

## SEGUNDA PARTE

DE LAS FUERZAS Y DE SUS EFECTOS CON APLICACION  
A UN CUERPO Y PUNTO MATERIAL LIBRE.

---

### CAPITULO PRIMERO

**Ideas generales sobre la inercia, y de las fuerzas de la inercia.**

#### I. De la inercia.

LEYES DE INERCIA. — Las siguientes, fundamentales en mecánica, se hallan consagradas por la experiencia mas acreditada y segura.

1.<sup>a</sup> *Un cuerpo en quietud no puede ponerse en movimiento por sí mismo.*

2.<sup>a</sup> *Un cuerpo en movimiento tampoco puede modificar por sí mismo la grandeza ni la direccion de su velocidad. Este movimiento es rectilíneo y uniforme.*

Podrá objetársenos que el hombre y los demas seres animados pasan por sí mismos del estado de quietud al de movimiento; mas esta objecion se destruye diciendo que esta facultad pertenece solo

á la parte inmaterial que les comunica la vida, como lo demuestra un cadáver, que queda sujeto á las leyes generales de la materia desde el momento que exhala el último aliento.

Lo mismo puede decirse de ciertos cuerpos que parecen que se mueven *espontáneamente*, como vemos en los fenómenos eléctricos y magnéticos, pues es bien sabido que este movimiento se debe á las *acciones* mútuas ó á causas emanadas de sus mismas moléculas.

Ahora bien, resueltas estas dificultades aparentes, diremos que la primera ley es tan clara y evidente que hace inútil su demostracion. No así la segunda. Esta necesita explicacion tanto para comprenderla como para admitirla completamente. Cuando un cuerpo impelido por una fuerza extraña se halla animado de cierto movimiento, sin que causa alguna lo modifique, necesariamente, siguiendo el principio establecido, debe describir una línea recta y uniforme en todas sus partes y en todos los tiempos iguales en que se mida y compare. Efectivamente, luego que se lanza una bola sobre un plano perfectamente unido sigue siempre una línea recta, y nunca desviará de ella si no se encuentra con un obstáculo que modifique la trayectoria. Lo mismo sucede con la velocidad de su movimiento; y sin embargo hay repugnancia en admitir la uniformidad de él, máxime notando en el ejemplo citado que la bola disminuye gradualmente el movimiento hasta que al fin cesa

de moverse. Con todo, nótese que la bola recorre un espacio tanto mas grande cuanto mas unido y liso es el plano sobre el cual se mueve. Esta circunstancia demuestra que las asperezas mas ó menos perceptibles del plano y la resistencia que ofrece el aire, son las causas únicas que debilitan y destruyen, por fin, el movimiento de la bola; sin estos obstáculos, no cesaria nunca de moverse, y en su virtud debe concluirse que la bola no disminuye por sí misma su movimiento, y por lo tanto que *la velocidad de los cuerpos no cambia de manera alguna por sí sola.*

Este mismo principio es aplicable á los cuerpos que dan vueltas sobre un eje fijo, cuyo movimiento de rotacion conservará constante y perpetuamente, no oponiéndose las causas que lo impiden, como son el roce del eje sobre su punto de apoyo, la resistencia que encuentra en el aire y en los cuerpos que mueven.

De aquí se infiere que para que un cuerpo se ponga en movimiento y pueda modificarlo en seguida, ó tomar otro diferente del que tenia antes, es absolutamente necesario una causa cualquiera que se llama fuerza.

## II. De la fuerza motriz.

52. DEFINICION. — Fuerza motriz es la causa que imprime ó modifica *los movimientos de los cuer-*

pos. Estas fuerzas ó causas son de diversas especies. Las hay *graves* ó de *gravedad*, *moleculares*, *eléctricas*, *magnéticas* y *animadas*.

53. IDEM. — Las *animadas* son las que tienen los hombres y los animales, en las cuales se confunden todas las de esta clase bajo la significacion de motores animados.

54. IDEM. — Las *magnéticas* y *eléctricas* son las que producen las atracciones y repulsiones que se notan en los fenómenos eléctricos y magnéticos como las propiedades del imán, del diamante frotado contra un paño, etc.

55. IDEM. — Las *moleculares* son las propiedades interiores que tienen algunos cuerpos de comprimirse y dilatarse. Estas, unas son *atractivas* y otras *repulsivas*, como las que constituyen el principio de la potencia de las máquinas de vapor.

56. IDEM. — Las *graves* ó de *gravedad* son las que tienen todos los cuerpos de dirigirse á su centro. Todos los cuerpos están sometidos á su accion, como se observa en el movimiento del agua de los rios y arroyos y cuando se lanza una piedra.

Debe tenerse presente que cuando una fuerza no produce su efecto, ó el movimiento del cuerpo sujeto á su accion necesariamente ha de producir una *presion* ó *tirantez* segun lo demuestra el siguiente

ejemplo : Un cuerpo puesto sobre una mesa ejerce *presion* sobre ella, y el suspendido de una cuerda determina la *tirantez* de la misma cuerda.

