

# Trabajo y energía

## OBJETIVO

Verificar el teorema trabajo-energía cinética.

## EQUIPO

- ♦ Plancha de vidrio en marco de madera.
- ♦ Un disco con sistema eléctrico
- ♦ Un chispero electrónico con su fuente de poder
- ♦ Dos resortes
- ♦ Una hoja de papel eléctrico y dos hojas de papel bond
- ♦ Dos pesas de 50 g y dos pesas de 100 g cada una
- ♦ Una regla milimetrada, compás y dos escuadras

- ♦ Un cronómetro digital
- ♦ Un nivel

## FUNDAMENTO TEÓRICO

Cuando sobre un cuerpo actúa una fuerza  $\mathbf{F}$  y el cuerpo experimenta un desplazamiento  $\Delta \mathbf{s}$ , se dice que la fuerza ha realizado trabajo sobre el cuerpo; definimos este trabajo mediante la expresión:

$$\Delta W = \mathbf{F} \cdot \Delta \mathbf{s} \quad (10.1)$$

este trabajo elemental puede ser positivo o negativo dependiendo de las direcciones de  $\mathbf{F}$  y del desplazamiento  $\Delta \mathbf{s}$ , (ver figura 1).

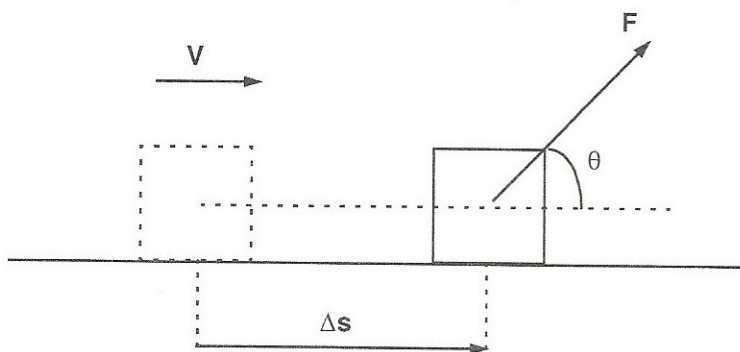


Figura 1

Cuando el cuerpo se mueve a lo largo de una curva por acción de una fuerza variable, entonces en un tiempo muy pequeño  $dt$ , el desplazamiento lo escribimos por la expresión diferencial  $d\mathbf{s}$ , y el elemento de trabajo asociado a este desplazamiento será:

$$dW = \mathbf{F} \cdot d\mathbf{s} \quad (10.2)$$

donde  $\mathbf{F}$  se considera esencialmente constante durante este desplazamiento. Para la trayectoria del cuerpo indicada en la figura 2, entre los puntos  $i$  y  $f$ , el trabajo realizado entre estos dos puntos será:

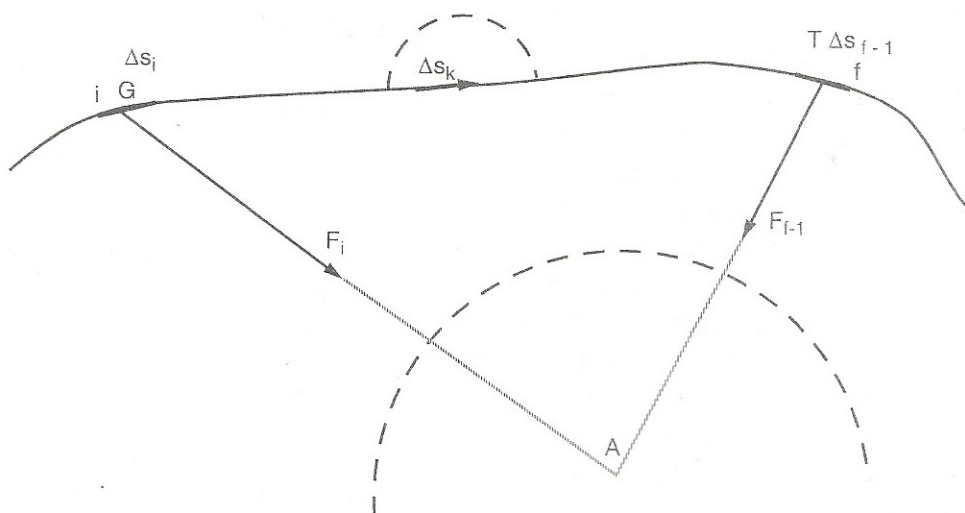


Figura 2

$$W = \sum_k \Delta W_k = \sum_k \mathbf{F}_k \cdot \Delta \mathbf{s}_k \quad (10.3)$$

