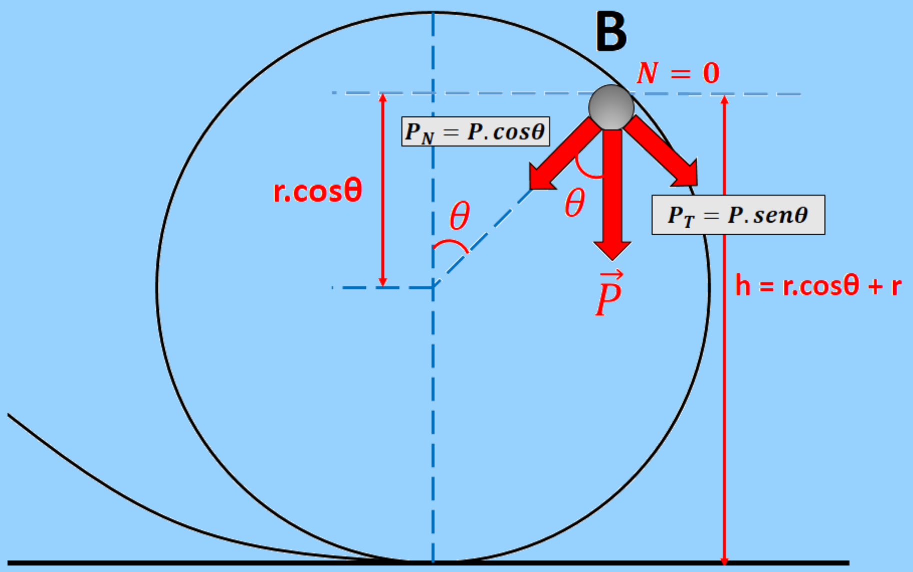
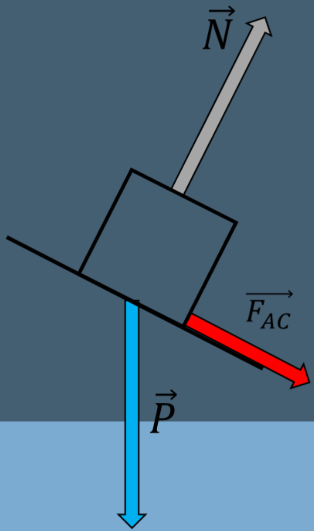
PET FÍSICA UNIFAP

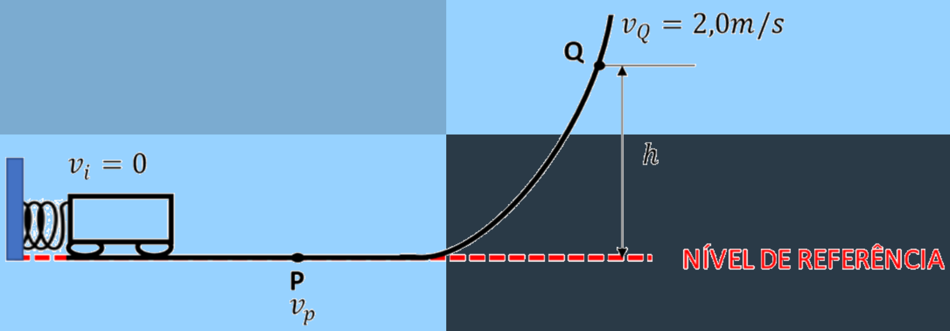


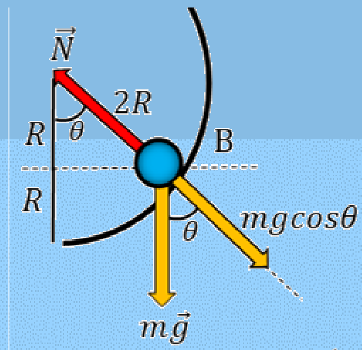


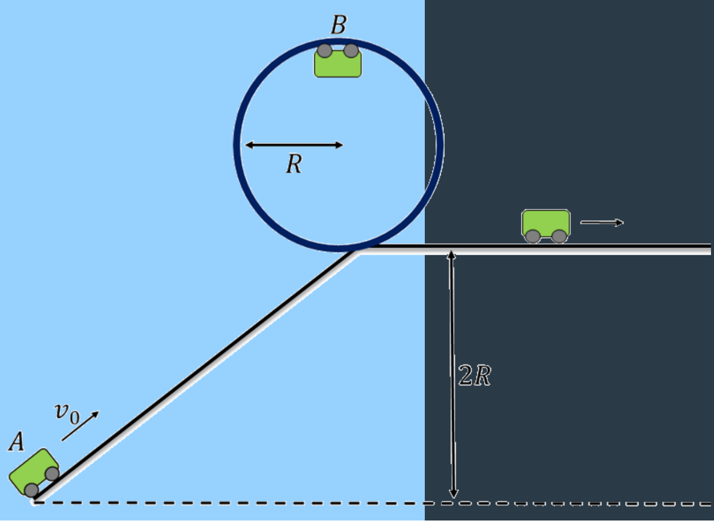
APOSTILA

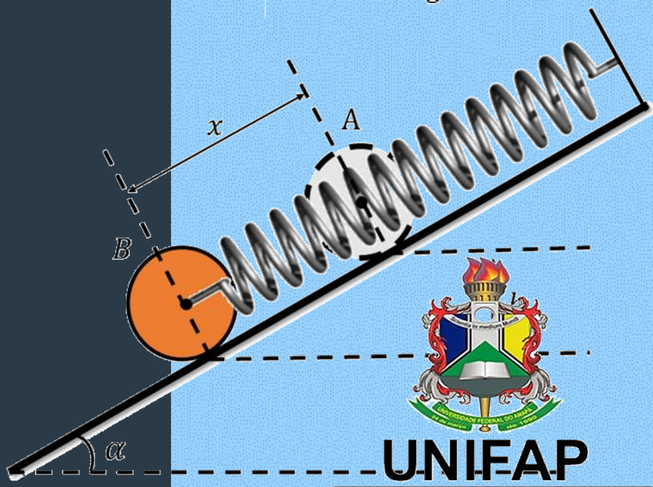
MECÂNICA

QUINTA PARTE: TRABALHO E ENERGIA









UNIFAP
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ

PREFÁCIO

Esta apostila foi elaborada para contribuir com a Educação Básica neste cenário de pandemia e tem como objetivo dar suporte prático aos estudantes do Ensino médio e Pré-Enem. Podendo servir também para os professores, como um manual de exercícios para ser usado como apoio teórico-prático nas aulas.

Neste trabalho, apresentamos definições básicas e trazemos de uma forma didática, sem esquecer o caráter formativo que todo texto deve oferecer ao leitor, uma quantidade expressiva de resoluções de exercícios por cada temática.

O estudo da Física integra uma parte importante da preparação dos estudantes do Ensino Médio. Ela é uma Ciência de grande importância que se encontra presente em diversos âmbitos de nossa sociedade, com múltiplas aplicações em outras áreas cientificas.

Esperamos que este material seja uma fonte de ajuda, para fortalecer os conteúdos teóricos abordados nas aulas de Física.

Autores

Bolsistas do Pet-Física / Unifap:

Éverton Leal Pinheiro; Odemar Julião do Nascimento Neto; Karla Miranda Barata e Andrey Pinheiro de Freitas.

Acadêmicos do curso - licenciatura em física / Unifap:

Lucas Gabriel Natividade de Lima; João Maciel dos Santos e Mayara Pamplona Albuquerque.

Tutor do Pet- Física / Unifap:

Dr. Robert R. M. Zamora

"A nova forma de ***Ensinar Ciência*** consiste também em Ensinar aos Professores como ***Ensinar Ciência***".

Leon Lederman (Prêmio Nobel de Física, 1988)

SUMÁRIO

ÍNDICES DE TRABALHO E ENERGIA

SIMBOLOGIA	DESCRIÇÃO
N	FORÇA NORMAL DE CONTATO
m	MASSA DE UM CORPO
a	ACELERAÇÃO
a_C	ACELERAÇÃO CENTRÍPETA
a_t	ACELERAÇÃO TANGENCIAL
F_A	FORÇA DE ATRITO
F_{AE}	FORÇA DE ATRITO ESTÁTICO
$F_{AE}^{MÁX}$	FORÇA DE ATRITO ESTÁTICO MÁXIMO
μ_{AE}	COEFICIENTE DE ATRITO ESTÁTICO
F_{AC}	FORÇA DE ATRITO CINÉTICO
μ_{AC}	COEFICIENTE DE ATRITO CINÉTICO
v	VELOCIDADE LINEAR OU ESCALAR
W	TRABALHO
W_t	TRABALHO DE UMA FORÇA TANGENTE
P	FORÇA PESO
E_m	ENERGIA MECÂNICA
E_{DIS}	ENERGIA DISSIPADA
E_c	ENERGIA CINÉTICA
E_{pg}	ENERGIA POTENCIAL GRAVITACIONAL
E_{pe}	ENERGIA POTENCIAL ELÁSTICA
Pot	POTÊNCIA
W_{FA}	TRABALHO DA FORÇA DE ATRITO
W_{FR}	TRABALHO DA FORÇA RESULTANTE

TEORIA DE TRABALHO E ENERGIA

Nota ao leitor

Caro leitor, ao decorrer da sua leitura com relação a teoria presente nessa apostila você pode notar a falta de alguns tópicos ou detalhes referentes ao assunto trabalho e energia.

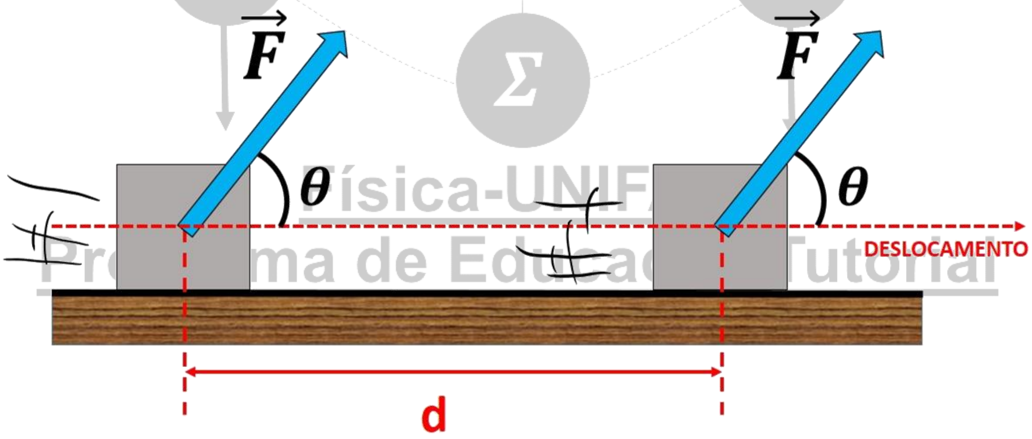
A justificativa para tal ausência é o enfoque dessa apostila, focamos em apresentar **soluções didáticas para diversos exercícios sobre o referido tema**.

Desse modo, a teoria apresentada nesse trabalho está mais adequada para uma "Revisão", então, para estudar de maneira mais completa e detalhada esse assunto recomedamos que procure um livro didático de Física.

TRABALHO (W)

Tratando o tema de maneira simplificada, um homem ou uma máquina realiza trabalho quando "vence" uma certa "resistência" para mover ou deslocar algo ao longo de um caminho.

TRABALHO DE UMA FORÇA CONSTANTE

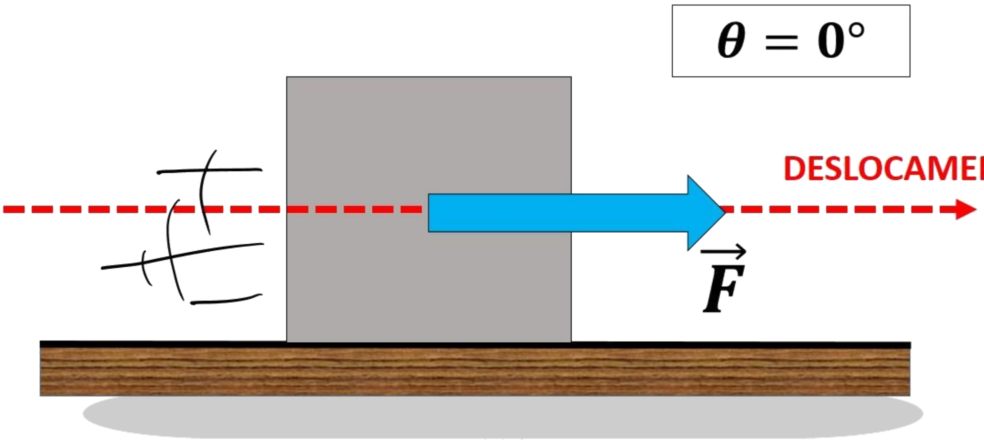


Definição matemática:

$$W = F.d.cos\theta$$

Analisando alguns casos para o ângulo entre a força e o deslocamento, tem-se:

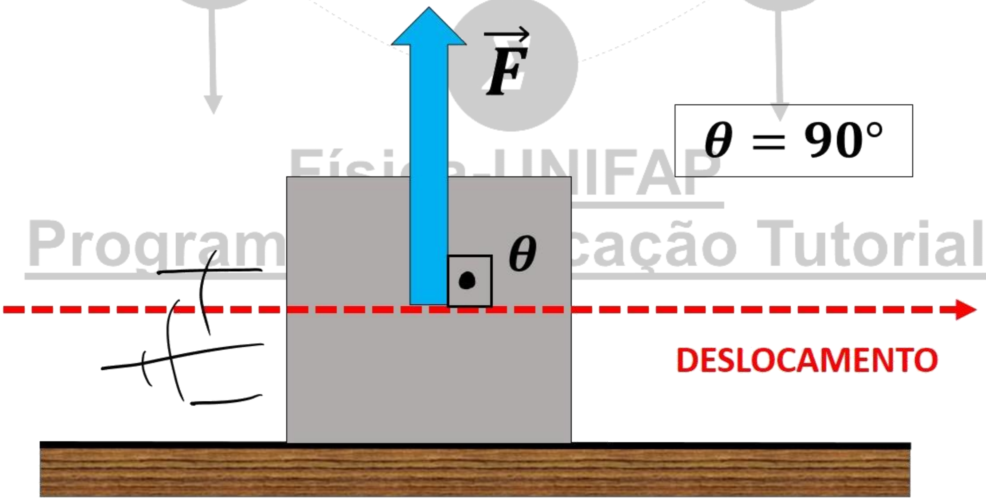
1) Se $\boldsymbol{\theta} = 0°$



Então $cos0° = 1$, consequentemente $W = F.d.1 = F.d$

Força tem a mesma direção que o deslocamento.

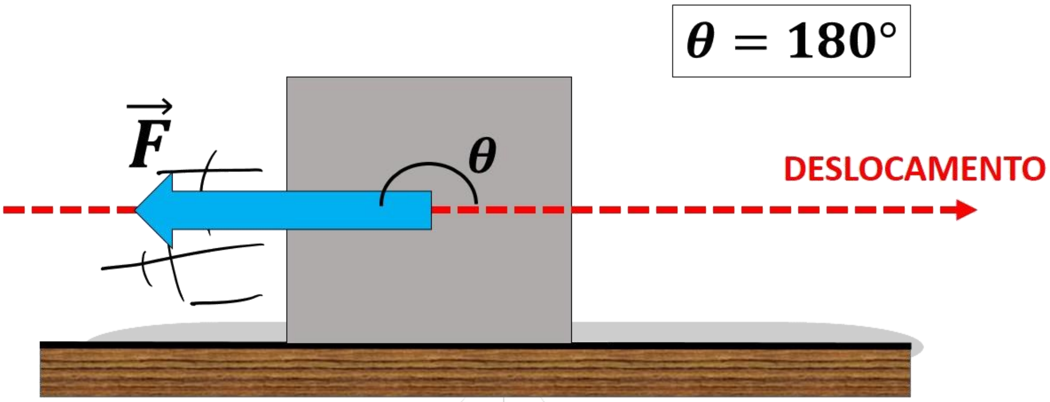
2) Se $\boldsymbol{\theta} = 90°$



Então $cos90° = 0$ (força é perpendicular à direção do deslocamento), consequentemente $W = F.d.0 = 0$

Então, para situações físicas onde existem forças perpendiculares a direção do deslocamento, essas forças não realizam trabalho.

3) Se $\boldsymbol{\theta} = \mathbf{180°}$



Então $cos180° = -1$ (força tem direção contrária à direção do deslocamento), consequentemente $W = F.d.(-1) = -F.d$.

Um exemplo muito conhecido desse caso é o trabalho da força de atrito, visto que a mesma atua em direção contrária a direção do deslocamento de um corpo. Então:

$$W_{FA} = -F_A.d$$

FORÇAS CONSERVATIVAS

O trabalho realizado por forças conservativas não depende da forma do caminho ao longo do qual o trabalho está sendo realizado, o trabalho realizado pelas mesmas depende somente dos pontos final e inicial desse caminho. Exemplos de forças conservativas: Força elétrica; Força gravitacional; Força elástica.

POTÊNCIA (Pot)

Definição matemática:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{Trabalho\ realizado}{Tempo\ utilizado}$$

Potência é o trabalho realizado por unidade de tempo

UNIDADES DE MEDIDA DE TRABALHO E POTÊNCIA

i) $W = F.d \rightarrow [W] = Newton\ x\ metro = N.m = J\ (Joule)$

ii) $P = \frac{W}{t} \rightarrow [P] = \frac{Newton\ x\ metro}{segundo} = \frac{N.m}{s} = W\ (Watts)$

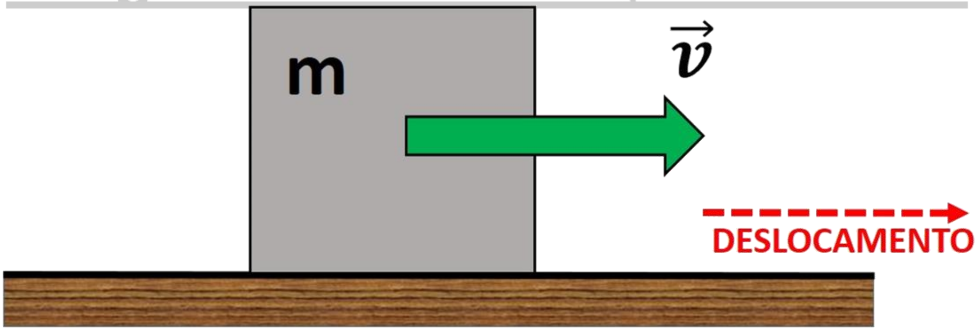
ENERGIA (E)

De maneira simplificada, é a capacidade que um corpo tem de realizar trabalho.

TIPOS DE ENERGIA

A seguir, apresentaremos três tipos de energia, os quais estão presentes nas questões dessa apostila. No entanto, isso não significa que existam somente esses três tipos de energia.

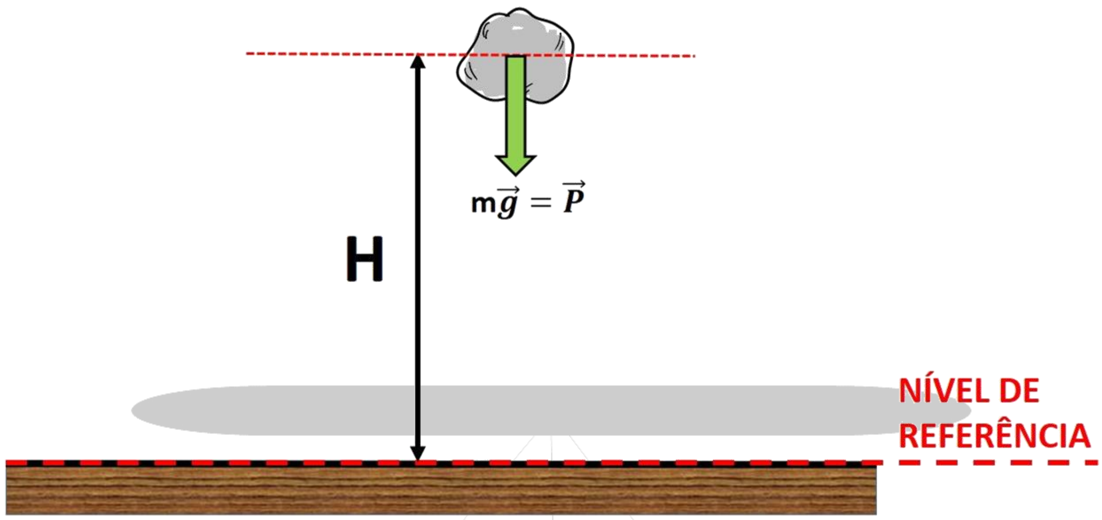
I) ENERGIA CINÉTICA: Energia relacionada a velocidade de translação dos corpos.



Definição matemática:

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

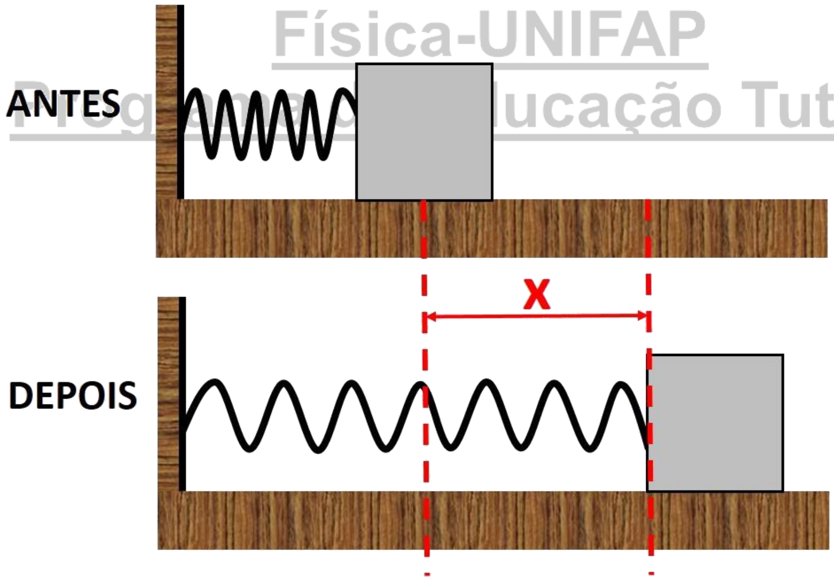
II) ENERGIA POTENCIAL GRAVITACIONAL: Energia relacionada com a altura (dos corpos) em relação a um determinado referencial.



Definição matemática para o nível de referência escolhido acima:

$$E_{pg} = m.g.H$$

III) ENERGIA POTENCIAL ELÁSTICA: Energia relacionada a deformação de um material que possua propriedade elástica (Exemplo: Mola, Liga, Elástico e etc.).



Definição matemática:

$$E_{pe} = \frac{k.x^2}{2}$$

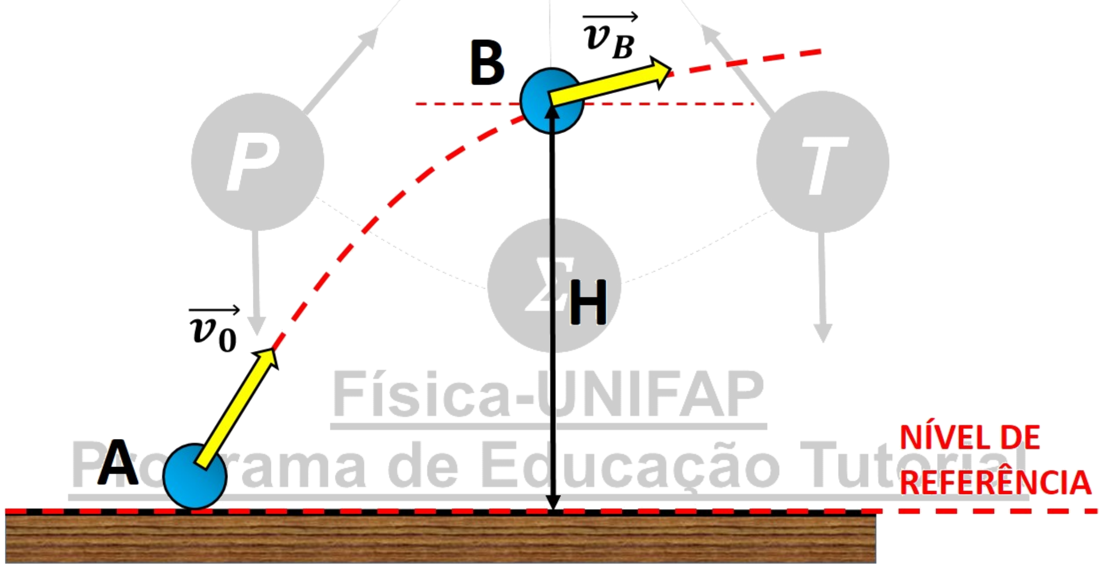
ENERGIA MECÂNICA (E_m)

Simplificadamente, será a soma dos três tipos de energia apresentados anteriormente.

Definição Matemática:

$$E_m = E_c + E_{pg} + E_{pe}$$

Situação exemplo: Bolinha de massa "m" sendo lançada, saindo ponto A com uma velocidade V_0 e passando por um ponto B com velocidade V_B:



Fazendo as seguintes considerações acerca da situação analisada:

a) Energia mecânica no ponto A será:

$$E_{mA} = E_{cA} + E_{pgA} + E_{peA}$$

$$E_{mA} = \frac{m.v_0^2}{2} + m.g.h_A + \frac{k.x^2}{2}$$

No entanto, para o ponto A não existe nenhuma situação envolvendo molas, ligas, elásticos e etc. Além disso, a altura da bolinha em relação ao referencial escolhido é nula (chão), consequentemente:

$$E_{mA} = \frac{m.v_0^2}{2} + m.g.0$$

$$E_{mA} = \frac{m.v_0^2}{2}$$

a) Energia mecânica no ponto B será:

$$E_{mB} = E_{cB} + E_{pgB} + E_{peB}$$

$$E_{mB} = \frac{m.v_B^2}{2} + m.g.h_B + \frac{k.x^2}{2}$$

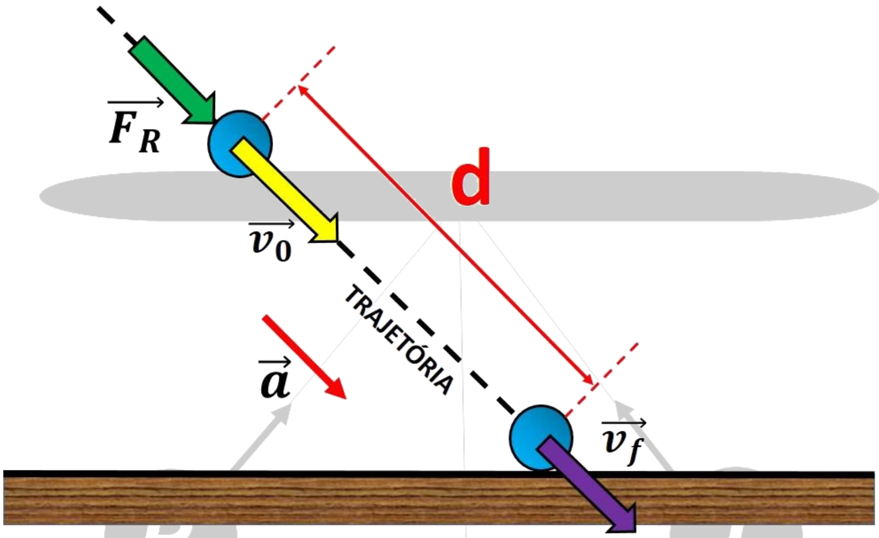
Para o ponto B não existe nenhuma situação envolvendo molas, ligas, elásticos e etc. Além disso, a altura da bolinha em relação ao referencial escolhido é "H", consequentemente:

$$E_{mB} = \frac{m.v_B^2}{2} + m.g.H$$

RELAÇÕES ENTRE TRABALHO E ENERGIA MECÂNICA

I) O TRABALHO REALIZADO PELA FORÇA RESULTANTE APLICADA EM CORPO TEM VALOR IGUAL A VARIAÇÃO DE ENERGIA CINÉTICA DESSE CORPO.

