

## **Aula 04**

*Trabalho, potência, energias e  
centro de massa.*

Prof. Vinícius Fulconi

# Sumário

<b>Apresentação .....</b>	<b>4</b>
<b>1- Introdução .....</b>	<b>5</b>
<b>2- Trabalho .....</b>	<b>6</b>
2.1- Trabalho de força constante .....	6
2.1.1- Sinais do Trabalho .....	7
2.2- Análise gráfica do trabalho.....	10
2.3- Trabalho de forças especiais.....	16
2.3.1- Trabalho da Força Peso .....	16
2.3.2- Trabalho da Força Elástica.....	17
2.4- Teorema da energia cinética .....	18
<b>3- Potência .....</b>	<b>22</b>
3.1- Potência média.....	22
3.1.1- Relação entre Potência e velocidade .....	24
3.2- Potência Instantânea .....	25
3.3- Análise do gráfico Potência x Tempo.....	26
3.4- Rendimento .....	27
<b>4- Energia .....</b>	<b>30</b>
4.1- Energia Cinética .....	30
4.2- Energia potencial gravitacional .....	32
4.3- Energia potencial elástica .....	34
4.4- Energia mecânica.....	35
4.4.1- Sistemas conservativos.....	35
4.4.2- Teorema da energia mecânica .....	36
Dados os conceitos acima estudados, o teorema da energia mecânica pode ser assim enunciado: .....	36
<b>5- Centro de massa .....</b>	<b>39</b>
5.1- Posição do centro de massa.....	39
5.2- Velocidade do centro de massa .....	40
5.3- Aceleração do centro de massa .....	41

<b>Lista de Questões .....</b>	<b>44</b>
<b>Gabarito .....</b>	<b>74</b>
<b>Lista de Questões Resolvidas e Comentadas .....</b>	<b>75</b>
<b>Considerações Finais.....</b>	<b>129</b>
<b>Referências.....</b>	<b>130</b>

# Apresentação

## Querido aluno(a), seja bem-vindo(a) à nossa primeira aula!

Sou o professor **Vinícius Fulconi**, tenho vinte e quatro anos e estou cursando Engenharia Aeroespacial no Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA). Irei contar um pouco sobre minha trajetória pessoal, passando pelo mundo dos vestibulares com minhas principais aprovações, até fazer parte da equipe de física do Estratégia Militares.

No ensino médio, eu me comportava como um aluno mediano. No final do segundo ano do ensino médio, um professor me desafiou com a seguinte declaração: *Você **nunca vai passar no ITA!*** Essa fala do professor poderia ter sido internalizada como algo desestimulador e, assim como muitos, eu poderia ter me apegado apenas ao que negritei anteriormente. Muitos desistiram! Entretanto, eu preferi negritar e gravar “**Você vai passar no ITA!**”

Querido aluno(a), a primeira lição que desejo te mostrar não é nenhum conteúdo de física. Quero que transforme seu sonho em vontade de vencer. Transforme seus medos e incapacidades em desafios a serem vencidos. Haverá muitos que duvidarão de você. O mais importante é você acreditar! **Nós do Estratégia Militares acreditamos no seu potencial** e ajudaremos você a realizar seu sonho!



Após alguns anos estudando para o ITA, usando muitos livros estrangeiros, estudando sem planejamento e frequentando diversos cursinhos do segmento, realizei meu sonho e entrei em umas das melhores faculdades de engenharia do mundo. 😊 Além de passar no ITA, ao longo da minha preparação, fui aprovado no IME, UNICAMP, Medicina (pelo ENEM) e fui medalhista na Olimpíada Brasileira de Física.

Minha resiliência e grande experiência em física, que obtive estudando por diversas plataformas e livros, fez com que eu me tornasse professor de física do Estratégia Militares. Tenho muito orgulho em fazer parte da família Estratégia e hoje, se você está lendo esse texto, também já é parte dela. Como professor, irei te guiar por toda física, alertando sobre os erros que cometi na minha preparação, mostrando os pontos em que obtive êxito e, assim, conseguirei identificar quais são seus pontos fortes e fracos, maximizando seu rendimento e te guiando até à faculdade dos seus sonhos.

Você deve estar se perguntando: **O que é necessário para começar esse curso?**



### **ALERTA!**

Esse curso exige do candidato apenas **dedicação, perseverança e vontade de vencer.**

# 1- Introdução

Nessa aula estudaremos mais sobre um substrato essencial para a vida na terra: a **energia**. Esse elemento e suas transferências estão presentes no funcionamento de usinas hidrelétricas, no funcionamento de máquinas como os automóveis, e até mesmo na locomoção diária do homem com os seus próprios pés.

Dessa forma, a transferência de Energia também se mostra muito importante e, nesse capítulo, trataremos dessa mudança por meio de forças e deslocamentos, denominando-se **trabalho**.

Logo, apresentaremos todas as relações entre esses conceitos e fecharemos o estudo com a análise do **centro de massa**.

Vamos começar? 😊

## 2- Trabalho

Nesse t3pico veremos ent3o a transfer4ncia de energia de modo mec4nico, ou seja, faz-se necess3rio uma for7a ( $\vec{F}$ ) e um deslocamento ( $\vec{d}$ ) para que essa mudan7a ocorra. Ser3 mostrado ent3o como 4 feito o c3lculo desse trabalho para cada caso dos diversos pares de  $\vec{F}$  e  $\vec{d}$ .

### 2.1- Trabalho de for7a constante

No caso em que, sobre um corpo, haja uma for7a constante  $\vec{F}$  (m3dulo, dire73o e sentido inalter3veis) e ent3o ele se mova sobre uma trajet3ria na qual seu deslocamento vetorial 4 dado por um  $\vec{d}$ :

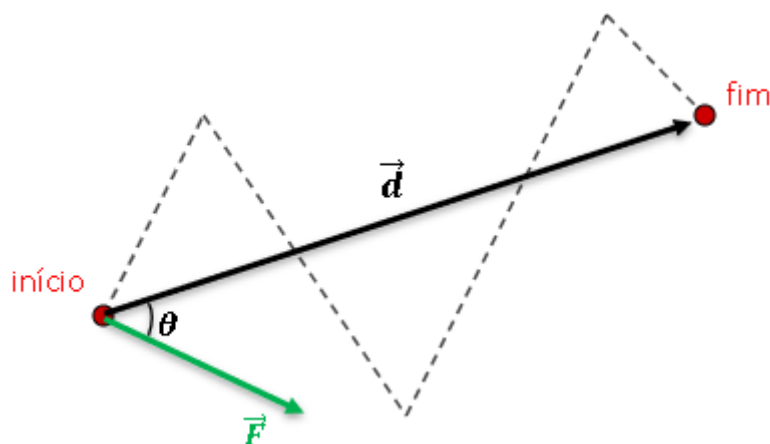


Figura 1: Trajet3ria do corpo

E seja  $\theta$  o 3ngulo entre os vetores  $\vec{F}$  e  $\vec{d}$ , temos que o trabalho dessa for7a 4 dado por:

$$\tau = |\vec{F}| |\vec{d}| \cos\theta$$

ESCLARECENDO!



#### Observa73o Importante:

- O vetor  $\vec{d}$  tem origem no in3cio da trajet3ria e extremo final ao fim do trajeto.
- A unidade do trabalho 4 dada em joules (J)

### 2.1.1- Sinais do Trabalho

- No caso em que temos  $0 \leq \theta < 90^\circ$ , pela trigonometria,  $\cos\theta > 0$ . Dessa forma teremos um trabalho positivo ( $\tau > 0$ ), que chamamos de trabalho motor. Em suma, neste caso, teremos uma força que “ajuda” o deslocamento.

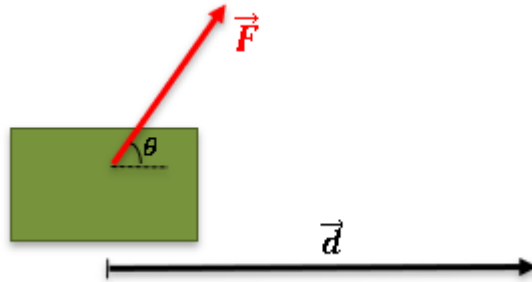


Figura 2: Diagrama de forças

Temos que nos atentar para a situação em que  $\theta = 0^\circ$ , pois assim  $\cos\theta = 1$  e trabalho então se faz o **máximo possível**. Isso ocorre quando força e deslocamento tem mesma direção e sentido.

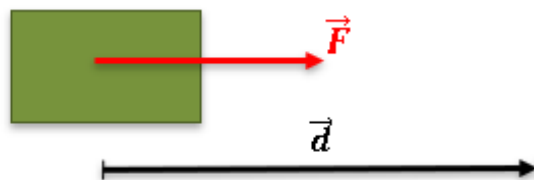


Figura 3: Diagrama de forças

$$\tau = F \cdot d \cdot \cos 0^\circ$$

$$\tau = F \cdot d$$

- No caso em que temos  $90^\circ < \theta \leq 180^\circ$ , pela trigonometria sabemos que  $\cos\theta < 0$ . Dessa forma, teremos um trabalho negativo ( $\tau < 0$ ), que chamamos de trabalho resistente. Em suma, neste caso, teremos uma força que “atrapalha” o deslocamento.

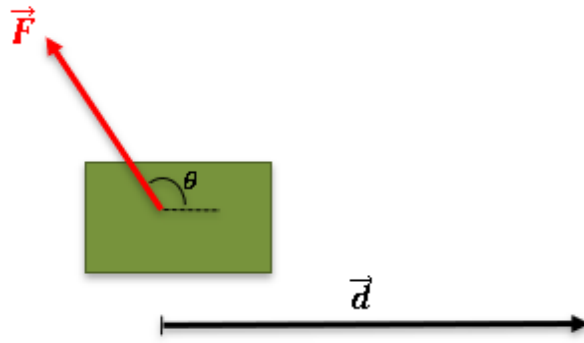


Figura 4: Diagrama de forças

Para a situação em que  $\theta = 180^\circ$ ,  $\cos\theta = -1$ . Então força e deslocamento têm direções iguais porém sentidos distintos

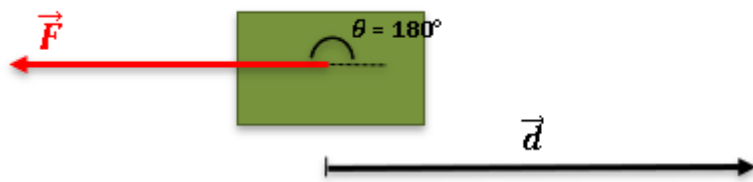


Figura 5: Diagrama de forças

$$\tau = F \cdot d \cdot \cos 180^\circ$$

$$\tau = -F \cdot d$$

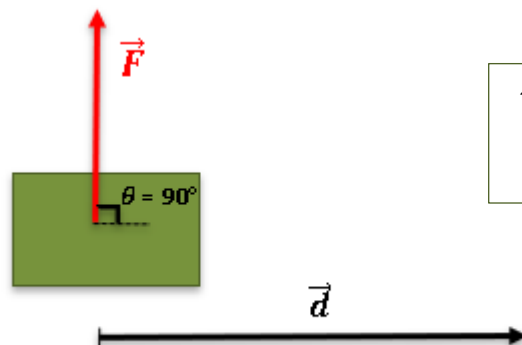
### Observação Importante:

Para o caso em que  $\theta = 90^\circ$ :

$$\cos\theta = 0$$

$$\tau = F \cdot d \cdot \cos\theta = 0$$

Ou seja, o **trabalho é nulo** quando **forças são perpendiculares ao deslocamento**.



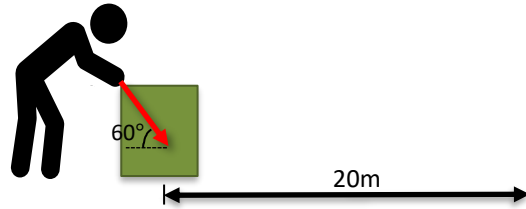
$$\tau = F \cdot d \cdot \cos 90^\circ$$

$$\tau = 0$$

Figura 6: Diagrama de forças



**Exemplo 1:** Um homem empurra uma caixa com velocidade constante durante 20m. Nesse trajeto, a força exercida pelo operador faz um ângulo de  $60^\circ$  com a horizontal. Se o módulo da força vale 50N, qual o trabalho exercido pelo homem? (Desconsidere eventuais forças de atrito)



**Comentário:**

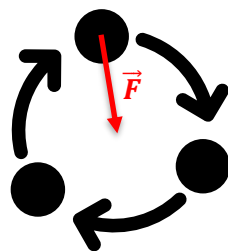
Para calcularmos o trabalho nessa situação, como todos os dados foram fornecidos, podemos aplicar a fórmula:

$$\tau = F \cdot d \cdot \cos\theta$$

$$\tau = 50 \cdot 20 \cdot \frac{1}{2}$$

$$\tau = 500J$$

**Exemplo 2:** Uma esfera presa por um fio repousa em uma superfície lisa e horizontal. Uma pessoa, segurando pela outra extremidade do fio, faz o objeto girar em círculos na superfície em que se encontra, como na figura a seguir:



Sendo  $\vec{F}$  a força que o operador impulsiona no fio para que haja o movimento circular, qual é o trabalho dessa força?

### Comentário:

Dado que o movimento é circular, a força  $\vec{F}$  é, pela figura, a força centrípeta resultante. Dessa forma, como nesse tipo de movimento a força centrípeta é sempre perpendicular a trajetória, então o ângulo entre eles é dado por  $\theta = 90^\circ$ . O que traduz em um trabalho NULO, como foi visto na teoria.

## 2.2- Análise gráfica do trabalho

Após calculado algebricamente, será que o valor do trabalho poderia ser obtido por outro meio? Analisemos o seguinte gráfico do movimento de um corpo:

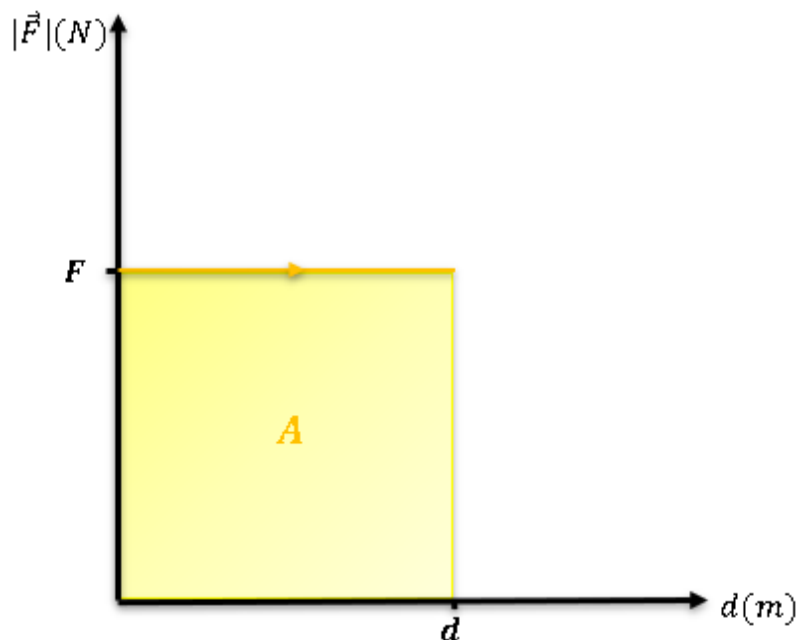


Figura 7: Gráfico da força versus distância

Para o cálculo da área contido sob a linha temos:

$$A = F \cdot (d - 0)$$

$$A = F \cdot d$$

Portanto, a área do gráfico se iguala ao trabalho da força.

No entanto, a facilidade geométrica para o cálculo da área nem sempre é a mesma que a desse gráfico retangular. Ainda assim, é possível provar que a área em baixo das linhas do gráfico ( $F \times d$ ), quando a força é paralela ao deslocamento do objeto, é sempre igual ao módulo do trabalho. A demonstração dessa igualdade foge ao escopo desse curso.

$$A = |\tau|$$

Nos resta então analisarmos o sinal do trabalho calculado graficamente:

- Quando  $F$  tem o mesmo sinal que o deslocamento:  $\tau > 0$
- Quando  $F$  tem sinal oposto ao do deslocamento:  $\tau < 0$

Vejamos alguns exemplos:

Exemplo a):

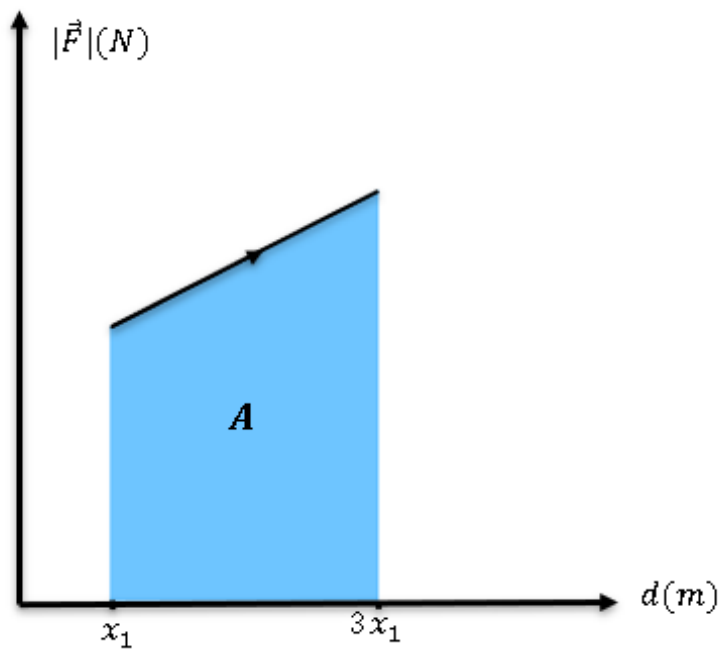


Figura 8: Trabalho positivo

Nesse caso  $F > 0$  e o deslocamento é dado por:

$$d = 3x_1 - x_1$$

$$d = 2x_1$$

$$d > 0$$

Logo, o trabalho é positivo:  $\tau = +A$

Exemplo **b)**:

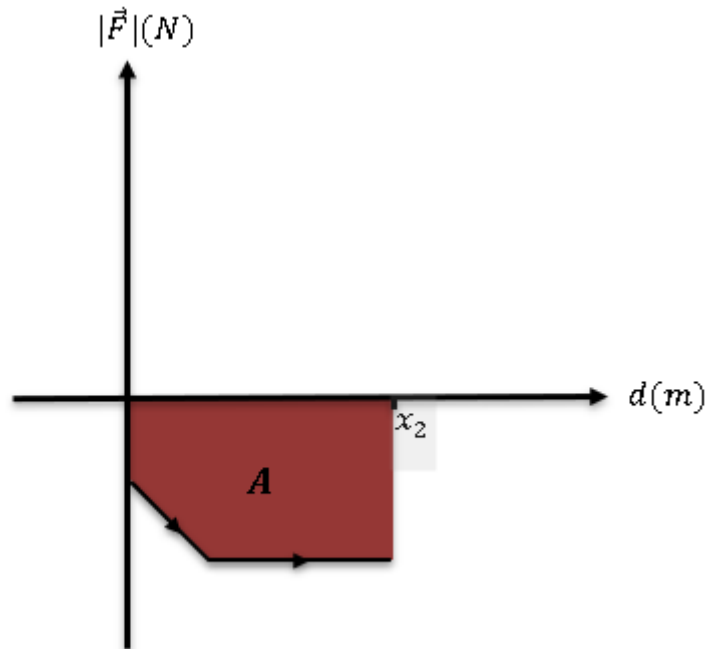


Figura 9: Trabalho negativo

Nesse caso  $F < 0$  e o deslocamento é dado por:

$$d = x_2 - 0$$

$$d = x_2 > 0$$

Portanto nesse caso o trabalho é negativo:  $\tau = -A$

Exemplo **c)**:

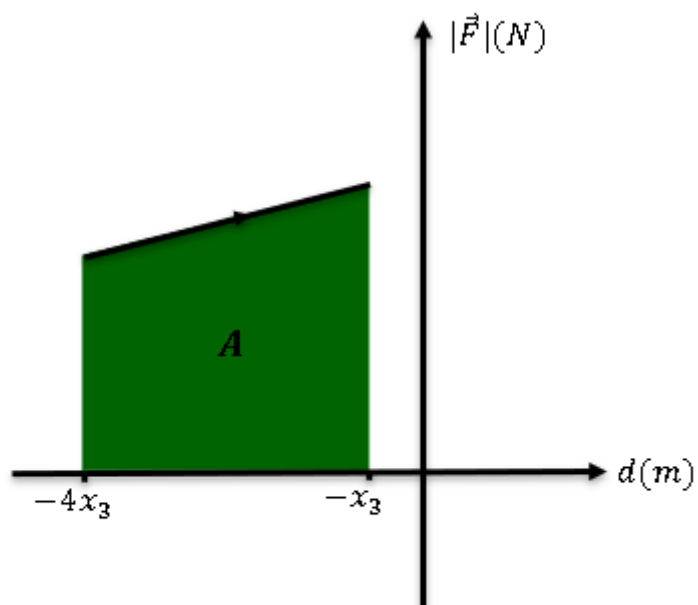


Figura 10: Trabalho negativo

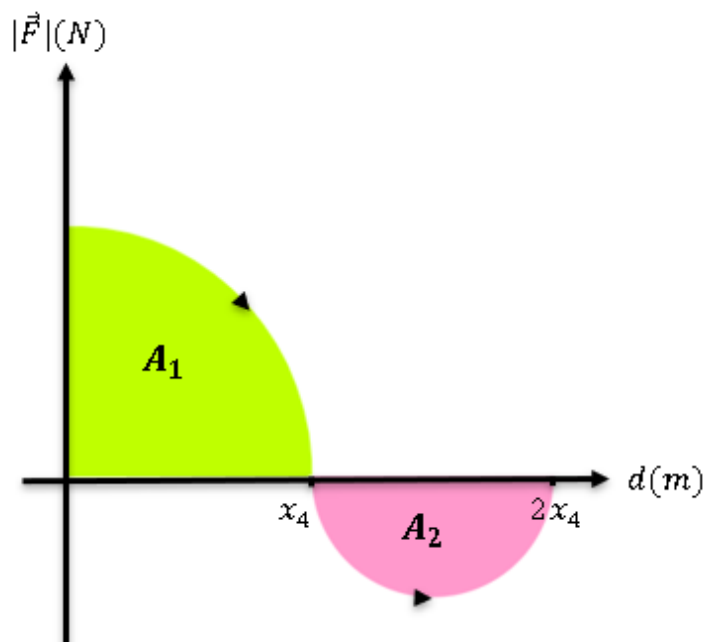
Nesse caso  $F > 0$  e o deslocamento é dado por:

$$d = -4x_3 - (-x_3)$$

$$d = -3x_3 < 0$$

Portanto, nesse caso o trabalho é negativo:  $\tau = -A$

Exemplo **d)**:



Nesse caso, como há parte de  $F$  positiva e parte de  $F$  negativa, dividimos a análise em duas partes e depois somamos, ou seja:

**i)** Para o deslocamento de  $0$  à  $x_4$ :

$F$  é positivo e o deslocamento também é ( $d = x_4 > 0$ ). Portanto, nessa parte o trabalho é positivo

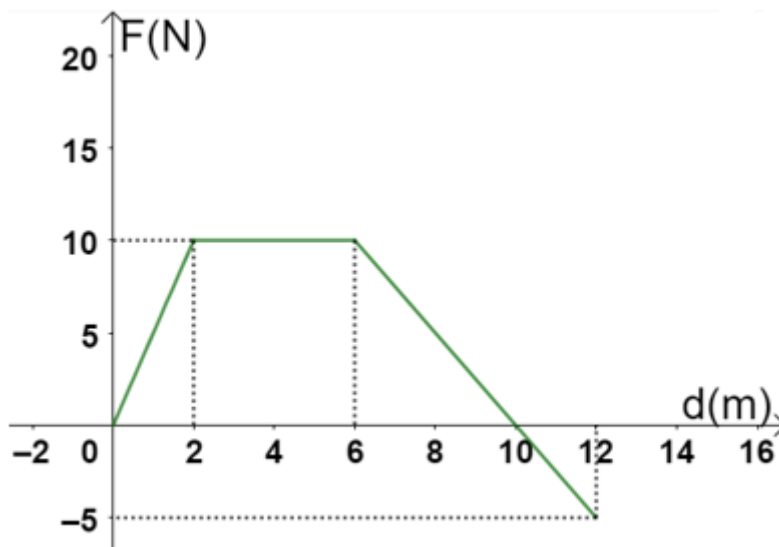
$$\tau_1 = +A_1$$

**ii)** Para o deslocamento de  $x_4$  à  $3x_4$ :  $F$  é negativo e o deslocamento é positivo ( $d = 2x_4 > 0$ ).

Portanto, nessa parte o trabalho é negativo:  $\tau_2 = -A_2$

Logo, o trabalho total calculado a partir do gráfico é dado por:  $\tau = +A_1 + (-A_2) = A_1 - A_2$ .

**Exemplo 3:** Uma força  $\vec{F}$  paralela ao solo, movimenta uma partícula horizontalmente. A intensidade da força em função do deslocamento é dada por:



Calcule o trabalho da força para os seguintes deslocamentos:

- a) de  $d=0$  até  $d=2\text{m}$
- b) de  $d=2\text{m}$  até  $d=6\text{m}$
- c) de  $d=6\text{m}$  até  $d=10\text{m}$
- d) de  $d=10\text{m}$  até  $d=12\text{m}$
- e) de  $d=0$  até  $d=10\text{m}$
- f) de  $d=0$  até  $d=12\text{m}$

**Comentários:**

Como temos um gráfico da força em função do deslocamento, podemos admitir que para todos esses intervalos:

$$|\tau| = \text{área}$$

a) Sabendo que nesse intervalo força e deslocamento têm os mesmos sinais (positivo) e que a área em questão é dada por um triângulo de base 2 e altura 10, temos:

$$\tau = \frac{10 \cdot 2}{2}$$

$$\tau = 10 \text{ J}$$

b) Nesse intervalo força e deslocamento também têm o mesmo sinal (positivo) e a área em questão é dada por um retângulo de base 4 e altura 10:

$$\tau = 10 \cdot 4 = 40 \text{ J}$$

c) O intervalo em questão possui força e deslocamento com mesmo sinal (positivo) e sua área é dada por um triângulo de base 4 e altura 10:

$$\tau = \frac{10 \cdot 4}{2}$$

$$\tau = 20 \text{ J}$$

d) Sabendo que nesse intervalo a força tem sinal negativo e o deslocamento tem sinal positivo, o trabalho é dado por:

$$\tau = -\frac{2 \cdot 5}{2}$$

$$\tau = -5 \text{ J}$$

e) Como o trabalho solicitado é a soma dos trabalhos das letras a, b e c, então:

$$\tau = 10 + 40 + 20$$

$$\tau = 70 \text{ J}$$

f) Como o trabalho solicitado é a soma dos trabalhos das letras a, b, c e d, temos:

$$\tau = 10 + 40 + 20 - 5$$

$$\tau = 65 \text{ J}$$

## 2.3- Trabalho de forças especiais

### 2.3.1- Trabalho da Força Peso

Dada a seguinte situação:

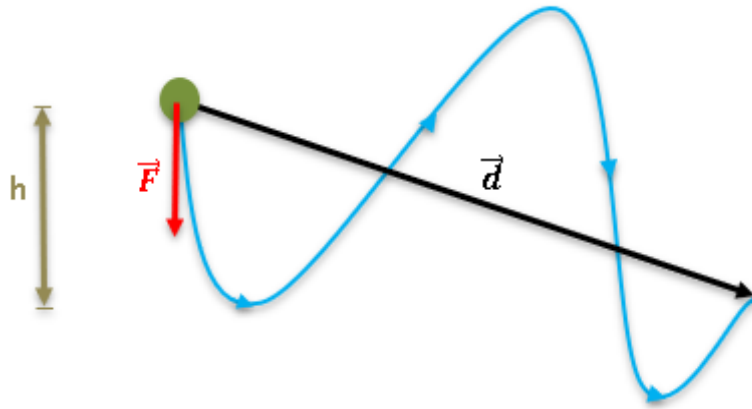
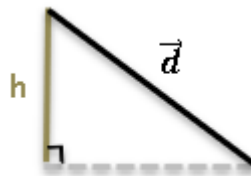


Figura 11: Diagrama da força peso

Para o cálculo do trabalho da força Peso ( $\vec{P}$ ) temos:

$$\tau = P \cdot d \cdot \cos\theta$$

Mas, de acordo com a geometria da figura:



$$h = d \cdot \cos\theta$$

Logo:

$$\tau = P \cdot h$$

$$\tau_P = m \cdot g \cdot h$$

Dessa forma, concluímos que, para o trabalho da força peso, a trajetória não se faz relevante.



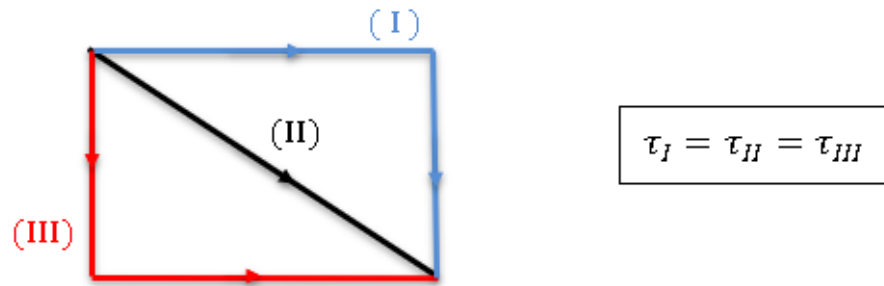


Figura 12: Diagrama dos caminhos

### 2.3.2- Trabalho da Força Elástica

Dada uma mola em seu estado de equilíbrio, ao comprimir ou esticar esse objeto por um comprimento de  $\Delta x$ , a força que ela impulsiona é dada por:

$$F = K \cdot \Delta x$$

Onde (K) é a constante elástica da mola a qual indica a rigidez desse objeto.

