

Física I - 510140

Seminario: Energía de un sistema

1. Situaciones para Análisis

Situación para análisis 1

Una partícula se mueve a lo largo del eje- x . La energía cinética de la partícula ¿aumenta, disminuye o permanece igual? si la velocidad de la partícula cambia:

- (a) Desde -3 m/s a -2 m/s .
- (b) Desde -2 m/s a 2 m/s ?

En cada situación, ¿es el trabajo hecho sobre la partícula positivo, negativo o cero?

R: (a) Decrece, (b) Es la misma. (c) Negativo para (a); Cero para (b).

Situación para análisis 2

Un extremo de un resorte se une a una pared. En el otro extremo del resorte se une un bloque. Para tres situaciones, las posiciones iniciales y finales del bloque, respectivamente, a lo largo del eje- x son:

- (a) $(-3 \text{ cm}, 2 \text{ cm})$;
- (b) $(2 \text{ cm}, 3 \text{ cm})$;
- (c) $(-2 \text{ cm}, 2 \text{ cm})$

En cada situación, ¿es el trabajo hecho por el resorte sobre el bloque positivo, negativo o cero? $x = 0$ es la posición de equilibrio del resorte.

R: (a) Positivo; (b) Negativo; (c) Cero.

Situación para análisis 3

Una roca de masa m se deja caer hacia el suelo desde una altura h . Una segunda roca, con masa $2m$, se deja caer desde la misma altura. Cuando la segunda roca llega al suelo, ¿cómo es su energía cinética comparada con la de la primera roca?

- a) el doble,
- b) el cuádruplo,
- c) igual,
- d) la mitad

R: (a) El doble

2. Ejercicios

Ejercicio 1

Dos obreros deslizan una caja de seguridad de 225 kg, inicialmente en reposo, sobre un piso suave, un desplazamiento $\Delta r = 8.50 \text{ m}$ en línea recta hacia un camión. Un obrero aplica una fuerza \vec{F}_1 de 12.0 N de magnitud, dirigida un ángulo de 30.0° hacia abajo desde la horizontal; el otro obrero tira con una fuerza \vec{F}_2 de 10.0 N de magnitud dirigida un ángulo de 40.0° sobre la horizontal. Las magnitudes y direcciones de esas fuerzas no cambian a medida que la caja de seguridad se mueve y no hay fricción entre la caja y el piso.

- ¿Cuál es el trabajo hecho por cada una de las fuerzas sobre la caja durante el desplazamiento Δr ?
- Durante el desplazamiento, ¿cuál es el trabajo W_g y el trabajo W_n hecho sobre la caja por la fuerza gravitacional \vec{F}_g y la fuerza normal \vec{n} , respectivamente?
- La caja está inicialmente en reposo. ¿Cuál es su rapidez v_f al final de su desplazamiento?

R: (a) $W_{total} = 153.4 \text{ J}$; (b) Ambos igual a cero; (c) $v_f = 1.17 \text{ m/s}$.

Ejercicio 2

Durante una tormenta, un caja de condimentos se resbala a través del piso oleoso y resbaladizo de un estacionamiento un desplazamiento $\Delta \vec{r} = (-3.0 \text{ m})\hat{i}$ mientras un viento estacionario empuja la caja con una fuerza constante $\vec{F} = (2.0 \text{ N})\hat{i} + (-60 \text{ N})\hat{j}$.

- ¿Cuánto trabajo realiza esta fuerza sobre la caja durante el desplazamiento de la misma?
- Si la caja tenía una energía cinética de 10 J al inicio del desplazamiento, ¿cuál es su energía cinética al final del desplazamiento?

R: (a) $W = -6.0 \text{ J}$; (b) $K_f = 4.0 \text{ J}$.

Ejercicio 3

En un procedimiento epidural, como el usado en el nacimiento de niños, un cirujano o anestesista debe penetrar una aguja a través de la piel en la espalda de la paciente, atravesando varias capas de tejido y dentro de una estrecha región llamado el espacio epidural que yace dentro del canal espinal rodeando la médula espinal. La aguja debe liberar un fluido anestésico. Este complicado procedimiento requiere mucha práctica así que el doctor sabe cuando la aguja ha alcanzado el espacio epidural y no pasarlo de largo, un error que podría resultar en complicaciones serias.

