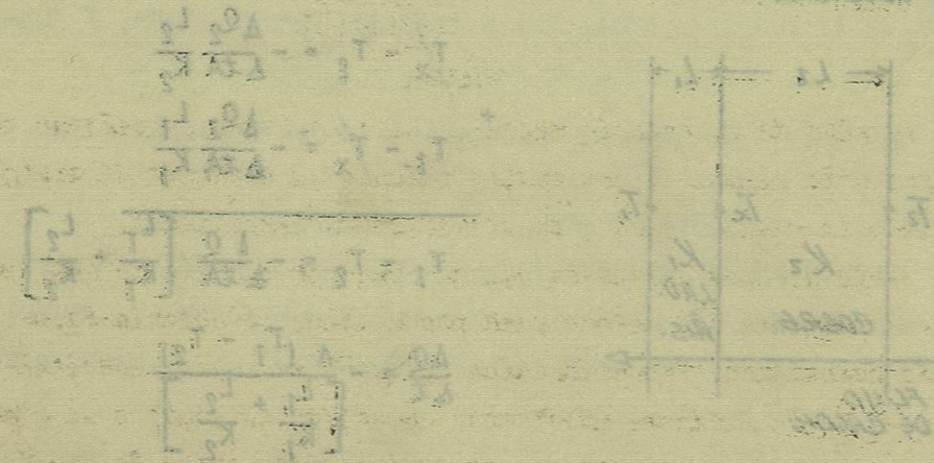


FIGURA 7-4

En las experiencias de régimen estacionario de la temperatura de los cuerpos se observa que la temperatura de los cuerpos se eleva cuando se les suministra calor y disminuye cuando se les quita. Esto se debe a que la temperatura es una propiedad que depende de la cantidad de energía que el cuerpo posee. Cuando se suministra calor a un cuerpo, su temperatura aumenta y cuando se quita calor, su temperatura disminuye.

$$\frac{\Delta Q}{\Delta T} = \frac{2.5 \text{ cm}}{0.00035 \frac{\text{cal}}{\text{cm} \cdot \text{seg} \cdot ^\circ\text{C}}} + \frac{5 \text{ cm}}{0.92 \frac{\text{cal}}{\text{cm} \cdot \text{seg} \cdot ^\circ\text{C}}}$$

En las experiencias de régimen estacionario de la temperatura de los cuerpos se observa que la temperatura de los cuerpos se eleva cuando se les suministra calor y disminuye cuando se les quita. Esto se debe a que la temperatura es una propiedad que depende de la cantidad de energía que el cuerpo posee. Cuando se suministra calor a un cuerpo, su temperatura aumenta y cuando se quita calor, su temperatura disminuye.



$$\left[\frac{2.5 \text{ cm}}{0.00035 \frac{\text{cal}}{\text{cm} \cdot \text{seg} \cdot ^\circ\text{C}}} + \frac{5 \text{ cm}}{0.92 \frac{\text{cal}}{\text{cm} \cdot \text{seg} \cdot ^\circ\text{C}}} \right]$$

$$\frac{\Delta Q}{\Delta T} = 290 \frac{\text{cal}}{\text{seg}}$$

5.- Equivalente mecánico del calor.

Las unidades de energía mecánica son kilogrametros, ergios, julios o libras - pie; las unidades de energía calorífica son calorías o BTU. Se puede encontrar la relación de magnitud entre las unidades caloríficas y las unidades mecánicas a partir de una experiencia en la cuál una cantidad medida de energía mecánica se transforma en una cantidad determinada de calor.

Las primeras experiencias precisas fueron realizadas por Joule, quien midió cuidadosamente el equivalente en energía mecánica de la energía calorífica, esto es, el número de joules equivalente a una caloría, o el número de pies-libras equivalente a un BTU.

Joule, utilizó un aparato que consiste en unas pesas que al caer hacen girar un conjunto de aspas dentro de un recipiente que contiene agua (figura 7-5)

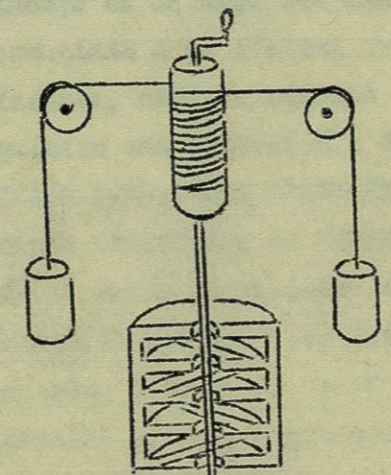


FIGURA 7-5

La pérdida en energía mecánica se calculaba, conociendo el peso de los cuerpos y la altura de los cuales caían y la ganancia de energía calorífica, conociendo la masa de agua y su elevación de temperatura.

