

1

O positrônio é um átomo formado por um elétron e sua antipartícula, o pósitron, que possui uma carga elétrica oposta e massa igual à do elétron. O positrônio é semelhante ao átomo de hidrogênio, que possui um elétron e um próton. A energia do nível fundamental desses átomos pode ser obtida a partir da equação

$$\varepsilon = -\frac{13,6}{1 + \frac{m_e}{m_p}} e V$$

em que m_e é a massa do elétron e m_p é a massa do pósitron, no caso do positrônio, ou a massa do próton, no caso do átomo de hidrogênio.

A partir dessas informações, responda aos itens a seguir.

- Sabendo que a massa do próton é muito maior do que a massa do elétron, estime a energia do nível fundamental do átomo de hidrogênio.
- Calcule a energia do nível fundamental do positrônio.

QUESTÃO 1 – EXPECTATIVA DE RESPOSTA

Conteúdo programático: Eletricidade e Magnetismo. Física, Cosmos e Vida: Ideias sobre o universo, sua origem e evolução: modelos de matéria, transformações dos materiais e radioatividade; espectro de energia emitida por materiais.

Resposta esperada:

- No caso do átomo de hidrogênio, a massa do próton é dada por $m_p = 938,3 \frac{MeV}{c^2}$ e a massa do elétron é dada por $m_e = 0,511 \frac{MeV}{c^2}$, obtendo a razão

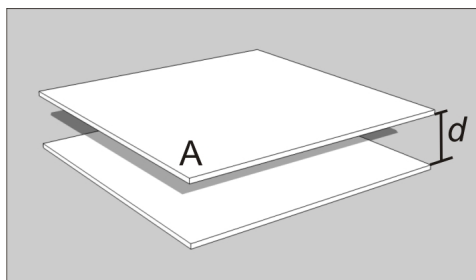
$$1 + \frac{m_e}{m_p} = 1 + \frac{0,511}{938,3} \approx 1$$

forneecendo a estimativa de $\varepsilon \approx -13,6 e V$ para a energia do nível fundamental do átomo de hidrogênio.

- Para o átomo de positrônio, m_p representa a massa do pósitron que é igual à massa do elétron. Desta forma,

$$\varepsilon = -\frac{13,6}{1 + \frac{m_e}{m_p}} e V = -\frac{13,6}{1 + \frac{m_e}{m_e}} e V = -\frac{13,6}{1 + 1} e V = -6,8 e V$$

O efeito Casimir é uma pequena força atrativa que atua entre duas placas metálicas idênticas descarregadas e dispostas paralelamente, como mostra a figura a seguir.



Essa força tem sua origem nas flutuações do vácuo quântico do campo eletromagnético. A força atrativa entre as duas placas, cada uma com área A , separadas por uma distância d , pode ser calculada pela equação

$$F = \frac{\pi h c}{480 d^4} A$$

em que h é a constante de Planck e c é a velocidade da luz.

Considerando $\pi = 3,14$, $c = 3,0 \times 10^8 \frac{m}{s}$ e $h = 6,63 \times 10^{-34} Js$, responda aos itens a seguir.

- Calcule a força de Casimir entre as placas, cada uma com $1 m^2$ de área, separadas por uma distância $d = 1 \mu m$.
- Calcule a massa de um corpo no campo gravitacional terrestre, considerando $g = 10 \frac{m}{s^2}$, submetido a uma força dessa intensidade.

QUESTÃO 2 – EXPECTATIVA DE RESPOSTA

Conteúdo programático: Mecânica. Eletromagnetismo. Física, Cosmos e Vida.