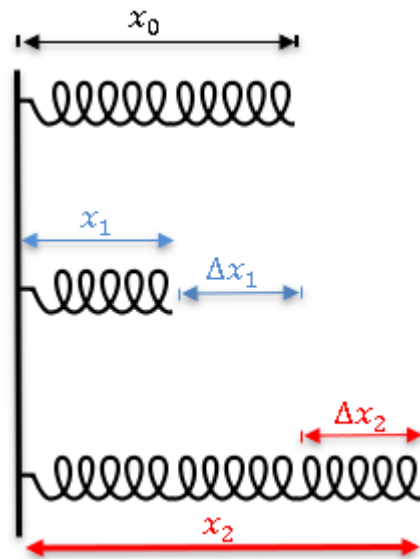


Figura 13: Deformação da mola

Para o cálculo do trabalho da força elástica pelo método gráfico temos:

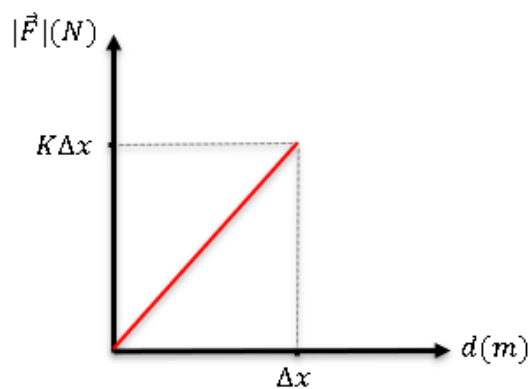


Figura 14: Trabalho da força elástica

Dessa forma:

$$\tau = \frac{1}{2} \cdot \Delta x \cdot K \Delta x$$

$$|\tau_{Elast.}| = \frac{1}{2} \cdot K \Delta x^2$$

O que nos leva a conclusão de que, para a força elástica, o trabalho também independe da trajetória da aplicação da força.

## 2.4- Teorema da energia cinética

A um corpo de massa ( $m$ ) que possui velocidade ( $v$ ) atribuímos uma grandeza escalar chamada energia cinética ( $E_c$ ) que é dada por:

$$E_c = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

A demonstração dessa fórmula estudaremos em um posterior tópico.

Assim sendo, o teorema que nomeia esse tópico relaciona a variação da energia cinética com o trabalho total, tanto das forças internas quanto das forças externas que agem sobre o corpo em estudo. Ele é então assim enunciado:

$$\tau_{total} = \Delta E_c$$



Sendo ( $\Delta E_c = E_{C,f} - E_{C,i}$ ) a variação da energia cinética, ou seja, energia cinética final subtraída da energia cinética inicial.

O trabalho total pode ser subdividido em trabalhos de cada uma das  $N$  forças que agem no corpo:

$$\tau_{total} = \tau_1 + \tau_2 + \dots + \tau_N$$

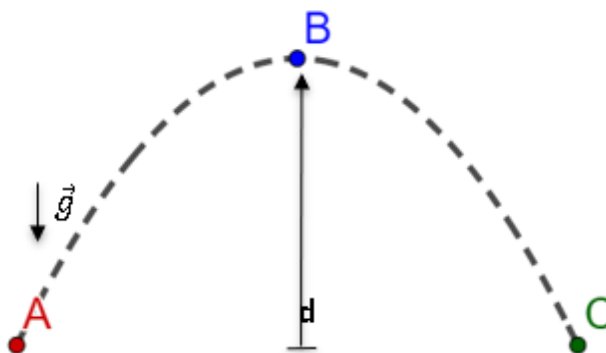
Dessa forma:

$$\tau_1 + \tau_2 + \dots + \tau_N = \Delta E_c$$

### Observação Importante:

Esse teorema, da forma que aqui enunciamos, só pode ser aplicado a um corpo de cada vez, não podendo então ser usado para um sistema de corpos.

**Exemplo 4:** Uma partícula de massa ( $m$ ) é lançada de forma oblíqua a partir do ponto A e percorre a seguinte trajetória:



Sendo ( $g$ ) o módulo da gravidade local, responda:

- Qual o trabalho da força peso entre os pontos A e B?
- Qual o trabalho da força peso entre os pontos B e C?
- Qual o trabalho da força peso entre os pontos A e C?

### Comentários:

a) Como, nesse trecho a força peso aponta para baixo e a trajetória é direcionada para cima, temos que o trabalho se faz negativo:

$$\tau_p = -mgd$$

b) Nesse trecho, tanto a força peso, quanto a trajetória têm ambas mesma direção e sentido, portanto:

$$\tau_p = mgd$$

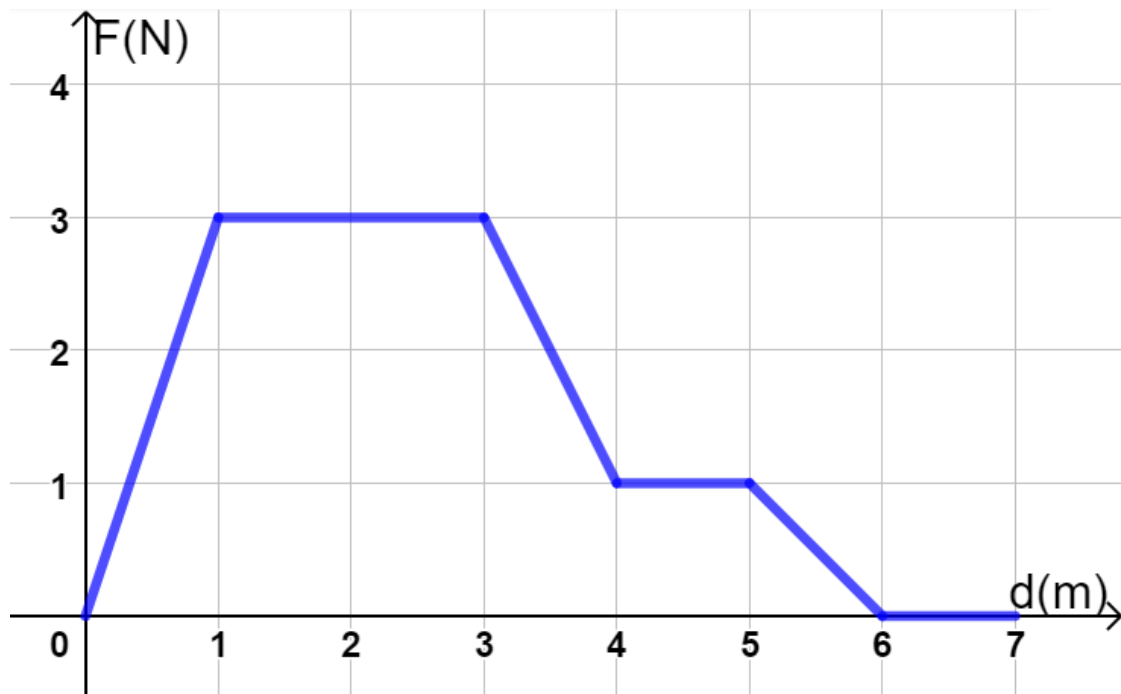
c) Como a trajetória de A até C é a soma da trajetória de A até B com a de B até C, logo, o trabalho da força peso neste item é a soma dos trabalhos dos itens anteriores, portanto:

$$\tau_p = -mgd + mgd$$

$$\tau_p = 0$$

O que faz sentido lógico pois, a partícula inicia sua trajetória e a termina no mesmo nível e, como para o trabalho da força peso não importa a trajetória mas sim os pontos inicial e final do trecho em análise, é correto que o trabalho seja nulo.

**Exemplo 5:** Uma partícula de massa  $m = (2/11)$  mg está submetida a uma única força ( $\vec{F}$ ) de módulo variável com o seu deslocamento como se vê no gráfico a seguir:



Dessa forma, responda:

a) Qual o valor do trabalho da força ( $F$ ) de  $d = 0$  à  $d = 4$  m?

b) Qual a velocidade da partícula em  $d = 7$  m, sabendo que em  $d = 0$  ela estava em repouso?

### Comentários:

a) Para o cálculo do trabalho podemos utilizar a área do gráfico abaixo da linha no trajeto indicado:

$$\tau = \frac{1 \cdot 3}{2} + 2 \cdot 3 + \frac{(1+3) \cdot 1}{2}$$

$$\tau = 1,5 + 6 + 2$$

$$\tau = 9,5 \text{ J}$$

b) Para o cálculo da velocidade podemos utilizar o teorema da energia cinética:

$$\tau_{total} = \Delta E_c$$

Mas, para isso, é necessário saber o trabalho total do trajeto, desde  $d=0$  até  $d=7\text{m}$ :

$$\tau_{total} = \text{área total do gráfico}$$

$$\tau_{total} = 9,5 + 1 + \frac{1 \cdot 1}{2}$$

$$\tau_{total} = 11 \text{ J}$$

Logo:

$$\tau_{total} = E_{c,f} - E_{c,i}$$

Como no início a partícula estava em repouso, sua energia cinética era nula nesse instante:

$$\tau_{total} = \frac{m \cdot v_f^2}{2} - 0$$

$$11 = \frac{\frac{2}{11} \cdot 10^{-6} \cdot v_f^2}{2}$$

$$v_f = 11 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$$

## 3- Potência

Muitas vezes é preciso saber em quanto tempo se dá a transferência de energia de certo sistema. Nesse contexto, recaímos sobre o estudo da potência.

### 3.1- Potência média

A potência média é dada pelo quociente entre a energia transferida ( $\Delta E$ ) e o intervalo de tempo ( $\Delta t$ ) em que ocorreu essa transferência:

$$P_m = \frac{\Delta E}{\Delta t}$$

Como, muitas vezes, a energia transferida é por meio do trabalho, então temos também que:

$$P_m = \frac{\tau}{\Delta t}$$

A unidade de potência é dada usualmente por:

$$[P_m] = \frac{\text{joule (J)}}{\text{segundo (s)}} = \text{watt (W)}$$

Lembrando que, há outras medidas de potência:

$$1 \text{ cavalo-vapor (cv)} \cong 735,5 \text{ W}$$

$$1 \text{ horse-power (HP)} \cong 745,6 \text{ W}$$

**Exemplo 6:** Uma mulher de 70kg precisa subir uma escada, em seu edifício, que possui 20 degraus. Se cada degrau possui 15cm de altura, responda:

- a) Qual o trabalho da força peso da mulher ao subir totalmente as escadas? (Dado:  $g = 10 \text{ m/s}^2$ )
- b) Se a mulher sobe as escadas em 20s ela se cansa mais do que quando sobe em 30s. Qual a explicação física para isso?

**Comentários:**

a) Para o cálculo da altura total do deslocamento:

$$h = 20 \cdot 0,15 = 3\text{m}$$

Portanto, o trabalho é dado por:

$$\tau = -70 \cdot 10 \cdot 3$$

$$\tau = -2100 \text{ J}$$

O sinal se faz negativo pelo fato de que a força peso aponta para baixo e o deslocamento da mulher se faz para cima.

b) Quando a mulher se desloca em 20s sua potência é dada por:

$$P = \frac{|\tau|}{\Delta t}$$

$$P = \frac{2100}{20}$$

$$P = 105\text{W}$$

Mas quando ela se desloca em 30s sua potência é dada por:

$$P = \frac{|\tau|}{\Delta t}$$

$$P = \frac{2100}{30}$$

$$P = 70\text{W}$$

Portanto, devido a essa diferença de potência que se exige do organismo da mulher, quanto maior a potência exigida, maior o cansaço ao subir as escadas.

### 3.1.1- Relação entre Potência e velocidade

Imagine a situação em que um corpo é deslocado em uma distância ( $\vec{d}$ ) por uma **força constante** ( $\vec{F}$ ). Como já foi visto, seu trabalho é dado por:

$$\tau = F \cdot d \cdot \cos\theta$$

Assim sendo, podemos escrever a potência média desse deslocamento como:

$$P_m = \frac{\tau}{\Delta t}$$

$$P_m = \frac{F \cdot d \cdot \cos\theta}{\Delta t}$$

Mas, sendo  $v_m$  a velocidade média do trajeto:

$$\frac{d}{\Delta t} = v_m$$

Então:

$$P_m = F \cdot v_m \cdot \cos\theta$$

Dessa forma podemos relacionar a velocidade média de um corpo com sua potência média.



## 3.2- Potência Instantânea

No tópico anterior calculamos a potência média em função de sua velocidade média. No entanto, caso nos fosse pedido para calcular a potência de um objeto em um instante específico de sua trajetória como procederíamos?

Nesse caso, tomamos a fórmula adquirida a pouco:

$$P_m = F \cdot v_m \cdot \cos\theta$$

Utilizando ferramentas não necessárias para nosso estudo agora, podemos obter a seguinte fórmula para que, em um momento em que o  $\Delta t$  de tempo seja muito pequeno, tendendo a zero, a potência seja instantânea ( $P$ ):

$$P = F \cdot v \cdot \cos\theta$$

Onde  $v$  é a velocidade instantânea do objeto.

Ademais, a potência instantânea também pode ser calculada por:

$$P = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} P_m = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\tau}{\Delta t}$$

CURIOSIDADE



### 3.3- Análise do gráfico Potência x Tempo

Imagine a situação em que a potência de uma força seja constante com o tempo. Transformando isso em um gráfico teremos:

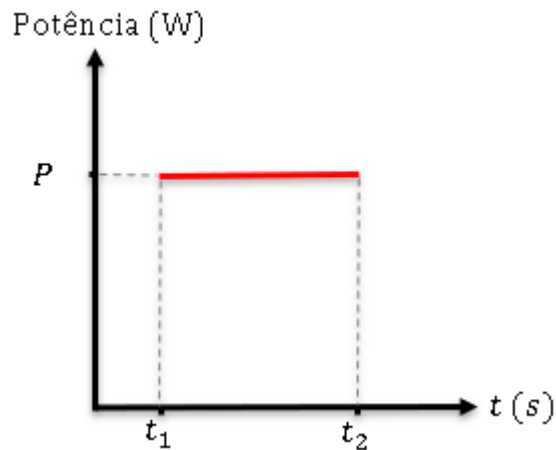


Figura 15: Potência

No cálculo da área desse gráfico temos:

$$A = P \cdot (t_2 - t_1)$$

$$A = P \cdot \Delta t$$

Mas, como já foi visto:

$$P = \frac{\tau}{\Delta t}$$

Então:

$$A = \frac{\tau}{\Delta t} \cdot \Delta t$$

$$A = \tau$$

Embora esse resultado tenha sido obtido a partir de um caso específico, essa igualdade é válida para qualquer outro caso, ainda que a potência não seja constante. Como, por exemplo:

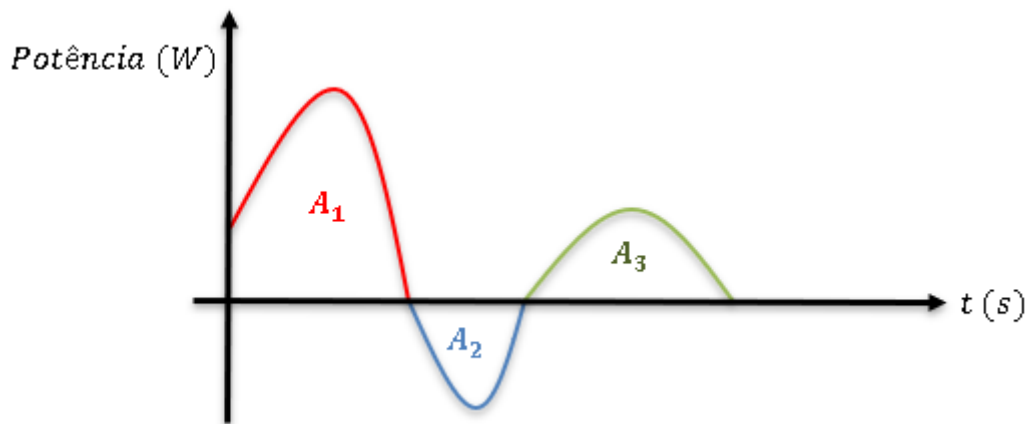


Figura 16: Potência em função do tempo

Pelo gráfico temos que:

$$\tau = A_1 + A_2 + A_3$$

### 3.4- Rendimento

Para um sistema real há sempre perdas nas trocas de energia. Dessa forma, no cotidiano, gostamos de saber qual é a real quantidade de energia que temos disponível, ou seja, conhecer o rendimento é essencial.

Nesse contexto, podemos definir o rendimento ( $\eta$ ) como a razão entre a energia útil e a energia total que se disponibiliza. Como foi visto que a potência é dada pela variação de energia no tempo, utilizaremos a razão de potências para o cálculo do rendimento nesse tópico:

$$\eta = \frac{P_u}{P_t}$$

Onde ( $P_u$ ) é a potência útil e ( $P_t$ ) é a potência total do sistema.

Dado que trabalhamos com sistemas na qual a conservação da energia é válida, temos o seguinte fluxo:

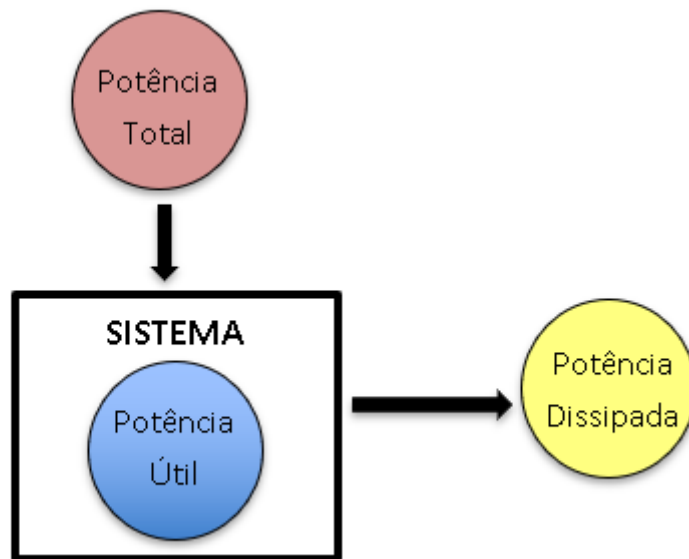


Figura 17: Diagrama da potência

Dessa forma, tem-se:

$$P_t = P_u + P_d$$

$$P_u = P_t - P_d$$

Portanto:

$$\eta = \frac{P_t - P_d}{P_t}$$

$$\eta = 1 - \frac{P_d}{P_t}$$

Como, no mundo real, a potência dissipada nunca é nula, pois todo sistema tem perdas, o rendimento nunca chega em 100%.

**Exemplo 7:** Um automóvel com massa total de 1ton sobe uma rampa com inclinação de  $30^\circ$  com velocidade constante e igual a  $10\text{m/s}$ . Se as forças de atrito que atuam sobre o carro têm modulo igual a 20% do peso do carro, responda:

a)Qual o módulo da força motriz que aciona o carro?

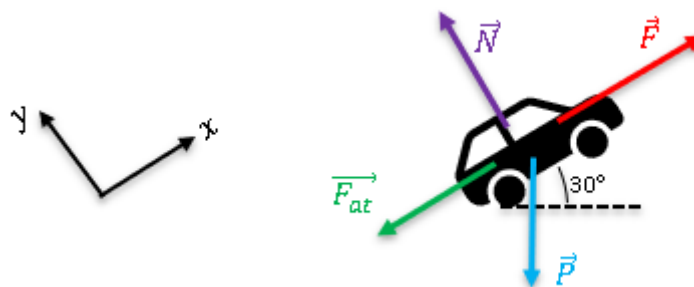
b)Qual a potência útil do carro?

c)Se a potência total do carro é igual a  $100.000\text{ W}$ , qual o rendimento desse automóvel?

(Dado que  $g = 10\text{m/s}^2$ )

**Comentários:**

a)Dado o esquema de forças que atuam sobre o carro:



Decompondo as forças nos eixos indicados e como a velocidade é constante, no eixo x temos equilíbrio de forças que é dado por:

$$F = P\text{sen}30^\circ + F_{at}$$

Mas temos que do enunciado:

$$F_{at} = 0,2P$$

Então:

$$F = P\text{sen}30^\circ + 0,2P$$

$$F = 0,5P + 0,2P$$

$$F = 0,7P$$

$$F = 0,7 \cdot 1000 \cdot 10$$

$$F = 7000\text{N}$$

b) A potência útil do carro pode ser calculada por:

$$P_u = F \cdot v \cdot \cos\theta$$

$$P_u = 7000 \cdot 10 \cdot 1$$

$$P_u = 70000 \text{ W}$$

c) Dado que o rendimento é calculado da seguinte forma:

$$\eta = \frac{P_u}{P_t}$$

$$\eta = \frac{70000}{100000}$$

$$\eta = 0,7 = 70\%$$

## 4- Energia

### 4.1- Energia Cinética

Como já visto superficialmente em tópicos anteriores, a energia cinética é aquela que está relacionada ao movimento:



Figura 18: Energia cinética

Para esse corpo, a energia do seu movimento, ou seja, sua energia cinética é dada por:

$$E_c = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

Para a demonstração dessa fórmula, podemos imaginar a seguinte situação: um carro, ao partir do repouso, se move com aceleração constante ( $a$ ) e, ao percorrer uma distância ( $S$ ), sua velocidade atinge a marca de ( $v$ ) m/s. Logo:

$$\begin{aligned}\tau_{total} &= \Delta E_c \\ F \cdot S &= E_{c,f} - E_{c,i} \\ F \cdot S &= E_{c,f} - 0 \\ F \cdot S &= E_{c,f} \quad (\text{Eq. 1})\end{aligned}$$

Pela equação de Torricelli:

$$\begin{aligned}v_f^2 &= v_i^2 + 2 \cdot a \cdot \Delta d \\ v^2 &= 0 + 2 \cdot a \cdot S \\ S &= \frac{v^2}{2 \cdot a} \quad (\text{Eq. 2})\end{aligned}$$

Com as equações 1 e 2 temos:

$$F \cdot \frac{v^2}{2 \cdot a} = E_{c,f} \quad (\text{Eq. 3})$$

Pela segunda Lei de Newton:

$$F = m \cdot a \quad (\text{Eq. 4})$$

Com as equações 3 e 4, temos:

$$\begin{aligned}m \cdot a \cdot \frac{v^2}{2 \cdot a} &= E_{c,f} \\ E_{c,f} &= \frac{m \cdot v^2}{2}\end{aligned}$$

### Observações Importantes:

- Veja que a energia cinética nunca é negativa, mas pode ser nula (caso  $v = 0$ ).
- A energia cinética de um corpo é relativa pois depende do referencial no qual se mede a velocidade.

## 4.2- Energia potencial gravitacional

A energia potencial gravitacional é aquela armazenada por um corpo que está inserido em um campo gravitacional.

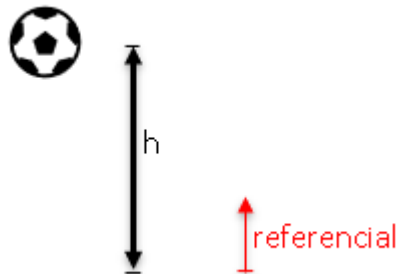


Figura 19: Referência

Dado um referencial e sendo (h) a distância do centro de massa do corpo de massa (m) até essa referência, sua energia potencial gravitacional será dada por:

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

Sejam A, B e C três pontos colineares do espaço como na figura a seguir. O ponto B equidista de A e de C, sendo essa distância igual a (d).

Primeiramente coloquemos o referencial no ponto A, com o eixo positivo apontando para cima:

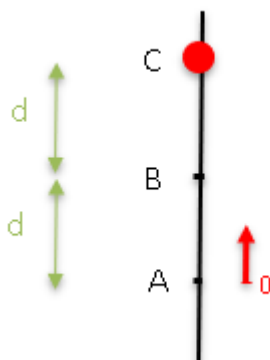


Figura 20: Energia potencial e referencia

Seja m um corpo que se encontra em C e move-se para B. Nesse caso, as energias potenciais inicial, final e a variação da energia potencial dessa massa são dadas por:

$$E_{P,i} = 2mgd$$

$$E_{P,f} = mgd$$



$$\Delta E_p = -mgd$$

Agora, colocando o referencial no ponto C, com o eixo positivo apontado para baixo:

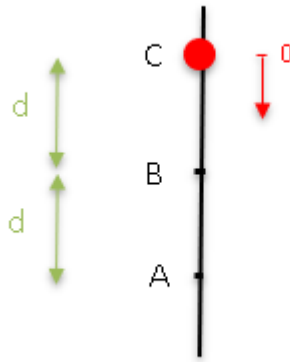


Figura 21: Energia potencial e referencia

Seja  $m$  um corpo que se encontra em C e move-se para B. Nesse caso, as energias potenciais inicial, final e a variação da energia potencial dessa massa são dadas por:

$$E_{p,i} = 0$$

$$E_{p,f} = -mgd$$

$$\Delta E_p = -mgd$$

Dessa forma, podemos concluir algo **muito importante**:

**A energia potencial gravitacional muda de acordo com o referencial escolhido, porém a variação da energia potencial gravitacional é a mesma em todos os referenciais.**



Relacionando o que vimos em tópicos anteriores com o que foi visto agora, temos um resultado **muito importante**:

$$\tau_p = -\Delta E_p$$

Em palavras temos que: o trabalho da força peso é igual a variação da energia potencial gravitacional multiplicada por -1.

### 4.3- Energia potencial elástica

A energia potencial elástica é aquela adquirida por uma mola de constante elástica (K) ao ser esticada ou comprimida de um  $\Delta x$ :

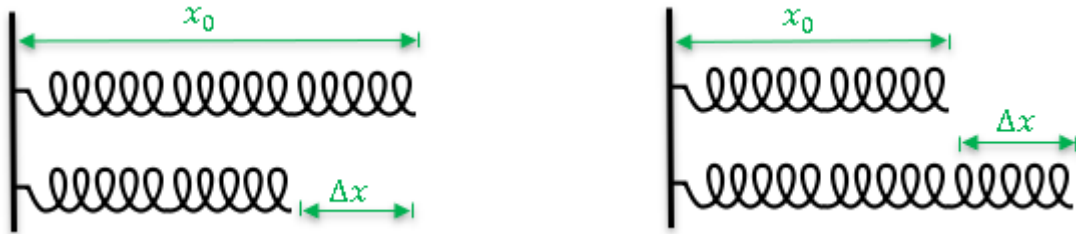


Figura 22: Elongação da mola

Sendo ( $E_{elas.}$ ) a energia potencial elástica, então:

$$E_{elas.} = \frac{K \cdot \Delta x^2}{2}$$

A energia potencial elástica, portanto, nunca é negativa, mas pode ser nula caso  $\Delta x = 0$ .

Essa energia depende do quadrado da deformação da mola e, portanto, pode ser escrita num gráfico de  $E_{elas.}$  em função de  $\Delta x$  que será dado por uma parábola:

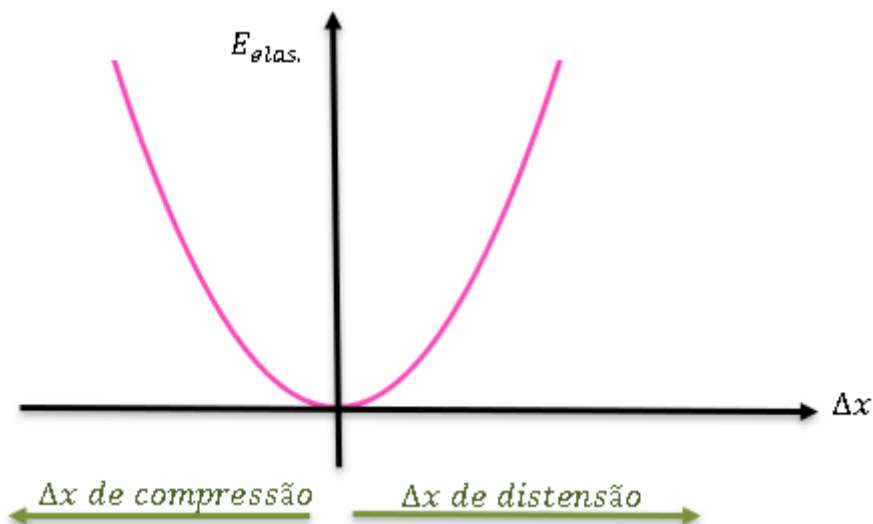


Figura 23: Gráfico da força elástica

Relacionando o que vimos em tópicos anteriores com o que foi visto agora, temos um resultado **muito importante**:

$$\tau_{elás.} = -\Delta E_{elás.}$$

Em palavras temos que: o trabalho da força elástica é igual a variação da energia potencial elástica multiplicada por -1.

## 4.4- Energia mecânica

Energia mecânica, embora começamos outro tópico para a abordar, não é nenhuma novidade em nosso estudo. Chamamos de energia mecânica a soma das energias cinética e potenciais de um sistema. Referimo-nos a energias potenciais as energias potenciais elástica e gravitacional de um corpo.

$$E_{mecânica} = E_{cinética} + E_{elás.} + E_P$$

### 4.4.1- Sistemas conservativos

Um sistema é dito conservativo se ele não é afetado por trabalhos de forças dissipativas. Exemplos de forças dissipativas são: força de atrito e força de resistência do ar, ou seja, forças que transformem a energia acumulada no sistema em energia dissipada.

Em outras palavras, um sistema conservativo é aquele no qual a energia trocada é somente entre cinética e potenciais. Nesse sistema só atuam trabalhos de forças conservativas como: força peso e força elástica.

Atente-se que em um sistema conservativo podem atuar forças dissipativas, mas o trabalho realizado por essas forças tem que ser nulo.

Como exemplo, imagine o sistema constituído por uma esfera que desce uma rampa sem atrito:



Figura 24: Sistema conservativo

Sob a esfera atuam duas forças: a força peso ( $\vec{P}$ ) e a força normal ( $\vec{N}$ ) que a rampa exerce no corpo. A força peso é uma força conservativa, no entanto a força normal não é. Entretanto o sistema é conservativo pois o trabalho realizado por esta última força é nulo, dado que ela é perpendicular ao deslocamento da esfera.

