TRABALHO, POTÊNCIA E ENERGIA MECÂNICA

TRABALHO

Quando erguemos uma carga contra a gravidade da Terra, estamos realizando trabalho. Quanto mais pesada for a carga ou mais alta ela for erguida, maior é o trabalho realizado. Dois ingredientes entram em cena sempre que é realizado trabalho: **(1)** a aplicação de uma força e **(2)** o movimento de alguma coisa pela força aplicada.

No caso mais simples, em que a força é constante e o movimento é retilíneo e na mesma direção e sentido da força, definimos o trabalho que a força aplicada realiza sobre um objeto como o produto do valor da força pela distância ao longo da qual o objeto foi movimentado. Trabalho é o esforço exercido sobre algo que fará sua energia variar.

O trabalho é representado como:

Trabalho = força x distância

↓

$$W = Fd$$

Em que W é o trabalho (da palavra inglês "work"), F é a força e d é a distância.

Trabalho é realizado ao subir uma montanha.

A definição de trabalho envolve tanto força como distância: Se você levar para o andar de cima dois notebooks idênticos (de mesma massa, mesmas dimensões...), estará realizando o dobro do trabalho que faz quando leva apenas um deles, pois a força necessária para elevar duas vezes mais peso é duas vezes maior. Analogamente, se você levar um notebook dois andares acima em vez de um apenas, realizará duas vezes mais trabalho, porque a distância dobrou.

A unidade de medida para trabalho combina uma unidade de força (N) com uma unidade de distância (m); a unidade de trabalho, então, é o **newton-metro (N.m)**, também chamada de **joule (J)**. Um joule de trabalho é realizado quando uma força de 1 newton é exercida ao longo de uma distância de 1 metro, como ao erguer uma maçã sobre sua cabeça.

POTÊNCIA

A definição de trabalho não diz nada sobre o tempo durante o qual o trabalho é realizado. A mesma quantidade de trabalho é realizada enquanto levamos um computador escada acima, não importando se fazemos isso caminhando ou correndo. Logo, por que ficamos mais cansados após subir a escada em alguns segundos do que quando o fazemos caminhando em alguns minutos? Para compreender a diferença, precisamos falar sobre uma medida de quão rapidamente o trabalho é realizado – a potência.

Potência é igual à quantidade de trabalho realizado pelo tempo que levou para realizá-lo:

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

Um foguete ilustra conceitos como empuxo (força), trabalho (força x distância), energia (consumo de combustível) e potência (a taxa segundo a qual a energia é despendida).

A unidade de potência é o **joule por segundo (J/s)**, também chamado de **watt** (em homenagem a James Watt, o inventor da máquina a vapor do século XVIII). Um watt (W) de potência é despendido quando 1 joule de trabalho é realizado em 1 segundo. Um quilowatt (kW) é igual a 1.000 watts. Um megawatt (MW) é igual a 1 milhão de watts.

Seu coração consome um pouco mais que 1 W para bombear o sangue através de seu corpo.

ENERGIA MECÂNICA

Quando uma arqueira realiza trabalho para esticar um arco, este adquire a capacidade de realizar trabalho sobre a flecha. Nesse caso, algo foi ganho. Esse "algo" dado ao objeto que capacitou-o a realizar trabalho é chamado de energia. Como o trabalho, a energia é medida em joules.

A energia aparece em várias formas: energia elétrica, energia luminosa, energia térmica, energia mecânica. Focaremos nosso estudo agora na energia mecânica: que pode estar na forma de **energia potencial** (energia devido à posição de algo), **energia cinética** (energia devido ao movimento de algo) ou na soma dessas duas energias. Estudaremos os outros tipos de energia nos próximos programas de estudo.

ENERGIA POTENCIAL

Um objeto pode armazenar energia devido à sua posição. A energia armazenada e mantida pronta para ser usada é chamada de energia potencial (EP), porque no estado de armazenagem ela tem potencial para realizar trabalho. Por exemplo, uma mola esticada ou comprimida tem o potencial de realizar trabalho. Quando um arco é vergado, é armazenada energia nele. O arco pode realizar trabalho sobre a flecha.

A energia química dos combustíveis também é energia potencial. Geralmente se trata de energia de posição em nível microscópico. Essa energia torna-se disponível quando as posições das cargas elétricas dentro e entre as moléculas são alteradas – isto é, quando ocorre uma reação química. Qualquer substância capaz de realizar trabalho por meio de reação química possui energia potencial. Essa forma de energia é encontrada em combustíveis fósseis, pilhas e nos alimentos que consumimos.

É necessário realizar trabalho para erguer objetos contra a gravidade terrestre. A energia de um corpo devido a sua posição elevada é chamada de energia potencial gravitacional. A água num reservatório elevado possui energia potencial gravitacional.

A água num reservatório elevado possui energia potencial gravitacional

A quantidade dessa energia que um objeto elevado possui é igual ao trabalho que foi realizado contra a gravidade para erguê-lo. O trabalho realizado é igual à força necessária para movê-lo para cima vezes a distância vertical na qual ele foi deslocado (lembre-se de que **W = Fd**). A força para cima necessária para se mover com velocidade constante é igual ao peso do objeto, **P = mg**, de modo que o trabalho realizado para erguê-lo em uma altura h é igual ao produto mgh:

$$EP = mgh$$

Note que a altura h é a distância acima de algum nível de referência, tal como o chão ou um piso de algum andar de um edifício. A energia potencial gravitacional, mgh, é relativa àquele nível e depende apenas de mg e da altura h.

Além da energia potencial gravitacional, existe a energia potencial elástica, que é a energia armazenada numa corda ou numa mola que possui elasticidade.

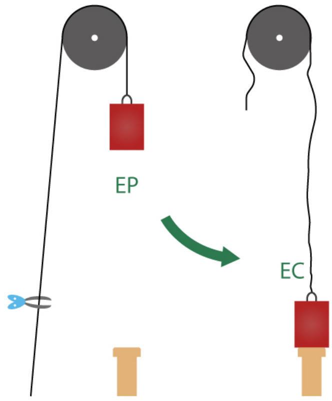
A energia potencial elástica é definida como:

$$E_{el} = \frac{1}{2} kx^2$$

ENERGIA CINÉTICA

Se você empurrar um objeto, o porá em movimento. Se um objeto está em movimento, então ele é capaz de realizar trabalho. Ele possui energia de movimento, então dizemos que ele tem uma energia cinética (EC). A energia cinética de um objeto depende de sua massa bem como de sua velocidade. Ela é igual ao produto da massa pelo quadrado da velocidade, multiplicado pela constante ½.

$$EC = \frac{1}{2} mv^2$$



A energia potencial da caixa elevado é convertida em energia cinética quando ela é solta.

O TEOREMA TRABALHO-ENERGIA

Quando um carro acelera, seu ganho de energia cinética provém do trabalho realizado sobre ele. Ou quando um carro torna-se mais lento, é porque um trabalho foi realizado para reduzir sua energia cinética. Podemos estabelecer que:

$$\text{Trabalho} = \Delta EC$$

O trabalho é igual à variação da energia cinética. Este é o **teorema trabalho-energia**. O trabalho nesta equação é o trabalho resultante – ou seja, o trabalho realizado pela força resultante. Por exemplo, se você empurra um objeto e o atrito também atua sobre ele, a variação da energia cinética é igual ao trabalho realizado pela força resultante, que é igual a seu empurrão menos o atrito. Neste caso, apenas uma parte do trabalho total que você realiza é que faz variar a energia cinética do objeto. O restante está se transformando em calor. Se a força de atrito é igual e oposta ao seu empurrão, a força resultante sobre o objeto é nula e nenhum trabalho resultante é realizado. Não ocorre variação na energia cinética do objeto. O teorema trabalho-energia também se aplica quando a velocidade diminui. Quando você pisa fundo no freio de um carro, fazendo-o derrapar, a estrada realiza trabalho sobre o carro. Esse trabalho é igual à força de atrito multiplicada pela distância ao longo da qual o atrito atua.

