la naturaleza de los cuerpos; pues que desde luego se echa de ver que en igualdad de todas las demas circunstancias, el cuerpo que haya necesitado mayor cantidad de calor para elevar un grado de temperatura, habrá de desprender mayor cantidad para el descenso de ese mismo grado, ó lo que es lo mismo, radiará tanto mas cuanto mayor sea su capacidad calorífica. Sucede lo mismo en las dilataciones, pues que el cuerpo se dilata en razon del calor recibido y no de lo que marca el termómetro; así es que nada tiene de extraño que el coeficiente de dilatacion sea diferente para cada cuerpo, puesto que el calor necesario para elevar su temperatura de un grado es tambien diferente en cada uno, y tampoco debe sorprender que el coeficiente aumente con la temperatura, puesto que tambien aumenta la capacidad calorífica.

En la conductibilidad se nota que tambien tiene influencia esta propiedad en la razon de una y otra progresion, ó sea en la rapidez del descenso de temperatura á una distancia dada del orígen. Vemos por todo esto que la cuestion de las capacidades caloríficas, no solamente es importante por sí misma, sino que arroja una nueva luz que permite explicar y profundizar los fenómenos de que anteriormente nos hemos ocupado.

LECCION LI.

Cambio de estado de los cuerpos.—Tránsito de sólido á líquido y vice versa.—Calor latente.—Medios de apreciarle.

213. Desde las primeras lecciones hemos admitido que el cambio de estado de los cuerpos era producido por el agente llamado calor; pero en la altura que ya nos encontramos se debe averiguar del modo que estos tránsitos se verifican. Hemos expuesto, al tratar de las dilataciones, las condiciones necesarias para que un cuerpo se halle en uno ú otro de los tres estados en que puede presentarse; así que concebiremos muy bien que un cuerpo sólido sufriendo la accion de un foco de calor, debe dilatarse, é ir por consiguiente aumentando la fuerza repulsiva, y disminuyendo la atractiva hasta llegar á ser ambas iguales, ó estar en equilibrio, en cuyo caso el cuerpo pasará y se hallará en estado líquido.

Estudiando detenidamente el fenómeno, se observa que, para que el cambio de estado se verifique, es indispensable que la accion del foco de calor no cese, ni el cuerpo se aleje de su inmediata esfera de actividad; y ademas, que el tránsito no se verifica de un modo brusco, sino que va produciéndose sucesivamente, aunque con mas ó menos rapidez, segun la energía del foco. Se observa tambien que la temperatura del cuerpo se eleva hasta empezar á convertirse en líquido, en cuyo caso permanece estacionaria, en tanto que el cambio se verifica, y continúa elevándose luego que todo el cuerpo se ha reducido á líquido. Esta temperatura fija es siempre la misma para cada cuerpo, y diferente para cada uno de ellos.

Esta es la razon de elegir para uno de los puntos fijos del termómetro la temperatura del hielo fundente, porque siempre es la misma, y como permanece constante todo el tiempo que dura la licuacion, nos facilita el marcarla con exactitud. Allí se pone cero, porque es el principio de la escala; pero pudiera ponerse otro número cualquiera, como resulta en el termómetro de Farenheit, toda vez que este punto es el cero del aparato, pero no el cero de calor que siempre nos será desconocido.

Importa mucho averiguar qué se hace del calor que el foco emite durante el cambio de estado, puesto que es insensible al termómetro. Este calor queda oculto en el cuerpo, como lo prueba su aparicion ó desprendimiento al regresar al estado sólido; así ha recibido el nombre de *calor* ó *calórico latente:* este calor se emplea en mantener las moléculas á las distancias necesarias para que el cuerpo afecte el estado líquido, y no influye ni se hace sensible en la temperatura del cuerpo.

214. Tampoco la solidificacion ó regreso de los cuerpos de líquido á sólido se verifica de un modo brusco ó instantáneo; pero aquí ya se hallan causas que hacen que este punto no sea tan fijo como el de la licuacion, por cuya razon se ha destinado para punto fijo del termómetro el de la fusion del hielo y no el de la solidificacion del agua. Con efecto, y dejando aparte que el agua sea mas ó menos pura, lo que en realidad constituye ya un líquido diferente, este cuerpo puede estar algunos grados bajo cero sin congelarse, lo cual se verifica estando el líquido en una tranquilidad perfecta, ó introducido en tubos capilares.

Líquidos hay tambien, como el éter y el alcohol, que no se solidifican nunca, por cuya razon se prefiere el alcohol al mercurio en la construccion de termómetros que hayan de servir para muy bajas temperaturas; no solo porque el mercurio se solidifica á 40°, sino que el coeficiente de dilatacion del mercurio no puede mirarse como constante hasta este punto; y el del alcohol que no lo es en temperaturas altas por hallarse cerca de su punto de ebullicion, que es á 78°, tiene toda la regularidad deseada en las bajas temperaturas.

La medida del calor latente puede efectuarse al pasar el cuerpo de sólido á líquido, ó en el cambio contrario; esto es, puede medirse cuando le absorve, ó tambien cuando le desprende, ó pasa, como se dice, á ser *calórico sensible.* El procedimiento no difiere sensiblemente del método de las mezclas, espuesto con otro objeto y en otro lugar; todo está en poner el cuerpo que haya de liquidarse en contacto con el mismo cuerpo, á fin de que la capacidad calorífica sea tambien la misma, á una temperatura suficientemente elevada para que la fusion sea completa, y tomar la temperatura final que nos dirá la cantidad que ha absorvido la parte sólida para liquidarse.

