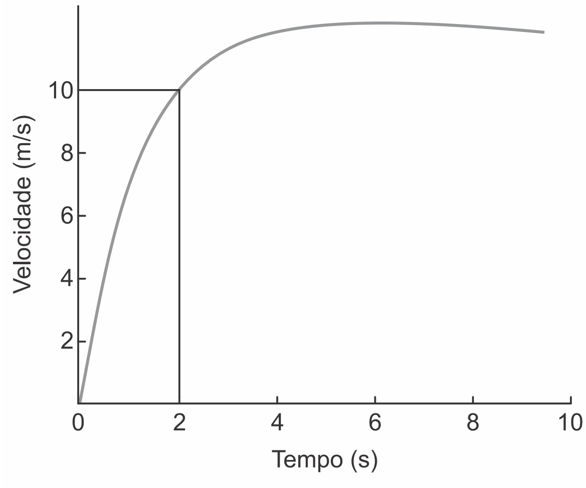
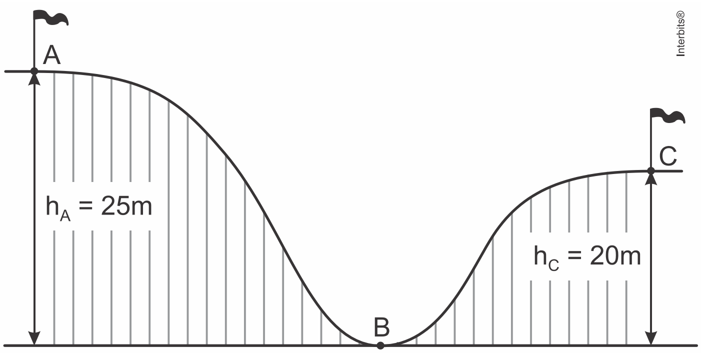
1. O gráfico mostra a velocidade em função do tempo de um atleta de massa 80 kg em uma corrida de 100 metros rasos.



(http://cienciasolimpicas.blogspot.com. Adaptado.)

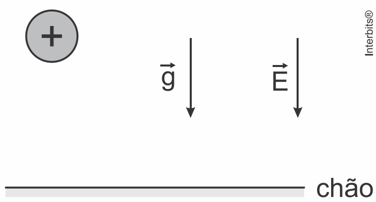
O trabalho resultante realizado sobre o atleta no intervalo de tempo entre 0 e 2 segundos foi de
a) 1.200 J.
b) 1.600 J.
c) 800 J.
d) 2.800 J.
e) 4.000 J.

2. Um carro de montanha russa parte do repouso do ponto A situado a 25 m do solo. Admitindo que ele não abandone a pista, desprezando os atritos e considerando $g = 10\ m/s^2$, calcule a velocidade do carro no ponto C situado a 20 m do solo e assinale a opção correta.



a) 5 m/s
b) 10 m/s
c) 15 m/s
d) 20 m/s
e) 30 m/s

3. Existem na natureza forças que podemos observar em nosso cotidiano. Dentre elas, a força gravitacional da Terra e a força elétrica. Num experimento, solta-se uma bola com carga elétrica positiva, a partir do repouso, de uma determinada altura, numa região em que há um campo elétrico dirigido verticalmente para baixo, e mede-se a velocidade com que ela atinge o chão. O experimento é realizado primeiramente com uma bola de massa m e carga q, e em seguida com uma bola de massa $2m$ e mesma carga q.



Desprezando a resistência do ar, é correto afirmar que, ao atingir o chão,
a) as duas bolas terão a mesma velocidade.
b) a velocidade de cada bola não depende do campo elétrico.
c) a velocidade da bola de massa m é maior que a velocidade da bola de massa $2m$.
d) a velocidade da bola de massa m é menor que a velocidade da bola de massa $2m$.

