

taja de evitar la renovación frecuente del agua de los caloríferos, que se haría de una vez para siempre, gracias á la estabilidad del compuesto empleado. Las pruebas hechas en varias líneas del extranjero han dado, según parece, buenos resultados.

IV

LOS COMBUSTIBLES: SUS PODERES CALORÍFICOS

Todo esto nos conduce naturalmente á decir algo acerca de los combustibles, de su valor relativo y del calor que desarrollan, cuestión que no deja de ser importante tratándose de la calefacción.

La madera ha sido el primer combustible usado, y aún hoy día hay países enteros que no emplean otro. Seguramente es el más agradable, pero también uno de los más costosos, excepto en las comarcas cubiertas de bosques y apartadas de las minas de carbón de piedra. La hulla, la antracita, el lignito y otros combustibles minerales, el coke, que es el residuo dejado por la destilación de la hulla, son de un uso cada día más frecuente, porque constituyen un sistema de calefacción más económico. En ciertos países se quema turba; siendo en realidad el reino vegetal, tanto el de hoy como el de los antiguos períodos geológicos, el que proporciona el elemento del calor desarrollado en los diferentes aparatos de calefacción que hemos enumerado. Hablando en rigor, el gas del alumbrado, empleado como combustible, se halla en igual caso; es uno de los compuestos de la hulla, y este simple hecho basta para demostrar por qué la calefacción por gas es más costosa que la procedente de la hulla misma de la que se extrae dicho gas.

Basados en los experimentos de los físicos, comparemos ahora los poderes caloríficos de las referidas substancias, entendiéndose por tal poder el número de unidades de calor que desarrolla la combustión íntegra de un kilogramo de cada una.

COMBUSTIBLES	Calorías	Relación de los poderes caloríficos
Hulla	8000	1,00
Antracita	7500	0,95
Coke	7000	0,90
Lignito	6500	0,80
Carbón vegetal	6000	0,75
Turba	5000	0,60
Leña seca	4000	0,50
Leña (20 por 100 de agua)	3000	0,38
Gas del alumbrado	10000	1,25

El gas del alumbrado es el de mayor poder calorífico (1); á continuación siguen la hulla y los combustibles minerales, y luego la turba y la leña húmeda, inferior á todos los demás combustibles.

(1) Conviene observar que es preciso destilar 100 kilogramos de hulla para producir 28 metros cúbicos de gas. Calculando en 0,4 la densidad de este gas, tendremos que el peso de los 28 metros cúbicos es 14^k,5 próximamente. 100 kilogramos de hulla quemados directamente dan 800,000 calorías, pero los 28 metros cúbicos de gas que de ellos se extrae sólo dan 145,000. Esta es la razón de que la calefacción por gas sea más costosa, á pesar de su gran calor de combustión.

Aparte de esto, ya hemos visto que los aparatos de calefacción, aun los más perfeccionados, distan mucho de aprovechar todo el calor de la combustión, pues la mayor parte de este calor se escapa al exterior por la chimenea.

¿Se desea conocer las pérdidas considerables que se disipan anualmente en humo? Tomemos por ejemplo el consumo de París. El *Anuario de la Oficina de longitudes para 1872* nos da la cifra de este consumo en 1869:

Leña de varias clases	994,057 esterios
Carbón vegetal	4.902,315 hectólitros
Hulla, coke, turba, etc.	682.011,827 kilogramos (1)

Aun tomando una cifra inferior al valor medio de estos combustibles, no puede menos de estimarse en 69 millones de francos el gasto total, 25 millones por la leña, 24 por la hulla y 20 por el carbón vegetal. Pero este último combustible apenas sirve para la calefacción, y una gran parte de la hulla se emplea en usos industriales. La pérdida de calor no es menos positiva para las tres clases de combustible, pudiendo afirmarse que un 60 por 100 cuando menos se disipa en humo sin aprovecharse; por consiguiente, resulta una pérdida anual de más de 40 millones de francos, pérdida que seguramente podría reducirse mucho si se adoptasen en todas partes aparatos contruidos racionalmente. El bolsillo de los consumidores reportaría de ello tanto beneficio como su salud. ¿Qué sería si aplicásemos los mismos cálculos á toda la Francia y á cada país en el mundo entero?

