ta el cuerpo sobre una mesa.

Utilizando la ecuación (1-b), tenemos:

$$W(\text{Julios}) = F(N) \times d(m)$$

$$= 88.2\ N \times 0.8\ m$$

$$= 70.56 \text{ Julios}$$

¿Por qué? Porque el trabajo ejecutado por el hombre mientras se traslada de A a B es cero, ya que la distancia recorrida bajo la acción de la fuerza es nula, aún cuando el hombre camina cargando el peso, no realiza el trabajo, pues el desplazamiento es horizontal y la fuerza se aplica verticalmente, es decir, el cuerpo *no se mueve en la dirección en que actúa la fuerza.*

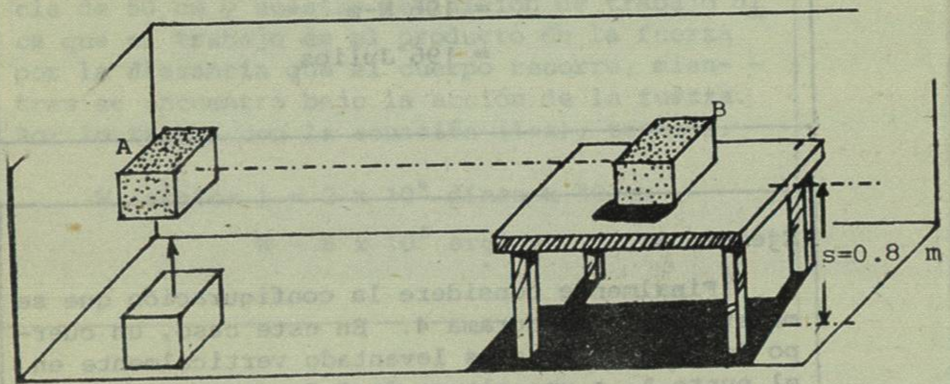


Fig. 4.



## 2-3 ENERGÍA CINÉTICA.

Consideremos un cuerpo de masa "m" y supongamos que sobre él sólo actúa una fuerza horizontal, como por ejemplo, imaginemos que el cuerpo se encuentra en el espacio intergaláxico lejos de la acción de cualquier otra fuerza.

De acuerdo a la segunda ley de Newton, el movimiento del cuerpo queda totalmente descrito por la ecuación:

$$F = ma \qquad (3)$$

donde "a" es la aceleración que el cuerpo sufre por efecto de la fuerza F aplicada.

La velocidad después de un tiempo "t", de que la fuerza actúa, se obtiene la ecuación:

$$v = v_o + at$$

donde $v_o$ era la velocidad antes de que la fuerza empezara a actuar.

Despejando la aceleración de la ecuación (3), tenemos:

$$v = v_o + \frac{F}{m}t \qquad (4)$$

La ecuación (4) la podemos reescribir como:

$$mv - mv_o = Ft \qquad (5)$$

A la cantidad *mv* se le llama *cantidad de movimiento* por lo que el primer miembro es la variación (cambio) de la cantidad de movimiento durante el tiempo que actúa la fuerza. El segundo miembro se llama *impulso*, así que podemos decir de la ecuación (5) que el impulso o la fuerza multiplicada por el tiempo en que actúa sobre el cuerpo es igual al cambio en la cantidad de movimiento del cuerpo durante ese tiempo.

La posición o la distancia que el cuerpo se ha movido en el tiempo "t", la obtenemos de la ecuación:

$$d = v_\circ + \frac{1}{2}\, at^2$$

$$\text{o} \qquad d = v_\circ + \frac{1}{2}\, \frac{F}{m}\, t^2 \qquad (6)$$

De la ecuación (4) tenemos que el tiempo que el cuerpo tarda para obtener una velocidad "v" por la acción de la fuerza "F" es:

$$F = \frac{m}{F}\,(v - v_\circ)$$

Si ahora sustituimos este valor del tiempo en la ecuación (6), obtenemos:

$$d = \frac{m}{F}\, v_\circ(v - v_\circ) + \frac{1}{2}\, \frac{F}{m}\, \left(\frac{m^2}{F^2}\right)(v - v_\circ)^2$$