#### 4.4.2- Teorema da energia mecânica

Dados os conceitos acima estudados, o teorema da energia mecânica pode ser assim enunciado:

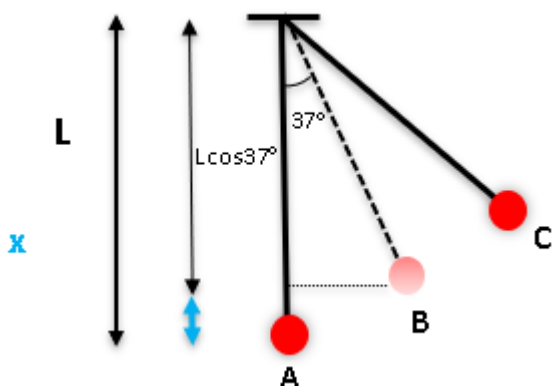
*Em um sistema conservativo, a energia mecânica é constante.*

Em outras palavras, dado um sistema conservativo que passe por uma transformação, a energia mecânica inicial é igual a energia mecânica final:

$$E_{mecânica,i} = E_{mecânica,f}$$



### Exemplo 8:



A um pêndulo preso ao teto como na figura acima é presa uma esfera. No ponto A a esfera é solta com uma velocidade  $v = 6 \text{ m/s}$ . Sabendo que a esfera tem massa  $m = 50 \text{ g}$  e o comprimento do fio é dado por  $L = 2 \text{ m}$ , determine:

a) Qual a máxima altura partindo do ponto A, alcançada pela esfera?

b) Qual a altura, partindo do ponto A, alcançada pela esfera quando esta tem metade de sua velocidade inicial?

c) Qual a velocidade da esfera quando o pêndulo formar um ângulo de  $37^\circ$  com a vertical?

(Dado  $g = 10 \text{ m/s}^2$  e  $\cos 37^\circ = 0,8$ )

### Comentários:

a) Para que a esfera atinja sua altura máxima, toda a sua energia cinética tem que se transformar em energia potencial gravitacional, logo:

$$E_{mec,i} = E_{mec,f}$$

$$\frac{m \cdot v^2}{2} = mgh$$

$$\frac{v^2}{2} = gh$$

$$\frac{36}{2} = 10h$$

$$h = 1,8 \text{ m}$$

b) De forma semelhante, temos a conservação da energia mecânica, mas no ponto final a energia cinética não é nula pois o corpo ainda possui metade da velocidade inicial:

$$E_{mec,i} = E_{mec,f}$$

$$\frac{m \cdot v_i^2}{2} = mgh + \frac{m \cdot v_f^2}{2}$$

$$v_i^2 = 2gh + \frac{v_f^2}{4}$$

$$\frac{3 \cdot v_i^2}{4} = 2gh$$

$$27 = 20h$$

$$h = 1,35\text{m}$$

c) Novamente, utilizaremos a conservação da energia mecânica. De acordo com a figura do enunciado, a altura X para que as exigências sejam cumpridas é dada por  $X = L - L\cos 37^\circ$ . Logo:

$$\frac{m \cdot v_i^2}{2} = mgx + \frac{m \cdot v_f^2}{2}$$

$$v_i^2 = 2gL(1 - \cos 37^\circ) + v_f^2$$

$$36 = 2 \cdot 10 \cdot (1 - 0,8) + v_f^2$$

$$36 = 4 + v_f^2$$

$$v_f = \sqrt{32} \text{ m/s}$$

## 5- Centro de massa

Embora já citado algumas vezes em nosso estudo, ainda não definimos o que seria o centro de massa. Esse elemento que dá nome a este tópico é o ponto de um sistema onde, para efeitos matemáticos, toda a massa do sistema está concentrada. Ou seja, podemos trocar todo o sistema por esse ponto e nele aplicar todas as forças que envolvem os corpos que compõem esse conjunto.

### 5.1- Posição do centro de massa

- Para o caso de um só corpo maciço, o centro de massa coincide com seu centro geométrico, haja visto que pela sua uniformidade, o centro de massa coincide com o equilíbrio geométrico do corpo.



Figura 25: Posição do centro de massa

- Para o caso de um corpo composto por densidades distintas ou de um sistema com vários corpos, a localização do centro de massa nesses casos é dada pela média ponderada das localizações dos distintos corpos, na qual o peso de ponderação são suas massas:

Dados  $n$  pontos com localizações cartesianas e massas:

$$P_1 = (x_1, y_1, z_1) \text{ e } m_1; P_2 = (x_2, y_2, z_2) \text{ e } m_2; P_3 = (x_3, y_3, z_3) \text{ e } m_3; \dots; P_n = (x_n, y_n, z_n) \text{ e } m_n$$

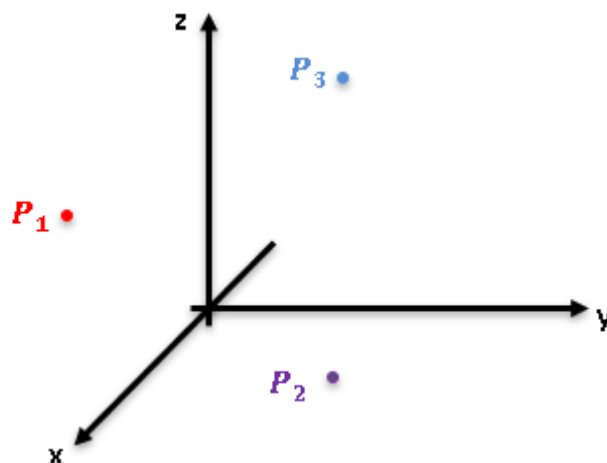


Figura 26: Partículas puntiformes no espaço.

A localização do centro de massa desse sistema é dada por:

$$x_{CM} = \frac{m_1 \cdot x_1 + m_2 \cdot x_2 + m_3 \cdot x_3 + \dots + m_n \cdot x_n}{m_1 + m_2 + m_3 + \dots + m_n} = \frac{\sum_{k=1}^n m_k \cdot x_k}{\sum_{k=1}^n m_k}$$

$$y_{CM} = \frac{m_1 \cdot y_1 + m_2 \cdot y_2 + m_3 \cdot y_3 + \dots + m_n \cdot y_n}{m_1 + m_2 + m_3 + \dots + m_n} = \frac{\sum_{k=1}^n m_k \cdot y_k}{\sum_{k=1}^n m_k}$$

$$z_{CM} = \frac{m_1 \cdot z_1 + m_2 \cdot z_2 + m_3 \cdot z_3 + \dots + m_n \cdot z_n}{m_1 + m_2 + m_3 + \dots + m_n} = \frac{\sum_{k=1}^n m_k \cdot z_k}{\sum_{k=1}^n m_k}$$

## 5.2- Velocidade do centro de massa

Para um sistema de  $n$  partículas:  $P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$ , com suas massas e velocidades sendo dadas por:  $(m_1, \vec{v}_1); (m_2, \vec{v}_2); (m_3, \vec{v}_3); \dots; (m_n, \vec{v}_n)$ . Temos que a fórmula vetorial da velocidade do centro de massa desse sistema é dada por:

$$\vec{v}_{CM} = \frac{m_1 \cdot \vec{v}_1 + m_2 \cdot \vec{v}_2 + m_3 \cdot \vec{v}_3 + \dots + m_n \cdot \vec{v}_n}{m_1 + m_2 + m_3 + \dots + m_n} = \frac{\sum_{k=1}^n m_k \cdot \vec{v}_k}{\sum_{k=1}^n m_k}$$

No entanto, dado que  $\vec{Q}_k$  é a quantidade de movimento de uma partícula  $k$ , então:

$$m_k \cdot \vec{v}_k = \vec{Q}_k$$

Portanto:

$$\vec{v}_{CM} = \frac{\sum_{k=1}^n \vec{Q}_k}{\sum_{k=1}^n m_k}$$

$$\vec{v}_{CM} = \frac{\vec{Q}_{total}}{m_{total}}$$





### 5.3- Aceleração do centro de massa

Para um sistema de  $n$  partículas:  $P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$ , com suas massas e acelerações sendo dadas por:  $(m_1, \vec{a}_1); (m_2, \vec{a}_2); (m_3, \vec{a}_3); \dots; (m_n, \vec{a}_n)$ . Temos que a fórmula vetorial da aceleração do centro de massa desse sistema é dada por:

$$\vec{a}_{CM} = \frac{m_1 \cdot \vec{a}_1 + m_2 \cdot \vec{a}_2 + m_3 \cdot \vec{a}_3 + \dots + m_n \cdot \vec{a}_n}{m_1 + m_2 + m_3 + \dots + m_n} = \frac{\sum_{k=1}^n m_k \cdot \vec{a}_k}{\sum_{k=1}^n m_k}$$

Mas, pela segunda lei de Newton temos que:

$$\vec{F}_K = m_k \cdot \vec{a}_k$$

Então:

$$\vec{a}_{CM} = \frac{\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots + \vec{F}_n}{m_1 + m_2 + m_3 + \dots + m_n}$$

Mas, temos que:

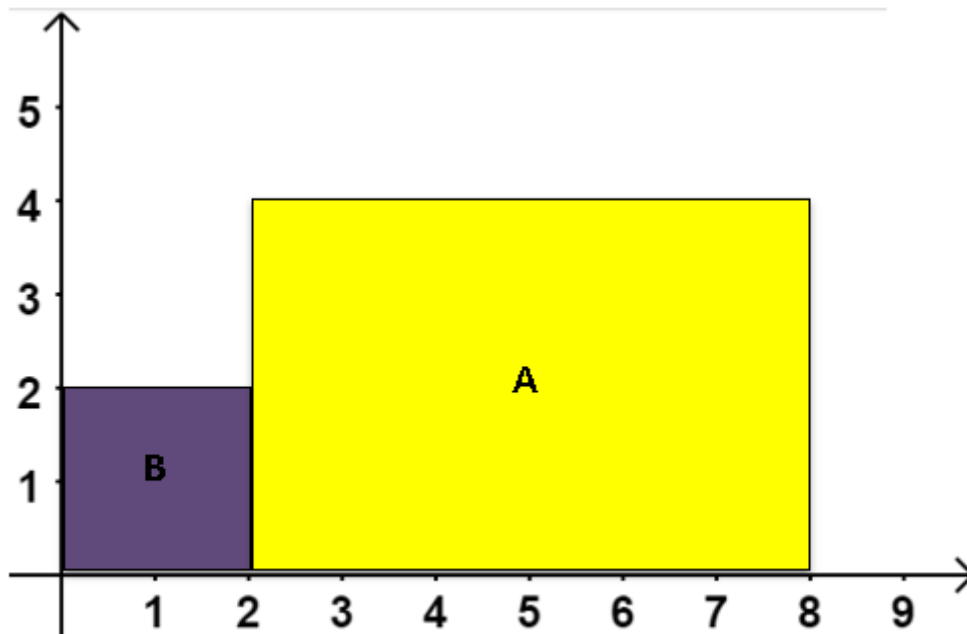
$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots + \vec{F}_n = \vec{F}_{externa}$$

e  $m_1 + m_2 + m_3 + \dots + m_n = m_{total}$

Logo:

$$\vec{a}_{CM} = \frac{\vec{F}_{externa}}{m_{total}}$$

**Exemplo 9:** Dada a figura a seguir, calcule as coordenadas do centro de massa do sistema sabendo que  $m_A = 2kg$  e  $m_B = 10kg$ .



**Comentários:**

De acordo com a figura temos que as coordenadas dos centros de massa de A e B são:

$$P_A = (5,2) \text{ e } P_B = (1,1).$$

Portanto, aplicando a fórmula para o centro de massa temos:

$$x_{CM} = \frac{m_A \cdot x_A + m_B \cdot x_B}{m_A + m_B}$$

$$x_{CM} = \frac{2 \cdot 5 + 10 \cdot 1}{2 + 10} = \frac{20}{12} = 1,66$$

$$y_{CM} = \frac{m_A \cdot y_A + m_B \cdot y_B}{m_A + m_B}$$

$$y_{CM} = \frac{2 \cdot 2 + 10 \cdot 1}{12} = 1,16$$

Portanto, as coordenadas do centro de massa desse conjunto são dadas por:  $CM = (1,66; 1,16)$

**UFAAAA !!!**

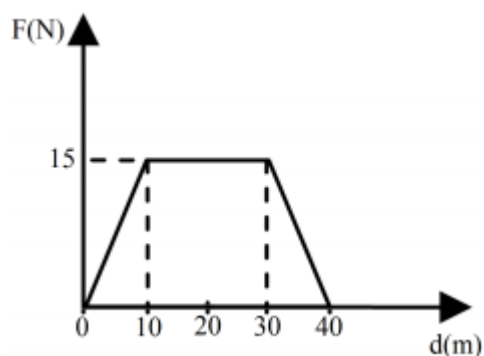
**Chegamos ao fim da parte teórica 😊. Se você ficou com alguma dúvida, volte e releia a teoria e os exemplos resolvidos. Faça uma pausa e vá com força total para o exercícios!**

# Lista de Questões



## 1.(EEAR 2015)

Durante um experimento foi elaborado um gráfico da intensidade da força horizontal resultante ( $F$ ) aplicada sobre um bloco que se desloca ( $d$ ) sobre um plano horizontal, conforme é mostrado na figura a seguir. Determine o trabalho, em joules, realizado pela força resultante durante todo o deslocamento.



- a) 300
- b) 450
- c) 600
- d) 900

## 2.(EEAR 2015)

O desenho a seguir representa as forças que atuam em uma aeronave de 100 toneladas (combustível + passageiros + carga + avião) durante sua subida mantendo uma velocidade com módulo constante e igual a 1080 km/h e com um ângulo igual a  $30^\circ$  em relação à horizontal. Para manter essa velocidade e esse ângulo de subida, a potência gerada pela força de tração produzida pelo motor deve ser igual a \_\_\_\_  $10^6$  watts.

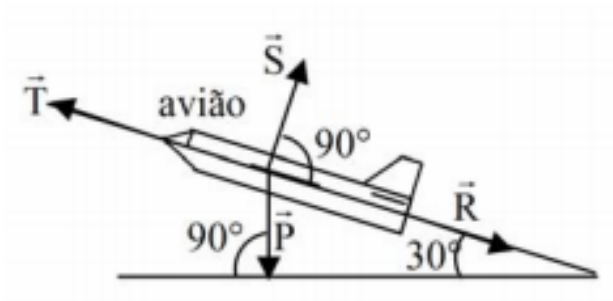
$T$  = força de tração estabelecida pelo motor,

$S$  = força de sustentação estabelecida pelo fluxo de ar nas asas,

$P$  = força peso,

$R$  = força de arrasto estabelecida pela resistência do ar ao deslocamento do avião. Considerada nessa questão igual a zero.

O módulo da aceleração da gravidade constante e igual a  $10 \text{ m/s}^2$ .



- a)  $300\sqrt{3}$
- b)  $150\sqrt{3}$
- c) 300
- d) 150

**3.(EEAR 2015)**

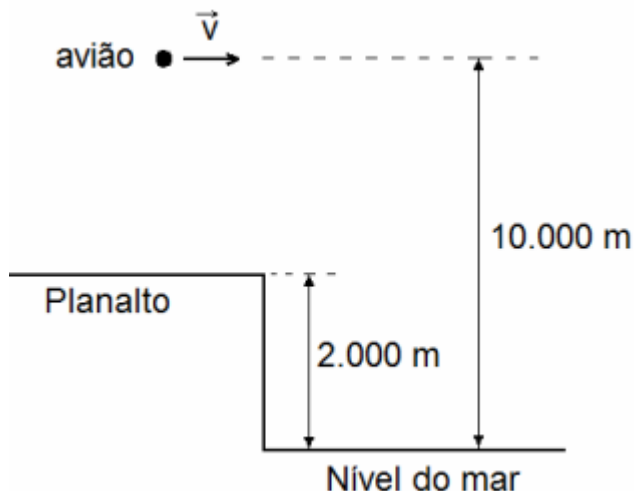
Das alternativas abaixo, assinale aquela que corresponde à unidade derivada no Sistema Internacional de Unidades para a grandeza Energia.

- a)  $\frac{kg.m^2}{s^2}$
- b)  $\frac{kg^2.m^2}{s^2}$
- c)  $\frac{kg.m}{s}$
- d)  $\frac{kg.m}{s^2}$

**4.(EEAR 2015)**

Um avião, de 200 toneladas desloca-se horizontalmente, ou seja, sem variação de altitude, conforme o desenho. A energia potencial do avião, considerado nesse caso como um ponto material, em relação ao planalto é de \_\_\_  $10^9$  J.

Considere o valor da aceleração da gravidade:  $g = 10 \text{ m/s}^2$



- a) 2,0
- b) 4,0
- c) 16,0
- d) 20,0

### 5.(EEAR 2016)

Um motoqueiro desce uma ladeira com velocidade constante de 90 km/h. Nestas condições, utilizando apenas os dados fornecidos, é possível afirmar com relação à energia mecânica do motoqueiro, que ao longo da descida:

- a) a energia cinética é maior que a potencial.
- b) sua energia cinética permanece constante.
- c) sua energia potencial permanece constante.
- d) sua energia potencial gravitacional aumenta.

### 6.(EEAR 2016)

Um garoto com um estilingue tenta acertar um alvo a alguns metros de distância. (1) Primeiramente ele segura o estilingue com a pedra a ser arremessada, esticando o elástico propulsor. (2) Em seguida ele solta o elástico com a pedra. (3) A pedra voa, subindo a grande altura. (4) Na queda a pedra acerta o alvo com grande violência. Assinale os trechos do texto correspondentes às análises físicas das energias, colocando a numeração correspondente.

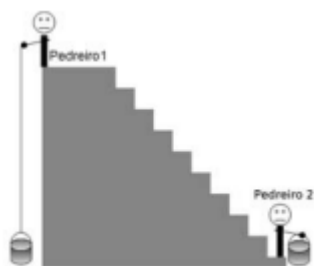
- ( ) Conversão da energia potencial elástica em energia cinética.
- ( ) Energia cinética se convertendo em energia potencial gravitacional
- ( ) Energia potencial gravitacional se convertendo em energia cinética.
- ( ) Usando a força para estabelecer a energia potencial elástica.

A sequência que preenche corretamente os parênteses é:

- a) 1 – 2 – 3 – 4
- b) 2 – 3 – 4 – 1
- c) 3 – 4 – 1 – 2
- d) 4 – 1 – 2 – 3

### 7.(EEAR 2017)

Dois pedreiros levaram latas cheias de concreto de mesma massa para uma laje a partir do solo. O pedreiro 1 o fez içando a lata presa por uma corda e o pedreiro 2 o fez através de uma escada, como mostra a figura:



Se o pedreiro 1 subiu a lata em menor tempo que o pedreiro 2, podemos afirmar que:

- a) o pedreiro 2 fez um trabalho maior do que o pedreiro 1.
- b) o pedreiro 1 fez um trabalho maior do que o pedreiro 2.
- c) a potência desenvolvida pelo pedreiro 1 é maior do que a potência desenvolvida pelo pedreiro 2.
- d) a potência desenvolvida pelo pedreiro 2 é maior do que a potência desenvolvida pelo pedreiro 1.

### 8.(EEAR 2020)

Um corpo de massa igual a 80 kg, após sair do repouso, percorre uma pista retilínea e horizontal até colidir a 108 km/h com um anteparo que está parado. Qual o valor, em metros, da altura que este corpo deveria ser abandonado, em queda livre, para que ao atingir o solo tenha o mesmo valor da energia mecânica do corpo ao colidir com o anteparo?

Adote a aceleração da gravidade no local igual a  $10 \text{ m/s}^2$ .

- a) 36
- b) 45
- c) 58
- d) 90

### 9.(EEAR 2020)

As bicicletas elétricas estão cada vez mais comuns nas cidades brasileiras. Suponha que uma bicicleta elétrica de massa igual a 30 kg, sendo conduzida por um ciclista de massa igual a 70 kg consiga, partindo do repouso, atingir a velocidade de 72 km/h em 10 s.

Obs.: Considere que: 1 – o ciclista não usou sua força muscular, 2 – a variação da velocidade se deve apenas ao trabalho realizado pelo motor elétrico.

Dentre as alternativas abaixo, qual o menor valor de potência média, em watts, que o motor elétrico dessa bicicleta deve fornecer para que esses valores sejam possíveis?

- a) 500
- b) 1000
- c) 2000
- d) 4000

### 10. (EEAR 2007)

Um corpo com 2 kg de massa atinge o solo com uma energia cinética de 1000 J. Sabendo que este corpo foi abandonado de uma altura  $h$  e que a aceleração da gravidade no local vale  $10\text{m/s}^2$ , determine o valor de  $h$ , em m.

- a) 5
- b) 20
- c) 50
- d) 200

### 11. (EEAR 2008)

Um móvel, de massa igual a 900 kg, partindo do repouso, depois de percorrer um determinado trecho de uma pista retilínea, atinge uma velocidade de 108 km/h. Determine o trabalho realizado, em kJ, pela força resultante, suposta constante, que atua no móvel para que este alcance a velocidade descrita.

- a) 90
- b) 405
- c) 900
- d) 40500

### 12. (EEAR 2008)

Considere um corpo em queda livre. Pode-se afirmar corretamente, que a energia mecânica:

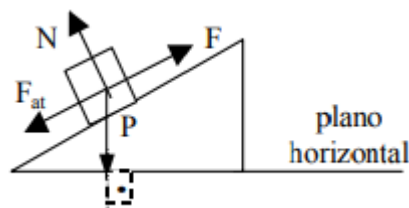
- a) no início da queda é igual em qualquer ponto da queda.
- b) no início da queda é menor do que próximo ao solo.



- c) no início da queda é maior do que próximo ao solo.
- d) é a razão entre a energia cinética e a potencial.

**13. (EEAR 2010)**

Considere um bloco subindo um plano inclinado que oferece atrito. De todas as forças que atuam no bloco quantas não realizam trabalho?



- a) 1
- b) 2
- c) 3
- d) 4

**14. (EEAR 2010)**

Um corpo de massa  $m$  cai de uma altura  $h$ , até o chão. Se considerarmos o atrito com o ar, podemos concluir, corretamente, que, nesse caso, a energia mecânica

- a) é nula, pois o atrito é uma força dissipativa.
- b) conserva-se, pois a energia não pode ser destruída e nem criada, apenas transformada.
- c) conserva-se, pois a força peso cancela a existência de atrito e, assim, o corpo cai com velocidade constante.
- d) não se conserva, pois a energia potencial não será convertida totalmente em energia cinética.

**15. (EEAR 2012)**

Um guindaste eleva uma carga de  $3 \cdot 10^3$  kg a uma altura de 12 m em 40 s. Se esse guindaste fosse substituído por outro, com o dobro da potência média, qual seria o tempo gasto para realizar o mesmo trabalho?

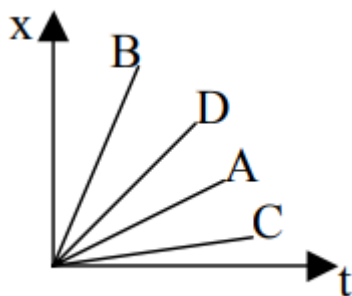
(considere  $g = 10 \text{ m/s}^2$  e despreze as perdas)

- a) 10 s
- b) 15 s

- c) 20 s
- d) 30 s

**16. (EEAR 2007)**

Quatro objetos, de mesma massa, apresentam movimentos descritos pelas curvas A, B, C e D do gráfico. Para um determinado instante  $t$ , o valor da energia cinética de cada objeto, ordenada de forma crescente, é



- a) A, B, C e D
- b) B, D, A e C
- c) C, A, D e B
- d) A, D, C e B

**17. (EEAR 2008)**

Uma pedra de 200g é abandonada de uma altura de 12m em relação ao solo. Desprezando-se a resistência do ar e considerando-se a aceleração da gravidade igual a  $10\text{m/s}^2$ , determine a energia cinética, em J, desta pedra após cair 4m.

- a) 32
- b) 16
- c) 8
- d) 4

**18. (EEAR 2008)**

O ponto no qual se pode considerar concentrada toda a massa de um corpo rígido ou sistema físico, **não** homogêneo, é denominado \_\_\_\_\_.

- a) incentro
- b) exocentro
- c) centro de massa
- d) centro geométrico

**19. (EEAR 2009)**

O motor de um guindaste em funcionamento, consome 1,0 kW para realizar um trabalho de  $10^4$  J, na elevação de um bloco de concreto durante 20 s. O rendimento deste motor é de

- a) 5 %.
- b) 10 %.
- c) 20 %.
- d) 50 %.

**20. (EEAR 2009)**

Em uma montanha russa, o carrinho é elevado até uma altura de 54,32 metros e solto em seguida.

Cada carrinho tem 345 kg de massa e suporta até 4 pessoas de 123 kg cada.

Suponha que o sistema seja conservativo, despreze todos os atritos envolvidos e assinale a alternativa que completa corretamente a frase abaixo, em relação à velocidade do carrinho na montanha russa.

A velocidade máxima alcançada ...

- a) independe do valor da aceleração da gravidade local.
- b) é maior quando o carrinho está com carga máxima.
- c) é maior quando o carrinho está vazio.
- d) independe da carga do carrinho.

**21. (EEAR 2010)**

Na Idade Média, os exércitos utilizavam catapultas chamadas “trabucos”. Esses dispositivos eram capazes de lançar projéteis de 2 toneladas e com uma energia cinética inicial igual a 4000J.

A intensidade da velocidade inicial de lançamento, em m/s, vale

- a) 1.
- b) 2.
- c)  $\sqrt{2}$ .
- d)  $2\sqrt{2}$ .

**22. (EEAR 2011)**

Um disco de massa igual a 2,0 kg está em movimento retilíneo sobre uma superfície horizontal com velocidade igual a 8,0 m/s, quando sua velocidade gradativamente reduz para 4,0 m/s. Determine o trabalho, em J, realizado pela força resistente nesta situação.

- a) – 48.
- b) – 60.
- c) + 60.
- d) + 100.

### 23. (EEAR 2008)

Uma bola de 400g é lançada do solo numa direção que forma um ângulo de  $60^\circ$  em relação à horizontal com energia cinética, no momento do lançamento, igual a 180 J. Desprezando - se a resistência do ar e admitindo-se  $g = 10\text{m/s}^2$ , o módulo da variação da energia cinética, desde o instante do lançamento até o ponto de altura máxima atingido pela bola é, em joules, de

- a) 0.
- b) 45.
- c) 135.
- d) 180.

---

## Nível 1

---

### 1. (EAM 2010)

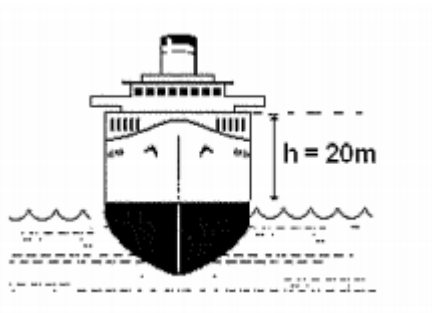
No estudo de mecânica, a palavra trabalho significa usar uma força para mover um corpo por uma certa distância, estando a força e o deslocamento na mesma direção.

Um marinheiro, a bordo em um navio, foi escalado para executar uma determinada tarefa e, para isso, precisou deslocar uma caixa de ferramentas de 15kg que estava próxima à casa de máquinas até um local distante 80m na horizontal e 12m na vertical. Considerando a gravidade local igual a  $10\text{m/s}^2$  é correto afirmar que o trabalho da força peso é igual a

- a) 12000J na direção horizontal.
- b) 1800J na direção horizontal.
- c) 12000J na direção vertical.
- d) 1800J na direção vertical.
- e) zero, pois a força peso não realiza trabalho.

### 2. (EAM 2011)

Durante a rotina diária de bordo num navio, um marinheiro deixou cair, na água, um martelo de massa 600g da altura mostrada na figura abaixo.



Desprezando – se as possíveis perdas e considerando a gravidade local igual a  $10\text{m/s}^2$ , é correto afirmar que a energia inicial do martelo, em relação à água, e a sua velocidade ao atingi-la valem, respectivamente,

- a) 120J e 10m/s
- b) 120J e 20m/s
- c) 180J e 20m/s
- d) 180J e 30m/s
- e) 240J e 10m/s

### 3. (EAM 2011)

Um determinado corpo de massa 25 kg, inicialmente em repouso, é puxado por uma força constante e horizontal durante um intervalo de tempo de 6 segundos. Sabendo que o deslocamento do corpo ocorreu na mesma direção da força e que a velocidade atingida foi de 30 m/s, a opção que representa o valor do trabalho realizado por essa força, em joules, é

- a) 7250
- b) 9500
- c) 10750
- d) 11250
- e) 12500

### 4. (EAM 2013)

Sabendo que a aceleração da gravidade local é  $10\text{ m/s}^2$ , qual é o valor da energia potencial gravitacional que uma pessoa de 80 kg adquire, ao subir do solo até uma altura de 20 m?

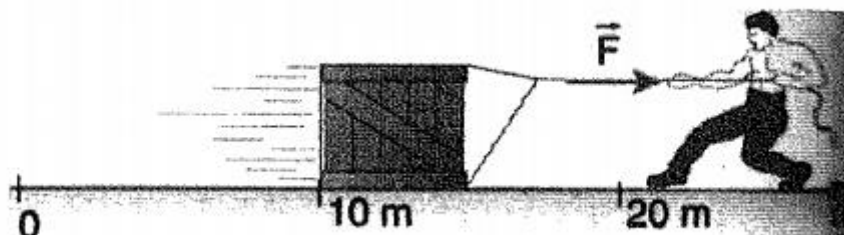
Dado:  $E_P = m \cdot g \cdot h$

- a) 1.600 Joules

- b) 8.000 Joules
- c) 10.000 Joules
- d) 15.000 Joules
- e) 16.000 Joules

**5. (EAM 2013)**

Analise a figura a seguir.



A figura acima mostra um homem aplicando uma força horizontal num bloco, apoiado numa superfície sem atrito, de intensidade igual a 100 N, para arrastar um caixote da posição inicial de 10 m até a distância de 20 m. Qual é o valor do trabalho realizado pela força  $F$  durante esse deslocamento?