Considerando que, na seguinte situação mostrada na imagem a seguir, o corpo se move diagonalmente em relação ao solo:

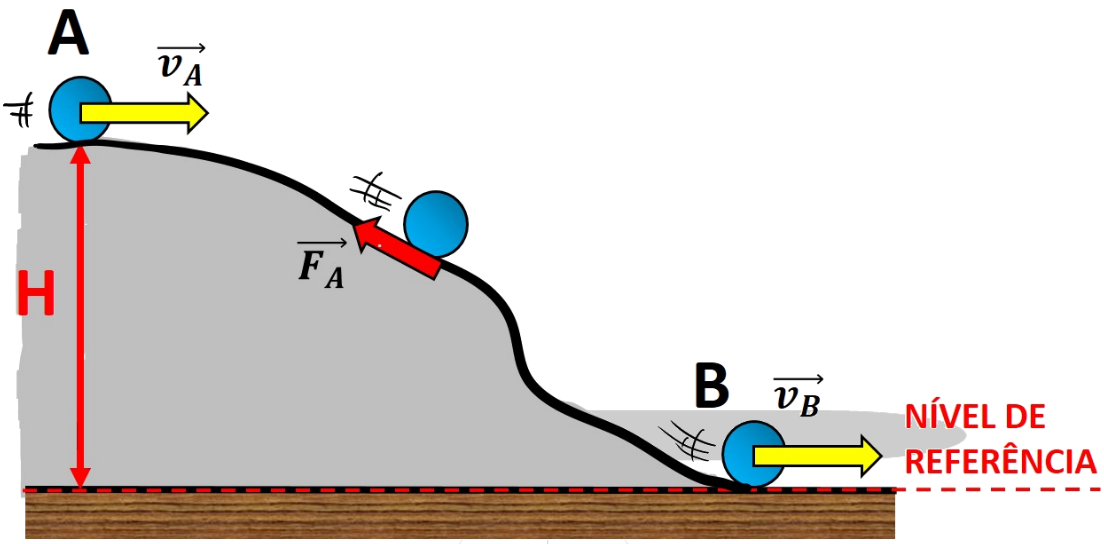


Pela definição **I**, tem-se:

$$W_{FR} = \Delta E_c$$

$$\Delta E_c = \frac{m.v_{final}^2}{2} - \frac{m.v_{inicial}^2}{2}$$

II) O TRABALHO REALIZADO PELA FORÇA DE ATRITO TEM VALOR IGUAL A VARIAÇÃO DA ENERGIA MECÂNICA.



Considerando a seguinte situação mostrada na imagem partindo da definição II, então:

$$W_{FA} = \Delta E_m$$

$$W_{FA} = E_{mB} - E_{mA} \ldots (\mathbf{1})$$

Análise no ponto A:

$$E_{mA} = E_{cA} + E_{pgA} + E_{peA}$$

$$E_{mA} = \frac{m.v_A^2}{2} + m.g.h_A + \frac{k.x^2}{2}$$

Para o ponto A não existe nenhuma situação envolvendo molas, ligas, elásticos e etc. Além disso, a altura da bolinha em relação ao referencial escolhido é “H”, consequentemente:

$$E_{mA} = \frac{m.v_A^2}{2} + m.g.H$$

Análise no ponto B:

$$E_{mB} = E_{cB} + E_{pgB} + E_{peB}$$

$$E_{mB} = \frac{m.v_B^2}{2} + m.g.h_B + \frac{k.x^2}{2}$$

Para o ponto B não existe nenhuma situação envolvendo molas, ligas, elásticos e etc. Além disso, a altura da bolinha em relação ao referencial escolhido é nula, consequentemente:

$$E_{mB} = \frac{m.v_B^2}{2}$$

Substituindo esses resultados anteriores na equação (1), temos:

$$W_{FA} = E_{mB} - E_{mA}$$

$$W_{FA} = \frac{m.v_B^2}{2} - \left(\frac{m.v_A^2}{2} + m.g.H\right)$$

$$W_{FA} = \frac{m.v_B^2}{2} - \frac{m.v_A^2}{2} - m.g.H$$

***OBSERVAÇÃO:** Na equação (1)

$$W_{FA} = E_{mB} - E_{mA}$$

Se a força de atrito é nula ($F_A = 0$), então o trabalho realizado pela mesma também é nulo ($W_{FA} = 0$). De modo que a equação (1) fica:

$$0 = E_{mB} - E_{mA}$$

$$E_{mB} = E_{mA} \; \ldots (\mathbf{2})$$

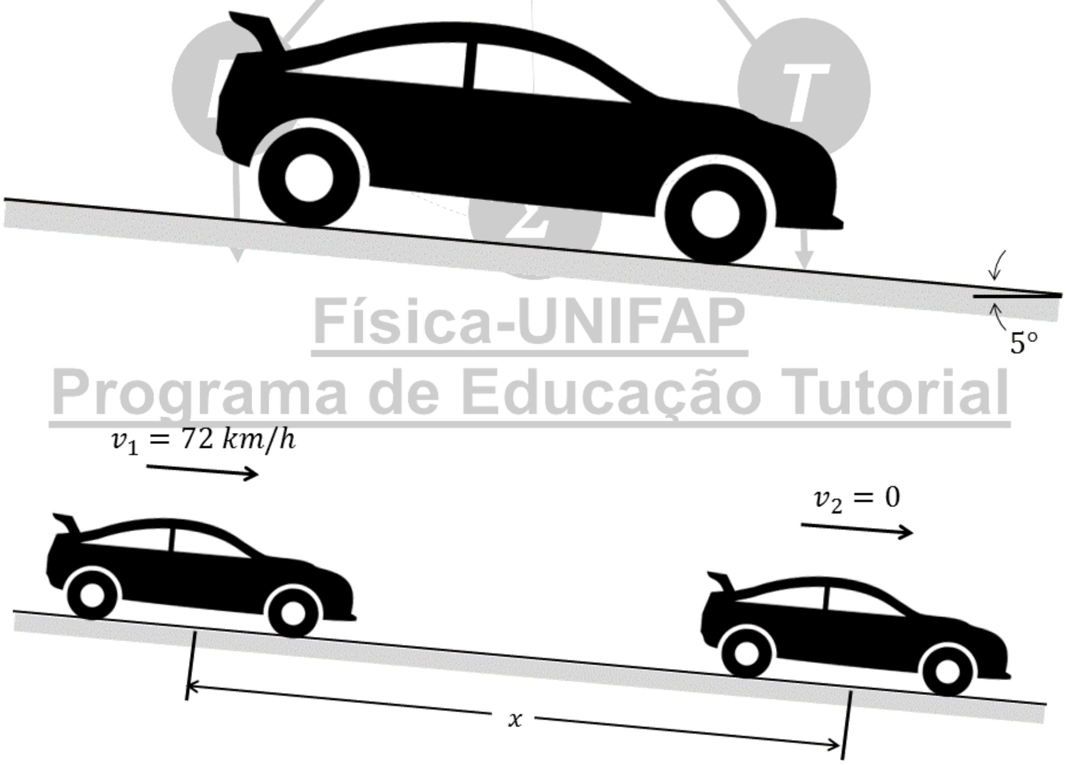
Isto é, em uma situação onde não há força de atrito atuando, existe a **CONSERVAÇÃO DA ENERGIA MECÂNICA.**

Interpretação física da equação (2): energia mecânica que havia no início é a mesma energia mecânica que o corpo possui no final do trecho analisado, ou seja, a energia mecânica foi conservada ao longo do percurso.

QUESTÕES DE TRABALHO E ENERGIA

01. Um automóvel de massa 1.000 kg é conduzido em um declive de 5° a uma velocidade de 72 km/h quando os freios são usados, causando uma força total de frenagem constante de 5.000 N (aplicada pela estrada sobre os pneus). Qual a distância aproximada percorrida pelo automóvel até ele parar?

Considere: $g = 10\ m/s^2$; sen 5° = 0,09; cos 5° = 1,0.



a) 5 m

b) 10 m

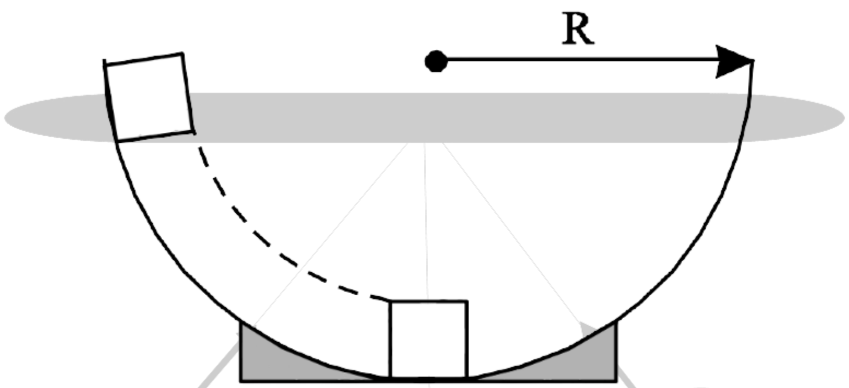
c) 40 m

d) 50 m

e) 80 m

02. (ITA/75) Um bloco de gelo de 2,0g escorrega em uma tigela hemisférica de raio 30cm desde uma borda até a parte inferior. Se a velocidade na parte inferior for 200cm/s, o trabalho realizado pelas forças de atrito, durante o trajeto, foi:

Obs.: Despreze a variação de massas do gelo.



a) zero.

b) $1{,}9 \cdot 10^2$ erg.

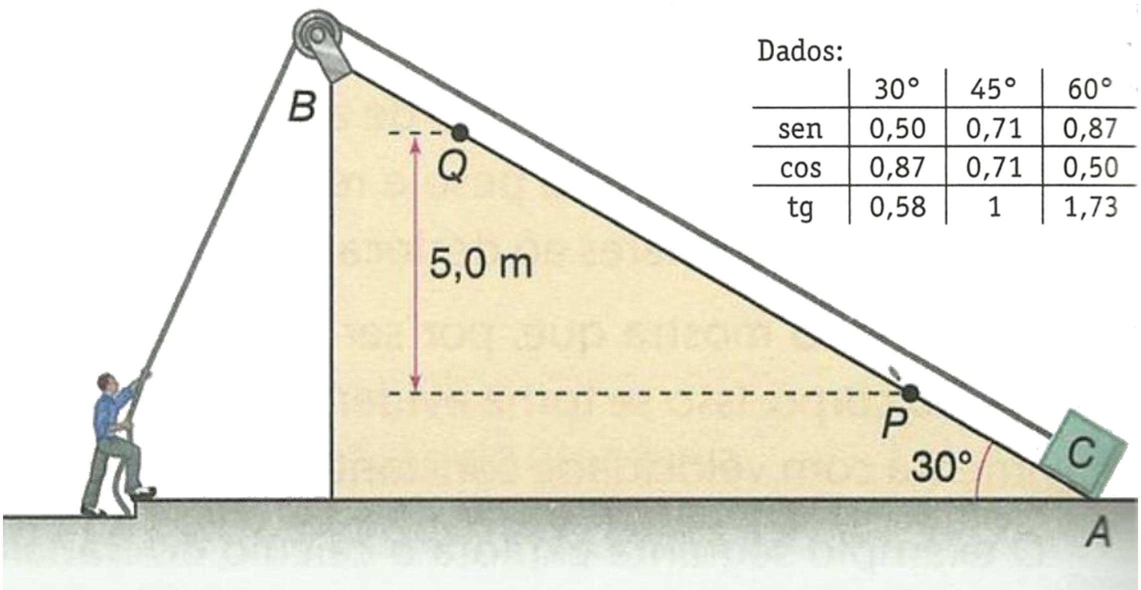
c) $5{,}9 \cdot 10^4$ erg.

d) $1{,}9 \cdot 10^4$ erg.

e) Outro valor.

03. (Mackenzie 2001) Um homem necessita deslocar a caixa C, de massa 100 kg, desde o ponto A até o ponto B e deseja fazê-lo com velocidade constante. O coeficiente de atrito cinético entre as superfícies em contato é 0,10 e o módulo da aceleração gravitacional local é 10 m/s².

Considerando que a corda e a polia são elementos ideais, o trabalho realizado pela força aplicada pelo homem no deslocamento da caixa de P até Q será:



a) $8{,}70 \cdot 10^2$ J

b) $1{,}74 \cdot 10^3$ J

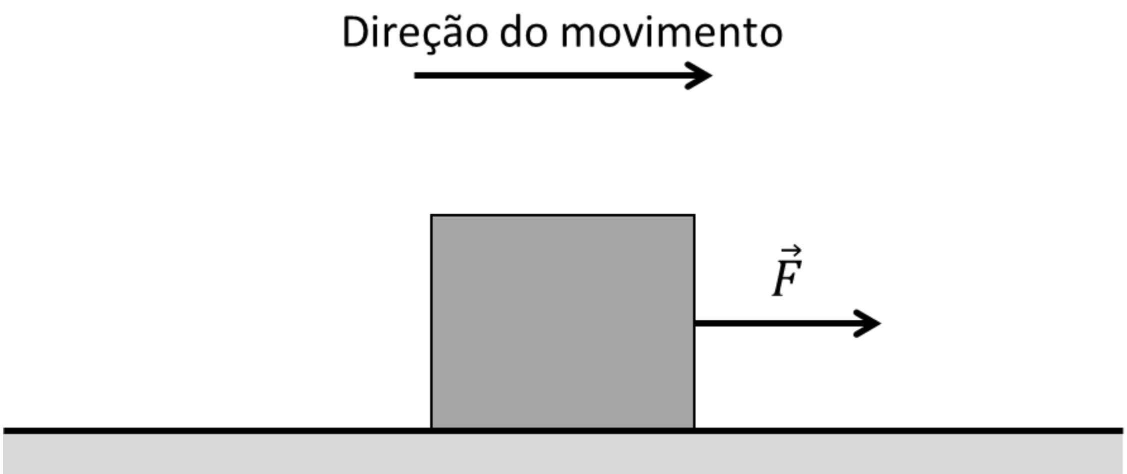
c) $2{,}935 \cdot 10^3$ J

d) $4{,}13 \cdot 10^3$ J

e) $5{,}87 \cdot 10^3$ J

04. Um bloco de massa de 8 kg é empurrado por uma distância de 5m em um plano horizontal, por uma força constante F paralela ao plano, a uma velocidade constante. Calcule o trabalho realizado por F.

Considere: $g = 10\ m/s^2$; $\mu_{AC} = 0{,}4$.



a) 16 J

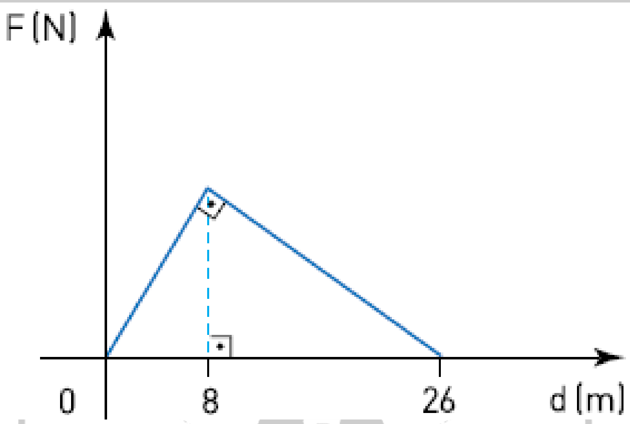
b) 32 J

c) 80 J

d) 160 J

e) 320 J

05. (UERJ 2011) Uma pessoa empurrou um carro por uma distância de 26 m, aplicando uma força F de mesma direção e sentido do deslocamento desse carro. O gráfico abaixo representa a variação da intensidade de F, em newtons, em função do deslocamento d, em metros.



Desprezando o atrito, o trabalho total realizado por F, equivale a:

a) 117 J

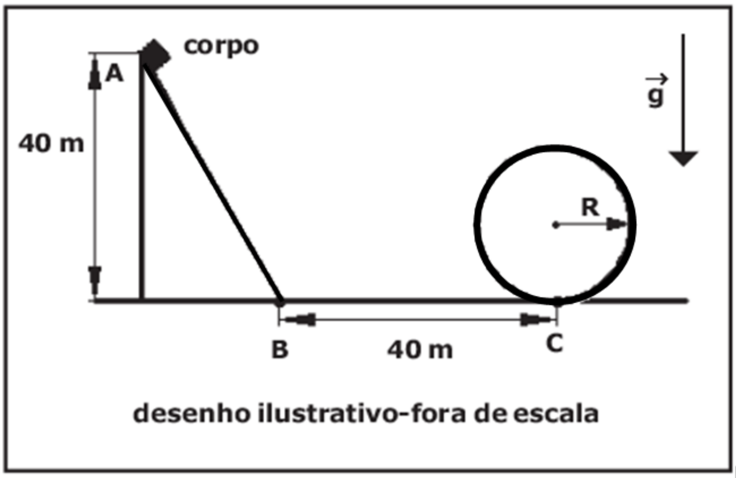
b) 130 J

c) 143 J

d) 156 J

e) 0

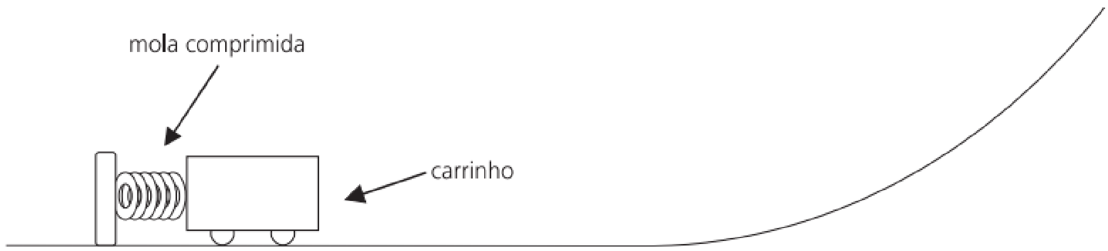
06. (ESPCEX- 2015) Um corpo de massa 300 kg é abandonado, a partir do repouso, sobre uma rampa no ponto A, que está a 40 m de altura, e desliza sobre a rampa até o ponto B, sem atrito. Ao terminar a rampa AB, ele continua o seu movimento e percorre 40 m de um trecho plano e horizontal BC com coeficiente de atrito dinâmico de 0,25 e, em seguida, percorre uma pista de formato circular de raio R, sem atrito, conforme o desenho abaixo. O maior raio R que a pista pode ter, para que o corpo faça todo trajeto, sem perder o contato com ela é de Dado: intensidade da aceleração da gravidade g=10 m/s²



a) 8 m
b) 10 m
c) 12 m
d) 16 m
e) 20 m

07. **(UNICAMP-2006/ADAPTADA)** um brinquedo que muito agrada às crianças são os lançadores de objetos em uma pista. Considere que a mola da figura a seguir possui uma constante elástica k = 8 000 N/m e massa desprezível. Inicialmente, a mola está comprimida de 2,0 cm e, ao ser liberada, empurra um carrinho de massa igual a 0,20 kg. O carrinho abandona a mola quando esta atinge o seu comprimento relaxado, e percorre uma pista que termina em uma rampa. Considere que não há perda de energia mecânica.

Marque a alternativa que corresponde, respectivamente, ao valor da velocidade do carrinho quando ele abandona a mola e a altura da rampa no instante que o carrinho tem velocidade igual a 2,0 m/s



a) 2,0 m/s e 4 m

b) 4,0m/s e 5 m

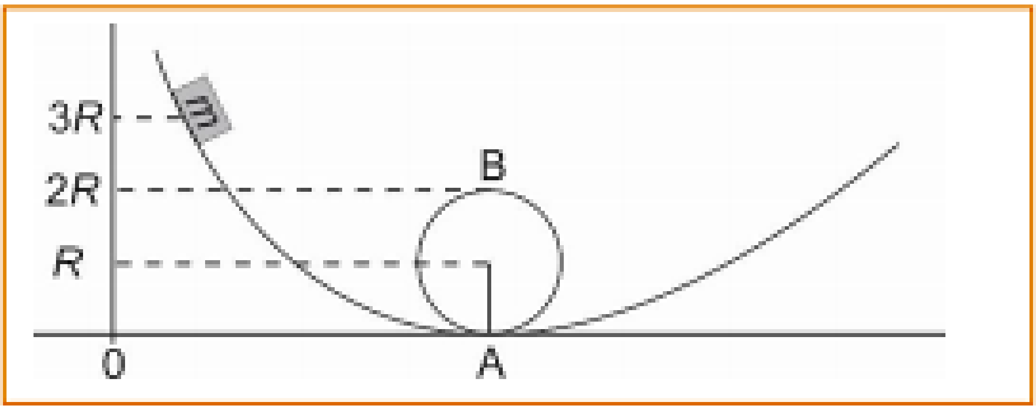
c)4,0 m/s e 0,6 m

d)3,0 m/s e 0,5 m

e)5,0m/s e 5 m

08. (UFPR-2018/ADAPTADA) uma pista de lançamento foi montada contendo uma parte circular, de raio R, conforme mostra a figura abaixo. A pista está apoiada sobre a superfície da Terra, considerada como sendo um referencial inercial. A aceleração gravitacional no local é assumida como constante e tem módulo g. O ponto A está na parte mais baixa do trajeto circular, junto ao chão, e o ponto B está na parte mais alta do trajeto circular, numa altura 2R em relação ao chão. Um objeto de massa m está colocado no início da pista, num ponto que fica a uma altura 3R do chão, e está inicialmente em repouso.

Para esse problema, todos os efeitos dissipativos devem ser desconsiderados. O objeto inicia o movimento a partir do repouso, desce a rampa, passa pelo ponto A, executa loop no sentido anti-horário passando pelo ponto B, volta ao ponto A e sai pela extremidade direita da pista. Com base nesses dados, obtenha uma expressão algébrica para o módulo da velocidade vb do objeto quando ele passa pelo ponto B após ser liberado a partir do repouso. Na expressão, somente devem aparecer dados fornecidos no problema.



a)$v_B = \sqrt{2gR}$

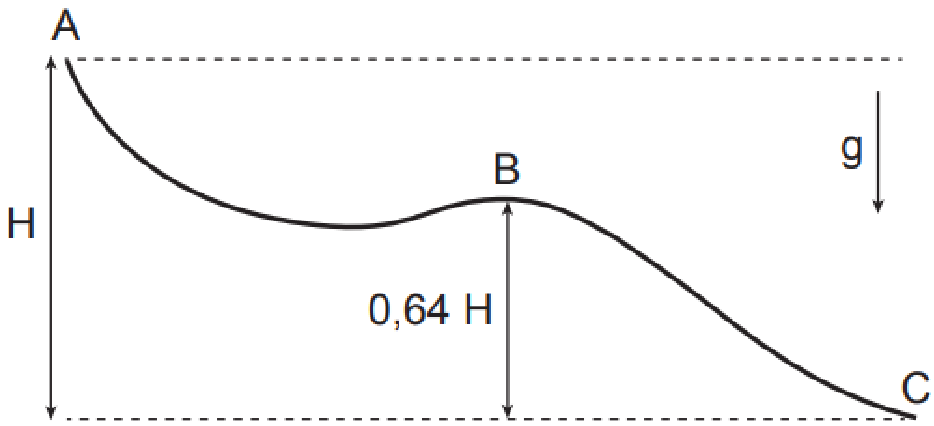
b) $v_B = \sqrt{4gR}$

c) $v_B = \sqrt{gR}$

d) $v_B = \sqrt{2g}$

e) $v_B = \sqrt{2gR + 3R}$

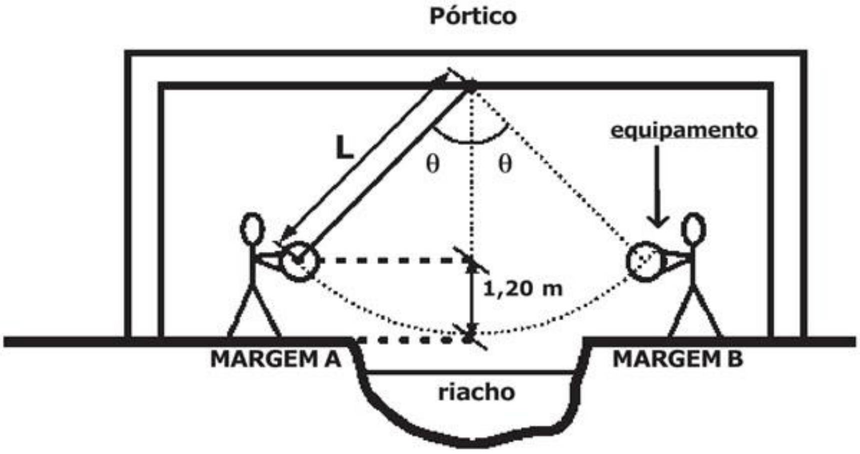
09. (PUC-RJ-2018) Um pequeno objeto é colocado no alto da rampa, no ponto A, mostrado na Figura. Esse objeto escorrega rampa abaixo, a partir do repouso, e alcança o ponto final da rampa (ponto C). Não há perdas por atrito. Calcule a razão VB / VC entre as velocidades do objeto nos pontos B (altura 0,64 H) e C, respectivamente



a) 1,25
b) 1,0
c) 0,8
d) 0,64
e) 0,60

10. (ESPCEX – 2017) Um operário, na margem A de um riacho, quer enviar um equipamento de peso 500 N para outro operário na margem B. Para isso ele utiliza uma corda ideal de comprimento L=3m, em que uma das extremidades está amarrada ao equipamento e a outra a um pórtico rígido. Na margem A, a corda forma um ângulo θ com a perpendicular ao ponto de fixação no pórtico. O equipamento é abandonado do repouso a uma altura de 1,20 m em relação ao ponto mais baixo da sua trajetória. Em seguida, ele entra em movimento e descreve um arco de circunferência, conforme o desenho abaixo e chega à margem B. Desprezando todas as forças de atrito e considerando o equipamento uma partícula, o módulo da força de tração na corda no ponto mais baixo da trajetória é

Dado: considere a aceleração da gravidade g=10 m/s²



a) 500 N
b) 600 N
c) 700 N
d) 800 N
e) 900 N

11. Uma bolinha de aço de massa de $\frac{3}{5}kg$, é abandonada de um ponto A sob uma pista de um brinquedo, os efeitos do atrito são desprezíveis. Determine a reação da pista sobre a bolinha quando ela passa no pelo B, considere $g = 10m/s^2$.

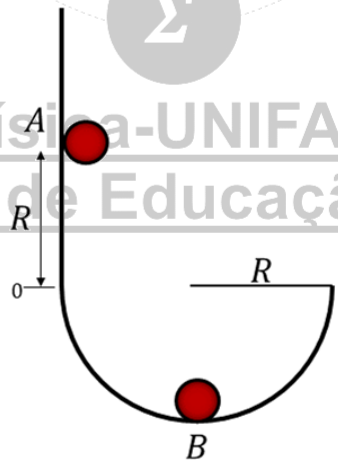
a)$N = 30\frac{kgm}{s^2}$;

b)$N = 25\frac{kgm}{s^2}$;

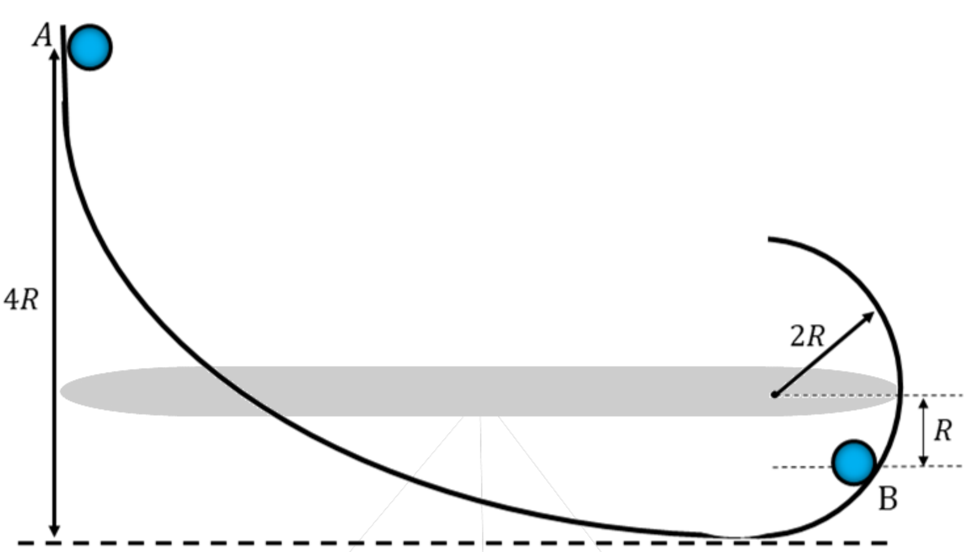
c)$N = 32\frac{kgm}{s^2}$;

d)$N = 27\frac{kgm}{s^2}$;

e)$N = 27{,}9\frac{kgm}{s^2}$.