$$d = \frac{m}{F}\, v_\circ(v - v_\circ) + \frac{1}{2}\, \frac{m}{F}\, (v - v_\circ)^2$$

$$\text{o} \qquad d = \frac{m}{F}\,(vv_\circ - v_\circ^2) + \frac{1}{2}\, \frac{m}{F}\,(v^2 - 2vv_\circ + v_\circ^2)$$

$$d = \frac{m}{F}\, v_\circ v - \frac{m}{F}\, v_\circ^2 + \frac{1}{2} \cdot \frac{m}{F}\, v^2 - \frac{m}{F}\, vv + \frac{m}{F}\, v_\circ^2$$

Si sumamos los términos semejantes del segundo miembro de la ecuación, obtenemos:

$$d = \frac{1}{2}\, \frac{m}{F}\, v^2 - \frac{1}{2}\, \frac{m}{F}\, v_\circ^2 \qquad (7)$$

Multiplicando ambos miembros de la ecuación (7) por F, obtenemos finalmente:

$$\boxed{Fd = \frac{1}{2}\, mv^2 - \frac{1}{2}\, mv_\circ^2} \qquad (8)$$

Después de tantos pasos algebraicos, por fin hemos obtenido el resultado que buscábamos.

Si llamamos a la cantidad de $1/2\, mv^2$ *energía cinética* del cuerpo, entonces el segundo miembro de la ecuación (8) es la variación de la energía cinética del cuerpo durante el tiempo en que la fuerza "F" actúa sobre él y por lo tanto, la ecuación expresa que el *trabajo realizado por la fuerza "F" sobre el cuerpo es igual al cambio en su energía cinética*.

**Ejemplo 4.**

**Un cuerpo de 6 Kg que viaja con una veloci-- dad de 3 m/seg y debido a una fuerza adquiere una velocidad de 6 m/seg. Calcular el cambio en energía cinética.**

**Datos:** $v_o$= 3 m/seg, v= 6 m/seg, m= 6 Kg

**Solución:**

Por la representación algebraica de energía cinética, tenemos:

$$\Delta K = \frac{1}{2}\,mv^2 - \frac{1}{2}\,mv_o^2$$

$$\Delta K = \frac{1}{2}\,(6\ \text{Kg})(6\text{m/seg})^2 - \frac{1}{2}(6\ \text{Kg})(3\ \text{m/seg})^2$$

$$\Delta K = 108\ \text{Kgm}^2/\text{seg}^2 - 27\ \text{Kgm}^2/\text{seg}^2$$

$$K = 81\ \text{Kgm}^2/\text{seg}^2$$

$$K = 81\ \text{Julios}$$

## 2-4 ENERGÍA POTENCIAL.

Suponiendo ahora que la partícula no está en el espacio intergaláxico, sino a una altura "h" sobre un nivel de refe-- rencia (puede ser el suelo), como se muestra en la figura 5.



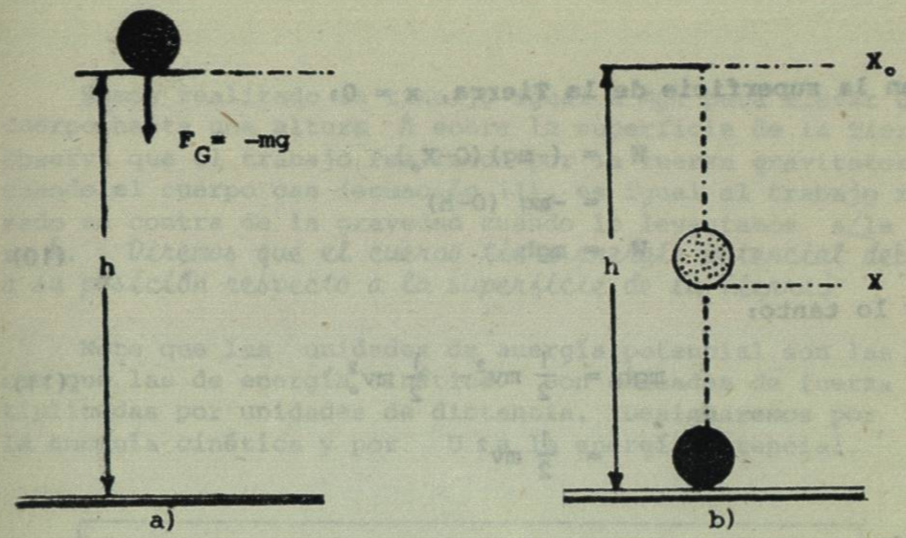


Fig. 5.