CAPÍTULO III

VARIAS APLICACIONES DE LAS LEYES DEL CALOR

I

VIVIENDAS

La temperatura de una habitación no depende solamente de los aparatos de calefacción instalados en ella, ni del calor que comunican al aire por vía de radiación, de convección ó de cualquier otro modo de propagación calorífica, sino también, y en primer lugar, de la temperatura exterior, y en segundo, de las paredes ó abrigos que con mayor ó menor eficacia se oponen á que el calor interior salga fuera. Esta pérdida inevitable es más ó menos rápida según el espesor de las paredes, según que los materiales de que están formadas sean buenos ó malos conductores del calor, y finalmente, según que las aberturas practicadas en ellas, cerradas con vidrieras para dar paso á la luz del día, sean más ó menos numerosas y presenten mayor ó menor superficie.

(1) Doce años después, ó sea en 1881, el consumo fué de:

Leña	793,000 esterios
Carbón vegetal	5.092,000 hectólitros
Hulla, etc.	952.000,000 kilogramos

Vese que el consumo de hulla se ha desarrollado considerablemente y que el de la leña ha disminuido. En estas cifras no se consigna la parte, probablemente bastante escasa, que corresponde al gas del alumbrado

Las paredes gruesas, hechas de materiales malos conductores, proporcionan á los que las habitan la doble ventaja de preservarlos en invierno del frío y en verano del calor exterior. La piedra y el mármol son por este concepto menos ventajosos que el ladrillo y, sobre todo, que la madera. En los países fríos, como Rusia, muchas casas de campo tienen paredes formadas de troncos ó tabloncillos gruesos que constituyen un doble tabique, llenándose el espacio que media entre uno y otro de paja trillada, aserrín, musgo seco y otras materias muy divididas. El aire aprisionado en los intersticios forma con estas materias y los tabiques un conjunto muy poco permeable al calor, muy mal conductor, siendo por tanto un abrigo excelente contra la baja temperatura de la parte de afuera.

Pero durante el día el calor se pierde con más rapidez por las puertas y ventanas de cristales. El mejor medio para evitar esta pérdida consiste en poner ventanas dobles; como el aire encerrado entre las dos delgadas vidrieras no se renueva y es además un cuerpo mal conductor, constituye una envolvente protectora que difícilmente atraviesa el calor obscuro del interior, al paso que el calor luminoso de los rayos solares penetra con facilidad en el aposento. De esta suerte se utiliza la propiedad de los medios que son á la vez diatermanos para los rayos luminosos y atermos para la radiación del calor obscuro.

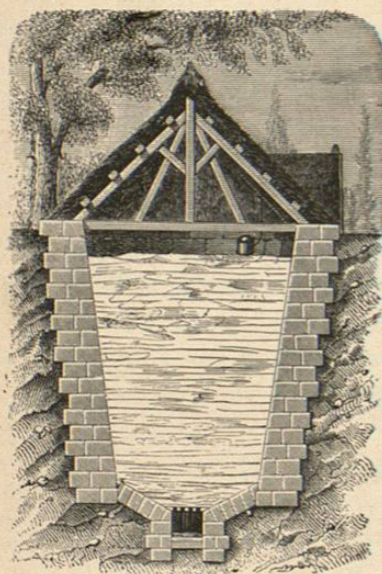


Fig. 695.—Una nevera

Este doble sistema de vidrieras se usa con gran ventaja en las estufas ó invernaderos, cuyas plantas necesitan de la luz del día, y se resienten de la obscuridad y de la humedad cuando, para preservarlas del frío, se tapan las vidrieras con esterillas ú otros abrigos opacos.

Las cuevas ó sótanos están menos expuestos que las habitaciones de los pisos altos al cambio de calor que tiene efecto de dentro afuera ó de fuera adentro: por esto conservan todo el año una temperatura media que varía tanto menos cuanto más profundos son, pareciendo por tal motivo calientes en invierno y frescos en verano, y si bien no se los puede considerar como sitios saludables para vivir en ellos, sirven por lo menos para conservar muchos objetos que se echarían á perder á causa de un frío ó de un calor excesivos.