Dado:  $\tau = F \cdot d$

- a) 5000 J
- b) 4000 J
- c) 3000 J
- d) 2000 J
- e) 1000 J

**6. (EAM 2015)**

Trabalho mecânico, Potência e Energia são grandezas físicas muito importantes no estudo dos movimentos. No sistema Internacional, a unidade de medida para cada uma dessas grandezas é, respectivamente:

- a) newton, watt e joule.
- b) joule, watt e joule.
- c) watt, joule e newton.
- d) joule, watt e caloria.
- e) Joule, newton e caloria.

### 7. (VINICIUS FULCONI)

Um bloco de peso 50 N é arrastado ao longo do plano horizontal pela força  $F$  de intensidade  $F = 100$  N. A força de atrito é de 40 N

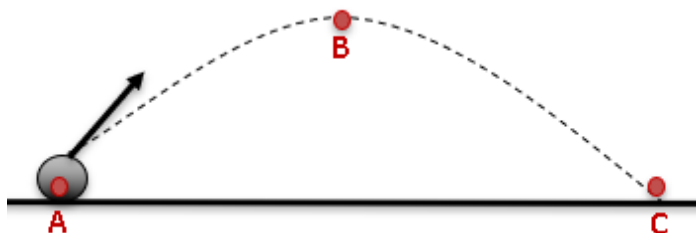


Analise as afirmativas.

- I. O trabalho da força peso é 500 J em um deslocamento de 10 m.
  - II. O trabalho da força normal é  $-500$  J em um deslocamento de 10 m.
  - III. O trabalho da força de atrito é  $-400$  J em um deslocamento de 10 m.
  - IV. O trabalho da força resultante é  $+600$  J em um deslocamento de 10 m.
- a) Apenas I é verdadeira
  - b) Apenas I e II são verdadeiras
  - c) Apenas III e IV são verdadeiras
  - d) Todas são verdadeiras.

### 8. (VINICIUS FULCONI)

Um ponto material, de massa 0,3 kg, é lançado obliquamente de um ponto A descrevendo a trajetória indicada. A altura máxima obtida é  $h = 5$  m. Considere a aceleração da gravidade constante e de módulo  $g = 10$  m/s<sup>2</sup>.



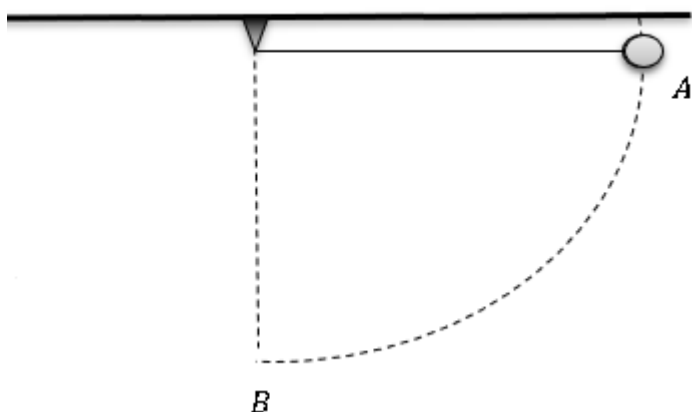
Analise as afirmativas.

- I. O trabalho do peso para ir de A até B é  $+15$  J
  - II. O trabalho do peso para ir de B até C é  $+15$  J
  - III. O trabalho do peso para ir de A até B é  $+30$  J
- a) Apenas I é falsa.
  - b) Apenas II é falsa.
  - c) Apenas III é falsa.

d) Todas são falsas.

### 9. (VINICIUS FULCONI)

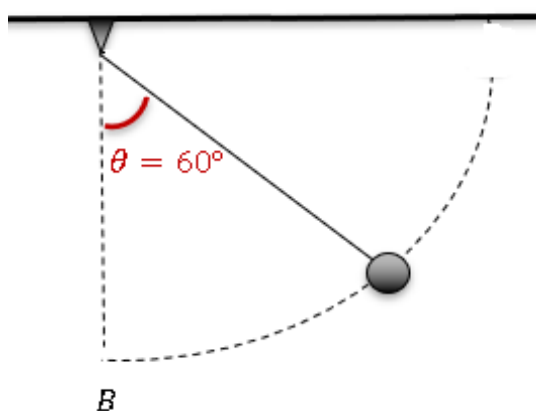
Uma pequena esfera, de massa 1,0 kg, está presa à extremidade de um fio de comprimento 1,0 m. Qual é o trabalho do peso no deslocamento de A para B?



- a) + 10 J
- b) - 10 J
- c) 0
- d) 5 J

### 10. (VINICIUS FULCONI)

Uma pequena esfera, de massa 2 kg, está presa à extremidade de um fio de comprimento 2,0 m. Determine o trabalho realizado pelo peso da esfera no deslocamento de A para B. Dado  $g = 10 \text{ m/s}^2$



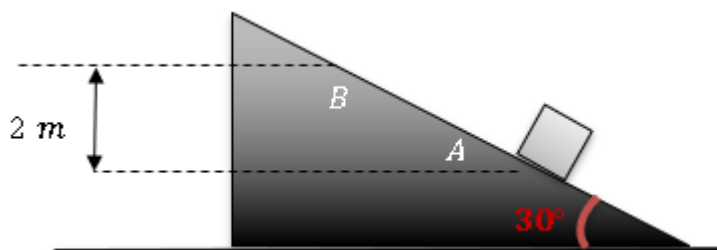
- a) 10 J
- b) 20 J
- c) 40 J



d) 60 J

### 11. (VINICIUS FULCONI)

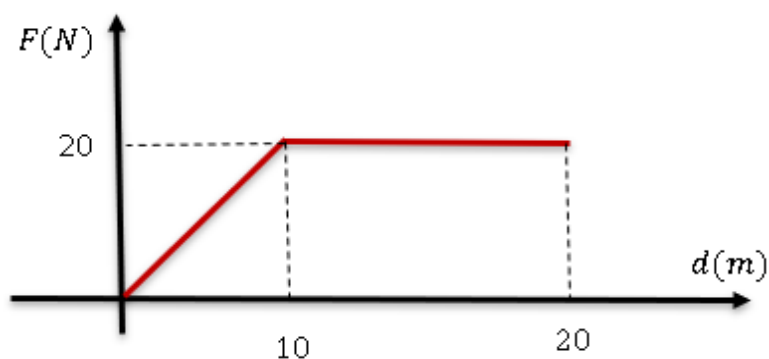
Um corpo de massa 5,0 kg é lançado para cima ao longo de um plano inclinado, sem atrito. A aceleração da gravidade é  $g = 10 \text{ m/s}^2$ . Qual é o trabalho do peso do corpo no deslocamento de A para B?



- a) 80 J
- b) 100 J
- c) 150 J
- d) 200 J

### 12. (VINICIUS FULCONI)

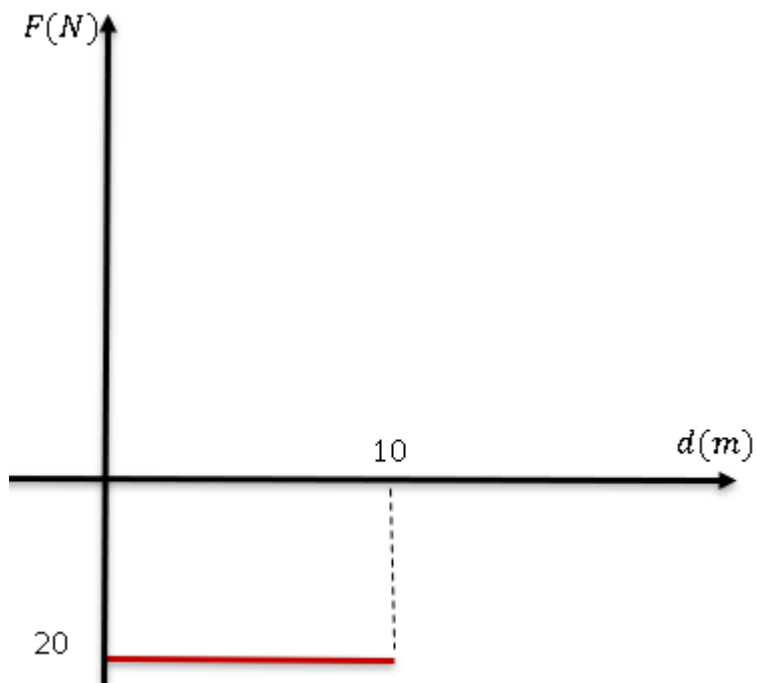
Sobre um móvel, em movimento retilíneo, uma força  $F$  é aplicada na direção do deslocamento. O gráfico indica a intensidade  $F$  da força em função do deslocamento  $d$ . Qual é o trabalho realizado pela força  $F$ ?



- a) 300 J
- b) 150 J
- c) 400 J
- d) 200 J

### 13. (VINICIUS FULCONI)

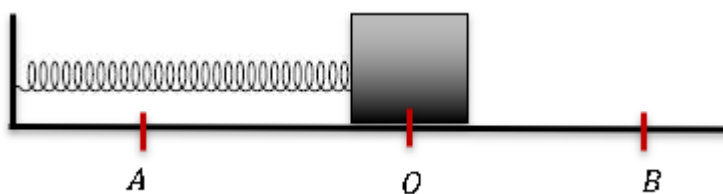
Sobre um móvel, em movimento retilíneo, uma força  $F$  é aplicada na direção do deslocamento. O gráfico indica a intensidade  $F$  da força em função do deslocamento  $d$ . Qual é o trabalho realizado pela força  $F$ ?



- a) 300 J
- b) 150 J
- c) 400 J
- d) 200 J

### 14. (VINICIUS FULCONI)

Um bloco, preso em uma mola de constante elástica  $k = 10 \text{ N/m}$ , oscila entre as posições A e B. Em O, a mola está relaxada. Analise as afirmativas abaixo:



- I. O trabalho da força elástica para o bloco é ir de B até O é + 5
  - II. O trabalho da força elástica para o bloco é ir de O até A é - 5
  - III. O trabalho da força elástica para o bloco é ir de A até B é 0
- Assinale a alternativa correta.

- a) Apenas I é verdadeira.
- b) Apenas II é verdadeira
- c) Todas são verdadeiras
- d) Todas são falsas.

**15. (VINICIUS FULCONI)**

Um carro se movimenta com velocidade constante de 10 m/s. Se a potência do carro é de 30000 W, qual é a intensidade da força motora que propulsiona o veículo?

- a) 2000 N
- b) 3000 N
- c) 4000 N
- d) 300000 N

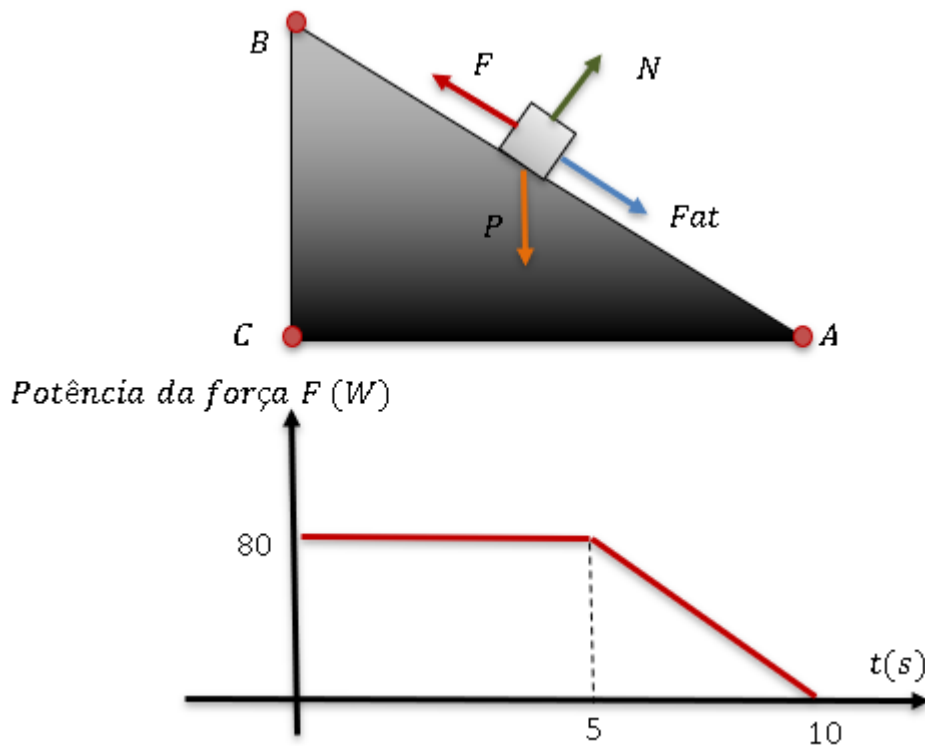
**16. (VINICIUS FULCONI)**

Uma máquina suspende verticalmente um corpo de massa 10 kg, a uma altura de 10 m, em 20 s e com velocidade constante. Qual é a potência dessa máquina? A aceleração da gravidade é 10 m/s<sup>2</sup>.

- a) 50 W
- b) 25 W
- c) 100 W
- d) 200 W

**17. (VINICIUS FULCONI)**

O bloco de massa 0,5 kg sobe um plano inclinado sob a ação de uma força F, cujo gráfico da potência em função do tempo é mostrado abaixo. O deslocamento de A até B é feito em 10 s. A força de atrito entre o bloco e o plano tem intensidade 2 N. AB = 100 m e BC = 60 m. O bloco parte do repouso.



Qual é a velocidade final do bloco?

- a) 20 m/s
- b) 25 m/s
- c) 30 m/s
- d) 10 m/s

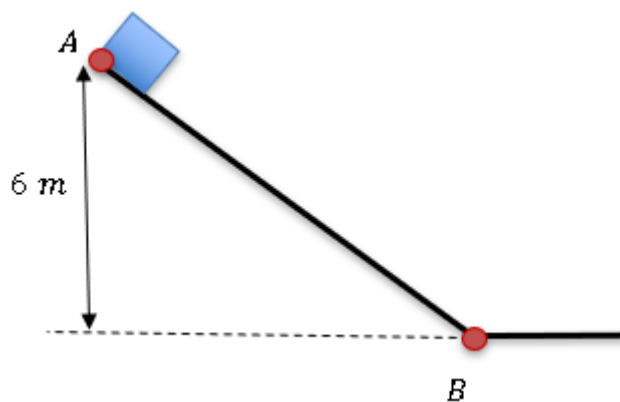
**18. (VINICIUS FULCONI)**

Um projétil de massa 0,1 kg atinge perpendicularmente uma parede vertical com velocidade escalar 100 m/s. O projétil penetra na parede e desloca-se 50 cm até parar. Qual é a intensidade da força que a parede exerce no projétil?

- a) - 1000 N
- b) - 500 N
- c) - 250 N
- d) - 200 N

**19. (VINICIUS FULCONI)**

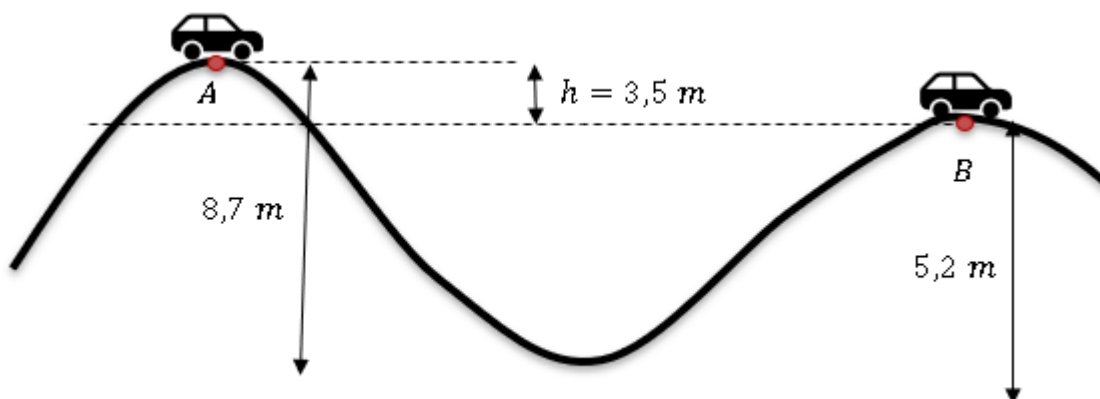
Um bloco possui velocidade de 4 m/s em A, no alto de um plano inclinado. A parte AB é completamente lisa e a partir de B existe atrito de coeficiente igual a 0,2. Determine a distância horizontal percorrida pelo bloco até parar. Considere  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .



- a) 25 m
- b) 40 m
- c) 30 m
- d) 34 m

**20. (VINICIUS FULCONI)**

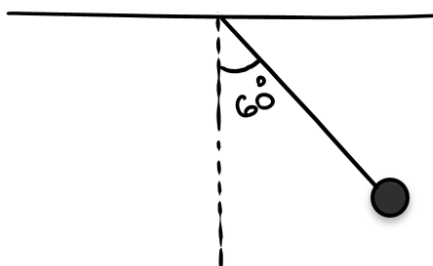
Num trecho de uma montanha russa, um carrinho de 100 kg passa pelo ponto A, que está a 8,7 m de altura, com velocidade escalar de 10 m/s. Suponho que o atrito seja desprezível e adotando-se  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , determine a energia cinética do carrinho no ponto B, que está a 5,2 m de altura.



- a) 7000 J
- b) 8000 J
- c) 8500 J
- d) 5000 J

**21. (VINICIUS FULCONI)**

Um corpo de massa igual a 0,10 kg, suspenso por um fio de 1,0 m de comprimento, constitui um pêndulo que oscila num plano vertical, partindo do repouso na posição indicada na figura. Qual é a intensidade da força de tração no fio, quando o corpo passa pela posição mais baixa.



- a) 1 N
- b) 2 N
- c) 3 N
- d) 4 N

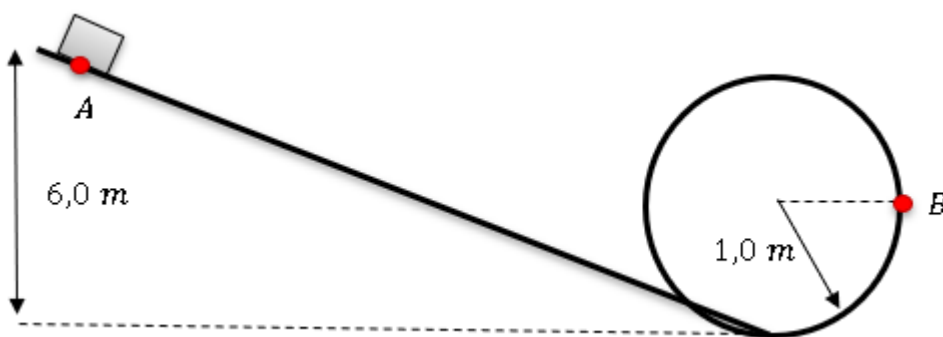
---

## Nível 2

---

### 22. (VINICIUS FULCONI)

O bloco da figura tem massa 5,0 kg e é abandonado no ponto A. Qual é a intensidade da força normal que o trilho de apoio exerce sobre o bloco no ponto B?

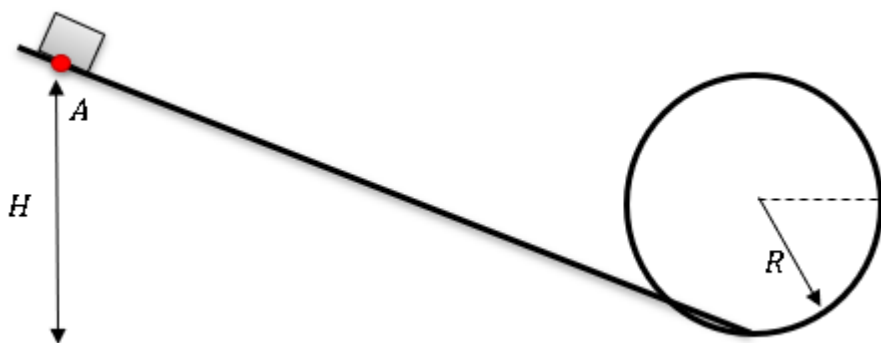


- a) 500 N

- b) 600 N
- c) 700 N
- d) 500 N

**23. (VINICIUS FULCONI)**

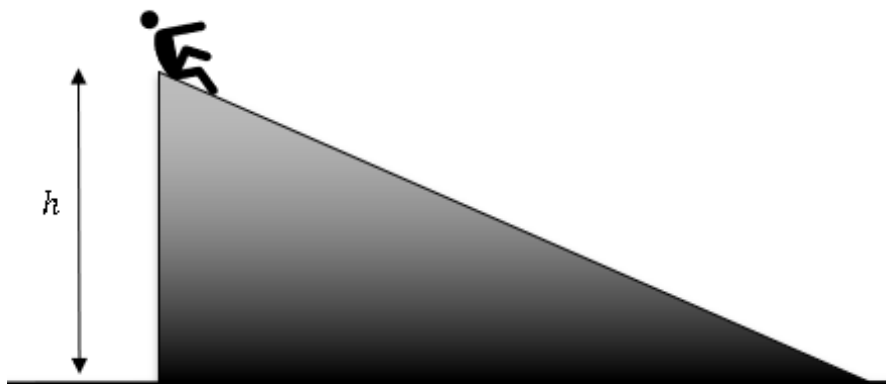
Um corpo de massa  $m$  parte do repouso no ponto A e desliza sem atrito pelo trilho. Qual deve ser a menor altura  $h$  para que o corpo não perca contato com o trilho?



- a)  $R$
- b)  $1,5 R$
- c)  $2,0 R$
- d)  $2,5 R$

**24. (VINICIUS FULCONI)**

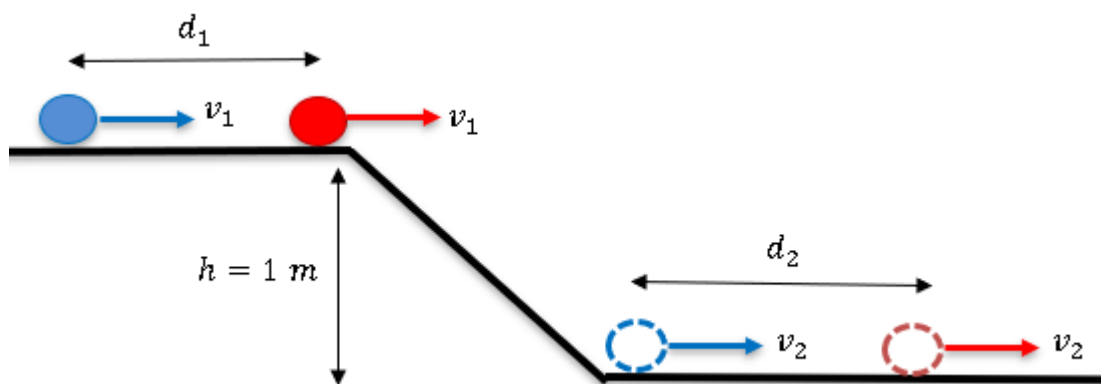
Um menino se encontra a uma altura  $h$  do solo, em repouso, num plano inclinado. O menino começa a escorregar e durante a queda há uma perda de 30% da energia mecânica inicial. Qual é a velocidade do menino ao chegar ao solo?



- a)  $\sqrt{2gh}$
- b)  $\sqrt{1,8gh}$
- c)  $\sqrt{1,6gh}$
- d)  $\sqrt{1,4gh}$

**25. (VINICIUS FULCONI)**

Na figura, os planos horizontais AB e CD e o plano inclinado BC, são lisos. Duas esferas tem a mesma velocidade  $v_1 = 4 \text{ m/s}$  e se deslocam sobre o plano AB. As esferas estão separadas por uma distância  $d_1 = 2 \text{ m}$ . Após descerem o plano inclinado BC, as esferas passam a se deslocar no plano CD com velocidade  $v_2$  e estão separadas por uma distância  $d_2$ . Qual é o valor de  $d_2$ ?



- a) 2 m
- b) 2,5 m
- c) 3 m
- d) 1,5 m

**26. (VINICIUS FULCONI)**

Um bloco de massa 5,0 kg desloca-se, sem atrito, sobre uma superfície horizontal, com velocidade de 10 m/s, atingindo uma mola de constante elástica 2000 N/m. Qual é a máxima deformação da mola?

- a) 50 cm
- b) 40 cm
- c) 30 cm



d) 20 cm

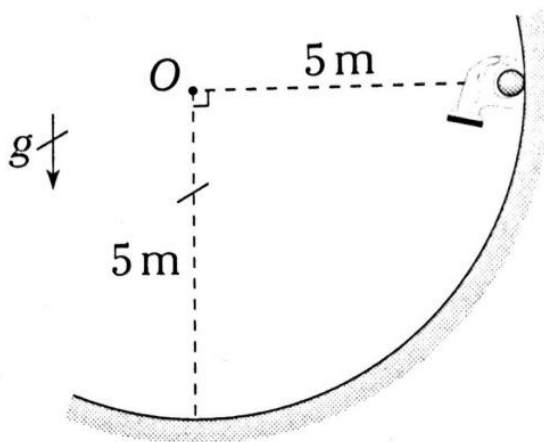
**27. (VINICIUS FULCONI)**

Um corpo com 2 kg de massa atinge o solo com uma velocidade de 10 m/s. Sabendo que este corpo foi abandonado de uma altura  $h$  e que a aceleração da gravidade no local vale  $10\text{m/s}^2$ , determine o valor de  $h$ , em m.

- a) 5
- b) 20
- c) 50
- d) 200

**28. (VINICIUS FULCONI)**

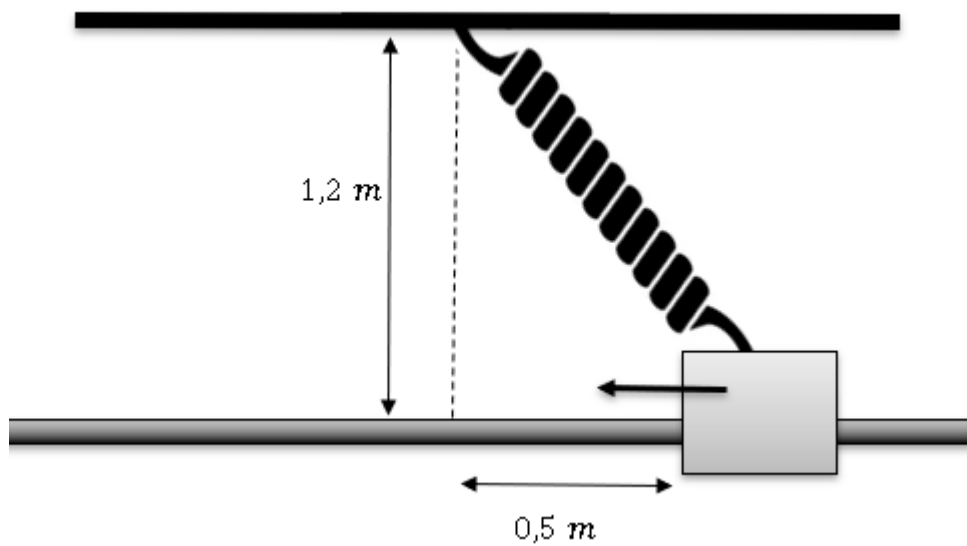
A figura mostra o instante em que uma esfera de 4 kg é solta na superfície cilíndrica. Se o vento exerce uma força horizontal constante  $F = + 30\text{ N}$ , determine o módulo da reação da superfície cilíndrica lisa ao passar por sua posição mais baixa.



- a) 60 N
- b) 70 N
- c) 80 N
- d) 90 N
- e) 100 N

**29. (VINICIUS FULCONI)**

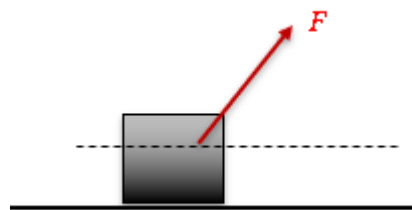
Uma mola de  $1,04\text{ m}$  de comprimento natural se encontra como indicado na figura. Se o anel se desloca com velocidade de  $6\text{ m/s}$  na posição mostrada, qual é a potência que desenvolve a mola no instante mostrado? ( $k = 60\text{ N/cm}$ ). O trilho é liso.



- a) 1600 W
- b) 3600 W
- c) 300 W
- d) 2500 W

**30. (VINICIUS FULCONI)**

Na figura abaixo, um bloco de 5 kg está em um movimento retilíneo uniformemente variado. Se sua velocidade varia de 12 m/s a cada 3 s, determine o trabalho para percorrer 10 m.



- a) 100 J
- b) 120 J
- c) 150 J
- d) 200 J
- e) 250 J

### 31. (VINICIUS FULCONI)

Qual é o trabalho realizado por uma bomba hidráulica para elevar água, de maneira uniforme, de um desnível de 20 metros a uma razão de 50 L/s durante 10 s? A aceleração da gravidade local vale  $10 \text{ m/s}^2$  e a densidade da água é de  $1 \text{ g/cm}^3$ .

- a) 30 kJ
- b) 50 kJ
- c) 80 KJ
- d) 90 kJ
- e) 100 kJ

### 32. (VINICIUS FULCONI)

Um bloco de 2 kg sofre a ação de uma força constante de 10 N, como mostra a figura. O bloco percorre 20 metros, partindo do repouso, se deslocando com uma velocidade constante de 2 m/s.