Denotaremos por $X_o$ la coordenada inicial de la posición del campo ($X_o$= h) y supondremos que inicialmente se encuentra en reposo ($v_o$= 0). En estas condiciones la fuerza gravitatoria tira hacia abajo del cuerpo, con una fuerza igual al peso de éste. Cuando el cuerpo cae hacia la superficie de la Tierra, el trabajo realizado por la fuerza gravitatoria sobre el cuerpo es igual al aumento de energía cinética del cuerpo. De este modo, cuando el cuerpo al caer se encuentra en la coordenada x, tenemos:

$$\boxed{W(\text{por la fuerza gravitatoria}) = F(X-X_o)} \qquad (9)$$

**y en la superficie de la Tierra, x = 0:**

$$W = (-mg)(0-X_o)$$
$$= -mg\ (0-h)$$
$$W = mgh \qquad (10)$$

por lo tanto:

$$mgh = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_o^2 \qquad (11)$$
$$= \frac{1}{2}mv^2$$

donde v es la velocidad del cuerpo al alcanzar el nivel de referencia (superficie de la Tierra) y $v_o$ es su velocidad inicial (que consideramos igual a 0). Observa con sentido crítico la ecuación (11), ésta nos sugiere que en la posición $x = X_o$ el cuerpo tiene cierta energía en potencia, es decir, *cierta capacidad para desarrollar trabajo en virtud de su posición respecto al nivel de referencia* (puede ser la superficie de la Tierra), y que ésta tiene el valor de

$$\text{Energía potencial} = mgh$$

Pensemos ahora en el proceso o inverso, ¿qué le sucede a la energía de un cuerpo cuando se encuentra en la superficie de la Tierra y se eleva hasta una altura de "h"?

Para elevar el cuerpo debemos aplicar una fuerza igual y de sentido contrario a su peso:

$$F\ (\text{aplicada}) = mg$$

Ahora, $X_o = 0$ (su posición inicial) y $x=h$ (su posición final) y con ello realizamos un trabajo.

$$W(\text{por la fuerza aplicada}) = F(X-X_o)$$
$$= mgh$$



Hemos realizado un trabajo igual a *mgh* para elevar un cuerpo hasta una altura *h* sobre la superficie de la Tierra. Observa que el trabajo realizado por la fuerza gravitatoria cuando el cuerpo cae (ecuación 11), es igual al trabajo realizado en contra de la gravedad cuando lo levantamos a la altura *h*. *Diremos que el cuerpo tiene energía potencial debido a su posición respecto a la superficie de la Tierra.*

Note que las unidades de energía potencial son las mismas que las de energía cinética. Son unidades de fuerza multiplicadas por unidades de distancia. Designaremos por K a la energía cinética y por U a la energía potencial.

> Ejemplo 5.
>
> Calcular la energía potencial de un cuerpo de 80 Kg colocado a 7 m de la superficie de la Tierra.
>
> Datos: m= 80 Kg, h= 7 m.
>
> Solución:
>
> $$U = mgh$$
> $$= 80\ \text{Kg} \times 10\ \text{m/seg}^2 \times 7\ \text{m}$$
> $$= 5600\ \text{Kgm}^2/\text{seg}^2$$
> $$= 5600\ \text{Julios}$$

## 2-5 POTENCIA.

*La potencia* se define como *la rapidez con que se desarrolla el trabajo.* La rapidez la medimos como la acción dividida entre el tiempo empleado en realizar tal acción, así que:

$$\text{Potencia} = \frac{\text{trabajo}}{\text{tiempo}}$$

$$= \frac{f \times d}{t} \qquad (12)$$

En el sistema c.g.s. la potencia se mide en ergio/seg y en el sistema M.K.S. se mide en Julios/seg.