En el caso supuesto, la *presion* que el cuerpo hace sobre la mesa, y la *tirantez* que experimenta la cuerda, se llama *peso*, el cual no debe confundirse con el general de *gravedad* que tienen todos los cuerpos de dirigirse hácia su centro, pues la palabra *peso* indica el efecto de la accion de esta ley general.

### III. Medida de las fuerzas.

57. MEDIDA DE LA FUERZA. — La aplicacion, direccion é intensidad son los tres elementos que entran en la definicion matemática de una fuerza. Cuando esta obra ejerce su accion sobre un cuerpo ó punto material que se llama *punto de aplicacion*. Si este está en quietud, la fuerza tiende siempre á imprimirle un movimiento siguiendo una línea recta que se llama *direccion*.

Para medir la *intensidad* de una fuerza, no hay necesidad de conocer su naturaleza. Así, decimos que dos fuerzas son *iguales* cuando aplicadas simultáneamente y en sentido contrario, á un mismo cuerpo ó punto material, no alteran su velocidad, ó cuando aplicadas sucesivamente á un mismo cuerpo en quietud, durante el mismo intervalo de tiempo, le imprimen la misma velocidad. Por consiguiente, la fuerza elástica del vapor puede ser igual en

ciertos y determinados casos al esfuerzo muscular de un hombre ó de un caballo, aunque estas fuerzas sean de diferente naturaleza. Por fin, si dos, tres ó mas fuerzas iguales se aplican simultáneamente al mismo punto en el mismo sentido, constituirán una fuerza doble, triple, etc., de una de ellas.

Las precedentes definiciones conducen inmediatamente á formar una noción exacta de la relacion de dos fuerzas cualesquiera por medio de una medida comun; y si se toma una unidad de fuerza, la intensidad de cada fuerza será representada por el número que medirá la relacion de esta fuerza con la unidad tomada.

### 38. COMPARACION DE LAS FUERZAS CON LOS PESOS.

— Para comparar las fuerzas á los pesos, se hace uso de los instrumentos llamados *dinamómetros*.

39. ROMANA. — El mas sencillo de estos dinamómetros, lo es sin duda alguna la romana llamada de comercio (fig. 10 y 11); compónese de una hoja de acero flexible y curva por el centro, que posee cierta elasticidad. En el brazo inferior hay fijo un arco de círculo; que dividido en partes iguales hácia su parte superior, pasa libremente por el brazo de arriba, y remata en anillo. En el extremo del expresado brazo superior hay fijo otro arco que pasa igualmente por la abertura practicada en el inferior, y termina en otro anillo que sirve para

enlazar el gancho destinado á suspender el cuerpo ó cuerpos cuyo peso desea saberse.

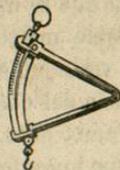


Fig. 10.



Fig. 11.

Ahora bien; cuando se quiere hacer uso del expresado instrumento, tómate por el anillo superior, y se suspende un cuerpo cualquiera en el gancho. Levantado en alto, se nota al punto que ambos extremos se aproximan, segun se demuestra en la figura 11. Repitiendo la misma operacion con cuerpos diversos, se advertirá que las extremidades del resorte se acercarán en proporcion del peso específico de cada uno. Si los diferentes cuerpos ejercen la misma accion en el instrumento, en tal caso los pesos respectivos de todos estos cuerpos son iguales entre sí. Mas cuando se suspenden en el gancho dos cuerpos del mismo peso, el resorte cederá otro tanto mas de lo que cedia cuando se suspendia uno solo. Del mismo modo,

el cuerpo suspendido en el gancho que haga ceder el resorte una, dos, tres, etc., veces mas que otro de la misma magnitud, es una señal incontestable de que tiene doble, triple peso, etc.

60. UNIDAD Y COMPARACION DEL PESO. — Generalmente la unidad del peso, desde que se han experimentado las ventajas del sistema métrico, es de gramos, kilogramos y muchas veces de toneladas, segun lo exijan la importancia del cuerpo ó cuerpos que han de pesarse. El gramo, pues, es el peso de un centímetro cubo de agua pura, tomado á la temperatura de su mayor densidad; el kilogramo está evaluado á 1,000 gramos, y la tonelada á 1,000 kilogramos.

Así, es fácil concebir que los mismos resortes no sirven para pesar los cuerpos ténues, ligeros y pesados, y la necesidad de proporcionarlos á la mole de cada uno y á la resistencia que respectivamente pueden ofrecer. Sin embargo, el principio de la medida del peso de los cuerpos permanece siempre invariable, de tal modo, que aun la presión y tirantez producida por una fuerza dada, puede asimilarse al peso de un cuerpo y evaluarse á kilogramos. Y hé aquí como se ejecuta la operación en el expresado dinamómetro.

61. EJEMPLO. — Supóngase que un caballo tira de una cuerda atada á una piedra de molino que quiere trasladarse de un punto á otro, y que cor-

tada la cuerda se fija un cabo en el anillo superior del dinamómetro (que en este caso se coloca con ambos extremos hácia arriba y el ángulo agudo que forman hácia abajo), y el otro en el gancho que se hallaba antes en la parte inferior, segun puede notarse en la figura 12.