Las neveras vienen á ser unas cuevas más profundas que las ordinarias, abiertas en el suelo, revestidas interiormente de paredes de ladrillo, y en las cuales se amontona durante el invierno hielo para conservarlo y utilizarlo en las épocas de gran calor. Después de llena la cavidad de fragmentos de hielo, se echa en él, durante las grandes heladas, cierta cantidad de agua que lo cubre con una capa de hielo aisladora que intercepta el acceso del aire exterior, y en seguida se extiende sobre esta capa otra de paja que es mala conductora del calor. Un tejadillo de bálago y musgo y algún plantío de árboles que con su sombra preservan á la nevera de los rayos solares, acaban de hacer el interior de la cavidad enteramente impermeable al calor del exterior.

Como se ve, la mayor parte de estas precauciones están basadas en la escasa conductibilidad calorífica del suelo, de los ladrillos y de las materias divididas.

II

VESTIDOS

De las viviendas pasemos á los vestidos.

Apenas hay región en que no sea indispensable el vestido para preservarse de la intemperie, y sobre todo del rigor de la temperatura, ya en invierno ó ya en verano. El cuerpo solo del hombre no está guarecido contra esta acción de que tanto podría resentirse su salud; no tiene, como la mayor parte de los animales, una cubierta de pelos ó plumas, ó vellón, más ó menos espesa que le proteja contra la inclemencia de la atmósfera; por lo cual ha tenido que recurrir á su industria, por medio de la cual no ha hecho en rigor otra cosa sino imitar á la Naturaleza de un modo más ó menos inteligente, según el grado de civilización á que ha llegado.

En el estado de salvajismo que caracterizaba á las primeras edades de la humanidad, estado del cual existen aún tantos restos, el hombre tuvo que reducirse á cubrirse con las pieles de los animales muertos en la caza. Este traje primitivo es todavía hoy el de muchos pueblos bárbaros. En los climas polares, los esquimales, los lapones y los samoyedos se visten de pieles de osos, ó de renos, cosiéndolas toscamente. El cuero es impermeable á la humedad, pero los pelos de que está cubierto son los que forman la capa verdaderamente protectora del frío, á causa de su poca conductibilidad para el calor.

La temperatura del cuerpo humano es poco más ó menos constante en todos los climas y en todas las estaciones. La acción exterior no la modifica, por decirlo así. "La sangre de un lapón, dice Tyndall, es casi tan caliente como la de un indio, y el navegante inglés, al hacer rumbo de Norte á Sur ó de Sur á Norte, nota que la temperatura de su sangre apenas ha aumentado á medida que se acerca al ecuador, ni disminuido conforme se aproxima al polo." Lo que se procura evitar por medio del vestido es la sensación desagradable que nos causa el contacto de nuestra piel con el aire fuertemente caldeado por los rayos del sol ó con el aire frío; son los accidentes que para nuestra salud resultan de este brusco cambio.

Hay tres cosas que hacen á un tejido impropio para conducir el calor: la naturaleza de la substancia de que está compuesto, su misma estructura y su espesor. Por el primer concepto véase cómo se clasifican las diferentes substancias, pasando de la más conductora á la que lo es menos, según los experimentos de Rumford: seda torcida, algodón ó lana, lana de cordero, tafetán, seda en rama, pelo de castor, edredón, pelo de liebre. Vese que la seda es mejor conductora que la lana, y como los tejidos de seda son más tupidos que los de lana, estos últimos son doblemente ventajosos por su tejido y por la materia de que éste se compone.

La experiencia diaria confirma estos resultados sacados de la inducción. Las ropas de lana son las que mejor preservan del frío, porque se oponen al paso del calor del cuerpo. En verano, y con tal que el tejido sea ligero, son también preferibles para detener los rayos de calor é impedir que penetren hasta nuestro cuerpo. Por otra parte, sábase que el color no deja de tener su influencia, y que los trajes negros ó de colores oscuros emiten calor con más facilidad que los de colores claros ó que los blancos, de suerte que en invierno son éstos preferibles á aquéllos por cuanto favorecen menos la pérdida del calor del cuerpo. En verano, los vestidos blancos absorben el calor con

menos facilidad que los oscuros; y por consiguiente, á igual conductibilidad son preferibles á estos últimos.

