Universidad Nacional del Nordeste

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura

FÍSICA I

Mecánica y Termodinámica

CARRERAS:

- **Ingeniería Eléctrica**
- **Ingeniería Electrónica**

PLAN DE ACTIVIDADES

AÑO 2001

TRABAJO PRÁCTICO Nº 5

- *Lic. María Silvia Aguirre*
- *Prof. Susana J. Meza*

FÍSICA I (Mecánica y Termodinámica)

TRABAJO PRÁCTICO Nº 5

CONTENIDOS

Trabajo. Potencia. Unidades. Energía cinética. Energía potencial. Energía mecánica. Principio de conservación de la energía. Sistemas conservativos. Análisis de sistemas conservativos. Trabajo y energía en el movimiento circular. Colisiones.

OBJETIVOS

Que el alumno logre:

- Calcular el trabajo realizado por fuerzas constantes.
- Aplicar el concepto de potencia.
- Diferenciar fuerzas conservativas y no conservativas.
- Reconocer las formas de energía mecánica y su relación con las fuerzas actuantes.
- Aplicar correctamente el principio de conservación de la energía a distintas situaciones concretas
- Aplicar los principios de conservación a las situaciones de choque de cuerpos.
- Diferenciar choque elástico de otro que no lo sea.
- Calcular el coeficiente de restitución entre dos cuerpos.

BIBLIOGRAFIA

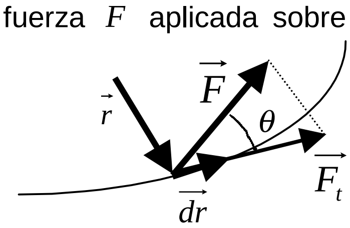
- ALONSO, M.,FINN, E. J. - FÍSICA- Editorial Addison - Wesley Iberoamericana-1995- Capítulo 9 y 14
- RESNICK, HALLIDAY, KRANE - FÍSICA-Volumen 1 - CECSA- 1997. Capítulos 7,8 ,9 y 10
- SEARS, F.W., ZEMANSKY,M.W., YOUNG,H.D., FREEDMAN,R.A. - FISICA UNIVERSITARIA- Volumen 1 – Addison Wesley Longman de México S.A-1998. Capítulos 6, 7 y 8.
- SEARS,F. W. - MECÁNICA, CALOR Y SONIDO. Capítulos 8 y 9
- TIPPENS, P.- FÍSICA. CONCEPTOS Y APLICACIONES. 5ª Edición- Mc Graw Hill. 1996- Capítulos 8 y 9
- TIPLER- Física para la ciencia y la tecnología. Volumen 1. 4ª Edición. Editorial Reverté - 1999. Capítulos 6, 7 y 8
- YOUNG, H. D. - FUNDAMENTOS DE MECÁNICA Y CALOR. McGraw-Hill Book Company. 1966. Capítulos 7 y 9

ALGUNAS CUESTIONES PREVIAS

TRABAJO DE UNA FUERZA:

Cuando una partícula se desplaza un $\vec{dr}$, una fuerza $\vec{F}$ aplicada sobre ella realiza un trabajo mecánico definido por:

$$dT = \overline{F} \,.\, \overline{dr}$$



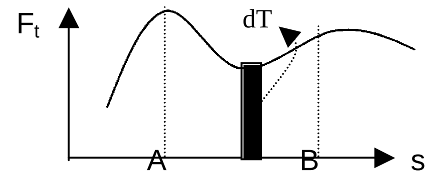
Llamando al módulo del desplazamiento $|\vec{dr}|$ = ds, la ecuación anterior se puede escribir:

$$dT = |F| \, ds \cos\theta = F_t \, ds$$

Ya que F cosθ constituye la proyección de la fuerza $\vec{F}$ en la dirección tangente a la trayectoria.

