

GUÍA N° 12

Tercera Ley de Newton

Principio de acción y reacción

P1- ¿Qué dice el enunciado del principio de acción y reacción o tercera Ley de Newton? De 3 ejemplos y desarrolle uno.

P2- Defina impulso y cantidad de movimiento. ¿Cuál es la diferencia y/o relación entre ambos.

P3- ¿Qué es una fuerza instantánea? Cálculo.

P4- Describa como se produce la impulsión o propulsión por reacción.

P5- Describa la propulsión a chorro. De un ejemplo de aplicación actual.

P6- ¿Qué es la retropropulsión?

Composición de velocidades

P7- Cuando tenemos un móvil que se desplaza por efecto de varias fuerzas que actúan sobre él, si estas fuerzas no tienen la misma dirección deberemos establecer la composición del sistema para poder determinar la dirección y velocidad del cuerpo desplazante.

¿Cómo establecemos la composición de velocidades en la figura 14-7, 14-8?

P8- Si la dirección sin sentido de las velocidades es igual ¿Cómo se compone la velocidad final? Figura 14-9.

P9- Cuando la dirección es igual y el sentido contrario ¿Qué sucede? Figura 14-10.

Principio de Independencia de los movimientos

Estudio Cinemático

P10- Explique el fenómeno de la figura 14-14 ¿Cómo se conoce?

P11- ¿Qué sucede con la velocidad en la figura 14-15?

P12- ¿Estamos en presencia de una composición de velocidades?

P13- De expuesto y observando la figura 14-16 analice el proceso de superposición de movimientos.

Estudio dinámico

P14- ¿Cómo podemos explicar la actuación de las fuerzas en la superposición de movimientos? Figura 14-18.

Ej1- Un patinador de masa 80kg aplica a otro de masa 50kg una fuerza de 25kgf durante 5 seg. ¿Cuál es la velocidad que adquiere el segundo y cuál es la velocidad que adquiere el primero en su retroceso?

Ej2- Un cuerpo de masa 980kg se le aplica una fuerza constante de 40kgf durante 5 seg. Calcular el impulso total y el incremento de velocidad.

Ej3- Con una escopeta se dispara un cartucho con 100 perdigones de 0,004N c/u los que adquieren una velocidad de 280m/seg. ¿Cuál es la velocidad de retroceso del arma si pesa 5N?

Ej4- Mediante un palo de golf se aplica a una pelota amarilla una velocidad de 95m/seg. Si el tiempo mediante el cual actuó el palo es de 0,02 seg. Y la pelota pesa 0,5N ¿Cuál es la fuerza que se aplicó a la pelota?

Ej5- Una lancha cruza un río en forma perpendicular a la corriente con una velocidad de 12m/seg. Si la velocidad de la corriente del agua es de 4m/seg ¿Cuál es la velocidad de la lancha respecto a la orilla?

LA TERCERA LEY DE NEWTON

PRINCIPIO DE ACCION Y DE REACCION

La tercera ley de Newton

Ya al estudiar fuerzas —estática—, dimos idea de la existencia de la acción y de la reacción.

Ahora enunciaremos el principio correspondiente, que también se cumple para los cuerpos en movimiento, o sea en toda la dinámica, como los principios anteriores.

Enunciado del principio de acción y reacción: o tercera ley de Newton

A toda fuerza —acción— ejercida por un cuerpo sobre otro, éste opone, sobre aquél, otra de igual intensidad y sentido contrario —reacción—; o también:

Si un cuerpo ejerce sobre otro una fuerza, el segundo ejerce siempre sobre el primero otra fuerza de igual intensidad pero de sentido contrario.

La primera se llama acción, y la segunda, reacción.

Los ejemplos que brindamos a continuación son la prueba fehaciente de ello.

a) Al empujar un mueble (piano, ropero, etc.) el proceso se dificulta según lo poco pulido que esté el piso (fig. 14-1). Ello se debe a que nuestro cuerpo “se afirma” contra el piso —acción—, el piso “reacciona”, permitiendo transmitir esa fuerza a través de nuestro cuerpo y mover, en definitiva, al mueble.

b) Cuando deseamos asegurar el martillo a

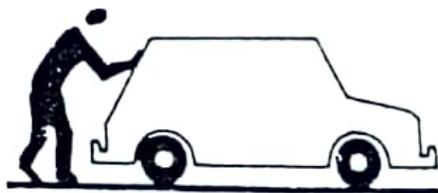


Fig. 14-1. A la acción de empujar se opone la reacción del piso.