Así es que si ponemos una libra de agua líquida á 0° con otra libra á 79° resultan dos libras á la temperatura media de 39,5: pero si empleamos una libra de hielo à 0° y otra de agua á 79°, obtendremos dos libras de agua á 0°; luego los 79° de la una libra han sido empleados en fundir la otra, y por lo tanto el número 79° expresa el calor latente del agua.

Esto explica la dificultad de congelarse el agua en grandes masas, porque para

verificarlo está desprendiendo 79° de calor que influyen en el ambiente y retardan la operacion; y del mismo modo, teniendo para liquidarse que absorver los mismos 79° y habiendo de sacarlos del recinto y de los cuerpos circunvecinos, explica perfectamente el frio que se advierte en la inmediacion de un depósito de agua que se deshiela.

LECCION LII.

Tránsito de líquido á vapor y regreso de éste al estado líquido.—Calor latente del vapor de agua.

215. En el tránsito de los cuerpos de líquido á vapor se verifica tambien como en el de sólido á líquido una absorcion de calor, puesto que el cambio no tiene lugar de un modo brusco, y que un termómetro introducido en la masa indica una temperatura constante en todo el tiempo que dura la produccion del vapor. No podemos decir aquí sin muchas restricciones que siempre tenga lugar el tránsito á una misma temperatura, pues hay no pocas causas que la hacen variar, como veremos en la leccion siguiente.

Este calor latente de los vapores se desprende y pasa á ser libre en el regreso del cuerpo al estado líquido, como se verificaba en el paso de líquido á sólido. En este caso, como en los anteriores, se observa que el calor latente es diferente para cada cuerpo; lo que está conforme con su diferente conductibilidad y poder radiante, y sobre todo con la diferente capacidad calórica.

Para medir el calor latente de los cuerpos líquidos hemos visto en la anterior leccion el medio que puede en general emplearse, que consiste en averiguar directamente por el método de las mezclas la cantidad absorvida que es exactamente el calor latente que buscamos; en el caso presente, en que se trata de averiguar el calor latente de los vapores, es necesario valerse del medio que pudiéramos llamar contrario, esto es, medir el calor que desprenden al regresar al estado lìquido; así es como se ha averiguado que el agua en vapor abandona una cantidad de calor capaz de elevar á 543° una cantidad igual de líquido á 0°, ó elevar de 1° una masa del mismo líquido 543 veces mayor. Este número 543° espresa el valor latente del vapor de agua á 100°, que es la temperatura ordinaria de su formacion; pero el calor total viene representando por la suma, y es por consiguiente igual á 643°.

Este calor latente no es constante á todas las temperaturas, siendo tanto mas considerable cuanto éstas son mas elevadas.

La considerable cantidad de calor que abandona el vapor de agua, le hace muy á propósito para calentar un baño, ó para otros usos parecidos; así se emplea tambien para calentar las habitaciones dirigiéndole por tubos metálicos para que sean buenos conductores, y ennegreciéndolos exteriormente para que radien el calor en el recinto que se trata de calentar.

El calor latente que obsorven los cuerpos al reducirse á vapor explica el frio

producido en estos casos; así es como se advierte un gran descenso de temperatura echando en la mano algunas gotas de un líquido volátil, pues que al reducirse á vapor ha de absorver necesariamente el calor latente necesario, y en la ausencia de foco de calor que inmediatamente le produzca tiene que sacarlo del cuerpo ó cuerpos mas inmediatos: así es que roba calor de la mano, dando lugar al frio ó descenso de temperatura que experimentamos. Siempre que los líquidos se reducen á vapores, sin hallarse en contacto con un foco de calor, producen frio en los cuerpos que se hallan al derredor, como acabamos de explicar; así es como se enfria el agua en nuestras alcarrazas, las cuales consiste su bondad en que sean muy porosas para que se recubran exteriormente de una capa de líquido, que reduciéndose á vapor roba calor del vaso y del agua que contiene, y la enfria con tanta mas rapidez cuanto la capa líquida se renueva mas prontamente, para evaporarse como la anterior y ser reemplazada por otra, que produce á su vez el mismo efecto, y así continuando.

LECCION LIII.

Ebullicion.—Vaporizacion.—Evaporacion.

216. Para la produccion de los vapores, cuando el líquido se halla en comunicacion inmediata con el foco de calor, se necesita la presencia del fenómeno que denominamos *ebullicion*. Sabemos que un líquido calentado por la parte inferior produce corrientes de moléculas calientes que suben por las paredes, y de moléculas que hemos llamado frias, que descienden por el eje; esto nos dice que las capas inferiores son las que, permaneciendo el vaso al fuego, tienen siempre mas elevada temperatura, y como aumentando el calor, la fuerza de cohesion del líquido se va debilitando, llegará un momento en que sea nula, y en que por consiguiente la capa inferior, que por lo que va dicho será la primera que se halle en este caso, se reduzca á vapor, y por consiguiente se eleve al través del líquido para dejar sitio á otra que adquirirá el mismo estado, se elevará á su vez, y así prosiguiendo.