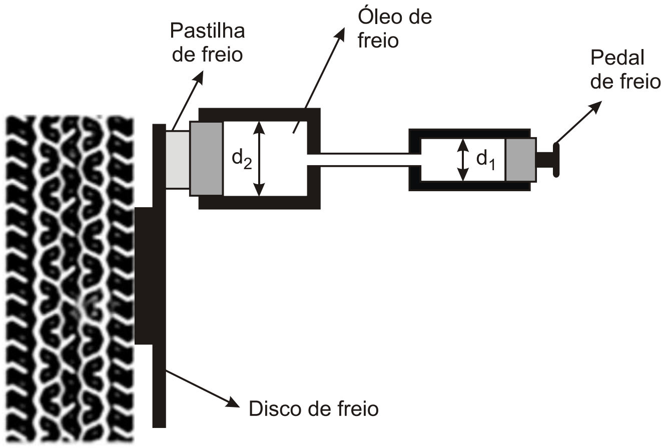
4. Uma força horizontal de módulo constante $F = 100\ N$ é aplicada sobre um carrinho de massa $M = 10{,}0\ kg$ que se move inicialmente a uma velocidade $v_i = 18\ km/h$. Sabendo-se que a força atua ao longo de um deslocamento retilíneo $d = 2{,}0\ m$, a velocidade final do carrinho, após esse percurso, vale, aproximadamente,
a) $5{,}0\ m/s$.
b) $8{,}1\ m/s$.
c) $19{,}1\ m/s$.
d) $65{,}0\ m/s$.

5. Uma análise criteriosa do desempenho de Usain Bolt na quebra do recorde mundial dos 100 metros rasos mostrou que, apesar de ser o último dos corredores a reagir ao tiro e iniciar a corrida, seus primeiros 30 metros foram os mais velozes já feitos em um recorde mundial, cruzando essa marca em 3,78 segundos. Até se colocar com o corpo reto, foram 13 passadas, mostrando sua potência durante a aceleração, o momento mais importante da corrida. Ao final desse percurso, Bolt havia atingido a velocidade máxima de $12\ m/s$.

Disponível em: http://esporte.uol.com.br. Acesso em: 5 ago. 2012 (adaptado)

Supondo que a massa desse corredor seja igual a 90 kg, o trabalho total realizado nas 13 primeiras passadas é mais próximo de
a) $5{,}4 \times 10^2\ J$.
b) $6{,}5 \times 10^3\ J$.
c) $8{,}6 \times 10^3\ J$.
d) $1{,}3 \times 10^4\ J$.
e) $3{,}2 \times 10^4\ J$.

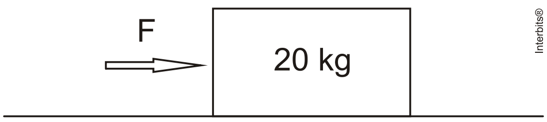
TEXTO PARA A PRÓXIMA QUESTÃO:
A figura abaixo mostra, de forma simplificada, o sistema de freios a disco de um automóvel. Ao se pressionar o pedal do freio, este empurra o êmbolo de um primeiro pistão que, por sua vez, através do óleo do circuito hidráulico, empurra um segundo pistão. O segundo pistão pressiona uma pastilha de freio contra um disco metálico preso à roda, fazendo com que ela diminua sua velocidade angular.



6. Qual o trabalho executado pela força de atrito entre o pneu e o solo para parar um carro de massa $m = 1.000\ \text{kg}$, inicialmente a $v = 72\ \text{km/h}$, sabendo que os pneus travam no instante da frenagem, deixando de girar, e o carro desliza durante todo o tempo de frenagem?

a) $3,6 \times 10^4$ J.
b) $2,0 \times 10^5$ J.
c) $4,0 \times 10^5$ J.
d) $2,6 \times 10^6$ J.