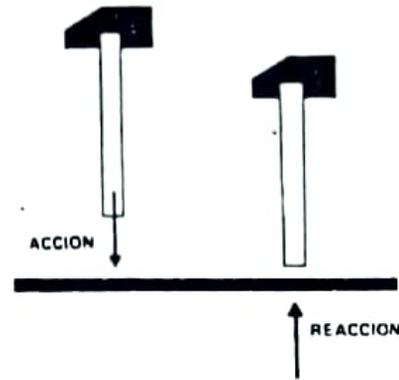


Fig. 14-2. Ejemplo de acción y reacción.

un mango, golpeamos a éste contra el piso o pared —acción—.

El piso o la pared reaccionan.

La fuerza de reacción hace introducir el mango del martillo (fig. 14-2).

c) El molinete para regar jardines es otro caso típico de acción y reacción.

La acción está dada por el molinete al impulsar el agua.

El agua “reacciona” en sentido contrario y hace mover (girar) el molinete (fig. 14-3).

Los aviones de retropropulsión también son ejemplos análogos al del molinete para regar.

En efecto, las turbinas que poseen provocan una fuerte corriente de aire —acción—, por lo que la atmósfera reacciona con igual intensidad y sentido contrario, provocando el desplazamiento del avión.

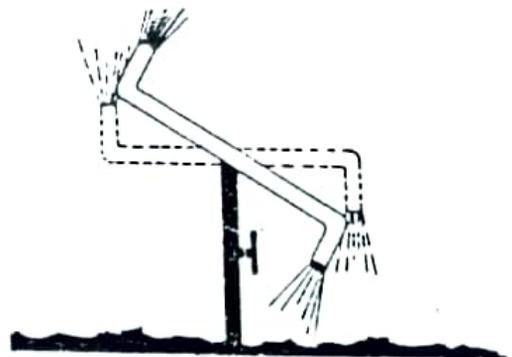


Fig. 14-3. Molinete para riego. Es otro ejemplo de acción y reacción.

d) Una pelota, al caer al suelo ejerce una fuerza sobre el piso. La fuerza de reacción que el piso ejerce sobre la pelota es la responsable de la deformación de la pelota.

e) Al colgar una pesa de un resorte, éste se estira. El resorte estirado provee la fuerza elástica necesaria para que la pesa no caiga debido a la atracción gravitatoria. Esta fuerza elástica es una "acción" que el resorte ejerce sobre la pesa. Simultáneamente la pesa ejerce una fuerza de estiramiento sobre el resorte que llamas "reacción".

f) Cuando se practica tiro con fusil, se sufre el retroceso (reacción) provocado por la acción de la explosión del cartucho de pólvora que expulsa al proyectil. Así, el fusil ejerce una fuerza sobre el proyectil expulsándolo a gran velocidad y recibe una fuerza (reacción) de igual intensidad y sentido contrario que lo hace retroceder.

Detectamos este retroceso mediante el característico culatazo en el hombro.

IMPULSO Y CANTIDAD DE MOVIMIENTO

Hemos establecido, según el principio de conservación de la masa, que

$$a = \frac{F}{m} \text{ de la cual es } F = m a$$

si multiplicamos miembro a miembro por t , tiempo durante el cual actúa dicha fuerza sobre el cuerpo, tendremos

$$F t = m a t$$

y como

$$a t = \Delta v$$

(variación de velocidad)

luego

$$F t = m \Delta v \quad (1)$$

El producto

$$F t$$

se denomina impulso de la fuerza y

$$m \Delta v$$

se llama cantidad de movimiento.

Por ello diremos:

Impulso (I) de una fuerza es el producto de la intensidad de dicha fuerza por el tiempo durante el cual actúa sobre el cuerpo.

Cantidad de movimiento es el producto de la masa del cuerpo por el incremento de velocidad.

La expresión (1) nos está indicando que

El impulso de la fuerza aplicada es igual a la cantidad de movimiento que provoca,

o bien

El incremento de la cantidad de movimiento de cualquier cuerpo es igual al impulso de la fuerza que se ejerce sobre él

Fuerzas instantáneas

Se denominan así aquellas fuerzas que, al ser aplicadas a un cuerpo, actúan sobre él durante un intervalo muy pequeño.