Resposta esperada:

- a) Substituindo diretamente os valores fornecidos, tem-se

$$F = \frac{3,14 \times (6,63 \times 10^{-34} Js) \times (3,0 \times 10^8 \frac{m}{s})}{480 \times (10^{-6} m)^4} \times 1 m^2$$

$$F = \frac{3,14 \times 6,63 \times 3,0 \times 10^{-2}}{480} \frac{J}{m}$$

$$F \approx 1,3 \times 10^{-3} N$$

- b) A segunda Lei de Newton para um corpo com massa m submetido a uma força de $1,3 \times 10^{-3} N$, em um campo gravitacional, é

$$mg = 1,3 \times 10^{-3} N$$

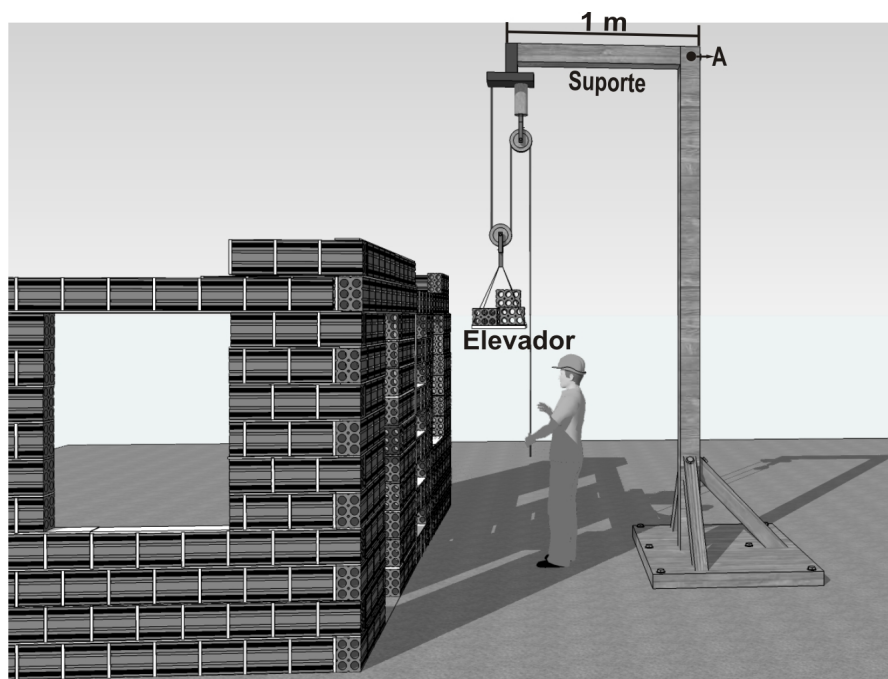
$$m \times 10 \frac{m}{s^2} = 1,3 \times 10^{-3} N$$

$$m = 1,3 \times 10^{-4} kg$$

$$m = 0,13 g$$

que é uma massa bastante pequena.

Um pedreiro precisa transportar material para o primeiro piso de uma construção. Para realizar essa tarefa, ele utiliza um sistema do tipo elevador mostrado na figura a seguir.



O peso máximo que pode ser levantado pelo sistema é limitado pelo peso do pedreiro e não pelo suporte ou pela corda. O pedreiro pesa 800 N.

A partir dessas informações, responda aos itens a seguir.

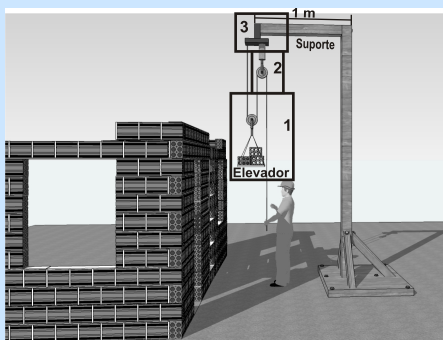
- Construa um diagrama de forças para o sistema e, considerando $g = 10 \frac{m}{s^2}$, calcule o peso máximo que poderia ser levantado pelo pedreiro.
- Considerando o elevador com peso máximo, calcule o módulo do torque no ponto A.