Cuando la partícula se mueve a lo largo de una trayectoria finita, el trabajo total sobre una partícula es la suma de todos los trabajos infinitesimales efectuados en los sucesivos desplazamientos infinitesimales, es decir:

$$T = \int_A^B \vec{F} \cdot \vec{dr} = \int_A^B F_t \cdot ds$$



POTENCIA :
Se define potencia instantánea como el trabajo efectuado por unidad de tiempo

$$P = \frac{dT}{dt}$$

que puede escribirse también como:

$$P = \vec{F} \cdot \frac{\vec{dr}}{dt} = \vec{F} \cdot \vec{v}$$

es decir que puede definirse también por el producto de la fuerza por la velocidad.

ENERGIA CINETICA

La fuerza tangencial puede escribirse como

$$F_t = m \frac{dv}{dt}$$

multiplicando ambos miembros por ds resulta:

$$dT = F_t\, ds = m \cdot \frac{dv}{dt} \cdot ds = m\, dv \frac{ds}{dt} = m \cdot v \cdot dv$$

Ecuación diferencial que permite integrar para calcular el trabajo

$$T = \int_A^B F_t\, ds = \int_A^B m \cdot v \cdot dv = ½ .\ m\, v_B^2 - ½ .\ m .\ v_A^2$$

$$T = ½ .\ m\, v_B^2 - ½ .\ m .\ v_A^2 \qquad (1)$$

El término $½ .\ m\, v^2$ se denomina energía cinética Ec con lo que la ecuación (1) puede escribirse como:

$$\boxed{T = Ec_B - Ec_A = \Delta Ec} \qquad (2)$$

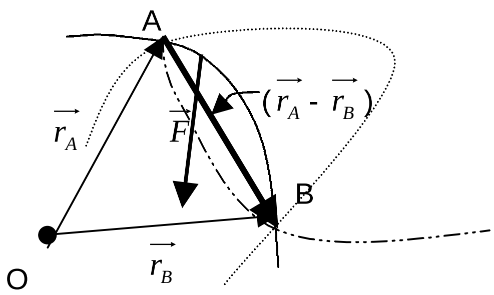
Nótese que el resultado de la ecuación (1) indica que el trabajo realizado por la fuerza F es independiente de la trayectoria seguida por la partícula, sólo interesa la evaluación de la magnitud Ec, en la posición inicial y final de la trayectoria.

La ecuación (2) puede traducirse diciendo que el trabajo efectuado sobre una partícula es igual al cambio producido en su energía cinética.

La energía cinética puede representar la capacidad de un objeto para efectuar un trabajo debido a su masa y a su velocidad.

ENERGIA POTENCIAL

Supongamos que una partícula se mueve a lo largo de una trayectoria bajo la acción de una fuerza constante, entonces



$$T = \int_A^B \bar{F}.d\bar{r} = \bar{F}.\int_A^B d\bar{r} = \bar{F}.(\bar{r}_B - \bar{r}_A) \qquad (3)$$

Es evidente que esta última expresión es aplicable a cualquiera de las trayectorias trazadas en el dibujo adjunto o a cualquier otra que pase en algún momento por los puntos A y B.

En otras palabras, el trabajo es independiente de la trayectoria descripta, interesando solo las posiciones iniciales y finales.

Cuando estamos en esta situación, descripta por la ecuación (3) se dice que la fuerza F es conservativa.

Si por ejemplo F = m g , la ecuación (3) queda:

$$T = -m\,g\,(y_B - y_A) = m\,g\,y_B - m\,g\,y_A$$

donde el término m g y recibe el nombre de energía potencial Ep, con lo que la ecuación anterior puede escribirse como:

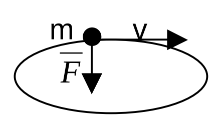
$$T = Ep_B - Ep_A = -\Delta Ep \qquad (4)$$

La energía potencial es una función de las coordenadas, tal que la diferencia entre sus valores en las posiciones inicial y final es igual al trabajo efectuado sobre la partícula para moverla de su posición inicial a la final.