Por ejemplo:

El golpe del taco de billar sobre la bola, o del palo de golf sobre la pelota.

La acción de los gases de la pólvora en su deflagración sobre el proyectil.

Estas fuerzas se calculan mediante la expresión

$$F = \frac{m \Delta v}{t}$$

deducida de

$$F t = m \Delta v$$

IMPULSION O PROPULSION POR REACCION

Al estudiar recientemente el principio de acción y reacción, dimos un ejemplo muy conocido: el molinete para regar jardines.

La salida del agua se debe a la acción y ésta reacciona y se inicia el movimiento del molinete.

La acción y la reacción poseen igual dirección pero sentidos opuestos.

Inflamos un globo y lo colocamos sobre un autito de plástico y dispuesto como indica

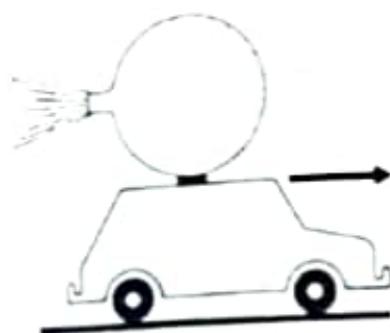


Fig. 14-4. Propulsión por reacción

la figura 14-4. Conforme comience a soltar el aire, se producirá el desplazamiento del autito. La acción de la salida del aire comprimido origina una reacción de sentido opuesto e igual intensidad que provoca el desplazamiento.

Cuanto mayor sea la presión del aire contenido en el globo, mayor será la acción y por tanto mayor será la reacción que actúa sobre el autito (que lo hace avanzar).

La propulsión de chorro fue imaginada por Newton ideando un dispositivo como el de la figura 14-5.

En la actualidad la propulsión de chorro aplicada a los aviones y cohetes está basada en ese proceso.

La propulsión de chorro →

Daremos ahora idea del tipo de propulsión que permite alcanzar tan grandes velocidades.

Si colocados sobre patines procedemos a arrojar piedras, al poco tiempo comenzaremos a desplazarnos en sentido contrario al del lanzamiento. Se ha producido una reacción que será mayor a medida que aumente la fuerza desarrollada para tirar las piedras.

Este fenómeno se produce en forma similar en el caso de los cohetes o los aviones de reacción.

En efecto, los gases de la combustión de un combustible que arde dentro de una cámara salen por un orificio (fig. 14-6), la cantidad de movimiento adquirida por esos gases hacia abajo, provocan una reacción sobre el cohete o el avión pero en sentido contrario y lo pone en movimiento.

Si en el caso del lanzamiento de las pie-



Fig. 14-5. Propulsión de reacción ideada por Newton.

dras los rozamientos (de las ruedas en el piso, de nuestro cuerpo en el aire, etc.) fueran nulos, el desplazamiento logrado sería mucho mayor, más efectivo. Así, en el caso de los cohetes el movimiento será mucho mejor en ausencia de rozamientos con la atmósfera.

En consecuencia el cohete adquirirá mayor velocidad cuanto mayor sea la velocidad de expulsión de los gases de la combustión y cuanto menor sea el rozamiento en la atmósfera, por ejemplo la cañita voladora.

Los aviones, helicópteros, etc., no podrían volar si no tuvieran una determinada masa de aire que expulsar.

El cohete entonces empuja, él mismo, a los gases de la combustión sin necesidad de que exista atmósfera, pudiendo así desplazarse en aire, agua, vacío, etc.

Resulta entonces que la velocidad adquirida será mucho mayor cuanto menor sea el rozamiento del medio circundante, por lo cual logrará mayor velocidad en el vacío.

Tales condiciones son las que han hecho de esta propulsión la elegida para los vuelos espaciales.



Fig. 14-6. Idea de un cohete. La eliminación de los gases provoca, por reacción, un desplazamiento.

Análisis del proceso

1º El cuerpo está en reposo. Salen los gases hacia abajo por efecto de una acción. Por reacción el cohete comienza a subir. Así la energía del motor está dedicada a brindar energía cinética a los gases que salen.

