



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE INGENIERÍA (UNIDAD MEXICALI)
DOCUMENTO DEL SISTEMA DE CALIDAD**

Formatos para prácticas de laboratorio

CARRERA	PLAN DE ESTUDIO	CLAVE ASIGNATURA	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
TRONCO COMÚN	2005-2	4348	DINÁMICA

PRÁCTICA NO.	LABORATORIO DE	LABORATORIO DE CIENCIAS BÁSICAS	DURACIÓN (HORAS)
DIN-07	NOMBRE DE LA PRÁCTICA	7 PRINCIPIO DE TRABAJO Y ENERGÍA	2:00

1. INTRODUCCIÓN

Esta práctica está diseñada para que el alumno obtenga experimentalmente la relación entre trabajo y energía utilizando un plano inclinado, juego de pesas y un juego de bloques de diferente material los cuales se hará deslizar por una superficie, partiendo de que ya se conoce el coeficiente de fricción entre las dos superficies de los materiales a emplear en esta práctica y el procedimiento para determinarlo.

Se proporcionan los fundamentos teóricos que le permiten, al alumno, recordar lo visto en clase y comprender con mayor facilidad las actividades a realizar en el proceso de experimentación del fenómeno, también se redacta el procedimiento a seguir, así como, la forma en que debe de presentar el resultado para lograr el objetivo deseado.

El cambio en la energía y el trabajo realizado, por o sobre el cuerpo, es determinado mediante un procedimiento que se sugiere en base a la información adquirida en la práctica

2. OBJETIVO (COMPETENCIA)

Analizar el principio de trabajo y energía al deslizar un cuerpo sobre un plano inclinado, considerando el coeficiente de fricción entre las superficies determinado en la práctica anterior, utilizando el plano inclinado y los bloques de diferente material, mostrando una disposición para aplicar su creatividad, de trabajar en equipo y de responsabilidad en el uso de material y equipo de laboratorio

3. FUNDAMENTO

PRINCIPIO DE TRABAJO Y ENERGIA

Concepto de trabajo

Consideremos una partícula P de masa m, la cual se desplaza siguiendo la trayectoria A-B, como se muestra en la Fig. 1.

Para analizar la partícula desde el punto de vista de la dinámica se debe de seguir el procedimiento:

Formuló	Revisó	Aprobó	Autorizó
FIS. JUAN ORTIZ HUENDO	M. C. ENRIQUE RENÉ BASTIDAS PUGA	M.I JUAN GUILLERMO ANGUIANO SILVA	M.C. MIGUEL ÁNGEL MARTÍNEZ ROMERO
Maestro	Coordinador de Programa Educativo	Gestión de Calidad	Director de la Facultad



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE INGENIERÍA (UNIDAD MEXICALI)
DOCUMENTO DEL SISTEMA DE CALIDAD

Formatos para prácticas de laboratorio

1. Ubicar la partícula con respecto a un marco de referencia (regularmente inercial). En un instante determinado la partícula se encuentra en un punto de coordenadas (X, Y, Z).
2. Identificar las fuerzas que actúan sobre la partícula
3. Hacer un diagrama de cuerpo libre para analizar las fuerzas que actúan sobre la partícula.
4. Aplicar el principio de trabajo y energía.

El principio de trabajo y energía establece que el trabajo resultante debido a la acción de todas las fuerzas que actúan sobre un cuerpo es igual al cambio en la energía cinética que experimenta dicho cuerpo.

Se denomina trabajo, al producto escalar del vector fuerza y el vector desplazamiento.