12. Uma esfera de massa $m = 4kg$ parte do repouso no ponto A de uma rampa de madeira, a rampa é bem polida, logo o atrito pode ser desconsiderado. Determine a força de reação da rampa com a esfera no ponto B, considere $g = 10m/s^2$.



a)$N = 104\frac{kgm}{s^2}$;

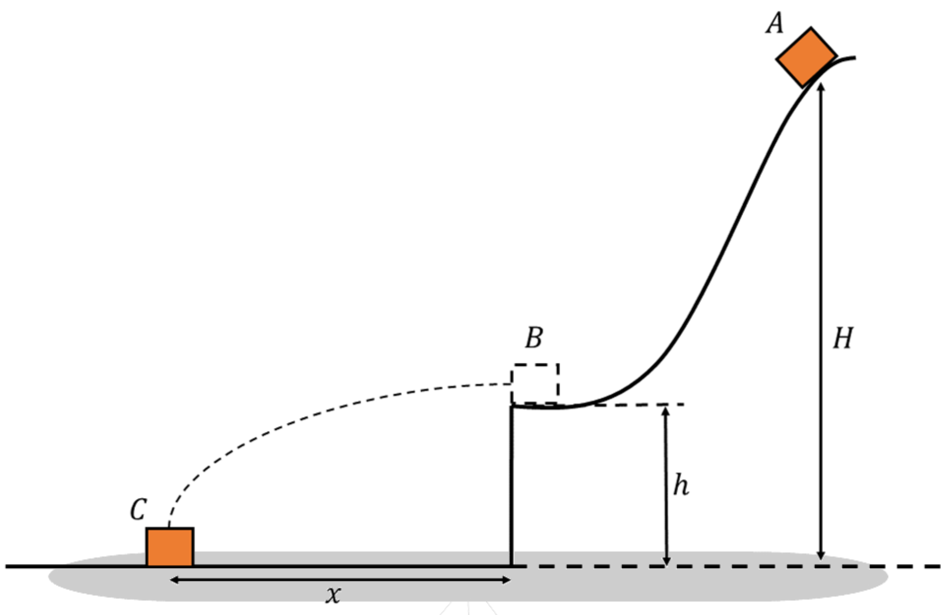
b)$N = 140\frac{kgm}{s^2}$;

c)$N = 90\frac{kgm}{s^2}$;

d)$N = 125\frac{kgm}{s^2}$;

e)$N = 4\frac{kgm}{s^2}$.

13. A figura a seguir mostra um cubo de massa m que parte do repouso no ponta A sob uma pista lisa e sem atrito, o cubo abandona a pista no ponto B em direção a horizontal, descrevendo um movimento parabólico. Determine o percurso percorrido x, até cair no ponto C.



a)$x = \sqrt{2h(H-h)}$;

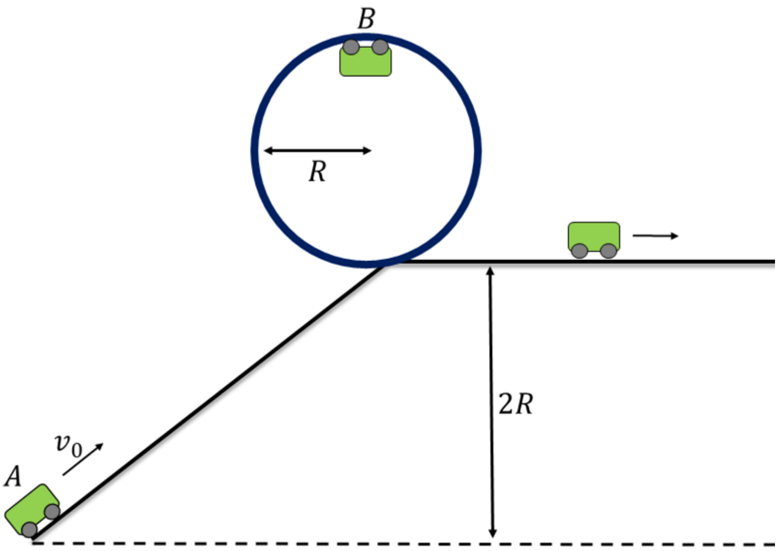
b)$x = 2\sqrt{\frac{H-h}{h}}$;

c)$x = 2\sqrt{h(H-h)}$;

d)$x = \sqrt{2h(h-H)}$;

e)$x = 2h\sqrt{h-H}$.

14. A figura abaixo mostra um circuito de um trem de brinquedo, o trenzinho parte do repouso na posição A, e sobe até a posição B no círculo de raio R. Achar a velocidade mínima que o trenzinho deve adquirir ao sair da posição A para que seja possível completar a volta no círculo e seguir o circuito.



a) $v_0 = \sqrt{gR}$;

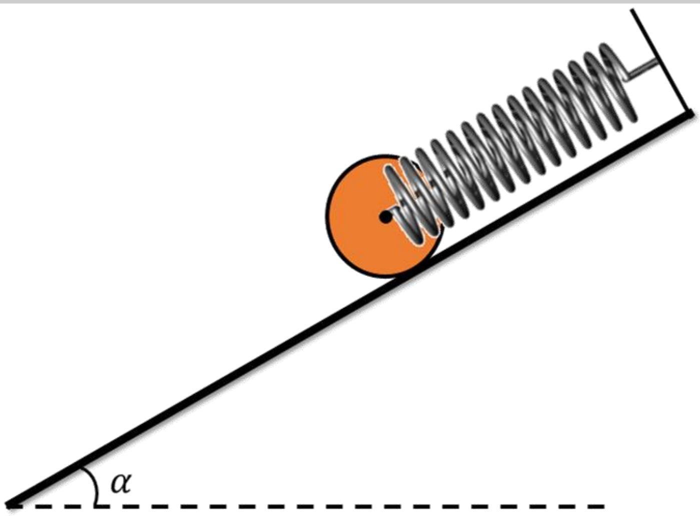
b) $v_0 = 3R\sqrt{g}$;

c) $v_0 = \sqrt{3gR}$;

d) $v_0 = 3\sqrt{gR}$;

e) $v_0 = 2\sqrt{gR}$.

15. Um cilindro de massa M unido a uma mola de massa desprezível e constante de elasticidade k, desce um plano inclinado que forma um ângulo α com a horizontal, não há atrito, de uma posição donde a deformação da mola é zero. Determine a máxima deformação da mola.



a) $x_{máx} = \frac{2kmgsen\alpha}{h}$;

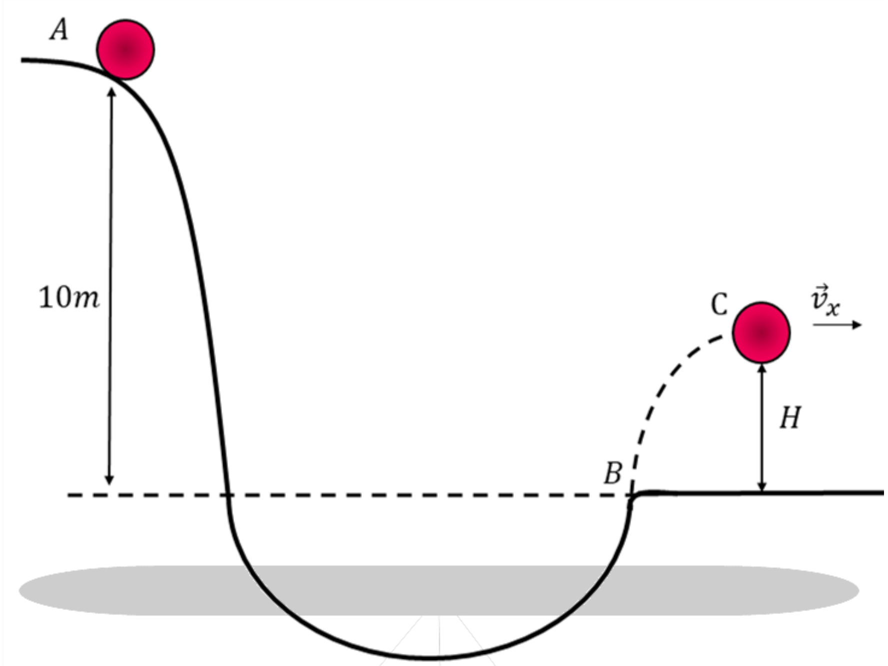
b) $x_{máx} = \frac{k}{mgsen\alpha}$;

c) $x_{máx} = \frac{mgsen\alpha}{2k}$;

d) $x_{máx} = \frac{2ksen\alpha}{mg}$;

e) $x_{máx} = \frac{2mgsen\alpha}{k}$.

16. Uma bola de massa m que está inicialmente em repouso na posição A, começa deslizar sob uma rampa como mostra a figura abaixo, entre a posição A e B ela perde cerca de 20% de sua energia mecânica devido ao atrito. Quando a bola é lançada da rampa no ponto B, ela atinge uma altura máxima e nesse ponto (C), sua velocidade é $v_x = 4m/s$. Determine a altura máxima que a bola atinge no ponto C, considere $g = 10m/s^2$.



a)$H = 7{,}2m$;

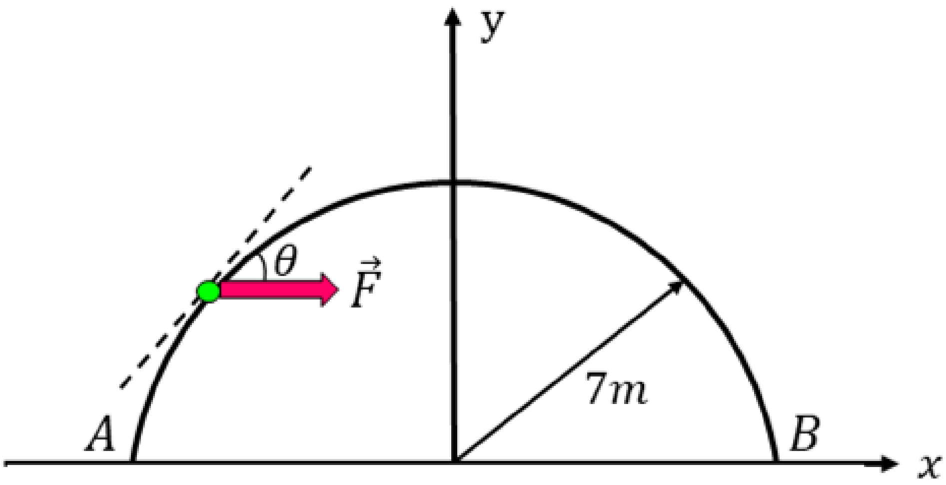
b)$H = 7{,}0m$;

c)$H = 6{,}4m$;

d)$H = 4{,}8m$;

e)$H = 8{,}1m$.

17. Na figura abaixo, uma partícula está sob a ação de uma força $F = \frac{149}{4}N$, que mantei um ângulo constante $\theta = 37°$ com uma reta que tangencia a trajetória. Qual será o trabalho realizado pela força ao mover a partícula de A até B? Considere $\pi = \frac{22}{7}$.



a) $W_t = 700{,}1J$;

b) $W_t = 655{,}6\,J$;

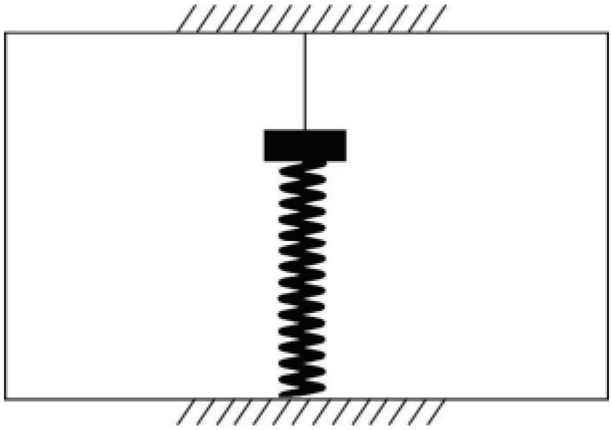
c) $W_t = 590{,}7J$;

d) $W_t = 640{,}8J$;

e) $W_t = 637{,}3$.

18. (OBF – 2018/ADAPTADO) O físico inglês Robert Hooke (1635-1703) foi um brilhante cientista que juntamente com outros, a exemplo de Newton (com quem tinha severas desavenças), Leibniz e Huygens, protagonizou a Revolução Cientifica no séc. XVII. Em 1660, durante uma experiência, observou o comportamento mecânico de uma mola, descobrindo que as deformações elásticas obedecem a uma lei muito simples. Hooke descobriu que quanto maior fosse o peso de um corpo suspenso a uma das extremidades de uma mola (cuja outra extremidade era presa a um suporte fixo) maior era a sua deformação. Assim, considere que um bloco de massa 0,2kg preso a um suporte fixo por um fio de massa desprezível e apoiado sobre uma mola, sem pressiona-la, seja solto, deformando-a suavemente de 0,1m, conforme a figura. Podemos concluir que a constante elástica da mola, em N/m, vale:

Considere apenas forças conservativas e adote a $g = 10m/s^2$.



a) 20

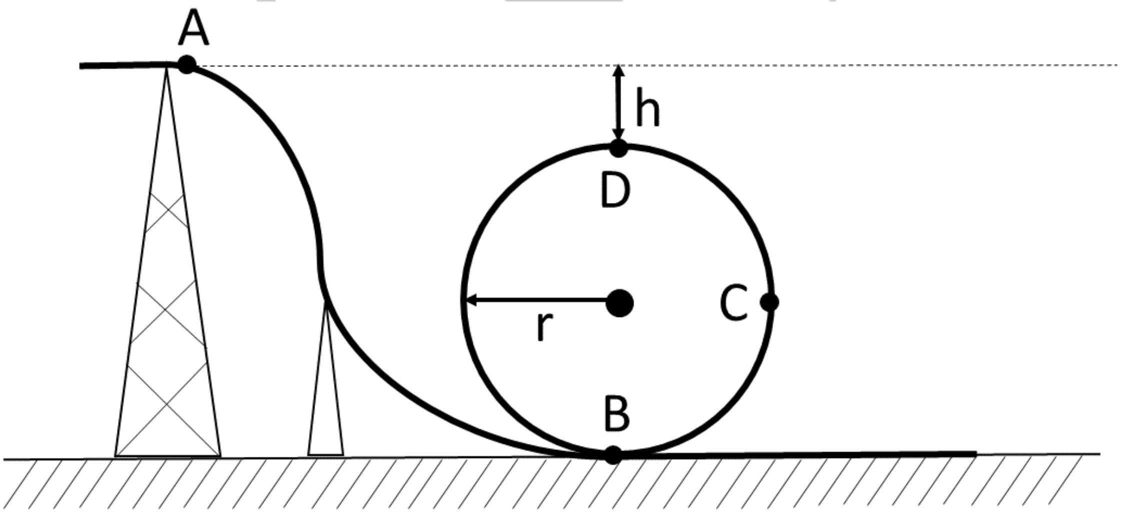
b) 40

c) 30

d) 80

e) 16

19. (EsPCEx - 2004) Uma partícula de massa m é abandonada do repouso a partir do ponto A de uma pista ABCD conforme o desenho abaixo. A encontra-se a uma altura h acimo do topo D da circunferência de raio r descrita pela pista.



Desprezando as forças dissipativas, a altura mínima h, a partir da qual a partícula deve ser abandonada para que, ao passar pelo ponto D, tenha a resultante centrípeta igual ao seu próprio peso vale:

a) r/2

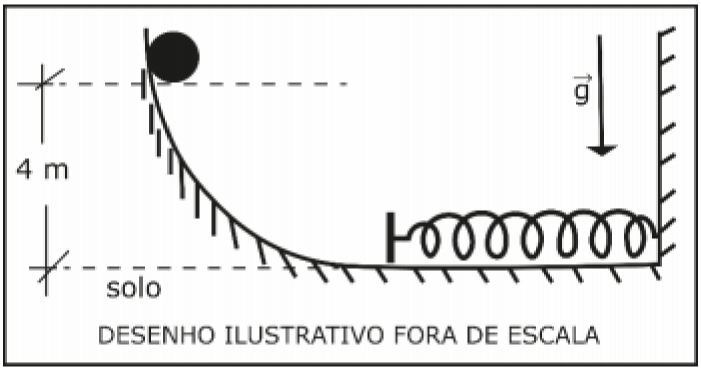
b) 2r/3

c) r

d) 3r/3

e) r√2

20. (EsPCEx – 2016/Adaptado) Uma esfera, sólida, homogênea e de massa 0,8 kg é abandonada de um ponto a 4 m 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 $g=10m/s^2$ e que a esfera apenas desliza e não rola, a máxima deformação sofrida pela mola é de:



a) 0,8 m

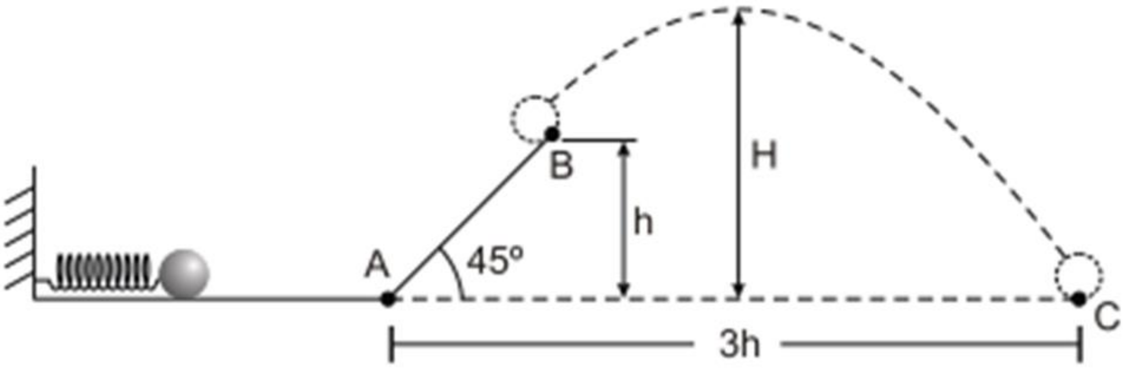
b) 1,6 m

c) 1,2 m

d) 3,2 m

e) 0,4 m

21. (AFA – 2013/Adaptado) Uma pequena esfera de massa m é mantida comprimindo uma mola ideal de constante elástica k de tal forma que a sua deformação vale x. Ao ser disparada, essa esfera percorre a superfície horizontal até passar pelo ponto A subindo por um plano inclinado de 45° e, ao final dele, no ponto B, é lançada, atingindo uma altura máxima H e caindo no ponto C distante 3h do ponto A, conforme figura abaixo.



Considerando a aceleração da gravidade igual a g e desprezando quaisquer formas de atrito, pode-se afirmar que a deformação x é dada por

a) $\left(\frac{3}{5}\frac{mgh}{k}\right)^{\frac{1}{2}}$

b) $2\,\frac{h^2k}{mg}$

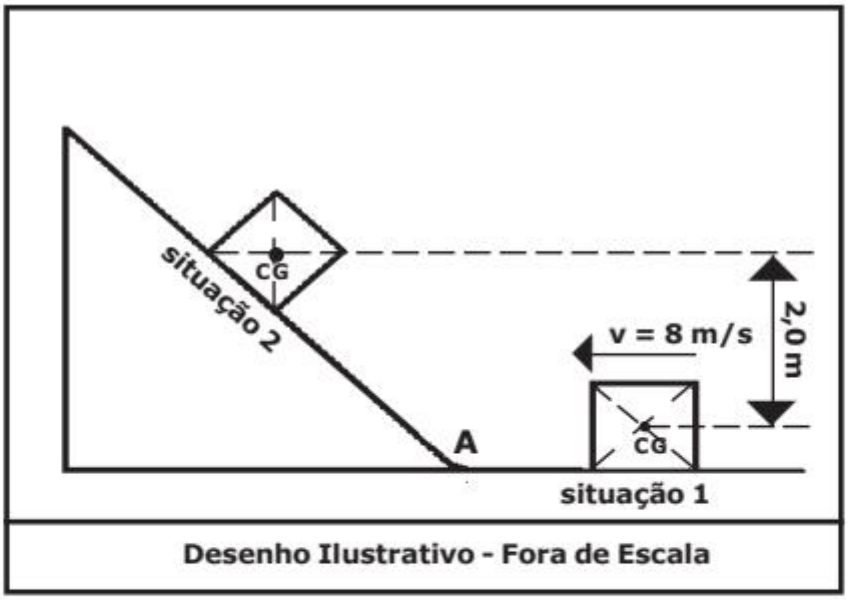
c) $\left(\frac{5}{2}\frac{mgH}{k}\right)^{\frac{1}{2}}$

d) $\left(3\,\frac{H^2k}{mg}\right)^{\frac{1}{2}}$

e) $\frac{3}{5}\frac{mgh}{k}$

22. (EsPCEx - 2019) Um corpo homogêneo de massa 2kg desliza sobre uma superfície horizontal, sem atrito, com velocidade constante de 8 m/s no sentido indicado no desenho, caracterizando a situação 1. A partir do ponto A, inicia a subida da rampa, onde existe atrito. O corpo sobe até parar na situação 2, e, nesse instante, a diferença entre as alturas dos centros de gravidade (CG) nas situações 1 e 2 é 2,0 m. A energia mecânica dissipada pelo atrito durante a subida do corpo na rampa, da situação 1 até a 2, é

Dados: Adote a aceleração da gravidade g=10m/s^2.



a) 10 J

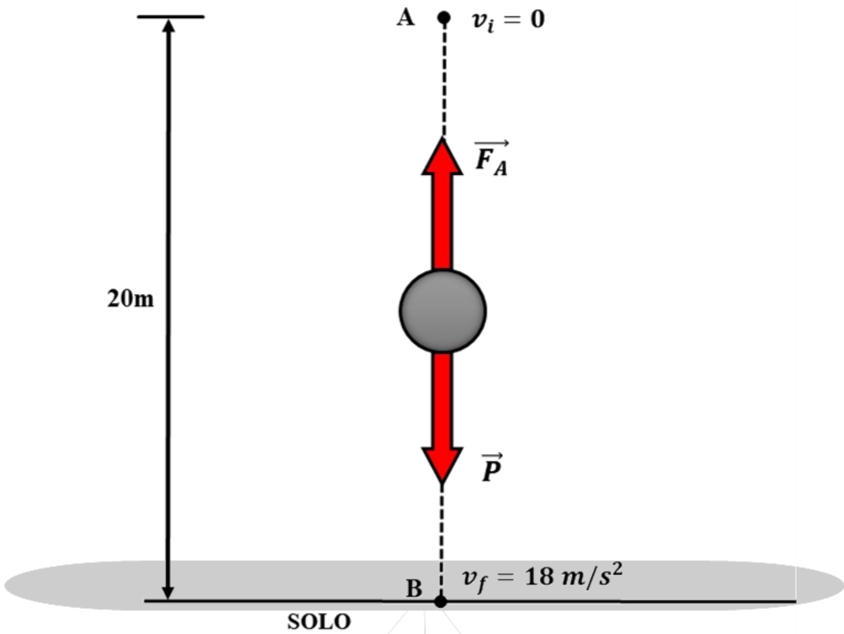
b) 12 J

c) 24 J

d) 36 J

e) 40 J

23. Em uma experiência a professora de física pega os alunos e os leva para o terraço da escola em seguida ela pega esfera de metal de massa 5,0kg e solta ela do repouso de 20m de altura em relação ao solo, no momento da queda a esfera está sofrendo ação da resistência do ar e da força peso no momento em que ela chega ao solo sua velocidade é de 18m/s, então dando esses dados aos alunos a professora pede para eles calcularem o trabalho da resistência do ar. Considere $\mathbf{g} = 10\text{m}/s^2$



a) $W_{\vec{F}_A} = zero$

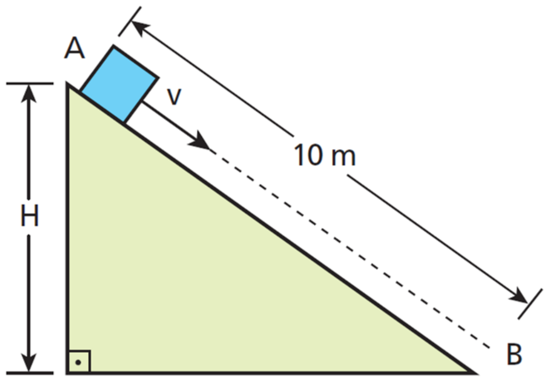
b) $W_{\vec{F}_A} = -190$ J

c) $W_{\vec{F}_A} = 190$ J

d) $W_{\vec{F}_A} = -775$ J

e) $W_{\vec{F}_A} = 775$ J

24. (Fuvest-SP) Um bloco de massa $2{,}0kg$ é lançado do topo de um plano inclinado, com velocidade de $5{,}0m/s$, conforme indica a figura. Durante a descida atua uma força de atrito constante de 7,5N, que faz o bloco parar após deslocar-se 10m. Calcule a altura **H**, desprezando o efeito do ar e adotando $g = 10m/s^2$



a) H = 1,5m

b) H = 2,5m

c) H = 3,5m

d) H = 4,5m

e) H = 5,5m

25. (UFSC) Um helicóptero suspenso no ar, em repouso em relação ao solo, ergue por meio de um cabo de aço, mantido vertical, uma caixa de massa igual a $200kg$ que se desloca com velocidade constante ao longo de um percurso de $10m$. No local, $g = 10\ m/s^2$. Sabendo que no deslocamento citado as forças de resistência do ar realizam sobre a caixa um trabalho de -1400J, calcule o trabalho da força aplicada pelo cabo de aço sobre a caixa.

a) $W_{\vec{F}} = 2{,}24 \cdot 10^4$ J

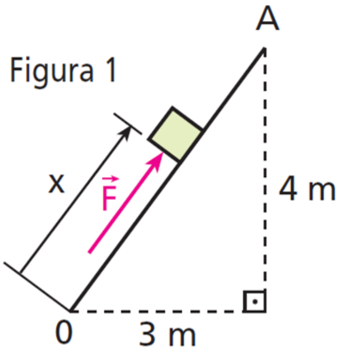
b) $W_{\vec{F}} = 2{,}20 \cdot 10^4$ J

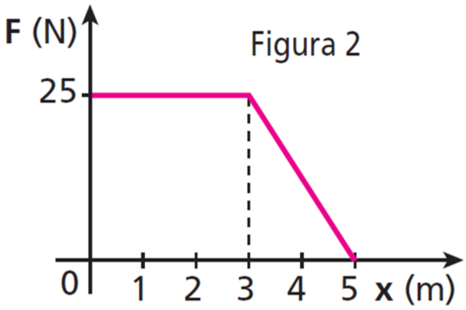
c) $W_{\vec{F}} = 2{,}15 \cdot 10^4$ J

d) $W_{\vec{F}} = 2{,}25 \cdot 10^4$ J

e) $W_{\vec{F}} = 2{,}14 \cdot 10^4$ J

26. (Mack-SP) Um bloco de peso igual a $10\ N$ parte do repouso e sobe a rampa indicada na figura 1 mediante a aplicação da força $\vec{F}$, de direção constante e cuja intensidade varia com a abscissa **x**, de acordo com o gráfico da figura 2.





O trabalho de **O** até **A** realizado pelo atrito existente entre o bloco e a rampa é igual a 10 J, em valor absoluto. Adote $g = 10\ m/s^2$. Nessas condições, a velocidade do bloco, ao atingir o ponto culminante **A**, é igual a:

a) $2\ m/s$

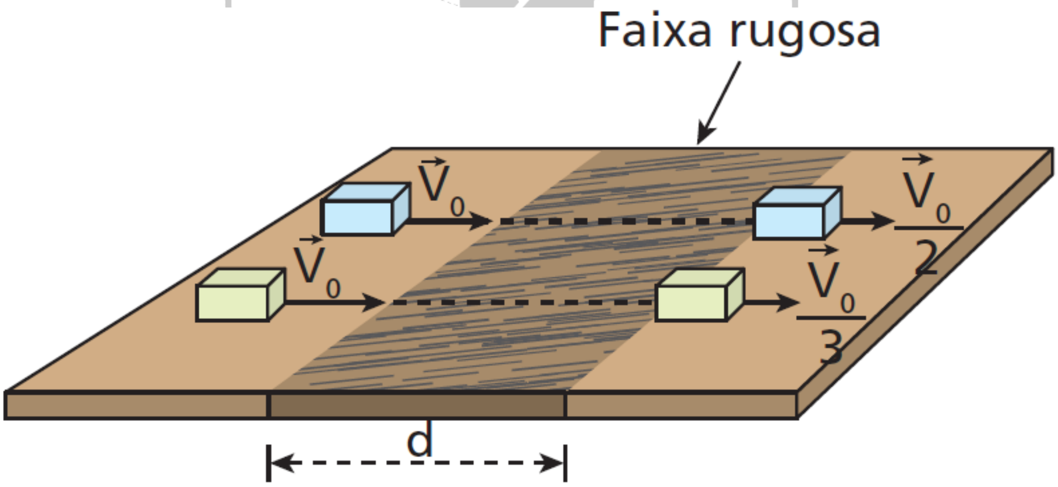
b) $5\ m/s$

c) $6\ m/s$

d) $10\ m/s$

e) $15\ m/s$

27. (Fuvest-SP) Dois pequenos corpos, 1 e 2, movem-se em um plano horizontal, com atrito desprezível, em trajetórias paralelas, inicialmente com mesma velocidade, de módulo V_0. Em dado instante, os corpos passam por uma faixa rugosa do plano, de largura **d**. Nessa faixa, o atrito não pode ser desprezado e os coeficientes de atrito cinético entre o plano rugoso e os corpos 1 e 2 valem μ_1 e μ_2 respectivamente. Os corpos 1 e 2 saem da faixa com velocidades $\frac{V_0}{2}$ e $\frac{V_0}{3}$ respectivamente.