Es importante destacar que en la ecuación (1), el trabajo así definido es independiente de la naturaleza de la fuerza actuante; mientras que en la (3) las fuerzas deben ser conservativas.

Si en particular la trayectoria recorrida por el móvil es cerrada siendo la fuerza actuante conservativa, entonces:

$$T = \oint \bar{F}.d\bar{r} = Ep_A - Ep_B = 0$$



Hemos dicho que:

$$T = \int \bar{F}.d\bar{r} = -\Delta Ep$$

lo que se satisface si: $\bar{F}.d\bar{r} = -dEp$

pero : $\bar{F}.d\bar{r} = F\,ds\cos\theta$, donde θ es el ángulo entre la fuerza y el desplazamiento

$$F\,ds\cos\theta = -dEp \quad ; \quad F\cos\theta = \frac{-dEp}{ds}$$

Analicemos la última expresión:

F cos θ es la componente de la fuerza F en la dirección del desplazamiento, y $\frac{-dEp}{ds}$ es una derivada direccional con signo cambiado

Cuando un vector es tal que su componente en una dirección es igual a la derivada direccional de una función en aquella dirección , el vector se llama gradiente de la función y podemos escribir:

$$\bar{F} = -\overline{Grad E_P} = -\bar{\nabla}.E_p$$

CONSERVACION DE LA ENERGIA

Dijimos que:

$$T = Ec_B - Ec_A = \Delta Ec \qquad (1)$$

$$T = Ep_A - Ep_B = - \Delta Ep \qquad (4)$$

combinando resulta:

$$(Ec_B + Ep_B) = (Ec_A + Ep_A) \qquad (5)$$

expresión que se cumple siempre que la fuerza que actúa sobre la partícula sea conservativa.

El término Ec + Ep es llamado energía total o mecánica de la partícula

$$E = Ec + Ep = \tfrac{1}{2} m v^2 + Ep (x,y,z)$$

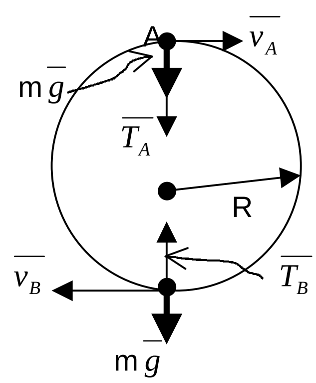
La ec. (5) indica que cuando las fuerzas son conservativas, la energía total o mecánica de la partícula permanece constante en cualquier punto de la trayectoria.

MOVIMIENTO EN UNA CIRCUNFERENCIA VERTICAL

Sea un cuerpo atado a una cuerda de longitud R que gira alrededor de un punto fijo O describiendo una circunferencia vertical.

Las fuerzas actuantes están graficadas en la figura. Nótese que en el punto m s alto A, el peso y la tensión de la cuerda tienen el mismo sentido pero en el B, son de sentidos opuestos. En el punto más alto A, el módulo de las fuerzas que actúan, analizando desde el sistema inercial es:

$$T_A + mg = m \frac{v_A^2}{R} \qquad (6)$$



es decir que tanto la tensión como el peso contribuyen a la fuerza centrípeta necesaria para describir la circunferencia.
En el punto más bajo B, tendremos:

$$mg - T_B = - m \frac{v_B^2}{R} \qquad (7)$$

Los signos que aparecen se deben al sistema de referencia inercial que se adoptó y se debe interpretar que la diferencia entre la tensión y el peso proveen la fuerza centrípeta necesaria.

Estas dos ecuaciones componen un sistema de dos ecuaciones que no se puede resolver por faltas de datos.