2º Los gases acelerados hacia atrás por la acción del motor ejercen una reacción sobre el mismo impulsando al cohete hacia adelante.

3º Mientras dure este régimen de combustión se mantiene una fuerza (de los gases sobre el cohete) que acelera ininterrumpidamente al cohete de modo que se alcancen altas velocidades.

Este tipo de propulsión es característico para móviles que se desplacen más allá de la atmósfera pues no necesita usar elementos del exterior.

Retropropulsión

Es otra forma de la propulsión de chorro. La turbina es capaz de desarrollar gran número de revoluciones y el gas expulsado provoca el desplazamiento del avión, es una aplicación del principio de acción y reacción.

La combustión se produce empleando el oxígeno del aire como comburente. Este entra en la cámara de combustión y es expelido por la parte posterior con gran fuerza (acción). Estos gases imprimen al avión una fuerza (reacción) que provoca el avance.

En otros tipos, el aire entra a presión a través de rejillas que se abren o cierran según que la presión interior sea menor o mayor que la atmosférica.

Estos son los pulsorreactores, llamados así porque al producirse la eliminación de los gases de la combustión se originan las depresiones que provocan la apertura o cierre de las rejillas.

En el caso de los estatorreactores la entrada de aire se hace directamente, y no a presión, por la parte superior. Producida la combustión, los gases salen por las toberas y llegan a producir velocidades de hasta 1.900 km/h con una fuerza de tracción de 700 kgf.

La fuerza de tracción se da en kilogramos

fuerza, y al multiplicar ese valor por el de la velocidad adquirida (potencia = fuerza × velocidad) obtendremos los valores en unidades de potencia.

Así, para una velocidad de 600 km/h (116 m/seg) será:

$$P = 700 \text{ kgf} \cdot 116 \frac{\text{m}}{\text{seg}} = 166.200 \frac{\text{kgm}}{\text{seg}}$$

dividiendo por 75 obtendremos dicha potencia en caballos vapor, o sea

$$P = 166.200 \frac{\text{kgm}}{\text{seg}} \div 75 = 1.548 \text{ C.V.}$$

La circunstancia de tomar el comburente (oxígeno) de la atmósfera permite una mayor capacidad para el combustible y le da una autonomía de vuelo o radio de acción mucho mayor, pero no permite a los aviones navegar en el vacío como a los cohetes.

En este último caso es necesario hacer adquirir a la nave aérea una determinada velocidad inicial, después de lo cual comienza a accionar su sistema.

COMPOSICION DE VELOCIDADES

Ya hemos expresado que la velocidad es una magnitud vectorial.

Luego cada velocidad queda representada por un vector (fig. 14-7).

Y como ya sabemos componer magnitudes vectoriales (ver composición de fuerzas), podemos componer velocidades y así obtener la "velocidad resultante" de los distintos movimientos que se dan simultáneamente sobre un móvil.

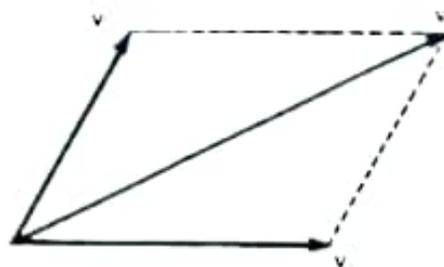


Fig. 14-7. Composición de velocidades. Se aplica la regla del paralelogramo.

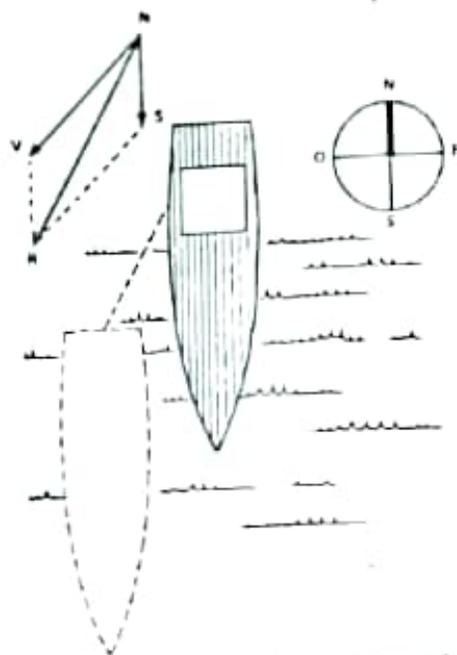


Fig. 14-8. Composición de velocidades.