CONSERVAÇÃO DA ENERGIA

Podemos entender melhor os processos e transformações que ocorrem na natureza se os analisamos em termos de transformações de energia de uma forma para outra ou de transferências de um lugar para outro. A energia é a maneira que a natureza dispõe para prosseguir o jogo. O estudo das diversas formas de energia e suas transformações de uma forma em outra levaram a uma das maiores generalizações da física – a lei de conservação da energia:

A energia não pode ser criada ou destruída; pode apenas ser transformada de uma forma para outra, com sua quantidade total permanecendo constante.

ANOTAÇÕES

EXERCÍCIOS

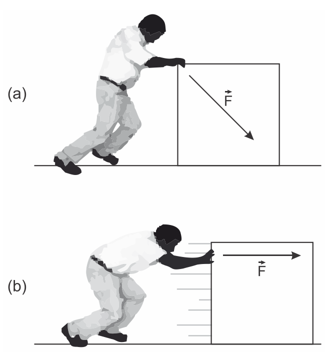
1 (UECE 2017) Considere um sistema massa-mola oscilando sem atrito em uma trajetória vertical próxima à superfície da Terra. Suponha que a amplitude da oscilação é 20 cm, a massa seja de 1kg e g = 10m/s^2. O trabalho total realizado pela força peso durante um período de oscilação é, em joules,

- **a** 2
- **b** 0
- **c** 200
- **d** 20

2 (MACKENZIE 2017) Na olimpíada Rio 2016, nosso medalhista de ouro em salto com vara, Thiago Braz, de 75,0kg, atingiu a altura de 6,03m, recorde mundial, caindo a 2,80m do ponto de apoio da vara. Considerando o módulo da aceleração da gravidade g=10,0 m/s^2, o trabalho realizado pela força peso durante a descida foi aproximadamente de

- **a** 2,10 kJ
- **b** 2,84 kJ
- **c** 4,52 kJ
- **d** 4,97 kJ
- **e** 5,10 kJ

3 (UEMG 2017) Uma pessoa arrasta uma caixa sobre uma superfície sem atrito de duas maneiras distintas, conforme mostram as figuras (a) e (b). Nas duas situações, o módulo da força exercida pela pessoa é igual e se mantém constante ao longo de um mesmo deslocamento.



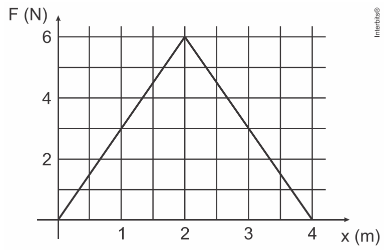
Considerando a força F é correto afirmar que

- **a** o trabalho realizado em (a) é igual ao trabalho realizado em (b).
- **b** o trabalho realizado em (a) é maior do que o trabalho realizado em (b).
- **c** o trabalho realizado em (a) é menor do que o trabalho realizado em (b).
- **d** não se pode comparar os trabalhos, porque não se conhece o valor da força.

TEXTO PARA A PRÓXIMA QUESTÃO:

O enunciado abaixo refere-se à(s) questão(ões) a seguir.

Uma partícula de 2 kg está inicialmente em repouso em x = 0m. Sobre ela atua uma única força F que varia com a posição x, conforme mostra a figura abaixo.



4 (UFRGS 2017) Os valores da energia cinética da partícula, em J, quando ela está em x = 2m e em x = 4m, são, respectivamente,

- **a** 0 e 12.
- **b** 0 e 6.
- **c** 6 e 0.
- **d** 6 e 6.
- **e** 6 e 12.

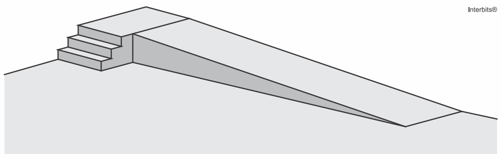
5 (UNICAMP 2016) Músculos artificiais feitos de nanotubos de carbono embebidos em cera de parafina podem suportar até duzentas vezes mais peso que um músculo natural do mesmo tamanho. Considere uma fibra de músculo artificial de 1mm de comprimento, suspensa verticalmente por uma de suas extremidades e com uma massa de 50 gramas pendurada, em repouso, em sua outra extremidade. O trabalho realizado pela fibra sobre a massa, ao se contrair 10% erguendo a massa até uma nova posição de repouso, é

Se necessário, utilize g = 10m/s^2.

- **a** 5 x 10^{-3}J
- **b** 5 x 10^{-4}J
- **c** 5 x 10^{-5}J
- **d** 5 x 10^{-6}J

TEXTO PARA A PRÓXIMA QUESTÃO:

No mundo de hoje a acessibilidade é um direito e, para garanti-lo, são necessárias algumas adaptações, como as rampas em locais públicos, conforme mostra a figura.



6 (CPS 2017) Considere que:

- uma rampa é um exemplo de máquina simples, oferecendo uma vantagem mecânica para quem a utiliza;

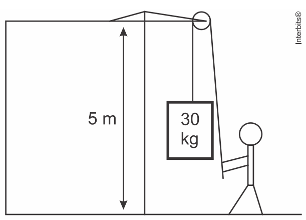
- uma pessoa, subindo pela escada ou pela rampa, tem que realizar o mesmo trabalho contra a força peso;

- essa mesma pessoa suba pela escada em um tempo menor que o necessário para subir pela rampa.

A vantagem do uso da rampa para realizar o trabalho contra a força peso, em comparação com o uso da escada, se deve ao fato de que, pela rampa,

a) a potência empregada é menor.
b) a potência empregada é maior.
c) a potência empregada é a mesma.
d) a energia potencial gravitacional é menor.
e) a energia potencial gravitacional é maior.

7 (COL. NAVAL 2016) Em uma construção, um operário utiliza-se de uma roldana e gasta em média 5 segundos para erguer objetos do solo até uma laje, conforme mostra a figura abaixo.



Desprezando os atritos e considerando a gravidade local igual a 10 m/s^2, pode-se afirmar que a potência média e a força feita pelos braços do operário na execução da tarefa foram, respectivamente, iguais a

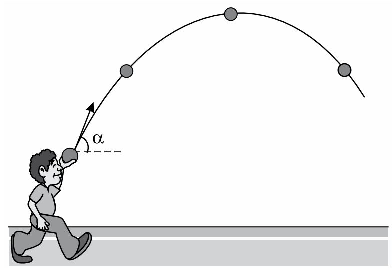
a) 300 W e 300 N.
b) 300 W e 150 N.
c) 300 W e 30 N.
d) 150 W e 300 N.
e) 150 W e 150 N.

8 (IFBA 2018) O Beach Park, localizado em Fortaleza-CE, é o maior parque aquático da América Latina situado na beira do mar. Uma das suas principais atrações é um toboágua chamado "Insano". Descendo esse toboágua, uma pessoa atinge sua parte mais baixa com velocidade módulo 28 m/s.

Considerando-se a aceleração da gravidade com módulo g = 10 m/s^2 e desprezando-se os atritos, estima-se que a altura do toboágua, em metros, é de:

a) 28
b) 274,4
c) 40
d) 2,86
e) 32

9 (UNESP 2017) Um garoto arremessa uma bola com velocidade inicial inclinada de um ângulo α com a horizontal. A bola abandona a mão do garoto com energia cinética E_0 e percorre uma trajetória parabólica contida em um plano vertical, representada parcialmente na figura.



Desprezando-se a resistência do ar, a energia cinética da bola no ponto mais alto de sua trajetória é

a) $E_0 \cdot \text{sen}\ \alpha$
b) $E_0 \cdot \cos \alpha$
c) $E_0 \cdot \cos^2 \alpha$
d) $E_0 \cdot \text{sen}^2 \alpha$
e) $E_0 \cdot \text{sen}^2 \alpha/(2)$

10 (FGV 2017) Os Jogos Olímpicos recém-realizados no Rio de Janeiro promoveram uma verdadeira festa esportiva, acompanhada pelo mundo inteiro. O salto em altura foi uma das modalidades de atletismo que mais chamou a atenção, porque o recorde mundial está com o atleta cubano Javier Sotomayor desde 1993, quando, em Salamanca, ele atingiu a altura de 2,45m, marca que ninguém, nem ele mesmo, em competições posteriores, conseguiria superar. A foto a seguir mostra o atleta em pleno salto.


