



ción establecida por Comoy, y sin embargo, el máximo es en ellas el mismo ó menor.

Hay otra razón más que nos demuestra será siempre el mismo el gasto máximo, cualquiera que sea el cauce; cuando el régimen se ha establecido, el río lleva el total de lo que corresponde á la lluvia que cae en la cuenca.

Esto mismo es aplicable, suponiendo exacto que el tiempo del ascenso de la crecida disminuye con el encauzamiento. La ley de propagación de la crecida es cierta; no porque se propague más lentamente en un cauce estrecho, por ser estrecho, sino porque le corresponde mayor altura en la corriente, y la velocidad de propagación crece con ella.

Pero aún cuando fuesen exactos los principios que Comoy establece, nos veríamos imposibilitados de aplicarlos. Aunque hiciésemos tanteos respecto del gasto máximo, ¿de qué nos serviría, si desconocemos la ley de los gastos anteriores, á contar desde aquel para el cual principia la crecida? Es tanto como decir que una curva es conocida y se puede trazar cuando se sabe que pasa por dos puntos.

Vemos, pues, que nada es posible utilizar de las reglas dadas por Comoy, y que la cuestión se encuentra hoy tan irresoluble como antes.

Se continuará.)

TERMODINAMICA.

En el artículo sobre Termodinámica escrito por el Excmo. Sr. D. José Echegaray y publicado en el número 8 de este periódico correspondiente al año 1869, se dejaron de insertar por un error involuntario los números 60, 61 y 62. Cuando se echó de ver esta falta, se había extraviado el original. Habiendo escrito de nuevo el Sr. Echegaray la parte que faltaba, la insertamos á continuación para no dejar incompleta tan interesante teoría.

60. Las dos ecuaciones

$$T = J \Sigma Q,$$

y

$$\Sigma \frac{Q}{f(t)} = 0,$$

expresan los dos *principios fundamentales* de la teoría moderna del calor; el primero, la transformación siempre proporcional del trabajo en calor, y de éste en aquél; el segundo, indica en cierto modo la ley de esta transformación; sin embargo, tanto como el primero es claro, natural, sencillo, es abstracto, oscuro é indirecto el segundo.

Toda cantidad de calor equivale á cierta cantidad de fuerza viva ó de trabajo; esta idea es tan natural como fácil de comprender.

Pero, ¿qué significa en cambio $\Sigma \frac{Q}{f(t)} = 0$?

¿A qué propiedad física, mecánica ó térmica, que se pueda expresar en el lenguaje común; que se vea traducida en hechos en la naturaleza, corresponde esta expresión algebraica?

Procuremos aclarar algún tanto esta materia.

Fijémonos en el cuadrilátero fundamental de la fig. 8, y en la fórmula sencilla del (N. 57).

$$\frac{Q_1}{f(t_1)} = \frac{Q_0}{f(t_0)}.$$

Ante todo, digamos, aunque anticipando las ideas, que las funciones $f(t_1)$ y $f(t_0)$ no son más las temperaturas absolutas t_1 y t_0 , según demostraremos más adelante; de suerte que la fórmula anterior se reduce á esta otra:

$$\frac{Q_1}{t_1} = \frac{Q_0}{t_0}.$$

que puede también ponerse bajo la forma

$$\frac{Q_1}{Q_0} = \frac{t_1}{t_0}$$

ó bien

$$\frac{Q_1 - Q_0}{Q_1} = \frac{t_1 - t_0}{t_1},$$

y, así escrita, expresa una propiedad muy importante.

$Q_1 - Q_0$ es la cantidad de calor que se convierte en trabajo:

Q_1 es la cantidad de calor que se toma del foco superior correspondiente al arco $P_1 P_2$, y por lo tanto, el primer miembro expresa *la relación entre el calor convertido en trabajo, es decir, utilizado mecánicamente, y el consumido*, y nos dice que dicha relación sólo depende de las temperaturas absolutas t_1 y t_0 de los dos focos, y que por lo tanto es independiente del cuadrilátero que es-

cojamos entre las dos curvas $P_1 P_2$ y $P_0 P_3$, y del cuerpo que empleamos como órgano de comunicación.

Materialicemos aún más nuestras ideas.