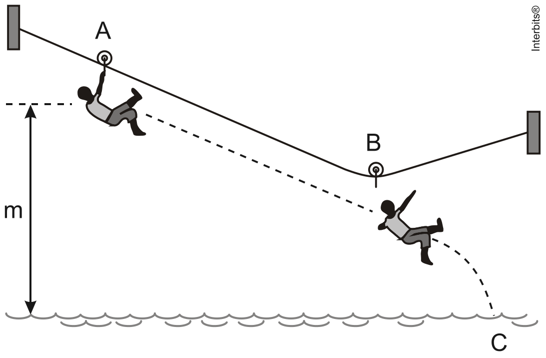
7. Observe a figura abaixo.



Uma força constante "F" de $200\ \text{N}$ atua sobre o corpo, mostrado na figura acima, deslocando-o por $10\ \text{s}$ sobre uma superfície, cujo coeficiente de atrito vale 0,2.
Supondo que, inicialmente, o corpo encontrava-se em repouso, e considerando a gravidade local como sendo $10\ \text{m/s}^2$, pode-se afirmar que o trabalho da força resultante, que atuou sobre o bloco, em joules, foi igual a:

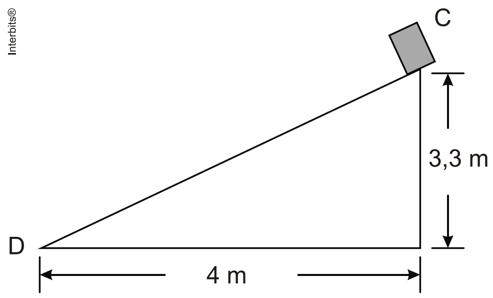
a) 20000
b) 32000
c) 40000
d) 64000
e) 80000

8. A figura ilustra um brinquedo oferecido por alguns parques, conhecido por *tirolesa*, no qual uma pessoa desce de determinada altura segurando-se em uma roldana apoiada numa corda tensionada. Em determinado ponto do percurso, a pessoa se solta e cai na água de um lago.



Considere que uma pessoa de 50 kg parta do repouso no ponto A e desça até o ponto B segurando-se na roldana, e que nesse trajeto tenha havido perda de 36% da energia mecânica do sistema, devido ao atrito entre a roldana e a corda. No ponto B ela se solta, atingindo o ponto C na superfície da água. Em seu movimento, o centro de massa da pessoa sofre o desnível vertical de 5 m mostrado na figura.
Desprezando a resistência do ar e a massa da roldana, e adotando $g = 10\ m/s^2$, pode-se afirmar que a pessoa atinge o ponto C com uma velocidade, em m/s, de módulo igual a
a) 8.
b) 10.
c) 6.
d) 12.
e) 4.

9. Uma caixa de 5 kg é lançada do ponto C com 2 m/s sobre um plano inclinado, como na figura. Considerando que 30% da energia mecânica inicial é dissipada na descida por causa do atrito, pode-se afirmar que a velocidade com que a caixa atinge o ponto D é, em m/s, de:
(considere $g = 10\ m/s^2$)

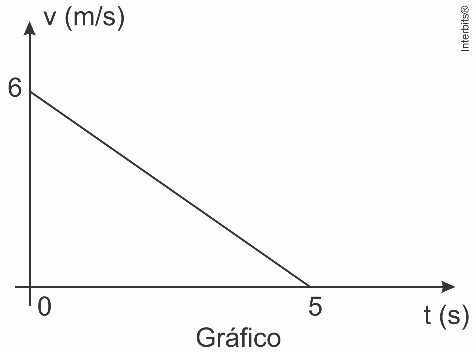


a) 4
b) 5
c) 6
d) 7
e) 8,4

10. Um foguete de 1 tonelada de massa viaja com uma velocidade de 360 km/h em uma região do espaço onde as forças da gravidade são desprezíveis. Em um determinado momento, seus motores são acionados e, após a queima de 200 kg de combustível, sua velocidade passa a ser de 720 km/h.

