dos espitas, una debia abrirse en el momento en que el balancin que Newcomen introdujo tan útil-

mente en estas máquinas ha llegado al término de su oscilacion descendiente, y era menester cerrarlo, precisamente al fin de la oscilacion opuesta. La maniobra del segundo era de todo punto lo contrario. Con esto vió Potter que habia una dependencia necesaria entre el balancin y las espitas; se apoderó de esta observacion, reconoció que el balancin podia servir para dar á las demas piezas los movimientos que exige el juego de la máquina, y realizó al instante lo que acababa de concebir; ató unos cordones á las cigüeñuelas ó manijas de las espitas, por un cabo, y por el otro á ciertos puntos convenientemente elegidos del balancin; y hecho esto el balancin tiraba de unos cordones cuando se levantaba, y de otros cuando descendia, haciendo mover con esto las espitas por sí solo, y sin necesidad del muchacho; desde cuyo momento la máquina anduvo por primera vez sin mas concurrente que el fullero, ó encargado del fuego, que calienta el agua de la caldera. A los cordones de Potter los constructores añadieron, en vista del buen resultado, varillas rígidas verticales, que luego han sido substituidas perfeccionándose cada dia mas el invento; hasta que llegó Watt á quien se deben todas las mejoras de estas máquinas. Este célebre mecánico inglés ideó condensar el vapor en una cavidad distinta de la bomba, á fin de no enfriar esta, é indicó la ventaja que podria sacarse dejando dilatar el vapor; él fué el primero que construyó la máquina de doble efecto, haciendo obrar sucesivamente el vapor encima y debajo del émbolo; él imaginó lo que se llama el paralelógramo articulado, empleó como medio de