Si colocamos una vasija con agua encima de un foco de calor, observarémos primeramente una especie de silbido que proviene del aire que se dilata, se desprende y se eleva para lanzarse á la atmósfera; en seguida empieza un ruido sordo, como vulgarmente se dice, que va aumentando sin cesar como si fuese aproximándose, y se produce al mismo tiempo una agitacion creciente en la masa líquida, lo cual proviene de que las capas líquidas del fondo, reducidas á vapor y elevándose en virtud de su menor densidad, llegan á capas mas frias que liquidan á las primeras, pero abandonando éstas, la gran cantidad de calor latente que poseen, calientan al líquido de modo que permita el libre paso del vapor que llegue en seguida: así es que las burbujas de vapor formadas en el fondo estallan en capas cada vez mas próximas á la superficie, lo que produce el ruido de que antes hemos hablado; finalmente, las burbujas llegan á la superficie donde estallan, el vapor se lanza á la atmósfera y la ebullicion se verifica plenamente entonces.

El líquido para hervir tiene que vencer la cohesion de sus moléculas, la adherencia con las paredes, ó mejor con el fondo de la vasija y la presion atmosférica, á la que hay que añadir, puesto que el vapor se forma en el fondo, la presion que la columna líquida produzca sobre el mismo. La diferente cohesion que debe vencer el líquido para reducirse á vapor, puede explicarnos por qué el punto de ebullicion no es el mismo en los diferentes cuerpos en igualdad de todas las demas circunstancias: la adherencia con la sustancia de la vasija nos dice por qué hierven los líquidos, antes cuando los vasos son metálicos que cuando son de vidrio ó porcelana; y finalmente, la influencia de la presion nos explica la razon de hervir mas pronto los líquidos en vasos de poca profundidad que en los que tienen considerable, y la observacion y la experiencia dan que el punto de ebullicion varía con la presion barométrica, lo que se concibe muy bien, puesto que es un peso ú obstáculo que se opone á la difusion del vapor.

Ahora comprenderemos la razon de elegir el punto de ebullicion del agua para punto fijo del termómetro, y la necesidad de las precauciones que allí esplicábamos, inclusa la de no introducir el aparato en el líquido y solo rodearle con el baño de vapor producido, porque la única capa que tiene la temperatura del vapor formado, y que designamos por 100°, es la superior, pues en las demas la temperatura crece con la profundidad de la masa.

La influencia de la presion barométrica nos da medios de anticipar ó retardar el punto de ebullicion de los líquidos. Efectivamente, en el vacío puede hacerse hervir el agua á una temperatura de 35° á 40°, y los demas líquidos análogamente; y si queremos retardar el punto de ebullicion, nos valdremos de la llamada olla ó marmita de Papin, que consiste en una vasija de bronce (*fig.* 98) de paredes gruesas, cubierta con una tapadera sujeta fuertemente con un tornillo; en ella conseguirémos elevar la temperatura del líquido sin mas límites que los de la resistencia del vaso, pues que, no pudiendo lanzarse el vapor á la atmósfera, se forma una artificial que impide la ebullicion, y la temperatura puede elevarse como hemos dicho. Por esta razon advertiamos en la graduacion del termómetro que el vaso en que hervia el agua quedase abierto, pues de otro modo la temperatura no seria la que necesitamos. Por la misma razon, el termómetro de alcohol, aunque el líquido hierve á 78°, puede marcar 100°, y aun mas, pues que hallándose cerrado, forman los vapores la atmósfera artificial de que hemos hablado.

217. Este modo de producirse los vapores recibe el nombre de *vaporizacion*, y se da el de *evaporacion* á los producidos sin foco inmediato de calor, ó digamos sin ebullicion. Los líquidos están siempre evaporándose mas ó menos ràpidamente, y el calor latente necesario lo sacan de los cuerpos circunvecinos, del aire y del líquido mismo; por esta razon la evaporacion produce frio, como hemos examinado en la leccion anterior. Fundándonos en esto, se puede llegar á helar el agua en el vacío; se coloca una vasija metálica de poco fondo con el agua destinada al experimento, se pone en su inmediacion un vaso con ácido sulfúrico concentrado, y se hace el vacío; la evaporacion es rápida, puesto que no hay el obstáculo de la presion del aire, mas esto produciria poco porque esta presion se

reemplazaria pronto con la que produjese la fuerza elástica del vapor emitido, pero el ácido sulfúrico absorve los vapores á medida que se forman, y por consiguiente el vacío y la evaporacion continúan, el calor latente necesario es producido por el agua misma, la que por consecuencia se enfria hasta el punto de congelarse.

La evaporacion difiere de la vaporizacion en el modo y en la rapidéz de formarse los vapores; en la vaporizacion se forman en el fondo y atraviesan la masa líquida para dirigirse á la atmósfera, y en la evaporacion se producen en la superficie; en la vaporizacion se desprenden rápidamente, pues la presencia del foco calorífico comunica todo el calor latente necesario; en la evaporacion la produccion es mas lenta porque ha de sacar el calor latente, segun va dicho, del recinto y de los cuerpos que le rodeen; pero el vapor es idéntico en ambos casos, y por uno y otro procedimiento puede hacerse desaparecer el líquido de una vasija.