Hay que advertir que no es el peso de la tela lo que hace que la ropa abrigue, sino la estructura dividida del tejido; un edredón, lleno de plumón fino y leve, abriga más que las mantas más recias y pesadas.

Vese por estos ejemplos cuánto importa tener en cuenta las diferentes propiedades calorimétricas de los cuerpos, su conductibilidad, su poder radiante, absorbente y emisor, en las aplicaciones usuales relativas á la calefacción, á la construcción de viviendas y al vestido. Pero no es esto todo: hay que atender también á las indicaciones de la higiene, por más que éstas no sean de incumbencia de la física, sino de la fisiología. Buscamos el calor en invierno y el fresco en verano; mas es preciso saber hasta qué límite debemos hacerlo para que la salud que es el equilibrio de las funciones de nuestro cuerpo, se mantenga constantemente en buen estado.

III

LÁMPARAS DE SEGURIDAD DE LOS MINEROS

En la *Primera parte* de EL CALOR hemos visto cómo una tela metálica colocada sobre una llama de gas impide que se propague la combustión por encima de la tela. Esta absorbe bastante calor para que la temperatura del gas, que ha pasado por las mallas del tejido, esté bajo la temperatura de la ignición.

Un ilustre físico, un ingeniero inglés, Davy, se ha valido de esta importante propie-

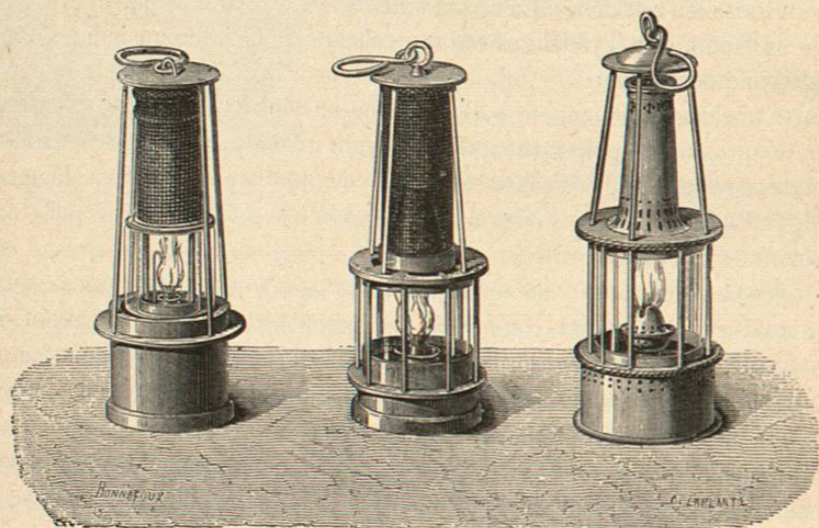


Fig. 696.—Lámparas de seguridad de los mineros: lámparas de rejilla y de tubo de cristal

dad para evitar las desgracias que ocurrían en las minas á causa de la inflamación del gas *grisú*. La lámpara de minero que lleva su nombre ha recibido, desde la época en que Davy la inventó, varias modificaciones ó perfeccionamientos, siquiera el principio de su construcción sea el mismo. Las figuras 696, 697 y 698 representan varios modelos. En todos ellos, la denotación que resulta de la introducción de la mezcla explosiva en la capacidad donde arde la llama de la lámpara queda reducida al interior mismo; la inflamación está limitada á este reducido espacio. La envolvente ó camisa metálica im-

pide que el calor se propague al exterior, y el minero advierte el peligro sin temer sus terribles efectos. A decir verdad, debe servirse de la lámpara con precaución y cuidar mucho de que se halle siempre en buen estado, porque la menor rotura de los hilos de la tela metálica, por poco que produzca una abertura en la cubierta protectora, puede bastar para que comunique la llama con el exterior. Así también, cualquier movimiento algo brusco de la lámpara origina la penetración mecánica de la llama entre las mallas, pudiendo producir la explosión temida. Las catástrofes de que aún son teatro las

