

esto pueda contestarse por la opinion no demostrada del Sr. Perez de la Sala.

La indole de estos artículos, y la ilustracion de los habituales lectores de la REVISTA, me impiden entrar en más amplios desarrollos sin ofender la susceptibilidad de los segundos, á quienes en tanta estima tengo; y con tanto mayor motivo he de proceder así, cuanto que, al hablar más adelante de los *daños de las inundaciones*, podré hacerme cargo de algunas equivocadas apreciaciones del Sr. Perez de la Sala sobre puntos que quizás no fuera desacertado considerar como la *parte descriptiva* de las *calamidades* á que esto se refiere, y es de apetecer no incurrir en repeticiones, aunque no queden completamente expuestas las teorías, que, como se recordará, no me he propuesto desarrollar en esta *observaciones generales*, aunque quizá lo haga más adelante, si preciso fuere.

H. RUIZ AMADO.

TERMODINAMICA.

(Continuacion.)

123. *Caso en que hay fuerzas exteriores.*— Si existen fuerzas exteriores, el teorema general de las fuerzas vivas será

$$\Delta \Sigma \frac{mv^2}{2} = \Sigma T. F. \text{ int.} + \Sigma T. F. \text{ ext.}$$

Pero si el cuerpo pasa del estado (1) al (2), se tiene

$$\Sigma T. F. \text{ int.} = f_2 - f_1 = H_1 - H_2,$$

puesto que el cálculo del número 107 es independiente de las fuerzas exteriores; luego

$$\Delta \Sigma \frac{mv^2}{2} + (H_2 - H_1) = \Sigma T. F. \text{ ext.}$$

ó bien

$$\Delta V + \Delta W = \Sigma T. F. \text{ ext.}$$

$$\Delta U = \Sigma T. F. \text{ ext.}$$

De aqui se deduce el

TEOREMA. La variacion de energia total de un sistema es igual á la suma de los trabajos de las fuerzas exteriores.

$$d \frac{M v_1^2}{2} + d \Sigma \frac{m u^2}{2} = \Sigma [X(dx_1 + d\xi) + Y(dy_1 + d\eta) + Z(dz_1 + d\zeta)].$$

ó bien, toda vez que dx_1 , dy_1 , dz_1 son constantes respecto al sistema, es decir, sólo se refieren al centro de gravedad

$$d \frac{M v_1^2}{2} + d \Sigma \frac{m u^2}{2} = [dx_1 \Sigma X + dy_1 \Sigma Y + dz_1 \Sigma Z] + \Sigma (X d\xi + Y d\eta + Z d\zeta),$$

Este teorema es una consecuencia natural de todas las doctrinas expuestas en los números 109 y 110. En efecto, si la energía U comunicada á un sistema no se altera, ni modifica, y si sólo se transforma en parte actual y parte potencial, es claro que toda variacion de energía ha de venir, por decirlo así, de fuera, y ha de ser comunicada al sistema por un trabajo exterior.

OBSERVACION. Segun lo expuesto en el número 122, es claro que las dos fuerzas que separaron á los puntos *a* y *b* (núm. 110), pudieran no ser iguales, con lo cual el centro de gravedad no hubiera quedado inmóvil, y al empezar el periodo de retroceso hubiera estado sometido á un movimiento uniforme y rectilíneo; pero esto no altera ninguna de las consecuencias á que en el caso de la inmovilidad de dicho centro hemos llegado.

124. El principio de las fuerzas vivas, segun vamos á ver, se aplica al movimiento del centro de gravedad, áun cuando existan fuerzas exteriores, y esto nos permitirá deducir del teorema del número precedente otro teorema importantísimo.

Como la demostracion del número 120 sólo tiene por objeto transformar la expresion de la fuerza viva, sin que en ella influya la existencia ó no existencia de fuerzas exteriores, resulta que, áun cuando éstas actúen sobre el sistema, siempre tendremos,

$$\Sigma \frac{1}{2} m v^2 = \frac{M v_1^2}{2} + \Sigma \frac{m u^2}{2},$$

siendo M la masa total; v_1 la velocidad del centro de gravedad, y u la velocidad relativa á dicho centro de cualquier punto.