LECCION LIV.

Tensiones de los vapores.—Medida de sus fuerzas elásticas.

218. La cantidad de vapor que un líquido puede emitir está modificada por la naturaleza del mismo, por la temperatura y por la capacidad del recinto. Los líquidos situados en recintos iguales y á la misma temperatura, no emiten la misma cantidad de vapor; así como un mismo líquido en un mismo recinto no emite tampoco la misma cantidad de vapor á todas las temperaturas, produciendo mayor cantidad cuanto mas alta sea ésta, y tambien un mismo líquido, y á una temperatura dada producirá tanto mas vapor cuanto mayor sea la capacidad del recinto. Resulta de aquí que un líquido dado, colocado en un recinto determinado y á una temperatura dada, no emite tampoco mas que una cantidad dada de vapor y cuando esto se ha verificado se dice que el recinto está *saturado* de vapor.

Los vapores en virtud de su fuerza elástica desenvuelven una tension variable con la naturaleza del líquido y creciente con la temperatura, cuyo maximum se halla respectivamente en el punto de saturacion. Los líquidos producen la misma cantidad de vapor en un recinto dado, ya esté vacío ó se halle ocupado por aire ó por otro gas; solo hay diferencia en la rapidez de la formacion, pues que en el vacío ésta es instantánea, y en el aire es mas lenta por tener que acomodarse sucesivamente el vapor en los intersticios de aquel fluido.

Para demostrar la influencia de las circunstancias examinadas y medir las fuerzas elásticas de los vapores en las temperaturas ordinarias, se emplea el que se ha convenido en llamar *barómetro de vapor*, que consiste (*fig.* 99) en un barómetro ordinario con una cubeta muy profunda; se le concluye de llenar al construirle con una porcion del líquido cuyos vapores queremos examinar, el cual al invertir el tubo se dirigirá á la parte superior en virtud de su menor densidad, quedando por lo tanto sobre la columna de mercurio, terminada que sea la construccion del

aparato. El líquido producirà los vapores necerarios para la saturacion de la cámara barométrica, quedando aun sobre el mercurio una parte de líquido que suponemos en exceso; la fuerza elástica de los vapores en este caso se hallará medida por la diferencia entre la altura del mercurio en este barómetro y en otro comun y ordinario. Así dispuesto el aparato, y visto que podemos variar de cuerpo para estudiar la influencia del mismo, hallamos que no hay tampoco dificultad en variar la temperatura y la extension ó capacidad del recinto; haciendo variar la temperatura, se observa que á medida que ésta aumenta, el mercurio desciende y el líquido que se halla encima disminuye, lo que nos dice que la cantidad de vapor y la fuerza elástica aumentan con la temperatura; si conservamos la temperatura invariable y hacemos variar la capacidad de la cámara barométrica, lo que estará reducido á introducir mas ó menos el tubo en la cubeta, notaremos que al disminuir el recinto, aumenta la cantidad de líquido, lo que proviene de que una parte de vapor abandona su estado elástico, pero la altura de la columna mercurial no varía, lo que prueba que la fuerza elástica permanece la misma: si por el contrario aumentamos la capacidad sacando en parte el tubo de la cubeta, observaremos que el líquido disminuye por la produccion de nuevos vapores, pero la fuerza elástica permanece aun la misma, como lo prueba la constancia en la altura del mercurio. Esto nos dice que hay una tension maximum para los vapores, de lo cual no participan los gases, los que aumentarian de fuerza elástica al disminuir la capacidad y disminuirian al aumentarla; debe sin embargo tenerse presente que á los vapores les pasaria lo que á los gases en el caso de haber puesto poco líquido y que todo se hubiese reducido á vapor.

219. Si necesitásemos conocer las fuerzas elásticas de los vapores en temperaturas inferiores á 0°, se emplearía el mismo aparato, solo que se encorvaría la parte de tubo correspondiente á la cámara barométrica para introducirle en un vaso que contuviese una mezcla frigorífica convenientemente dispuesta.

Si quisiésemos determinar las fuerzas elásticas en temperaturas superiores à 100°, habria que colocar el líquido en una caldera y servirse de un manómetro ó tubo de Mariotte para averiguarlo.

Si en el barómetro de vapor elevamos suficientemente la temperatura, observaremos que á la correspondiente á la ebullicion del líquido allí encerrado, todo el mercurio cae á la cubeta, lo que nos dice que á la temperatura de la ebullicion los vapores de todos los líquidos poseen una fuerza elástica igual á la presion atmosférica. Siendo esto así, parece que las fuerzas elásticas deben ser las mismas en puntos que disten igualmente del de ebullicion; es decir, que siendo iguales las fuerzas elásticas en el vapor de agua á 100°, en el de alcohol á 78° y en el de éter á 37°, deberán serlo á 100° — 10° = 90° en el agua, á 78° — 10° = 68° en el alcohol, y á 37° — 10° = 27° en el éter. Esta ley sin embrargo no es exacta mas que para los líquidos muy volátiles, y aun en estos para puntos poco distantes del de ebullicion.