QUESTÃO 3 – EXPECTATIVA DE RESPOSTA

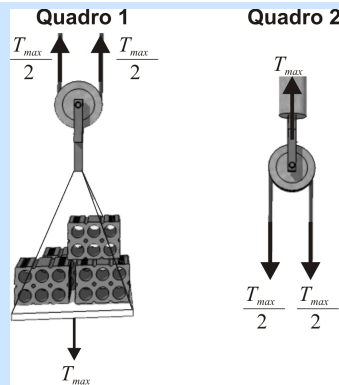
Conteúdo programático: Leis de Newton. Equilíbrio estático: forças em equilíbrio, torques em equilíbrio.

Resposta esperada:

Considere os quadros 1, 2 e 3 na figura a seguir.



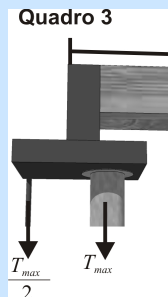
- Seja o esquema de forças apresentados nas figuras a seguir.



A força máxima que o pedreiro irá exercer é a $\frac{T_{max}}{2}$. O máximo de peso que o pedreiro poderá levantar será igual ao seu próprio peso, ou seja:

$$\frac{T_{max}}{2} = P = m \times g \Rightarrow T_{max} = 2 \times m \times g \Rightarrow T_{max} = 2 \times 80 \text{ kg} \times 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1600 \text{ N}$$

b) Seja o esquema do quadro 3 dado a seguir.



A força que age no suporte é $F_{total} = \frac{T_{max}}{2} + T_{max} = \frac{3 \times T_{max}}{2}$

Então, o torque gerado no suporte por essa força é: $\tau = r \times F_{total} \times \text{sen}(90^\circ)$, visto que a força e o braço de alavanca fazem um ângulo de 90° entre si.

$$\tau = 1 \text{ m} \times \frac{3 \times T_{max}}{2} \times 1 = \frac{3 \times 1600 \text{ N}}{2} \Rightarrow \tau = 2400 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Em uma chaleira, são colocados 2 litros de água para ferver. A chaleira, que tem um dispositivo que apita quando a água atinge o ponto de ebulição, começa a apitar após 5 minutos.

Sabendo que o calor específico da água é $1 \frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}}$ e que a densidade específica da água é $1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, responda aos itens a seguir.

- a) O fogo forneceu 150000 cal para a água até a chaleira começar a apitar.
Assumindo que todo o calor cedido pelo fogo foi absorvido pela água, calcule a temperatura inicial da água.
- b) Calcule a taxa de variação da temperatura da água no tempo $\left(\frac{\Delta T}{\Delta t} \right)$.

QUESTÃO 4 – EXPECTATIVA DE RESPOSTA

Conteúdo programático: Termodinâmica: trabalho e calor, temperatura.

Resposta esperada:

a) $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$

A temperatura final da água quando a chaleira começa a apitar é de 100°C .

A quantidade de caloria fornecida é $Q = 150000 \text{ cal}$.

A massa de água na chaleira é $m = \rho \cdot V = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0,002 \text{ m}^3 = 2 \text{ kg}$

Qual T_0 ?

$$Q = 2 \text{ kg} \cdot 1 \frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot (100 - T_0) ^\circ\text{C}$$

$$150000 \text{ cal} = 2000 \text{ g} \cdot 1 \frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot (100 - T_0) ^\circ\text{C}$$

$$100 - T_0 = \frac{150000}{2000}$$

$$T_0 = 100 - 75 = 25$$

$$T_0 = 25^\circ\text{C}$$

- b) Como a massa e o calor específico não variam, a variação da quantidade de calor no tempo gera a variação da temperatura no tempo, ou seja,

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = m \cdot c \cdot \frac{\Delta T}{\Delta t}$$

Desse modo:

$$\frac{\Delta T}{\Delta t} = \frac{1}{m \cdot c} \cdot \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

$$\frac{\Delta T}{\Delta t} = \frac{1}{2000 \text{ g} \cdot 1 \frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}}} \cdot \frac{150000 \text{ cal}}{5 \text{ min}}$$

$$\frac{\Delta T}{\Delta t} = 15 \frac{^\circ\text{C}}{\text{min}}$$