Existe una velocidad crítica por debajo de la cual la cuerda deja de estar tensa en el punto más alto.
Para encontrarla hacemos $T_A = 0$ en la (6)
De donde estamos en condiciones de saber

$$v_A = \sqrt{g.R}$$

Para calcular la velocidad en el punto más bajo, podemos aplicar consideraciones energéticas:

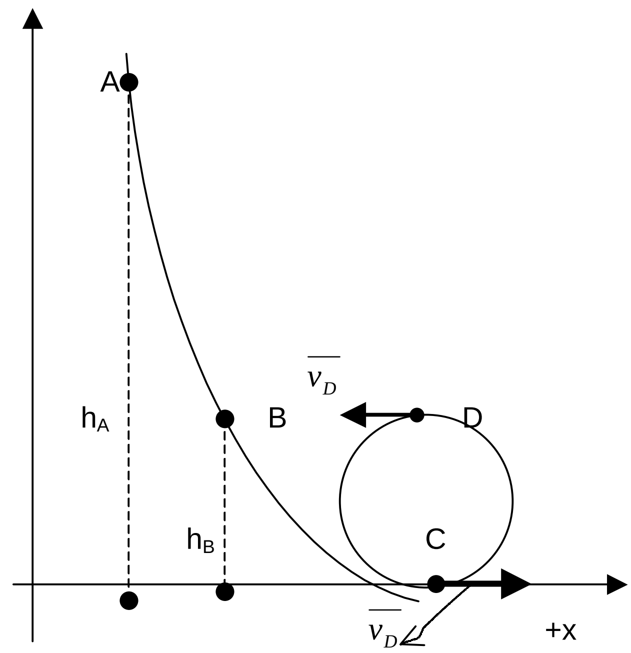
$$- \Delta Ep = \Delta Ec$$

de lo que resulta :

$$2\,m\,g\,R = \frac{1}{2}.m.v_B^2 - \frac{1}{2}.m.v_A^2 \qquad \Rightarrow \qquad v = \sqrt{5.g.R}$$

que es la velocidad que, como mínimo debe tener el cuerpo en el punto más bajo para que al llegar al punto más alto, la cuerda continúe tensa.

Un caso similar se presenta cuando una bolita recorre un rizo. En este caso la tensión T está reemplazada por la reacción de la pista sobre ella.



En A la bolita solo tiene Ep = m g h_A

entonces la E = Ep.

A medida que desciende aumenta su velocidad y disminuye su h ; por lo tanto en el punto B

E = Ec_B + Ep_B

E = ½ m v_B^2 + m g h_B

En C , la bolita ingresa al rizo con una velocidad de ingreso

$$v_C = \sqrt{2.g.h_A}$$

En el punto D la energía mecánica puede escribirse:

$$E = \frac{1}{2}.m.v_C^2 = \frac{1}{2}.m.v_D^2 + m.g.2R$$

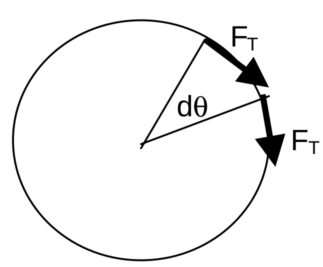
y la velocidad $v_D = \sqrt{2(g.h_A - 2.g.R)}$

La velocidad en el punto más bajo, necesaria para que la bolita describa correctamente la trayectoria circular sin apartarse de la pista dependerá de la altura desde donde se la deje caer.
Si en D la velocidad mínima para que la bolita no se despegue de la pista debe ser $\sqrt{R.g}$, la altura mínima desde la que se debe dejar caer el cuerpo es:

$$h_{mín} = 5/2\ R$$

TRABAJO Y POTENCIA EN EL MOVIMIENTO CIRCULAR
El diferencial de trabajo lo podemos calcular aplicando el concepto de producto escalar como:

$$dT = F\ ds \cos\theta = Ft\ ds$$



en el caso del mov. circular se verifica

$$ds = R\ d\theta$$

con lo que:

$$dT = F\ R\ d\theta = M\ d\theta$$

donde M es el momento estático de la fuerza tangencial.
Dividiendo ambos miembros por dt, resulta:

$$P = \frac{dT}{dt} = M\ \frac{d\theta}{dt} = M\ \omega$$

La potencia instantánea desarrollada es el producto del momento actuante por la velocidad angular instantánea.