Analise as afirmações abaixo:

I. A resultante de forças sobre o bloco é não nula.

II. A potência gerada pela força de 10 N vale 1 W.

III. O trabalho da força resultante vale 200 J.

- a) Apenas I é verdadeira.
- b) Apenas II é verdadeira.
- c) Apenas III é verdadeira.
- d) Apenas I e III são verdadeiras.
- e) Apenas II e III são verdadeiras

### 33. (VINICIUS FULCONI)

Um corpo de massa igual a  $m$  (kg) apresenta movimento retilíneo sobre uma superfície horizontal com velocidade igual a  $V$  (m/s). Porém, durante o movimento, sua velocidade se reduz para  $0,5V$  (m/s) devido a força de resistência. Determine o trabalho, em J, realizado pela força de resistência que atua nesse contexto.

a)  $-\frac{3 \cdot m \cdot V^2}{8}$

b)  $-\frac{m \cdot V^2}{2}$

c)  $-\frac{m \cdot V^2}{8}$

d)  $-\frac{m \cdot V^2}{16}$

e)  $-\frac{m \cdot v^2}{4}$

**34. (VINICIUS FULCONI)**

Dois corpos, cujas potências são  $P$  e  $3P$ , se movem com velocidades constantes  $20v$  e  $10v$  respectivamente. Se os dois automóveis são unidos por um cabo rígido, com que velocidade se moverá o conjunto?

a)  $\frac{80v}{7}$

b)  $\frac{20v}{7}$

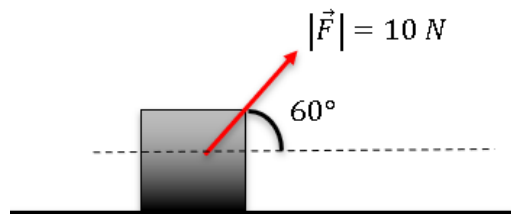
c)  $\frac{40v}{7}$

d)  $\frac{10v}{7}$

e)  $\frac{50v}{7}$

**35. (VINICIUS FULCONI)**

Uma força é usada para deslocar um bloco sobre uma superfície sem atrito. Qual é o trabalho da força para deslocar em 10 metros o bloco?



a) 0 J

b) 100 J

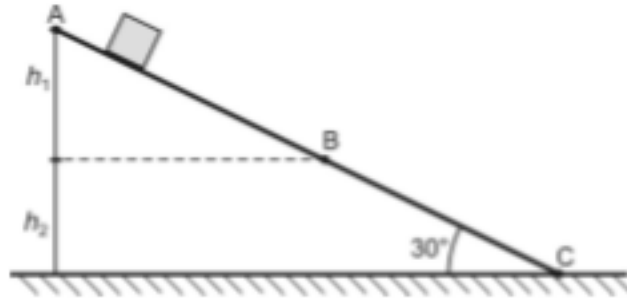
c) 50 J

d) 25 J

e) 75 J

**36. (AFA 2017)**

Um bloco escorrega, livre de resistência do ar, sobre um plano inclinado de  $30^\circ$ , conforme a figura (sem escala) a seguir.



No trecho AB não existe atrito e no trecho BC o coeficiente de atrito vale  $\mu = \frac{\sqrt{3}}{2}$ .

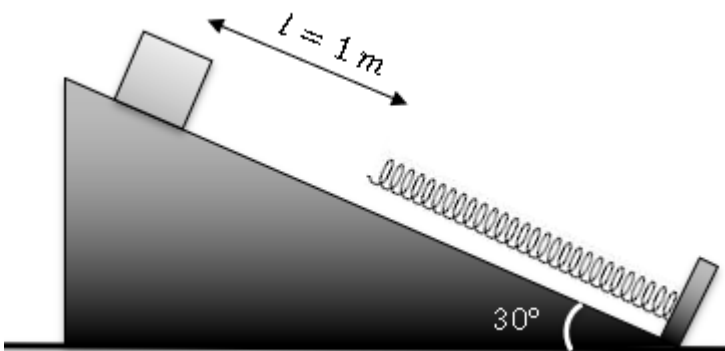
O bloco é abandonado, do repouso em relação ao plano inclinado, no ponto A e chega ao ponto C com velocidade nula. A altura do ponto A, em relação ao ponto B, é  $h_1$ , e a altura do ponto B, em relação ao ponto C, é  $h_2$ .

A razão  $\frac{h_1}{h_2}$  vale

- a)  $\frac{1}{2}$
- b)  $\frac{\sqrt{3}}{2}$
- c)  $\sqrt{3}$
- d) 2

### 37. (VINICIUS FULCONI)

Um bloco de massa  $m = 1 \text{ kg}$  foi abandonado do repouso na posição mostrada. O bloco atinge uma mola de constante elástica  $k = 5 \text{ N/m}$ . Qual velocidade máxima do bloco?



- a)  $\sqrt{5} \text{ m/s}$
- b)  $\sqrt{10} \text{ m/s}$
- c)  $\sqrt{15} \text{ m/s}$
- d)  $1 \text{ m/s}$

### 38. (VINICIUS FULCONI)

(FUVEST 2020) Um equipamento de *bungee jumping* está sendo projetado para ser utilizado em um viaduto de 30 m de altura. O elástico utilizado tem comprimento relaxado de 10 m. Qual deve ser o mínimo valor da constante elástica desse elástico para que ele possa ser utilizado com segurança no salto por uma pessoa cuja massa, somada à do equipamento de proteção a ela conectado, seja de 120 kg?

Note e adote:

Despreze a massa do elástico, as forças dissipativas e as dimensões da pessoa;  
Aceleração da gravidade =  $10 \text{ m/s}^2$ .

- a) 30 N/m
- b) 80 N/m
- c) 90 N/m
- d) 160 N/m
- e) 180 N/m

Texto comum às questões **39,40**

As agências espaciais NASA (norte-americana) e ESA (europeia) desenvolvem um projeto para desviar a trajetória de um asteroide através da colisão com uma sonda especialmente enviada para esse fim. A previsão é que a sonda DART (do inglês, “Teste de Redirecionamento de Asteroides Duplos”) será lançada com a finalidade de se chocar, em 2022, com Didymoon, um pequeno asteroide que orbita um asteroide maior chamado Didymos.

### 39.

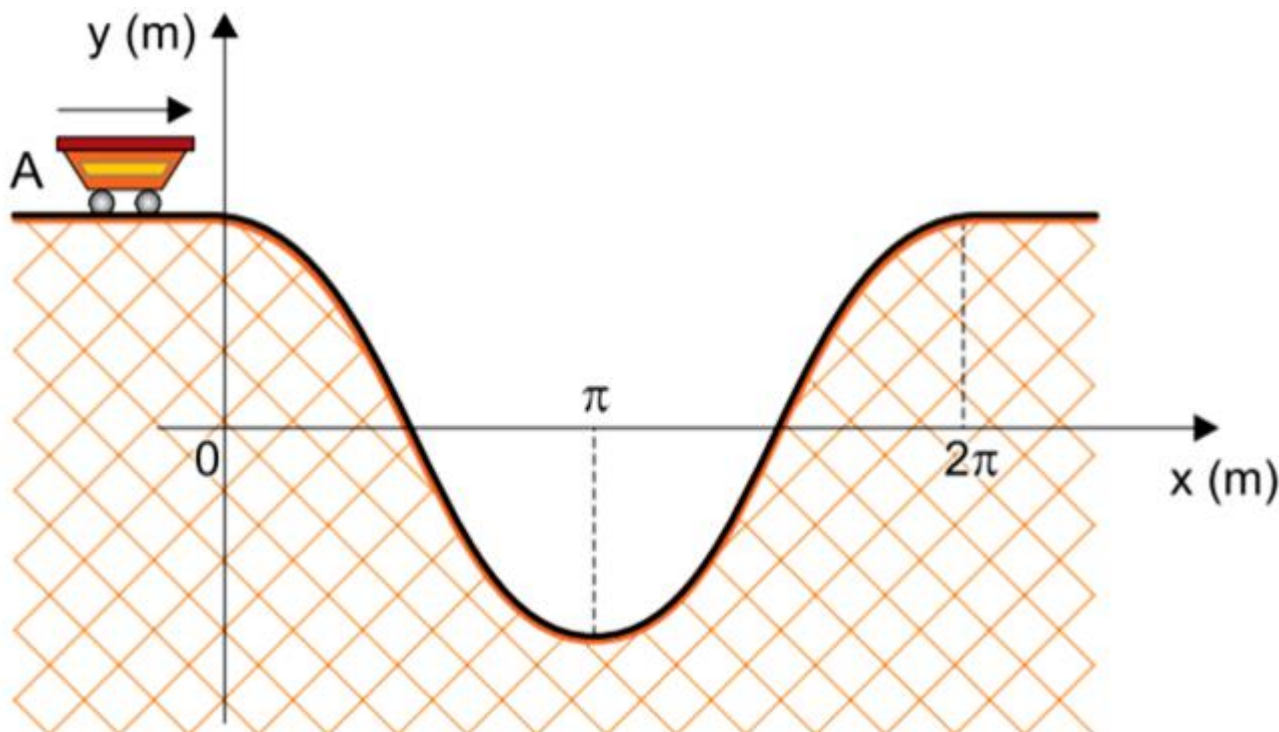
(UNICAMP 2020) As agências espaciais NASA (norte-americana) e ESA (europeia) desenvolvem um projeto para desviar a trajetória de um asteroide através da colisão com uma sonda especialmente enviada para esse fim. A previsão é que a sonda DART (do inglês, “Teste de Redirecionamento de Asteroides Duplos”) será lançada com a finalidade de se chocar, em 2022, com *Didymoon*, um pequeno asteroide que orbita um asteroide maior chamado Didymos. A massa da sonda DART será de  $m_{sonda} = 300 \text{ kg}$ , e ela deverá ter a velocidade  $v_{sonda} = 6 \text{ km/s}$  imediatamente antes de atingir *Didymoon*. Assim, a energia cinética da sonda antes da colisão será igual a

- a)  $1,8 \cdot 10^3 \text{ J}$
- b)  $5,4 \cdot 10^3 \text{ J}$
- c)  $1,8 \cdot 10^6 \text{ J}$

d)  $5,4 \cdot 10^9 J$

40.

(UNESP 2020) A figura representa o perfil, em um plano vertical, de um trecho de uma montanha-russa em que a posição de um carrinho de dimensões desprezíveis é definida pelas coordenadas  $x$  e  $y$ , tal que, no intervalo  $0 \leq x \leq 2\pi$ ,  $y = \cos(x)$ .



Nessa montanha-russa, um carrinho trafega pelo segmento horizontal A com velocidade constante de  $4 \text{ m/s}$ . Considerando  $g = 10 \text{ m/s}^2$ ,  $\sqrt{2} = 1,4$  e desprezando o atrito e a resistência do ar, a velocidade desse carrinho quando ele passar pela posição de coordenada  $x = \frac{5\pi}{4} \text{ m}$  será

- a)  $10 \text{ m/s}$ .
- b)  $9 \text{ m/s}$ .
- c)  $6 \text{ m/s}$ .
- d)  $8 \text{ m/s}$ .
- e)  $7 \text{ m/s}$ .

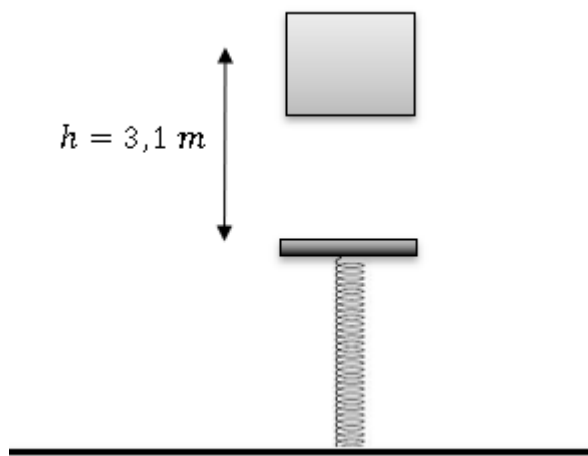
---

### Nível 3

---

41. (VINICIUS FULCONI)

O bloco A, de massa  $m = 10 \text{ kg}$ , é abandonado do repouso na posição mostrada. A constante elástica da mola é  $k = 500 \text{ N/m}$  e aceleração a gravidade vale  $10 \text{ m/s}^2$ .



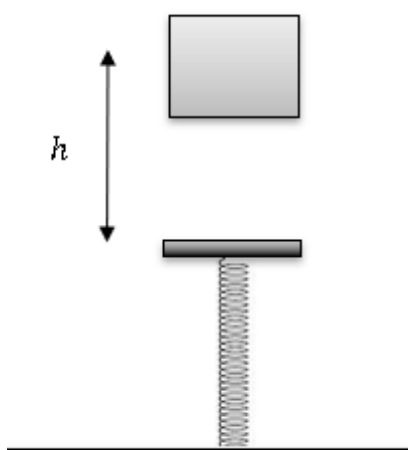
Analise as afirmações.

- I. O corpo atinge velocidade máxima quando há a deformação da mola é 0,2 m.
- II. A velocidade máxima atingida pelo bloco é de 8 m/s.
- III. A deformação máxima atingida pelo bloco quando a velocidade do bloco é nula.

- a) 2 são verdadeiras.
- b) 2 são falsas.
- c) 1 é falsa.
- d) Nenhuma é falsa.

#### 42. (VINICIUS FULCONI)

Um bloco de massa  $m$  é abandonado do repouso na posição mostrada. A constante elástica da mola é  $k$  e aceleração a gravidade vale  $g$ . A mola está inicialmente relaxada. Qual é o valor da máxima elongação da mola?



a)  $x = \frac{2mg}{k}$



$$\text{b) } x = \frac{mg}{k} \left[ 1 + \sqrt{1 + \frac{2kh}{mg}} \right]$$

$$\text{c) } x = \frac{mg}{k} \sqrt{1 + \frac{2kh}{mg}}$$

$$\text{d) } x = \frac{mg}{k}$$

$$\text{E) } x = \frac{mg}{k} \left[ 1 + \sqrt{\frac{2kh}{mg}} \right]$$

# Gabarito

## Lista EEAR

1. B      2. D      3. A      4. C      5. B  
6. B      7. C      8. B      9. C      10. C  
11. B      12. A      13. A      14. D      15. C  
16. C      17. C      18. C      19. D      20. D  
21. B      22. A      23. C

## NÍVEL 1

1. D      2. B      3. D      4. E      5. E  
6. B      7. C      8. B      9. A      10. B  
11. B      12. A      13. D      14. C      15. B  
16. A      17. A      18. A      19. D      20. C  
21. B

## NÍVEL 2

22. A      23. D      24. D      25. C      26. A  
27. A      28. B      29. B      30. D      31. E  
32. B      33. A      34. A      35. C      36. A  
37. C      38. E      39. D      40. E

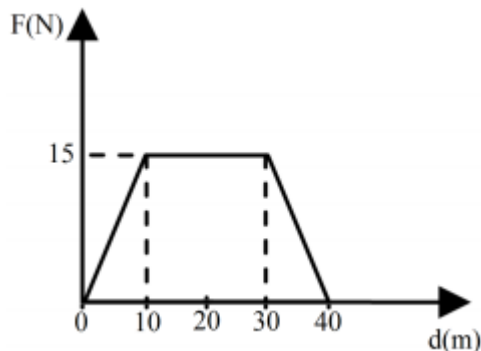
## NÍVEL 3

41. D      42. B

## Lista de Questões Resolvidas e Comentadas

### 1.(EEAR 2015)

Durante um experimento foi elaborado um gráfico da intensidade da força horizontal resultante ( $F$ ) aplicada sobre um bloco que se desloca ( $d$ ) sobre um plano horizontal, conforme é mostrado na figura a seguir. Determine o trabalho, em joules, realizado pela força resultante durante todo o deslocamento.



- a) 300
- b) 450
- c) 600
- d) 900

#### Comentário:

Como  $\tau = F \cdot d$ , temos que o trabalho da força é numericamente igual a área do gráfico.

Portanto:

$$\tau = (40 + 20) \cdot \frac{15}{2} = 450 \text{ J}$$

**Gabarito: B**

### 2.(EEAR 2015)

O desenho a seguir representa as forças que atuam em uma aeronave de 100 toneladas (combustível + passageiros + carga + avião) durante sua subida mantendo uma velocidade com módulo constante e igual a 1080 km/h e com um ângulo igual a  $30^\circ$  em relação à horizontal. Para manter essa velocidade e esse ângulo de subida, a potência gerada pela força de tração produzida pelo motor deve ser igual a \_\_\_\_  $10^6$  watts.

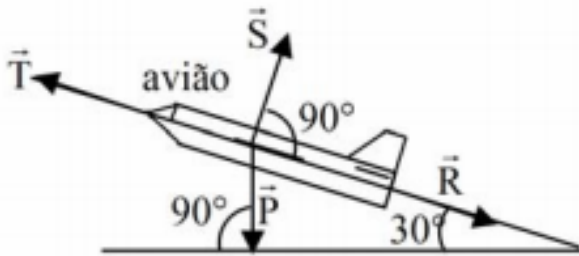
T = força de tração estabelecida pelo motor,

S = força de sustentação estabelecida pelo fluxo de ar nas asas,

P = força peso,

$R$  = força de arrasto estabelecida pela resistência do ar ao deslocamento do avião. Considerada nessa questão igual a zero.

O módulo da aceleração da gravidade constante e igual a  $10 \text{ m/s}^2$ .



a)  $300\sqrt{3}$

b)  $150\sqrt{3}$

c) 300

d) 150

**Comentário:**

É fundamental analisarmos a questão no eixo paralelo ao avião. Pois assim temos que o trabalho do motor é exclusivamente utilizado para “pagarmos” a energia potencial no eixo paralelo ao avião. Da forma:

$$P_{\text{eixo paralelo}} = P_{\text{motor}} = m \cdot g \cdot \text{sen}30^\circ \cdot v = 100000 \cdot 10 \cdot 0,5 \cdot 300 = \mathbf{150 \cdot 10^6 W}$$

Obs: 1080 km/h = 300 m/s, para o cálculo de potência pela fórmula  $P = F \cdot v$ , a velocidade “v” é em metros por segundo.

**Gabarito: D**

**3.(EEAR 2015)**

Das alternativas abaixo, assinale aquela que corresponde à unidade derivada no Sistema Internacional de Unidades para a grandeza Energia.

a)  $\frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}$

b)  $\frac{\text{kg}^2 \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}$

c)  $\frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}}$

d)  $\frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$

**Comentário:**

Pela expressão do trabalho:  $W = F \cdot d$

Podemos observar que a dimensão de energia é da forma:

$$[W] = \text{Joule} = J; [F] = \text{Newton} = Kg \cdot \frac{m}{s^2}; [d] = \text{distância} = m$$

Assim:

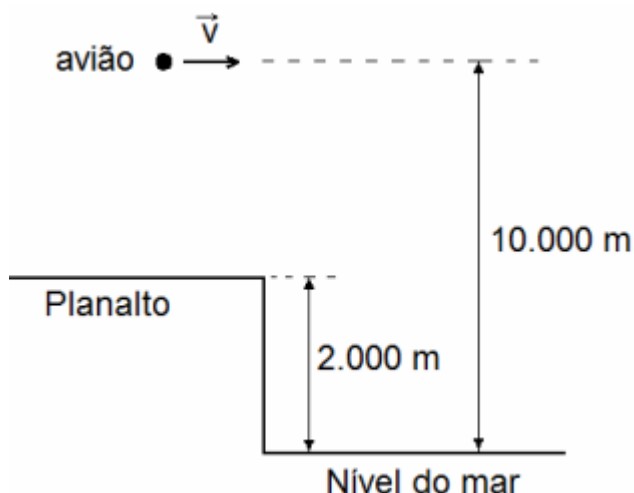
$$[\text{Energia}] = Kg \cdot m \cdot \frac{m}{s^2} = \frac{Kg \cdot m^2}{s^2}$$

**Gabarito: A**

#### 4.(EEAR 2015)

Um avião, de 200 toneladas desloca-se horizontalmente, ou seja, sem variação de altitude, conforme o desenho. A energia potencial do avião, considerado nesse caso como um ponto material, em relação ao planalto é de \_\_\_  $10^9$  J.

Considere o valor da aceleração da gravidade:  $g = 10 \text{ m/s}^2$



- a) 2,0
- b) 4,0
- c) 16,0
- d) 20,0

**Comentário:**

Como estamos analisando em relação ao planalto, temos:

$$E_{\text{potencial}} = m \cdot g \cdot h = 200000 \cdot 10 \cdot 8000 = 16 \cdot 10^9 J$$

**Gabarito: C**

#### 5.(EEAR 2016)

Um motoqueiro desce uma ladeira com velocidade constante de 90 km/h. Nestas condições, utilizando apenas os dados fornecidos, é possível afirmar com relação à energia mecânica do motoqueiro, que ao longo da descida:

- a) a energia cinética é maior que a potencial.
- b) sua energia cinética permanece constante.

- c) sua energia potencial permanece constante.
- d) sua energia potencial gravitacional aumenta.

**Comentário:**

Como o único dado é que a velocidade do motoqueiro é constante, podemos concluir que a força resultante atuando no motoqueiro é nula, desta forma temos que ao descer a ladeira, a Energia potencial gravitacional diminui enquanto a cinética permanece constante ( pois a velocidade é constante).

**Gabarito: B**

---

**6.(EEAR 2016)**

Um garoto com um estilingue tenta acertar um alvo a alguns metros de distância. (1) Primeiramente ele segura o estilingue com a pedra a ser arremessada, esticando o elástico propulsor. (2) Em seguida ele solta o elástico com a pedra. (3) A pedra voa, subindo a grande altura. (4) Na queda a pedra acerta o alvo com grande violência. Assinale os trechos do texto correspondentes às análises físicas das energias, colocando a numeração correspondente.

- ( ) Conversão da energia potencial elástica em energia cinética.
- ( ) Energia cinética se convertendo em energia potencial gravitacional
- ( ) Energia potencial gravitacional se convertendo em energia cinética.
- ( ) Usando a força para estabelecer a energia potencial elástica.

A sequência que preenche corretamente os parênteses é:

- a) 1 – 2 – 3 – 4
- b) 2 – 3 – 4 – 1
- c) 3 – 4 – 1 – 2
- d) 4 – 1 – 2 – 3

**Comentário:**

Para o estilingue esticar, o menino precisa impor uma força no elástico, portanto o número 1 corresponde à “Usando a força para estabelecer a energia potencial elástica”. Da mesma forma, após soltar o elástico a energia potencial elástica é convertida em cinética e por fim em potencial (ganho de altura). Então, ao atingir a altura máxima, a pedra inicia o movimento de descida, transformando a energia potencial em energia cinética.

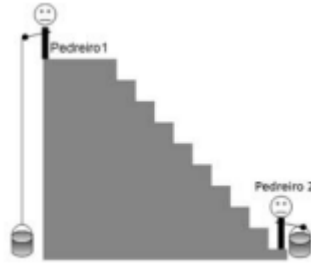
**Gabarito: B**

---

**7.(EEAR 2017)**

Dois pedreiros levaram latas cheias de concreto de mesma massa para uma laje a partir do solo. O pedreiro 1 o fez içando a lata presa por uma corda e o pedreiro 2 o fez através de uma escada, como mostra a figura:





Se o pedreiro 1 subiu a lata em menor tempo que o pedreiro 2, podemos afirmar que:

- o pedreiro 2 fez um trabalho maior do que o pedreiro 1.
- o pedreiro 1 fez um trabalho maior do que o pedreiro 2.
- a potência desenvolvida pelo pedreiro 1 é maior do que a potência desenvolvida pelo pedreiro 2.
- a potência desenvolvida pelo pedreiro 2 é maior do que a potência desenvolvida pelo pedreiro 1.

**Comentário:**

É importante observar que ambos os pedreiros chegam na mesma altura. Assim, a energia potencial necessária é a mesma tanto para o pedreiro 1 quanto para o pedreiro 2, pois a mesma só depende da distância relativa ao referencial. Entretanto, como o pedreiro 1 realizou a tarefa em menor tempo, temos que a potência apresentada é maior que a potência do pedreiro 2. Visto que:

$$P = \frac{\text{Energia}}{\text{Tempo}}$$

**Gabarito: C**

**8.(EEAR 2020)**

Um corpo de massa igual a 80 kg, após sair do repouso, percorre uma pista retilínea e horizontal até colidir a 108 km/h com um anteparo que está parado. Qual o valor, em metros, da altura que este corpo deveria ser abandonado, em queda livre, para que ao atingir o solo tenha o mesmo valor da energia mecânica do corpo ao colidir com o anteparo?

Adote a aceleração da gravidade no local igual a 10 m/s<sup>2</sup>.

- 36
- 45
- 58
- 90

**Comentário:**

$$E_{\text{mecânica}} = E_{\text{potencial}} + E_{\text{cinética}}$$

Situação 1:

$$E_{\text{cinética}} = \frac{1}{2} m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot 80 \cdot 900 = 36000 \text{ J}; \text{ Velocidade é em m/s}$$



Situação 2:

$$E_{potencial} = m \cdot g \cdot h = 80 \cdot 10 \cdot h$$

Assim, para que as energias sejam equivalentes, temos:

$$36000 = 800 \cdot h \rightarrow$$

$$\boxed{h = 45m}$$

**Gabarito: B**

### 9.(EEAR 2020)

As bicicletas elétricas estão cada vez mais comuns nas cidades brasileiras. Suponha que uma bicicleta elétrica de massa igual a 30 kg, sendo conduzida por um ciclista de massa igual a 70 kg consiga, partindo do repouso, atingir a velocidade de 72 km/h em 10 s.

Obs.: Considere que: 1 – o ciclista não usou sua força muscular, 2 – a variação da velocidade se deve apenas ao trabalho realizado pelo motor elétrico.

Dentre as alternativas abaixo, qual o menor valor de potência média, em watts, que o motor elétrico dessa bicicleta deve fornecer para que esses valores sejam possíveis?

- a) 500
- b) 1000
- c) 2000
- d) 4000

**Comentário:**

Sabendo que:

$$P = \frac{\text{Energia}}{\text{tempo}}$$

$$E_{cinética} = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \rightarrow E_{cinética} = \frac{1}{2} \cdot (30 + 70) \cdot (20)^2 = 20000J$$

Assim, temos que a potência é :

$$P = \frac{20000}{10} = 2000W$$

$$\boxed{P = 2000W}$$

**Gabarito: C**

### 10. (EEAR 2007)

Um corpo com 2 kg de massa atinge o solo com uma energia cinética de 1000 J. Sabendo que este corpo foi abandonado de uma altura h e que a aceleração da gravidade no local vale 10m/s<sup>2</sup>, determine o valor de h, em m.

- a) 5
- b) 20
- c) 50





d) 200

**Comentário:**

Como há apenas a ação de forças conservativas:

$$E_{MEC, A} = E_{MEC, B}$$

$$E_{C, A} + E_{P, A} = E_{C, B} + E_{C, B}$$

$$E_{P, A} = E_{C, B}$$

$$m \cdot g \cdot h = 1000$$

$$2 \cdot 10 \cdot h = 1000$$

$$\boxed{h = 50 \text{ m}}$$

**Gabarito: C****11. (EEAR 2008)**

Um móvel, de massa igual a 900 kg, partindo do repouso, depois de percorrer um determinado trecho de uma pista retilínea, atinge uma velocidade de 108 km/h. Determine o trabalho realizado, em kJ, pela força resultante, suposta constante, que atua no móvel para que este alcance a velocidade descrita.

- a) 90
- b) 405
- c) 900
- d) 40500

**Comentário:**

Do enunciado:

$$m = 900 \text{ kg}$$

$$E_{c,0} = 0$$

$$v = 108 \text{ km/h} = 30 \text{ m/s}$$

Pelo Teorema da Energia Cinética:

$$W = \Delta E_c$$

$$W = E_c$$

$$W = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

$$W = \frac{900 \cdot 30^2}{2}$$

$$W = 405000 \text{ J}$$

$$\boxed{W = 405 \text{ kJ}}$$

**Gabarito: B**

**12. (EEAR 2008)**

Considere um corpo em queda livre. Pode-se afirmar corretamente, que a energia mecânica:

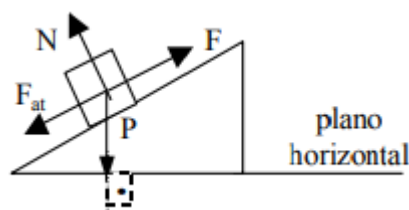
- a) no início da queda é igual em qualquer ponto da queda.
- b) no início da queda é menor do que próximo ao solo.
- c) no início da queda é maior do que próximo ao solo.
- d) é a razão entre a energia cinética e a potencial.

**Comentário:**

Como na queda livre, temos a apenas a ação do peso. Podemos afirmar que o sistema é conservativo. Portanto, a energia mecânica se conserva na queda livre, ou seja, é a mesma no início da queda e em qualquer ponto da queda.

**Gabarito: A****13. (EEAR 2010)**

Considere um bloco subindo um plano inclinado que oferece atrito. De todas as forças que atuam no bloco quantas não realizam trabalho?



- a) 1
- b) 2
- c) 3
- d) 4

**Comentário:**

Forças que não realizam trabalho são aquelas que estão perpendiculares a direção do movimento. A partir disso, temos que apenas a força  $N$  está perpendicular a direção do movimento no plano inclinado. Logo, só tem 1 força.

**Gabarito: A****14. (EEAR 2010)**

Um corpo de massa  $m$  cai de uma altura  $h$ , até o chão. Se considerarmos o atrito com o ar, podemos concluir, corretamente, que, nesse caso, a energia mecânica

- a) é nula, pois o atrito é uma força dissipativa.

- b) conserva-se, pois a energia não pode ser destruída e nem criada, apenas transformada.
- c) conserva-se, pois a força peso cancela a existência de atrito e, assim, o corpo cai com velocidade constante.
- d) não se conserva, pois a energia potencial não será convertida totalmente em energia cinética.

**Comentário:**

Como o corpo estava a uma altura  $h$ , ele possui uma energia potencial diferente de zero. Logo a energia mecânica também não será nula e, por isso, a alternativa A está incorreta.

Como o atrito é uma força dissipativa, não teremos a conservação da energia mecânica. Pois a energia potencial será convertida uma parte em energia cinética e outra parte será gasta com o trabalho do atrito.

**Gabarito: D**

---

**15. (EEAR 2012)**

Um guindaste eleva uma carga de  $3 \cdot 10^3$  kg a uma altura de 12 m em 40 s. Se esse guindaste fosse substituído por outro, com o dobro da potência média, qual seria o tempo gasto para realizar o mesmo trabalho?