(Wikipedia)

Considere que, antes do salto, o centro de massa desse atleta estava a 1,0 m do solo; no ponto mais alto do salto, seu corpo estava totalmente na horizontal e ali sua velocidade era de $2.\sqrt{5}$ m/s; a aceleração da gravidade é 10 m/s^2 e não houve interferências passivas. Para atingir a altura recorde, ele deve ter partido do solo a uma velocidade inicial, em m/s, de

a) 7,0.
b) 6,8.
c) 6,6.
d) 6,4.
e) 6,2.

11 (UTFPR 2017) Um tipo de bate-estaca usado em construções consiste de um guindaste que eleva um objeto pesado até uma determinada altura e depois o deixa cair praticamente em queda livre. Sobre essa situação, considere as seguintes afirmações:

I. na medida em que o objeto cai, aumenta sua energia cinética.

II. na medida em que o objeto cai, aumenta sua energia potencial.

III. na queda, ocorre um aumento de energia mecânica do objeto.

IV. na queda, ocorre a conservação da energia potencial.

Está correto apenas o que se afirma em:

a) I.
b) II.
c) III.
d) I e III.
e) I, III e IV.

12 (FGV 2017) Segundo o manual do proprietário de determinado modelo de uma motocicleta, de massa igual a 400kg, a potência do motor é de 80 cv (1 cv ≅ 750W)

(https://goo.gl/9aeM0K.com)

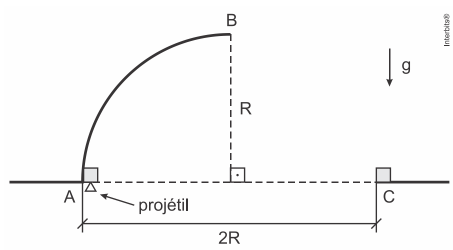
Se ela for acelerada por um piloto de 100 kg, à plena potência, a partir do repouso e por uma pista retilínea e horizontal, a velocidade de 144 km/h será atingida em, aproximadamente,

a) 4,9 s.
b) 5,8 s.
c) 6,1 s.
d) 6,7 s.
e) 7,3 s.

13 (UNESP 2017) Um gerador portátil de eletricidade movido a gasolina comum tem um tanque com capacidade de 5,0 L de combustível, o que garante uma autonomia de 8,6 horas de trabalho abastecendo de energia elétrica equipamentos com potência total de 1 kW ou seja, que consomem, nesse tempo de funcionamento, o total de 8,6 kWh de energia elétrica. Sabendo que a combustão da gasolina comum libera cerca $3{,}2\text{x}10^4$ kJ/L e que 1kWh = $3{,}6\text{x}10^3$ kJ a porcentagem da energia liberada na combustão da gasolina que será convertida em energia elétrica é próxima de

a) 30%
b) 40%
c) 20%
d) 50%
e) 10%

14 (IME 2018)



Conforme a figura acima, um corpo, cuja velocidade é nula no ponto A da superfície circular de raio R, é atingido por um projétil, que se move verticalmente para cima, e fica alojado no corpo. Ambos passam a deslizar sem atrito na superfície circular, perdendo o contato com a superfície no ponto B. A seguir, passam a descrever uma trajetória no ar até atingirem o ponto C, indicado na figura. Diante do exposto, a velocidade do projétil é:

Dados:

- massa do projétil: m;

- massa do corpo: 9m; e

- aceleração da gravidade: g.

a) $10\sqrt{\frac{5Rg}{2}}$

b) $10\sqrt{\frac{3Rg}{2}}$

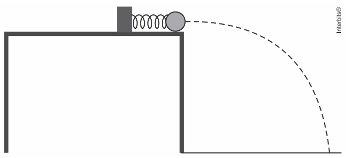
c $10\sqrt{\dfrac{5Rg}{3}}$

d $10\sqrt{\dfrac{3Rg}{5}}$

e $10\sqrt{\dfrac{2Rg}{3}}$

15 (EFOMM 2018) Em uma mesa de 1,25 metros de altura, é colocada uma mola comprimida e uma esfera, conforme a figura. Sendo a esfera de massa igual a 50 g e a mola comprimida em 10 cm, se ao ser liberada a esfera atinge o solo a uma distância de 5 metros da mesa, com base nessas informações, pode-se afirmar que a constante elástica da mola é:

(Dados: considere a aceleração da gravidade igual a 10 m/s^2.)



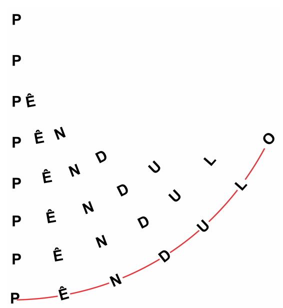
a 62,5 N/m
b 125 N/m
c 250 N/m
d 375 N/m
e 500 N/m

16 (PUCRJ 2017) Um sistema mecânico é utilizado para fazer uma força sobre uma mola, comprimindo-a.

Se essa força dobrar, a energia armazenada na mola

a cairá a um quarto.
b cairá à metade.
c permanecerá constante.
d dobrará.
e será quadruplicada.

17 (UNESP 2017) Observe o poema visual de E. M. de Melo e Castro.



(www.antoniomiranda.com.br. Adaptado.)

Suponha que o poema represente as posições de um pêndulo simples em movimento, dadas pelas sequências de letras iguais. Na linha em que está escrita a palavra pêndulo, indicada pelo traço vermelho, cada letra corresponde a uma localização da massa do pêndulo durante a oscilação, e a letra P indica a posição mais baixa do movimento, tomada como ponto de referência da energia potencial.

Considerando as letras da linha da palavra pêndulo, é correto afirmar que

a a energia cinética do pêndulo é máxima em P.
b a energia potencial do pêndulo é maior em Ê que em D.
c a energia cinética do pêndulo é maior em L que em N.
d a energia cinética do pêndulo é máxima em O.
e a energia potencial do pêndulo é máxima em P.

18 (MACKENZIE 2017) Um carro, trafegando com velocidade escalar constante v, freia até parar, percorrendo uma distância de frenagem (Δs), devido à desaceleração do carro, considerada constante. Se o carro estiver trafegando com o dobro da velocidade anterior e nas mesmas condições, a nova distância de frenagem imposta ao carro em relação a anterior será

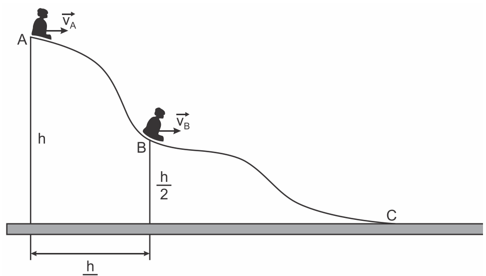
a 2.Δs
b 0,5.Δs
c 0,25.Δs
d 4.Δs
e 1.Δs

19 (IMED 2016) Em uma perícia de acidente de trânsito, os peritos encontraram marcas de pneus referentes à frenagem de um dos veículos, que, ao final dessa frenagem, estava parado. Com base nas marcas, sabendo que o coeficiente de atrito cinético entre os pneus e o asfalto é de 0,5 e considerando a aceleração da gravidade igual a 10 m/s^2, os peritos concluíram que a velocidade do veículo antes da frenagem era de 108 km/h.

Considerando o atrito dos pneus com o asfalto como sendo a única força dissipativa, o valor medido para as marcas de pneus foi de:

a 30 m.
b 45 m.
c 60 m.
d 75 m.
e 90 m.

20 (IFBA 2017) Num parque aquático uma criança de massa de 20,0kg é lançada de um tobogã aquático, com velocidade inicial de 2,0 m/s, de uma altura de 10,0 m, onde a gravidade local vale 10,0 m/s^2. A água reduz o atrito, de modo que, a energia dissipada entre os pontos A e B foi de 40,0J.