Nessas condições, a razão $\frac{\mu_1}{\mu_2}$ é igual a:

a) $\frac{2}{3}$

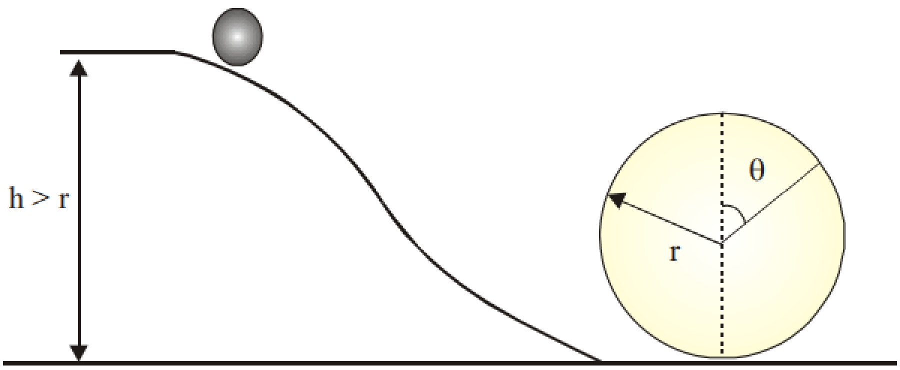
b) $\frac{4}{9}$

c) $\frac{27}{32}$

d) $\frac{16}{27}$

e) $\frac{1}{2}$

28. (ITA – 2002 - ADAPTADO) Uma massa é liberada a partir do repouso de uma altura h acima do nível do solo e desliza sem atrito em uma pista que termina em um “loop” de raio r, conforme indicado na figura. Determine o ângulo θ relativo à vertical e ao ponto em que a massa perde o contato com a pista. Expresse sua resposta como função da altura h, do raio r e da aceleração da gravidade g.



a) $\theta = arccos\left[\frac{2}{3}\left(\frac{h}{r} - 1\right)\right]$

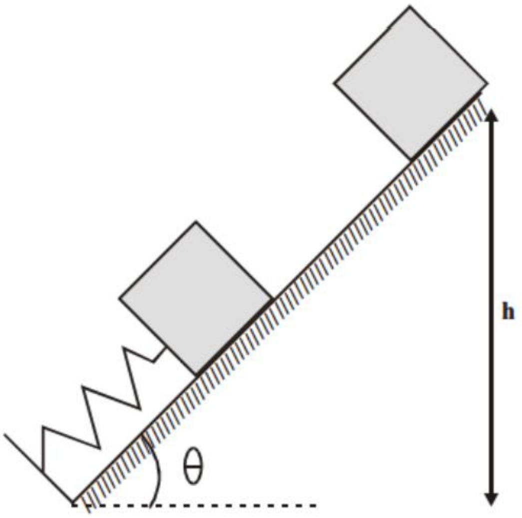
b) $\theta = arcsen\left[\frac{2}{3}\left(\frac{h}{r} - 1\right)\right]$

a) $\theta = arccos\left[\frac{5}{3}\left(\frac{h}{r} - 1\right)\right]$

b) $\theta = \left[\frac{2}{3}\left(\frac{h}{r} - 1\right)\right]$

b) $\theta = \left[\frac{5}{3}\left(\frac{h}{r} - 1\right)\right]$

29. (UFLA – MG) Um corpo comprime uma mola na base de um plano inclinado, conforme mostra a figura abaixo. Abandonando-se o sistema corpo/mola, o corpo é arremessado plano acima, escorregando até parar. Considerando a massa do corpo 200g, a compressão da mola 4cm, a constante elástica K = 2000 N/m, g = 10 m/s² e a energia dissipada pela força de atrito no deslocamento até o alto do plano de 0,6 J, então a altura vertical h que o corpo atinge é de:



a) 0,25m

b) 0,50m

c) 1,00m

d) 1,25m

e) 1,50m

30. **(IME - 2007)** A constante elástica da mola de uma espingarda é k = 1 N/cm. Para atirar um projétil de 5,0 g com velocidade de 50 m/s, o comprimento de compressão da mola, em cm, deverá ser:

a) 1,12

b) 1,25

c) 6,25

d) 11,20

e) 12,50

31. **(IME - 2007/08)** Um bloco de massa m = 4 kg parte de um plano horizontal sem atrito e sobe um plano inclinado com velocidade inicial de 6 m/s. Quando o bloco atinge a altura de 1 m, sua velocidade se anula; em seguida, o bloco escorrega de volta, passando pela posição inicial. Admitindo que a aceleração da gravidade seja igual a 10 m/s^2 e que o atrito do plano inclinado produza a mesma perda de energia mecânica no movimento de volta, a velocidade do bloco, ao passar pela posição inicial, é

a) 1 m/s

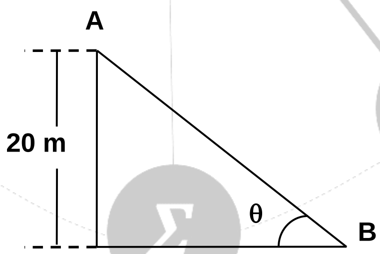
b) 2 m/s

c) 3 m/s

d) 4 m/s

e) 5 m/s

32. (OBF - 2002) Um esquimó com massa de **60 Kg** parte do repouso de um ponto **A**, situado a uma altura de **20 m** em relação ao solo, no topo de uma rampa inclinada coberta de gelo.



Desprezando as forças de atrito, calcule o módulo da velocidade com que o esquimó chega ao ponto **B**.

a) Não é possível calcular sem o valor do ângulo **θ** de inclinação do plano.

b) 10 m/s.

c) 20 m/s.

d) 25 m/s.

e) 30 m/s.

33. Um corpo se desloca, depois de deixado cair, por um plano inclinado de ângulo α em relação a horizontal. Para qual coeficiente de atrito o corpo percorrerá a mesma distância no plano inclinado e no plano horizontal?

a) $\frac{sen\alpha}{1+cos\alpha}$

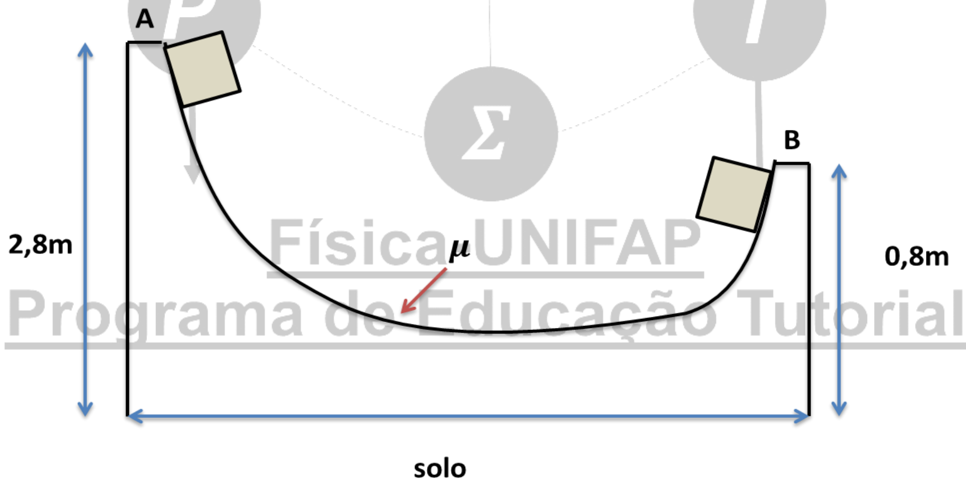
b) $\frac{1}{1+cos\alpha}$

c) $\frac{sen\alpha}{2+cos\alpha}$

d) $\frac{cos\alpha}{1+sen\alpha}$

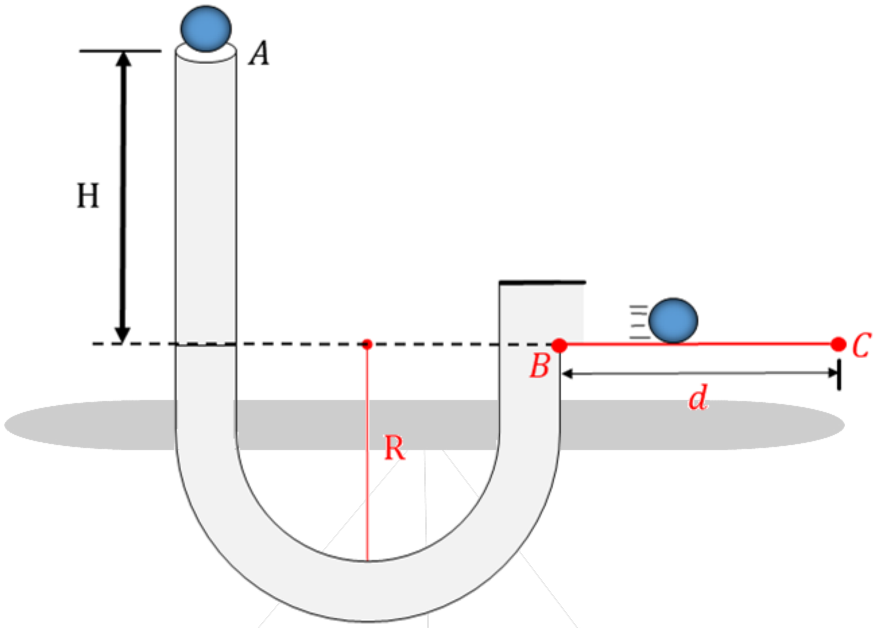
e) $\frac{1+cos\alpha}{sen\alpha}$

34. Na figura mostrada se deixa cair um bloco de massa de 2kg da posição "**A**", quando ela passa pela posição "**B**" sua rapidez é $6\,m/s$. Calcular o trabalho realizado pela força de atrito sobre o bloco. Considerar $g = 10\,m/s^2$



a) $W_{F_A} = -4J$
b) $W_{F_A} = -56J$
c) $W_{F_A} = -3J$
d) $W_{F_A} = -2J$
e) $W_{F_A} = -44J$

35. Uma bolinha de gude de massa "***m***" é largada de "***A***". calcular a distância "*d*" se o coeficiente de atrito cinético entre "***B***" e "***C***" é de $\mu = 0,5$. A superfície do cano não tem atrito

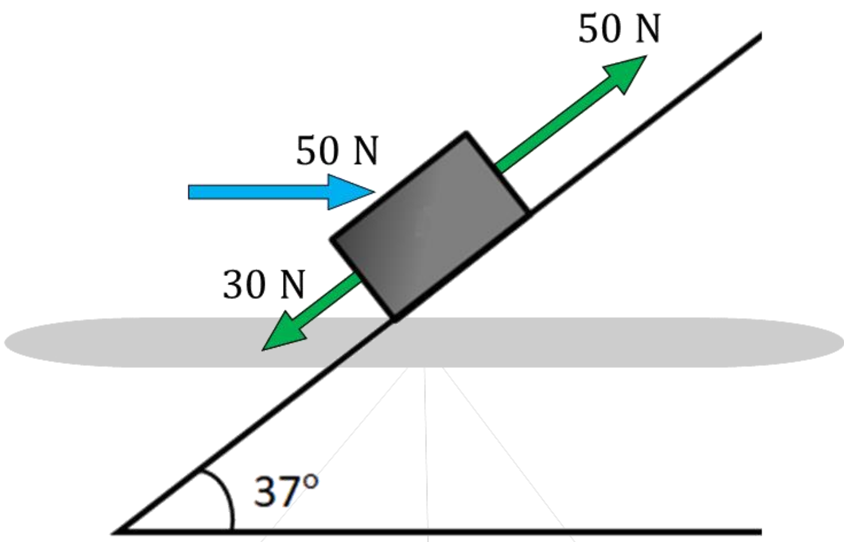


Assina-lhe a resposta correta

a) $d = 4H$
b) $d = \frac{1}{2}H$
c) $d = H$
d) $d = 2HR$
e) $d = 2H$

36. Na figura abaixo, um bloco de massa $m = 10\,kg$ desloca-se com velocidade constante por uma distância igual a $d = 10\,m$. Qual o trabalho realizado pela força resultante?

Considere: $g = 10\,m/s^2$; $\text{sen}\,37° = 0{,}6$; $\cos 37° = 0{,}8$.



a) 0 J

b) 200,0 J

c) 320,0 J

d) 340,0 J

e) 600,0 J

37. Analise as sentenças abaixo, identifique-as entre “FALSA” ou “VERDADEIRA” e marque a alternativa correta em relação a essa identificação

I – A energia potencial gravitacional depende do nível de referência do problema (referêncial).

II – A energia mecânica de um corpo permanece sempre constante em qualquer situação física.

III – A variação de energia cinética só depende da força resultante que atua sobre um corpo.

a) I – VERDADEIRO; II – FALSO; III – FALSO

b) I – FALSO; II – FALSO; III - FALSO

c) I – VERDADEIRO; II – FALSO; III - VERDADEIRO

d) I – VERDADEIRO; II – VERDADEIRO; III - FALSO

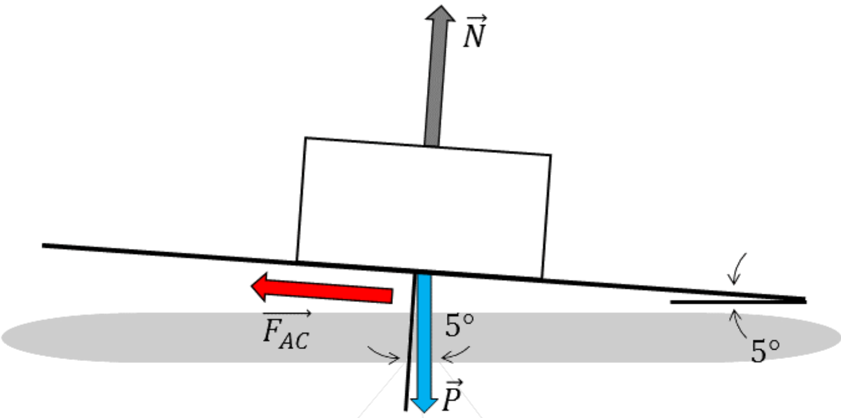
e) I – FALSO; II – VERDADEIRO; III - FALSO

GABARITO

1	**D**	**11**	**A**	**21**	**C**	**31**	**B**
2	**D**	**12**	**B**	**22**	**C**	**32**	**C**
3	**E**	**13**	**C**	**23**	**B**	**33**	**A**
4	**D**	**14**	**D**	**24**	**B**	**34**	**A**
5	**E**	**15**	**E**	**25**	**E**	**35**	**E**
6	**C**	**16**	**A**	**26**	**D**	**36**	**E**
7	**C**	**17**	**B**	**27**	**C**	**37**	**A**
8	**A**	**18**	**B**	**28**	**A**		
9	**E**	**19**	**A**	**29**	**B**		
10	**E**	**20**	**E**	**30**	**D**		

SOLUÇÕES DAS QUESTÕES DE TRABALHO E ENERGIA

01. Primeiramente, façamos o Diagrama de Corpo Livre:



Temos os valores de $\overrightarrow{F_{AC}}$ e $\vec{P}$:

$$F_{AC} = 5.000\text{ N}$$

$$P = m \cdot g$$

$$P = 1.000 \cdot 10$$

$$P = 10.000\text{ N}$$

Vamos ter que fazer a conversão de km/h para m/s (vai ser essencial para encontrarmos a solução).

$$v_1 = 72\ km/h$$

$$v_1 = 72 \div 3{,}6$$

$$v_1 = 20\ m/s$$

Para a posição 1, temos:

$$E_{c_1} = \frac{m{v_1}^2}{2}$$

$$E_{c_1} = \frac{1.000(20)^2}{2}$$

$$E_{c_1} = \frac{1.000 \cdot 400}{2}$$

$$E_{c_1} = 200.000\ \frac{kg.m^2}{s^2} = 200.000\ \text{J}$$

Para a posição 2, temos:

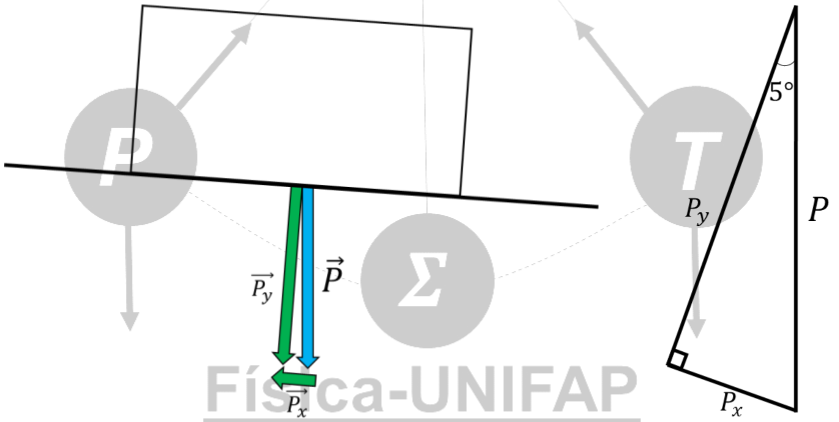
$$v_2 = 0 \qquad\qquad E_{c_2} = 0$$

Para o trabalho, temos:

$$W_{1\to 2} = F.d$$

Para este caso, temos duas forças: uma que favorece o deslocamento (componente horizontal da força peso) e outra que desfavorece o movimento (freios, aplicada pela estrada sobre os pneus).

A força que favorece o movimento é a força peso, que, decompondo-a na direção x e direção y, pode ser vista dessa forma:



$$\text{sen}\,5° = \frac{P_x}{P}$$

$$P_x = P \cdot \text{sen}\,5°$$

$$P_x = m \cdot g \cdot \text{sen}\,5°$$

A força que desfavorece o movimento foi é a aplicada pela estrada sobre os pneus:

$$\overrightarrow{F_{AC}} = 5.000\ \text{N}$$

Portanto, basta adicioná-las à formula:

$$W_{1\to 2} = F.d$$

$$W_{1\to 2} = (m \cdot g \cdot \text{sen}\,5° - 5.000)x$$

Observe que adicionamos o sinal positivo para a força que favorece o movimento, e o sinal negativo para a força que desfavorece o movimento. Além disso, como a questão chama o deslocamento de “x”, assim substituímos na fórmula.

Continuando:

$$W_{1\to 2} = (m \cdot g \cdot \operatorname{sen} 5° - 5000)x$$

$$W_{1\to 2} = (1000 \cdot 10 \cdot 0{,}09 - 5000)x$$

$$W_{1\to 2} = \left(10.000 \cdot \frac{9}{100} - 5.000\right)x$$

$$W_{1\to 2} = (900 - 5.000)x$$

$$W_{1\to 2} = -4.100x \qquad (1)$$

Pelo Princípio de Trabalho e Energia:

$$W_{1\to 2} = E_{c_2}$$

$$E_{c_1} + W_{1\to 2} = E_{c_2} \qquad (2)$$

Substituindo a Eq. (1) em (2):

$$200.000 - 4100x = 0$$

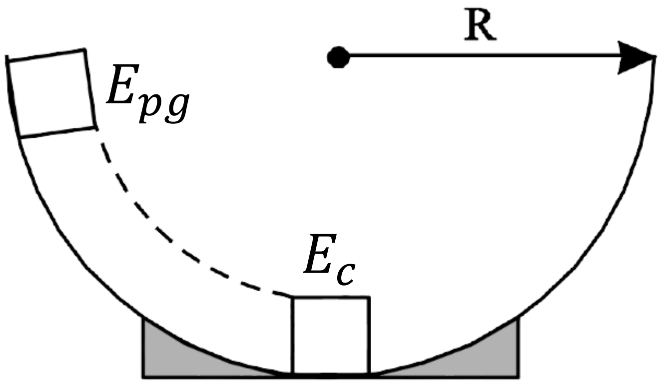
$$x = \frac{200.000}{4.100}$$

$$x = 48{,}78\ m$$

$$x \cong 50\ m$$

Resposta letra d.

02. O que vamos ver abaixo não se trata de um Diagrama de Corpo Livre, mas serve pra entender a questão:



Observe que no início do movimento o bloco está na borda (onde tem energia potencial gravitacional máxima e energia cinética nula) e chega até à parte inferior (onde tem energia cinética máxima e energia potencial gravitacional nula).

A pergunta que nós fazemos é: Toda essa energia potencial gravitacional (inicial) se converte em energia cinética (final)?

A resposta é: não.

As forças dissipativas consomem energia mecânica. Elas também podem ser chamadas de "forças não-conservativas", porque quando nos é apresentado um problema com essas forças, toda a energia desse sistema não é conservada.

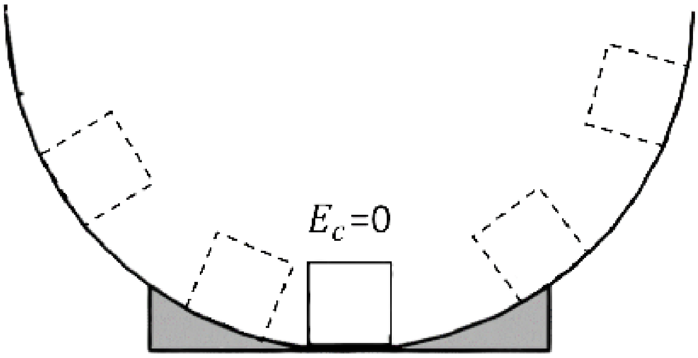
Com isso, obtemos a seguinte relação:

$$E_{total} = E_{perdida} + E_{final}$$

Ou seja, em algum momento toda a energia inicial será perdida por conta do trabalho realizado pelas forças dissipativas. Portanto, a relação direta de energia é:

$$E_{pg} = W_{F_{DIS}} + E_c$$

Onde a energia total é a energia potencial gravitacional; a energia perdida no sistema é o trabalho realizado pelas forças dissipativas; a energia final é a energia cinética (quando toda a energia inicial for perdida pelas forças dissipativas, a energia cinética será nula).



$$E_{pg} = W_{F_{DIS}} + E_c$$

$$E_{pg} - E_c = W_{F_{DIS}}$$

$$W_{F_{DIS}} = m \cdot g \cdot h - \frac{m \cdot v^2}{2}$$

O **erg** é a unidade de energia ou de trabalho no sistema de unidades centímetro-grama-segundo (CGS). Portanto, devemos sempre fazer a conversão (caso for possível) de qualquer unidade de comprimento para centímetro; e da mesma forma, a conversão tempo para segundo.

Nesse caso, a única conversão que devemos fazer é:

$$g \approx 10\ \frac{m}{s^2}$$

$$g \approx 10 \frac{m}{s^2}\left(\frac{100cm}{1m}\right)$$

$$g \approx 10^3\ \frac{cm}{s^2}$$

Continuando:

$$W_{F_{DIS}} = 2 \cdot 10^3 \cdot 30 - \frac{2 \cdot 200^2}{2}$$

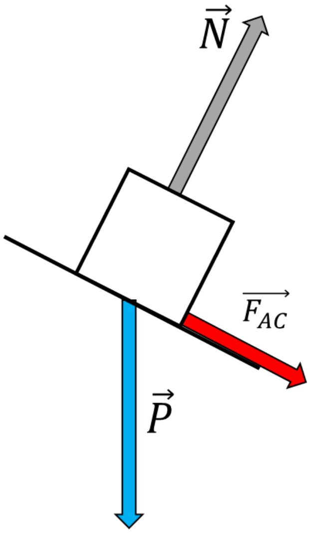
$$W_{F_{DIS}} = 60.000 - 40.000$$

$$W_{F_{DIS}} = 2{,}0 \cdot 10^4\ \text{erg}$$

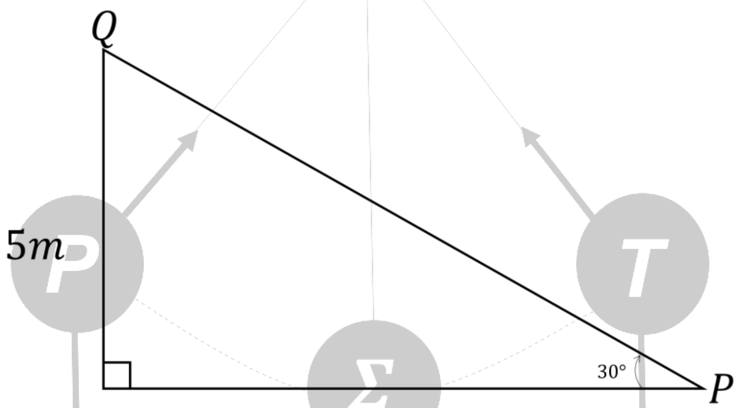
Pelas alternativas, o resultado é próximo a $1{,}9.10^4$ erg.

Resposta letra d.

03. Primeiramente, façamos o Diagrama de Corpo Livre:



Agora, calcularemos a distância de P a Q, já que o trabalho a determinar é para este percurso:

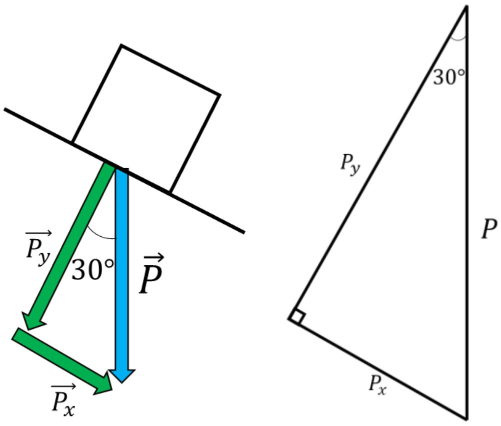


$$\operatorname{sen} 30° = \frac{5}{PQ}$$

$$PQ = \frac{5}{0{,}5} = \frac{5}{5 \cdot 10^{-1}}$$

$$PQ = 10\ m$$

Como está no plano inclinado, vamos decompor a força peso em duas componentes, uma na direção x e outra na direção y:



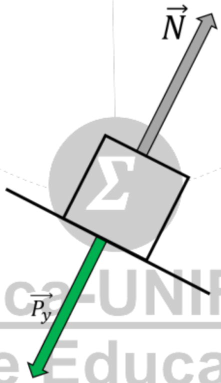
$$\text{sen } 30° = \frac{P_x}{P}$$

$$P_y = P \cdot \cos 30°$$

$$\cos 30° = \frac{P_y}{P}$$

$$P_y = P \cdot \cos 30°$$

Pelo Diagrama de Corpo Livre:



$$N = P_y \tag{1}$$

Calculando P_x e P_y:

$$P_x = P \cdot \text{sen } 30°$$

$$P_x = m \cdot g \cdot \text{sen } 30°$$

$$P_x = 100 \cdot 10 \cdot 0{,}5$$

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

$$P_y = P \cdot \cos 30°$$

$$P_y = m \cdot g \cdot \cos 30°$$

$$P_y = 100 \cdot 10 \cdot 0{,}87$$

$$P_y = 870 \text{ N}$$

O teorema **trabalho – energia cinética** diz que o trabalho de uma força resultante (soma de todas as forças envolvidas no cálculo do trabalho) produz variação da energia cinética de um corpo. Portanto:

$$W_{força\ aplicada} + W_{F_A} + W_{P_x} = \Delta E_c$$

Como a velocidade é constante, não há variação de energia cinética. Prova:

$$\Delta E_c = E_{c_{final}} - E_{c_{inicial}}$$

$$\Delta E_c = \frac{m \cdot v^2}{2} - \frac{m \cdot v^2}{2} = 0$$

Agora, vamos calcular o trabalho da força aplicada pelo homem:

$$W_{força\ aplicada} + W_{F_A} + W_{P_x} = 0$$

$$W_{força\ aplicada} = -\left(W_{F_A} + W_{P_x}\right)$$

Faremos um de cada vez:

$$W_{F_A} = F_A \cdot d$$

Como a força de atrito é contrária ao deslocamento, acrescentamos o sinal negativo:

$$W_{F_A} = -(\mu \cdot N) \cdot d$$

Sabemos que o módulo força normal é igual ao módulo da componente em y da força peso; já temos o valor de μ:

$$W_{F_A} = -(0{,}10 \cdot 870) \cdot 10$$

$$W_{F_A} = -870 \text{ J}$$

$$W_{P_x} = P_x \cdot d$$

Como a componente na direção x do peso é contrária ao deslocamento, acrescentamos o sinal negativo:

$$W_{P_x} = -500 \cdot 10$$

$$W_{P_x} = -5000$$

Agora, resta-nos calcular:

$$W_{força\ aplicada} = -\left(W_{F_A} + W_{P_x}\right)$$

$$W_{força\ aplicada} = -(-870 - 5000)$$

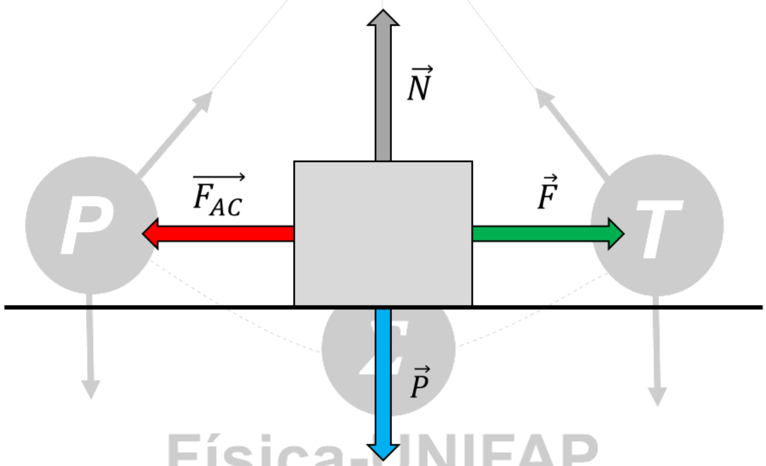
$$W_{força\ aplicada} = -(-5870)$$

$$W_{força\ aplicada} = 5870\ \text{J}$$

$$W_{força\ aplicada} = 5{,}87 \cdot 10^3\ \text{J}$$

Resposta letra e.