$$W = \frac{1}{2} m V_f^2 - \frac{1}{2} m V_i^2 \quad (10.6)$$

Cuando los desplazamientos  $\Delta s_k$  son muy pequeños, la sumatoria se convierte en la integral:

$$W = \int_i^f \mathbf{F} \cdot d\mathbf{s} \quad (10.4)$$

Se demuestra que este trabajo  $W$  es igual a:

$$W = EC_f - EC_i = \Delta(EC) \quad (10.5)$$

“el trabajo realizado por la fuerza resultante que actúa sobre un cuerpo es igual al cambio de la energía cinética de dicho cuerpo”. A este resultado se le conoce como el **teorema del trabajo-energía cinética**.”

Otra forma de escribir la relación (10.5) es la siguiente:

donde  $V_f$  es la velocidad del cuerpo en el punto final y  $V_i$  es la velocidad del cuerpo en la posición inicial de la trayectoria considerada.

Para verificar el resultado (10.5), nos valemus de un disco metálico que se encuentra suspendido por un colchón de aire de manera que cuando éste se desplace sobre la superficie plana del vidrio, las fuerzas de fricción se pueden considerar insignificantes. Las fuerzas que obligan al disco a realizar un movimiento curvo en el plano son ejercidas por dos resortes de constantes elásticas diferentes como se muestra en la figura (3a.), en la que los puntos A y B son puntos fijos.

Figura 3a

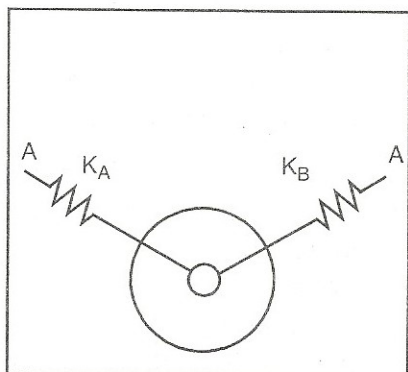
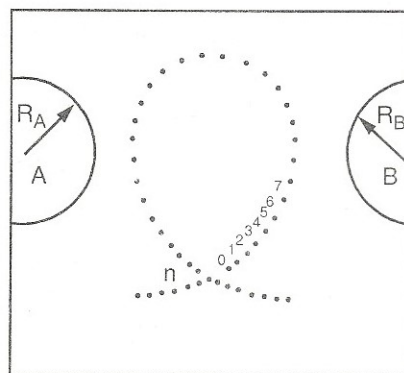


Figura 3b





Si el disco es conectado a un chispero electrónico, se puede registrar la trayectoria que describe el centro del disco bajo la acción de las fuerzas, como la mostrada en la figura (3b) y de esta manera podemos medir: el desplazamiento entre cada par de puntos vecinos; la velocidad instantánea como una aproximación a la velocidad media entre dos marcas vecinas. También podremos medir la elongación (longitud final - longitud inicial) de cada resorte y por lo tanto la fuerza que cada resorte ejerce sobre el disco. Así mismo, encontraremos la componente de la fuerza resultante tangente a la trayectoria.

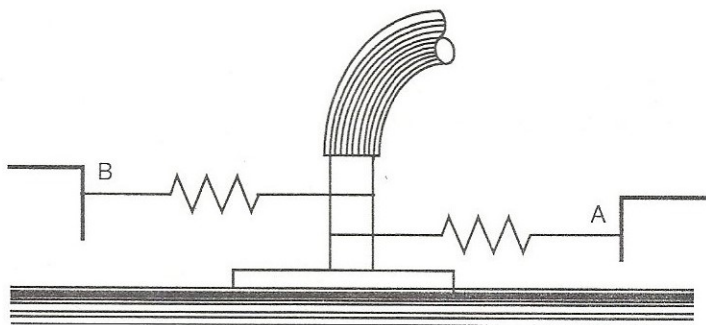


Figura 4

## PROCEDIMIENTO

1. Nivele horizontalmente la superficie de la plancha de vidrio.
2. Monte el disco y los resortes como se muestra en la Figura 4.
3. Encuentre la frecuencia del chispero. Trabaje con la frecuencia mayor del chispero electrónico.
4. Como ensayo (sin prender el chispero), jale el disco hasta una posición 0, figura (3b) y observe el tipo de trayectoria que describe al ser soltado. (Repita esta operación varias veces hasta que observe que el disco cruce a su propia trayectoria).