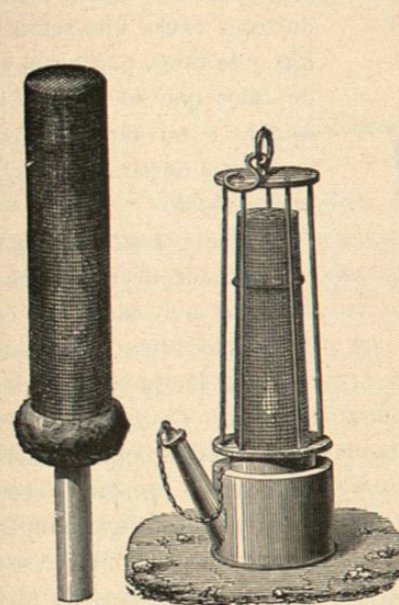


Fig. 697.—Primera lámpara de seguridad de Davy: lámpara de rejilla

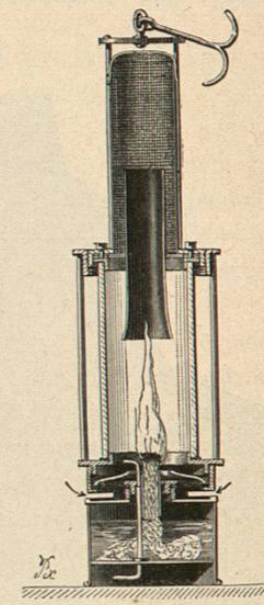


Fig. 698.—Corte de una lámpara Combes

minas de vez en cuando, demuestran sobradamente que no se observan siempre estas precauciones con todo rigor.

Los nuevos modelos de la lámpara Davy dan más luz que los primitivos, estando la llama rodeada de tubos de cristal más ó menos altos. Además, una disposición particular previene la imprudencia de los mineros, porque no pueden abrir la lámpara sin apagarla. La lámpara Combes, representada en la figura 698, está formada de un grueso tubo de vidrio que envuelve la llama, sobre la cual lleva un tubo metálico rodeado á su vez de una tela ó enrejado metálico. El aire necesario para la combustión penetra lateralmente por aberturas situadas debajo de la llama, á la cual no llega el aire sino después de atravesar dos espesores de telas metálicas.

IV

VARIAS APLICACIONES DOMÉSTICAS DEL CALOR

Hagamos mención de algunos usos basados en el escaso poder conductor de ciertas substancias.

¿Por qué son de madera los mangos de las herramientas y utensilios de metal que se han de meter en el fuego? ¿Por qué se guarnecen de mimbre las asas de las cacer-

las y de cuero ó de tela las de las planchas? Porque la madera, el cuero y la lana tienen muy escaso poder conductor, razón por la cual parecen estas substancias más calientes que los metales y que el mármol en un mismo recinto en el cual todos los objetos tienen, sin embargo, igual temperatura.

El pavimento de madera de una habitación es menos frío que el enladrillado porque la madera conduce peor el calor que el ladrillo, y por análoga razón un pavimento de abeto es menos frío que uno de roble.

En todos estos ejemplos, el contacto de la mano con cuerpos buenos ó malos conductores causa una sensación de frío ó de calor, porque el cambio de calor que se efectúa en un sentido ó en otro, entre estos cuerpos y nuestra piel, es más ó menos rápido.

La impresión desagradable que procede de una quemadura reconoce por causa un cambio demasiado brusco de calor que ocasiona la desorganización del tejido.

La misma impresión desagradable puede resultar del contacto con un cuerpo cuya temperatura es muy baja, como la que se siente tocando un pedazo de mercurio ó de ácido carbónico congelado. En los climas polares, la mano no puede tocar impunemente los objetos metálicos, siendo menester envolverlos en tela ó bien ponerse gruesos guantes para cogerlos.