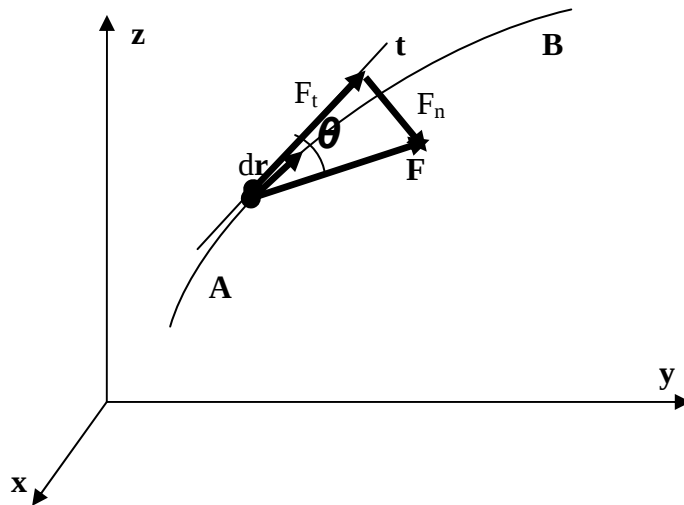


Fig.1 Partícula en movimiento siguiendo una trayectoria A-B en el espacio, localizada en un instante t_0 en el punto de coordenadas (x_0, y_0, z_0) , mientras actúa una fuerza F con componente tangencial F_t y una fuerza normal F_n a la trayectoria.

$$dW = \mathbf{F} \cdot d\mathbf{r} \quad (1)$$

$$dW = F ds \cdot \cos\theta = F_t ds \quad (2)$$

Donde F_t es la componente de la fuerza a lo largo del desplazamiento como se observa en la Fig. 1, ds es el módulo del vector desplazamiento $d\mathbf{r}$, y θ el ángulo que forma el vector fuerza con el vector desplazamiento.

El trabajo total a lo largo de la trayectoria entre los puntos A y B es el área bajo la curva que resulta al grafica F_t -desplazamiento y analíticamente es el resultado de la integral

$$W = \int_A^B \mathbf{F} \cdot d\mathbf{r} = \int_A^B F_t ds \quad (3)$$



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE INGENIERÍA (UNIDAD MEXICALI)
DOCUMENTO DEL SISTEMA DE CALIDAD

Formatos para prácticas de laboratorio

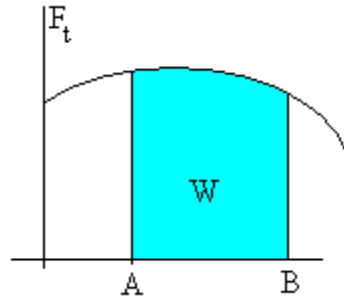


Fig.2 Su significado geométrico es el área bajo la representación gráfica de la función que relaciona la componente tangencial de la fuerza F_t y el desplazamiento s .

Concepto de energía cinética

Supongamos que $\mathbf{F}$ es la resultante de las fuerzas que actúan sobre una partícula de masa m . El trabajo de dicha fuerza es igual a la diferencia entre el valor final y el valor inicial de la energía cinética de la partícula, como se muestra a continuación.

$$W = \int_A^B F_t ds \quad (4)$$

De la segunda ley de newton, la fuerza tangencial es igual a la masa por la aceleración tangencial, es decir:

$$F_t = ma_t \quad (5)$$

Por lo tanto:

$$W = \int_A^B F_t ds = \int_A^B ma_t ds \quad (6)$$

La aceleración tangencial es igual al modulo de la derivada de la velocidad con respecto al tiempo, es decir:

$$a = \frac{dv}{dt} \quad (7)$$

Por lo tanto

$$W = \int_A^B m \frac{dv}{dt} ds = \int_A^B m dv \frac{ds}{dt} \quad (8)$$

Como

$$v = \frac{ds}{dt} \quad (9)$$

Integrando

$$W = \int_A^B m v dv = \frac{1}{2} m v^2 \Big|_A^B = \frac{1}{2} m v_B^2 - \frac{1}{2} m v_A^2 \quad (10)$$



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE INGENIERÍA (UNIDAD MEXICALI)
DOCUMENTO DEL SISTEMA DE CALIDAD

Formatos para prácticas de laboratorio

Por definición la energía cinética expresada matemáticamente es:

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 \quad (11)$$

El teorema del trabajo-energía indica que el trabajo de la resultante de las fuerzas que actúa sobre una partícula modifica su energía cinética.

$$W = E_{cB} - E_{cA} \quad (12)$$

El trabajo como cambio de la energía cinética, muestra que es una cantidad conservativa, es decir, depende únicamente del punto inicial y final.