Tendremos, pues,

$$d \left[\frac{M v_1^2}{2} + \Sigma \frac{m u^2}{2} \right] = \Sigma T. \text{ elementales de las fuerzas.}$$

ó bien

$$d \frac{M v_1^2}{2} + d \Sigma \frac{m u^2}{2} = \Sigma (X dx + Y dy + Z dz),$$

y sustituyendo en el segundo miembro $x = x_1 + \xi$, $y = y_1 + \eta$, $z = z_1 + \zeta$ como en el número 120, resultará

pero el centro de gravedad se mueve como si toda la masa y todas las fuerzas se trasladasen á él; luego,

$$d \frac{M v_i^2}{2} = dx_1 \Sigma X + dy_1 \Sigma Y + dz_1 \Sigma Z,$$

y por lo tanto

$$d \Sigma \frac{m u^2}{2} = \Sigma (X d\xi + Y d\eta + Z d\zeta).$$

u es la velocidad en el movimiento relativo al centro de gravedad; $d\xi$, $d\eta$, $d\zeta$, los caminos infinitamente pequeños de los puntos de aplicación de las fuerzas, pero contados dichos caminos en el mismo movimiento relativo; luego el segundo miembro de la ecuacion anterior será la suma de trabajos elementales de las fuerzas en el movimiento relativo, y tendremos el siguiente

TEOREMA. Si se valúa la fuerza viva de cada punto y el trabajo elemental de cada fuerza en el movimiento relativo al centro de gravedad, la variacion de dicha fuerza viva será igual á la suma de dichos trabajos relativos.

Segun este teorema, si representamos por T' los trabajos en el movimiento relativo al centro de gravedad, tendremos

$$\Delta \Sigma \frac{m u^2}{2} = \Sigma T' F. \text{ int.} + \Sigma T' F. \text{ ext.};$$

pero $\Sigma T' F. \text{ int.}$ es el mismo en el movimiento relativo que en el movimiento absoluto, y es siempre igual á $f_2 - f_1 = \Pi_1 - \Pi_2$; luego la ecuacion anterior podrá ponerse bajo la forma

$$\Delta \Sigma \frac{m u^2}{2} + (\Pi_2 - \Pi_1) = \Sigma T' F. \text{ ext.}$$

ó bien

$$\Delta V_i + \Delta W = \Sigma T' F. \text{ ext.}$$

Así, pues,

TEOREMA. La variacion de energía interior de un sistema (es decir, en el movimiento relativo al centro de gravedad) es igual á la suma de los trabajos relativos de las fuerzas exteriores.

Este teorema es importante, porque permite extender á los cuerpos de la naturaleza una teoria que de otro modo resultaria inaplicable.

Y en efecto, nosotros no conocemos más que movimientos relativos; los cuerpos que al parecer estan inmóviles, obedecen, sin embargo, no sólo á las vibraciones interiores, sino á movimientos finitos: las deformaciones terrestres, la rotacion diurna, la traslacion anual, el movimiento del sistema solar, etc.

¿Cómo, pues, aplicar el teorema 123 á los cuerpos de la naturaleza, cuando dicho teorema sólo se aplica á movimientos absolutos?

En cambio, el teorema del núm. 124 nos permite prescindir de todos los movimientos absolutos, y aplicar dicho teorema para cada cuerpo ó sistema como si su centro de gravedad permaneciese inmóvil, y como si el movimiento relativo que observamos fuese un verdadero movimiento absoluto.

125. Alteraciones de la energía por la accion del calor. Puesto que el calor es fuerza viva, claro es que la energía de un sistema puede alterarse no sólo por la accion de las fuerzas exteriores, sino por recibir cierta cantidad de calor ó de energía calorífica que venga del exterior, ó bien, al contrario, por perder una parte de la que posee, comunicándola á los cuerpos inmediatos.

Supongamos que una cierta cantidad de energía calorífica Z , que viene del exterior, penetra en el cuerpo; tendremos evidentemente

$$\Delta U = \Sigma T. F. \text{ ext.} + Z.$$

Supongamos, por el contrario, que del cuerpo se desprende por radiacion ó conductibilidad una cantidad Z' de calor; tendremos

$$\Delta U = \Sigma T. F. \text{ ext.} - Z';$$

y si suponemos á Z un signo implícito, podremos en general establecer la siguiente ecuacion

$$\Delta U = \Sigma T. F. \text{ ext.} + Z,$$

y el siguiente

TEOREMA. En todo sistema, la variacion de energía total es igual á la suma algebraica de los trabajos de las fuerzas exteriores, y de la energía calorífica ganada ó perdida.

126. Aplicando los mismos razonamientos al movimiento relativo al centro de gravedad, tendremos

$$\Delta U_i = \Sigma T' F. \text{ ext.} + Z;$$

de donde se deduce el siguiente

TEOREMA. La variacion de energía relativa al centro de gravedad, es igual á la suma algebraica del trabajo relativo de las fuerzas exteriores y del calor ganado ó perdido por el sistema.

127. RESUMEN. Supongamos un sistema de puntos materiales, y tomemos un sistema de ejes que pasen constantemente por el centro de gravedad y de direccion constante.

