

Energía Potencial y Conservación de Energía

Los habitantes prehistóricos de la Isla de Pascua esculpieron cientos de estatuas de piedra (moais) en las laderas de sus volcanes y luego las movieron a diferentes sitios alrededor de toda la isla. La forma cómo ellos pudieron mover estas gigantescas estatuas tanto como 10 km sin la ayuda de máquinas sofisticadas ha sido un tema de amplio debate, con muchas delirantes teorías acerca de la fuente de la energía empleada.



¿Cómo pudo ser realizada esta tarea usando sólo medios primitivos?



248

ES MUY PROBABLE QUE LOS MOAI HAYAN SIDO MOVIDOS POR LOS ANTIGUOS HABITANTES DE ISLA DE PASCUA.

USANDO TRONCOS Y RAMAS PARA HACERLOS DESLIZAR. EN UNA RECREACIÓN MODERNA DE ESTE SISTEMA, 25 HOMBRES FUERON CAPACES DE MOVER SOBRE UN PLANO HORIZONTAL UN MOAI DE 4000 KG UNA DISTANCIA DE 45 m EN 2 MIN.

SI CADA HOMBRE EJERCE UNA FUERZA PROMEDIO IGUAL A 2 VECES SU PESO, EL TRABAJO TOTAL ES

$$W_{ext} = |\vec{F}_{ext}| |\Delta x| \cos \theta = 50 m g d$$

$$W_{ext} = 50 (80 \text{ kg}) (9.8 \text{ m/s}^2) (45 \text{ m})$$

$$W_{ext} = 1.8 \times 10^6 \text{ J}$$

249

ESTE TRABAJO CAUSA LA ENERGÍA CINÉTICA DEL SISTEMA, PERO COMO EXISTE UN CONSIDERABLE ROCE ENTRE LOS TRONCOS, EL HOAJ Y EL SUELO PARTE DE ESTA ENERGÍA SE "PIERDE" EN CALOR.

$$\Delta E_{\text{calor}} + \Delta E_{\text{mecánica}}^0 = W_{\text{ext}} = 1.8 \times 10^6 \text{ J}$$

CALORIA: SE DEFINE LA CALORIA (cal) COMO LA ENERGÍA NECESARIA PARA ELEVAR LA TEMPERATURA DE 1 g DE AGUA DE 14,5°C A 15,5°C.

LAS CALORIAS DE VALOR ALIMENTARIO SE MIDEN EN KILOCALORIAS (10^3 cal)

$$1 \text{ kcal} = 10^3 \text{ cal} = 4186 \text{ J}$$

250

EJEMPLO: UN ESTUDIANTE DESEA PERDER PESO SUBIENDO ESCALERAS.

SUPONGAMOS QUE SUBE 80 Peldaños, CADA UNO DE 0,15 m DE ALTO EN 65 s IGNOREMOS LA ENERGÍA EMPLEADA AL BAJAR.

METABOLIZAR 1 g DE GRASA LIBERA 9 kcal

TÍPICAMENTE LA EFICIENCIA DE LOS MUSCULOS HUMANOS ES $\sim 20\%$. ES DECIR CUANDO EL CUERPO CONVIERTE 100 J AL METABOLIZAR GRASA CORPORAL, SÓLO 20 J VAN A REALIZAR TRABAJO MECÁNICO, EL RESTO SE CONVIERTE EN ENERGÍA INTERNA.

i) ¿CUANTAS VECES TIENE QUE SUBIR LAS ESCALERAS PARA PERDER 500 g DE GRASA?

ii) POTENCIA PROMEDIO AL SUBIR LAS ESCALERAS

251

i)

$$\begin{aligned} \text{ENERGÍA LIBERADA AL QUEMAR 500 g DE GRASA} &= 500 \text{ g} \left(\frac{9 \text{ kcal}}{1 \text{ g}} \right) \left(\frac{4186 \text{ J}}{1 \text{ kcal}} \right) \\ &= 1.88 \times 10^7 \text{ J} \end{aligned}$$

$$\text{ENERGÍA MECÁNICA} = \Delta E = 0.2 \times (1.88 \times 10^7 \text{ J})$$

$$\Delta E = W = n F \Delta y$$

$$\Delta E = n (80 \text{ kg}) \left(9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) (80 \times 0.15 \text{ m})$$

$$3.77 \times 10^6 \text{ J} = n (9.41 \times 10^3 \text{ J})$$

$$\therefore n = 400 !!$$

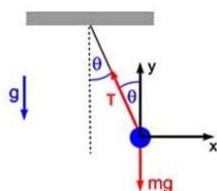
$$\text{ii) } P_{\text{promedio}} = \frac{W}{t} = \frac{9.41 \times 10^3 \text{ J}}{65 \text{ s}} = 144.8 \text{ W}$$

$$P_{\text{promedio}} = 144.8 \text{ W} \left(\frac{1 \text{ hp}}{746 \text{ W}} \right) = 0.194 \text{ hp}$$

252

PÉNDULO SIMPLE

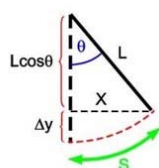
UN PÉNDULO SIMPLE CONSISTE DE UNA MASA m UNIDA A UNA CUERDA IDEAL DE LARGO L



APLICANDO LA LEY DE NEWTON

$$\hat{x}) -T \sin \theta = m a_x$$

$$\hat{y}) T \cos \theta - m g = m a_y$$



PARA ÁNGULOS PEQUEÑOS $\theta \ll 1$

$$\cos \theta \approx 1 - \frac{\theta^2}{2} \quad \text{y} \quad \sin \theta \approx \theta$$