220. La densidad de los vapores no puede hallarse por el mismo procedimiento empleado para los gases, porque vemos que la mas ligera presion liquidaría una parte. Se toma una campana de vidrio de una altura bastante menor que la media correspondiente al barómetro en el punto de que se trata, se la divide en partes de igual capacidad, se la llena de mercurio y se la invierte en una caja de hierro llena del mismo metal. Se toma una esferilla de vidrio soplado y se la pesa cuidadosamente, se la llena del líquido, cuyo vapor se trata de examinar, y pesándola de nuevo, nos dará el peso del líquido contenido. En este estado se introduce por debajo de la campana la esferilla de que se trata; la cual se dirigirá por su menor densidad á la parte superior del aparato; se calentarà éste hasta conseguir que la esfera estalle por la dilatacion del líquido y que éste se reduzca á vapor, y la parte de campana que ocupa, nos dará el volúmen de vapor producido por una cantidad conocida de líquido, ó lo que es lo mismo, se conocerá el peso de un volúmen de vapor en circunstancias tambien conocidas de temperatura y de presion. Dividiendo este peso por el de un igual volúmen de aire, tomado en iguales circunstancias, se tendrá la densidad buscada.

Hemos visto que por un ligero aumento de presion ó un pequeño descenso de temperatura, los vapores regresan al estado líquido; los gases permanentes pueden tambien liquidarse, y aun solidificarse por un aumento grande de presion y un descenso conveniente de temperatura; verdad es que no todos se han conseguido liquidar, y solidificar solo al ácido carbónico, pero no podemos asegurar si la imposibilidad existe en estos cuerpos, ó si, lo que es mas probable, consiste en la ineficacia de los medios empleados hasta el dia.

LECCION LV.

Fenómenos meteorológicos dependientes del calor.—Rocío.—Escarcha.—Nubes.—Nieblas.—Lluvia.—Nieve.

221. El calor produce, ya en la tierra que habitamos, ya en la atmósfera, fenómenos notables y de gran importancia, tanto en sus detalles como en sus resutados. Al dar cuenta de la construccion del termómetro expusimos la del termometrógrafo ó termómetro de máxima y mínima; el cual puede ser muy útil en la investigacion de las temperaturas medias del dia para venir á parar en la determinacion de la del año, y por fin en la que corresponda al paraje en que la observacion se practique. Reunidas las observaciones de las temperaturas medias de los diferentes puntos del globo, se procede á señalar sobre el mismo las *líneas isotermas* ó de igual temperatura media, las cuales no coinciden con los paralelos, sino que son curvas particulares, cuya forma y posicion varía con el tiempo.

Si dirigimos nuestras investigaciones al interior de nuestro planeta, hallamos que la temperatura varía con la profundidad, y que á distancias de la superficie, variables para cada lugar, se encuentra una *capa invariable* ó de temperatura fija, mas abajo de la cual la temperatura aumenta con la profundidad.

Si nos consideramos elevados en la atmósfera, hallamos una temperatura decre-

ciente á partir de la superficie terrestre, la cual llega á ser con la altura la que se llama *línea de nieves perpétuas*, que tambien forma una curva elevada diferentemente en los diversos paises sobre el nivel del mar. En esta misma atmósfera el calor, elevando el aire de unas regiones y determinando al mas frio de las inmediatas á precipitarse sobre las primeras, da lugar á los *vientos* que barren la superficie del globo, y que llegan en algun caso á convertirse en *huracanes* que derriban árboles y edificios.

La explicacion de todos estos fenómenos la hallamos en el calor que el sol radia sobre la tierra en cantidad variable en las diferentes estaciones; no tanto á causa de su distancia, distinta en cada una de ellas, sino de su oblicuidad respecto á cada uno de los paises del globo: á esta causa se agrega la del calor que radia éste, procedente del *calor central* que posee, y que puede explicarse de diversas maneras.

222. Hallándose las tres cuartas partes del globo recubiertas de aguas, se concibe sin dificultad la prodigiosa cantidad de vapor que deben producir, y que por consiguiente el aire contendrá una cantidad que dependerá siempre de su temperatura, puesto que la naturaleza del líquido y el recinto son siempre los mismos. Este vapor de agua extendido en el aire, pero no disuelto en el mismo, como lo prueba la existencia del vapor en el mas perfecto vacío, produce por las diferentes variaciones de temperatura fenómenos que han sido designados con el nombre de *metéoros acuosos*, y que no son menos fáciles de explicar que de observar.

En la ausencia del sol, en las noches claras y serenas, los cuerpos pierden por la radiacion una cantidad de calor que puede llegar á ser suficiente para constituir al cuerpo en una temperatura tal, que el vapor de agua contenido en las capas de aire que le rodean se precipite sobre el cuerpo mismo, abandonando su estado elástico, y dando lugar á la formacion de gotas líquidas, que es lo que constituye el *rocío*, el cual no puede formarse cuando el tiempo está cubierto, en razon á no ser la radiacion suficiente para producir el enfriamiento necesario, y tampoco puede verificarse cuando reinen vientos impetuosos que impidan la precipitacion ó arrebaten el líquido apenas depositado. Esta precipitacion de los vapores sobre un cuerpo frio la notamos en el empañado de los vidrios de las habitaciones, que siempre tiene lugar del lado en que la temperatura es mas elevada. Si la temperatura es tan baja que permite la congelacion de las gotas infinitamente pequeñas, á medida que se van depositando constituye la *escarcha*.