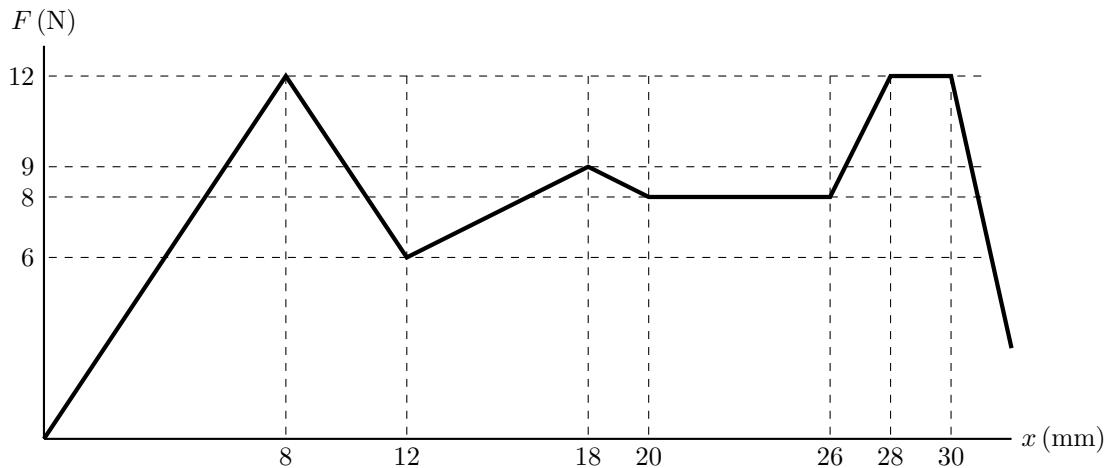


Figura 1: Esquemas para el Ejercicio 3.

El “sentir” que tiene un doctor para la penetración de la aguja es la fuerza variable que debe ser aplicada para avanzar la aguja a través de los tejidos. La Fig.1 es un gráfico de la magnitud de la fuerza F versus el desplazamiento x de la punta de la aguja en un procedimiento epidural típico. (Los segmentos de línea han sido de alguna forma enderezados con relación a los datos originales). A medida que x aumenta desde 0, la piel resiste la entrada de la aguja, pero en $x = 8.0 \text{ mm}$ la fuerza es final y suficientemente grande para romper la piel, y entonces la fuerza requerida decrece. Similarmente, la aguja finalmente rompe el ligamento interespinal en $x = 18 \text{ mm}$ y el

duro ligamentum flavum en $x = 30$ mm. La aguja luego entra en el espacio epidural (donde debe vertirse el líquido anestésico), y la fuerza cae agudamente. Un doctor nuevo debe aprender este patrón de fuerza versus desplazamiento para aprender cuando parar de empujar la aguja. (Este es el patrón a ser programado dentro de una simulación de realidad virtual de un procedimiento epidural.) ¿Cuánto trabajo es hecho por la fuerza ejercida sobre la aguja para llevar la aguja al espacio epidural en $x = 30$ mm?

R: (a) $W = 0.238 \text{ J}$.

Ejercicio 4

En 1896 en Waco, Texas, William Crush estacionó dos locomotoras en extremos opuestos de una línea de ferrocarriles de 6.4 km de largo, encendió las locomotoras, ató sus aceleradores abiertos, y las hizo colisionar de frente con sus máximas rapideces frente a la mirada atónita de 30000 espectadores. Cientos de personas fueron heridas por los desechos que volaron; varios dejaron este mundo. Asumiendo que cada locomotora pesaba $1.2 \times 10^6 \text{ N}$ y sus aceleraciones fueron constantes a 0.26 m/s^2 , ¿cuál fue la energía cinética total de las dos locomotoras justo antes de la colisión.

R: (a) $K = 2.0 \times 10^8 \text{ J}$.