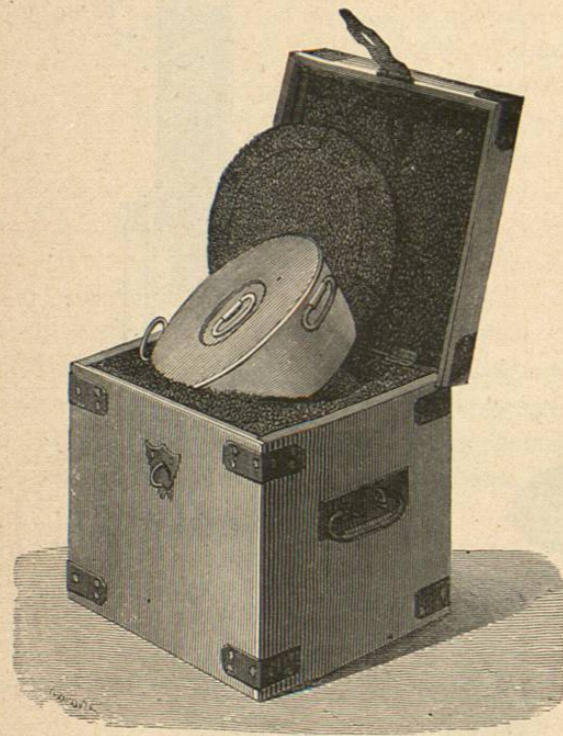


Fig. 699.—Marmita automática

La escasa conductibilidad de algunas substancias, como la lana y el fieltro, ha hecho que se dé á las mismas una curiosa aplicación doméstica de la cual diremos también dos palabras.

La *marmita automática* (fig. 699) que se veía en la Exposición universal de 1867 y que se usa en los países del Norte de Europa, no es otra cosa sino una marmita metálica en la que se echa carne, agua y todas las legumbres é ingredientes que constituyen una olla. Todo ello se pone al calor de un hornillo hasta que hierve. Tan luego como llega á la temperatura de la ebullición, se mete la marmita en una caja cuyo interior y tapadera están forrados de fieltro grueso; además se cubre la marmita con una almohadilla de la misma materia, se la cierra herméticamente y entonces se puede abandonar el utensilio á sí mismo: la cocción continúa y acaba sin fuego, porque gracias á la escasa conductibilidad de la envolvente, el calor interno conserva muchas horas una temperatura elevada, no bajando al cabo de tres más que 12 grados por término medio.

CAPITULO IV

VARIAS APLICACIONES DE LAS LEYES DEL CALOR.—DILATACIÓN

I

PÉNDULOS COMPENSADORES

En el capítulo de las *Aplicaciones de la gravedad* que trata del péndulo hemos visto que una de las condiciones esenciales del uso de este aparato en los relojes es la invariabilidad de la longitud del vástago ó varilla, ó, si se quiere, de la distancia del punto de suspensión al centro de oscilación.

Pero esta invariabilidad supone que la temperatura á la que se ha arreglado el péndulo es constante; pues si aumenta, la materia de que está formada la varilla se dilata, el péndulo se alarga y sus oscilaciones duran más; y si dicha temperatura baja, la materia se contrae, el péndulo se acorta y las oscilaciones son más rápidas, resultando de aquí que un reloj bien arreglado á una temperatura media debe *atrasar* en verano y *adelantar* en invierno.

¿Cómo se remedia este defecto? ¿Cómo se atenúa, á lo menos, á fin de asegurar la invariabilidad de longitud del péndulo y el isocronismo de sus oscilaciones? Se ha conseguido utilizando la desigualdad de dilatación de los varios metales y compensando el crecimiento de longitud del péndulo, que hace bajar el centro de oscilación, con la elevación de este mismo centro. De aquí el nombre de *péndulos compensadores* dado á las varias combinaciones discurridas con este objeto.

Uno de los más usados es el *péndulo de cuadro ó de rejilla*, inventado por Harrison. El vástago está formado de una serie de varillas de latón y de acero alternativamente, reunidas por travesaños, de modo que los alargamientos producidos por la dilatación de todas las varillas de acero tienden á bajar el centro del péndulo, al paso que los que afectan á las varillas de latón propenden por el contrario á levantarlo. La varilla del medio, que aquí es de acero (figs. 700 y 701) es la que sostiene el disco del péndulo: pasa por unas aberturas practicadas en los travesaños con la holgura suficiente para quedar independiente de ellos. La varilla de suspensión está por el contrario fija al travesaño superior del cuadro que rodea á los otros. Las longitudes de estos pares de varillas deben calcularse por los coeficientes de dilatación del acero y del latón, de suerte que la suma de las dilataciones de los pares de acero sea precisamente igual á la suma de las dilataciones de los pares de latón.

Si la longitud total del péndulo está representada por L , la suma de las longitudes de los pares de varillas de acero por F y la de las varillas de latón por C , tendremos



Fig. 700.—Disposición de las varillas en el péndulo compensador de rejilla.