Joule deseaba demostrar que al consumir una cierta cantidad de trabajo independientemente del método para producirlo, se obtenía la misma cantidad de energía calorífica. Producía calor agitando mercurio; convirtiendo energía eléctrica en calor mediante un alambre sumergido en agua; y de otras formas. Coincidiendo siempre la constante de proporcionalidad entre la cantidad de calor producido y la cantidad de trabajo ejecutado dentro de un error experimental de 5%.

Sus experimentos son notables por la influencia que tuvieron para conven-- ser a los hombres de ciencia, de lo correcto del concepto de que el calor es una forma de energía. Los mejores resultados obtenidos son:

$$1 \text{ K cal} = 1000 \text{ cal} = 4186 \text{ joules} = 427.1 \text{ kgm.}$$

$$1 \text{ BTU} = 252 \text{ cal} = 7781 \text{ b - pie.}$$

Esto es, cuando se convierten en calor 4186 joules de energía mecánica, elevan la temperatura de 1 kg de agua en 1°C.

6.- Calor y trabajo.

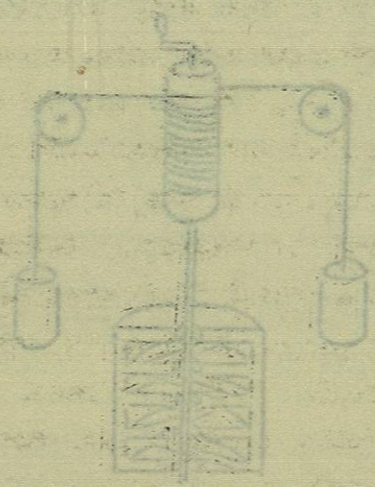
Se ha visto que el calor es una forma de energía que fluye de un cuerpo a otro debido a la diferencia de temperatura que hay entre ellos. Si el calor fuera cierta clase definida de energía o una sustancia que al estar contenida en un sistema conservará su identidad, no sería posible extraer calor indefinidamente de un sistema que no cambia. Sin embargo, Rumford demostró que era posible. De hecho, si en el aparato de Joule se sigue realizando trabajo mecánico se puede detener una cantidad indefinida de calor del agua, conectandola con un sistema más frío, sin cambiar las condiciones del agua.

De igual forma, el trabajo no es algo del cual un sistema contenga una cantidad definida. Se puede comunicar a un sistema una cantidad indefinida de trabajo sin cambiar sus condiciones, como lo ilustra el aparato de Joule. Tanto el trabajo como el calor, requieren una transmisión de energía. En la mecánica, se trata de trabajo desarrollado cuando hay transmisiones de energía, sin intervenir la temperatura. La energía calorífica se transmite por diferencias de temperatura, a partir de lo cual se puede distinguir el calor y el trabajo.

El término trabajo incluye a partir de la expresión $dW = Fdx$ todos los procesos de transmisión de energía, en donde F puede provenir de fuentes eléctricas, magnéticas, gravitacionales y otras; pero excluye toda transmisión de energía que provenga de diferencias de temperatura.

En la figura 7-6 se representan cuatro casos donde se realiza trabajo o transmisión de calor. En (a) el sistema esta compuesto de agua y una rueda de -- aspás, que está obligado a girar y agitar el agua por la acción de un peso que cae. En (b) el sistema esta formado por agua y una resistencia eléctrica introducida en ella. La corriente eléctrica que pasa por la resistencia es producida por un generador accionado por un peso que cae. En ambos casos se modifica el estado del sistema y debido a que el agente que provoca este cambio es un peso que desciende, ambos procesos implican la realización de trabajo.

En los casos (c) y (d) el sistema es agua contenida en un recipiente conductor del calor. En (c) el sistema esta en contacto con los gases en combus---



ción de un mechero de Bunsen, es decir, con otro cuerpo a temperatura mas elevada.

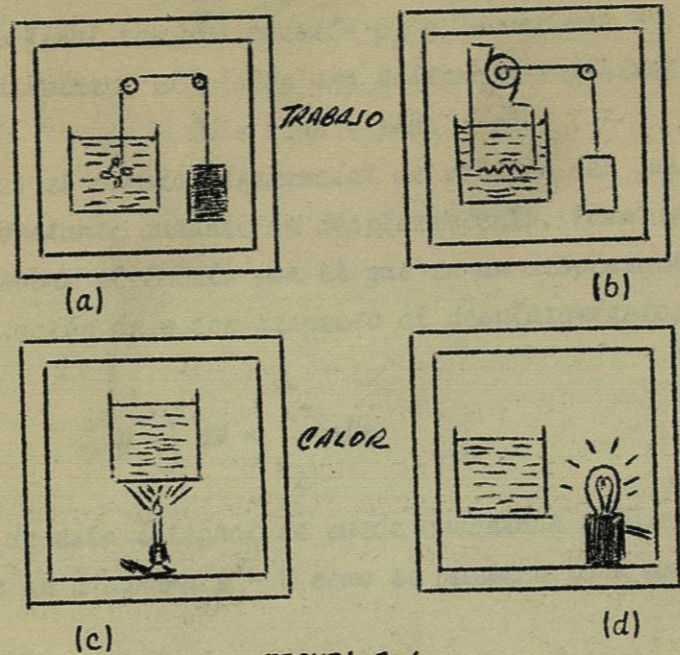


FIGURA 7-6

En (d) el sistema está próximo con una lámpara eléctrica cuya temperatura es mucho más elevada que la del agua. En ambos casos se modifica el estado del sistema, sin intervenir ningún agente mecánico que provoque este cambio; solamente hay una transmisión de calor.