(considere  $g = 10 \text{ m/s}^2$  e despreze as perdas)

- a) 10 s
- b) 15 s
- c) 20 s
- d) 30 s

**Comentário:**

Sabendo que:

$$P = \frac{W}{\Delta t}$$

Do enunciado:

$$W_1 = W_2$$
$$P_2 = 2 \cdot P_1$$

Com isso:

$$P_1 \cdot \Delta t_1 = P_2 \cdot \Delta t_2$$
$$P_1 \cdot 40 = 2 \cdot P_1 \cdot \Delta t_2$$
$$\boxed{\Delta t_2 = 20 \text{ s}}$$

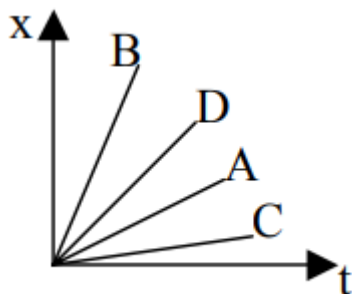
**Gabarito: C**

---



**16. (EEAR 2007)**

Quatro objetos, de mesma massa, apresentam movimentos descritos pelas curvas A, B, C e D do gráfico. Para um determinado instante  $t$ , o valor da energia cinética de cada objeto, ordenada de forma crescente, é



- a) A, B, C e D
- b) B, D, A e C
- c) C, A, D e B
- d) A, D, C e B

**Comentário:**

Sabendo que:

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \text{ e } E = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

Do gráfico, a reta mais inclinada é a que possui maior velocidade. Logo:

$$v_C < v_A < v_D < v_B$$

Como as velocidades são positivas:

$$v_C^2 < v_A^2 < v_D^2 < v_B^2$$

$$\frac{2 \cdot E_C}{m} < \frac{2 \cdot E_A}{m} < \frac{2 \cdot E_D}{m} < \frac{2 \cdot E_B}{m}$$

$$\boxed{E_C < E_A < E_D < E_B}$$

**Gabarito: C****17. (EEAR 2008)**

Uma pedra de 200g é abandonada de uma altura de 12m em relação ao solo. Desprezando-se a resistência do ar e considerando-se a aceleração da gravidade igual a  $10\text{m/s}^2$ , determine a energia cinética, em J, desta pedra após cair 4m.

- a) 32
- b) 16
- c) 8



d) 4

**Comentário:**

Como o sistema é conservativo:

$$E_{MEC, A} = E_{MEC, B}$$

$$E_{C, A} + E_{P, A} = E_{C, B} + E_{C, B}$$

$$E_{P, A} = E_{C, B}$$

$$m \cdot g \cdot h = E_{C, B}$$

$$200 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 4 = E_{C, B}$$

$$\boxed{E_{C, B} = 8 J}$$

**Gabarito: C****18. (EEAR 2008)**

O ponto no qual se pode considerar concentrada toda a massa de um corpo rígido ou sistema físico, **não** homogêneo, é denominado \_\_\_\_\_.

- a) incentro
- b) exocentro
- c) centro de massa
- d) centro geométrico

**Comentário:**

Sabendo que:

- Incentro é o ponto do triângulo em que as suas três bissetrizes se cruzam.
- Exocentro não possui significado
- Centro de massa é um ponto hipotético no qual toda a massa de um sistema está concentrada
- Centro geométrico é um ponto associado a forma espacial e quando o corpo é homogêneo coincide com o centro de massa.

Logo, a alternativa correta é a letra C.

**Gabarito: C****19. (EEAR 2009)**

O motor de um guindaste em funcionamento, consome 1,0 kW para realizar um trabalho de  $10^4$  J, na elevação de um bloco de concreto durante 20 s. O rendimento deste motor é de

- a) 5 %.
- b) 10 %.
- c) 20 %.
- d) 50 %.



**Comentário:**

Devemos calcular a potência utilizada pelo motor do guindaste:

$$P_U = \frac{W}{\Delta t}$$
$$P_U = \frac{10^4}{20} = \frac{1000}{2}$$
$$P_U = 500 \text{ W}$$

Para calcular o rendimento, temos:

$$\eta = \frac{P_U}{P_T}$$
$$\eta = \frac{500}{1000}$$
$$\boxed{\eta = 50 \%}$$

**Gabarito: D**

**20. (EEAR 2009)**

Em uma montanha russa, o carrinho é elevado até uma altura de 54,32 metros e solto em seguida.

Cada carrinho tem 345 kg de massa e suporta até 4 pessoas de 123 kg cada.

Suponha que o sistema seja conservativo, despreze todos os atritos envolvidos e assinale a alternativa que completa corretamente a frase abaixo, em relação à velocidade do carrinho na montanha russa.

A velocidade máxima alcançada ...

- a) independe do valor da aceleração da gravidade local.
- b) é maior quando o carrinho está com carga máxima.
- c) é maior quando o carrinho está vazio.
- d) independe da carga do carrinho.

**Comentário:**

Como o sistema é conservativo:

$$E_{MEC, A} = E_{MEC, B}$$
$$E_{C, A} + E_{P, A} = E_{C, B} + E_{C, B}$$
$$E_{P, A} = E_{C, B}$$
$$m \cdot g \cdot h = \frac{m \cdot v^2}{2}$$
$$v^2 = 2 \cdot g \cdot h$$



$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

Com isso, a velocidade máxima não depende da carga, mas depende da aceleração da gravidade local e da altura. Logo, a alternativa correta é a letra D

### Gabarito: D

#### 21. (EEAR 2010)

Na Idade Média, os exércitos utilizavam catapultas chamadas “trabucos”. Esses dispositivos eram capazes de lançar projéteis de 2 toneladas e com uma energia cinética inicial igual a 4000J.

A intensidade da velocidade inicial de lançamento, em m/s, vale

- a) 1.
- b) 2.
- c)  $\sqrt{2}$ .
- d)  $2\sqrt{2}$ .

#### Comentário:

Sabendo que a energia cinética é dada por:

$$E_c = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

$$4000 = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot v^2}{2}$$

$$v^2 = 4$$

$$v = 2 \text{ m/s}$$

### Gabarito: B

#### 22. (EEAR 2011)

Um disco de massa igual a 2,0 kg está em movimento retilíneo sobre uma superfície horizontal com velocidade igual a 8,0 m/s, quando sua velocidade gradativamente reduz para 4,0 m/s. Determine o trabalho, em J, realizado pela força resistente nesta situação.

- a) – 48.
- b) – 60.
- c) + 60.
- d) + 100.

#### Comentário:

Pelo Teorema da Energia Cinética:

$$W = \Delta E_c$$

$$W = E_c - E_{c,0}$$



$$W = \frac{m \cdot v^2}{2} - \frac{m \cdot v_0^2}{2}$$

$$W = \frac{2 \cdot (4)^2}{2} - \frac{2 \cdot (8)^2}{2}$$

$$W = 16 - 64$$

$$\boxed{W = -48 J}$$

**Gabarito: A****23. (EEAR 2008)**

Uma bola de 400g é lançada do solo numa direção que forma um ângulo de 60° em relação à horizontal com energia cinética, no momento do lançamento, igual a 180 J. Desprezando - se a resistência do ar e admitindo-se  $g = 10\text{m/s}^2$ , o módulo da variação da energia cinética, desde o instante do lançamento até o ponto de altura máxima atingido pela bola é, em joules, de

- a) 0.
- b) 45.
- c) 135.
- d) 180.

**Comentário:**

Pelo Lançamento Oblíquo, temos que:

- A velocidade horizontal será a mesma em toda a trajetória e igual a:

$$v_x = v \cdot \text{Sen}60^\circ$$

- A velocidade vertical no ponto de altura máxima é nula.

- A velocidade vertical inicial é:

$$v_y = v \cdot \text{Cos}60^\circ$$

Calculando a velocidade inicial v:

$$E_c = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

$$180 = \frac{400 \cdot 10^{-3} \cdot v^2}{2}$$

$$v^2 = 900$$

$$v = 30 \text{ m/s}$$

Calculando o módulo da diferença:

$$\Delta E_c = \frac{m \cdot v_x^2}{2} + \frac{m \cdot v_y^2}{2} - \frac{m \cdot v_{x,0}^2}{2} - \frac{m \cdot v_{y,0}^2}{2}$$

$$\Delta E_c = \frac{m \cdot (v \cdot \text{Sen}60^\circ)^2}{2} - \frac{m \cdot (v \cdot \text{Sen}60^\circ)^2}{2} - \frac{m \cdot (v \cdot \text{Cos}60^\circ)^2}{2}$$





$$\Delta E_c = -\frac{m \cdot (v \cdot \cos 60^\circ)^2}{2}$$

$$\Delta E_c = -\frac{400 \cdot 10^{-3} \cdot (30 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2})^2}{2}$$

$$\Delta E_c = -\frac{90 \cdot 3}{2}$$

$$\Delta E_c = -135 \text{ J}$$

Como queremos o módulo:

$$\boxed{\Delta E_c = 135 \text{ J}}$$

**Gabarito: C**

## Nível 1

### 1. (EAM 2010)

No estudo de mecânica, a palavra trabalho significa usar uma força para mover um corpo por uma certa distância, estando a força e o deslocamento na mesma direção.

Um marinheiro, a bordo em um navio, foi escalado para executar uma determinada tarefa e, para isso, precisou deslocar uma caixa de ferramentas de 15kg que estava próxima à casa de máquinas até um local distante 80m na horizontal e 12m na vertical. Considerando a gravidade local igual a  $10\text{m/s}^2$  é correto afirmar que o trabalho da força peso é igual a

- a) 12000J na direção horizontal.
- b) 1800J na direção horizontal.
- c) 12000J na direção vertical.
- d) 1800J na direção vertical.
- e) zero, pois a força peso não realiza trabalho.

#### Comentário:

No deslocamento horizontal, temos que a força peso é perpendicular à direção do movimento. Logo:

$$W_H = 0$$

Contudo, para a vertical, temos:

$$W_V = m \cdot g \cdot h$$

$$W_V = 15 \cdot 10 \cdot 12$$

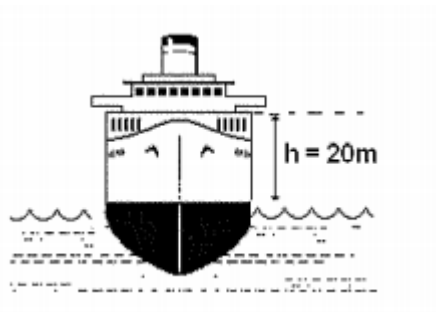
$$\boxed{W_V = 1800 \text{ J}}$$

**Gabarito: D**



**2. (EAM 2011)**

Durante a rotina diária de bordo num navio, um marinheiro deixou cair, na água, um martelo de massa 600g da altura mostrada na figura abaixo.



Desprezando – se as possíveis perdas e considerando a gravidade local igual a  $10\text{m/s}^2$ , é correto afirmar que a energia inicial do martelo, em relação à água, e a sua velocidade ao atingi-la valem, respectivamente,

- a) 120J e 10m/s
- b) 120J e 20m/s
- c) 180J e 20m/s
- d) 180J e 30m/s
- e) 240J e 10m/s

**Comentário:**

Calculando a energia mecânica do martelo no início:

$$E_{MEC} = E_C + E_P$$

$$E_{MEC} = 0 + E_P$$

$$E_{MEC} = m \cdot g \cdot h$$

$$E_{MEC} = 600 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 20$$

$$E_{MEC} = 120 \text{ J}$$

Como na queda livre temos a ação apenas do peso que é uma força conservativa, podemos conservar a energia do sistema:

$$E_{MEC, A} = E_{MEC, B}$$

$$E_{C, A} + E_{P, A} = E_{C, B} + E_{P, B}$$

$$E_{P, A} = E_{C, B}$$

$$m \cdot g \cdot h = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

$$v^2 = 2 \cdot 10 \cdot 20$$

$$v = 20 \text{ m/s}$$

**Gabarito: B**

---

**3. (EAM 2011)**

Um determinado corpo de massa 25 kg, inicialmente em repouso, é puxado por uma força constante e horizontal durante um intervalo de tempo de 6 segundos. Sabendo que o deslocamento do corpo ocorreu na mesma direção da força e que a velocidade atingida foi de 30 m/s, a opção que representa o valor do trabalho realizado por essa força, em joules, é

- a) 7250
- b) 9500
- c) 10750
- d) 11250
- e) 12500

**Comentário:**

Pelo Teorema da Energia Cinética:

$$W = \Delta E_c$$

$$W = E_c - E_{c,0}$$

$$W = E_c$$

$$W = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

$$W = \frac{25 \cdot (30)^2}{2}$$

$$W = \frac{25 \cdot 900}{2}$$

$$W = 11250 \text{ J}$$

**Gabarito: D**

---

**4. (EAM 2013)**

Sabendo que a aceleração da gravidade local é 10 m/s<sup>2</sup>, qual é o valor da energia potencial gravitacional que uma pessoa de 80 kg adquire, ao subir do solo até uma altura de 20 m?

Dado:  $E_P = m \cdot g \cdot h$

- a) 1.600 Joules
- b) 8.000 Joules
- c) 10.000 Joules
- d) 15.000 Joules



e) 16.000 Joules

**Comentário:**

Do dado do problema:

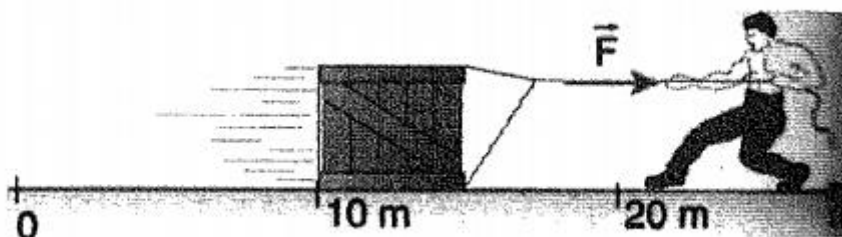
$$E_P = m \cdot g \cdot h$$

$$E_P = 80 \cdot 10 \cdot 20$$

$$E_P = 16.000 \text{ J}$$

**Gabarito: E****5. (EAM 2013)**

Analisar a figura a seguir.



A figura acima mostra um homem aplicando uma força horizontal num bloco, apoiado numa superfície sem atrito, de intensidade igual a 100 N, para arrastar um caixote da posição inicial de 10 m até a distância de 20 m. Qual é o valor do trabalho realizado pela força  $F$  durante esse deslocamento?

Dado:  $\tau = F \cdot d$ 

a) 5000 J

b) 4000 J

c) 3000 J

d) 2000 J

e) 1000 J

**Comentário:**

Do dado do problema:

$$\tau = F \cdot d$$

$$\tau = 100 \cdot (20 - 10)$$

$$\tau = 100 \cdot 10$$

$$E_P = 1000 \text{ J}$$

**Gabarito: E**

## 6. (EAM 2015)

Trabalho mecânico, Potência e Energia são grandezas físicas muito importantes no estudo dos movimentos. No sistema Internacional, a unidade de medida para cada uma dessas grandezas é, respectivamente:

- a) newton, watt e joule.
- b) joule, watt e joule.
- c) watt, joule e newton.
- d) joule, watt e caloria.
- e) Joule, newton e caloria.

### Comentário:

A partir de um conhecimento prévio, temos que:

Trabalho mecânico é uma forma de energia e, portanto, possui a mesma unidade de medida no sistema internacional da energia que é o joule.

Contudo, também de um conhecimento prévio, temos que a unidade de medida de potência no sistema internacional é o watt.

Com isso, a alternativa correta é a letra B

## Gabarito: B

## 7. (VINICIUS FULCONI)

Um bloco de peso 50 N é arrastado ao longo do plano horizontal pela força  $F$  de intensidade  $F = 100$  N. A força de atrito é de 40 N

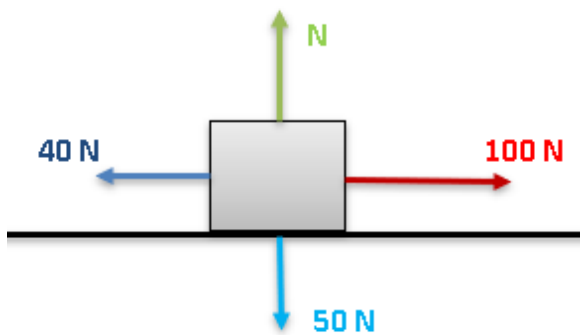


Analise as afirmativas.

- I. O trabalho da força peso é 500 J em um deslocamento de 10 m.
  - II. O trabalho da força normal é – 500 J em um deslocamento de 10 m.
  - III. O trabalho da força de atrito é – 400 J em um deslocamento de 10 m.
  - IV. O trabalho da força resultante é +600 J em um deslocamento de 10 m.
- a) Apenas I é verdadeira
  - b) Apenas I e II são verdadeiras
  - c) Apenas III e IV são verdadeiras
  - d) Todas são verdadeiras.

**Comentário:**

Veja o diagrama completo das forças que atuam sobre o bloco.



Perceba que a normal e o peso estão perpendiculares ao deslocamento do bloco.

Desta maneira, o trabalho é nulo, pois:

$$\tau_{\text{peso}} = F \cdot d \cdot \cos 90^\circ = mg \cdot 10 \cdot \cos 90^\circ = 0$$

$$\tau_{\text{normal}} = F \cdot d \cdot \cos 90^\circ = N \cdot 10 \cdot \cos 90^\circ = 0$$

O Trabalho da força de atrito é dado por:

$$\tau_{\text{atrito}} = F \cdot d \cdot \cos 90^\circ = F_{\text{at}} \cdot 10 \cdot \cos 180^\circ$$

$$\tau_{\text{atrito}} = 40 \cdot 10 \cdot (-1) = -400 \text{ J}$$

A força resultante sobre o bloco na horizontal é dada por:

$$F_R = 100 - 40 = +60 \text{ N}$$

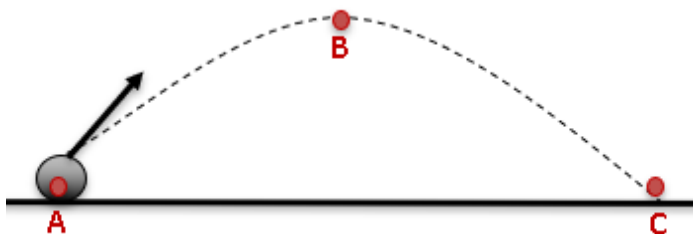
O Trabalho da força resultante é dado por:

$$\tau_{\text{atrito}} = F_R \cdot d \cdot \cos 0^\circ = 60 \cdot 10 \cdot \cos 0^\circ$$

$$\tau_{\text{atrito}} = 600 \text{ J}$$

**Gabarito: C****8. (VINICIUS FULCONI)**

Um ponto material, de massa 0,3 kg, é lançado obliquamente de um ponto A descrevendo a trajetória indicada. A altura máxima obtida é  $h = 5 \text{ m}$ . Considere a aceleração da gravidade constante e de módulo  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .



Analise as afirmativas.

- I. O trabalho do peso para ir de A até B é + 15 J
- II. O trabalho do peso para ir de B até C é + 15 J

III. O trabalho do peso para ir de A até B é + 30 J

- a) Apenas I é falsa.
- b) Apenas II é falsa.
- c) Apenas III é falsa.
- d) Todas são falsas.

**Comentário:**

I. Falsa. Para ir de A até B, a força peso está contra o deslocamento.

$$\tau_{\text{peso-A-B}} = F \cdot d \cdot \cos 180^\circ$$

$$\tau_{\text{peso-A-B}} = mg \cdot h \cdot \cos 180^\circ$$

$$\tau_{\text{peso-A-B}} = -3 \cdot 5 = -15 \text{ J}$$

II. Verdadeira. Para ir de B até C, a força peso está a favor do deslocamento.

$$\tau_{\text{peso-B-C}} = F \cdot d \cdot \cos 0^\circ$$

$$\tau_{\text{peso-B-C}} = mg \cdot h \cdot \cos 0^\circ$$

$$\tau_{\text{peso-B-C}} = 3 \cdot 5 = +15 \text{ J}$$

III. Falsa. Para ir de A até C, a força peso está a favor do deslocamento.

$$\tau_{\text{peso-A-C}} = F \cdot d \cdot \cos 180^\circ$$

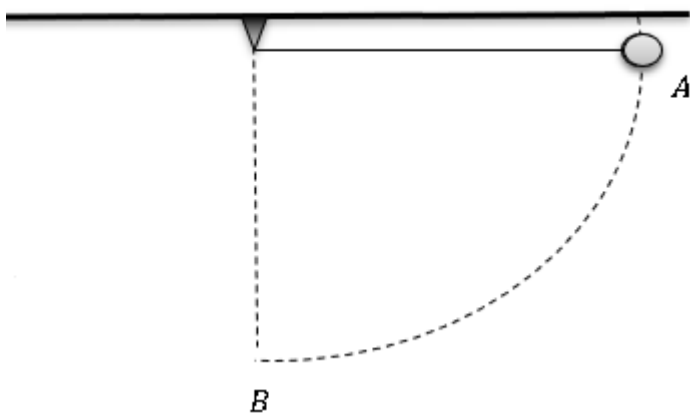
$$\tau_{\text{peso-A-C}} = mg \cdot 0 \cdot \cos 180^\circ$$

$$\tau_{\text{peso-A-C}} = 0 \text{ J}$$

**Gabarito: B**

**9. (VINICIUS FULCONI)**

Uma pequena esfera, de massa 1,0 kg, está presa à extremidade de um fio de comprimento 1,0 m. Qual é o trabalho do peso no deslocamento de A para B?



- a) + 10 j
- b) - 10 j
- c) 0

d) 5 J

**Comentário:**

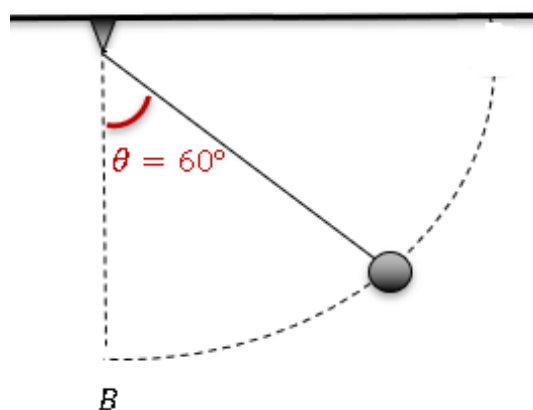
$$\tau_{\text{peso-A-B}} = mgh$$

$$\tau_{\text{peso-A-B}} = 1 \cdot 10 \cdot 1$$

$$\tau_{\text{peso-A-B}} = 10 J$$

**Gabarito: A****10. (VINICIUS FULCONI)**

Uma pequena esfera, de massa 2 kg, está presa à extremidade de um fio de comprimento 2,0 m. Determine o trabalho realizado pelo peso da esfera no deslocamento de A para B. Dado  $g = 10 \text{ m/s}^2$



a) 10 J

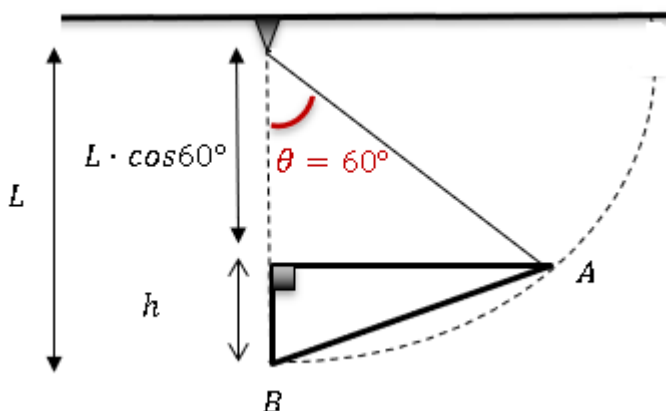
b) 20 J

c) 40 J

d) 60 J

**Comentário:**

O desnível entre o ponto A e B é dado por:



$$h = L - L \cdot \cos 60^\circ$$





$$h = L - L \cdot \frac{1}{2} = \frac{L}{2}$$

Desta maneira, o trabalho do peso é:

$$\tau = m \cdot g \cdot h$$

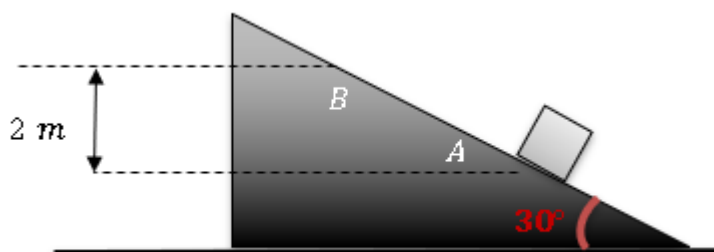
$$\tau = 2 \cdot 10 \cdot \frac{2}{2} = 20 \text{ J}$$

$$\boxed{\tau = 20 \text{ J}}$$

**Gabarito: B**

### 11. (VINICIUS FULCONI)

Um corpo de massa 5,0 kg é lançado para cima ao longo de um plano inclinado, sem atrito. A aceleração da gravidade é  $g = 10 \text{ m/s}^2$ . Qual é o trabalho do peso do corpo no deslocamento de A para B?



- a) 80 J
- b) 100 J
- c) 150 J
- d) 200 J

**Comentário:**

O trabalho do peso só depende do desnível entre os pontos:

$$\tau = m \cdot g \cdot h$$

$$\tau = 5 \cdot 10 \cdot 2 = 100 \text{ J}$$

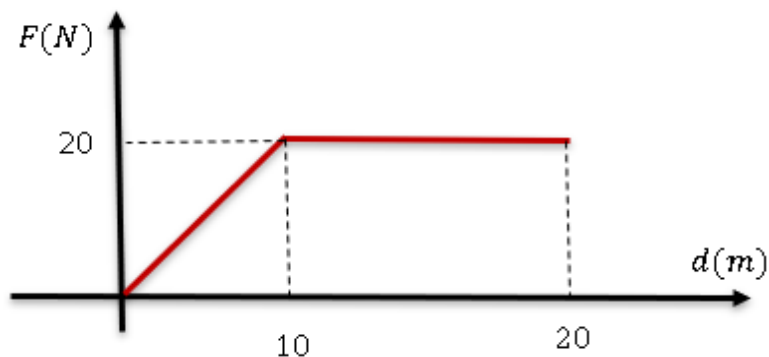
$$\boxed{\tau = 100 \text{ J}}$$

**Gabarito: B**

### 12. (VINICIUS FULCONI)

Sobre um móvel, em movimento retilíneo, uma força  $F$  é aplicada na direção do deslocamento. O gráfico indica a intensidade  $F$  da força em função do deslocamento  $d$ . Qual é o trabalho realizado pela força  $F$ ?





- a) 300 J
- b) 150 J
- c) 400 J
- d) 200 J

**Comentário:**

O trabalho da força F é numericamente igual a área sob o gráfico da força versus deslocamento.

$$\tau = \text{Área}$$

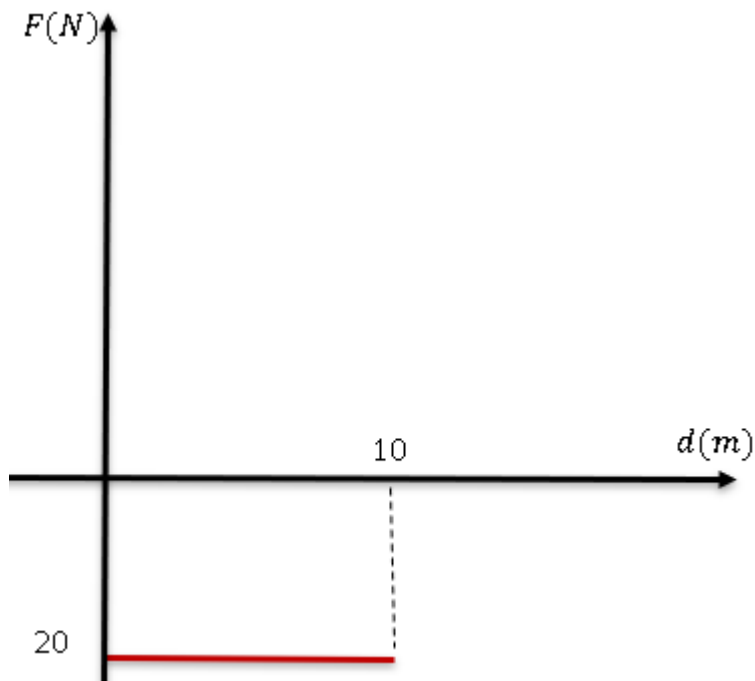
$$\tau = \frac{(20 + 10) \cdot 20}{2}$$

$$\boxed{\tau = 300 \text{ J}}$$

**Gabarito: A**

**13. (VINICIUS FULCONI)**

Sobre um móvel, em movimento retilíneo, uma força F é aplicada na direção do deslocamento. O gráfico indica a intensidade F da força em função do deslocamento d. Qual é o trabalho realizado pela força F?



- a) 300 J
- b) 150 J
- c) 400 J
- d) 200 J

**Comentário:**

O trabalho da força  $F$  é numericamente igual a área sob o gráfico da força versus deslocamento. Porém, a força é negativa.

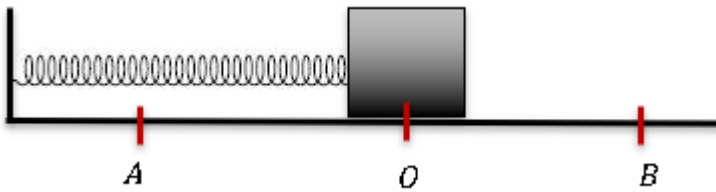
$$\tau = -\text{Área}$$

$$\tau = -20 \cdot 10$$

$$\tau = -200 \text{ J}$$

**Gabarito: D****14. (VINICIUS FULCONI)**

Um bloco, preso em uma mola de constante elástica  $k = 10 \text{ N/m}$ , oscila entre as posições A e B. Em O, a mola está relaxada. Analise as afirmativas abaixo:



- I. O trabalho da força elástica para o bloco é ir de B até O é + 5
- II. O trabalho da força elástica para o bloco é ir de O até A é - 5
- III. O trabalho da força elástica para o bloco é ir de A até B é 0

Assinale a alternativa correta.