Se le llama *watt* al trabajo de un Julio desarrollado en 1 seg, esto es:

1 Julio/seg = 1 watt

Otra unidad muy común es el kilowatt:

$1\ \text{Kw} = 10^3\ \text{watt}$

En el trabajo técnico, el trabajo se mide en *kilográmetros* (Kgm) y la potencia se mide en kilográmetros por segundo y en *caballos de vapor*.

1 cv = 75 Kgm/seg

En el sistema inglés, el trabajo se mide en libras-pie y la potencia en *caballos de fuerza* (hp).

1 hp = 550 lbs-pie/seg

Ejemplo 6.

Se aplica una fuerza de 60 N en una distancia de 6 m, durante 6 seg. Calcular la potencia.

Datos: F= 60 N, d= 6 m, t= 6 seg.

$$P = \frac{\text{trabajo}}{\text{tiempo}}$$



pero T= F x d, así que:

$$P = \frac{60\ \text{N} \times 6\ \text{m}}{6\ \text{seg}}$$

= 60 N-m/seg

= 60 watts

AUTOEVALUACIÓN.

1.- Calcular el trabajo realizado por una fuerza de 3 N cuyo punto de aplicación se desplaza 12 m paralela a la fuerza. Expresar el resultado en Julios.
{T= 36 J}

2.- Hallar el trabajo realizado para arrastrar un trineo por una pista horizontal, una distancia de 8 m. La fuerza ejercida en la cuerda es de 75 N.
{T= 600 J}

3.- Una canasta de 150 libras de peso es empujada horizontalmente por un piso una distancia de 18 pies por una fuerza de 38 libras. ¿Cuánto trabajo se efectúa?
{T= 680 lb-pie}

4.- ¿Qué trabajo se necesita para que un niño de 30 Kg suba una escalera de 6 m de altura?
{T= 1800 J, t= 180 Kgm}

5.- Un bulto de 400 Kg de peso se eleva hasta la plataforma a una altura de 1.5 m por medio de un plano inclinado de 6 m de longitud. Calcular el trabajo efectivo.
{T= 600 J}

6.- ¿Cuánto trabajo se requiere para levantar un motor de 225 Kg a una altura de 6 m?
{$T= 1.35 \times 10^4 J$}

7.- Una locomotora de 10,000 Kg sube una pendiente montañosa alcanzando una altura de 500 m. Encontrar la energía potencial almacenada.
{$E_p = 5x10^7$ J}

8.- Un automóvil de 2000 Kg se mueve a lo largo de una carretera recta a 90 Km/hr. Encontrar su energía cinética.
{$E_C = 2.78x10^5$ J}

9.- Un automóvil de 1600 Kg corre a lo largo de una carretera recta a 90 Km/hr. ¿Cuál es su energía cinética?
{$EC= 5x10^5$ J}

10.- Determinar la energía cinética de un automóvil que pesa 4000 lb y se mueve a 60 millas/hr.
{$E_C = 6.54x10^5 J$}

11.- Una fuerza de 1000 newtons actúa sobre un automóvil de modo que éste acelera del reposo hasta que tiene una energía cinética de $5x10^5$ julios. ¿En qué distancia fue ejercida la fuerza?
{d= 500 m}

12.- Un libro de 1 Kg de peso se desliza por una masa con una velocidad de 50 cm/seg. Si la fuerza de fricción es constante igual a 0.3 newtons, ¿hasta qué distancia se desliza el libro antes de llegar al reposo?
{d= 0.42 m}

13.- Un automóvil que pesa 2100 Kg aumenta su velocidad desde 45 a 90 Km/hr en 5 segundos. a) ¿Cuál es el cambio en su energía cinética, b) la aceleración, c) la potencia consumida?
{a) $4.92x10^5 J$ b) 2.5 $m/seg^2$ c) $P= 9.84x10^4 w$}



14.- Encuentra la potencia de una máquina capaz de levantar 2000 Kg a una altura de 60 m en 10 segundos.
{$P= 1.2x10^5$ w}

15.- El trineo del problema dos recorre los ocho metros en 4 segundos. ¿Qué potencia desarrolló?
{150 w}