Nestas condições, a velocidade da criança, em m/s, ao passar pelo ponto B será, aproximadamente, igual a:

a) 25,0
b) 20,0
c) 15,0
d) 10,0
e) 5,0

21 (MACKENZIE 2017) Um Drone *Phanton 4* de massa 1.300g desloca-se horizontalmente, ou seja, sem variação de altitude, com velocidade constante de 36,0 km/h com o objetivo de fotografar o terraço da cobertura de um edifício de 50,0 m de altura. Para obter os resultados esperados o sobrevoo ocorre a 10,0 m acima do terraço da cobertura.

A razão entre a energia potencial gravitacional do Drone, considerado como um ponto material, em relação ao solo e em relação ao terraço da cobertura é

a) 2
b) 3
c) 4
d) 5
e) 6

22 (ESPCEX 2017) Um prédio em construção, de 20m de altura, possui, na parte externa da obra, um elevador de carga com massa total de 6 ton, suspenso por um cabo inextensível e de massa desprezível.

O elevador se desloca, com velocidade constante, do piso térreo até a altura de 20 m, em um intervalo de tempo igual a 10s. Desprezando as forças dissipativas e considerando a intensidade da aceleração da gravidade igual a 10 m/s² podemos afirmar que a potência média útil desenvolvida por esse elevador é:

a) 120 kW
b) 180 kW
c) 200 kW
d) 360 kW
e) 600 kW

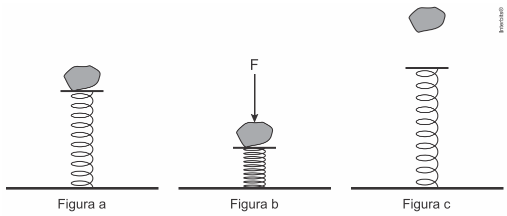
23 (UNIOESTE 2017) Uma pedra com 6 kg de massa está em repouso e apoiada sobre uma mola vertical. A força peso da pedra gera uma compressão de 10 cm na mola (Figura a). Na sequência, a pedra sofre a atuação de uma força F vertical que gera na mola uma compressão adicional (além dos 10 cm iniciais de compressão devido à força peso) de 20 cm. Nesta situação de compressão máxima da mola, a pedra fica novamente em repouso (Figura b). A partir desta situação de equilíbrio, a força F é retirada instantaneamente, liberando a mola e gerando um movimento vertical na pedra (Figura c).

Despreze o atrito e considere que:

- g = 10 m/s²

- a pedra não está presa à mola;

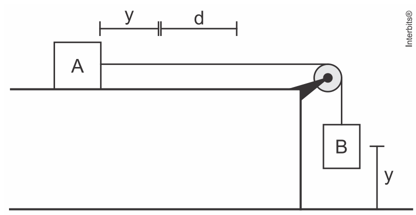
- e o valor da energia potencial gravitacional da pedra é nulo no ponto de compressão máxima da mola.



De acordo com as informações acima, assinale a alternativa INCORRETA.

a) A constante elástica da mola é igual a 600 N/m.
b) A energia potencial elástica da mola, antes de ser liberada, enquanto sofre a atuação de F, é de 27 J.
c) A energia cinética da pedra, após se deslocar verticalmente para cima por 40 cm (quando já não está mais em contato com a mola) a partir do ponto de compressão máxima da mola, é de 24 J.
d) Após a mola ser liberada, quando F é retirada, a pedra se desloca verticalmente para cima 45 cm a partir do ponto em que se encontra em repouso durante a aplicação de **F**.
e) O vetor força F tem módulo igual a 120 N.

24 (EFOMM 2017) Na situação apresentada no esquema abaixo, o bloco B cai a partir do repouso de uma altura y, e o bloco A percorre uma distância total y + d. Considere a polia ideal e que existe atrito entre o corpo A e a superfície de contato.

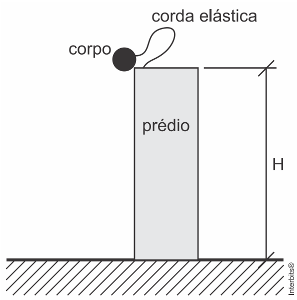


Sendo as massas dos corpos A e B iguais a m, determine o coeficiente de atrito cinético μ.

a) $\mu = \dfrac{y}{(y+2d)}$
b) $\mu = \dfrac{2d}{(y+2d)}$
c) $\mu = \dfrac{(2d+y)}{y}$
d) $\mu = \dfrac{y}{2d}$
e) $\mu = \dfrac{d}{(2d+y)}$

EXERCÍCIOS

25 (IME 2017)



Um corpo preso a uma corda elástica é abandonado em queda livre do topo de um edifício, conforme apresentado na figura acima. Ao atingir o solo, penetra numa distância x abaixo do nível do solo até atingir o repouso.

Diante do exposto, a força de resistência média que o solo exerce sobre o corpo é:

Dados:

- aceleração gravitacional: g;

- constante elástica da corda: k;

- massa do corpo: M;

- altura do edifício em relação ao solo: H;

- comprimento da corda: L;

- distância que o corpo penetra no solo até atingir o repouso: x.

Observação:

- a corda elástica relaxada apresenta comprimento menor que a altura do edifício.

a) $Mg + \dfrac{MgH + k(HL + Lx - Hx)}{x} - k\dfrac{H^2 + x^2 + L^2}{2x}$

b) $Mg + \dfrac{MgH + k(HL - Lx - Hx)}{2x} - k\dfrac{H^2 + x^2 + L^2}{x}$

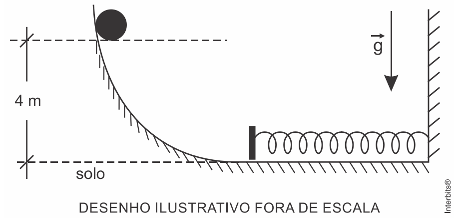
c) $Mg + \dfrac{MgH - k(HL + Lx + Hx)}{2x} + k\dfrac{H^2 + x^2 + L^2}{x}$

d) $Mg - \dfrac{MgH - k(HL - Lx - Hx)}{x} + k\dfrac{H^2 + x^2 + L^2}{2x}$

e) $Mg + \dfrac{MgH - k(HL + Lx - Hx)}{x} - k\dfrac{H^2 + x^2 + L^2}{2x}$

26 (ESPCEX 2017) Uma esfera, sólida, homogênea e de massa 0,8 kg é abandonada de um ponto a 4m de altura do solo em uma rampa curva.

Uma mola ideal de constante elástica k = 400 N/m é colocada no fim dessa rampa, conforme desenho abaixo. A esfera colide com a mola e provoca uma compressão.

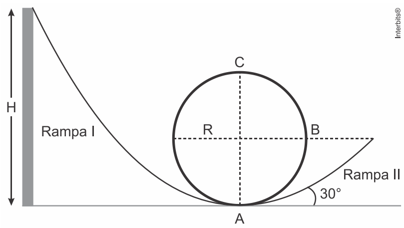


Desprezando as forças dissipativas, considerando a intensidade da aceleração da gravidade

$g = 10\ m/s^2$ e que a esfera apenas desliza e não rola, a máxima deformação sofrida pela mola é de:

a) 8 cm
b) 16 cm
c) 20 cm
d) 32 cm
e) 40 cm

27 (EBMSP 2017)



A figura representa o perfil idealizado de uma pista de skate, uma das atividades físicas mais completas que existem pois trabalha o corpo, a mente e a socialização do praticante. A pista é composta por duas rampas, I e II, interligadas por um *loop* circular de raio R, em um local onde o módulo da aceleração da gravidade é igual a g.

Considere um garoto no skate, de massa total m, como uma partícula com centro de massa movendo-se ao longo da pista. Sabe-se que o garoto no skate desce a rampa I, a partir do repouso, passa pelo ponto C com velocidade mínima sem perder o contato com a pista e abandona a rampa II.