Com base no que foi exposto, é correto afirmar que o trabalho realizado sobre o foguete pelo motor, durante a queima do combustível, corresponde a:
a) $4{,}7 \times 10^7\ J$
b) $1{,}1 \times 10^7\ J$
c) $1{,}5 \times 10^7\ J$
d) $1{,}4 \times 10^7\ J$
e) $1{,}9 \times 10^7\ J$

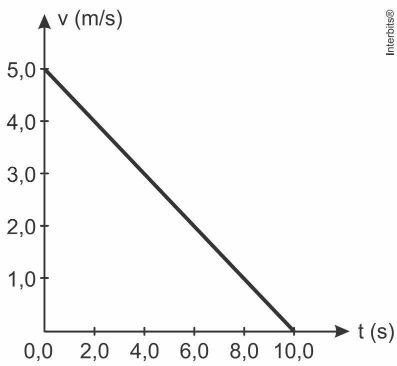
11. Um bloco de massa igual a $1,5\ \text{kg}$ é lançado sobre uma superfície horizontal plana com atrito com uma velocidade inicial de $6\ \text{m/s}$ em $t_1 = 0\ \text{s}$. Ele percorre uma certa distância, numa trajetória retilínea, até parar completamente em $t_2 = 5\ \text{s}$, conforme o gráfico abaixo.



Gráfico

O valor absoluto do trabalho realizado pela força de atrito sobre o bloco é
a) 4,5 J
b) 9,0 J
c) 15 J
d) 27 J
e) 30 J

12.



Um corpo de massa $2,0\ \text{kg}$ é lançado sobre um plano horizontal rugoso com uma velocidade inicial de $5,0\ \text{m/s}$ e sua velocidade varia com o tempo, segundo o gráfico acima.

Considerando a aceleração da gravidade $g = 10,0\ \text{m/s}^2$, o coeficiente de atrito cinético entre o corpo e o plano vale
a) $5,0 \cdot 10^{-2}$
b) $5,0 \cdot 10^{-1}$
c) $1,0 \cdot 10^{-1}$
d) $2,0 \cdot 10^{-1}$
e) $2,0 \cdot 10^{-2}$

Gabarito:

Resposta da questão 1:
[E]

O teorema da Energia Cinética garante que o trabalho realizado (τ) pelo atleta equivale à variação da sua energia cinética (E_c). Assim, como ele saiu do repouso, temos:

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

$$\tau = \frac{1}{2}\cdot m\cdot v^2 = \frac{1}{2}\cdot 80\text{ kg}\cdot(10\text{ m/s})^2 \therefore \tau = 4000\text{ J}$$

Resposta da questão 2:
[B]

<u>1ª Solução:</u> Adotando o referencial de altura no solo, pela conservação da energia mecânica, tem-se:

$$E_{mec}^{A} = E_{mec}^{C} \Rightarrow \frac{mv_A^2}{2} + mgh_A = \frac{mv_C^2}{2} + mgh_C \Rightarrow$$

$$v_C = \sqrt{2g(h_A - h_C)} = \sqrt{2\times 10\times(25-20)} \Rightarrow \boxed{v_C = 10\text{ m/s}}$$

<u>2ª Solução:</u> No trecho considerado, agem no carro apenas duas forças: o peso e a normal. A normal não realiza trabalho, pois é perpendicular à trajetória em cada ponto. Pelo teorema da energia cinética:

$$W_{\vec{R}} = \Delta E_{cin} \Rightarrow W_{\vec{P}} + W_{\vec{N}} = \frac{mv_C^2}{2} - \frac{mv_A^2}{2} \Rightarrow mg(h_A - h_C) = \frac{mv_C^2}{2} \Rightarrow$$

$$v_C = \sqrt{2g(h_A - h_C)} = \sqrt{2\times 10\times(25-20)} \Rightarrow \boxed{v_C = 10\text{ m/s}}$$

Resposta da questão 3:
[C]

Pelo Teorema da Energia Cinética:

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

$$\tau_{Fe} + \tau_P = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0{}^2}{2}$$

$$qEh + mgh = \frac{mv^2}{2} - \frac{m\cdot 0^2}{2}$$

$$v = \sqrt{2h\left(\frac{qE}{m} + g\right)}$$

Portanto, o corpo de menor massa possui maior velocidade final.