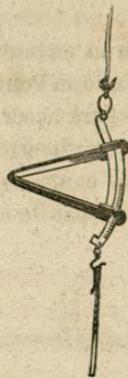


Fig. 12.

Como se ve ó puede colegirse, la fuerza de tracción ejercida en este instrumento hará ceder el resorte, y la tirantez de la cuerda será igual al peso del cuerpo, el cual estando suspendido al resorte le haria ceder los mismos grados.

Calcúlase asimismo la fuerza por la importancia de la presión ó tirantez que produce cuando ejerce su acción en un cuerpo que debe quedar siempre en el mismo sitio, y así estambien como la fuerza

que hace caer un cuerpo se mide por el peso del mismo, de la manera que la tirantez de la cuerda marca la fuerza desplegada por el caballo en el precedente ejemplo. Por consecuencia, queda demostrado y establecido que todas las fuerzas pueden representarse por un número determinado de kilogramos.

62. El DINAMÓMETRO inventado recientemente por el célebre é ingenioso Poncelet es preferible á los demás conocidos para hacer experiencias de las fuerzas desplegadas en diversos casos y circunstancias. Representa, como se observa en la figura 13, dos barras planas de acero de cuatro án-

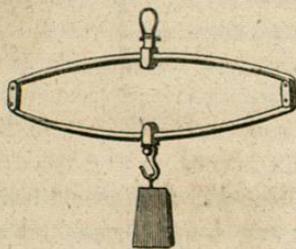


Fig. 13.

gulos, unidas en ambos extremos por medio de dos pernos. En la superior está fijo un fuerte anillo, y en la inferior un gancho; el punto céntrico de ambas barras se separan con relacion á la fuerza

de traccion que ejerce la aplicada al instrumento. De suerte que si la de un kilogramo aumenta la distancia de un milímetro, la de dos kilogramos la aumentará de dos mas y así sucesivamente.

63. BALANZA ROMANA. — Esta romana es sumamente cómoda por cuanto no exige el uso de pesos marcados. Compónese de una barra de hierro dividida en líneas que indican cada una el número de onzas, libras, arrobas y quintales algunas, suspendida por el punto *E*, movable al rededor de este

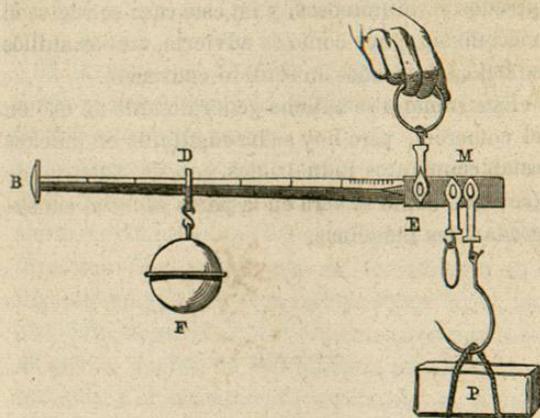


Fig. 14.

punto, segun puede notarse en la figura 14. En el punto *M* se halla dispuesto un gancho para sus-

pende el cuerpo que quiere pesarse, y otro anillo  $D$  unido á un peso  $F$  que puede moverse y colocarse en una de las divisiones practicadas desde  $M B$ . Una vez suspendido el cuerpo  $P$  en el gancho, se retira el anillo  $D$  hasta que la romana quede horizontal. De manera que viendo equilibrados el cuerpo  $P$  y el peso  $F$ , ya no hay mas que contar la línea que hay desde el punto  $E$  hasta donde se halla fijo el anillo  $D$ , y por ellas decir el peso total y exacto del cuerpo que acaba de pesarse.

Esta balanza tiene dos anillos de suspension segun puede verse en la figura 14. El mas inmediato al punto  $M$ , sirve para pesar los cuerpos mas pesados y voluminosos, y en este caso se vuelve el mecanismo, pues como se advierte, ambos anillos se hallan colocados en sentido contrario.

Esta romana se hallaba generalmente en uso en el comercio, pero hoy se ha sustituido en muchos establecimientos industriales con la balanza de *Quintenz*, como se verá en la parte especial consagrada á las máquinas.

## CAPITULO II

### Del efecto de una fuerza aplicada á un cuerpo aislado.

#### I. Axioma, teorema y casos diversos.

63. AXIOMA. — *El efecto de una fuerza sobre un cuerpo es independiente del movimiento adquirido anteriormente por este cuerpo.*

Efectivamente, cuando una fuerza ejerce su accion sobre un cuerpo en quietud, le comunica cierto movimiento que depende de su intensidad y direccion. Si el cuerpo está en movimiento en el instante en que la fuerza influye sobre él, el movimiento adquirido anteriormente se compone con el que la fuerza le comunicaria si estuviera en quietud, y el movimiento resultante es el movimiento real del cuerpo al instante considerado.

Cierto es que no puede demostrarse este principio *á priori*, pero admitido, se verifica siempre *á posteriori*, pues conduce á consecuencias notables, acreditadas por la experiencia mas inconcusa.