Fuerza de gravedad

La fuerza de gravedad es una fuerza conservativa, es decir, depende únicamente del punto inicial y final, o sea, no depende de la trayectoria que siga el cuerpo en su desplazamiento.

La fuerza de gravedad es la una de las fuerzas que genera la energía potencial de un cuerpo, recordemos que la energía potencial es definida como la energía que tiene los cuerpos debido a su posición.

Matemáticamente, el trabajo debido a la fuerza de gravedad es igual al cambio en la energía potencia, es decir:

$$W = \int_A^B \mathbf{F} \cdot d\mathbf{r} = E_{pA} - E_{pB} \quad (13)$$

Principio de conservación de la energía

Considerando que una fuerza conservativa $\mathbf{F}$ actúa sobre una partícula, el trabajo realizado por esta fuerza es igual a la diferencia entre el valor inicial y final de la energía potencial

$$W = \int_A^B \mathbf{F} \cdot d\mathbf{r} = E_{pA} - E_{pB} \quad (14)$$

Como se mencionó, el trabajo de la resultante de las fuerzas que actúa sobre la partícula es igual a la diferencia entre el valor final e inicial de la energía cinética.

$$W = E_{cB} - E_{cA} \quad (15)$$

Igualando ambas ecuaciones, obtenemos la ecuación del principio de conservación de la energía mecánica.

$$E_{pA} - E_{pB} = E_{cB} - E_{cA} \quad (16)$$

Escrito de otra forma:

$$E_{pA} + E_{cA} = E_{pB} + E_{cB} \quad (17)$$

Lo que establece el principio de conservación de la energía es: la suma de la energía cinética y potencial es constante en todos los puntos.

Del principio de conservación de la energía podemos observar que cuando la energía potencial disminuye la energía cinética aumenta y viceversa.

La fuerza de rozamiento

Esta fuerza siempre es opuesta al movimiento, por lo tanto, el trabajo realizado por esta fuerza es negativo.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE INGENIERÍA (UNIDAD MEXICALI)
DOCUMENTO DEL SISTEMA DE CALIDAD

Formatos para prácticas de laboratorio

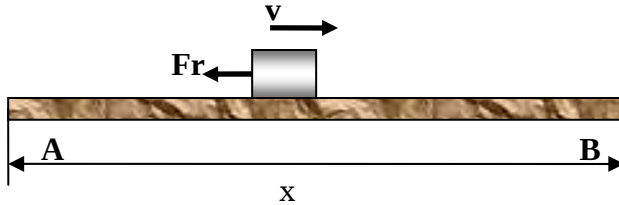


Fig. 3. El trabajo debido a la fuerza de fricción siempre es negativo porque se opone al desplazamiento y al ser una fuerza no conservativa, el trabajo realizado por esta fuerza, en una trayectoria cerrada, es diferente de cero.

El trabajo realizado por la fuerza de fricción es:

- a) Cuando la partícula va de A a B

$$W_{AB} = F_r x \quad (18)$$

- b) Cuando la partícula va de B a A

$$W_{BA} = -F_r x \quad (19)$$

- b) El trabajo total a lo largo del camino cerrado A-B-A, W_{ABA} es distinto de cero

$$W_{ABA} = -2F_r x \quad (20)$$

La fuerza de rozamiento es una fuerza no conservativa, es decir, depende de la trayectoria que siga el cuerpo en su desplazamiento.

Balance de energía

Del análisis anterior podemos observar que sobre una partícula actúan fuerzas conservativas F_c y no conservativas F_{nc} . El trabajo de la resultante de las fuerzas que actúan sobre la partícula es igual a la diferencia entre la energía cinética final menos la inicial.

$$W = \int_A^B (F_c + F_{nc}) \cdot dr = E_{cB} - E_{cA} \quad (21)$$

El trabajo de las fuerzas conservativas es igual a la diferencia entre la energía potencial inicial y la final

$$W = \int_A^B F_c \cdot dr = E_{pA} - E_{pB} \quad (22)$$

Aplicando la propiedad distributiva del producto escalar obtenemos que

$$W = \int_A^B (F_c + F_{nc}) \cdot dr = \int_A^B F_c \cdot dr + \int_A^B F_{nc} \cdot dr = E_{cB} - E_{cA} \quad (23)$$