En un momento dado, la fuerza viva de los movimientos finitos tendrá un valor que representaremos por $\frac{1}{2} E$:

La fuerza viva de los movimientos infinitamente pequeños, es decir, de la vibración de las moléculas (que comprende el movimiento de traslación y el de rotación al centro de gravedad), tendrá otro cierto valor, que supondremos representado por H:

Esta cantidad de calor H está medida en calorías; si quisiéramos expresarlo en unidades de energía ó de fuerza viva, bastaría multiplicar H por $\frac{1}{A}$.

Designemos el valor de la energía potencial por I, y designemos, por último, por ΔQ y por ΔT la cantidad de calor perdida ó ganada por radiación ó conductibilidad, y la cantidad de trabajo comunicada al cuerpo por las fuerzas exteriores, ó por éste á los sistemas inmediatos, á partir de este instante hasta el segundo instante final.

Segun la ecuación del número anterior, es claro que tendremos

$$\Sigma T' F \text{ ext.} = \mp \Delta T.$$

Por otra parte, la diferencia entre ΔQ y Z sólo consiste en que Q está medida en calorías y Z en unidades de potencia calorífica ó de energía, que son unidades de fuerza viva y trabajo, así

$$Z = \frac{1}{A} \Delta Q.$$

Esta energía calorífica y este trabajo exterior ganado ó perdido alterarán la fuerza viva finita $\frac{1}{2} F$ en $\frac{1}{2} \Delta F$; alterarán así mismo la fuerza viva de los movimientos vibratorios en $\frac{1}{A} \Delta H$; y modificarán, por último, la energía potencial, haciéndola sufrir la variación ΔI .

Ahora bien, puesto que ΔU_i representa la energía total del sistema, y ésta comprende la fuerza viva de los movimientos finitos, la de los movimientos vibratorios que en virtud del (núm. 117) se suma á la primera, y por último, la de la energía potencial, resulta

$$\Delta U_i = \frac{1}{2} \Delta F + \frac{1}{A} \Delta H + \Delta I.$$

Así pues, la ecuación

$$\Delta U_i = \Sigma T' F \text{ ext.} + Z$$

puede ponerse bajo la forma

$$\frac{1}{2} \Delta F + \frac{1}{A} \Delta H + \Delta I = \mp \Delta T + \frac{1}{A} \Delta Q,$$

de donde

$$\Delta Q = \Delta H + A \Delta I \pm A \Delta T + \frac{1}{2} A \Delta F,$$

que es precisamente la del número 85.

Y ya en el número 98 escribíamos

$$U = H + A I$$

que es la misma ecuación

$$U = V + W$$

de las energías, sin más diferencia que U, calor *disponible* en calorías de la primera ecuación, es, salvo el equivalente A, la energía total interna de la segunda; y en ella, por otra parte, se ha prescindido de la fuerza viva finita $\frac{1}{2} \Delta F$, por considerarla infinitamente pequeña.

Se nos presenta aquí el mismo problema que en el número 85, aunque con un carácter más preciso y racional.

Todo incremento de calor comunicado á un cuerpo (suponemos ΔQ positivo para fijar las ideas), se descompone en varios efectos; altera la fuerza viva del movimiento finito, altera la fuerza viva del movimiento vibratorio, es decir, altera la energía latente, y además cambia las posiciones de los puntos que constituyen el sistema, con lo que ejerce un trabajo interno, ó dicho de otra manera, modifica la energía potencial; por último, desarrolla un trabajo externo; pero ¿cómo ΔQ se divide en todos estos efectos? Mientras sólo se conozca ΔQ , dijimos en el número 85, el problema es indeterminado; pero esta afirmación, que es exacta bajo el punto de vista empírico en que allí nos colocábamos, aquí es completamente falso.

Si las condiciones dinámicas del sistema son conocidas, si lo son las fuerzas externas, todo valor de ΔQ se distribuye de un modo preciso, único y racionalmente determinado.

No pudiendo abordar el problema en toda su generalidad teórica, nos fué preciso, en el capítulo v, acudir á consideraciones y datos empíricos de orden secundario; pero al menos ahora queda planteada la cuestión con toda su pureza abstracta, y queda explanada la idea que por anticipación dimos en el número 98.