Com base nessas informações e nos conhecimentos de Física, desprezando-se o atrito e a resistência do ar, é correto afirmar:

a) A altura H da rampa I é igual a 3R/(2).
b) O módulo da velocidade do garoto no skate, ao passar pelo ponto A, é igual a 5gR.
c) A intensidade da força normal que o garoto no skate recebe da superfície circular, ao passar pelo ponto B, é igual a 3mg.
d) O módulo da velocidade mínima que o garoto no skate deve ter no ponto C é igual a gR.
e) A componente horizontal da velocidade com que o garoto no skate abandona a rampa II tem módulo igual a √15gR/(4).

28 (UERJ 2017) Duas carretas idênticas, A e B, trafegam com velocidade de 50 km/h e 70 km/h, respectivamente.

Admita que as massas dos motoristas e dos combustíveis são desprezíveis e que E_A é a energia cinética da carreta A e E_B a da carreta B.

A razão E_A/E_B equivale a:

a) 5/7
b) 8/14
c) 25/49
d) 30/28

29 (IME 2018) Considere uma corda pendurada no teto de uma sala. O intervalo de tempo para um pulso ondulatório percorrer toda a corda é dado por:

Dados:

- comprimento da corda: L;

- densidade linear da corda: μ; e

- aceleração da gravidade: g.

a) $\sqrt{\frac{L}{2g}}$

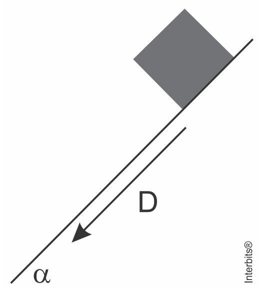
b) $2\sqrt{\frac{2L}{g}}$

c) $\sqrt{\frac{2L}{3g}}$

d) $\frac{2}{3}\sqrt{\frac{L}{g}}$

e) $2\sqrt{\frac{L}{g}}$

30 (PUCRJ 2017) Um objeto é abandonado do repouso sobre um plano inclinado de ângulo $\alpha = 30°$, como mostra a Figura. O coeficiente de atrito cinético entre o objeto e o plano inclinado é $\mu_c = \sqrt{3}/9$.



Calcule a velocidade do objeto, em m/s, após percorrer uma distância D = 0,15 m ao longo do plano inclinado.

Dados:

$g = 10\ m/s^2$

sen 30° = 1/2

cos 30° = $\sqrt{3}/2$

a) 0,00
b) 0,15
c) 1,00
d) 1,50
e) 1,73

ANOTAÇÕES

GABARITO DJOW

TRABALHO, POTÊNCIA E ENERGIA MECÂNICA

1: [B]

Pelo teorema da energia potencial, o trabalho da força peso entre dois pontos independe da trajetória e é dado pela diferença entre as energias potenciais inicial e final.

$W_P = E^i_{pot} - E^f_{pot} = mgh_i - mgh_f = mg(h_i - h_f)$.

Após um período de oscilação vertical, o corpo oscilante encontra-se na mesma altura, ou seja, $h_i = h_f \rightarrow h_i - h_f = 0 \rightarrow W_P = 0$.

Portanto, o trabalho da força peso na situação pedida é nulo.

2: [C]

W = mgh

W = 75.10.6,03

W = 4.522,5

W ≅ 4,52 kJ

3: [C]

Como o trabalho realizado na situação envolve translação na horizontal, sendo o deslocamento igual em ambos os casos, terá maior trabalho realizado a situação que envolver a maior força na direção horizontal. Como os módulos das forças são iguais nos dois casos, a primeira situação, caso (a), tem uma redução da força na direção do deslocamento (horizontal) por ser uma força inclinada, realizando menor trabalho no trecho. No caso (b) temos o maior trabalho realizado, pois a força é aplicada na mesma direção do deslocamento.

4: [E]

Sabendo que o corpo parte do repouso, então a energia cinética inicial é nula. Usando o Teorema da Energia Cinética:

$$\tau = E_{c,final} - \underbrace{E_{c,inicial}}_{=0} \Rightarrow \tau = E_{c,final}$$

Para $x = 2$:

$$E_{c2} = \tau = \text{área} \Rightarrow E_{c2} = \frac{2\,m \cdot 6\,N}{2} \therefore E_{c2} = 6\,J$$

Para $x = 4m$:

$$E_{c4} = \tau = \text{área} \Rightarrow E_{c4} = \frac{4\,m \cdot 6\,N}{2} \therefore E_{c4} = 12\,J$$

5: [C]

Dados:

L = 1mm = 10^{-3}m; m=50 g=50x10^{-3}kg; h=10% L=0,1(10^{-3})m = 10^{-4}m; g = 10m/s^2.

O trabalho realizado pela força tensora exercida pela fibra é igual ao ganho de energia potencial.

$W_F = mgh = 50 \times 10^{-3} \times 10 \times 10^{-4} \rightarrow W_F = 5\times10^{-5}J$

6: [A]

Sabendo que a potência é dada pelo trabalho sobre o tempo, P = τ/(t), e sabendo que o trabalho realizado em subir pela rampa ou pela escada é o mesmo e o tempo de quem sobe pela rampa é maior, logo, a potência empregada por quem sobe a rampa é menor.

7: [A]

Aplicando a definição de potência média:

$$P_{ot} = \frac{E_{pot}}{\Delta t} = \frac{mgh}{\Delta t} = \frac{30 \times 10 \times 5}{5} \Rightarrow \boxed{P_{ot} = 300\,W.}$$

Supondo que a subida tenha sido à velocidade constante:

F = P = mg = 30x10 → F = 300N

8: [C]

Analisando o sistema e aplicando o teorema da conservação da energia mecânica:

$$mgh = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow h = \frac{v^2}{2g} \Rightarrow \frac{28^2}{2 \cdot 10} \Rightarrow h = 39{,}2m \Rightarrow \boxed{h \cong 40\text{ m.}}$$

9: [C]

A energia cinética ao abandonar a mão do garoto é:

$$E_0 = \frac{m\,v_0^2}{2}. \quad (I)$$

No ponto mais alto da trajetória a velocidade é:

$v_x = v_0 \cos\alpha.$

A energia cinética nesse ponto mais alto é:

$$E = \frac{m\,v_x^2}{2} = \frac{m(v_0 \cos\alpha)^2}{2} = \frac{m\,v_0^2}{2} \cdot \cos^2\alpha. \quad (II)$$

Substituindo (I) em (II): $E = E_0.\cos^2\alpha$

10: [A]

Para o sistema conservativo, a energia cinética da corrida mais a energia potencial gravitacional do seu centro de massa (ponto A) é igual à energia potencial gravitacional somada à energia cinética no ponto mais alto da trajetória (ponto B).

$$E_{M(A)} = E_{M(B)}$$

$$mgh_A + \frac{m(v_A)^2}{2} = mgh_B + \frac{m(v_B)^2}{2}$$

Simplificando a massa do atleta, substituindo os valores e explicitando a velocidade do ponto A, temos:

$$v_A = \sqrt{2g(h_B - h_A) + (v_B)^2} \Rightarrow v_A = \sqrt{2 \cdot 10\,m/s^2 \cdot (2{,}45 - 1)\,m + (2\sqrt{5}\,m/s)^2}$$

$$v_A = \sqrt{29 + 20} \Rightarrow v_A = \sqrt{49} \therefore v_A = 7\,m/s$$

11: [A]

[I] Verdadeiro.

[II] Falso. Na medida em que o objeto cai, diminui sua energia potencial.

[III] Falso. Na queda, a energia mecânica do objeto permanece a mesma.

[IV] Falso. Na queda, ocorre a conservação da energia mecânica.