04. Primeiramente, façamos o Diagrama de Corpo Livre:



Podemos notar que:

$$\sum F_y = 0$$

$$N = P$$

Então:

$$\overrightarrow{F_{AC}} = \mu_{AC} \cdot N$$

$$\overrightarrow{F_{AC}} = \mu_{AC} \cdot m \cdot g$$

$$\overrightarrow{F_{AC}} = 0{,}4 \cdot 8 \cdot 10$$

$$\overrightarrow{F_{AC}} = 0{,}4 \cdot 8 \cdot 10$$

$$\overrightarrow{F_{AC}} = \frac{4}{10} \cdot 8 \cdot 10 = 4 \cdot 8$$

$$\overrightarrow{F_{AC}} = 32 \text{ N}$$

Pela 1ª Lei de Newton, se o bloco se move com velocidade constante é devido à força resultante (ou somatório das forças) ser igual a zero:

$$\sum F_x = 0$$

E para que isso aconteça:

$$F = \overrightarrow{F_{AC}}$$

$$F = 32 \text{ N}$$

Ou seja, o módulo da força aplicada (aquela que empurra o bloco) é igual ao módulo da força de atrito cinético. Por isso a velocidade é constante (aceleração nula).

Portanto, o trabalho realizado por “F” é igual a:

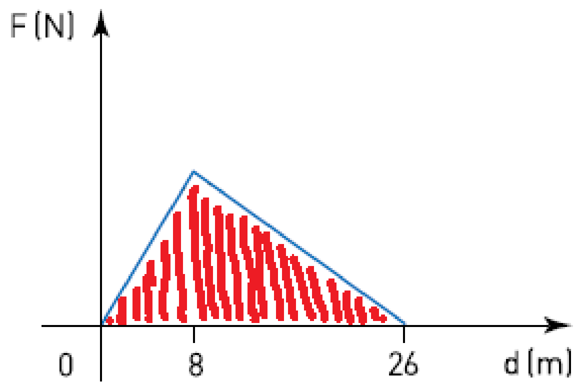
$$W_F = F \cdot d$$

$$W_F = 32 \cdot 5$$

$$W_F = 160 \text{ J}$$

Resposta letra d.

05. Essa questão apresenta o gráfico da distância em função da força (d x F). Quando temos esse tipo de gráfico, a área (na imagem abaixo, pintado de vermelho) representa o trabalho realizado por essa força:



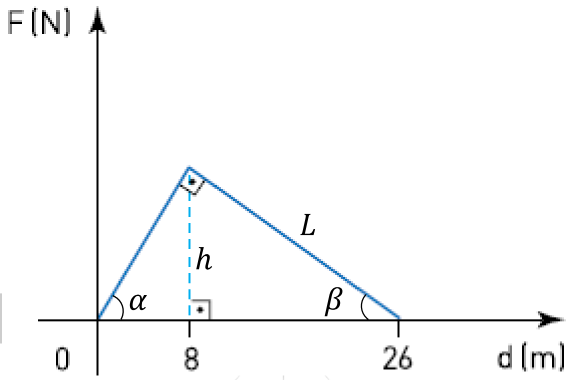
Além disso, a questão afirma que a força F é de mesma direção e sentido do deslocamento do carro. Assim, $\theta = 0$. E no que isso implica?

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

$$W_F = F \cdot d \cdot \cos 0$$

$$W_F = F \cdot d$$

Portanto, resta-nos calcular a área. Voltamos à figura:



$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{h}{8}$$

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{h}{18}$$

Outro detalhe, é que $\alpha + \beta = 90°$, pois eles são ângulos complementares. Isso implica que:

$$\operatorname{sen}\alpha = \cos\beta$$

$$\operatorname{sen}\beta = \cos\alpha$$

Onde:

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{\operatorname{sen}\alpha}{\cos\alpha}$$

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{\cos\beta}{\operatorname{sen}\beta}$$

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{1}{\operatorname{tg}\beta}$$

Substituindo, temos:

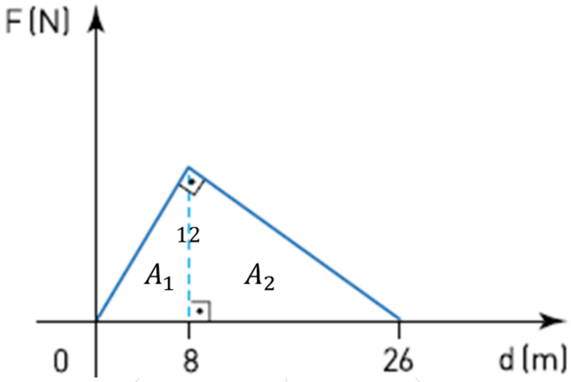
$$\frac{h}{8} = \frac{1}{\frac{h}{18}}$$

$$\frac{h}{8} = \frac{1 \cdot 18}{h}$$

$$h^2 = 8 \cdot 18$$

$$h = \sqrt{8 \cdot 18} = \sqrt{144} = 12$$

Assim, podemos calcular a área dos dois triângulos retângulos:



$$A_1 = \frac{b \cdot h}{2} = \frac{8.12}{2} = \frac{96}{2} = 48$$

$$A_2 = \frac{b \cdot h}{2} = \frac{18 \cdot 12}{2} = \frac{216}{2} = 108$$

Por fim:

$$A = A_1 + A_2 = 48 + 108$$

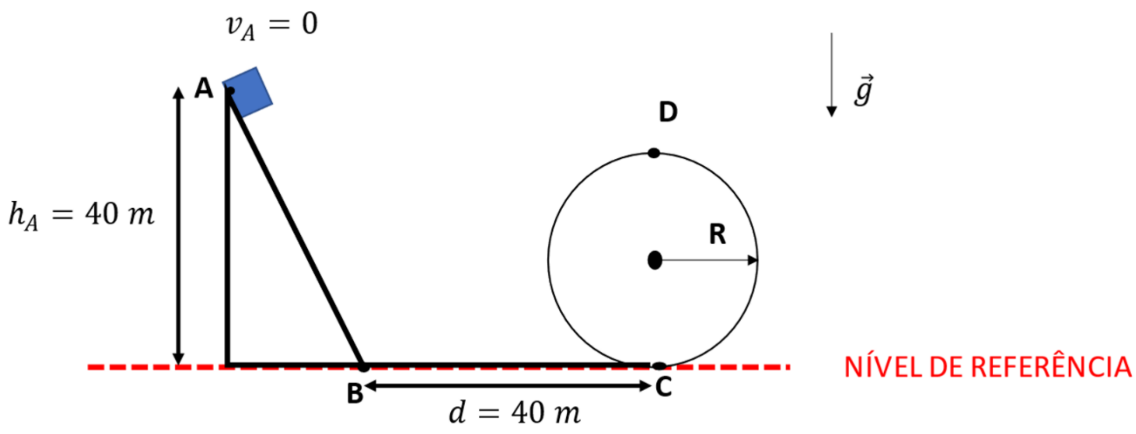
$$A = 156$$

Ou seja:

$$W_F = 156\ \mathrm{J}$$

Resposta letra e.

06. Ao analisarmos a questão vemos que, de acordo com o desenho feito abaixo que:



na parte da rampa, do ponto A ao B, não há atrito logo podemos considerar que tem conservação de energia mecânica do corpo, do ponto B ao C há atrito entre o corpo e o caminho horizontal, logo não há conservação de energia e existe o trabalho realizado pela força de atrito e na pista com formato circular consideramos que não há atrito entre a pista e o corpo, assim a energia mecânica do corpo se conserva nesse trecho.

A partir desta análise poderemos encontrar o maior raio que a pista pode ter para que o corpo faça todo trajeto, sem perder o contato com ela, utilizando o teorema da conservação de energia mecânica, logo, como há conservação de energia mecânica entre os pontos A e B, temos que

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

Ou seja, a energia mecânica do corpo em A é a mesma energia mecânica em B, dado que esta é constante. Onde:

$$E_m = E_c + E_{pg} = \frac{1}{2}mv^2 + mgh$$

Lembrando que, $E_c = \frac{1}{2}mv^2$ e $E_{pg} = mgh$

Então temos que

$$\frac{1}{2}mv_A^2 + mgh_A = \frac{1}{2}mv_B^2 + mgh_B \text{ (I)}$$

De acordo com o com nível de referência adotado no solo, temos que $h_B = 0$ e como o carrinho parte do repouso então $v_A = 0$, assim (I) fica:

$$mgh_A = \frac{1}{2}mv_B^2$$

Isolando v_B^2 temos

$$v_B = \sqrt{2gh_A} = \sqrt{2 * 10 * 40} = \sqrt{800} \text{ (II)}$$

Analisando agora a situação na pista de forma circular, temos

Sabendo que há conservação de energia mecânica, então podemos dizer que:

$$E_{m,C} = E_{m,D}$$

Onde D é o ponto mais alto da pista de forma circular, assim temos

$$E_{m,C} = E_{m,D}$$

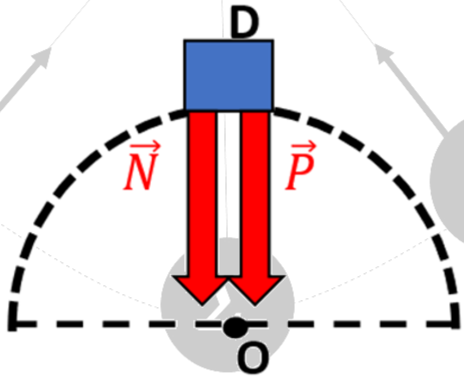
$$\frac{1}{2}mv_C^2 + mgh_C = \frac{1}{2}mv_D^2 + mgh_D$$

Onde, de acordo com o nível de referência adotado que vimos na figura inicialmente, $h_C = 0$, logo

$$\frac{1}{2}mv_C^2 = \frac{1}{2}mv_D^2 + mgh_D$$

$$\frac{1}{2}v_C^2 = \frac{1}{2}v_D^2 + gh_D \text{(III)}$$

Fazendo um DCL do corpo no ponto D, temos



Onde, por se tratar de um movimento circular uniforme, aplicando a segunda lei de Newton para o corpo no ponto D, temos:

$$N + mg = \frac{v_D^2}{R}$$

A velocidade mínima do carrinho em D para que ele consiga completar a volta deve ser tal que:

$$mg = \frac{v_D^2}{R} \Rightarrow v_D^2 = gR \text{ (IV)}$$

Consideramos $N \approx 0$, pois nesse ponto o corpo está próximo a perder contato com a pista. Assim, substituindo (IV) em (III), temos

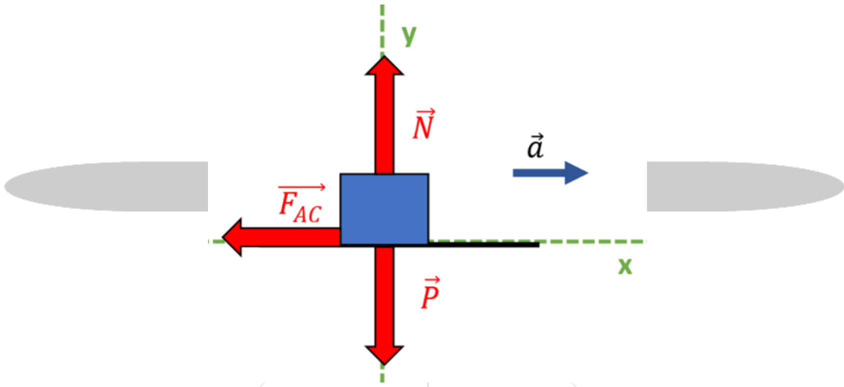
$$\frac{1}{2}v_C^2 = \frac{1}{2}gR + gh_D$$

Lembrando que o maior raio que a pista pode ter deve ser tal que a velocidade do carrinho não seja menor que a velocidade mínima que o carrinho deve ter em D para completar a volta. Seguindo, obtemos que, de acordo com o nível de referencia adotado, $h_D = 2R$, logo

$$\frac{1}{2}v_C^2 = \frac{1}{2}gR + g2R \text{ (V)}$$

Fazendo um DCL do corpo em um ponto arbitrário entre B e C, temos

DCL do corpo em um ponto entre B e C:



Temos, pela primeira condição de equilíbrio que:

$$\sum F_y = 0$$

$$N - P = 0$$

$$N = P = mg$$

Analisando o movimento do corpo de B a C, para encontrarmos a velocidade do corpo no ponto C (v_C), vemos que há atrito entre o corpo e o solo, logo há um trabalho realizado pela força de atrito cinético, que é dado por:

$$W' = -F_{AC} * s = -N\mu_{AC} * d$$

Desse modo

$$W' = -F_{AC} * s = -N\mu_{AC} * d = -mg\mu_{AC} * d$$

Além disso temos que:

$$W' + E_{m,B} = E_{m,A}$$

Substituindo, temos

$$-mg\mu_{AC} * d + E_{m,B} = E_{m,C}$$

$$-mg\mu_{AC} * d + E_{m,B} = E_{m,C}$$

$$-mg\mu_{AC} * d = E_{m,C} - E_{m,B}$$

$$-mg\mu_{AC} * d = \frac{1}{2}mv_C^2 + mgh_C - (\frac{1}{2}mv_B^2 + mgh_B)$$

De acordo com o nível de referência adotado, $h_B = h_c = 0$, assim

$$-mg\mu_{AC} * d = \frac{1}{2}mv_C^2 - \frac{1}{2}mv_B^2$$

Isolando $v_C^2 =$, temos

$$v_C^2 = -2g\mu_{AC} * d + v_B^2$$

Usando (II) e os dados informados no enunciado, temos

$$v_C^2 = -2 * 10 * 0{,}25 * 40 + (\sqrt{800})^2$$

$$v_C = \sqrt{-200 + 800} = \sqrt{600} = 24{,}5m/s \text{ (VI)}$$

Substituindo (VI) em (V), temos

$$\frac{1}{2}600 = \frac{1}{2}gR + g2R$$

$$\frac{600}{2} = R\left(\frac{g}{2} + 2g\right)$$

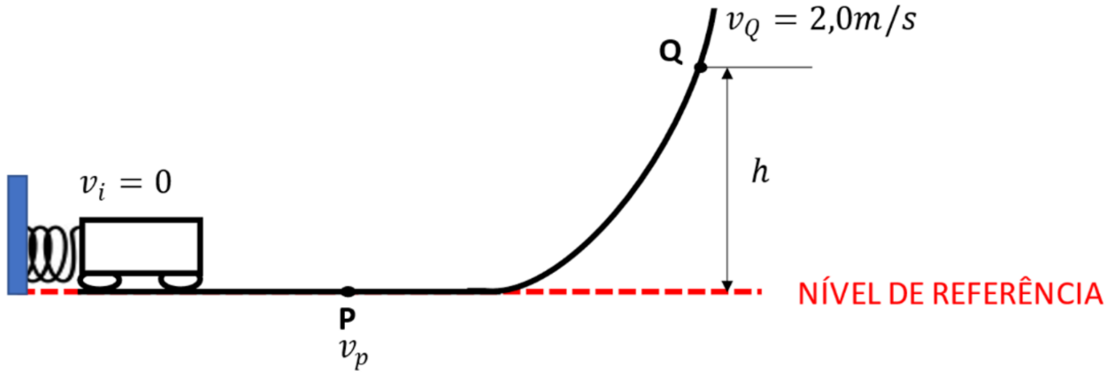
$$\frac{600}{2} = R\left(\frac{5g}{2}\right)$$

$$R = \frac{600}{5 * 10} = 12\ m$$

Ou seja, o maior raio R que a pista com formato circular pode ter é de 12 m, para que assim o carrinho consiga completar a volta.

Resposta letra c.

07. Fazendo um desenho de acordo com o enunciado da questão, temos:



Como não há perda de energia mecânica então esta se conserva, desse modo, a energia mecânica do carrinho antes de ser solto é a mesma energia mecânica após o carrinho se mover (ser solto), como o carrinho estava em repouso inicialmente em relação ao referencial adotado então sua velocidade inicial é nula, e, considerando que no instante logo após o carrinho se soltar (ponto P arbitrário), de acordo com o nível de referência, $h_p = 0$, assim temos que

Pelo teorema da conservação de energia mecânica,

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

Onde, a energia mecânica é dada por $E_m = E_c + E_{pg} + E_{pe}$, inicialmente a energia potencial é elástica e após se soltar da mola o carrinho possui energia cinética, logo

$$E_{c,i} + E_{pe} = E_{c,P} + E_{pg,P}$$

Sabendo que, $E_c = \frac{1}{2}mv^2$, $E_{pe} = \frac{1}{2}kx^2 e\ E_{pg} = mgh$, então

$$\frac{1}{2}mv_i^2 + \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}mv_p^2 + mgh_p$$

$$\frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}mv_p^2$$

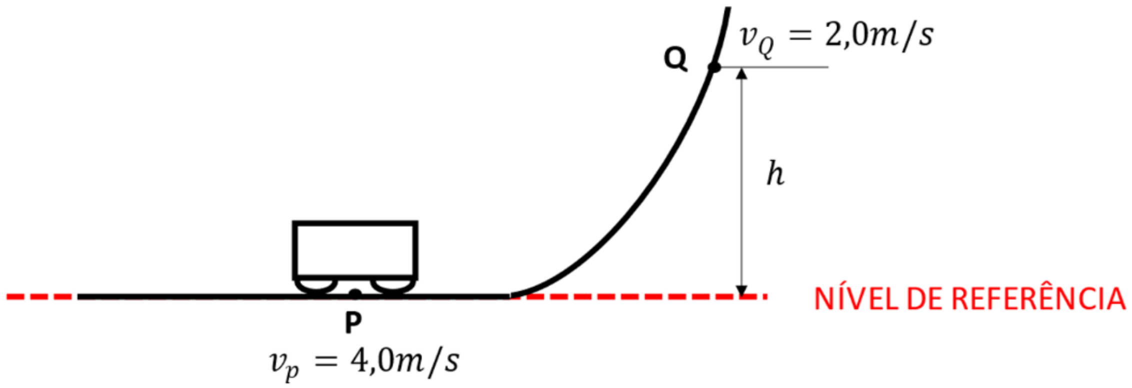
Isolando a velocidade, temos

$$v_p = \sqrt{\frac{kx^2}{m}}$$

Substituindo os valores dados, lembrando que 2cm=0,02 m, logo temos:

$$v_p = \sqrt{\frac{8000 * 0,02^2}{0,20}} = 4m/s$$

Basta encontrarmos agora a altura da rampa no instante em que o carrinho tem velocidade igual a 2,0 m/s, para isso iremos analisar inicialmente a figura abaixo, assim



Como há a conservação de energia mecânica, então a energia mecânica do carrinho é a mesma em toda a sua trajetória, logo no ponto Q arbitrário onde o carrinho tem velocidade de 2,0 m/s e considerando o ponto P arbitrário a posição onde o carrinho se solta da mola com velocidade igual a 4,0 m/s, como vimos anteriormente, temos pelo teorema da conservação de energia mecânica que

$$E_{m,P} = E_{m,Q}$$

Onde, nesse caso há a energia potencial gravitacional, logo

$$\frac{1}{2}mv_p^2 + mgh_p = \frac{1}{2}mv_Q^2 + mgh$$

Onde, de acordo com o nível de referência, $h_P = 0$, logo

$$\frac{1}{2}mv_p^2 = \frac{1}{2}mv_Q^2 + mgh$$

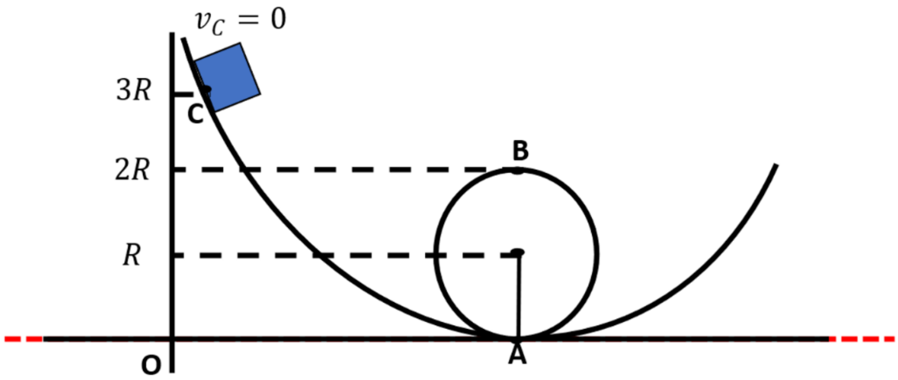
Substituindo pelos valores correspondentes e isolando h, temos

$$gh = \frac{1}{2}4^2 - \frac{1}{2}2^2 = 8 - 2 = 6$$

$$h = \frac{6}{10} = 0{,}6\ m$$

Resposta letra c.

08. Para encontrarmos a velocidade do objeto no ponto B em função dos dados fornecidos no enunciado do problema vamos primeiramente analisar a situação-problema, onde a energia mecânica é conservada, dado que desprezamos a dissipação de energia, assim analisando o desenho da situação, temos:



Onde nos pontos C e B, que indicam a posição inicial do objeto de massa m e o ponto mais alto do loop respectivamente, a energia mecânica do objeto é a mesma pois como já dito antes ela é constante. Assim, pelo Teorema da conservação da energia mecânica, temos:

$$E_{m,C} = E_{m,B}$$

(A energia mecânica do objeto no ponto C é a mesma no ponto B)

Sabendo que a energia mecânica é dada por:

$$E_m = E_c + E_{pg} + E_{pe}$$

E como há apenas energia cinética e energia potencial gravitacional, obtemos que:

$$E_{m,C} = E_{m,B}$$

$$E_{c,C} + E_{pg,C} = E_{c,B} + E_{pg,B} \text{ (I)}$$

Onde,

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 \;\; e \; E_{pg} = mgh$$

Logo, (I) fica dessa forma:

$$\frac{1}{2}mv_C^2 \;\; + mgh_C = \frac{1}{2}mv_B^2 + mgh_B$$

Pela figura mostrada anteriormente também temos que, em relação ao nível de referência adotado, $h_B = 2R \; e \; h_C = 3R$, portanto, substituindo os respectivos valores na equação temos:

$$\frac{1}{2}mv_C^2 + mg3R \;\; = \frac{1}{2}mv_B^2 + mg2R$$

Como o objeto parte do repouso, então

$$v_C = 0$$

Assim, obtemos que

$$\frac{1}{2}mv_C^2 + mg3R \;\; = \frac{1}{2}mv_B^2 + mg2R$$

$$mg3R \;\; = \frac{1}{2}mv_B^2 + mg2R$$

Simplificando os termos em comum:

$$g3R \;\; = \frac{1}{2}v_B^2 + g2R$$

Isolando a velocidade do objeto no ponto B, temos

$$v_B^2 = (g3R - g2R)2$$

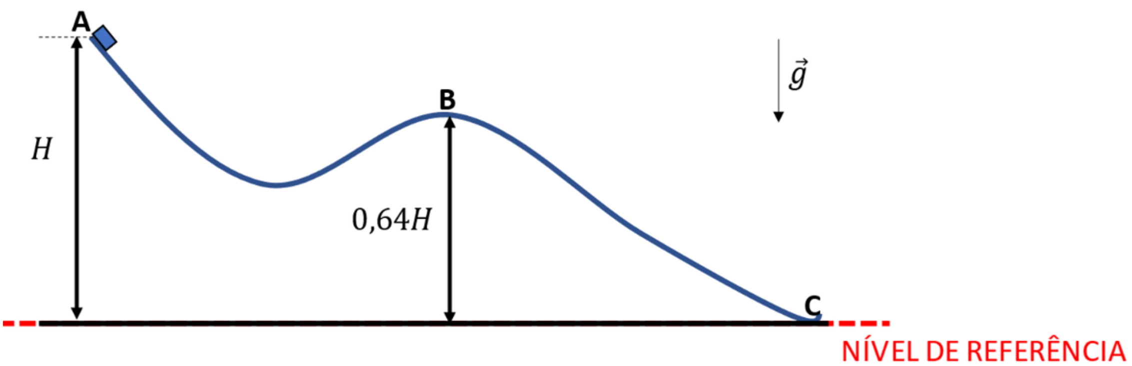
$$v_B^2 = 6gR - 4gR = 2gR$$

$$v_B = \sqrt{2Rg}$$

Que é a expressão da velocidade do objeto no ponto B, onde somente aparecem dados fornecidos no problema.

Resposta letra a.

09. Vamos analisar inicialmente o problema proposto, como não há dissipação de energia por atrito, então vamos considerar que há conservação de energia mecânica, desse modo a energia mecânica do objeto é constante (mesma em toda trajetória), assim, para encontrarmos a razão $\frac{v_B}{v_C}$ iremos usar o teorema da conservação de energia mecânica. Desse modo, através da figura mostrada abaixo, obtemos que:



Como a energia mecânica do objeto é a mesma em todos os pontos do trajeto, então

Do ponto A a C, aplicando o teorema de conservação de energia mecânica:

$$E_{m,A} = E_{m,C} \text{ (I)}$$

Sabendo que a energia mecânica é dada por:

$$E_m = E_c + E_{pg} + E_{pe}$$

Como vemos, a partir da figura, que nesse caso há apenas energia cinética e energia potencial gravitacional, então

$$E_m = E_c + E_{pg} = \frac{1}{2}mv^2 + mgh$$

Substituindo a equação acima em (I), temos

$$E_{c,A} + E_{pg,A} = E_{c,C} + E_{pg,C}$$

$$\tfrac{1}{2}mv_A^2 \ + mgh_A = \tfrac{1}{2}mv_C^2 + mgh_C\text{(II)}$$

Como o objeto parte do repouso, então a velocidade do objeto no ponto A é nula $v_A = 0$, e a partir do nível de referência temos que $h_C = 0$ e $h_A = H$. Sabendo disso (II) fica:

$$mgH = \frac{1}{2}mv_C^2$$

Simplificando os termos em comum e isolando a velocidade do objeto no ponto C, temos:

$$gH = \frac{1}{2}v_C^2$$

$$v_C = \sqrt{2gH}\text{(III)}$$

Agora só precisamos encontrar a velocidade do objeto no ponto B, para isso iremos novamente utilizar o teorema da conservação de energia mecânica, fazendo o mesmo procedimento feito anteriormente para encontrar a velocidade do objeto no ponto C, mas agora usando os pontos A e B do trajeto do objeto.