Resposta da questão 4:
[B]

$v_i = 18\,\text{km/h} = 5\,\text{m/s}.$

Supondo que a referida força seja a resultante, temos, pelo menos, duas soluções.

<u>1ª Solução</u>: Teorema da Energia Cinética.

$$W_{\vec{R}} = \Delta E_{cin} \Rightarrow F\,d = \frac{m}{2}\left(v_f^2 - v_i^2\right) \Rightarrow 100 \times 2 = \frac{10}{2}\left(v_f^2 - 5^2\right) \Rightarrow v_f^2 = 40 + 25 \Rightarrow$$

$$v_f = \sqrt{65} \;\Rightarrow\; \boxed{v_f \cong 8{,}1\,\text{m/s.}}$$

<u>**2ª Solução**</u>: Princípio Fundamental e Equação de Torricelli.
Se a força é paralela ao deslocamento, a aceleração escalar ou tangencial tem módulo constante e o movimento é uniformemente variado (MUV).
Aplicando o Princípio Fundamental da Dinâmica:

$$F_{res} = m\,a \Rightarrow 100 = 10\,a \Rightarrow a = 10\,\text{m/s}^2.$$

Como o deslocamento é 2 m, aplicando a equação de Torricelli:

$$v_f^2 = v_i^2 + 2\,a\,d \Rightarrow v_f^2 = 5^2 + 2 \times 10 \times 2 = 65 \Rightarrow \boxed{v_f \cong 8{,}1\,\text{m/s}}$$

Resposta da questão 5:
[B]

Dados: $m = 90$ kg; $v_0 = 0$; $v = 12$ m/s.
O trabalho (W) da força resultante realizado sobre o atleta é dado pelo teorema da energia cinética.

$$W = \Delta E_{cin} = \frac{m\left(v^2 - v_0^2\right)}{2} = \frac{90\left(12^2 - 0\right)}{2} \;\Rightarrow\; \boxed{W = 6{,}48 \times 10^3\ \text{J.}}$$

A enunciado pode induzir à alternativa [C], se o aluno raciocinar erroneamente da seguinte maneira:

Calculando a aceleração escalar média:

$$a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{12}{3{,}78} = 3{,}17\ \text{m/s}^2.$$

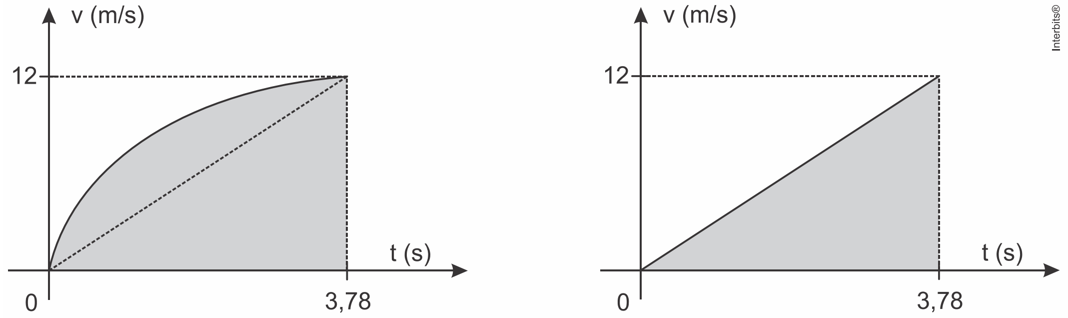
Calculando a "força média" resultante:

$$F_m = m\,a_m = 90(3{,}17) \;\Rightarrow\; F_m = 286\ \text{N.}$$

Calculando o Trabalho:

$$W = F_m\,d = 286 \times 30 \;\Rightarrow\; W \cong 8{,}6 \times 10^3\,\text{J.}$$

Essa resolução está errada, pois a aceleração escalar média é aquela que permite atingir a mesma velocidade no mesmo tempo e não percorrer a mesma distância no mesmo tempo.
Ela somente seria correta se o enunciado garantisse que a aceleração foi constante (movimento uniformemente variado). Porém, nesse caso, o espaço percorrido teria que ser menor que 30 m. Certamente, a aceleração do atleta no início da prova foi bem maior que a média, possibilitando um deslocamento maior (maior "área") no mesmo tempo, conforme os gráficos velocidade $\times$ tempo.