Sustituyendo la resultante de la integral de las fuerzas conservativas

$$E_{pA} - E_{pB} + \int_A^B F_{nc} \cdot dr = E_{cB} - E_{cA} \quad (24)$$

Despejando la integral de las fuerzas no conservativas



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE INGENIERÍA (UNIDAD MEXICALI)
DOCUMENTO DEL SISTEMA DE CALIDAD

Formatos para prácticas de laboratorio

$$\int_A^B \mathbf{F}_{nc} \cdot d\mathbf{r} = E_{pB} - E_{pA} + E_{cB} - E_{cA} \quad (25)$$

$$\int_A^B \mathbf{F}_{nc} \cdot d\mathbf{r} = (E_p + E_c)_B - (E_p + E_c)_A \quad (26)$$

$$\int_A^B \mathbf{F}_{nc} \cdot d\mathbf{r} = (E_p + E_c)_B - (E_p + E_c)_A = E_B - E_A \quad (27)$$

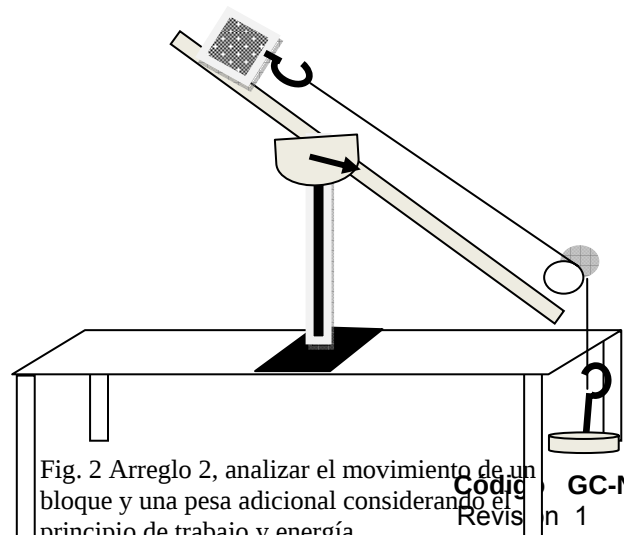
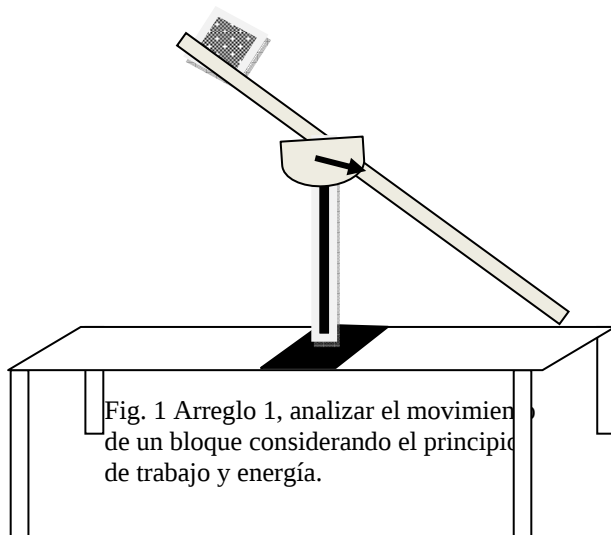
El trabajo de una fuerza no conservativa modifica la energía mecánica (cinética más potencial) de la partícula.

4. PROCEDIMIENTO (DESCRIPCIÓN)

A) EQUIPO NECESARIO	MATERIAL DE APOYO
-Plano inclinado -Juego de bloques -Cronómetro.	Cinta métrica Hilo Juego de pesas

B) DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

1. Poner el plano de práctica de fricción con una inclinación de 45°.
2. Medir el peso del bloque.
3. Colocar los sensores para medir el tiempo a una distancia de 50cm entre ellos.
4. "Resetear" el equipo para medir el tiempo.
5. Colocar el bloque de madera sobre el plano.
6. Activar el tiempo y soltar el bloque simultáneamente.
7. Tomar la lectura del tiempo transcurrido en recorrer la distancia de 50 cm.
8. Sustituir los datos medidos en la tabla 1:
9. Repetir el procedimiento con diferentes bloques y poniendo el plano a diferentes ángulos.
10. Repetir el procedimiento con el arreglo 2.