Supongamos que un cuerpo, ó mejor dicho, un punto representativo describe el cuadrilátero fundamental de la fig. 8.^a entre las curvas extremas de 300° y 0° ; el segundo miembro de la expresion precedente se convertirá en

$$\frac{(500 + 274) - (0^\circ + 214)}{500 + 274} = \frac{500}{574} = 0,82;$$

luego

$$\frac{Q_1 - Q_0}{Q_1} = 0,82,$$

Pero Q_1 es el calor gastado, porque la curva térmica de la 300° es el foco de la máquina, y la de 0° corresponde, por decirlo así, al condensador; y toda cantidad de calor que sale del foco supone consumo de combustible. Por otra parte, $Q_1 - Q_0$ es la cantidad de calor convertido en trabajo; luego en el ejemplo que consideramos, de todo el calor consumido, sólo se aprovecha, y sólo puede aprovecharse, el 82 por 100. Éste el máximo rendimiento de una máquina térmica que funciona entre un foco á 300° y un condensador á 0° , prescindiendo de las pérdidas que naturalmente ocurren en todos los aparatos de este género.

Ahora bien, la ecuacion

$$\frac{Q_1 - Q_0}{Q_1} = \frac{\text{calor utilizado}}{\text{calor gastado}} = 0,82$$

es independiente del cuerpo que se elija como medio de trasmision; sea éste el aire ó el vapor, uno ú otro gas, siempre, teóricamente, la relacion es la misma; luego dicha ecuacion, ó aquella de que procede,

$$\frac{Q_1}{Q_0} = \frac{t_1}{t_0}$$

expresa una propiedad tan clara, tan inteligible, tan sencilla como la ecuacion

$$T = \Sigma Q:$$

á saber: que el calor utilizado ó convertido en trabajo en cada cuadrilátero térmico, es decir, en cada evolucion, entre dos focos, á las temperaturas t_1 y t_0 es independiente, teóricamente, del cuerpo que se elija, y el mismo para todos ellos. Hé aquí por qué á este segundo principio se le da el nombre de principio de igual rendimiento.

61. La ecuacion

$$\frac{\text{calor utilizado}}{\text{calor consumido}} = \frac{t_1 - t_0}{t_1}$$

demuestra además, que á igualdad de las demas condiciones, esta relacion es tanto mayor, cuanto mayor sea la diferencia $t_1 - t_0$ entre la temperatura del foco y la del condensador; diferencia á que comunmente se da el nombre de caída.

Podemos decir, pues, como decia Carnot, que la fraccion de calor consumido que se convierte en trabajo mecánico es proporcional á la caída de temperaturas.

Vemos, pues, que así como el primer principio pone en evidencia la trasformacion del calor en trabajo, el segundo indica cómo y hasta qué punto se verifica dicha trasformacion. Fija este último un limite para la conversion del calor en trabajo, y reduce á sus naturales proporciones las hipótesis gratuitas ó exageradas que se habian hecho sobre las máquinas térmicas, y sobre las ventajas de sustituir á unos cuerpos otros.

Importancia tiene la sustancia que sirva de órgano de trasmision, pero no la fundamental que se suponía, sino ventajas meramente de detalle.

62. Una máquina térmica no funciona como hemos supuesto en los números precedentes. El cuerpo que sirve de órgano de comunicacion del calor no describe el cuadrilátero tipo de la figura 8.^a, sino una curva $a b c d \dots d' c' b' a$ (figura 10.^a), más ó ménos complicada; ¿cómo podríamos hacer extensivo á este caso el principio desarrollado en los números 60 y 61?

Sin perjuicio de que más adelante trataremos probablemente esta cuestion, procuraremos dar, desde ahora, alguna idea sobre punto tan importante.

La máquina, ó el cuerpo, funcionan entre las curvas $A B$ y $m' C$ del cuadrilátero $A B C m'$, pero no describe este cuadrilátero sino una curva inscrita en él. A esta curva se le puede sustituir una serie de cuadriláteros $m b b' m'$, $n c c' p'$, $p d q' c' \dots$ del género del cuadrilátero tipo, y en cada uno de ellos tendremos un rendimiento distinto.

Representando por

t'_1 la temperatura del arco $m b$, y análogamente por t''_1 , $t'''_1 \dots$ las de los arcos $n c$, $p d \dots$: representando asimismo por

t'_0 , t''_0 , $t'''_0 \dots$ las temperaturas de los arcos inferiores $m' b'$, $p' c'$, $c' q' \dots$; tendremos

$$\frac{\text{calor utilizado en el cnadrilátero } m b b' m'}{\text{calor consumido en el arco } m b} = \frac{t'_1 - t'_0}{t'_1};$$

$$\frac{\text{calor utilizado en el cnadrilátero } n c p' c'}{\text{calor consumido en el arco } n c} = \frac{t''_1 - t''_0}{t''_1};$$

y el rendimiento medio será una cierta cantidad media de estos rendimientos parciales.