ENTONCES

$$\sin \theta = \frac{X}{L} \Rightarrow \theta \approx \frac{X}{L} \approx \frac{s}{L}$$

253

VELOCIDAD TANGENCIAL $v_t = \frac{\Delta s}{\Delta t} = L \frac{\Delta \theta}{\Delta t} = L\omega$

ACELERACIÓN TANGENCIAL $a_t = \frac{\Delta v_t}{\Delta t} = L \frac{\Delta \omega}{\Delta t} = L\alpha$

PARA ÁNGULOS PEQUEÑOS $\theta \ll 1$

$$\Delta y = L - L \cos \theta$$

$$\Delta y = L(1 - \cos \theta) \approx L \frac{\theta^2}{2} \ll 1 \quad \therefore \quad a_y \approx 0$$

POR OTRO LADO $a_x \approx a_t$

LAS ECS. DE MOVIMIENTO QUEDAN

$$\hat{x}) \quad -T\theta = m a_t$$

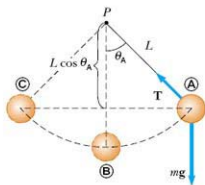
$$\hat{y}) \quad T - mg = 0 \Rightarrow T = mg$$

$$\therefore \quad -mg\theta = mL \frac{d^2\theta}{dt^2}$$

$$\boxed{\frac{d^2\theta}{dt^2} = -\frac{g}{L}\theta} \quad (\text{H.A.S.})$$

254

CONSERVACIÓN DE ENERGÍA: COMO LA TENSIÓN ES SIEMPRE PERPENDICULAR A LA TRAYECTORIA DE LA MASA m NO EFECTÚA TRABAJO. LA ÚNICA FUERZA QUE EFECTÚA TRABAJO ES LA FUERZA GRAVITACIONAL



$$\Rightarrow \Delta E = 0$$

$$\begin{aligned} \text{ENERGÍA EN EL PUNTO A} &= K_A + U_A \\ &= -mgL \cos \theta_A \end{aligned}$$

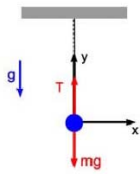
$$\text{ENERGÍA EN EL PUNTO B} = \frac{1}{2} m v_B^2 - mgL$$

$$\Delta E = 0 \Rightarrow \frac{1}{2} m v_B^2 - mgL = -mgL \cos \theta_A$$

$$v_B = \sqrt{2gL(1 - \cos \theta_A)}$$

255

LA TENSIÓN EN EL PUNTO B ESTÁ DADA POR

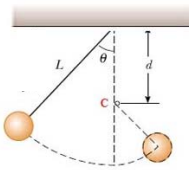


$$4) \quad T_B - mg = m \frac{v_B^2}{L}$$

$$T_B = mg(3 - 2\cos\theta_A)$$

EJEMPLO:

SI EL PÉNDULO ES SOLTADO DESDE UNA POSICIÓN HORIZONTAL ($\theta = 90^\circ$), ¿CUÁL ES EL VALOR MÍNIMO DE d PARA QUE PUEDA DAR UNA VUELTA COMPLETA EN TORNO A LA CLAVISA C?



ENERGÍA INICIAL = 0

$$\text{ENERGÍA FINAL} = \frac{1}{2} m v_B^2 - mg y_B$$

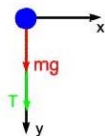
$$\text{PERO } y_B + 2(L-d) = L$$

$$\Rightarrow y_B = 2d - L$$

$$\Delta E = 0 \Rightarrow \frac{1}{2} m v_B^2 - mg(2d - L) = 0$$

256

EN EL PUNTO MAS ALTO



$$T + mg = m \frac{v^2}{L-d}$$

CASO EXTREMO: $T = 0$

$$\therefore v_{min}^2 = g(L-d)$$

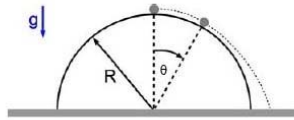
$$\text{ENTONCES } \frac{1}{2} m g (L-d) - mg(2d-L) = 0$$

$$\therefore d > \frac{3}{5} L$$

257

EJEMPLO:

SI UNA PARTÍCULA DE MASA m SE SUELTA DESDE LA CÚSPIDE DE UNA SUPERFICIE SEMI-ESFÉRICA, CALCULE EL ÁNGULO EN QUE LA BOLITA SE DESPEGA DE LA SUPERFICIE.



$$\text{ENERGÍA INICIAL} = mgR$$

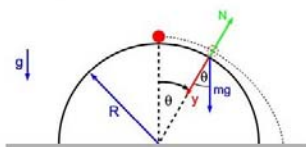
$$\text{ENERGÍA EN LA POSICIÓN } \theta = \frac{1}{2}mv^2 + mgR\cos\theta$$

$$\Delta E = 0 \Rightarrow \frac{1}{2}mv^2 + mgR\cos\theta = mgR$$

$$v^2 = 2gR(1 - \cos\theta)$$

258

APLICANDO 2ª LEY DE NEWTON



$$mg\sin\theta = ma_t$$

$$mg\cos\theta - N = ma_c = m\frac{v^2}{R}$$

$$\Rightarrow N = mg\cos\theta - m\frac{v^2}{R}$$

$$N = mg\cos\theta - m2g(1 - \cos\theta)$$

$$N = 3mg\cos\theta - 2mg$$

LA PARTÍCULA SE DESPEGA JUSTO CUANDO $N = 0$

$$\Rightarrow \cos\theta_c = \frac{2}{3}$$

LA VELOCIDAD EN DICHO PUNTO ES $v^2 = 2gR(1 - \frac{2}{3})$

$$v^2 = \frac{2}{3}gR$$

259