Ejercicio 5

Una cabina de elevador de masa $m = 500 \text{ kg}$ está bajando con rapidez $v_i = 4.0 \text{ m/s}$ cuando el cable que lo soporta comienza a resbalar, permitiendo que caiga con aceleración constante $\vec{a} = \vec{g}/5$.

- Durante una distancia de caída de 12 m, ¿cuál es el trabajo W_g hecho sobre la cabina por la fuerza gravitacional \vec{F}_g ?
- Durante una distancia de caída de 12 m, ¿cuál es el trabajo W_T hecho sobre la cabina por la fuerza \vec{T} que la tira hacia arriba?
- ¿Cuál es el trabajo neto W hecho sobre la cabina durante su caída de 12 m?
- ¿Cuál es la energía cinética de la cabina al final de su caída de 12 m?

R: (a) $W_g = 5.88 \times 10^4 \text{ J}$; (b) $W_T = -4.70 \times 10^4 \text{ J}$; (c) $W = W_g + W_T = 1.18 \times 10^3 \text{ J}$;
 (d) $K_f = 1.6 \times 10^4 \text{ J}$.

Ejercicio 6

En la Fig.2, un bloque de masa $m = 0.40 \text{ kg}$ se desliza a través de un piso horizontal sin fricción de un contendor con rapidez constante $v = 0.50 \text{ m/s}$. Éste, el bloque, choca y comprime un resorte de constante $k = 750 \text{ N/m}$. Cuando el bloque es momentáneamente detenido por el resorte, ¿qué distancia x_f se ha comprimido el resorte?

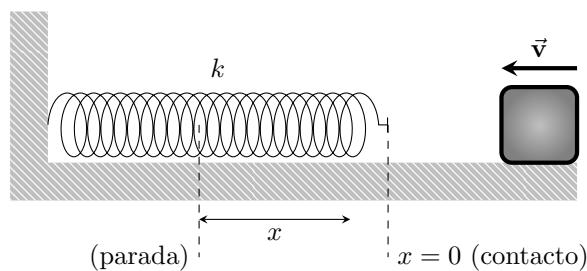


Figura 2: Esquemas para el Ejercicio 6.

R: (a) $x = 0.012 \text{ m} = 1.2 \text{ cm}$.

Ejercicio 7

Calcule el trabajo requerido para expandir un resorte una distancia de 2.00 cm sin aceleración. Se sabe que cuando un cuerpo de 4.00 kg de masa se cuelga del resorte, la longitud del resorte aumenta 1.50 cm.

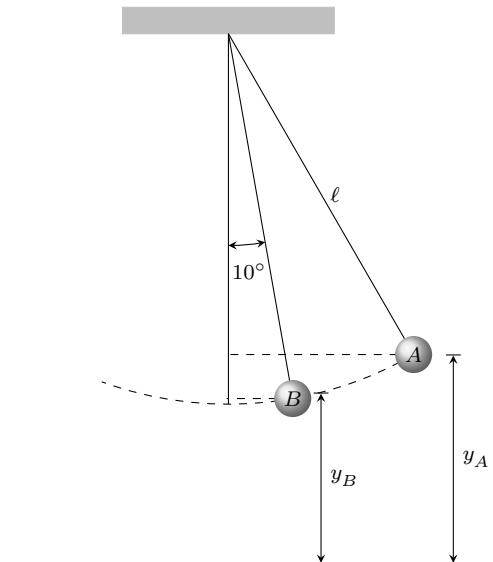
R: (a) $W = 5.23 \times 10^{-1} \text{ Nm}$.

Ejercicio 8

Una masa de 2.00 kg unida al extremo libre de una cuerda de 1.00 m de longitud es desplazada un ángulo $\theta_0 = 30^\circ$ con relación a la vertical y se libera desde el reposo, conforme la figura adjunta.

- Escriba expresiones para la energía potencial gravitacional de la masa en los puntos A y B, con respecto al piso.
- Encuentre $W_g = -\Delta U$, donde W_g es el trabajo hecho por la fuerza gravitacional.
- Encuentre la rapidez de la masa en el punto B, cuando $\theta = 10^\circ$.