- a) Apenas I é verdadeira.
- b) Apenas II é verdadeira
- c) Todas são verdadeiras
- d) Todas são falsas.

**Comentário:**

I. Verdadeira.

O trabalho da força elástica é:

$$\tau_{fel} = E_{fel,final} - E_{fel,inicial}$$

$$\tau_{fel} = \frac{k \cdot x_0^2}{2} - \frac{k \cdot x_f^2}{2}$$

Em O, a mola não está distendida

$$\tau_{fel} = \frac{10 \cdot 1^2}{2} - 0$$

$$\boxed{\tau_{fel} = 5 J}$$

II. Verdadeira.

O trabalho da força elástica é:

$$\tau_{fel} = E_{fel,final} - E_{fel,inicial}$$

$$\tau_{fel} = \frac{k \cdot x_0^2}{2} - \frac{k \cdot x_f^2}{2}$$

Em O, a mola não está distendida

$$\tau_{fel} = 0 - \frac{10 \cdot 1^2}{2}$$

$$\boxed{\tau_{fel} = -5 J}$$

III. Verdadeira.

O trabalho da força elástica é:

$$\tau_{fel} = E_{fel,final} - E_{fel,inicial}$$

$$\tau_{fel} = \frac{k \cdot x_0^2}{2} - \frac{k \cdot x_f^2}{2}$$

Em O, a mola não está distendida

$$\tau_{fel} = \frac{10 \cdot 1^2}{2} - \frac{10 \cdot 1^2}{2}$$

$$\boxed{\tau_{fel} = 0 J}$$

**Gabarito: C**

### 15. (VINICIUS FULCONI)

Um carro se movimenta com velocidade constante de 10 m/s. Se a potência do carro é de 30000 W, qual é a intensidade da força motora que propulsiona o veículo?

- a) 2000 N
- b) 3000 N
- c) 4000 N
- d) 300000 N

**Comentário:**

Utilizando a definição de potência, temos:

$$P = F \cdot v$$

$$30000 = F \cdot 10$$



$$F = 3000 \text{ N}$$

**Gabarito: B**

---

**16. (VINICIUS FULCONI)**

Uma máquina suspende verticalmente um corpo de massa 10 kg, a uma altura de 10 m, em 20 s e com velocidade constante. Qual é a potência dessa máquina? A aceleração da gravidade é 10 m/s<sup>2</sup>.

- a) 50 W
- b) 25 W
- c) 100 W
- d) 200 W

**Comentário:**

A potência é dada por:

$$P = \frac{m \cdot g \cdot h}{\Delta t}$$
$$P = \frac{10 \cdot 10 \cdot 10}{20}$$
$$P = 50 \text{ W}$$

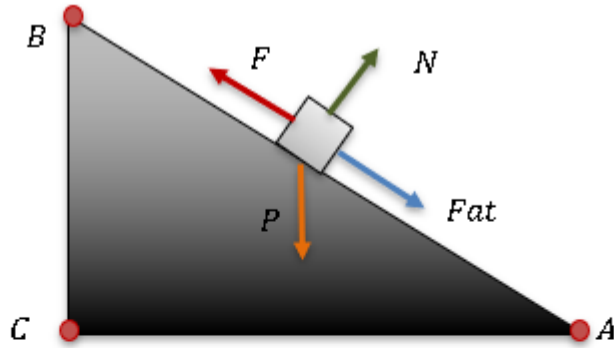
**Gabarito: A**

---

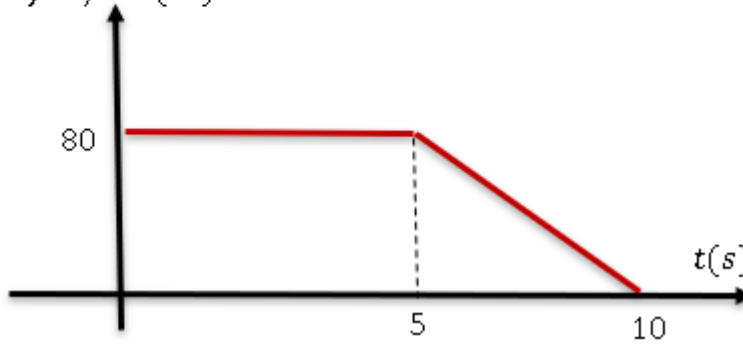
**17. (VINICIUS FULCONI)**

O bloco de massa 0,5 kg sobe um plano inclinado sob a ação de uma força F, cujo gráfico da potência em função do tempo é mostrado abaixo. O deslocamento de A até B é feito em 10 s. A força de atrito entre o bloco e o plano tem intensidade 2 N. AB = 100 m e BC = 60 m. O bloco parte do repouso.





Potência da força  $F$  (W)



Qual é a velocidade final do bloco?

- a) 20 m/s
- b) 25 m/s
- c) 30 m/s
- d) 10 m/s

**Comentário:**

O trabalho da força  $F$  é dado pela área sob o gráfico:

$$\tau_F = \frac{10 + 5}{2} \cdot 80 = 600 \text{ J}$$

Pelo teorema da energia cinética, a somatória das forças deve ser igual a variação da energia cinética.

$$\begin{aligned} \tau_F + \tau_{\text{peso}} + \tau_{\text{fat}} &= \frac{mv^2}{2} \\ 600 - mgh - Fat \cdot d_{AB} &= \frac{mv^2}{2} \\ 600 - 0,5 \cdot 10 \cdot 60 - 2 \cdot 100 &= \frac{0,5v^2}{2} \end{aligned}$$

$$100 = \frac{0,5v^2}{2}$$

$$v^2 = 400$$

$$\boxed{v = 20 \text{ m/s}}$$

**Gabarito: A****18. (VINICIUS FULCONI)**

Um projétil de massa 0,1 kg atinge perpendicularmente uma parede vertical com velocidade escalar 100 m/s. O projétil penetra na parede e desloca-se 50 cm até parar. Qual é a intensidade da força que a parede exerce no projétil?

- a) - 1000 N
- b) - 500 N
- c) - 250 N
- d) - 200 N

**Comentário:**

Segundo o teorema da energia cinética:

$$\tau_F = \frac{mv_f^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2}$$

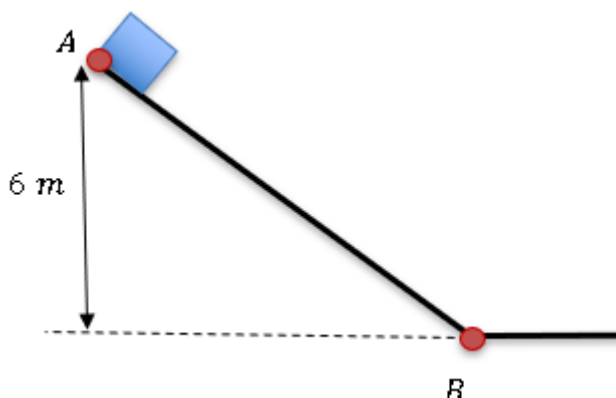
$$F \cdot 0,5 = 0 - \frac{0,1 \cdot 100^2}{2}$$

$$F \cdot 0,5 = -\frac{0,1 \cdot 100^2}{2}$$

$$\boxed{F = -1000 \text{ N}}$$

**Gabarito: A****19. (VINICIUS FULCONI)**

Um bloco possui velocidade de 4 m/s em A, no alto de um plano inclinado. A parte AB é completamente lisa e a partir de B existe atrito de coeficiente igual a 0,2. Determine a distância horizontal percorrida pelo bloco até parar. Considere  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .



- a) 25 m
- b) 40 m
- c) 30 m

d) 34 m

**Comentário:**

Considere que o bloco para em um posição D.

$$\tau_{F,resultante} = \frac{mv_D^2}{2} - \frac{mv_A^2}{2}$$

$$\tau_{peso} + \tau_{fat} = \frac{mv_D^2}{2} - \frac{mv_A^2}{2}$$

Sendo  $\tau_{peso} = mgh$  e  $\tau_{fat} = Fat \cdot d \cdot \cos 180^\circ = -\mu \cdot N \cdot d = -\mu \cdot mg \cdot d$ :

$$mgh - \mu \cdot mg \cdot d = \frac{mv_D^2}{2} - \frac{mv_A^2}{2}$$

Como o bloco para, temos  $v_D = 0$ :

$$mgh - \mu \cdot mg \cdot d = \frac{mv_D^2}{2} - \frac{mv_A^2}{2}$$

$$g \cdot h - \mu \cdot g \cdot d = -\frac{v_A^2}{2}$$

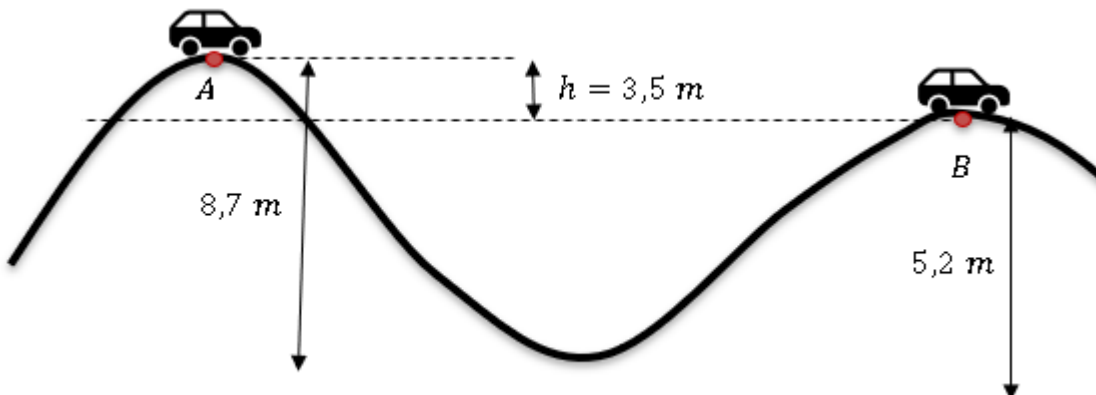
$$10 \cdot 6 - 0,2 \cdot 10 \cdot d = -\frac{4^2}{2}$$

$$60 - 2 \cdot d = -8$$

$$\boxed{d = 34 \text{ m}}$$

**Gabarito: D****20. (VINICIUS FULCONI)**

Num trecho de uma montanha russa, um carrinho de 100 kg passa pelo ponto A, que está a 8,7 m de altura, com velocidade escalar de 10 m/s. Suponho que o atrito seja desprezível e adotando-se  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , determine a energia cinética do carrinho no ponto B, que está a 5,2 m de altura.



a) 7000 J





- b) 8000 J
- c) 8500 J
- d) 5000 J

**Comentário:**

$$\tau_{\text{peso}} = \frac{mv_b^2}{2} - \frac{mv_a^2}{2}$$

$$mgh_A - mgh_B = E_B - \frac{mv_A^2}{2}$$

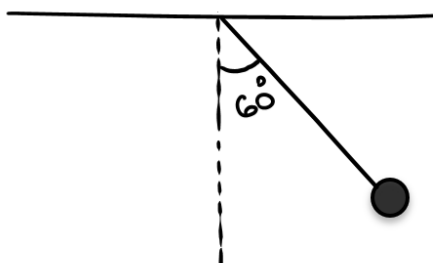
$$100 \cdot 10 \cdot 8,7 - 100 \cdot 10 \cdot 5,2 = E_B - \frac{100 \cdot 10^2}{2}$$

$$\boxed{E_B = 8500 \text{ J}}$$

**Gabarito: C**

### 21. (VINICIUS FULCONI)

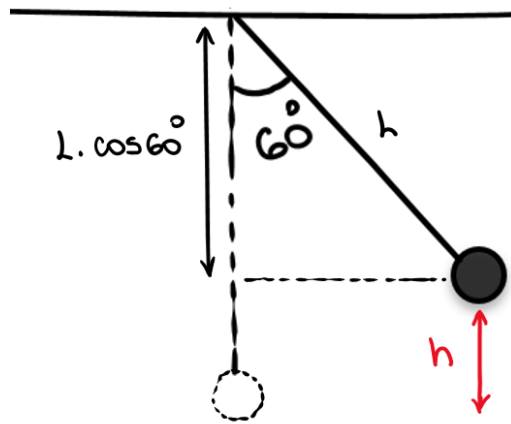
Um corpo de massa igual a 0,10 kg, suspenso por um fio de 1,0 m de comprimento, constitui um pêndulo que oscila num plano vertical, partindo do repouso na posição indicada na figura. Qual é a intensidade da força de tração no fio, quando o corpo passa pela posição mais baixa.



- a) 1 N
- b) 2 N
- c) 3 N
- d) 4 N

**Comentário:**





$$h = l - l \cos 60^\circ$$

$$h = l - 0,5l$$

$$h = 0,5 \text{ m}$$

Trabalho da força peso é igual a variação da energia cinética:

$$W_P = \frac{mv_f^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2}$$

$$mgh = \frac{mV_f^2}{2}$$

$$2gh = v_f^2$$

$$2 \cdot 10 \cdot 0,5 = v_f^2$$

$$v_f = \sqrt{10} \text{ m/s}$$

Para o cálculo da tração, fazemos:

$$T - P = \frac{mv^2}{L}$$

$$T - 1 = \frac{0,1 \cdot (\sqrt{10})^2}{1}$$

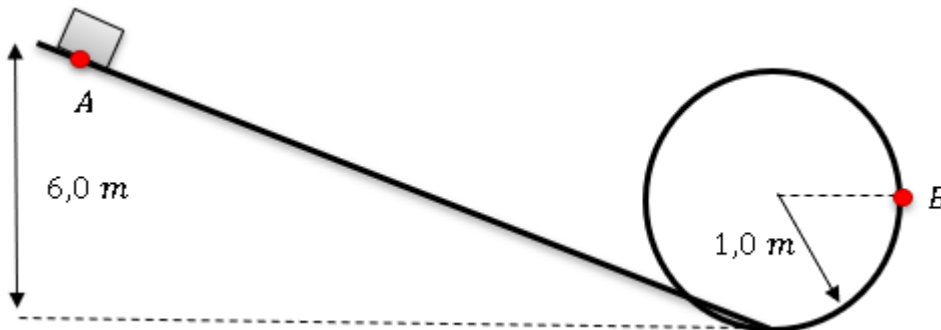
$$\boxed{T = 2 \text{ N}}$$

**Gabarito: B**



**Nível 2****22. (VINICIUS FULCONI)**

O bloco da figura tem massa 5,0 kg e é abandonado no ponto A. Qual é a intensidade da força normal que o trilho de apoio exerce sobre o bloco no ponto B?



- a) 500 N
- b) 600 N
- c) 700 N
- d) 500 N

**Comentário:**

O trabalho do peso é igual a variação de energia cinética:

$$mgh_A - mgh_B = \Delta E_{cin}$$

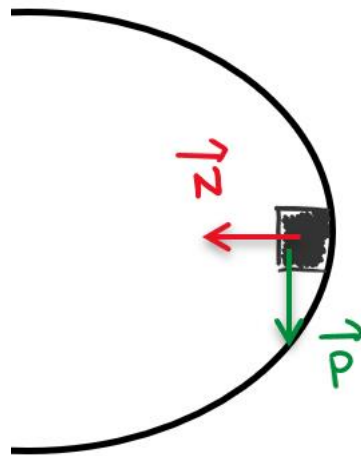
$$mgh_A - mgh_B = \frac{mv^2}{2}$$

$$g(h_A - h_B) = \frac{v^2}{2}$$

$$10(6 - 1) = \frac{v^2}{2}$$

$$v = 10 \text{ m/s}$$

No ponto B, temos:



A força normal é a resultante centrípeta do sistema:

$$N = \frac{mv^2}{R}$$

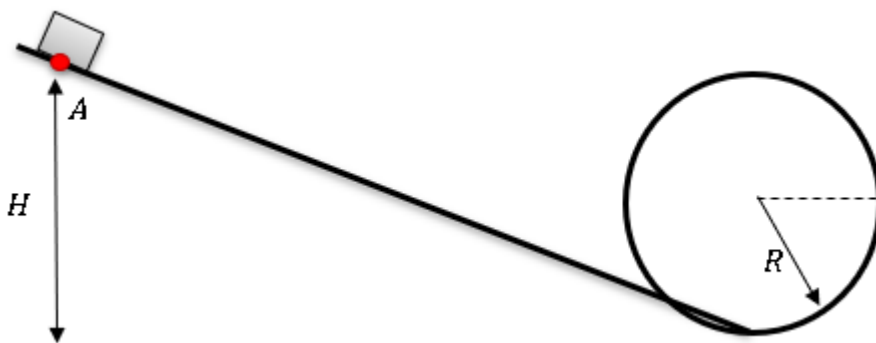
$$N = \frac{5 \cdot 10^2}{1}$$

$$N = 500 \text{ N}$$

**Gabarito: A**

**23. (VINICIUS FULCONI)**

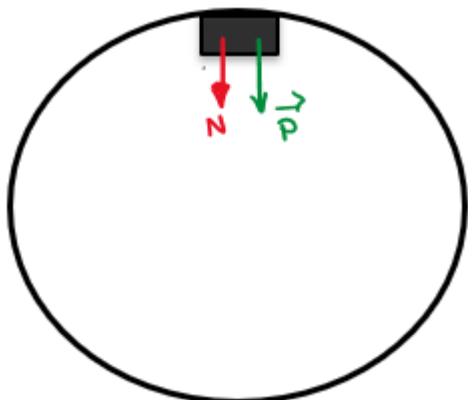
Um corpo de massa  $m$  parte do repouso no ponto A e desliza sem atrito pelo trilho. Qual deve ser a menor altura  $h$  para que o corpo não perca contato com o trilho?



- a) R
- b) 1,5 R
- c) 2,0 R
- d) 2,5 R

**Comentário:**

O ponto crítico da trajetória é o ponto superior do trilho esférico.



Do ponto A até o ponto superior final, temos o trabalho da força peso:

$$m \cdot g \cdot h_A - m \cdot g \cdot 2R = \frac{mv^2}{2}$$

$$m \cdot g \cdot h - m \cdot g \cdot 2R = \frac{mv^2}{2}$$

$$2 \cdot g \cdot h - 4 \cdot g \cdot R = v^2$$

Dividindo a equação por R:

$$2g \cdot \frac{h}{R} - 4g = \frac{v^2}{R}$$

No ponto mais alto da circunferência, temos a resultante centrípeta:

$$N + P = \frac{mv^2}{R}$$

Na eminencia de queda, a normal é nula:

$$mg = \frac{mv^2}{R}$$

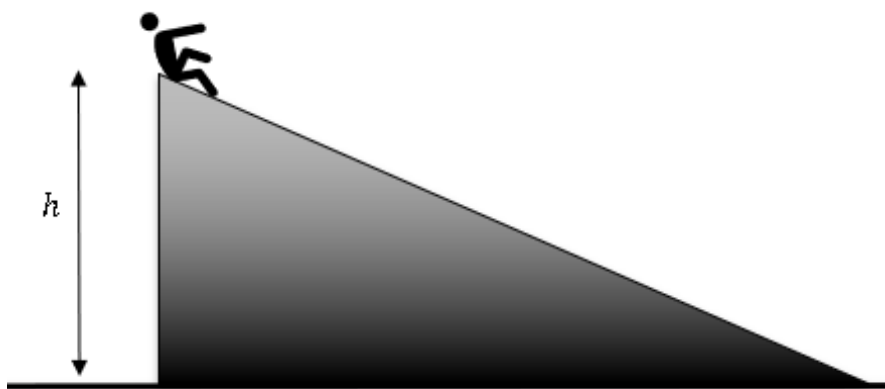
$$g = \frac{v^2}{R} = 2g \cdot \frac{h}{R} - 4g$$

$$\boxed{h = 2,5R}$$

**Gabarito: D**

#### 24. (VINICIUS FULCONI)

Um menino se encontra a uma altura  $h$  do solo, em repouso, num plano inclinado. O menino começa a escorregar e durante a queda há uma perda de 30% da energia mecânica inicial. Qual é a velocidade do menino ao chegar ao solo?



- a)  $\sqrt{2gh}$   
 b)  $\sqrt{1,8gh}$   
 c)  $\sqrt{1,6gh}$   
 d)  $\sqrt{1,4gh}$

**Comentário:**

A energia mecânica inicial é dada por:

$$E_0 = m \cdot g \cdot h$$

A energia mecânica final é dada por:

$$E_f = \frac{mv^2}{2}$$

Se 30% é perdida, temos:

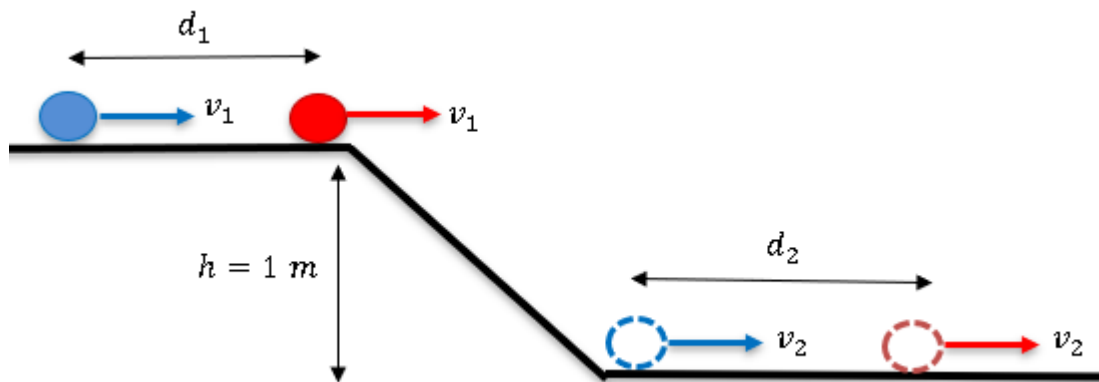
$$0,7 \cdot E_0 = E_f$$

$$0,7 \cdot m \cdot g \cdot h = \frac{mv^2}{2}$$

$$\boxed{v = \sqrt{1,4gh}}$$

**Gabarito: D****25. (VINICIUS FULCONI)**

Na figura, os planos horizontais AB e CD e o plano inclinado BC, são lisos. Duas esferas tem a mesma velocidade  $v_1 = 4 \text{ m/s}$  e se deslocam sobre o plano AB. As esferas estão separadas por um distância  $d_1 = 2 \text{ m}$ . Após descerem o plano inclinado BC, as esferas passam a se deslocar no plano CD com velocidade  $v_2$  e estão separadas por uma distância  $d_2$ . Qual é o valor de  $d_2$ ?



- a) 2 m
- b) 2,5 m
- c) 3 m
- d) 1,5 m

**Comentário:**

Ao descer o plano inclinado, as esferas ganham velocidade.

$$\frac{mv_1^2}{2} + mgh = \frac{mv_2^2}{2}$$

$$\frac{v_1^2}{2} + gh = \frac{v_2^2}{2}$$

$$\frac{4^2}{2} + 10 = \frac{v_2^2}{2}$$

$$v_2 = 6 \text{ m/s}$$

O intervalo de tempo de separação das esferas é sempre o mesmo. No instante inicial, temos:

$$v_1 \cdot \Delta t = d_1$$

$$4 \cdot \Delta t = 2$$

$$\Delta t = 0,5 \text{ s}$$

Como o tempo que separa as esferas nunca muda, temos:

$$v_2 \cdot \Delta t = d_2$$

$$6 \cdot 0,5 = d_2$$

$$\boxed{d_2 = 3 \text{ m}}$$

**Gabarito: C**



**26. (VINICIUS FULCONI)**

Um bloco de massa 5,0 kg desloca-se, sem atrito, sobre uma superfície horizontal, com velocidade de 10 m/s, atingindo uma mola de constante elástica 2000 N/m. Qual é a máxima deformação da mola?

- a) 50 cm
- b) 40 cm
- c) 30 cm
- d) 20 cm

**Comentário:**

A máxima deformação da mola é quando a velocidade final do bloco é nula. Utilizando o teorema da energia cinética, temos:

$$\tau_{mola} = \Delta E_{cin}$$

$$\frac{K \cdot x_0^2}{2} - \frac{K \cdot x_f^2}{2} = \frac{m \cdot v_f^2}{2} - \frac{m \cdot v_0^2}{2}$$

A deformação inicial e a velocidade final são nulas:

$$-\frac{K \cdot x_f^2}{2} = -\frac{m \cdot v_0^2}{2}$$

$$\frac{2000 \cdot x_f^2}{2} = \frac{5 \cdot 10^2}{2}$$

$$\boxed{x_f = 50 \text{ cm}}$$

**Gabarito: A****27. (VINICIUS FULCONI)**

Um corpo com 2 kg de massa atinge o solo com uma velocidade de 10 m/s. Sabendo que este corpo foi abandonado de uma altura h e que a aceleração da gravidade no local vale 10m/s<sup>2</sup>, determine o valor de h, em m.

- a) 5
- b) 20
- c) 50
- d) 200

**Comentário:**

Podemos realizar a conservação da energia mecânica:

$$m \cdot g \cdot h = \frac{mv^2}{2}$$

$$2 \cdot 10 \cdot h = \frac{2 \cdot 10^2}{2}$$

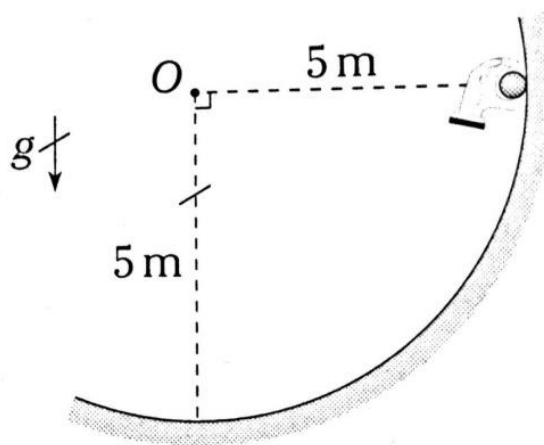




$$h = 5 \text{ m}$$

**Gabarito: A****28. (VINICIUS FULCONI)**

A figura mostra o instante em que uma esfera de 4 kg é solta na superfície cilíndrica. Se o vento exerce uma força horizontal constante  $F = + 30 \text{ N}$ , determine o módulo da reação da superfície cilíndrica lisa ao passar por sua posição mais baixa.



- a) 60 N
- b) 70 N
- c) 80 N
- d) 90 N
- e) 100 N

**Comentário:**

O trabalho da força resultante é:

$$\tau_F + \tau_{\text{peso}} = \Delta E_{\text{cin}}$$

$$mgh + F \cdot d \cdot \cos 180^\circ = \frac{mv^2}{2}$$

$$4 \cdot 10 \cdot 5 - 30 \cdot 5 = \frac{4v^2}{2}$$

$$v = 5 \text{ m/s}$$

No ponto mais, temos a resultante centrípeta:

$$N - mg = \frac{mv^2}{R}$$

$$N - 5 \cdot 10 = \frac{4 \cdot 5^2}{5}$$

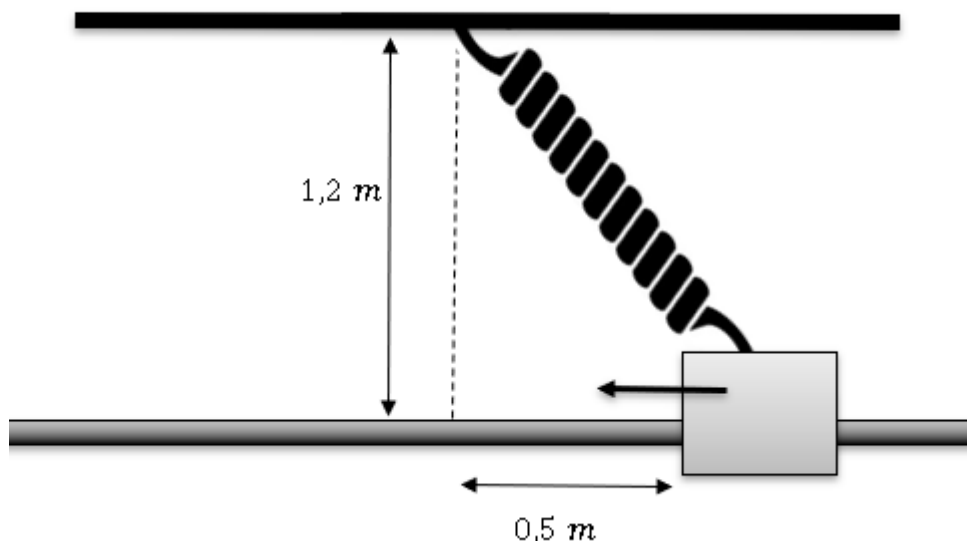
$$N = 70 \text{ N}$$



**Gabarito: B**

**29. (VINICIUS FULCONI)**

Uma mola de  $1,04\text{ m}$  de comprimento natural se encontra como indicado na figura. Se o anel se desloca com velocidade de  $6\text{ m/s}$  na posição mostrada, qual é a potência que desenvolve a mola no instante mostrado? ( $k = 60\text{ N/cm}$ ). O trilho é liso.



- a)  $1600\text{ W}$
- b)  $3600\text{ W}$
- c)  $300\text{ W}$
- d)  $2500\text{ W}$

**Comentário:**

Do Pitágoras no triângulo retângulo mostrado na figura, temos que o comprimento da mola nesse instante é:

$$l^2 = 1,2^2 + 0,5^2 = 1,44 + 0,25 = 1,69 = 1,3^2 \Rightarrow l = 1,3\text{ m}$$

Com isso, temos que a força elástica nesse instante é:

$$F = \frac{60}{10^{-2}} \cdot (1,3 - 1,04) = 1560\text{ N}$$

Contudo, sabemos que:

$$P = F \cdot v \cdot \cos \theta, \text{ onde } \theta \text{ é o ângulo entre a força e a velocidade}$$

$$P = 1560 \cdot 6 \cdot \frac{5}{13}$$

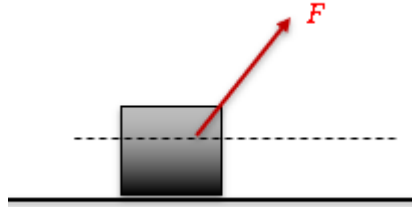
$$\boxed{P = 3600\text{ W}}$$

**Gabarito: B**



**30. (VINICIUS FULCONI)**

Na figura abaixo, um bloco de 5 kg está em um movimento retilíneo uniformemente variado. Se sua velocidade varia de 12 m/s a cada 3 s, determine o trabalho para percorrer 10 m.