CHOQUE ELASTICO
Cuando dos puntos materiales se aproximan convenientemente como para producir, por interacción, cambios en sus cantidades de movimientos y en sus energías, diremos que han chocado o que se ha producido un choque o colisión. Dado que en este proceso supondremos que no existen fuerzas exteriores, o que la resultante de ellas es nula, el Principio de conservación de la cantidad de movimiento se cumple; verificándose que:

$$m_1.v_1 + m_2.v_2 = m_1.v'_1 + m_2.v'_2$$

indicando con las magnitudes primadas las que se registran después del choque.

El principio de conservación de la energía exige que:

$$Ec + Ep = E'c + E'p$$

Introducimos una cantidad Q definida por :

$$Q = E'c - Ec = Ep - E'p$$

es por lo tanto la diferencia entre las energías cinética inicial y final del proceso o entre las energías potenciales internas.

Los valores que puede tomar Q son:

$Q = 0$ Choque elástico
$Q \neq 0$ Choque inelástico

En el primer caso, (Q = 0), no hay variación de la energía cinética del sistema, antes y después de la colisión y se denomina choque elástico.

En el segundo caso, (Q = 0), hay variación de la energía cinética del sistema, pudiendo producirse una disminución de la energía cinética acompañado de un aumento de la energía potencial interna (Q < 0) o un aumento de la energía cinética del sistema a expensas de la energía potencial interna (Q > 0). En ambos casos el choque es inelástico.

Resumiendo:

En el choque elástico: se conserva la cantidad de movimiento del sistema
se conserva la energía cinética del sistema

En el choque inelástico: se conserva la cantidad de movimiento

COEFICIENTE DE RESTITUCION
Es un valor característico del par de cuerpos que chocan y se define como el cociente cambiado de signo, entre las velocidades relativas de los dos cuerpos que chocan, después de la colisión y la velocidad relativa antes de la misma

$$e = -\frac{v_2' - v_1'}{v_2 - v_1} \qquad (6)$$

El coeficiente de restitución puede tomar valores entre 0 y 1, es decir: $0 \leq e \leq 1$
Si el choque es perfectamente elástico e = 1
Si el choque es perfectamente plástico e = 0

Un caso particular es el de una pelota de basquet que se deja caer desde una altura h_1. La pelota interactúa con la tierra y rebota, alcanzando una altura h_2.

Analicemos las velocidades; La velocidad de la pelota antes de tocar el suelo será: $v_1 = \sqrt{2.g.h_1}$
Al rebotar, su velocidad invierte el sentido, y la pelota alcanza una altura h_2.

La velocidad de "rebote" será: $v_1' = -\sqrt{2.g.h_2}$

La velocidad de la tierra antes y después de la colisión es nula, debido a las diferencias de masas entre la tierra y la pelota, por lo que:

$$v_2 = v_2' = v_T \cong 0$$

con lo que (6) resulta: $$e = -\frac{-\sqrt{2.g.h_2}}{\sqrt{2.g.h_1}} = \sqrt{\frac{h_2}{h_1}}$$

Es decir que midiendo las alturas se puede determinar el coeficiente de restitución entre la pelota y la tierra.

ACTIVIDADES

ACTIVIDAD 1
En los siguientes casos identifique y esquematice la/s fuerza/s actuante/s. Determine cuál o cuáles realiza/n trabajo mecánico. Justifique su respuesta.

a) Un levantador de pesas levanta 100 kgr hasta una altura de 2 m.
b) Una piedra atada en el extremo de una soga de 1 m de longitud describe una trayectoria circular con velocidad angular constante.
c) Una persona empuja una caja pesada sobre un piso rugoso mediante una fuerza horizontal.
d) Un niño camina llevando una mochila sobre su espalda.