Logo aplicando o teorema da conservação de energia mecânica, no ponto A e B:

$$E_{m,A} = E_{m,B}\text{(IV)}$$

Como a energia potencial é apenas gravitacional nesse caso, então a energia mecânica do objeto é dada por:

$$E_m = E_c + E_{pg} = \frac{1}{2}mv^2 + mgh$$

Substituindo em (IV), temos

$$\frac{1}{2}mv_A^2 \;\; + mgh_A = \frac{1}{2}mv_B^2 + mgh_B$$

Sabendo que $v_A = 0$ ($objeto\ parte\ do\ repouso$), e de acordo com o nível de referência adotado $h_B = 0{,}64H$ e $h_A = H$, então

$$mgH = \frac{1}{2}mv_B^2 + mg0{,}64H$$

Desse modo, eliminando os termos em comum e isolando a velocidade do objeto no ponto B, temos

$$gH = \frac{1}{2}v_B^2 + g0{,}64H$$

$v_B = \sqrt{2(gH - 0{,}64gH)} = \sqrt{0{,}72gH}$ (V)

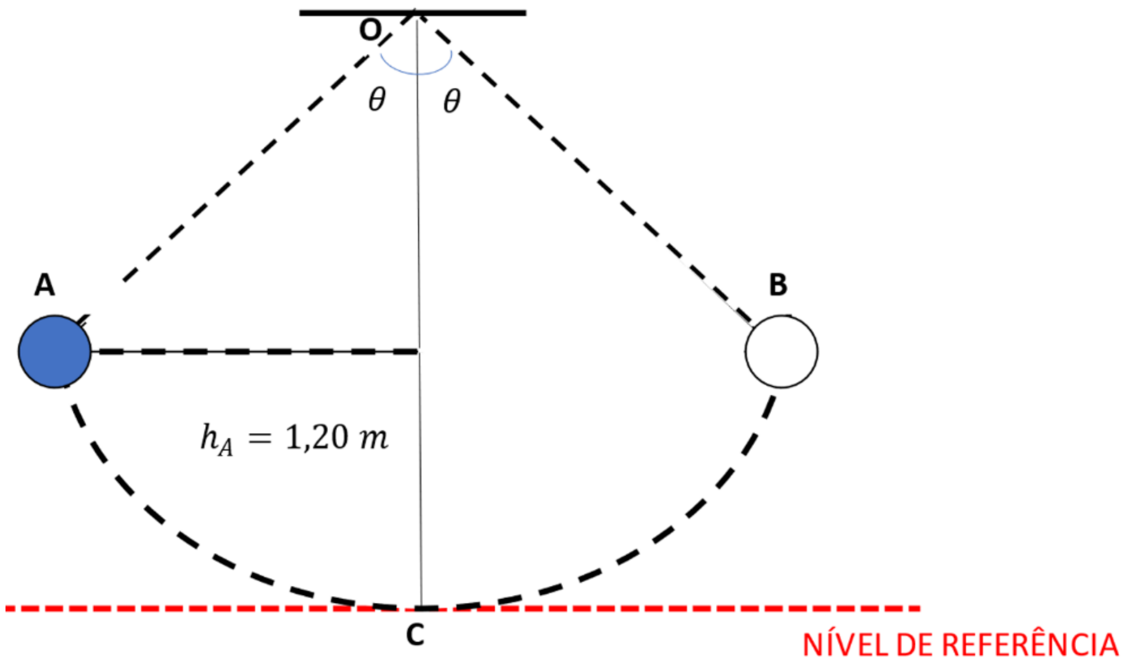
Finalmente, sabendo $v_C\ e\ v_B$ podemos fazer $\frac{v_B}{v_C}$, logo usando (III) e (V), temos

$$\frac{v_B}{v_C} = \frac{\sqrt{0{,}72gH}}{\sqrt{2gH}} = \sqrt{\frac{0{,}72gH}{2gH}} = \sqrt{\frac{0{,}72}{2}} = 0{,}60$$

Resposta letra e.

10. De acordo com o enunciado da questão, desprezamos todas as forças de atrito, assim consideramos que nesse caso energia mecânica do corpo é conservada, devemos considerar também o equipamento como uma partícula. Assim para encontrarmos o módulo da força de tração na corda iremos usar inicialmente o teorema da conservação de energia mecânica e posteriormente a segunda lei de Newton.

Fazendo um desenho da situação do problema, temos:



Sendo A o ponto de partida da partícula e C o ponto mais baixo de sua trajetória, temos pelo teorema da conservação de energia mecânica que:

$$E_{m,A} = E_{m,C} \text{(I)}$$

Onde

$$E_m = E_c + E_{pg} + E_{pe}$$

Como a única energia potencial no problema é a gravitacional, então (I) fica:

$$E_{c,A} + E_{pg,A} = E_{c,C} + E_{pg,C}$$

Sabendo que

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 \ e\ E_{pg} = mgh$$

Então

$$E_{c,A} + E_{pg,A} = E_{c,C} + E_{pg,C} \Rightarrow$$

$$\frac{1}{2}mv_A^2 \ + mgh_A = \frac{1}{2}mv_C^2 + mgh_C \text{ (II)}$$

De acordo com o nível de referência que usamos para simplificar os cálculos (mostrado no desenho visto anteriormente) $h_C = 0\ e\ h_A = 1{,}20\ m$, logo (II) fica dessa forma:

$$\frac{1}{2}mv_A^2 \ + mg1{,}20 = \frac{1}{2}mv_C^2$$

Como a partícula (equipamento) parte do repouso, então $v_A = 0$, assim

$$\frac{1}{2}mv_A^2 \ + mg1{,}20 = \frac{1}{2}mv_C^2 \Rightarrow mg1{,}20 = \frac{1}{2}mv_C^2$$

$$g1{,}20 = \frac{1}{2}v_C^2$$

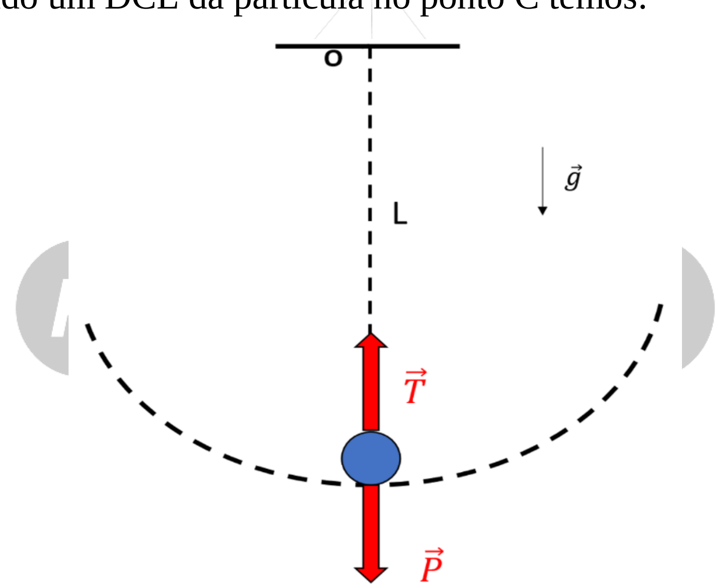
Isolando a velocidade da partícula no ponto C (ponto mais baixo) v_C mostrada na equação acima, então:

$$v_C = \sqrt{2 * g * 1{,}20}$$

Considerando que $g = 10m/s^2$, então

$$v_C = \sqrt{2 * g * 1{,}20} = \sqrt{2 * 10 * 1{,}20} = \sqrt{24} = 4{,}89m/s \text{(III)}$$

Agora, fazendo um DCL da partícula no ponto C temos:



Aplicando a segunda lei de Newton para o movimento circular para a partícula, temos

$$F_C = ma_C = \frac{mv^2}{R}$$

Onde

$$F_C = T - P$$

E $R = L$ $v = v_C$(velocidade da partícula no ponto mais baixo) assim, temos que

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

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

Isolando o módulo da força de tração, obtemos

$$T = \frac{mv_C^2}{L} + P$$

Sabendo que $P = mg$ então

$$m = \frac{P}{g} = \frac{500}{10} = 50kg$$

Logo

$$T = \frac{mv_C^2}{L} + P = \frac{50v_C^2}{L} + P$$

Usando (III) e os dados fornecidos na questão podemos resolver o problema, assim temos:

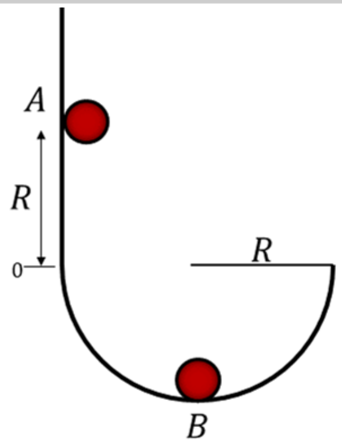
$$T = \frac{50v_C^2}{L} + P = \frac{50 * 24}{3} + 500 = 50 * 8 + 500 = 400 + 500$$

$$T = 900N$$

Que corresponde ao módulo da força de tração na corda no ponto mais baixo da trajetória do equipamento.

Resposta letra e.

11. Pelo princípio da conservação da energia mecânica nos pontos A e B, temo:



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

No ponto A, a energia cinética é zero, e no ponto B

a energia potencial é zero, então

$$E_{Pg,A} = E_{c,B}$$

$$mgh = \frac{1}{2}mv_B^2$$

$$gh = \frac{1}{2}v_B^2 \quad \rightarrow \quad v_B^2 = 2hg$$

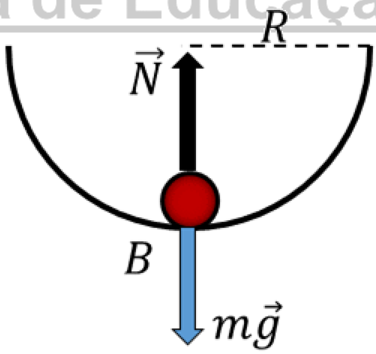
Como a $h = 2R$, temos

$$v_B^2 = 4Rg \;\; \dots (*)$$

Aplicaremos a Segunda Lei de Newton para um movimento circular no ponto *B*.

$$F_c = ma_c$$

D.C.L. da bolinha no ponto B



Logo:

$$N - mg = \frac{mv_B^2}{R} \quad \rightarrow \quad N = mg + \frac{mv_B^2}{R} \ \ldots (**)$$

Aplicando eq. (*) na eq. (**)

$$N = mg + \frac{m4Rg}{R} \quad \rightarrow \quad N = mg + \frac{1}{4}mg \quad \rightarrow N = 5mg$$

Substituindo os valores da massa e gravidade, obtemos:

$$N = 5\left(\frac{3}{5}\right)10 \quad \rightarrow \quad N = 3 \times 10$$

$$\therefore N = 30\frac{kgm}{s^2}$$

Resposta letra a.

12. Pelo princípio da conservação da energia mecânica no pontos $A\ eB,$ temos:

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

A energia mecânica no ponto A será somente energia potencial, porque a esfera parte do repouso ($v_A = 0$), a energia mecânica no ponto B será a energia cinética mais a energia potencial.

$$mgh_A = \frac{1}{2}mv_B^2 + mgh_B$$

$$\begin{cases} h_A = 4R \\ h_B = R \end{cases}$$

$$mg4R = \frac{1}{2}mv_B^2 + mgR$$

Dividindo a equação por $\frac{1}{m}$, temos:

$$g4R = \frac{1}{2}v_B^2 + gR \quad \rightarrow \quad \frac{1}{2}v_b^2 = 4gR - gR \quad \rightarrow \quad \frac{1}{2}v_B^2 = 3gR$$

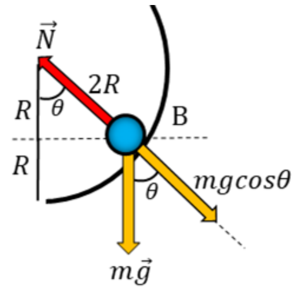
Multiplicando a equação por 2, temos:

$$v_B^2 = 6gR \ \ldots (1)$$

Aplicaremos a Segundo Lei de Newton para um movimento circular no ponto B.

$$F_c = ma_c$$

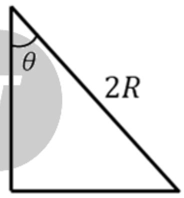
D.C.L. da esfera no ponto B.



$$N - mgcos\theta = \frac{mv_B^2}{r}$$

Agora vamos encontra o ângulo θ

Pelo raio (2R) e pela altura (R) conseguimos definir o ângulo usando o cosseno



$$cos\theta = \frac{R}{2R} \quad \rightarrow \quad cos\theta = \frac{1}{2}$$

$$arccos\left(\frac{1}{2}\right) = 60°$$

Com isso temos:

$$N = \frac{mv_B^2}{r} + mgcos60° \ \ldots(2)$$

Aplicando a eq. (1) na eq. (2)

$$N = \frac{m6gR}{2R} + mg\frac{1}{2}$$

Fazendo essa soma obtemos

$$N = \frac{7}{2}mg$$

Substituindo os valores da massa e da gravidade

$$N = \frac{7}{2}(4)10 \quad \rightarrow \quad N = 140$$

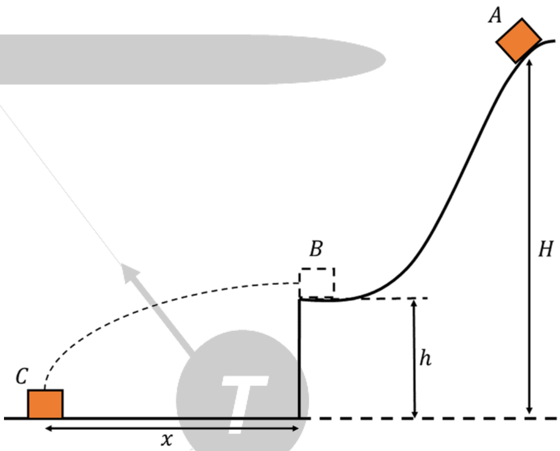
$$\therefore \quad N = 140\frac{kgm}{s^2}$$

Resposta letra b.

13. Pelo princípio da conservação da energia mecânica nos pontos A e B, temos

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

A energia mecânica no ponto A será somente energia potencial, porque a esfera parte do repouso ($v_A = 0$), a energia mecânica no ponto B será energia cinética mais energia potencial.



$$mgh_A = \frac{1}{2}mv_B^2 + mgh_B$$

$$\begin{cases} h_A = H \\ h_B = h \end{cases}$$

$$mgH = \frac{1}{2}mv_B^2 + mgh$$

Dividindo a equação por $\frac{1}{m}$, temos

$$gH = \frac{1}{2}v_B^2 + gh$$

$$\frac{1}{2}v_B^2 = gH - gh \quad \rightarrow \quad v_B^2 = 2g(H-h) \quad \rightarrow \quad v_B = \sqrt{2g(H-h)} \quad \dots(1)$$

Na trajetória vertical de B até C, temos um movimento parabólico, então utilizando a equação do movimento parabólico da cinemática $h = v_{0y}t + \frac{1}{2}gt^2$.

Como $v_{0y} = 0$

$$h = \frac{1}{2}gt^2 \quad \rightarrow \quad t^2 = \frac{2h}{g} \quad \rightarrow \quad t = \sqrt{\frac{2h}{g}} \quad \dots(2)$$

Na trajetória horizontal de B até C, temos $S = S_0 + v_B t$

Como $S_0 = 0$

$$S = v_B t \quad \dots(3)$$

Aplicando as eq. (1) e eq. (2) na eq. (3), obtemos

$$S = \sqrt{2g(H-h)}\sqrt{\frac{2h}{g}} \quad \rightarrow \quad S = \sqrt{2g(H-h)\frac{2h}{g}} \quad \rightarrow \quad S = \sqrt{4h(H-h)}$$

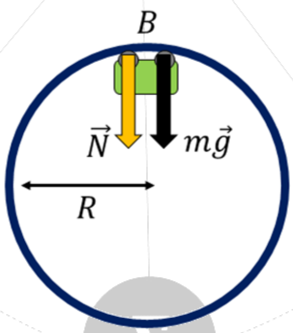
Trocando *"S"* por *"x"*, concluímos:

$$\therefore x = 2\sqrt{h(H-h)}$$

Resposta letra c.

14. Quando o trenzinho percorre o círculo ele está descrevendo um movimento circular, com isso podemos aplicar a Segunda Lei de Newton para o movimento circular $F_c = ma_c$, no ponto B.

D.C.L. do trem no ponto B

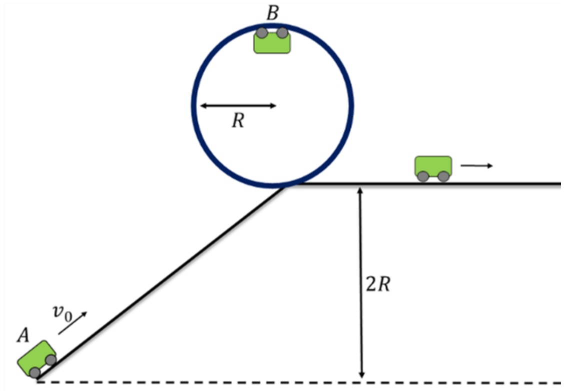


$$N + mg = \frac{mv_B^2}{R}$$

Para que a velocidade inicial seja mínima, "N" deve ser próximo de zero no ponto B, $N \sim 0$, então temos

$$mg = \frac{mv_B^2}{R} \quad \rightarrow \quad v_B^2 = gR \quad \ldots (*)$$

Agora faremos uma análise da a energia mecânica no sistema



Pelo princípio da conservação da energia mecânica, temos

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

No ponto A teremos somente energia cinética, e no ponto B teremos energia cinética mais energia potencial

$$E_{c,A} = E_{c,B} + E_{pg}$$

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}mv_B^2 + mgh$$

Temos que $h = 4R$, v_0 é a velocidade inicial no ponto A, em seguida dividiremos a equação por $\frac{1}{m}$

$$\frac{1}{2}v_0^2 = \frac{1}{2}v_B^2 + g4R$$

Multiplicando por 2

$$v_0^2 = v_B^2 + g8R \quad \ldots(**)$$

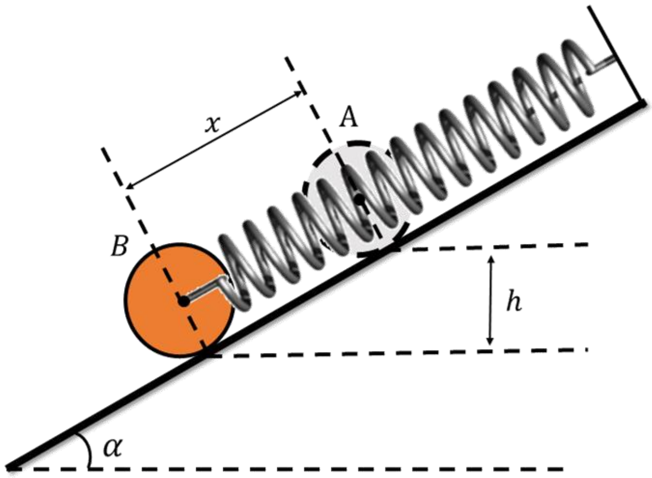
Aplicando a eq. (*) na eq. (**), obtemos

$$v_0^2 = gR + 8gR \quad \rightarrow \quad v_0^2 = 9gR \quad \rightarrow \quad v_0 = \sqrt{9gR}$$

$$\therefore \; v_0 = 3\sqrt{gR}$$

Resposta letra d.

15. Fazendo um D.C.L. para analisar após a deformação máxima, temos



Temos pelo princípio da conservação da energia mecânica

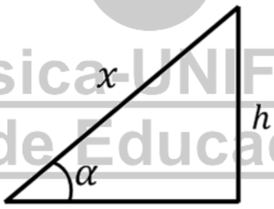
$$E_{m,A} = E_{m,B}$$

No ponto A teremos somente energia potencial, no ponto B teremos somente energia potencial elástica, porque quando a deformação for máxima a velocidade será zero, então

$$E_{pg} = E_{pe}$$

$$mgh = \frac{1}{2}kx^2 \quad \dots (*)$$

Se utilizarmos o seno de α, podemos expressar h em função de x.



$$sen\alpha = \frac{h}{x} \quad \rightarrow \quad h = xsen\alpha$$

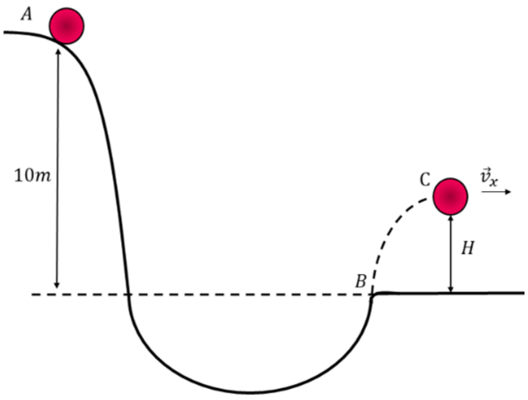
Substituindo na eq. (*)

$$mgxsen\alpha = \frac{1}{2}kx^2 \quad \rightarrow \quad kx = 2mgsen\alpha \quad \rightarrow \quad x = \frac{2mgsen\alpha}{k}$$

$$\therefore \quad x_{máx} = \frac{2mgsen\alpha}{k}$$

Resposta letra e.

16. Faremos uma análise da a energia mecânica no sistema



Como o sistema perde 20% de sua energia, então temos

$$80\%E_{m,A} = E_{m,C}$$

No ponto A temos somente energia potencial, no ponto C temos energia potencial mais energia cinética

$$0{,}8mgh = \frac{1}{2}mv_x^2 + mgH$$

Dividindo a equação por $\frac{1}{m}$

$$0{,}8gh = \frac{1}{2}v_x^2 + gH$$

Somando com $-\frac{1}{2}v_x^2$

$$gH = 0{,}8gh - \frac{1}{2}v_x^2 \quad \rightarrow \quad H = \frac{0{,}8gh - \frac{1}{2}v_x^2}{g}$$

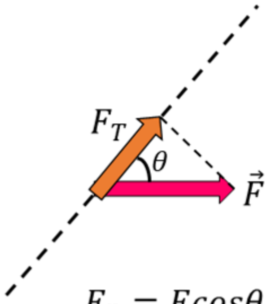
Por fim, substituindo os respectivos valores da gravidade, altura e velocidade, obtemos a altura máxima

$$H = \frac{0{,}8(10)(10) - \frac{1}{2}(4)^2}{10}$$

$$\therefore H = 7{,}2m$$

Resposta letra a.

17. Fazendo o D.C.L. dá força F temos:



$$F_T = Fcos\theta$$

Podemos decompor a força F numa componente tangencial

Então

Utilizando a equação do trabalho para uma força tangencial, constante e positiva, temos

$$W_t = F_t e$$

Donde "e" é o caminho ao qual a partícula descreve, no problema temos a metade de um círculo, então lembrando que a circunferência é dada por $C = 2\pi R$, logo a metade é $C = e = \pi R$

Portanto:

$$W_t = Fcos\theta\pi R \quad \rightarrow \quad W_t = Fcos37°\pi R$$

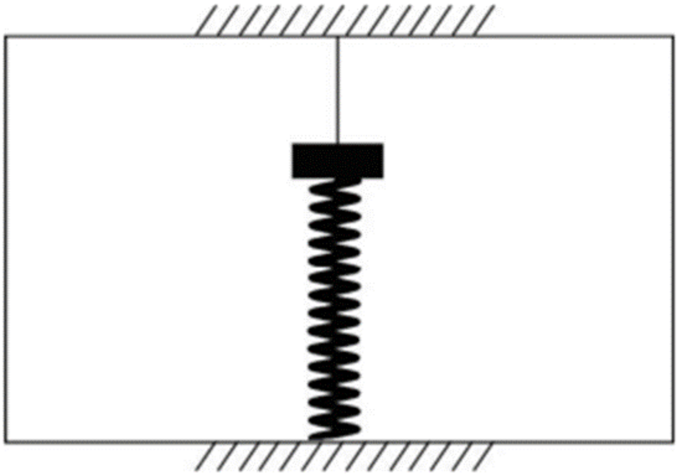
Substituindo os valores da força, de pi e do raio, obtemos

$$W_t = \frac{149}{4} \times \frac{4}{5} \times \frac{22}{7} \times 7 \quad \rightarrow \quad W_t = 655{,}6$$

$$\therefore W_t = 655{,}6\,J$$

Resposta letra b.

18. No caso abaixo é importante notar que a força elástica e a força peso não são iguais nem antes e nem depois do fio ser cortado, pois para isso acontecer o bloco teria que ficar estático sobre a mola, mas isso não acontece já que não terá forças dissipativas para parar o bloco.

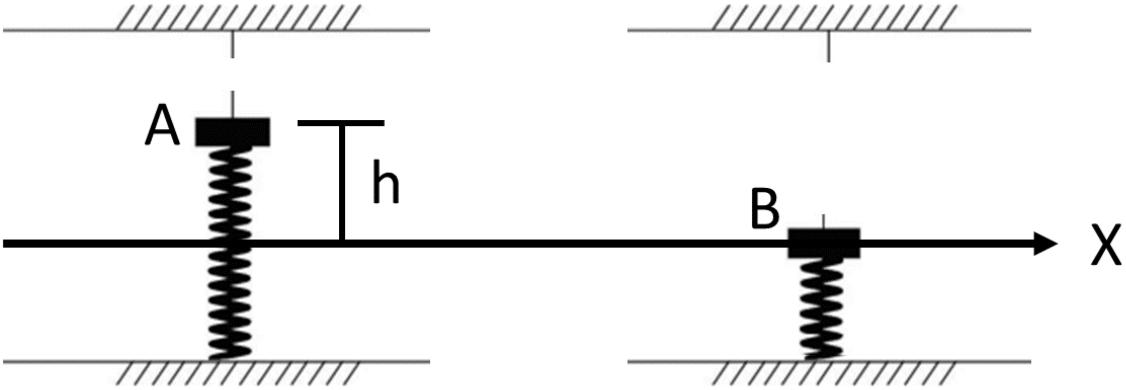


Então para isso encontrar a constante elástica podemos analisar a energia do sistema, logo após o fio ser rompido e comparar com a energia quando o bloco estiver na parte mais baixo do movimento, como ilustrado na figura abaixo:

No instante em que fio foi rompido a mola estava relaxada, e a velocidade ainda é zero, restando apenas a energia potencial gravitacional. Sendo assim a energia no ponto A é dada da seguinte maneira:

$$E_{pg} = mgh$$

Note que o bloco só vai se deslocar até x, ou seja, o quanto a mola vai se comprimir, então podemos ilustrar esta situação com a seguinte imagem:



Sendo assim, a altura h que o bloco pode ir é x, logo a expressão para a energia potencial gravitacional, será a seguinte:

$$\boldsymbol{E_{pg} = mgx \dots (1)}$$

Agora ao analisar a energia no ponto B, podemos utilizar a energia potencial elástica já que agora a mola está comprimida

$$\boldsymbol{E_{pe} = \frac{kx^2}{2} \dots (2)}$$

Como este é um sistema conservativo, então podemos igualar a equação (1) com a equação (2) para encontrar k:

$$\frac{kx^2}{2} = mgx$$

$$\frac{kx}{2} = mg$$

$$kx = 2mg$$

$$\boldsymbol{k = \frac{2mg}{x}}$$

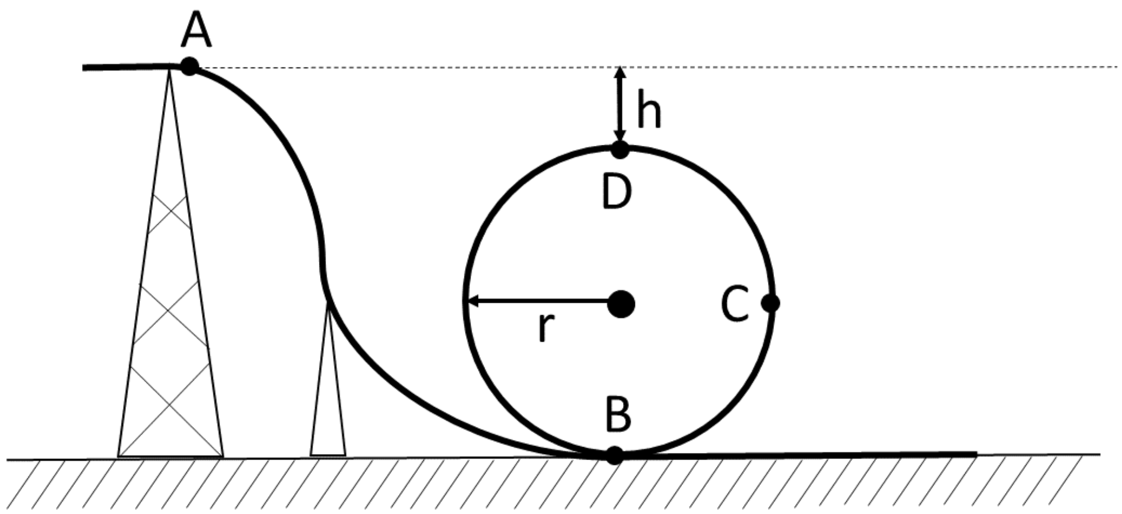
Para finalizar basta substituir os valores na expressão acima:

$$k = \frac{2.0{,}2.10}{0{,}1}$$

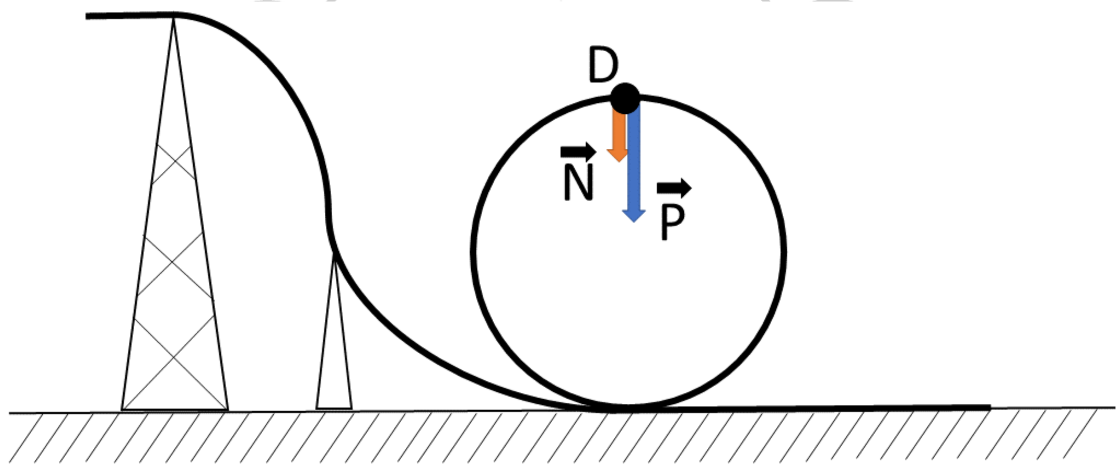
$$\boldsymbol{k = 40N/m}$$

Resposta letra b.