Notemos que el tipo de rendimiento del cuadrilátero circunscrito $ABCm'$, ó sea $\frac{t_1'' - t_0''}{t_1''}$, es un *límite superior* del que corresponde á la máquina térmica representada por el contorno $abcd\dots d'c'b'a$.

En efecto, prolongando los cuadriláteros elementales $mbb'm'$,..... hasta el cuadrilátero $ABCm'$, obtendremos otros tantos cuadriláteros entre las temperaturas máxima y mínima de los arcos extremos; por ejemplo, al $mbb'm'$ entre t_1' y t_0' corresponderá el $ADp'm'$ entre t_1'' y t_0'' ; al $pdq'c'$ el $Eqq'c'$, y así sucesivamente.

Ahora bien, estos últimos tienen mayor *caída de temperaturas* que las primeras; luego su rendimiento, como vamos á demostrar, es mayor, y si cada uno de los tipos de rendimientos parciales es menor que el tipo constante $\frac{t_1'' - t_0''}{t_1''}$ es claro que la cantidad media también será menor que ésta.

Comparemos, por ejemplo, los rendimientos de $mbb'm'$ y $ADp'm'$.

Tendremos

$$\text{tipo del rendimiento en } mbb'm' = \frac{t_1' - t_0'}{t_1'};$$

$$\text{tipo del rendimiento en } ADp'm' = \frac{t_1'' - t_0''}{t_1''}$$

y queremos demostrar que este último es superior al primero.

Si en aquel ponemos, en el numerador y en el denominador, en vez de t_1' la temperatura t_1'' , que es mayor su valor, habrá aumentado puesto que es un quebrado propio, así:

$$\frac{t_1' - t_0'}{t_1'} < \frac{t_1'' - t_0'}{t_1''} < \frac{t_1'' - t_0''}{t_1''}$$

es decir, rendimiento en $mbb'm' < \text{rendimiento en } ADp'm'$.

Otro tanto demostraríamos en los demas cuadriláteros.

De aquí resulta este teorema, que dá una idea bastante clara de la importancia del segundo principio:

Trazada la curva $abcd\dots d'c'b'a$ correspondiente á una máquina térmica, si determinamos el cuadrilátero fundamental $ABCm'$ circunscrito, el tipo de rendimiento de este cuadrilátero será su límite superior del correspondiente á la máquina.

Por ejemplo, el máximo rendimiento — máximo á que no se llegará ni teóricamente — de una máquina que funciona entre 300 y 10^0 , es

$$\frac{300 - 10}{300 + 274} = \frac{290}{574} = 0,50, \text{ ó sea el } 50 \text{ por } 100.$$

J. ECHEGARAY.

ESCALAFON GENERAL

DEL CUERPO DE

AYUDANTES DE OBRAS PUBLICAS,

EN 28 DE MARZO DE 1871.

Ayudantes primeros.

1 D. Ignacio Inza.	13 » Ramon Soto Seijas.	28 » Francisco Figueredo.
2 » Félix de los Albitos.	14 » Juan Marin.	» » Jerónimo Subirachs.
3 » José María Prado.	15 » Francisco Vargas.	29 » Juan Entrambasaguas.
4 » Jacinto de la Rúa.	16 » Rafael Genon.	30 » Agustin Damon.
» » Francisco Morell.	» » Cándido Salinas.	31 » Aquilino Hernandez.
» » Mariano Utrilla.	17 » José Carrion de la Vega.	32 » José Bona.
5 » José Elordi.	18 » Juan Vargas y Montero.	33 » Manuel Otero.
6 » Joaquin Montero.	19 » Juan Prats.	34 » Pedro Ruiz Tamayo.
7 » Pedro José Ceballos.	20 » Lorenzo Abrines y Palmer.	35 » Francisco Echevarría.
8 » Manuel Orbeta.	21 » Cayetano Hermógenes Palacios.	36 » José Rosales.
9 » Manuel Sorní.	22 » Francisco Aguilar.	37 » Ramon Liminiana.
10 » Venancio del Valle.	23 » Blas Pascual Díez.	38 » Alejandro Mendizábal.
11 » José Sanchez Lamas.	24 » Juan Pelayo.	39 » Luis Sanchez Heredero.
» » Lino J. Palacio.	25 » Manuel Alcalá Morales.	40 » Juan Bautista Prado.
12 » Juan José Trigueros.	26 » Julian Blanco.	41 » Angel Muro y Pallette.
	27 » Francisco Gutierrez.	42 » Lino María Mariscal.
		43 » Melchor Arrieta.