Los vapores suspendidos en el aire pueden reunirse por un descenso de temperatura, y dar lugar á una disposicion particular ó á un estado intermedio entre el elástico y el líquido, llamado estado *vesicular*, que consiste en unas *vesículas* ó pequeñísimas esferillas, formadas de una capa infinitamente delgada de líquido y llenas de vapor. Estas vesículas dan lugar por su reunion á la formacion de las *nubes*, que se mantienen en el aire á semejanza de un globo aereostático, porque el calor que las vesículas radian eleva la temperatura del aire interpuesto, el cual, no teniendo la suficiente libertad de moverse, llega á constituir con las vesículas un todo menos denso que el aire en que flota, y se mantiene suspendido, ayudado tambien por las corrientes ascendentes que se elevan de la tierra. A las veces estas nubes llegan hasta nosotros, en cuyo estado constituyen las *nieblas*.

Estas vesículas, enfriadas ó agrupadas por vientos contrarios, pueden reunirse en gotas, las que no pudiendo ya sostenerse, caen y producen la *lluvia*, la que se produce ordinariamente por la reunion de dos corrientes de aire á distinto estado de saturacion, y que unidas producen una cantidad de vapor superior al que se necesita para la saturacion á la temperatura de la mezcla. Para medir la cantidad de lluvia que cae en un paraje, se usa el aparato llamado *pluvímetro*, que consiste (*fig.* 100) en un vaso metálico con un tubo lateral que sirve para medir la altura del agua recogida, y lleva en su parte abierta un cono que, sin impedir la entrada de la lluvia, impide en cuanto es posible la pérdida que resultaria por la evaporacion. Las pequeñísimas gotas que primitivamente se forman, pueden cristalizar por un enfriamiento brusco en agujas sumamente finas, las cuales se entrelazan y dan orígen á la *nieve*, formada por estrellas de seis rádios, extremadamente blancas y opacas en razon al aire interpuesto.

LECCION LVI.

Higrometría.—Descripcion y usos de los higrómetros mas usados.

223. La humedad del aire, produciendo variaciones en las dimensiones de algunos cuerpos que gozan de la propiedad de absorverla, y precipitándose sobre otros en circunstancias determinadas de temperatura y de presion, han dado lugar á la formacion de aparatos llamados *higrómetros*, que pueden ser de *absorciom* ó de *condensacion*.

El higrómetro mas exacto de los de absorcion es debido á Saussure, y consiste en un cabello desengrasado (*fig.* 101) fijo en un punto A, de un rectángulo formado por varillas de laton, y que en B se une á una polea de la que pende un hilo con un pequeño peso C, destinado á mantener tenso el cabello. En el eje de esta polea lleva una aguja DE que puede recorrer un arco MN, y que cuando la humedad produce el aumento de longitud del cabello, gira acercándose á M, y cuando la sequedad le contrae, marcha en el sentido opuesto. Para graduar este aparato se eligen dos puntos fijos, que son la extrema humedad y la extrema sequedad: para el primero se coloca el aparato bajo una campana de vidrio que descanse sobre una vasija de mayor diámetro, y llena de agua, con el objeto que el aire pueda tomar todo el vapor necesario para la saturacion, y que la comunicacion entre el aire exterior é interior se encuentre interceptada: el cabello va alargándose y la aguja dirigiéndose á M hasta quedar estacionaria, en cuyo punto se marca 100. Para el punto de la extrema sequedad se coloca el higrómetro bajo una campana de vidrio con sustancias que puedan absorver la humedad, y cuidando como antes de interceptar la comunicacion entre el aire exterior y el interior; el cabello va contrayéndose y la aguja dirigiéndose á N, hasta un punto en que permanece fija, y en el que se señala O. Este arco se divide en 100 partes iguales, que se denominan grados del higrómetro.

Por la construccion del aparato se echa de ver que marca centésimas partes de la cantidad de vapor necesario para la saturacion del recinto en que se halla; pero como la cantidad necesaria para la saturacion cambia con la temperatura, es indispensable unir un termómetro al aparato lo mas próximo posible del cabello para que nos diga la temperatura exacta á que se opera. Así cuando marca v. g. 36°, nos dice que hay en el aire 0,36 de la cantidad necesaria para saturarle á la temperatura que el termómetro señale; pero esta cantidad que para la saturacion se necesita, no puede darla el aparato: así es que los grados no son proporcionales con la cantidad de vapor que existe en el aire, y por consiguiente ha sido necesario calcular tablas que puedan dar la cantidad buscada.

Se hacen tambien higrómetros de barbas de ballena, de cuerdas de guitarra y de algunos otros cuerpos, pero que no es fácil hacer comparables del modo que con el de cabello se verifica.