19. Note que é dito que no ponto D a força resultante centrípeta é igual ao peso, isso acontece devido ao corpo sair da altura mínima h para que o corpo complete a volta no círculo, como ilustrado na figura abaixo:



Note que como o corpo sai da altura mínima, sendo assim a força normal é igual a zero no ponto D devido ao corpo passar por esse ponto perdendo o contato, brevemente, com o trilho. Então para as forças no ponto D:



Aplicando a segunda lei de Newton para o movimento circular no ponto D:

$$F_c = ma_c$$

$$N + P = m\frac{v^2}{r}$$

$$0 + P = m\frac{v^2}{r}$$

$$P = m\frac{v^2}{r}$$

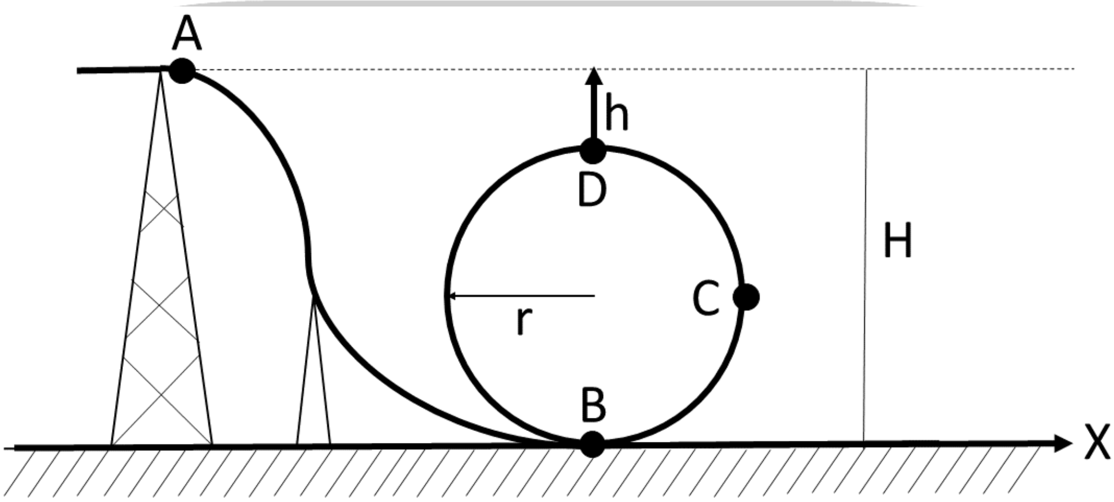
$$mg = m\frac{v^2}{r}$$

$$g = \frac{v^2}{r}$$

$$\boldsymbol{v^2 = gr \dots (1)}$$

Agora podemos analisar a energia no ponto A. Note que no ponto A o corpo sai do repouso, ou seja, sua velocidade é igual a zero e toda sua energia é dada como energia potencial gravitacional.

Note também que a distância do ponto A ao referencial é o diâmetro do círculo mais a altura h, como ilustrado na figura abaixo:



Sendo assim, a energia no ponto A será:

$$E_{pg} = mgH$$

$$\boldsymbol{E_{pg} = mg(2r + h) \dots (2)}$$

Agora analisaremos a energia no ponto D.

Note que no ponto D temos que a energia mecânica do corpo é dada pela soma da energia cinética e da energia potencial gravitacional, sendo que já encontramos a velocidade no ponto D utilizando a força centrípeta, e também note que a distância do corpo ao referencial é o diâmetro do círculo, ou seja, duas vezes o raio.

Então para a energia no ponto D, temos:

$$E_m = E_c + E_{pg}$$

$$E_m = \frac{mv^2}{2} + mg(2r)$$

Substituindo (1) na expressão acima:

$$\boldsymbol{E_m = \frac{mgr}{2} + 2mgr \ldots (3)}$$

Como este é um sistema isolado, a energia se conserva, ou seja, a energia em D e em A são iguais.

Igualando (2) e (3):

$$mg(2r + h) = \frac{mgr}{2} + 2mgr$$

$$2r + h = \frac{r}{2} + 2r$$

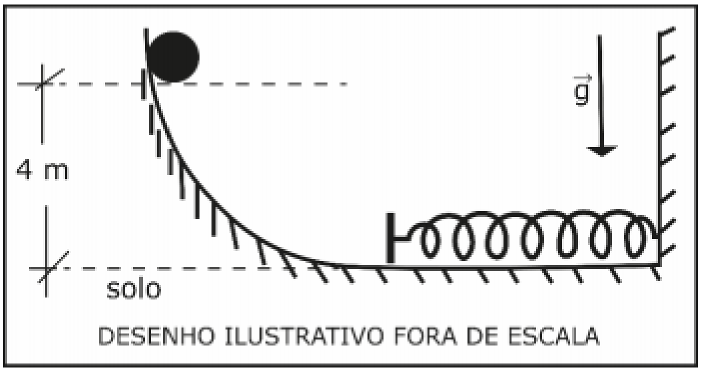
$$h = \frac{r}{2} + 2r - 2r$$

$$\boldsymbol{h = \frac{r}{2}}$$

Resposta letra a.

Nota: Caso tenha sentido dificuldade na parte de Força centrípeta, recomendo que veja a nossa apostila sobre Dinâmica Circular.

20. Note que como este é um sistema isolado, a energia se conserva. Sendo assim podemos analisar a energia do corpo no momento em que ele é solto e a energia quando a mola estiver comprimida, como ilustrado na figura abaixo:



A energia no momento em que o corpo solto é apenas a energia potencial gravitacional, pois neste momento a sua velocidade é igual a zero.

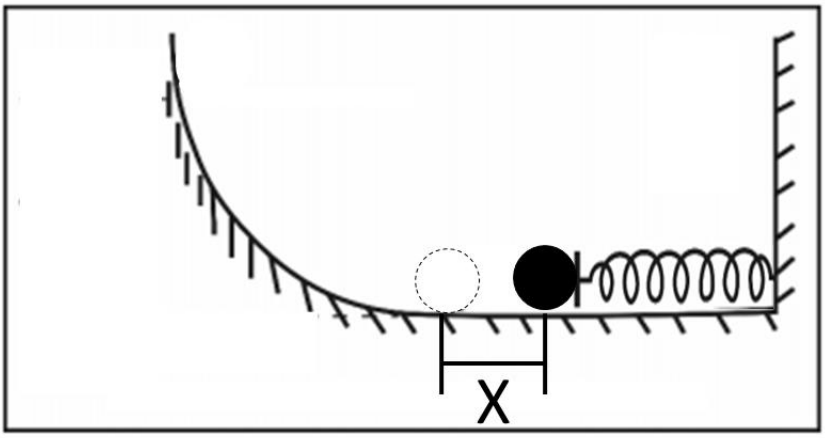
$$E_{pg} = mgh$$

$$E_{pg} = 0{,}8.10.4$$

$$\boldsymbol{E_{pg} = 32J \ldots (1)}$$

Com isso, temos que a energia total do sistema equivale a 32 J.

Agora ao analisar a energia quando a mola estiver comprimida como ilustrado na imagem abaixo:



Deste modo, a sua energia será dada como energia potencial elástica:

$$\boldsymbol{E_{pe} = \frac{kx^2}{2} \ldots (2)}$$

Como o sistema é conservativo, a energia total do sistema é constante, ou seja, sempre assume o mesmo valor. Sendo assim a energia em A é igual a energia em B. Então ao igualar (1) e (2), temos:

$$\boldsymbol{32 = \frac{kx^2}{2}}$$

Substituindo os dados, temos:

$$32 = \frac{400x^2}{2}$$

$$32 = 200x^2$$

$$x^2 = \frac{32}{200}$$

$$x = \sqrt{\frac{32}{200}}$$

$$x = \sqrt{\frac{16}{100}}$$

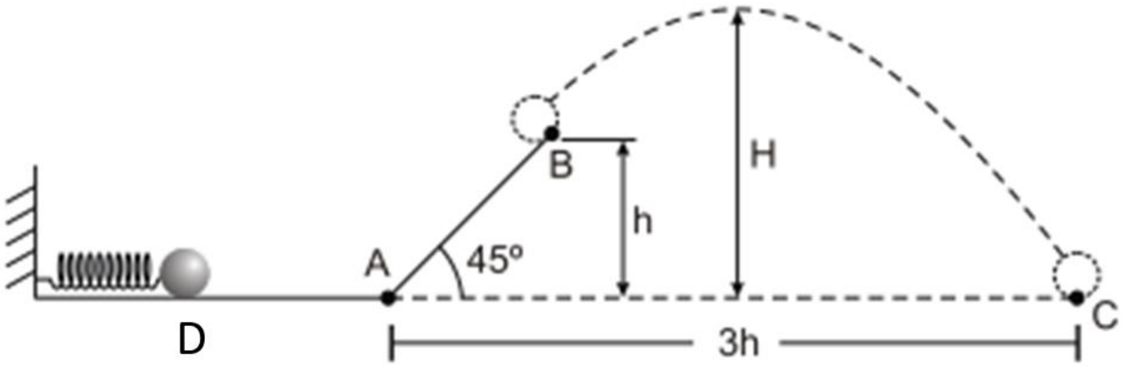
$$x = \frac{\sqrt{16}}{\sqrt{100}}$$

$$x = \frac{4}{10}$$

$$\boldsymbol{x = 0,4m}$$

Resposta letra e.

21. Como se trata de um sistema isolado, a energia é constante, então para começar iremos analisar a energia no momento em que a mola está comprimida e a energia no momento em que a partícula está no ponto B.



Note que no ponto D a energia é dada como energia potencial elástica:

$$\boldsymbol{E_{pe} = \frac{kx^2}{2} \dots (1)}$$

Analisando a energia no ponto B pode-se notar que a energia é dada como a soma da energia cinética com a energia potencial gravitacional.

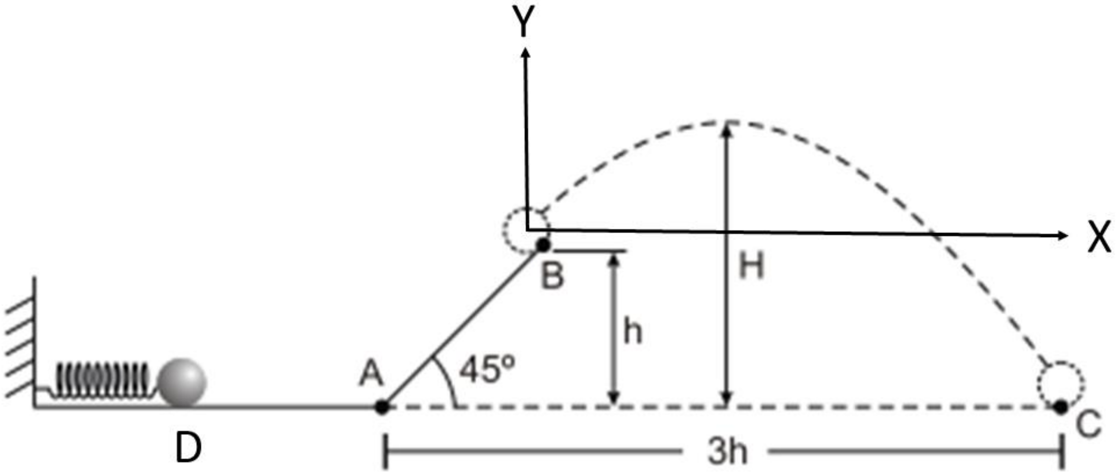
$$\boldsymbol{E_m = \frac{mv_0^2}{2} + mgh \dots (2)}$$

Como a energia se conserva podemos igualar a equação (1) e a equação (2):

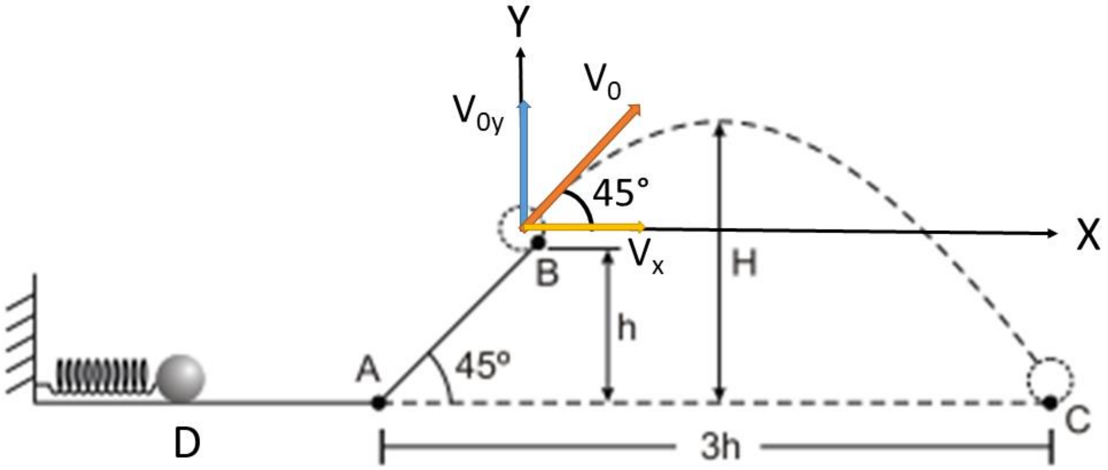
$$\frac{kx^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} + mgh$$

$$x = \sqrt{\frac{mv_0^2}{k} + \frac{2mgh}{k}} \ldots (3)$$

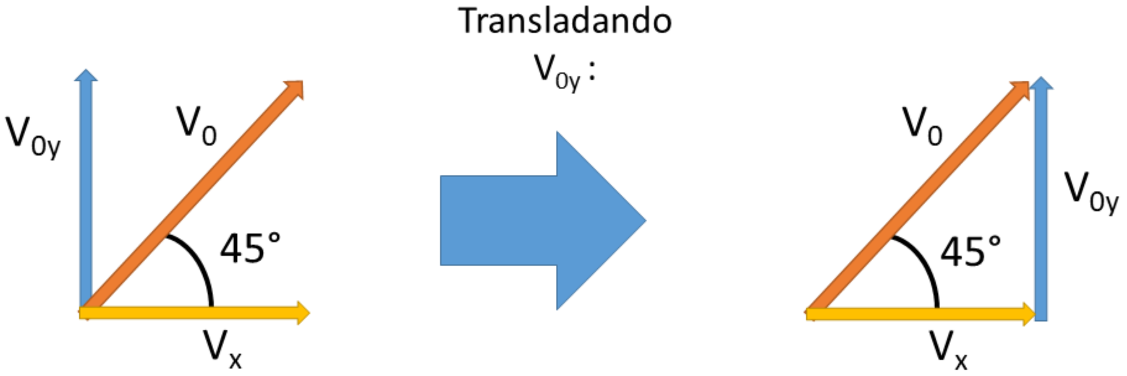
Agora iremos analisar o lançamento obliquo a partir do ponto B, colocando o referencial nesta altura, teremos a figura abaixo:



No ponto B o corpo sai com velocidade V_o, sendo que está velocidade está decomposta nas suas componentes na direção X e na direção Y. Como ilustrado na próxima figura:



Para facilitar o cálculo iremos fazer separadamente a decomposição das componentes da velocidade:



Para a componente V_x:

$$\cos(45°) = \frac{v_x}{v_0}$$

$$v_0.\cos(45°) = v_x$$

Para a componente V_{0y}:

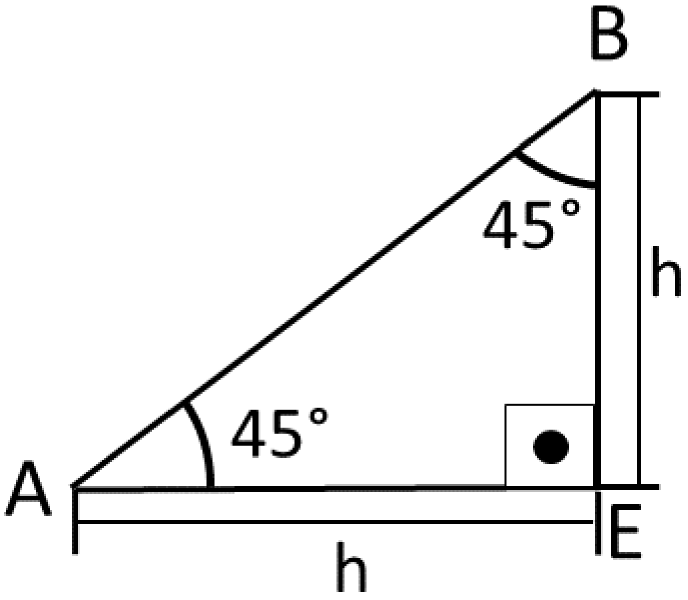
$$sen(45°) = \frac{v_{0y}}{v_0}$$

$$v_0.sen(45°) = v_{0y}$$

Primeiro iremos analisar a direção horizontal. Sabemos que na direção horizontal temos um Movimento Uniforme MU. Sendo assim, para a distância total percorrida temos:

$$s = s_0 + v_x.t$$

Na imagem abaixo podemos destacar o triangulo ABE, e assim podemos ver que o corpo sai da distância inicial h.



Com isso podemos voltar a equação da posição na direção X:

$$3h = h + v_0 \cos(45°).t$$

$$3h - h = v_0.\frac{\sqrt{2}}{2}.t$$

$$2h = v_0.\frac{\sqrt{2}}{2}.t$$

$$\boldsymbol{t = \frac{4h}{v_0\sqrt{2}} \ldots (4)}$$

Esse é o tempo de voo do objeto.

Na direção vertical temos um Movimento Uniformemente Variado (MUV), sendo que o corpo sai da altura h e vai até a altura zero, pois o corpo vai parar na altura do referencial.

$$y = y_0 + v_{0y}t + \frac{1}{2}at^2$$

$$0 = h + v_0.sen(45°)t - \frac{1}{2}gt^2$$

$$-h = v_0.\frac{\sqrt{2}}{2}.t - \frac{1}{2}gt^2$$

Substituindo a expressão (4) na expressão acima:

$$-h = v_0.\frac{\sqrt{2}}{2}.\frac{4h}{v_0\sqrt{2}} - \frac{1}{2}g.\left(\frac{4h}{v_0\sqrt{2}}\right)^2$$

$$-h = 2h - \frac{1}{2}g.\frac{16h^2}{2v_0^2}$$

$$-2h - h = -\frac{16gh^2}{4v_0^2}$$

$$-3h = -\frac{4gh^2}{v_0^2}$$

$$3h = \frac{4gh^2}{v_0^2}$$

$$3 = \frac{4gh}{v_0^2}$$

$$\boldsymbol{v_0^2 = \frac{4gh}{3}} \ldots (\mathbf{5})$$

Está é a velocidade no ponto B, com ela em mãos podemos substituir na equação (3).

Substituindo (5) em (3):

$$x = \sqrt{\frac{mv_0^2}{k} + \frac{2mgh}{k}}$$

$$x = \sqrt{\frac{m\frac{4gh}{3}}{k} + \frac{2mgh}{k}}$$

$$x = \sqrt{m\frac{4gh}{3}.\frac{1}{k} + \frac{2mgh}{k}}$$

$$x = \sqrt{\frac{4mgh}{3k} + \frac{2mgh}{k}}$$

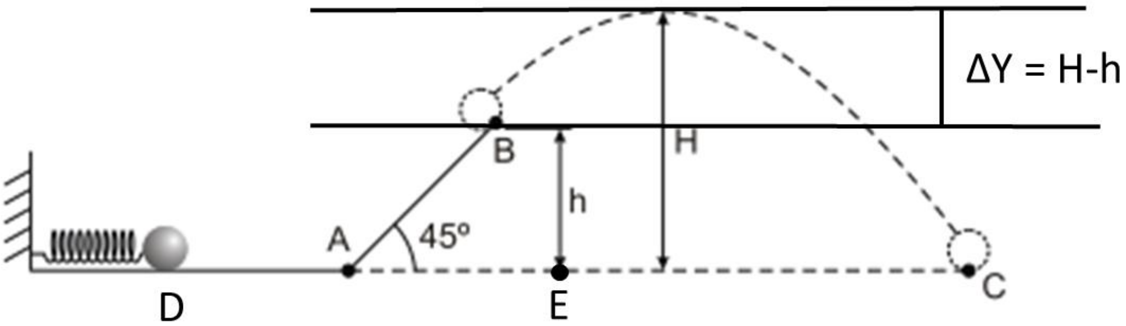
$$x = \sqrt{\frac{4mgh + 6mgh}{3k}}$$

$$\boldsymbol{x} = \sqrt{\frac{\boldsymbol{10mgh}}{\boldsymbol{3k}}} \ldots (\boldsymbol{6})$$

Para finalizar precisamos trabalhar com o termo h, podemos relacionar a velocidade com a altura, utilizando Torricelli na direção Y, da seguinte maneira:

$$v_y^2 = v_{0y}^2 + 2a\Delta y$$

Note que no ponto mais alto da trajetória a velocidade é igual a zero e que a variação de altura é do topo do plano inclinado até o ponto mais alto da parábola.



Dessa maneira a expressão para a velocidade na direção Y ficará da seguinte maneira:

$$0 = v_{0.}^2(sen(45°))^2 - 2g(H - h)$$

$$2g(H - h) = v_{0.}^2(sen(45°))^2$$

$$2g(H - h) = v_{0.}^2\left(\frac{\sqrt{2}}{2}\right)^2$$

$$2g(H - h) = v_{0.}^2\frac{2}{4}$$

$$2g(H - h) = v_{0.}^2\frac{1}{2}$$

$$4g(H - h) = v_0^2$$

Note que $(v_0)^2$ já foi encontrado na expressão (5).

Então substituindo (5) na expressão acima, temos:

$$4g(H - h) = \frac{4gh}{3}$$

$$H - h = \frac{h}{3}$$

$$H = \frac{h}{3} + h$$

$$H = \frac{h + 3h}{3}$$

$$H = \frac{4h}{3}$$

$$\boldsymbol{h = \frac{3H}{4} \dots (7)}$$

Agora finalmente basta apenas substituir a expressão (7) na expressão (6):

$$x = \sqrt{\frac{10mgh}{3k}}$$

$$x = \sqrt{\frac{10mg\frac{3H}{4}}{3k}}$$

$$x = \sqrt{10mg\frac{3H}{4}.\frac{1}{3k}}$$

$$x = \sqrt{\frac{10.3.mgH}{4.3.k}}$$

$$x = \sqrt{\frac{10.mgH}{4.k}}$$

$$x = \sqrt{\frac{5.mgH}{2.k}}$$

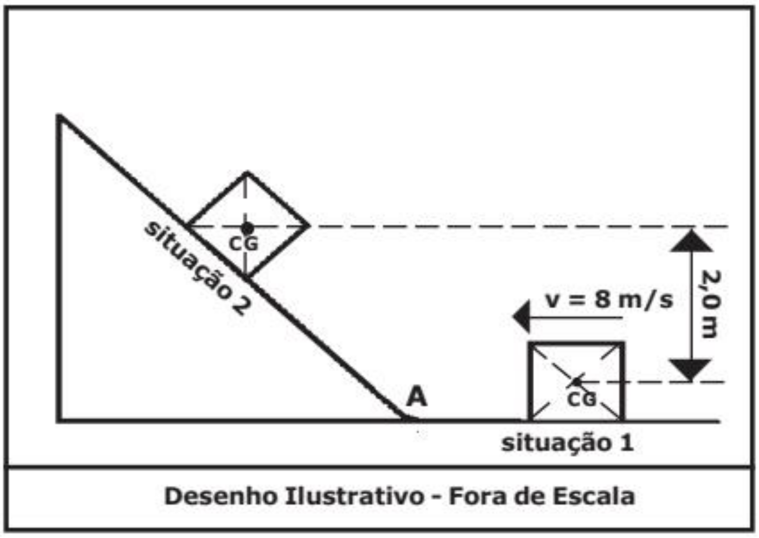
$$x = \sqrt{\frac{5}{2}.\frac{mgH}{k}}$$

$$\boldsymbol{x = \left(\frac{5}{2}.\frac{mgH}{k}\right)^{\frac{1}{2}}}$$

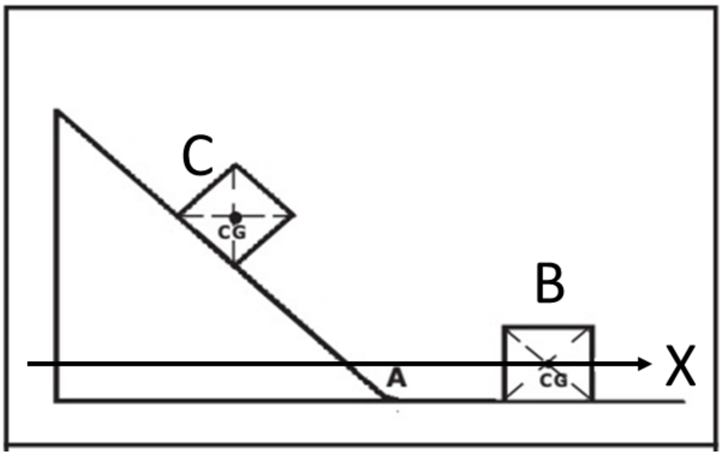
Resposta letra c.

Nota: Caso tenha sentido dificuldade na parte de Lançamento Obliquo, recomenda-se que veja a nossa apostila sobre Cinemática.

22. Neste problema temos dois momentos, enquanto o bloco está na superfície horizontal a energia é conservada, quando o bloco começa a subir a rampa o bloco passa a ter a sua energia dissipada devido ao atrito até que o bloco pare, como ilustrado na figura abaixo:



Colocando o referencial na altura do centro do bloco horizontal e adotando o ponto da situação 1 como ponto B e adotando o ponto da situação 2 como ponto C, temos:



Analisando o ponto B podemos notar que o bloco tem apenas energia cinética já que a energia potencial gravitacional é zero por estar na altura do referencial. Então para a energia no ponto B, temos:

$$E_c = \frac{mv^2}{2}$$

$$E_c = \frac{2(8)^2}{2}$$

$$\boldsymbol{E_c = 64J \ldots (1)}$$

Agora analisando a energia no ponto C. Note que a força de atrito dissipa a energia do bloco até ele parar, ou seja, nesse instante o bloco tem apenas energia potencial gravitacional. Para a energia do bloco no ponto C, temos:

$$E_{pg} = mgh$$

$$E_{pg} = 2.10.2$$

$$\boldsymbol{E_{pg} = 40J \ldots (2)}$$

Note que a energia no ponto B (E_B) é maior do que a energia no ponto C (E_C), devido a dissipação de energia. Sendo assim a energia dissipada pela força de atrito pode ser calculada pela diferença entre a energia do ponto B e a energia do ponto C.