R: (a) $U_A = mgy_A$ y $U_B = mgy_B$; (b) $W_g = 2.33 \text{ Nm}$; (c) $v_B = 1.53 \text{ m/s}$



Ejercicio 9

Un camión de $3.00 \times 10^3 \text{ kg}$ de masa es levantado verticalmente por una grúa que ejerce una fuerza ascendente y constante de $3.10 \times 10^4 \text{ N}$ sobre el camión. La fuerza es aplicada una distancia de 2.00 m. Determinar: (a) el trabajo realizado por la grúa, (b) el trabajo realizado por la gravedad, (c) la velocidad ascendente del camión después de haber subido 2.00 m partiendo desde el reposo y (d) la velocidad final del camión si la misma fuerza se aplica durante 2.00 m después de haber alcanzado una velocidad ascendente de 1.00 m/s.

R: (a) $W_F = 6.20 \times 10^4 \text{ J}$; (b) $W_g = -5.88 \times 10^4 \text{ J}$; (c) $v_f = 1.46 \text{ m/s}$; (d) $v_f = 1.77 \text{ m/s}$

Ejercicio 10

En la región $-a < x < a$ la fuerza $F(x)$ sobre una partícula es obtenida de la función energía potencial

$$U(x) = -b \left(\frac{1}{a+x} + \frac{1}{a-x} \right)$$

con a y b ambas constantes positivas.

- Para la región $-a < x < a$ derive la expresión algebraica que permite calcular la fuerza $F(x)$.
- ¿Para qué valor(es) de x se cumple que $dU(x)/dx = 0$?
- Para el valor de x encontrado en el ítem (b) ¿se tiene un equilibrio estable o inestable?

R: (a) $F(x) = -b \left(\frac{1}{(a+x)^2} - \frac{1}{(a-x)^2} \right)$; (b) $x = 0$; (c) Inestable.

Ejercicio 11

La fuerza actuando sobre un objeto es dada por $F(x) = a/x^2$. En $x = 5.00 \text{ m}$, se sabe que la fuerza apunta en la dirección $-x$ y tiene una magnitud de 25.0 N. Determine la energía potencial asociada con esta fuerza en función de x , asumiendo que asignamos el valor de referencia de -10.0 J en $x = 2.00 \text{ m}$ para la energía potencial.

R: $U(x) = -\frac{625}{x} + 302$, con x expresado en metro para que $U(x)$ esté expresado en jule.

Ejercicio 12

La energía potencial de un objeto que se mueve en el eje x es dada por $U(x) = 3x^2 - 2x^3$ (con U en J y x en m).

- Determine la fuerza $F(x)$ asociada a esta función energía potencial.
- Asumiendo que no hay otras fuerzas actuando sobre el objeto, encuentre las posiciones en las que el objeto esté en equilibrio.
- ¿Cuál de esas posiciones de equilibrio es estable y cuál es inestable?

R: (a) $F(x) = -6x(1-x)$; (b) $x = 0$ y $x = 1$; (c) Para $x = 0$ equilibrio estable y para $x = 1$, inestable.

Ejercicio 13

La energía potencial de un objeto que se mueve en el eje x es dada por $U(x) = 8x^2 - x^4$ (con U en jule y x en metro).

- (a) Determine la fuerza $F(x)$ asociada a esta función energía potencial.
- (b) Asumiendo que no hay otras fuerzas actuando sobre el objeto, encuentre las posiciones en las que el objeto esté en equilibrio.
- (c) ¿Cuál de esas posiciones de equilibrio es estable y cuál es inestable?

R: (a) $F(x) = -4x(4 - x^2)$; (b) $x = 0, x = \pm 2$; (c) $x = 0$ equilibrio estable y $x = \pm 2$, inestables.

Ejercicio 14

La fuerza neta actuando sobre un cuerpo que se mueve a lo largo del eje x en la región $[-3, 3]$ es dada por $F(x) = x^3 - 4x$. (La fuerza está en newtons y x en metros.) Calcule las posiciones de equilibrio estable e inestable.

R: $x = 0$ (equilibrio estable) y $x = \pm 2$ (ambos equilibrio inestable).