Resposta da questão 6:
[B]

Como a força de atrito é a resultante das forças, podemos aplicar o teorema da energia cinética.

$$W_{\vec{F}at} = E_{cin}^{final} - E_{cin}^{inicial} = 0 - \frac{m\,v^2}{2} = 0 - \frac{1.000 \times 20^2}{2} = -2 \times 10^5 \text{ J} \Rightarrow$$

$$\boxed{\left|W_{\vec{F}at}\right| = 2 \times 10^5 \text{ J.}}$$

Resposta da questão 7:
[D]

Dados: $F = 200\text{N};\ m = 20\text{kg};\ \mu_c = 0,2;\ g = 10\text{m}/\text{s}^2.$

Aplicando o Princípio Fundamental da Dinâmica:

$$F - F_{at} = m\,a \Rightarrow F - \mu\,m\,g = m\,a \Rightarrow 200 - 0,2(20 \cdot 10) = 20\,a \Rightarrow$$

$$a = \frac{160}{20} = 8 \text{ m/s}^2.$$

Calculando a velocidade final:

$$v = v_0 + a\,t = 0 + 8(10) \Rightarrow v = 80 \text{ m/s}.$$

Pelo Teorema da Energia Cinética:

$$W_{res} = \frac{m\,v^2}{2} - \frac{m\,v_0^2}{2} \Rightarrow W_{res} = \frac{20(80)^2}{2} - 0 \Rightarrow W_{res} = 10(6.400) \Rightarrow$$

$$\boxed{W_{res} = 64.000 \text{ J.}}$$

Resposta da questão 8:
[A]

Dados: $\mathbf{m} = 50$ kg; $\mathbf{h} = 5$ m; $\mathbf{v_0} = 0$; $\mathbf{g} = 10$ m/s^2.

<u>1ª Solução: Pelo Teorema da Energia Cinética.</u>
O sistema é não conservativo. O trabalho das forças não conservativas ($\mathbf{W}$) corresponde, em módulo, à energia mecânica dissipada, igual a 36% da energia mecânica inicial.

$$W_{\vec{F}at} = -0,36\ m\ g\ h$$

Pelo Teorema da Energia Cinética: o trabalho da força resultante é igual à variação da energia cinética.

$$W_{\vec{F}}^{Res} = \Delta E_{Cin} \Rightarrow W_{\vec{P}} + W_{\vec{F}at} = \frac{m\ v^2}{2} - \frac{m\ v_0^2}{2} \Rightarrow$$

$$m\ g\ h - 0{,}36\ m\ g\ h = \frac{m\ v^2}{2} \Rightarrow v = \sqrt{0{,}64 \cdot 2 \cdot g \cdot h} = \sqrt{1{,}28 \cdot 10 \cdot 5} = \sqrt{64} \Rightarrow$$

$$v = 8\ m/s.$$

2ª Solução: Pelo Teorema da Energia Mecânica.

Se houve dissipação de 36% da energia mecânica do sistema, então a energia mecânica final (que é apenas cinética) é igual a 64% da energia mecânica inicial (que é apenas potencial gravitacional).

$$E_{Mec}^{final} = 0{,}64\ E_{Mec}^{inicial} \Rightarrow \frac{m\ v^2}{2} = 0{,}64\ m\ g\ h \Rightarrow v = \sqrt{1{,}28 \cdot g \cdot h} = \sqrt{1{,}28 \cdot 10 \cdot 5} = \sqrt{64} \Rightarrow$$

$$v = 8\ m/s.$$

Resposta da questão 9:
[D]

1ª Solução: Teorema da Energia Cinética.