5. Sobre el papel en el que va a obtener la trayectoria del disco, marque los puntos A y B, correspondientes a los extremos fijos de los resortes.
6. Lleve el disco hasta una posición 0 y en el momento de soltarlo encienda el chispero. Apague el chispero cuando el disco cruce su propia trayectoria.
7. Repita los pasos 5 y 6 tres veces en diferentes hojas de papel y escoja la hoja que tenga los puntos con mejor nitidez para el análisis de datos.
8. Retire los resortes y mida sus longitudes naturales.
9. Encuentre la curva de calibración para cada uno de los resortes como se describe en el experimento 02 de este manual.

## CÁLCULOS Y RESULTADOS

Use la hoja donde quedó registrada la trayectoria del disco.

1. Identifique con números cada marca dejada por el chispero durante el recorrido del disco.
2. Identifique con letras mayúsculas el punto medio entre cada par de puntos registrados. Así por ejemplo identificar con G el punto medio entre las marcas correspondientes a los instantes  $t = 4$  ticks y  $t = 5$  ticks.
3. Elija una porción de la trayectoria a lo largo de la cual deseamos evaluar el trabajo hecho por la fuerza resultante. Llamemos por ejemplo  $k = 4$  al punto inicial y  $k = 18$  al punto final.

4. Mida el desplazamiento (en centímetros) entre cada par de puntos contiguos (designados por números) para todo el recorrido elegido y llene la última columna del cuadro 1.
5. Mida las elongaciones de los dos resortes en cada uno de los puntos designados con letras y llene las columnas 3 y 4 del cuadro 1.
6. Usando las curvas de calibración de cada resorte, encuentre el módulo de la fuerza que ejerce cada resorte sobre el disco en los puntos designados por letras y llene las columnas 5 y 6 del cuadro 1.
7. Trace, en su hoja de trabajo, a escala apropiada, las fuerzas  $F_A$  y  $F_B$  que ejerce cada uno de los resortes sobre el disco.
8. Usando un par de escuadras, encuentre la componente tangencial de cada fuerza  $F_A$  y  $F_B$  en cada punto de la trayectoria designado por letra (se trata, por ejemplo de hallar en el punto G la componente de cada fuerza a lo largo del desplazamiento 4-5). Llene las columnas 7 y 8 del cuadro 1.
9. Sume algebraicamente estas componentes para obtener la componente tangencial de la fuerza resultante y llene la columna 9 del cuadro 1.
10. Usando la ecuación (9.3) y los datos en las dos últimas columnas del cuadro 1, encuentre el trabajo total (W) realizado por la fuerza de los resortes en la trayectoria elegida.
11. Determine la velocidad instantánea en el punto inicial de la trayectoria considerada ( $V_i$ ). Por ejemplo si considera ( $k = 4$ ) como punto inicial, puede considerar que  $V_i$  es aproximadamente la velocidad media entre los puntos 3 y 5. Haga algo similar para determinar la velocidad instantánea en el punto final de la trayectoria considerada ( $V_f$ ).
12. Calcule el cambio en la energía cinética durante el recorrido elegido.

$$\Delta(EC) = \frac{1}{2} m V_f^2 - \frac{1}{2} m V_i^2 \tag{10.7}$$

13. Compare los resultados obtenidos en los pasos 10 y 12.
14. Compare el resultado del paso (12), con el cambio de energía potencial de los resortes entre los mismos puntos indicados.
15. Escriba sus conclusiones y/o comentarios.

CUADRO 1

	TIEMPO	$x_A$	$x_B$	$F_A$	$F_B$	$F_{A,t}$	$F_{B,t}$	$F_{neta\ k,t}$	$\Delta s_k$
puntos medios	(ticks)	elongación del resorte A. (cm)	elongación del resorte B. (cm)	fuerza del resorte A (newton)	fuerza del resorte B (newton)	componente tangencial del resorte A. (N)	componente tangencial del resorte B. (N)	fuerza tangencial neta k. (N)	desplazamiento (cm)
G	4 - 5	21,9	4,6						2
H	5 - 6	23,8	5,2						1,75
I	6 - 7								0,85
J	7 - 8								
K	8 - 9								
L	9 - 10								
M	10-11								
N	11-12								
O	12-13								
P	13-14								
Q	14-15								
R	15-16								
S	16-17								
T	17-18								