224 El higrómetro de condensacion mas exacto es debido á Daniell; se compone de un tubo de vidrio (*fig.* 102), dos veces encorvado y terminado en las dos esferas A y B: el interior de este aparato se halla purgado de aire, llevando solo una cantidad de éter suficiente á llenar la esfera B: y que produce vapores que saturan el resto de la capacidad; lleva ademas un termómetro dentro de la bola y tubo B, y otro en C en la montura del aparato. Se recubre la esfera A con un trozo de batista, y se vierte éter sobre ella; este líquido se evapora, para lo cual roba calor de la esfera misma; este calor absorvido produce un enfriamiento y la consiguiente liquidacion del vapor de éter contenido en la esfera; resultando que el espacio no queda saturado, y como en el vacío los vapores se emiten instantáneamente, se produce en B una nueva cantidad suficiente á verificar la saturacion completa como se hallaba antes de la liquefaccion en A; pero estos vapores van sucesivamente liquidándose á medida que llegan á la esfera A, de forma que la saturacion no llega á tener lugar por mas rápidamente que se produzcan vapores en B; mas esta evaporacion rápida necesita absorver calor que saca del éter mismo y de la esfera B, la cual se enfria hasta el punto de determinar la precipitacion del vapor de agua contenido en las capas de aire que la rodean, el cual aparece empañando la bola. En el momento en que empiezan estos vapores á depositarse se suspende la operacion, y se observa la temperatura que marcan ambos termómetros, de los cuales el de la montura nos dará la del recinto, y el de la esfera B nos dirá el enfriamiento que ha sufrido para determinar la condensacion del vapor; de forma que la cantidad de vapor que hay en el aire es la necesaria para su saturacion á la temperatura que señala el termómetro B.

El higrómetro últimamente descripto es mas exacto que el primero; razon por la que se le emplea generalmente con preferencia, sin que quiera esto decir que no tenga en su construccion y usos algunos motivos de error, pero no está sujeto á los inconvenientes que el de cabello. Regnault ha discurrido otro higrómetro, aun no bastante extendido, con el que pretende haber hecho desaparecer todas las dificultades é inconvenientes que presenta el uso de estos aparatos. Cualquiera que sea el higrómetro que se use, vemos que sus indicaciones, juntas con las del termómetro y barómetro, son las que pueden conducirnos á predecir con la posible exactitud los cambios que se suceden en la atmósfera.

LECCION LVII.

Máquinas de vapor.

225. Las máquinas de vapor son tan importantes, bajo cualquier aspecto que se las considere, que no es posible pasar en silencio su disposicion, si bien considerada con la extension que hace á nuestro propósito. Estas máquinas no son otra cosa que bombas movidas por el vapor, pero que tienen colocada la potencia y la resistencia al contrario que las comunes, que ya conocemos; en éstas sabemos que la potencia se aplica al vástago del piston, y la resistencia que forma el agua que se ha de elevar actúa sobre el piston mismo; y en las de vapor, éste se aplica al émbolo y constituye la potencia que le pone en movimiento, y la resistencia se halla aplicada á la varilla, que es la que mueve las máquinas ó aparatos á que se destina.

Imaginemos una bomba (*fig.* 103) que por su parte inferior comunica con la caldera C, en donde el vapor se produce; si abrimos la llave L, el vapor se precipitará en el cuerpo de bomba y hará elevar al piston P hasta el punto mas alto de su carrera; si en este estado se cierra la llave L y se abre la L′, el piston descenderá por la presion de la atmósfera, débilmente neutralizada por el vapor de la parte inferior, puesto que saldrá por el tubo L′ y que se irá enfriando y disminuyendo por consiguiente de fuerza elástica; si se cierra la llave L′ y se abre la L, el vapor volverá á elevar el piston, y así se continuará.

Como el descenso del piston por la presion atmosférica se halla sujeto á inconvenientes que alteran la regularidad de su marcha, se ha discurrido y se usa con buen éxito suprimir esta accion y reemplazarla por la del vapor introducido alternativamente encima y debajo del piston; así es que abriendo las llaves L y L′ (*fig.* 104) el vapor se precipita por L y eleva el piston, y el aire ó vapor que haya encima se verá obligado á salir por la L′; llegado el piston P al punto mas elevado se cierran las dos llaves L y L′, y se abren las L″ y L‴, el vapor pasa por la L″ á actuar sobre la cabeza del piston para hacerle descender, y el que habia en la parte inferior saldrá por L‴; cerrando estas llaves y abriendo las primeras, el piston se elevará, y así proseguirá tanto como se necesite.

Hemos supuesto llaves para dar ó interceptar el paso al vapor; pero lo que se emplean son válvulas que pone en movimiento la máquina misma. El vapor que ha servido y que se obliga á salir del cuerpo de bomba, puede dejarse perder en la atmósfera ó dirigirle á un vaso separado donde por medio de una inyeccion de agua fria se verifica en liquefaccion ó condensacion, de donde le viene á este depósito el nombre de *condensador*. La cantidad de agua fria que se necesita es considerable, puesto que sabemos la alta temperatura que representa el calor latente del vapor, y el agua caliente que resulta de la condensacion se aprovecha con ven-

taja para alimentar la caldera, en la que es necesario introducir agua que reemplace á la que se reduce á vapor y que mantenga el nivel á la misma altura.

Una vez conseguido el movimiento alternativo del piston, está reducido á una cuestion de mecánica el trasformar este movimiento y el hacerle servir para todo cuanto se desee. Con el objeto de regularizar el movimiento se aplica un volante ó rueda, que viene á ser un depósito de fuerza, que recibe cuando la máquina tiene algun exceso, y se la devuelve cuando se verifica lo contrario; ademas con este mismo objeto, y con el de economizar el vapor, y por consiguiente el combustible, se han ideado las *máquinas de expansion*, que consisten en detener la entrada del vapor cuando el piston se halla v. g. á la mitad de su carrera, en cuyo caso la concluye por la velocidad adquirida, ayudada de la expansion que produce el vapor en virtud de su fuerza elástica.