Sea el caso de un barco que avanza con cierta velocidad en favor de la corriente —N a S— y actúa sobre él también la acción del viento —NE a SO— (fig 14-8) El estado final estará dado por la resultante entre

- La velocidad originada por el motor del barco (v_1).
- La velocidad provocada por el viento (v_2).
- La velocidad de la corriente de agua (v_3).

Como la velocidad de la corriente y la propia del barco son de igual sentido, la resultante estará dada por el vector suma de ambas intensidades, con igual dirección y sentido ($v_1 + v_2 = v'$)

Esta velocidad v' con la velocidad del viento v_3 , nos dará la velocidad v_4 , que se obtiene aplicando la regla del paralelogramo.

En este tipo de movimientos debemos tener



Fig. 14-9. Velocidades de igual dirección y sentido. La resultante es la suma de ambas velocidades.



Fig. 14-10. Velocidades de sentido contrario. La resultante es la diferencia entre las mismas, con el sentido de la mayor.

siempre presente respecto de qué se desplaza el móvil.

Si la embarcación, por acción de sus motores, tiene una velocidad

$$v_1 = 40 \text{ km/h}$$

y se desplaza en contra de la corriente cuya velocidad es

$$v_2 = 3 \text{ m/seg}$$

es v_1 la velocidad respecto del agua, y

$$v_1 - v_2$$

la velocidad respecto de la Tierra.

Luego, para componer o sumar velocidades, debemos representarlas por vectores en determinada escala, según la dirección y sentido correspondientes y tener en cuenta esas circunstancias

Composición de velocidades de igual dirección y sentido

Dadas dos velocidades de igual dirección y sentido, la velocidad resultante es igual en cantidad a la suma de aquellas, con igual dirección y sentido; ejemplo: ciclista y viento a favor (fig. 14-9).

Composición de dos velocidades de igual dirección y sentido contrario

Dadas dos velocidades de igual dirección pero sentido contrario, la resultante es otro vector (velocidad) de igual dirección y sentido de la mayor, y cuya intensidad es la diferencia entre ambas velocidades parciales; ejemplo: el ciclista con viento en contra (fig. 14-10).

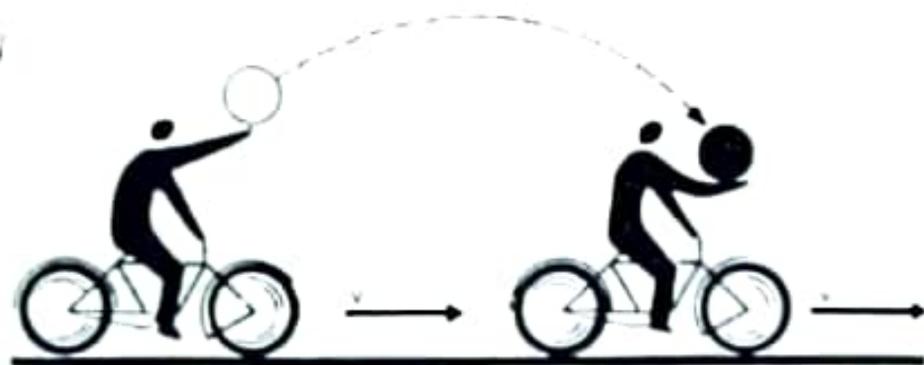


Fig. 14-14. Principio de superposición de movimientos

PRINCIPIO DE INDEPENDENCIA DE LOS MOVIMIENTOS

Estudio cinemático

Muchas veces habrás observado

a) A un ciclista que "anda sin manos" lanzar hacia arriba un objeto (por ejemplo una pelota), el cual en determinado instante de la trayectoria, vuelve a sus manos (fig 14-14)

b) En el cine o en el circo, la amazona que va de pie en un caballo en movimiento, efectúa un salto (simple o triple) y vuelve a caer sobre aquél, en determinado punto de la trayectoria

Ahora bien, si en la "plataforma de cola" de un tren en movimiento, efectúas un salto vertical, ¿qué ocurre?

1º ¿Vuelves a caer en la plataforma?

2º ¿El tren "se va" y caes a tierra?