ACTIVIDAD 2

Una grúa ha elevado verticalmente un bloque de 400 Kgr a una altura de 20 m, con velocidad constante de 0,5 m/s. Calcule :

a) la fuerza que necesita
b) el trabajo realizado
c) la energía del bloque cuando se halla a dicha altura
d) La potencia que desarrolla la grúa.

ACTIVIDAD 3

Se lanza verticalmente hacia arriba un cuerpo de masa m con una velocidad inicial v_o, considerando nulo el rozamiento con el aire,

a) Analice la variación de las energías cinética y potencial en el movimiento de subida y bajada del cuerpo, considerando para ello cinco puntos: el de lanzamiento, en su movimiento de ascenso, en el punto más alto, en su movimiento de descenso y al llegar al punto de origen.
b) Trace la gráfica de energía en función de la posición del cuerpo

ACTIVIDAD 4

Un cuerpo es lanzado con una velocidad inicial v_o formando un ángulo de 30 con la horizontal. Despreciando el rozamiento con el aire,

a) analice la variación de las energías cinética y potencial en por lo menos tres puntos de su trayectoria
b) Calcule la máxima altura alcanzada por el cuerpo, en base a consideraciones energéticas.

ACTIVIDAD 5

Al ascender a la cima de una montaña (considerando despreciable el rozamiento) la variación de energía potencial es distinta si se toma un camino largo y de pendiente suave? por qué uno de los caminos es más cómodo que el otro? Se realiza el mismo trabajo?

ACTIVIDAD 6

De acuerdo con el libro de marcas mundiales de Guinnes, una pulga común puede realizar un salto vertical hasta una altura de 20 cm (aproximadamente 130 veces su propia altura). Despreciando la resistencia del aire, qué velocidad de lanzamiento se requiere para lograr esta altura?

ACTIVIDAD 7

Una masa m se deja caer libremente desde una altura h y simultáneamente se deja deslizar otra masa m igual a la anterior por un plano inclinado liso según muestran las fig. 1 y 2.

a) Identifique la/s fuerza/s que actúan en cada caso y cuáles realizan trabajo mecánico
b) Analice la variación de energía cinética y potencial en cada caso (no olvide indicar sistema de referencia considerado).
c) Qué conclusión puede extraer luego de comparar ambas situaciones?

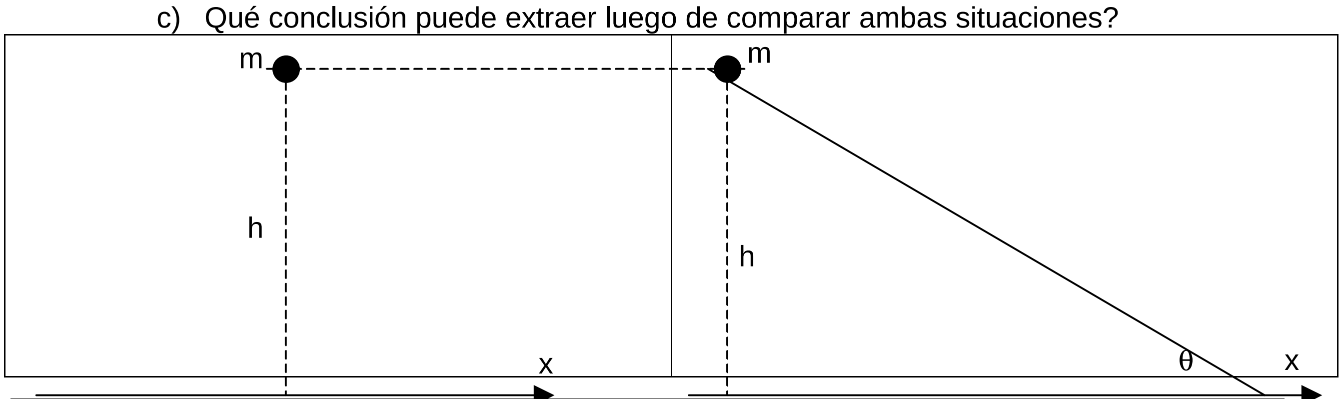
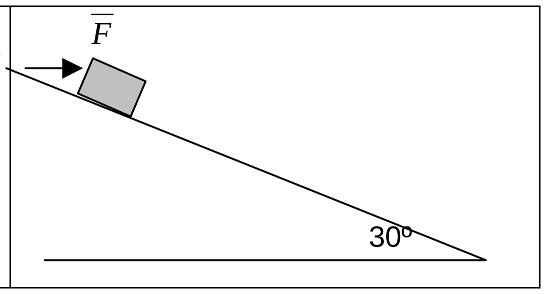