O trabalho da força de atrito é 30% da energia mecânica inicial. Então, pelo teorema da energia cinética:

$$\tau_{F_{res}} = \Delta E_{cin} \Rightarrow \tau_{peso} + \tau_{normal} + \tau_{fat} = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} \Rightarrow$$

$$mgh + 0 - 0{,}3\left(mgh + \frac{mv_0^2}{2}\right) = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} \Rightarrow$$

$$mgh - 0{,}3mgh - 0{,}3\frac{mv_0^2}{2} + \frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow$$

$$0{,}7gh + 0{,}7\frac{v_0^2}{2} = \frac{v^2}{2} \Rightarrow 0{,}7(10)(3{,}3) + 0{,}7\frac{2^2}{2} = \frac{v^2}{2} \Rightarrow v^2 = 49 \Rightarrow$$

$$v = 7\ m/s.$$

2ª Solução: Teorema da Energia Mecânica para Sistema não-Conservativo.

Se 30% da energia mecânica são dissipados pelo atrito na descida, a energia mecânica final é igual a 70% da energia mecânica inicial.

$$E_{mec}^{final} = 0{,}7E_{mec}^{inicial} \Rightarrow \frac{mv^2}{2} = 0{,}7\left(\frac{mv_0^2}{2} + mgh\right) \Rightarrow$$

$$v^2 = 0{,}7\left(2^2\right) + 1{,}4(10)(3{,}3) \Rightarrow v^2 = 49 \Rightarrow$$

$$v = 7\ m/s.$$

Resposta da questão 10:
[B]

Dados: $m_1 = 1.000$ kg; $v_1 = 360$ km/h = 100 m/s; $m_2 = 800$ kg; $v_2 = 720$ km/h = 200 m/s.

Aplicando o teorema da energia cinética:

$$W_{res} = \Delta E_{cin} = \frac{m_2 v_2^2}{2} - \frac{m_1 v_1^2}{2} = \frac{800(200)^2}{2} - \frac{1.000(100)^2}{2} = 1{,}6\times 10^7 - 0{,}5\times 10^7 \Rightarrow$$

$$W_{res} = 1{,}1\times 10^7 \text{ J.}$$

Resposta da questão 11:
[D]

$$\tau = \Delta E_c$$

$$\tau = \frac{1{,}5\cdot 0^2}{2} - \frac{1{,}5\cdot 6^2}{2} \Rightarrow \tau = -27 \text{ J}$$

$$\therefore |\tau| = 27 \text{ J}$$

Resposta da questão 12:
[A]

<u>1ª Solução:</u>
Do gráfico, calculamos o módulo da aceleração:

$$|a| = \frac{|\Delta v|}{\Delta t} = \frac{|0-5|}{10-0} \Rightarrow |a| = 0{,}5 \text{ m/s}^2.$$

A resultante das forças sobre o corpo é a força de atrito:

$$F_{at} = R \Rightarrow \mu \cancel{m} g = \cancel{m}|a| \Rightarrow \mu = \frac{|a|}{g} = \frac{0{,}5}{10} = 0{,}05 \Rightarrow \boxed{\mu = 5\times 10^{-2}.}$$

<u>2ª Solução:</u>
Do gráfico, calculamos o deslocamento:

$$\Delta S = \text{"área"} = \frac{5\times 10}{2} = 25 \text{ m.}$$

A resultante das forças sobre o corpo é a força de atrito. Pelo teorema da energia cinética:

$$W_{\vec{F}at} = W_{\vec{R}} \Rightarrow -F_{at}\,\Delta S = \frac{m\,v^2}{2} - \frac{m\,v_0^2}{2} \Rightarrow -\mu\,\cancel{m} g\,\Delta S = 0 - \frac{\cancel{m} v_0^2}{2} \Rightarrow$$

$$\mu = \frac{v_0^2}{2\,g\,\Delta S} = \frac{5^2}{2\times 10\times 25} = \frac{1}{20} \Rightarrow \boxed{\mu = 5\times 10^{-2}.}$$