12: [D]

A potência é dada pela razão entre o trabalho e o tempo:

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

Mas o trabalho é igual a variação da energia cinética:

$$\tau = \Delta E_c \Rightarrow \tau = E_{c(final)} - \underbrace{E_{c(inicial)}}_{=0} \therefore \tau = E_{c(final)}$$

Juntando as expressões e explicitando o tempo:

$$P = \frac{E_{c(final)}}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{E_{c(final)}}{P} = \frac{m \cdot v^2}{2 \cdot P}$$

Substituindo os valores e passando para o sistema internacional:

$$\Delta t = \frac{m \cdot v^2}{2 \cdot P} = \frac{500\ kg \cdot \left(144\ km/h \cdot \frac{1}{3,6}\ \frac{m/s}{km/h}\right)^2}{2 \cdot \left(80\ cv \cdot \frac{750\ W}{1\ cv}\right)} \therefore \Delta t = 6,67\ s$$

13: [C]

Energia liberada na combustão de 5L de gasolina comum:

$$E = 3,2 \cdot 10^4\ \frac{kJ}{L} \cdot 5\ L = 16 \cdot 10^4\ kJ$$

Equivalente em kJ de 8,6kWh:

$$1\ kWh \text{ ——— } 3,6 \cdot 10^3\ kJ$$
$$8\ kWh \text{ ——— } x$$
$$x \cong 3,1 \cdot 10^4\ kJ$$

Portanto, a porcentagem pedida é:

$$p = \frac{3,1 \cdot 10^4}{16 \cdot 10^4} \cdot 100\% = 19,375\%$$
$$\therefore p \cong 20\%$$

14: [A]

Sendo v a velocidade do projétil e v_A a velocidade do conjunto corpo + projétil após a colisão, por conservação da quantidade de movimento, temos:

$$mv = 10mv_A \Rightarrow v_A = \frac{v}{10}$$

Por conservação de energia, a velocidade do conjunto no ponto B será:

$$E_{m_A} = E_{m_B}$$
$$\frac{10m{v_A}^2}{2} = 10mgR + \frac{10m{v_B}^2}{2} \Rightarrow v_B = \sqrt{\frac{v^2}{100} - 2gR}$$

Para o lançamento horizontal, temos:

Em y:

$$R = \frac{1}{2}gt^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2R}{g}}$$

Em x:

$$R = v_B t = \sqrt{\frac{v^2}{100} - 2gR} \cdot \sqrt{\frac{2R}{g}} \Rightarrow$$
$$R^2 = \frac{2v^2R}{100g} - 4R^2 \Rightarrow v^2 = 100 \cdot \frac{5gR}{2}$$
$$\therefore v = 10\sqrt{\frac{5gR}{2}}$$

15 [E]

Após o lançamento horizontal, temos:

Em y:

$$h = \frac{1}{2}gt^2 \Rightarrow 1,25 = \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot t^2 \Rightarrow t = 0,5\ s$$

(tempo de queda)

Em x:

$$d = vt \Rightarrow 5 = v \cdot 0,5 \Rightarrow v = 10\ m/s$$

(velocidade horizontal da esfera)

Desprezando o atrito com a mesa, por conservação da energia mecânica:

$$\frac{kx^2}{2} = \frac{mv^2}{2}$$
$$k \cdot 0,1^2 = 0,05 \cdot 10^2$$
$$\therefore k = 500\ N/m$$

26: [E]

$$F = k \cdot x \Rightarrow x = \frac{F}{k}$$
$$2 \cdot F = k \cdot x \Rightarrow x = \frac{2 \cdot F}{k}$$
$$E = \frac{1}{2}k \cdot (x)^2 \Rightarrow E = \frac{1}{2}k \cdot \left(\frac{F}{k}\right)^2 \Rightarrow E = \frac{1}{2} \cdot \frac{F^2}{k}$$
$$E' = \frac{1}{2}k \cdot \left(\frac{2 \cdot F}{k}\right)^2 \Rightarrow E' = 4 \cdot \frac{1}{2} \cdot k \cdot \left(\frac{F}{k}\right)^2 \Rightarrow E' = 4 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{F^2}{k} \Rightarrow E' = 4 \cdot E$$

17: [A]

Como a letra P encontra-se na posição mais baixa do movimento, a energia potencial nesta posição é mínima e a energia cinética é máxima.

18: [D]

Essa questão pode ser resolvida mentalmente, basta você lembrar o teorema trabalho-conservação de energia (2) e da definição de trabalho (1), com isso você terá a seguinte equação: $F.\Delta S = -1/(2)mv_i^2$, e fica fácil de visualizar que se dobrarmos a velocidade (que está elevada ao quadrado) a distância terá que quadruplicar.

Segue logo abaixo uma prova matemática:

$$W = F \cdot \Delta S \quad (1)$$
$$W = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2 \quad (2)$$
$$W = 0 - \frac{1}{2}mv_i^2$$
$$W = -\frac{1}{2}mv_i^2 \quad (3)$$

Substituindo (1) em (3), temos:

DINÂMICA

$$F \cdot \Delta S = -\frac{1}{2} m v_i^2$$

$$F_{at} \cdot \Delta S = -\frac{1}{2} m v_i^2$$

$$\Delta S = -\frac{m v_i^2}{2F_{at}} \qquad (4)$$

No novo caso teremos o dobro da velocidade inicial:

$$\Delta S' = -\frac{m \cdot (2v_i)^2}{2F_{at}}$$

$$\Delta S' = -\frac{m \cdot 4v_i^2}{2F_{at}}$$

$$\Delta S' = -\frac{4 \cdot m v_i^2}{2F_{at}}$$

$$\Delta S' = -4 \cdot \frac{m v_i^2}{2F_{at}} \qquad (5)$$

Substituindo (4) em (5), temos:

$\Delta S' = 4.\ \Delta S$

19: [E]

Pelo teorema da Energia cinética sabemos que o trabalho realizado pela força de atrito é igual à variação da energia cinética desenvolvida pelo corpo. Neste caso, a força é resistiva, isto é, é contrária ao movimento do corpo e, portanto, tem sinal negativo.

$$\tau = \Delta E_c \Rightarrow -F_{at} \cdot d = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2}$$

Como a velocidade final é nula, vem:

$$-F_{at} \cdot d = -\frac{mv_0^2}{2} \Rightarrow d = \frac{mv_0^2}{2\mu_c \cdot m \cdot g} \therefore d = \frac{v_0^2}{2\mu_c \cdot g}$$

Utilizando os dados do problema com a velocidade no S.I., temos que a distância medida da frenagem será:

$$d = \frac{v_0^2}{2\mu_c \cdot g} \Rightarrow d = \frac{\left(108\ km/h \cdot \frac{1\ m/s}{3{,}6\ km/h}\right)^2}{2 \cdot 0{,}5 \cdot 10\ m/s^2} \Rightarrow d = \frac{900\ m^2/s^2}{10\ m/s^2} \therefore d = 90\ m$$

20: [D]

$$E_a = E_d$$

$$mgh + \frac{1}{2} m v_A^2 - 40 = mg \cdot \frac{h}{2} + \frac{1}{2} m v_B^2$$

$$mgh + 0 - 40 = mg \cdot \frac{h}{2} + \frac{1}{2} m v_B^2$$

$$20 \cdot 10 \cdot 10 - 40 = 20 \cdot 10 \cdot 5 + \frac{1}{2} \cdot 20 \cdot v_B^2$$

$$2.000 - 40 = 1.000 + 10v_B^2$$

$$1.960 - 1.000 = 10v_B^2$$

$$960 = 10v_B^2$$

$$v_B^2 = 96$$

$$v_B \cong 10\ m/s$$

21: [E]

Do ponto de vista do chão: o drone deve sobrevoar 60m (50m do edifício e mais 10m que ele precisa ficar acima).

$E_{g1} = mgh$

$E_{g1} = mg.60$

$E_{g1} = 60.mg$

Do ponto de vista do drone: ele (drone) está a 10m acima do prédio, logo sua energia potencial será:

$E_{g2} = mgh$

$E_{g2} = mg.10$

$E_{g2} = 10.mg$

A razão entre eles será:

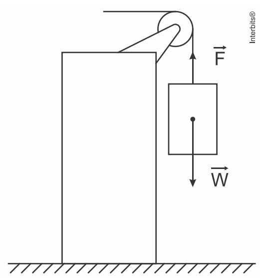
$$\frac{E_{g1}}{E_{g2}} = \frac{60 \cdot mg}{10 \cdot mg}$$

$$\frac{E_{g1}}{E_{g2}} = \frac{60}{10}$$

$$\frac{E_{g1}}{E_{g2}} = 6$$

Observação: *essa questão depende muito do referencial que você está tratando.*

22: [A]



Seja o plano térreo o nível de referência para a energia potencial. As forças atuantes sobre a carga do elevador são as forças de tração F e peso W.