- a) 100 J
- b) 120 J
- c) 150 J
- d) 200 J
- e) 250 J

**Comentário:**

A velocidade do corpo está aumentando 12 m/s a cada 3 s e, portanto, sabemos sua aceleração média.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{12}{3} = 4 \text{ m/s}^2$$

A aceleração encontrada já é a aceleração do corpo no eixo horizontal. Então, a força resultante sobre esse eixo também pode ser encontrada.

$$F_R = m \cdot a$$

$$F_R = 5 \cdot 4 = 20 \text{ N}$$

O trabalho dessa força é dado por:

$$\tau = F_R \cdot d$$

$$\tau = 20 \cdot 10$$

$$\boxed{\tau = 200 \text{ J}}$$

**Gabarito: D****31. (VINICIUS FULCONI)**

Qual é o trabalho realizado por uma bomba hidráulica para elevar água, de maneira uniforme, de um desnível de 20 metros a uma razão de 50 L/s durante 10 s? A aceleração da gravidade local vale 10 m/s<sup>2</sup> e a densidade da água é de 1 g/cm<sup>3</sup>.

- a) 30 kJ
- b) 50 kJ



- c) 80 kJ
- d) 90 kJ
- e) 100 kJ

**Comentário:**

O trabalho para elevar a água é o trabalho da força peso:

$$\tau = m \cdot g \cdot h$$

Transformando massa em volume, temos:

$$\tau = d \cdot V \cdot g \cdot h$$

Podemos fazer a seguinte transformação:

$$\tau = d \cdot \frac{V}{\Delta t} \cdot g \cdot h \cdot \Delta t$$

A grandeza  $\frac{V}{\Delta t}$  é chamada de vazão. O enunciado fornece a vazão de 50 L/s.

$$\tau = 1000 \cdot 50 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 20 \cdot 10$$

$$\boxed{\tau = 100 \text{ kJ}}$$

**Gabarito: E****32. (VINICIUS FULCONI)**

Um bloco de 2 kg sofre a ação de uma força constante de 10 N, como mostra a figura. O bloco percorre 20 metros, partindo do repouso, se deslocando com uma velocidade constante de 2 m/s.

Analise as afirmações abaixo:

- I. A resultante de forças sobre o bloco é não nula.
- II. A potência gerada pela força de 10 N vale 1 W.
- III. O trabalho da força resultante vale 200 J.

- a) Apenas I é verdadeira.
- b) Apenas II é verdadeira.
- c) Apenas III é verdadeira.
- d) Apenas I e III são verdadeiras.
- e) Apenas II e III são verdadeiras

**Comentário:**

I. FALSA. O enunciado diz que o bloco se desloca com uma velocidade constante e, portanto, a resultante das forças sobre ele deve ser nula.

II. VERDADEIRA. A potencia gerada pela força de 10 N é de:



$$P = F \cdot v = 10 \cdot 2 = 20 \text{ W}$$

III. FALSA. A força resultante sobre o sistema é nula e, portanto, o trabalho da força resultante também é nulo.

**Gabarito: B**

### 33. (VINICIUS FULCONI)

Um corpo de massa igual a  $m$  (kg) apresenta movimento retilíneo sobre uma superfície horizontal com velocidade igual a  $V$  (m/s). Porém, durante o movimento, sua velocidade se reduz para  $0,5V$  (m/s) devido a força de resistência. Determine o trabalho, em J, realizado pela força de resistência que atua nesse contexto.

a)  $-\frac{3 \cdot m \cdot V^2}{8}$

b)  $-\frac{m \cdot V^2}{2}$

c)  $-\frac{m \cdot V^2}{8}$

d)  $-\frac{m \cdot V^2}{16}$

e)  $-\frac{m \cdot V^2}{4}$

**Comentário:**

Ora, basta que utilizemos o teorema do trabalho e energia cinética. Daí, vem:

$$W_{Fr} = \frac{m \cdot v_f^2}{2} - \frac{m \cdot v_0^2}{2}$$

$$W_{Fr} = \frac{m \cdot \left(\frac{V}{2}\right)^2}{2} - \frac{m \cdot V^2}{2}$$

$$W_{Fr} = \frac{m \cdot V^2}{8} - \frac{m \cdot V^2}{2}$$

$$W_{Fr} = -\frac{3 \cdot m \cdot V^2}{8}$$

**Gabarito: A**

### 34. (VINICIUS FULCONI)

Dois corpos, cujas potências são  $P$  e  $3P$ , se movem com velocidades constantes  $20v$  e  $10v$  respectivamente. Se os dois automóveis são unidos por um cabo rígido, com que velocidade se moverá o conjunto?

a)  $\frac{80v}{7}$

b)  $\frac{20v}{7}$

c)  $\frac{40v}{7}$



d)  $\frac{10v}{7}$

e)  $\frac{50v}{7}$

**Comentário:**

A potência para o primeiro corpo é dada por:

$$P_1 = F_1 \cdot 2v$$

$$P = F_1 \cdot 20v$$

$$F_1 = \frac{P}{20v}$$

Para o segundo corpo, temos:

$$P_2 = F_2 \cdot v$$

$$3P = F_2 \cdot 10v$$

$$F_2 = \frac{3P}{10v}$$

Para o conjunto, temos:

$$P_1 + P_2 = (F_1 + F_2) \cdot v_{conjunto}$$

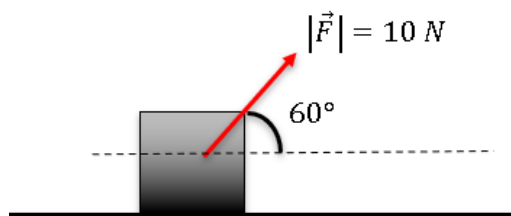
$$P + 3P = \left( \frac{P}{20v} + \frac{3P}{10v} \right) \cdot v_{conjunto}$$

$$4P = \left( \frac{7P}{20v} \right) \cdot v_{conjunto}$$

$$v_{conjunto} = \frac{80v}{7}$$

**Gabarito: A****35. (VINICIUS FULCONI)**

Uma força é usada para deslocar um bloco sobre uma superfície sem atrito. Qual é o trabalho da força para deslocar em 10 metros o bloco?



- a) 0 J
- b) 100 J
- c) 50 J
- d) 25 J
- e) 75 J

**Comentário:**

O trabalho de uma força é dado por:

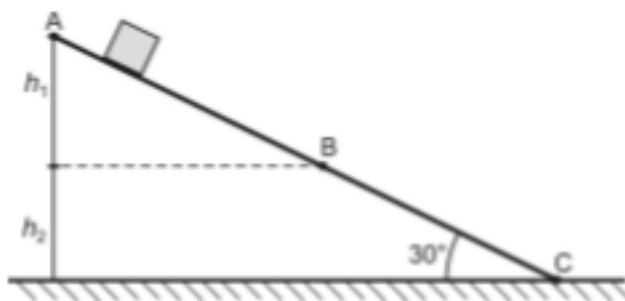
$$\tau = |\vec{F}| \cdot d \cdot \cos 60^\circ$$

$$\tau = 10 \cdot 10 \cdot \frac{1}{2}$$

$$\boxed{\tau = 50 \text{ J}}$$

**Gabarito: C****36. (AFA 2017)**

Um bloco escorrega, livre de resistência do ar, sobre um plano inclinado de  $30^\circ$ , conforme a figura (sem escala) a seguir.



No trecho AB não existe atrito e no trecho BC o coeficiente de atrito vale  $\mu = \frac{\sqrt{3}}{2}$ .

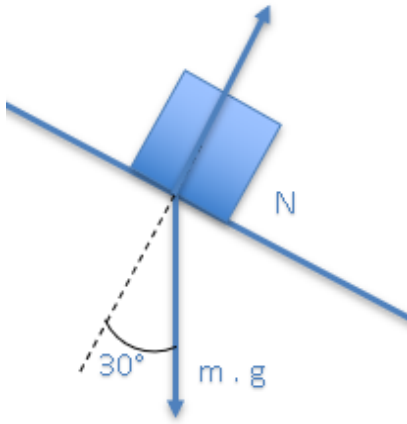
O bloco é abandonado, do repouso em relação ao plano inclinado, no ponto A e chega ao ponto C com velocidade nula. A altura do ponto A, em relação ao ponto B, é  $h_1$ , e a altura do ponto B, em relação ao ponto C, é  $h_2$ .

A razão  $\frac{h_1}{h_2}$  vale

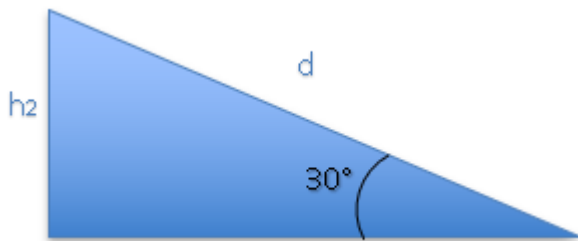
- a)  $\frac{1}{2}$
- b)  $\frac{\sqrt{3}}{2}$
- c)  $\sqrt{3}$
- d) 2

**Comentário:**

Analisando a figura:



$$N = m \cdot g \cdot \text{Cos}30^\circ$$



$$\text{Sen}30^\circ = \frac{h_2}{d}$$

Pelo Teorema da Energia Cinética:

$$\sum W = \Delta E_c$$

$$W_{fat} + W_{peso} = E_c - E_{c,o} = 0$$

$$-\mu \cdot N \cdot d + m \cdot g \cdot (h_1 + h_2) = 0$$

$$-\mu \cdot m \cdot g \cdot \text{Cos}30^\circ \cdot d + m \cdot g \cdot (h_1 + h_2) = 0$$

$$h_1 + h_2 = \mu \cdot \frac{\text{Cos} 30^\circ}{\text{Sen} 30^\circ} \cdot h_2$$

$$\frac{h_1}{h_2} + 1 = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}}{\frac{1}{2}} = \frac{3}{2}$$

$$\boxed{\frac{h_1}{h_2} = \frac{1}{2}}$$

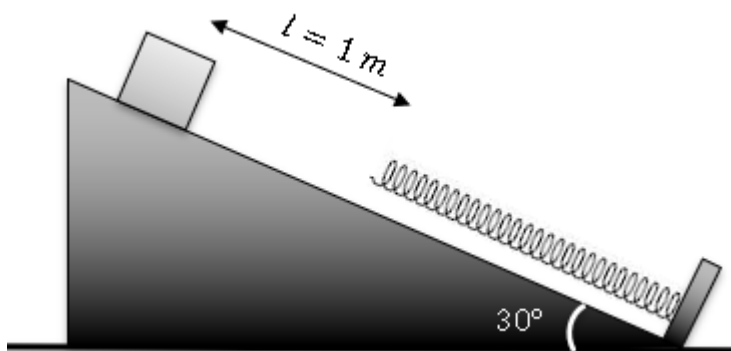
**Gabarito: A**





**37. (VINICIUS FULCONI)**

Um bloco de massa  $m = 1 \text{ kg}$  foi abandonado do repouso na posição mostrada. O bloco atinge uma mola de constante elástica  $k = 5 \text{ N/m}$ . Qual velocidade máxima do bloco?



- a)  $\sqrt{5} \text{ m/s}$
- b)  $\sqrt{10} \text{ m/s}$
- c)  $\sqrt{15} \text{ m/s}$
- d)  $1 \text{ m/s}$

**Comentário:**

No instante de velocidade máxima, a resultante de forças sobre o bloco é nula.

$$mg \operatorname{sen} \theta = kx$$

$$x = \frac{mg \operatorname{sen} \theta}{k}$$

$$x = \frac{1 \cdot 10 \cdot \frac{1}{2}}{5} = 1 \text{ m}$$

Fazendo a conservação da energia, temos:

$$mg(l + x) \operatorname{sen} \theta = \frac{mv^2}{2} + \frac{kx^2}{2}$$

$$1 \cdot 10(1 + 1) \cdot \frac{1}{2} = \frac{1 \cdot v^2}{2} + \frac{5 \cdot 1^2}{2}$$

$$v = \sqrt{15} \text{ m/s}$$

**Gabarito: C****38. (VINICIUS FULCONI)**

(FUVEST 2020) Um equipamento de *bungee jumping* está sendo projetado para ser utilizado em um viaduto de 30 m de altura. O elástico utilizado tem comprimento relaxado de 10 m. Qual deve ser o mínimo valor da constante elástica desse elástico para que ele possa ser



utilizado com segurança no salto por uma pessoa cuja massa, somada à do equipamento de proteção a ela conectado, seja de 120 kg?

**Note e adote:**

Despreze a massa do elástico, as forças dissipativas e as dimensões da pessoa;  
Aceleração da gravidade =  $10 \text{ m/s}^2$ .

- a) 30 N/m
- b) 80 N/m
- c) 90 N/m
- d) 160 N/m
- e) 180 N/m

**Comentários:**

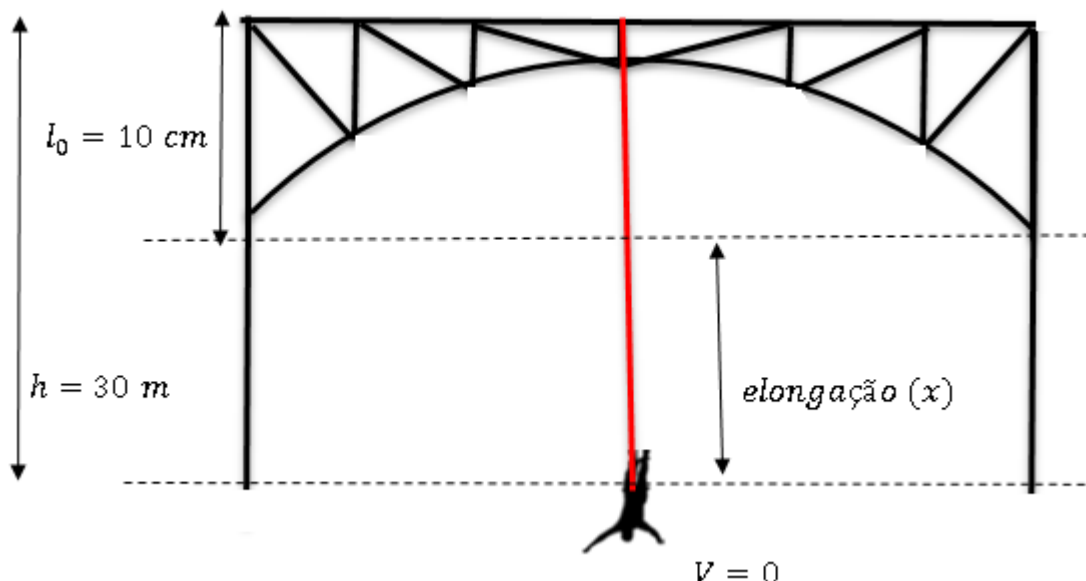
A resolução desse problema será baseada na conversação de energia. No instante inicial apenas há energia potencial gravitacional. No final há energia potencial elástica (em que a deformação da mola é a subtração entre o comprimento do viaduto e o comprimento relaxado da mola). Nesse ponto final não há energia cinética, pois na condição de estiramento máximo da mola a velocidade deve ser nula.

Obs.: Não confunda! Uma pergunta recorrente nos vestibulares é a velocidade máxima de queda. A velocidade máxima de queda é dada no instante em que a resultante de forças é nula. Veja a tabela abaixo e nunca mais se confunda com essas duas abordagens (máxima deformação versus máxima velocidade).

	Velocidade	Força resultante
<b>Máxima deformação</b>	A velocidade final é nula.	A força resultante é máxima.
<b>Máxima velocidade</b>	A velocidade é máxima.	A força resultante é nula.

Para o exercício proposto, temos a situação de máxima deformação:





Utilizando a conservação da energia, temos:

$$mgh = \frac{kx^2}{2}$$

$$mgh = \frac{k(h - l_0)^2}{2}$$

$$120 \cdot 10 \cdot 30 = \frac{k(30 - 10)^2}{2}$$

$$\boxed{k = 180 \text{ N/m}}$$

### Gabarito: E

Texto comum às questões **39,40**

As agências espaciais NASA (norte-americana) e ESA (europeia) desenvolvem um projeto para desviar a trajetória de um asteroide através da colisão com uma sonda especialmente enviada para esse fim. A previsão é que a sonda DART (do inglês, “Teste de Redirecionamento de Asteroides Duplos”) será lançada com a finalidade de se chocar, em 2022, com Didymoon, um pequeno asteroide que orbita um asteroide maior chamado Didymos.

**39.**

(UNICAMP 2020) As agências espaciais NASA (norte-americana) e ESA (europeia) desenvolvem um projeto para desviar a trajetória de um asteroide através da colisão com uma sonda especialmente enviada para esse fim. A previsão é que a sonda DART (do inglês, “Teste de Redirecionamento de Asteroides Duplos”) será lançada com a finalidade de se chocar, em 2022, com *Didymoon*, um pequeno asteroide que orbita um asteroide maior chamado Didymos. A massa da sonda DART será de  $m_{sonda} = 300 \text{ kg}$ , e ela deverá ter a velocidade  $v_{sonda} = 6 \text{ km/s}$  imediatamente antes de atingir *Didymoon*. Assim, a energia cinética da sonda antes da colisão será igual a

a)  $1,8 \cdot 10^3 \text{ J}$

- b)  $5,4 \cdot 10^3 J$   
 c)  $1,8 \cdot 10^6 J$   
 d)  $5,4 \cdot 10^9 J$

**Comentários:**

A energia cinética pode ser calculada como:

$$E_C = \frac{m_{sonda} \cdot v_{sonda}^2}{2}$$

$$E_C = \frac{300 \cdot (6 \cdot 10^3)^2}{2} J$$

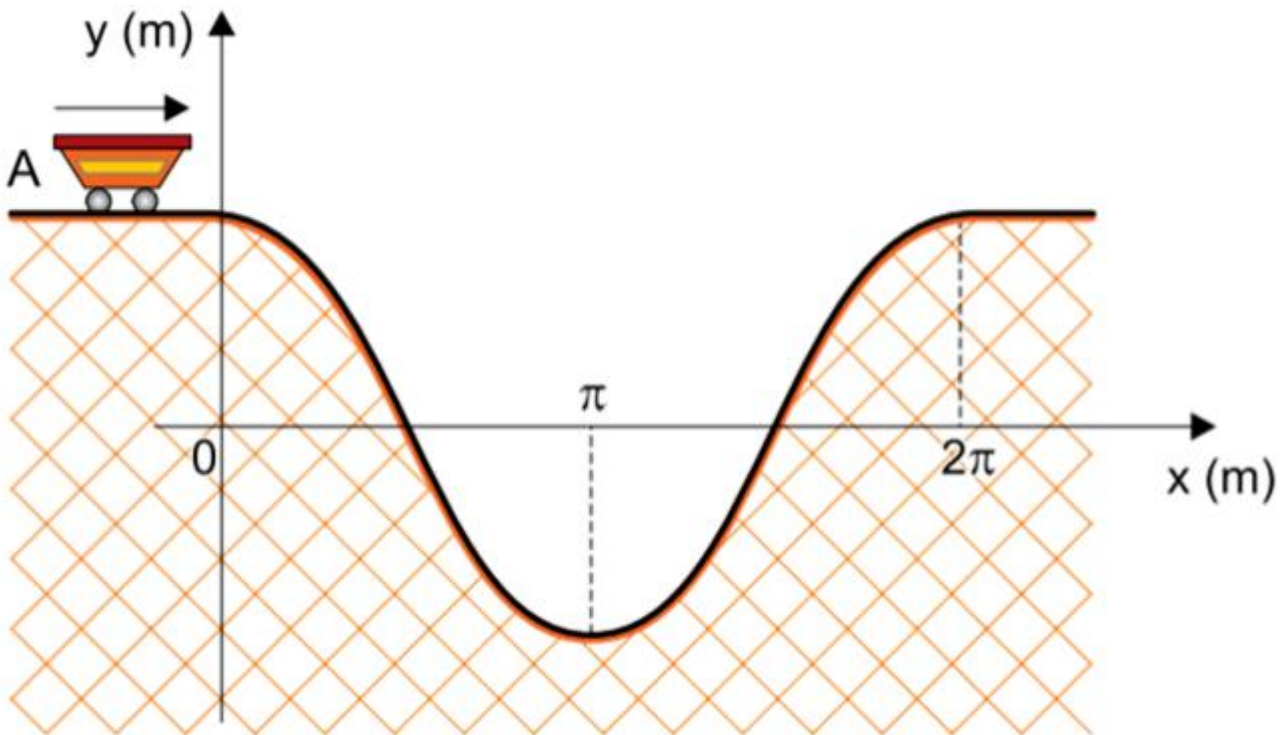
$$E_C = \frac{300 \cdot (6 \cdot 10^3)^2}{2} J$$

$$E_C = 5,4 \cdot 10^9 J$$

**Gabarito: D**

40.

(UNESP 2020) A figura representa o perfil, em um plano vertical, de um trecho de uma montanha-russa em que a posição de um carrinho de dimensões desprezíveis é definida pelas coordenadas  $x$  e  $y$ , tal que, no intervalo  $0 \leq x \leq 2\pi$ ,  $y = \cos(x)$ .



Nessa montanha-russa, um carrinho trafega pelo segmento horizontal A com velocidade constante de  $4 m/s$ . Considerando  $g = 10 m/s^2$ ,  $\sqrt{2} = 1,4$  e desprezando o atrito e a resistência do ar, a velocidade desse carrinho quando ele passar pela posição de coordenada  $x = \frac{5\pi}{4}$  m será



- a) 10 m/s.
- b) 9 m/s.
- c) 6 m/s.
- d) 8 m/s.
- e) 7 m/s.

**Comentários:**

Não há presença de forças dissipativas no sistema apresentado pelo enunciado. Podemos fazer a conservação da energia mecânica. Primeiramente, iremos calcular a posição vertical do carrinho quando ele estiver em  $x = \frac{5\pi}{4}$  m.

$$y = \cos\left(\frac{5\pi}{4}\right) = \cos\left(\pi + \frac{\pi}{4}\right) = -\cos\left(\frac{\pi}{4}\right)$$

$$y = -\frac{\sqrt{2}}{2} \cong -\frac{1,4}{2} = -0,7 \text{ m}$$

$$y = -0,7 \text{ m}$$

Faremos a conservação da energia mecânica:

$$E_0 = E_F$$

$$mgh_A + \frac{mv_A^2}{2} = mgy + \frac{mv^2}{2}$$

$$10 \cdot 1 + \frac{4^2}{2} = 10 \cdot (-0,7) + \frac{v^2}{2}$$

$$18 = -7 + \frac{v^2}{2}$$

$$v = 5\sqrt{2} \cong 5 \cdot 1,4$$

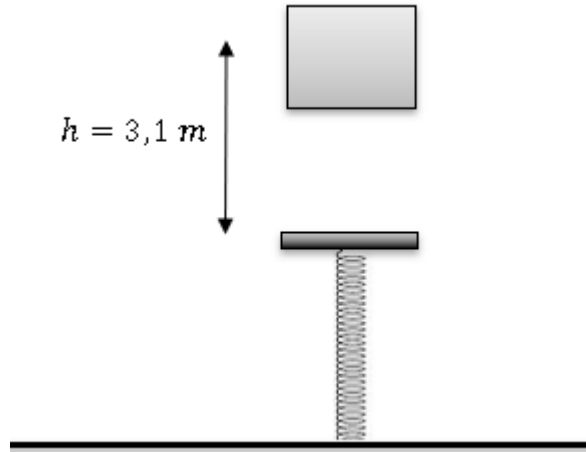
$$\boxed{v = 7 \text{ m/s}}$$

**Gabarito: E**

## Nível 3

### 41. (VINICIUS FULCONI)

O bloco A, de massa  $m = 10 \text{ kg}$ , é abandonado do repouso na posição mostrada. A constante elástica da mola é  $k = 500 \text{ N/m}$  e aceleração a gravidade vale  $10 \text{ m/s}^2$ .



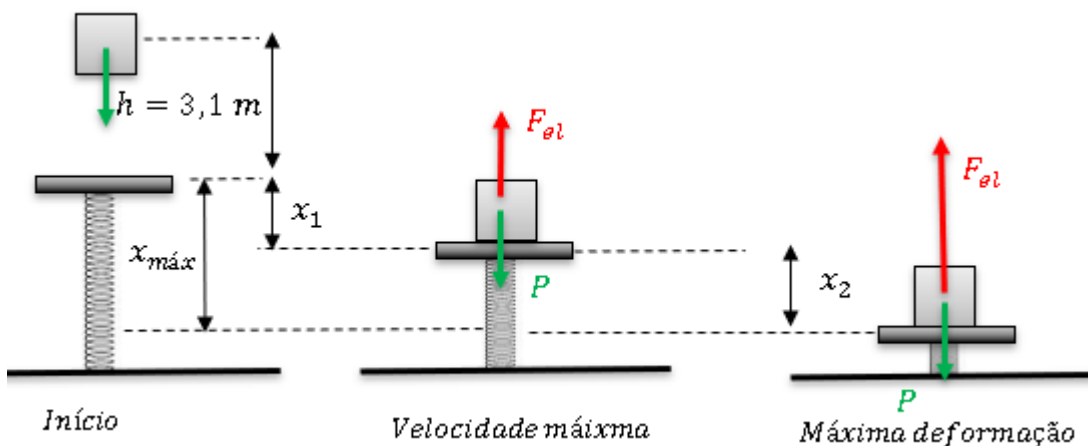
Analise as afirmações.

- I. O corpo atinge velocidade máxima quando há a deformação da mola é  $0,2 \text{ m}$ .
- II. A velocidade máxima atingida pelo bloco é de  $8 \text{ m/s}$ .
- III. A deformação máxima atingida pelo bloco quando a velocidade do bloco é nula.

- a) 2 são verdadeiras.
- b) 2 são falsas.
- c) 1 é falsa.
- d) Nenhuma é falsa.

#### Comentário:

Veja a situações do bloco.



Na situação de velocidade máxima, a força elástica é igual a força peso:

$$F_{el} = P$$

$$K \cdot x_1 = mg$$

$$500 \cdot x_1 = 10 \cdot 10$$

$$\boxed{x_1 = 0,2 \text{ m}}$$

Para encontrar a velocidade máxima, devemos utilizar o teorema da energia cinética (Do início até o instante de velocidade máxima):

$$m \cdot g \cdot H - \frac{kx^2}{2} = \frac{mv^2}{2}$$

$$10 \cdot 10 \cdot (3,1 + x_1) - \frac{kx_1^2}{2} = \frac{10 \cdot v^2}{2}$$

$$10 \cdot (3,1 + 0,2) - \frac{500 \cdot 0,2^2}{2} = 5v^2$$

$$330 = 10 + 5v^2$$

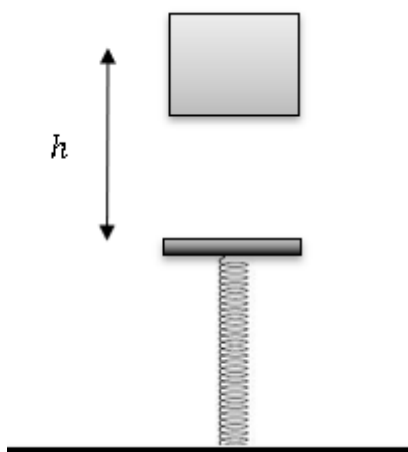
$$\boxed{v = 8 \text{ m/s}}$$

No instante de máxima deformação, a velocidade do bloco é nula.

**Gabarito: D**

#### 42. (VINICIUS FULCONI)

Um bloco de massa  $m$  é abandonado do repouso na posição mostrada. A constante elástica da mola é  $k$  e aceleração a gravidade vale  $g$ . A mola está inicialmente relaxada. Qual é o valor da máxima elongação da mola?



a)  $x = \frac{2mg}{k}$

b)  $x = \frac{mg}{k} \left[ 1 + \sqrt{1 + \frac{2kh}{mg}} \right]$

c)  $x = \frac{mg}{k} \sqrt{1 + \frac{2kh}{mg}}$

d)  $x = \frac{mg}{k}$

E)  $x = \frac{mg}{k} \left[ 1 + \sqrt{\frac{2kh}{mg}} \right]$

**Comentário:**

A maior distensão da mola ocorre quando a velocidade do bloco é nula:

$$mg(h + x) = \frac{kx^2}{2}$$
$$x^2 + \frac{2mg}{k}x - \frac{2mg}{k} = 0$$

Resolvendo a equação do segundo grau, temos:

$$x = \frac{mg}{k} \left[ 1 + \sqrt{1 + \frac{2kh}{mg}} \right]$$

**Gabarito: B**

---



## Considerações Finais

Querido aluno(a),

Essa aula foi extremamente importante para o pleno entendimento da Mecânica. Se você está com certo receio em algum tópico, reveja toda a teoria e depois refaça os exercícios propostos. Uma valiosa dica é fazer a lista inteira e só depois olhar o gabarito com a resolução. Com isso, você se forçará a ter uma maior atenção na feitura de questões e, portanto, aumentará sua concentração no momento de prova.

Se as dúvidas persistirem, não se esqueça de acessar o Fórum de Dúvidas! Responderei suas dúvidas o mais rápido possível!



Você também pode me encontrar nas redes sociais! 😊

Conte comigo,

**Vinícius Fulconi**



@viniciusfulconi



vinicius.fulconi

## Referências

[1] Tópicos da física 1: Volume 1 - Ricardo Helou Doca, Gualter José Biscuola, Newton Villas Boas - 21. Ed - São Paulo : Saraiva, 2012.

[2] IIT JEE Problems: Cengage.