**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE INGENIERÍA (UNIDAD MEXICALI)
DOCUMENTO DEL SISTEMA DE CALIDAD**

Formatos para prácticas de laboratorio

ARREGLO 1

Bloque No. 1 ángulo $\theta =$

Δt	v_i	v_f	A	F_t	F_f	ΔE_c	ΔE_p

Bloque No. 1 ángulo $\theta =$

Δt	v_i	v_f	A	F_t	F_f	ΔE_c	ΔE_p

Bloque No. 2 ángulo $\theta =$

Δt	v_i	v_f	A	F_t	F_f	ΔE_c	ΔE_p

Bloque No. 2 ángulo $\theta =$

Δt	v_i	v_f	a	F_t	F_f	ΔE_c	ΔE_p

ARREGLO II

Bloque No. 1 ángulo $\theta =$ peso =

Δt	v_i	v_f	a	F_t	F_f	ΔE_c	ΔE_p

Bloque No. 1 ángulo $\theta =$ peso =

Δt	v_i	v_f	a	F_t	F_f	ΔE_c	ΔE_p

Bloque No. 2 ángulo $\theta =$ peso =

Δt	v_i	v_f	a	F_t	F_f	ΔE_c	ΔE_p

Bloque No. 2 ángulo $\theta =$ peso =

Δt	v_i	v_f	a	F_t	F_f	ΔE_c	ΔE_p



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE INGENIERÍA (UNIDAD MEXICALI)
DOCUMENTO DEL SISTEMA DE CALIDAD**

Formatos para prácticas de laboratorio

C). CÁLCULOS Y REPORTE

Complementar las tablas con el procedimiento que a continuación se recomienda

1. Con la ecuación de movimiento de la cinemática (ec. (B) en el ANEXO), calcular la velocidad final
2. Con la ecuación de movimiento de la cinemática (ec. (A) en el ANEXO), calcular la aceleración
3. Con la ecuación que resulta del análisis del sistema de fuerzas determine la componente de la fuerza paralela al plano y la fuerza de fricción.
4. Considerando el peso del bloque calcular el cambio en la energía potencial.
5. Considerando las velocidades inicial y final calcular el cambio en la energía cinética
6. Considerando la ecuación (27) calcular el cambio de energía que experimenta el cuerpo.

NOTA: Se observa que el bloque se mueve en un plano, por lo que el alumno debe determinar las componentes de la velocidad y de la aceleración en dos dimensiones y hacer su análisis completo.

5. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Hacer sus observaciones con base a los cálculos realizados para el cambio en la energía cinética, energía potencial, energía disipada por fricción y el trabajo invertido en cada una de las formas de la energía involucradas. Concluir si se cumplió lo esperado, si no se cumplió, explicar las causas con base a las experiencias adquiridas en su práctica y los conocimientos científicos del tema.

6. ANEXOS

Las ecuaciones de movimiento de cinemática

$$v = v_0 + at \quad (A)$$

$$x = x_0 + \frac{1}{2}(v + v_0)t \quad (B)$$

$$x = x_0 + v_0t + \frac{1}{2}at^2 \quad (C)$$

$$v^2 = v_0^2 + \frac{1}{2}at \quad (D)$$

NOMENCLATURA

Δt : tiempo en recorrer la distancia determinada

v_i : Velocidad inicial

v_f : velocidad final

a : aceleración

F_t : fuerza tangencial

F_f : fuerza de fricción

ΔE_c : cambio en la energía cinética

ΔE_p : cambio en la energía potencial

7. REFERENCIAS

1. Beer Fernando P., Johnston E. Russell, Eisenberg Elliot R. Mecánica Vectorial para Ingenieros Dinámica. Octava edición. Mc. Graw-Hill/interamerican editores, S.A. de C. V. México, 2004. ISBN:970-26-0500-8
2. Hibbeler R. C. Mecánica Vectorial Para Ingenieros Dinámica. Decima edición. PEARSON Education, México, 2004. ISBN:970-26-0500-8.