Según piensas, caerás otra vez en el mismo lugar

Tanto en el caso de la pelota lanzada por el ciclista, la amazona que salta de su caballo o el salto en el tren, se verifican dos movimientos, sobre el cuerpo lanzado

1º El que sufre al ser lanzado hacia arriba (fig 14-15)

2º El que posee el cuerpo por estar en movimiento, junto con todo el sistema: v_1

Circunscribamos el estudio de este fenómeno al caso de la pelota lanzada por el ciclista y diremos

a) La pelota, antes de ser lanzada, tiene la misma velocidad que el móvil

b) Al arrojarla le hemos impreso una nueva velocidad hacia arriba. En consecuen-

cia, "al salir" de la bicicleta, la pelota tiene dos velocidades

c) En el ascenso, la pelota posee movimiento uniformemente retardado, es decir, que en cierto instante no sube más y comienza a caer.

d) Como simultáneamente se va desplazando con la velocidad que poseía por estar en movimiento con la bicicleta, llega en determinado punto de la trayectoria a las manos del ciclista

Debemos suponer entonces que esos tres movimientos (ascenso, caída y traslado horizontal) o tres velocidades han actuado como si

1º El ciclista desde la posición A (fig 14-16) lanzará el cuerpo, el cual alcanza su altura máxima en B

2º Al llegar el objeto a la altura del punto B, éste y el ciclista se movieron con igual velocidad hasta cierto instante en que se encuentran en C y C'

3º En ese momento la pelota cae (por acción de la fuerza de gravedad) en las manos del ciclista

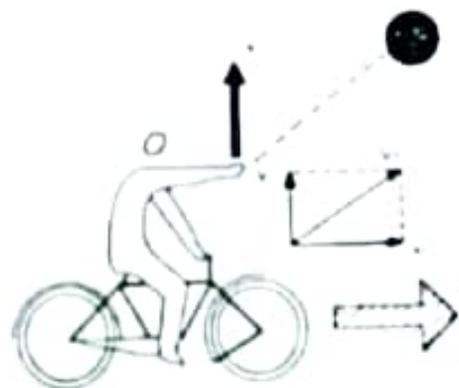


Fig. 14-15. Composición de velocidades

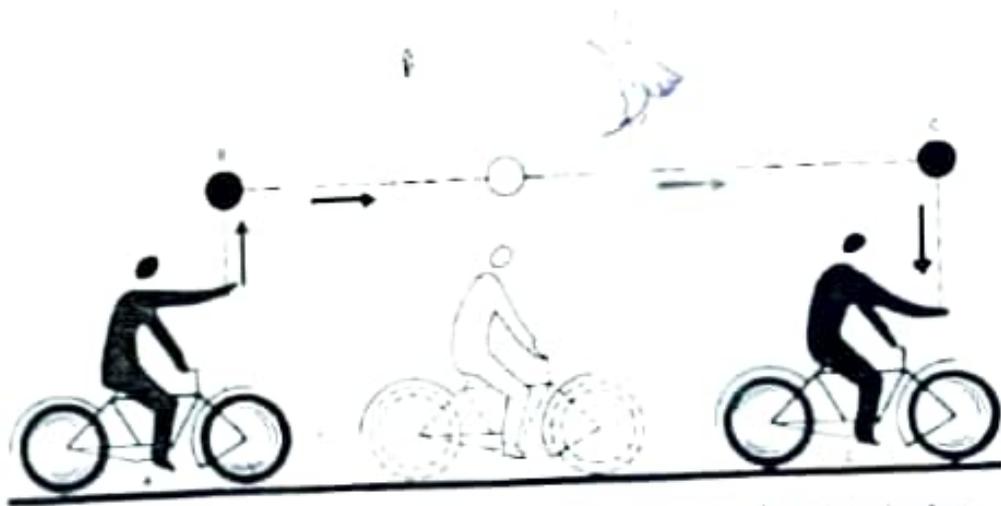


Fig. 14-16. Análisis del proceso de superposición de movimientos

Las conclusiones de este y otros fenómenos similares fueron expresadas por Galileo en el principio de independencia y superposición de los movimientos y se enuncia así:

Cuando sobre un cuerpo actúan simultáneamente dos o más movimientos cada uno lo hace independientemente de los demás. La posición que ocupa el móvil al cabo de cierto tiempo es la misma que si esos movimientos actuaran independientes unos de los otros y en forma sucesiva.