Es importante observar que si hay alguna transformación particular en un sistema implica la realización de trabajo o la transmisión de calor. Por ejemplo si en la figura 7-6b se considera ahora la resistencia como sistema y el agua como medio exterior hay una transmisión de calor desde la resistencia, en virtud de la diferencia de temperatura. Sin embargo, no obran fuerzas a través de los límites del sistema que provoquen desplazamiento, y por lo tanto, para este proceso $W = 0$.

Si ahora el sistema esta formado por el conjunto del agua y de la resistencia, el medio exterior no contiene ningún objeto cuya temperatura difiera de la del sistema, y por lo tanto no hay transmisión de calor entre este sistema y el medio exterior, y por consiguiente, $Q = 0$ para este proceso.

Calcular ahora a Q y a W para un proceso termodinámico específico. Si se considera un gas en un depósito cilindrico que tiene un émbolo móvil. Donde el gas es el sistema que inicialmente se encuentra en equilibrio con el medio ambiente externo a él (que es el depósito de calor y el émbolo, que se muestran en la figura 7-7) y tiene una presión p_i y un volumen V_i . Si las paredes del recipiente son los límites del sistema, podrá fluir calor al sistema o salir de él por la base del cilindro y se puede hacer trabajo sobre el sistema o el sis-

tema puede efectuar trabajo comprimiendo el gas con el émbolo o dilatándolo.

En la figura 7-7 se representa a el gas dilatándose contra el émbolo alcanzando un estado final con una presión p_f y un volumen V_f . El trabajo realizado por el gas al desplazar el pistón una distancia infinitesimal dx es:

$$dW = F \cdot ds = pAdx = pdV \quad \text{Ecuación 7-6}$$

Donde dV es el cambio diferencial de volumen del gas. En general, la presión no será constante durante un desplazamiento. Para determinar el trabajo total realizado sobre el émbolo por el gas en un desplazamiento grande, se debe conocer la variación de p con respecto al desplazamiento; y se calcula la integral:

$$W = \int dW = \int_{V_i}^{V_f} pdV. \quad \text{Ecuación 7-7}$$

El valor de esta integral se puede encontrar graficamente como el área bajo la curva en un diagrama $p - V$ como se muestra para un caso especial en la figura 7-8.

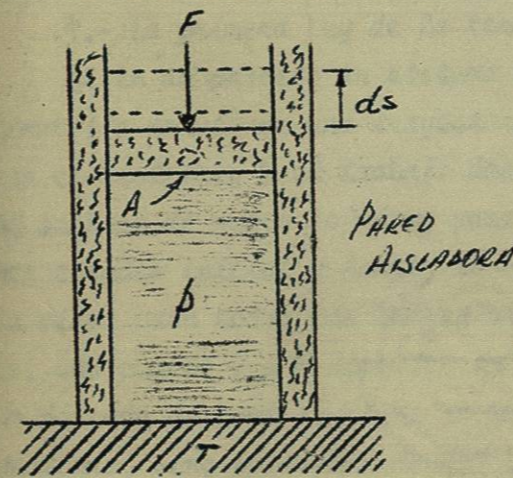


FIGURA 7-7

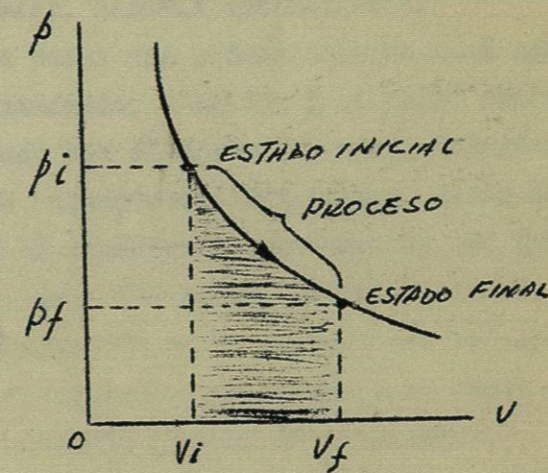


FIGURA 7-8

Tanto el trabajo efectuado por un sistema, como el calor perdido o ganado por este dependen no solamente de los dos estados inicial y final sino también de los estados intermedios, esto es, del recorrido que siga el proceso. Esto se puede ver en la figura 7-9, al conservar constante la presión de i a a y después conservar constante el volumen de a a f . El trabajo que realiza el gas al dilatarse es igual al área bajo la línea ia . Si ahora el recorrido es ibf , el trabajo efectuado por el gas será el área bajo la línea bf . La curva continua -