Figura 1	Figura 2

ACTIVIDAD 8

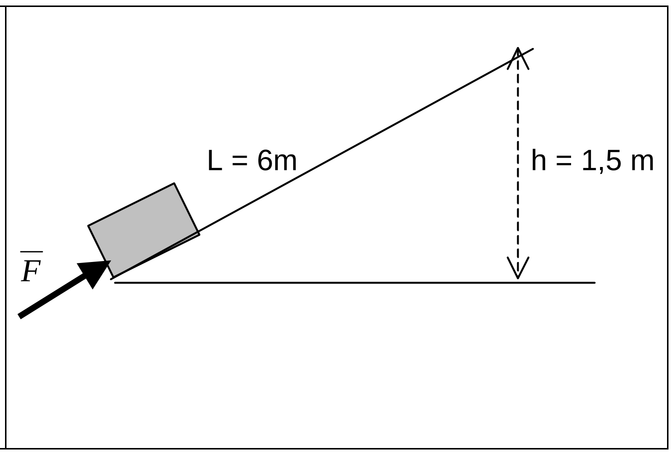
Un bloque cuya masa es de 12 Kg, inicialmente en reposo, es empujado por una fuerza horizontal constante de 5 Kgr como indica la figura, durante 5 seg. Calcule el trabajo total realizado sobre el bloque al cabo de los 5 s, considerando:
a) que la superficie es lisa
b) que existe rozamiento (μ = 0,05).



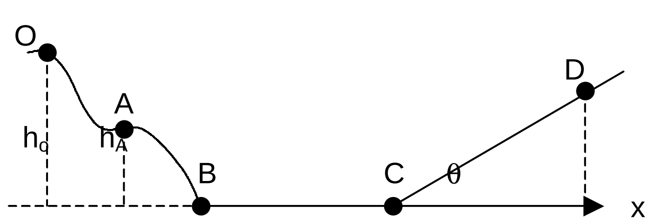
ACTIVIDAD 9

Un bulto de 100 Kgr se eleva hacia una plataforma a una altura 1,5 m por medio de un plano de 6 m de longitud como muestra la figura. El coeficiente de rozamiento entre la superficie y el cuerpo es de 0,2. calcule:

a) la fuerza de rozamiento
b) La fuerza paralela al plano que hay que efectuar para que el bloque ascienda con velocidad constante.
c) El trabajo resultante realizado sobre el bloque.
d) La variación de energía cinética experimentada por el bloque.



ACTIVIDAD 10



h_o= 30 m
h_A= 12m

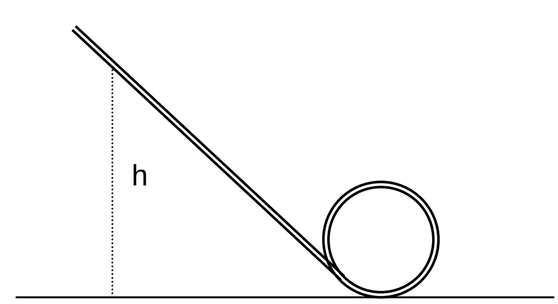
En un parque de diversiones, existe juego donde un tramo del recorrido tiene las características que se detallan en el esquema adjunto. Un móvil inicialmente en reposo inicia el recorrido de la rampa desde O, hasta detenerse en D. Considerando que existe rozamiento μ= 0,5 entre la rampa y el móvil, sólo en el tramo recto BC, que tiene una longitud de 20 m.