Verificación experimental

En la figura 14-17, el móvil que cae por el plano inclinado, al llegar al punto M comienza a dar la vuelta

Al llegar al punto A, cae de él, por acción de la gravedad, una esfera E. El móvil sigue su trayectoria, por inercia y, cuando llega al punto B, la esfera vuelve a entrar en el cañoncito.

Si disponemos de un dispositivo como el de la figura 14-18 tal que la esfera E_2 esté sujeta por un tope y un resorte R, mientras que la E_1 está libre, y con un martillo M se golpea el resorte R, mientras la E_1 describe la trayectoria provocada por el golpe y la acción de la gravedad, la E_2 cae verticalmente.

En la gráfica se marcan las dos trayectorias, completamente distintas, a pesar de lo cual llegan simultáneamente al suelo.

E_2 cae por exclusiva acción de la fuerza de gravedad.

E_1 cae por acción de la fuerza de la gravedad y la fuerza F, provocada por el golpe del martillo.

En el lanzamiento de bombas y/o paracaidistas se debe tener bien presente el fenómeno estudiado, pues como aquellos tienen la velocidad del avión, al caer comienza a ac-

tuar la fuerza de la gravedad. En síntesis para lograr, por ejemplo que el proyectil caiga en el lugar deseado, su lanzamiento debe producirse antes de estar sobre él, y entonces, cuando la bomba llegue al suelo, el avión estará sobre ese lugar, como si detenido sobre ese sitio hubiera dejado caer la bomba (fig. 14-12).

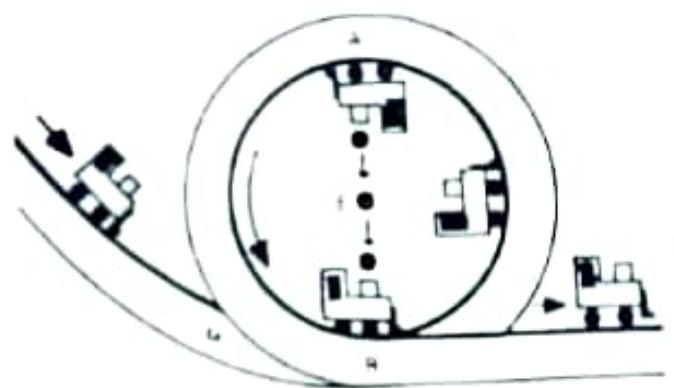


Fig. 14-17. Experiencia para comprobar el principio de superposición de movimientos

Estudio dinámico

Desde el punto de vista dinámico, debemos considerar las fuerzas que actúan sobre el cuerpo.

Las fuerzas que actúan sobre el cuerpo originarán —de acuerdo con el principio de masa— determinadas aceleraciones, las cuales cumplen el llamado

Principio de superposición de los efectos de las fuerzas
que dice:

Si sobre un cuerpo actúan varias fuerzas, la aceleración provocada por cada una de ellas es la misma que si lo hicieran sola e independientemente de las demás.

En la experiencia de la figura 14-18, todo ocurre de tal manera que la fuerza de la gravedad que actúa sobre la esfera E_1 produce el mismo efecto que en E_2 , a pesar de que sobre la E_1 también actúa la fuerza F , es decir: a la fuerza de gravedad *no le interesa* que actúen sobre el cuerpo otras fuerzas para lograr su efecto.

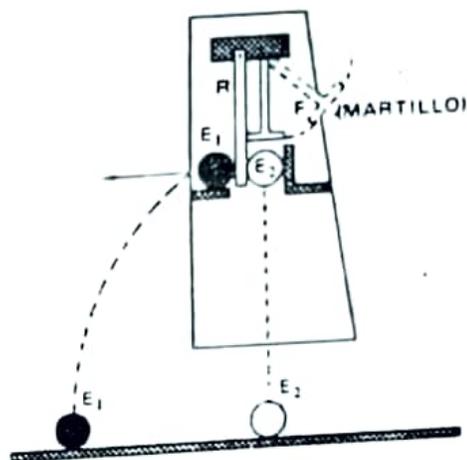


Fig. 14-18. Las dos esferas llegan simultáneamente al suelo