128. Hemos dicho que en un cuerpo la energía actual está representada por la suma de dos fuerzas vivas: la del movimiento finito y la del movimiento vibratorio; generalmente la primera es despreciable, y sólo se tiene en cuenta la segunda, pero aun cuando no lo fuese, sólo constituye lo que propiamente se llama calor la última de las dos energías. La primera es equivalente á cierta cantidad de calor, puede transformarse en calor, pero no lo es en el sentido que la física da á esta palabra; sólo forman, pues, la energía calorífica los movimientos internos: *ya de vibración de las*

moléculas, ya de vibracion de los átomos de cada molécula, ya de las atmósferas etéreas que rodean á los átomos, ya del éter en que todo el cuerpo se impregna. La fuerza viva media de todos estos movimientos infinitamente pequeños es lo que se llama calor ó energía calorífica; y nada más fácil que explicar en esta hipótesis la radiación calorífica, la conductibilidad, la temperatura, el equilibrio de temperaturas, y casi todos los fenómenos que la física estudia al tratar de este fluido imponderable.

¿Cómo pasa el calor de unos cuerpos á otros?
Por radiacion ó conductibilidad.

Radiacion. Cuando un cuerpo A vibra, el éter de que el cuerpo está impregnado participa de este movimiento, el que se comunica á su vez al éter ambiente, propagándose en ondas sucesivas. El éter, segun se demuestra en la teoría de la luz, trasmite cada una de estas ondas, volviendo despues á su estado constante de equilibrio, y de este modo el primitivo movimiento vibratorio del cuerpo se va propagando á su alrededor en ondas, que cada vez se alejan más y más de su primitivo centro.

Hé aquí lo que constituye el calor radiado ó la radiacion.

La radiacion no es, pues, más que el movimiento vibratorio del cuerpo, trasmitido por el éter á distancias cada vez mayores.

Ahora bien, cuando una de estas ondas encuentra un cuerpo B, la vibracion penetra en el éter de que el cuerpo está impregnado, se trasmite á dicho éter y á las moléculas del cuerpo: éste entra, pues, en vibracion, ó se modifica la que ya tenía, y el cuerpo ha absorbido en último término una parte de la fuerza viva del movimiento vibratorio del éter. Ó, de otro modo, una parte de la fuerza viva del primitivo cuerpo A ha pasado á las moléculas del cuerpo B, aumentando la energía calorífica del último á expensas del primero.

Conductibilidad. Una de las moléculas de un cuerpo vibra, esta vibracion se comunica á las moléculas inmediatas, y el movimiento se propaga de grado en grado y de molécula en molécula: entonces se dice que la energía calorífica se ha comunicado por *conductibilidad*, aun cuando es probable que aun en este caso intervenga el éter.

Esto mismo sucede cuando dos cuerpos están en contacto: el calor pasa trasmitido de molécula en molécula del 1.º al 2.º

En resumen, si la vibracion calorífica se trasmite por el éter, hay *radiacion*; si por las moléculas, *conductibilidad*.

129. *Equilibrio de energías caloríficas.* Imaginemos dos cuerpos A, B á cierta distancia uno de otro, y para fijar las ideas, envueltos ambos en una atmósfera de éter.

A fin de simplificar, prescindamos de todo movimiento finito, y sólo tengamos en cuenta los movimientos vibratorios.

Las moléculas y el éter de A vibran.

Las moléculas y el éter de B vibran tambien.

(Se continuará.)

J. ECHEGARAY.

DATOS ESTADÍSTICOS SOBRE LOS FERRO-CARRILES DE LA PENÍNSULA, Y CONSECUENCIAS PRINCIPALES QUE DE LOS MISMOS SE DESPRENDEN.

Publicadas ya todas las Memorias de obras públicas hasta fin de 1869, y comprendiéndose en ellas los principales resultados obtenidos con las vías férreas, nos ha parecido oportuno consignar aquí los principales, y las consecuencias que de los mismos se desprenden, algunas de las cuales deberán servir de norma, ya para lo nuevo que en lo sucesivo se ejecute, ya para modificar ó reformar lo existente. Entre ellas hay dos que fijarán muy particularmente nuestra atención: la una es relativa al coste de los ferro-carriles, y la otra á las tarifas que rigen en su explotacion.

Para mayor claridad, dividiremos este trabajo en diferentes partes, en cada una de las cuales incluiremos una sola cuestion.

Concesiones.—En 1845 se hizo la primera concesion de ferro-carril, que fué la de la línea de Madrid á Aranjuez, cuya longitud era de 48 kilómetros, y desde dicha época hasta fin de 1869, el número total de los concedidos ha sido de 7.468 kilómetros, incluyendo sólo los que se han construido ó están en construccion, y por consiguiente cuya concesion no se ha declarado caducada.—En este período de 25 años, el número de concesiones por año varía considerablemente, y no ofrece regularidad alguna, si bien se observa que desde 1856 á 1864 se otorgaron 5.155 kilómetros, esto es, las dos terceras partes del total; siendo esta época aquella en que se ha visto desarrollarse con más rapidez en nuestra patria la industria y el comercio.