Sendo R = F + W a resultante das forças sobre a carga do elevador, então: $\tau_R = \tau_F + \tau_W$ (I)

com τ_R sendo o trabalho da força resultante R, τ_F o trabalho da força F e τ_W o trabalho da força peso W.

O teorema do trabalho e energia diz que o trabalho realizado pela força resultante sobre um corpo é igual à variação da energia cinética do corpo, ou seja,

$\tau_R = \Delta E_C = E_{Cf} - E_{C0}$ (II)

Como o elevador subiu a uma velocidade v_0 constante, da equação (II) tem-se que:

$$\tau_R = E_{C_f} - E_{C_0} = \frac{m_{elev}\ v_0^2}{2} - \frac{m_{elev}\ v_0^2}{2} = 0$$

ou seja, não houve variação da energia cinética e $\tau_R = 0$.

Aplicando-se esse resultado na equação (I), tem-se que:

$\tau_F + \tau_W = \tau_R = 0 \rightarrow \tau_F = -\tau_W$ (III)

Como W é uma força conservativa (a única força conservativa), então:

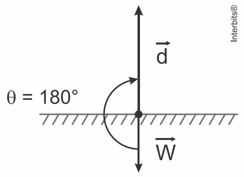
$\tau_W = E_{P0} = E_{Pf} = 0 - m_{elev} gh = -m_{elev} gh$ (IV)

sendo m_{elev} a massa da carga do elevador, g a aceleração da gravidade e h a altura percorrida pelo elevador.

Outra forma de calcular τ_W, nesse caso particular Por definição:

$\tau_W = |W|\ |d|\ |\cos\theta$

sendo d o vetor deslocamento da carga e θ o ângulo entre o vetor deslocamento e a força W.



Assim, τ_W = |W| |d| |cosθ = (m_{elev}g)hcos180°, ou seja, τ_W = -mgh que foi o mesmo resultado em (IV).

Das equações (III) e (IV), conclui-se que:

$$\tau_F = -\tau_W = -(-m_{elev}gh) = m_{elev}gh$$
$$\tau_F = 6 \times 10^3 [kg] \times 10[m/s^2] \times 20[m]$$
$$\tau_F = 1{,}2 \times 10^6 J$$

A potência média útil desenvolvida pelo elevador é:

$$P_{útil} = \frac{\tau_F}{\Delta t} = \frac{1{,}2 \times 10^6 [J]}{10[s]} = 1{,}2 \times 10^5 N$$

ou seja,

$P_{útil}$ = 120kW

23: [C]

[A] Verdadeira. Na figura (a) temos o equilíbrio entre o peso da pedra e a força elástica, portanto:

$$P = F_e \Rightarrow mg = kx \Rightarrow k = \frac{mg}{x} \Rightarrow k = \frac{6\ kg \cdot 10\ m/s^2}{0{,}1\ m} \therefore k = 600\ N/m$$

[B] Verdadeira. Calculando a Energia potencial elástica para o ponto de compressão máxima da mola, temos:

$$E_{pe} = \frac{k\ x^2}{2} \Rightarrow E_{pe} = \frac{600\ N/m \cdot (0{,}3\ m)^2}{2} \therefore E_{pe} = 27\ J$$

[C] Falsa. Para o sistema considerado conservativo, a energia mecânica é conservada em todos os pontos. Considerando as figuras (b) e (c), temos:

$$E_{M(b)} = E_{M(c)} \Rightarrow E_{pe(b)} = E_{c(c)} + E_{pg(c)} \Rightarrow 27\ J = E_{c(c)} + m\ g\ h_c \Rightarrow$$
$$27\ J = E_{c(c)} + 6\ kg \cdot 10\ m/s^2 \cdot 0{,}4\ m \Rightarrow 27\ J = E_{c(c)} + 24\ J \therefore E_{c(c)} = 27\ J - 24\ J = 3\ J$$

[D] Verdadeira. Para o ponto (d) sendo considerado a altura máxima atingida pela pedra:

$$E_{M(b)} = E_{M(d)} \Rightarrow 27\ J = m\ g\ h_d \Rightarrow h_d = \frac{27\ J}{6\ kg \cdot 10\ m/s^2} \therefore h_d = 0{,}45\ m = 45\ cm$$

[E] Verdadeira. Na situação da figura (b), o diagrama de forças do sistema será:

$$P + F = F_e \Rightarrow F = F_e - P$$

Então, substituindo os valores calculados anteriormente:

$$F = 600\ N/m \cdot 0{,}3\ m - 60\ N \Rightarrow F = 180\ N - 60\ N \therefore F = 120\ N$$

24: [A]

Equações para os blocos antes do bloco B atingir o solo:

$$\begin{cases} T - \mu mg = ma & \text{(bloco A)} \\ mg - T = ma & \text{(bloco B)} \end{cases}$$

Somando as equações, vem:

$$mg - \mu mg = 2ma \Rightarrow a = \frac{g(1-\mu)}{2}$$

Velocidade do bloco A após percorrer y:

$$v_A^2 = 0^2 + 2ay$$

Substituindo este resultado na equação obtida para a aceleração, obtemos:

$$v_A^2 = yg(1-\mu)$$

Após B atingir o solo, o bloco A percorrerá a distância d até parar:

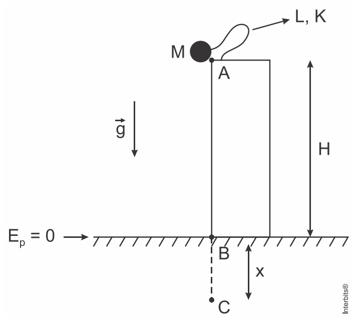
$$\tau = -F_{at} \cdot d = \Delta E_c \Rightarrow -\mu mgd = \frac{m}{2}\left(0^2 - v_A^2\right)$$

Substituindo V_A^2 nesta expressão, chegamos a:

$$\mu mgd = \frac{m}{2} yg(1-\mu) \Rightarrow 2\mu d = y - y\mu \Rightarrow \mu(2d + y) = y$$
$$\therefore \mu = \frac{y}{2d + y}$$

25: [A]

Considere a figura a seguir:



A massa do corpo é M, o comprimento natural da corda e sua constante elástica são L e k, respectivamente.

H é a altura do prédio em relação ao solo, e x é a distância percorrida pelo corpo enquanto penetra no solo.

Considerando que não há perdas de energia no deslocamento do corpo do ponto A ao ponto B, pode-se afirmar que:

$E_{MA} = E_{MB}$

sendo E_{MX} a energia mecânica total do corpo num ponto X genérico.

Adotou-se o solo como nível de referência para a energia potencial gravitacional, de modo que:

E_{PB} = 0[J]

sendo E_{PX} a energia potencial do corpo numa posição genérica x.

Conclui-se que:

(i) $E_{MB} = E_{MA}$ = MgH

(ii) E_{MC} = Mg(-x)+k/(2) (H – L + x)²

sendo ΔL = H – L + x a distensão da corda quando o corpo se encontra na posição C.

A variação da energia mecânica total do corpo em seu deslocamento entre os ponto B e C é dada pelo trabalho da força de resistência à penetração no solo, de modo que:

- $F_R x = \Delta E_{MBC} = E_{MC} - E_{MB}$

sendo F_R o módulo da força de referência média.

Conclui-se que:

DINÂMICA

$$F_R = \frac{-1}{x}(E_{M_C} - E_{M_B})$$
$$F_R = \frac{-1}{x}\left(-Mgx + \frac{k}{2}(H - L + x)^2 - MgH\right)$$
$$F_R = Mg + \frac{MgH}{x} - \frac{k(H - L + x)^2}{2x}$$
$$F_R = Mg + \frac{MgH}{x} - \frac{k}{2x}\left[H^2 + L^2 + x^2 + 2Hx - 2HL - 2Lx\right]$$
$$F_R = Mg + \frac{MgH}{x} + \frac{k}{\cancel{2}x}(\cancel{2}HL - \cancel{2}Lx - \cancel{2}Hx) - \frac{k}{2x}(H^2 + L^2 + x^2)$$
$$F_R = Mg + \frac{MgH + k(HL - Lx - Hx)}{x} - \frac{k}{2x}(H^2 + L^2 + x^2)$$

26: [E]

Seja t_1 o instante em que a esfera é abandonada, a uma altura de 4m sobre a rampa, e t_2 o instante em que ocorre a máxima compressão da mola pela esfera.