a) Analice cualitativamente la situación planteada
b) La velocidad con que el móvil ingresa al plano inclinado
c) La energía potencial adquirida al detenerse en D.
d) La altura del punto D respecto a la horizontal

ACTIVIDAD 11

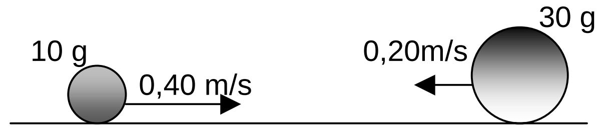
Una esfera desciende por un plano que se prolonga en una guía en forma de rizo como indica la figura, cuyo sistema le será suministrado.

a) Determine experimentalmente el radio del rizo con el menor error posible.
b) Calcule la velocidad mínima con que debe entrar al rizo.
c) Determine teóricamente, el valor mínimo que debe tener la altura h para que la esfera se mantenga constantemente en contacto con la guía al describir el rizo.
d) Verifique experimentalmente el dato hallado,



justificando lo observado.	

ACTIVIDAD 12

Una canica de 10 g se desliza hacia la derecha a 0,40 m/s sobre una acera horizontal helada (sin fricción) y choca con otra de 30 g que se desliza hacia la izquierda a 0,20 m/s. Si el choque es elástico, calcule la velocidad de cada canica (magnitud y dirección) después del choque.	

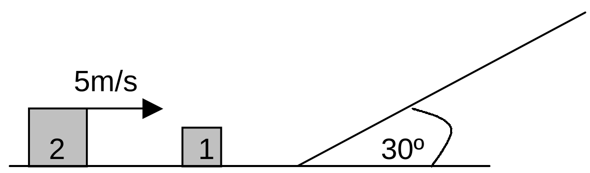
ACTIVIDAD 13

¿Cuáles serían las velocidades de las canicas de la actividad anterior, después de la colisión en el caso que la segunda canica, estuviese inicialmente en reposo?

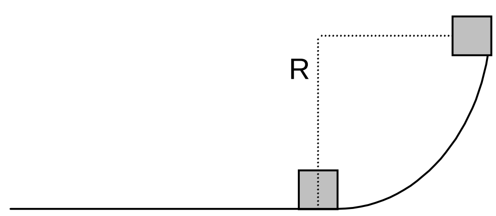
ACTIVIDAD 14

Si se deja caer una bola de acero desde una altura de 7 m, ¿a qué altura rebotará sabiendo que el coeficiente de restitución del acero es de 0,90?

ACTIVIDAD 15

El cuerpo 1 de la figura, de 250 gr de peso, se encuentra inicialmente en reposo y es colisionado por otro de masa 500 g que se mueve con velocidad 5 m/seg. Luego de la colisión, ambos siguen juntos e inician el ascenso por el plano inclinado. Despreciando el rozamiento con las superficies, a) Describa cualitativamente la situación planteada. b) Calcule la energía potencial con respecto a la horizontal H en el instante en que ambos bloques se detienen.	

ACTIVIDAD 16

Un bloque de peso 0,5 Kgr, inicialmente en reposo inicia el descenso por una pista en forma de cuarto de circunferencia de radio 2,5 m, como indica la figura. Al llegar al punto B choca con otra masa de 0,25 Kg que se encuentra en reposo. Luego de la colisión ambos cuerpos siguen unido y se desplazan sobre la superficie horizontal. Calcular a qué distancia del punto de colisión los bloques se detienen, considerando: a) que la superficie es lisa b) que la superficie es rugosa (μ= 0,1)	

Volver

Top