Las calderas son ordinariamente de chapa de hierro, cilíndricas y terminadas por hemisferios; éstas, ademas de necesitar la resistencia suficiente para sufrir la presion interior que el vapor produce en altas temperaturas, llevan válvulas de seguridad para prevenir las explosiones; éstas son ó bien cónicas cargadas de pesos convenientes, ó fusibles que á una temperatura dada se fundan y dejen salir al vapor, ó bien elásticas que puedan saltar cuando la presion llegue cerca del límite dispuesto, y del que no podria pasar sin verificarse la explosion: llevan ademas un tubo manométrico que indique la fuerza elástica del vapor, tubos que comunican con la bomba alimenticia, tubos que dan paso al vapor que ha de actuar sobre la máquina-otro con un flotador que regulariza la altura del agua en la caldera, y otro que regulariza y modifica el tiro de la chimenea, y por lo tanto la rapidez de la combustion.

Imposible es entrar en todos los detalles de la construccion de estas máquinas-pero basta lo dicho para un curso puramente elemental, siendo fácil con estos principios y en vista de un buen modelo comprender todo el mecanismo.

Varios medios se han ideado para reemplazar al vapor: pero ninguno hasta el dia ha correspondido á lo que se deseaba; tal vez la fuerza electro-magnética sea la destinada á sustituirle, y si un dia llega á conseguirse, lo verificará con notables ventajas.

DE LA LUZ.

LECCION LVIII.

Consideraciones generales acerca de la luz.—Medios empleados para medir su velocidad.

226. La luz es el agente que actuando sobre el sentido de la vista nos pone en comunicacion con los objetos distantes, dándonos á conocer sus colores, sus posiciones, y aun sus distancias, formas y magnitudes entre ciertos límites. Para darnos cuenta de los fenómenos luminosos, debemos recordar lo expuesto al dar principio á la explicacion del agente llamado calor, pudiendo aplicarse á ambos fluidos cuanto allí expusimos, relativo á la cuestion de las emanaciones y vibraciones; si bien es verdad que en el estudio de la luz se fijan estas cuestiones, pudiéramos decir que toman cuerpo, se demuestran y se aclara cuanto respecto al calor dejamos ya establecido.

La luz se propaga en línea recta, y para asegurarnos de ello no habrá mas que servirse de un alambre cilíndrico bien recto, el cual interpondremos entre el órgano de la vision y la llama de una bujía, de modo que una de las bases del cilindro nos cubra la totalidad del mismo, y observaremos sobre la llama una mancha oscura, que es la proyeccion de la dicha base, lo cual prueba que ha sido interceptado el rayo luminoso que seguia esta direccion. Nada tiene de particular que así suceda si recordamos lo expuesto en la teoría del calor; aquí como allí se verifica una radiacion en todos sentidos alrededor del cuerpo luminoso, y ya admitamos emanaciones de moléculas luminosas, ya adoptemos las vibraciones producidas en eléter, siempre se extenderán los efectos produciendo superficies esféricas, cuyos rádios sabemos que no pueden dejar de ser rectilíneos.

227. Nada mas fácil, llegados á este punto, que darnos cuenta de la disminucion que sufre la intensidad de la luz con la distancia; porque no habrá mas que recordar lo que acerca de esta cuestion expusimos al examinarla en la teoría del calor. Si suponemos, como allí, dos esferas concéntricas, y el cuerpo luminoso colocado sucesivamente en el centro de ellas, resultará que toda la luz emitida será recibida por la superficie esférica que consideramos; y como las superficies son como los cuadrados de las líneas homólogas, que aquí son los rádios, resulta que *la intensidad de la luz se halla en razon inversa del cuadrado de la distancia.*

Para la medida de la luz se han ideado aparatos denominados *fotómetros*, que todos ellos dejan muchísimo que desear respecto á las exigencias de la ciencia: así es que podemos asegurar que un buen fotómetro no existe, siendo uno de los aparatos que la ciencia espera y necesita.

228. Por mucho tiempo ha sido considerada la propagacion de la luz como instantánea; y efectivamente puede mirarse como tal cuando se trata de pequeñas distancias, y así la considerábamos al ocuparnos de los medios de averiguar la velocidad del sonido; pero cuando se trata de distancias considerables, se halla ya comprobada la velocidad.

Roemer, haciendo observaciones sobre las ocultaciones de los satélites de Júpiter, fué el que determinó la velocidad de la luz. Cuando se observan las emersiones sucesivas del primer satélite, se halla que, cualquiera que sea la posicion de la tierra en su órbita, el tiempo trascurrido entre dos consecutivas es siempre 42 horas 29′; siendo indudable que si la propagacion fuese instantánea, al observar dos emersiones cualesquiera y no consecutivas, el tiempo trascurrido entre ellas contendria tantas veces 42 horas 29′ como revoluciones el satélite hubiera verificado, á contar desde la primera hasta la última observacion, pero no es así como se verifica, no