Como as forças dissipativas foram desprezadas, então:

$E_{M1} = E_{M2}$ (1)

sendo E_{M1} a energia mecânica do sistema no instante t_1, e E_{M2} a energia mecânica do sistema no instante t_2.

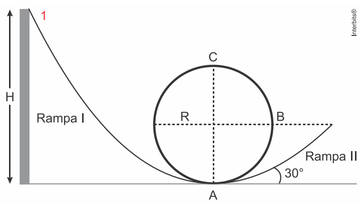
Em t_1, $E_{M1} = E_{P1} = mgh$, pois a velocidade da esfera $v_1 = 0$ (a energia mecânica é apenas a potencial gravitacional).

Em t_2, $E_{M2} = kx^2/2$, ou seja, a energia mecânica do sistema constitui-se apenas da energia potencial elástica acumulada na mola deformada.

Substituindo as expressões de E_{M1} e E_{M2} na equação (1), tem-se que:

$$mgh = \frac{kx^2}{2} \Rightarrow$$
$$\Rightarrow x^2 = \frac{2mgh}{k} = \frac{2 \times 0{,}8 \times 10 \times 4}{400} = 0{,}16$$
$$\Rightarrow x = \sqrt{0{,}16} = 0{,}4 \text{ m} = 40 \text{ cm}$$

27: [C]



[A] Incorreto, pois:

$$E_{m1} = E_{mC}$$
$$mgH = \frac{1}{2}mv_c^2$$
$$gH = \frac{1}{2}v_c^2$$
$$2g \cdot \frac{R}{2} = v_c^2$$
$$g \cdot R = v_c^2$$
$$v_c^2 = g \cdot R \qquad (I)$$
$$E_{m_1} = E_{m_A}$$
$$mgH = \frac{1}{2}mV_A^2$$
$$gH = \frac{1}{2}V_A^2$$
$$2gH = V_A^2$$
$$V_A^2 = 2gH \qquad (II)$$

$$E_{mA} = E_{mC}$$
$$\frac{1}{2}mV_A^2 = \frac{1}{2}mV_c^2 + mg2R \qquad (III)$$

Substituindo (II) e (I) em (III), tem-se que:

$$\frac{1}{2}m2gH = \frac{1}{2}mgR + mg2R$$
$$H = \frac{1}{2}R + 2R$$
$$H = \frac{5}{2}R \qquad (IV)$$

[B] Incorreto, pois:

$$E_{m_1} = E_{m_A}$$
$$mgH = \frac{1}{2}mV_A^2$$
$$gH = \frac{1}{2}V_A^2$$
$$2gH = V_A^2$$
$$V_A^2 = 2gH \qquad (II)$$

[C] Correto, pois

$$E_{m_A} = E_{m_B}$$
$$E_{c_A} = E_{pg_B} + E_{c_B}$$
$$\frac{1}{2}mV_A^2 = mgR + \frac{1}{2}mV_B^2$$
$$\frac{1}{2}V_A^2 = gR + \frac{1}{2}V_B^2 \qquad (V)$$

Substituindo (II) em (V), tem-se que:

$$\frac{1}{2} \cdot 2gH = gR + \frac{1}{2}V_B^2$$
$$gH = gR + \frac{1}{2}V_B^2$$
$$g(H - R) = \frac{1}{2}V_B^2$$
$$2g(H - R) = V_B^2$$
$$V_B^2 = 2g(H - R) \qquad (VI)$$
$$N_B = ma_c$$
$$N_B = m \cdot \frac{V_B^2}{R} \qquad (VII)$$

Substituindo (VI) em (VII), tem-se que:

$$N_B = m \cdot \frac{V_B^2}{R}$$
$$N_B = m \cdot \frac{2g(H - R)}{R} \qquad (VIII)$$

Substituindo (IV) em (VIII), tem-se que:

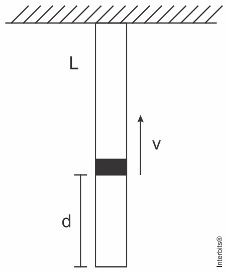
$$N_B = m \cdot \frac{2g(\frac{5R}{2} - R)}{R}$$
$$N_B = m \cdot \frac{2g(\frac{3R}{2})}{R}$$
$$N_B = m \cdot \frac{g \cdot 3R}{R}$$
$$N_B = m \cdot g \cdot 3$$
$$N_B = 3mg$$

Observação: Não é possível resolver essa questão sem antes resolver a alternativa [A].

28: [C]

$$\frac{E_A}{E_B}=\frac{\frac{m v_A^2}{2}}{\frac{m v_B^2}{2}}=\frac{\cancel{m} v_A^2}{\cancel{2}}\times\frac{\cancel{2}}{\cancel{m} v_B^2}=\left(\frac{v_A}{v_B}\right)^2=\left(\frac{50}{70}\right)^2 \Rightarrow \boxed{\frac{E_A}{E_B}=\frac{25}{49}.}$$

29: [E]



A tração na corda é dada por:

$T(d) = m(d).g \rightarrow T(d) = \mu dg$

Pela fórmula de Taylor:

$$v(d)=\sqrt{\frac{T(d)}{ì}}=\sqrt{\frac{ì\, dg}{ì}} \Rightarrow v^2(d)=dg$$

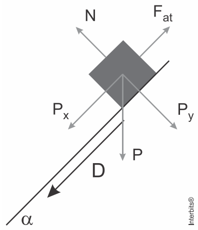
Por cinemática, obtemos:

$$v^2(d)=v_0{}^2+2ad \Rightarrow dg=0^2+2ad \Rightarrow a=\frac{g}{2}$$

$$s=s_0+v_0\Delta t+\frac{a\Delta t^2}{2} \Rightarrow L=0+0\cdot\Delta t+\frac{g}{2}\cdot\frac{\Delta t^2}{2} \Rightarrow \Delta t^2=\frac{4L}{g}$$

$$\therefore \Delta t=2\sqrt{\frac{L}{g}}$$

30: [C]



$$\Delta E_c = W$$

$$\frac{1}{2}\cdot m\cdot v^2=F_r\cdot d$$

$$\frac{1}{2}\cdot m\cdot v^2=(P_x-F_{at})\cdot d$$

$$\frac{1}{2}\cdot m\cdot v^2=(P\cdot \text{sen}\theta-\mu\cdot P\cdot\cos\theta)\cdot d$$

$$\frac{1}{2}\cdot m\cdot v^2=(m\cdot g\cdot \text{sen}\theta-\mu\cdot m\cdot g\cdot\cos\theta)\cdot d$$

$$\frac{1}{2}v^2=(g\cdot \text{sen}\theta-\mu\cdot g\cdot\cos\theta)\cdot d$$

$$v=\sqrt{2\cdot g\cdot d\cdot(\text{sen}\theta-\mu\cos\theta}$$

$$v=\sqrt{2\cdot 10\cdot 0{,}15\cdot(\text{sen}(30)-\mu\cdot\cos(30))}$$

$$v=\sqrt{2\cdot 10\cdot 0{,}15\cdot\left(\frac{1}{2}-\frac{\sqrt{3}}{9}\cdot\frac{\sqrt{3}}{2}\right)} \Rightarrow v=\sqrt{2\cdot 10\cdot 0{,}15\cdot\left(\frac{1}{2}-\frac{3}{18}\right)} \Rightarrow$$

$$v=\sqrt{2\cdot 10\cdot 0{,}15\cdot\left(\frac{6}{18}\right)} \Rightarrow v=\sqrt{1} \Rightarrow v=1\,m/s$$

DINÂMICA

ANOTAÇÕES