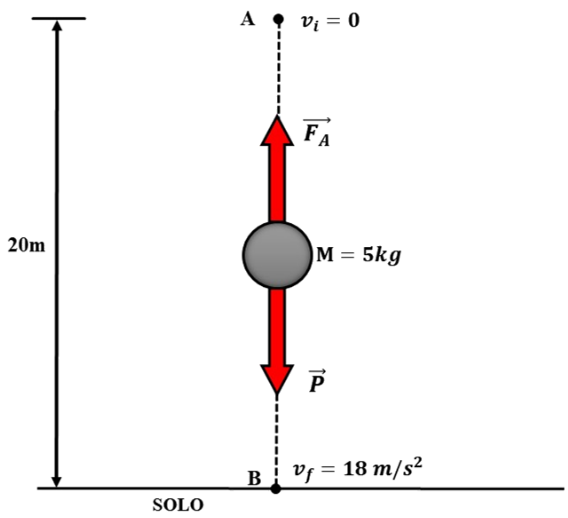
$$E_{DIS} = E_B - E_C$$

$$E_{DIS} = 64 - 40$$

$$\boldsymbol{E_{DIS} = 24J}$$

Resposta letra c.

23. Fazendo primeiro a análise do problema



De acordo com os dados da questão podemos usar o **teorema da energia cinética** que de acordo com a definição é ***"O trabalho total, da força internas e externas, realizado sobre um corpo é igual a variação da energia cinética"***

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

$$W_{total} = E_{C_f} - E_{C_i}$$

Como sabemos a energia cinética é dada por $E = \frac{mv^2}{2}$ logo

$$W_{total} = \frac{m{v_f}^2}{2} - \frac{m{v_i}^2}{2}$$

Na esfera temos duas forças produzindo trabalho a força peso e a força de atrito com o ar, assim a equação fica

$$W_{\vec{P}} + W_{\vec{F}_A} = \frac{m{v_f}^2}{2} - \frac{m{v_i}^2}{2}$$

Lembrando que o trabalho da força peso se dar por $W_{\vec{P}} = mgh$, substituindo na equação

$$mgh + W_{\vec{F}_A} = \frac{m{v_f}^2}{2} - \frac{m{v_i}^2}{2}$$

$$W_{\vec{F}_A} = \left(\frac{m{v_f}^2}{2} - \frac{m{v_i}^2}{2}\right) - mgh$$

Assim temos a equação para encontramos o trabalho realizado pela força de atrito, substituindo os dados na equação

$$W_{\vec{F}_A} = \left(\frac{5 * 18^2}{2} - \frac{5 * 0^2}{2}\right) - 5 * 10 * 20$$

$$W_{\vec{F}_A} = \frac{5 * 18^2}{2} - 1000$$

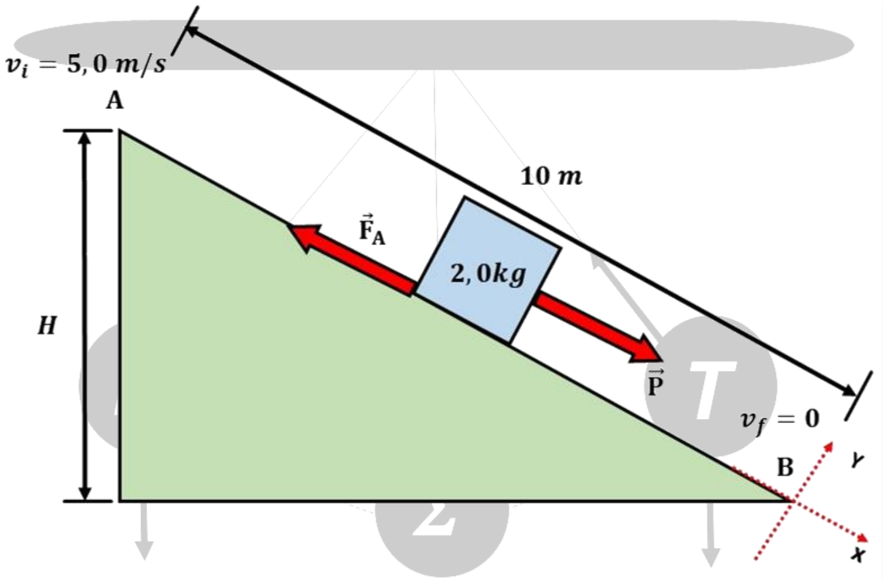
$$W_{\vec{F}_A} = 5 * 162 - 1000$$

$$W_{\vec{F}_A} = 810 - 1000$$

$$W_{\vec{F}_A} = -190 \text{ J}$$

Resposta letra b.

24. primeiramente analisando o sistema



De acordo com os dados da questão podemos usar o **teorema da energia cinética**

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

$$W_{total} = E_{C_f} - E_{C_i}$$

Como sabemos a energia cinética é dada por $E = \frac{mv^2}{2}$ logo

$$W_{total} = \frac{m{v_f}^2}{2} - \frac{m{v_i}^2}{2}$$

Como vemos as duas forças produzindo trabalho são a forca peso e a força de atrito

$$W_{\vec{P}} + W_{\vec{F}_A} = \frac{m{v_f}^2}{2} - \frac{m{v_i}^2}{2}$$

Lembrando que o trabalho da força peso se dar por $W_{\vec{P}} = mgh$ e o trabalho da força de atrito que nesse caso é dado por $W_{\vec{F}_A} = \vec{\mathrm{F}}_{\mathrm{A}} \cdot \mathrm{d} \cdot \cos 180°$ substituindo na equação

$$mgh + \vec{\mathrm{F}}_{\mathrm{A}} \cdot \mathrm{d} \cdot \cos 180° = \frac{m{v_f}^2}{2} - \frac{m{v_i}^2}{2}$$

O $\cos 180°$ é igual a -1, logo

$$mgh - \vec{\mathrm{F}}_{\mathrm{A}} \cdot \mathrm{d} = \frac{m{v_f}^2}{2} - \frac{m{v_i}^2}{2}$$

Aplicando agora os dados na equação

$$2{,}0 * 10 * h - 7{,}5 * 10 = \frac{m{v_f}^2}{2} - \frac{m{v_i}^2}{2}$$

Repare que o inicialmente o bloco é lança com uma velocidade inicial de $v_i = 5{,}0\ m/s$ e durando percurso vai desacelerando até parar em B, assim a equação fica

$$2{,}0 * 10 * h - 7{,}5 * 10 = \frac{2{,}0 * 0^2}{2} - \frac{2{,}0 * 5{,}0^2}{2}$$

$$2{,}0 * 10 * h - 7{,}5 * 10 = -\frac{2{,}0 * 5{,}0^2}{2}$$

$$20 * h - 75 = -\frac{2{,}0 * 25}{2}$$

$$20 * h - 75 = -\frac{50}{2}$$

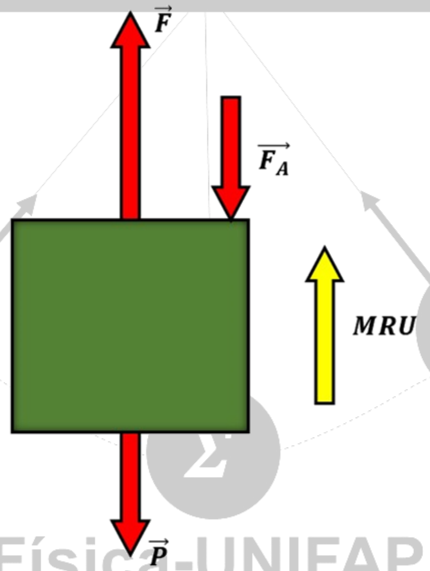
$$h = \frac{75 - 25}{20} = \frac{50}{20}$$

$$h = \frac{5}{2}$$

$$h = 2{,}5m$$

Resposta letra b.

25. Analisando a situação



Usando o **teorema da energia cinética** para determinarmos o trabalho

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

As forças que estão realizando trabalho são

$$W_{\vec{F}} + W_{\vec{P}} + W_{\vec{F}_A} = \Delta E_c$$

Por se tratar de um MRU sabemos que a velocidade não altera, logo reescrevendo a equação

$$W_{\vec{F}} + W_{\vec{P}} + W_{\vec{F}_A} = 0$$

O trabalho da força peso é

$$W_{\vec{F}} + mgh + W_{\vec{F}_A} = 0$$

Aplicando os dados à equação

$$W_{\vec{F}} - 200 \cdot 10 \cdot 10 - 1400 = 0$$

$$W_{\vec{F}} - 21400 = 0$$

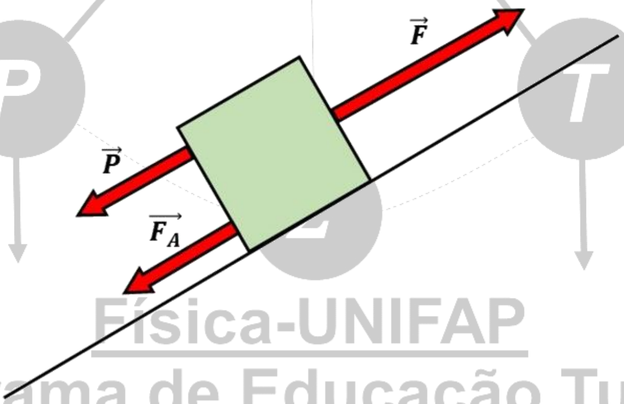
$$W_{\vec{F}} = 21400 \text{ J}$$

Ou

$$W_{\vec{F}} = 2{,}14 \cdot 10^4 \text{ J}$$

Resposta letra e.

26. Fazendo o diagrama de corpo livre para o bloco



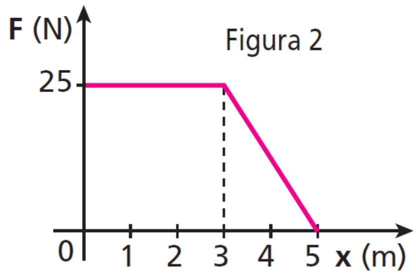
analisando somente o trabalho total que está atuando no bloco

$$W_{total} = W_{\vec{F}} + W_{\vec{P}} + W_{\vec{F}_A}$$

O trabalho da força peso é $W_{\vec{P}} = P \cdot \text{h}$, já o trabalho da força é igual a área do gráfico

$$W_{total} = (Área) - P \cdot \text{h} + W_{\vec{F}_A}$$

Analisando o gráfico



Como a área do retângulo é base x altura e a área do triangulo retângulo é base x altura ao quadrado, logo

$$W_{total} = \frac{(5+3)*25}{2} - 10 \cdot 4 - 10$$

$$W_{total} = \frac{8*25}{2} - 40 - 10$$

$$W_{total} = \frac{200}{2} - 50$$

$$W_{total} = 100 - 50$$

$$W_{total} = 50 \text{ J}$$

Como já obtemos o trabalho total agora iremos aplicar o teorema da energia cinetica, porém antes temos que encontrar a massa do bloco, sabemos que

$$P = mg$$

Como já temos o peso do bloco e a aceleração da gravidade, substituindo na equação

$$10 = m * 10$$

$$m = \frac{10}{10}$$

$$m = 1kg$$

$$W_{total} = \frac{m{v_f}^2}{2} - \frac{m{v_i}^2}{2}$$

$$50 = \frac{1 * {v_f}^2}{2} - \frac{1 * 0^2}{2}$$

$$50 = \frac{{v_f}^2}{2}$$

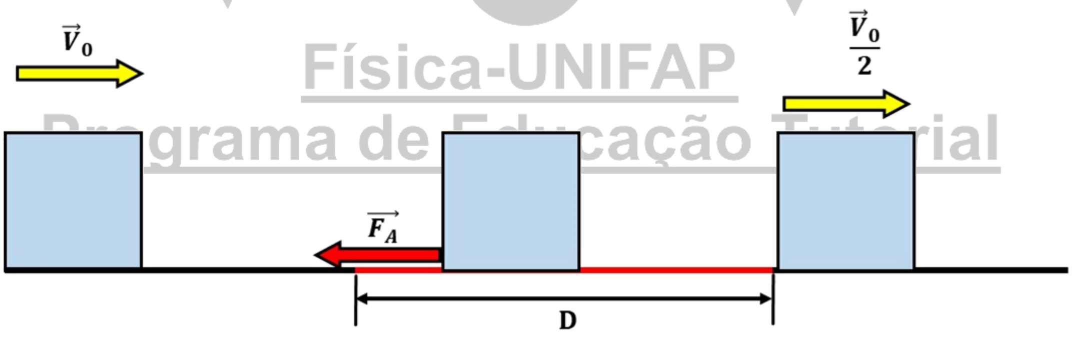
$$50 * 2 = {v_f}^2$$

$$v_f = \sqrt{100}$$

$$v_f = 10\, m/s$$

Resposta letra d.

27. Analisando o corpo 1



Assim vemos que o corpo tem uma força que produz trabalho e é dada a suas velocidades inicial e final, para encontramos nossa primeira equação

$$W_1 = \Delta E_c$$

$$W_1 = \frac{m{v_f}^2}{2} - \frac{m{v_i}^2}{2}$$

Aplicando os dados na equação

$$F_A * d = \frac{m_1\left(\frac{V_0}{2}\right)^2}{2} - \frac{m_1 {v_0}^2}{2}$$

Sabemos que a força de atrito é $\vec{F_A} = \mu * \vec{N}$, aplicando à equação e colocando $\frac{m_1}{2}$ em evidência

$$-\mu_1 N * d = \frac{m_1}{2}\left[\left(\frac{V_0}{2}\right)^2 - {v_0}^2\right]$$

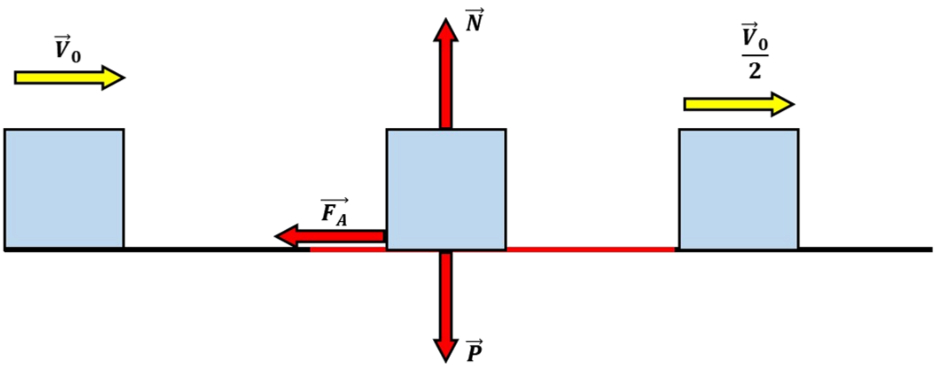
$$-\mu_1 N * d = \frac{m_1}{2}\left[\frac{{V_0}^2}{4} - {v_0}^2\right]$$

$$-\mu_1 N * d = \frac{m_1}{2}\left[\frac{{V_0}^2}{4} - \frac{4 * {V_0}^2}{4 * 1}\right]$$

Fazendo MMC

$$-\mu_1 N * d = \frac{m_1}{2}\left[-\frac{3{V_0}^2}{4}\right]$$

Analisando novamente



Vemos que a força normal é igual a força peso ($\vec{N} = \vec{P}$) e sabemos que $\vec{P} = m\vec{g}$

$$-\mu_1 P * d = \frac{m_1}{2}\left[-\frac{3{V_0}^2}{4}\right]$$

$$-\mu_1 * m_1 g * d = \frac{m_1}{2}\left[-\frac{3{V_0}^2}{4}\right]$$

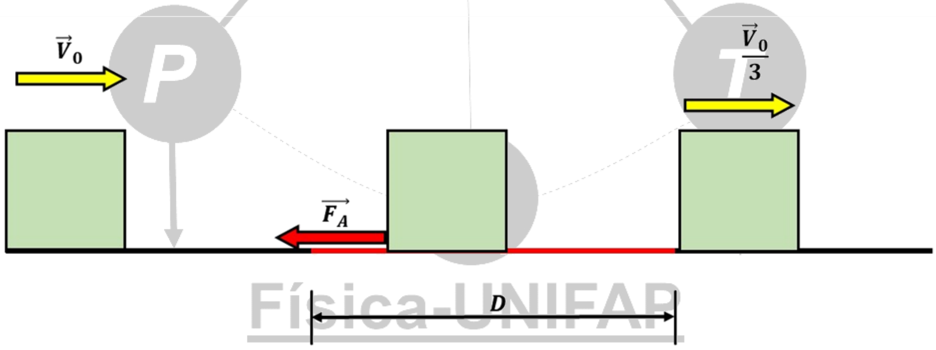
$$-\mu_1 g * d = \frac{1}{2}\left[-\frac{3{V_0}^2}{4}\right]$$

$$-\mu_1 g * d = -\frac{3{V_0}^2}{8}$$

Multiplicando tudo por menos um

$$(I) \qquad \mu_1 g * d = \frac{3}{8}{V_0}^2$$

Analisando o corpo 2



Refazendo os passos acima

$$W_2 = \Delta E_c$$

$$W_2 = \frac{m_2 {v_f}^2}{2} - \frac{m_2 {v_i}^2}{2}$$

Aplicando os dados na equação

$$F_A * d = \frac{m_2\left(\frac{V_0}{2}\right)^2}{2} - \frac{m_2 {v_0}^2}{2}$$

Sabemos que a força de atrito é $\vec{F}_A = \mu * \vec{N}$, aplicando à equação e colocando $\frac{m_2}{2}$ em evidência

$$-\mu_2 N * d = \frac{m_2}{2}\left[\left(\frac{V_0}{3}\right)^2 - {v_0}^2\right]$$

$$-\mu_2 N * d = \frac{m_2}{2}\left[\frac{{V_0}^2}{9} - {v_0}^2\right]$$

$$-\mu_2 N * d = \frac{m_2}{2}\left[\frac{{V_0}^2}{9} - \frac{9 * {V_0}^2}{9 * 1}\right]$$

Fazendo MMC

$$-\mu_2 N * d = \frac{m_2}{2}\left[-\frac{8{V_0}^2}{9}\right]$$

Vemos que a força normal é igual a força peso ($\vec{N} = \vec{P}$) e sabemos que $\vec{P} = m\vec{g}$

$$-\mu_2 P * d = \frac{m_2}{2}\left[-\frac{8{V_0}^2}{9}\right]$$

$$-\mu_2 * m_2 g * d = \frac{m_2}{2}\left[-\frac{8{V_0}^2}{9}\right]$$

$$-\mu_2 g * d = \frac{1}{2}\left[-\frac{8{V_0}^2}{9}\right]$$

$$-\mu_2 g * d = -\left[\left(\frac{8{V_0}^2}{18}\right) \div 2\right]$$

$$-\mu_2 g * d = -\frac{4{V_0}^2}{9}$$

Multiplicando tudo por menos um

$$(II) \quad \mu_2 g * d = \frac{4}{9}{V_0}^2$$

Dividindo (I) por (II), obtemos:

$$\frac{\mu_1 g * d}{\mu_2 g * d} = \frac{\frac{3}{8}{V_0}^2}{\frac{4}{9}{V_0}^2}$$

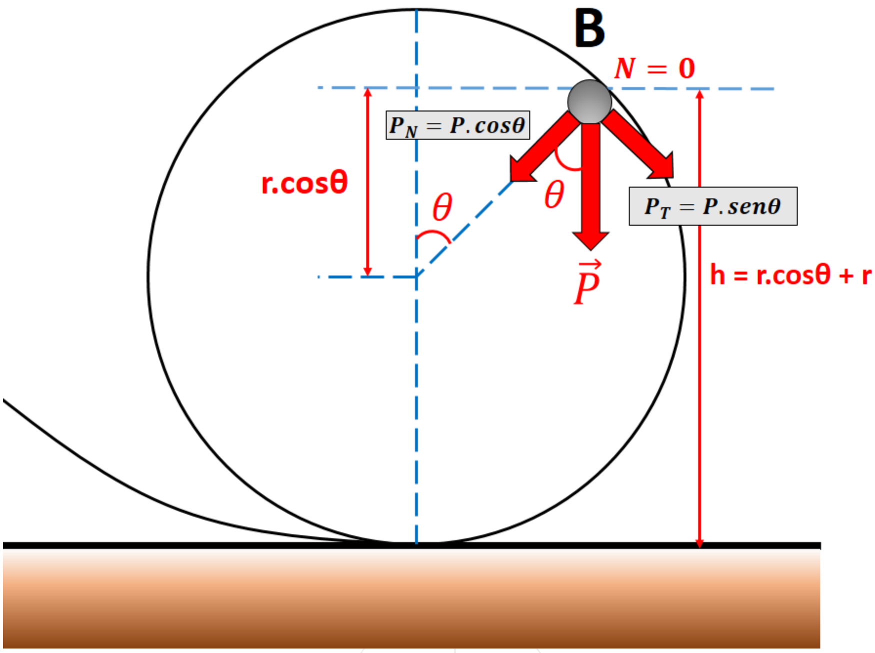
$$\frac{\mu_1}{\mu_2} = \frac{\frac{3}{8}}{\frac{4}{9}}$$

$$\frac{\mu_1}{\mu_2} = \frac{3}{8} * \frac{9}{4}$$

$$\frac{\mu_1}{\mu_2} = \frac{27}{32}$$

Resposta letra c.

28. Primeiramente, faremos o D.C.L. da bolinha em um ponto B, onde ela perde contato com a pista.



Sabendo que a massa perde contato com a pista, então o módulo da força normal é 0, e no "loop" a massa está realizando um Movimento Circular Uniforme.

Nesse caso, a resultante centrípeta é a componente normal do peso da bolinha.

$$P_N = m.a_c$$

$$m.g.cos\theta = m.\frac{v^2}{r} \qquad onde\ r\ é\ o\ raio\ do\ loop$$

$$m.R.g.cos\theta = m.v^2 \ldots (1)$$

Para mais detalhes sobre movimento circular, confira a nossa apostila intitulada "MECÂNICA TERCEIRA PARTE: DINÂMICA CIRCULAR".

Sabendo que não há atrito no trajeto da massa, então podemos utilizar o princípio da conservação da energia.

$$E_{mA} = E_{mB}$$

Em A existe somente energia potencial gravitacional e em B existe energia cinética e também potencial gravitacional.

$$E_{pg} = E_c + E_{pg}$$

Note que, dentro do loop, a massa está a uma altura (r + r.cosθ) do nível de referência analisado.

$$m.g.h = \frac{m.v^2}{2} + m.g.(r + r.cos\theta) \ldots (2)$$

Substituindo a equação (1) em (2), tem-se:

$$m.g.h = \frac{m.r.g.cos\theta}{2} + m.g.(r + r.cos\theta)$$

$$h = \frac{r.cos\theta}{2} + r + r.cos\theta$$

$$h = \frac{r.cos\theta + 2.r + 2.r.cos\theta}{2}$$

$$h = \frac{2.r + 3.r.cos\theta}{2}$$

$$2h = r(2 + 3.cos\theta)$$

$$\frac{2h}{r} - 2 = 3.cos\theta$$

$$cos\theta = \frac{1}{3}\left(\frac{2h}{r} - 2\right) = \frac{2}{3}\left(\frac{h}{r} - 1\right)$$

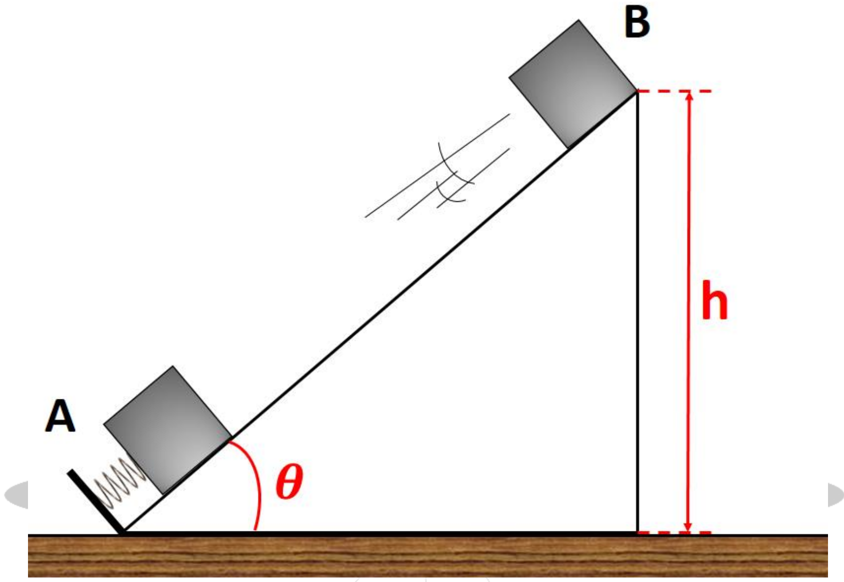
Utilizando as propriedades de função inversa, podemos escrever θ da seguinte forma:

$$\theta = arccos\left[\frac{2}{3}\left(\frac{h}{r} - 1\right)\right]$$

"Tetha é o arco cujo o cosseno vale $\frac{2}{3}\left(\frac{h}{r} - 1\right)$".

Resposta letra a.

29. Primeiramente, faremos o desenho para entender melhor a situação.



Calculando a energia do bloco no ponto A, temos:

$$E_{mA} = E_{pe} = \frac{K.x^2}{2} = \frac{2000.(0{,}04)^2}{2} = 1{,}6\ J$$

Nessa situação, o bloco sai do ponto A e vai para o ponto B e ao longo desse deslocamento, o atrito dissipa 0,6 J de energia.

$$E_{mA} = E_{pe} = \frac{K.x^2}{2} = \frac{2000.(0{,}04)^2}{2} = 1{,}6\ J$$

Isso significa que a energia mecânica no ponto B é a energia que o bloco tinha no ponto A menos a energia dissipada pelo atrito.

$$E_{mB} = E_{mA} - E_{DIS}$$

$$E_{mB} = 1{,}6 - 0{,}6 = 1\ J$$

Sabemos também que em B, o bloco tem somente energia potencial gravitacional, então:

$$E_{mB} = m.g.h = 1\ J$$

$$m.g.h = 1$$

$$0{,}2.10.h = 1$$

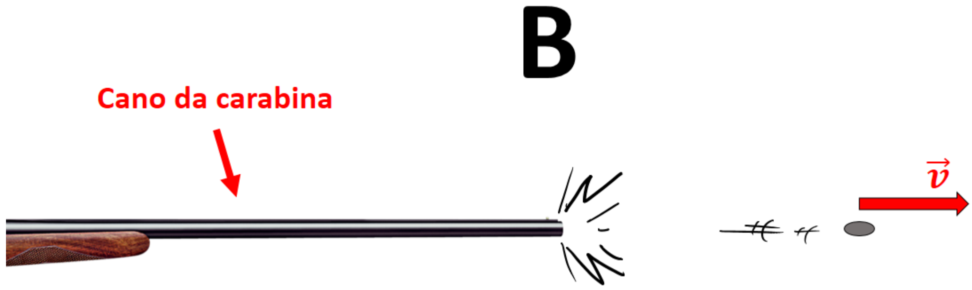
$$h = \frac{1}{0{,}2.10} = \frac{1}{2} = 0{,}5\ m$$

Resposta letra b.

30. Primeiramente, faremos o desenho para entender melhor a situação. Iremos nos basear no funcionamento simples de uma carabina de pressão.

Para o momento A, temos:

Para o momento B, temos:



Para esse caso, é possível assumir pelo comando da questão que não existem forças dissipativas atuando no fenômeno observado. Logo, podemos considerar o princípio da conservação da energia mecânica.

Então, toda energia armazenada elástica no sistema mola-pistão será convertida em energia cinética após o disparo do projétil.

$$E_{mA} = E_{mB}$$

$$\frac{K.x^2}{2} = \frac{m.v^2}{2}$$

$$K.x^2 = m.v^2$$

$$x = v\sqrt{\frac{m}{K}}$$

Agora, substituímos os dados convertidos para o sistema S.I.

$$K = 1\frac{N}{cm} = 100\ N/m$$

$$m = 5\ g = 0{,}0005\ Kg$$

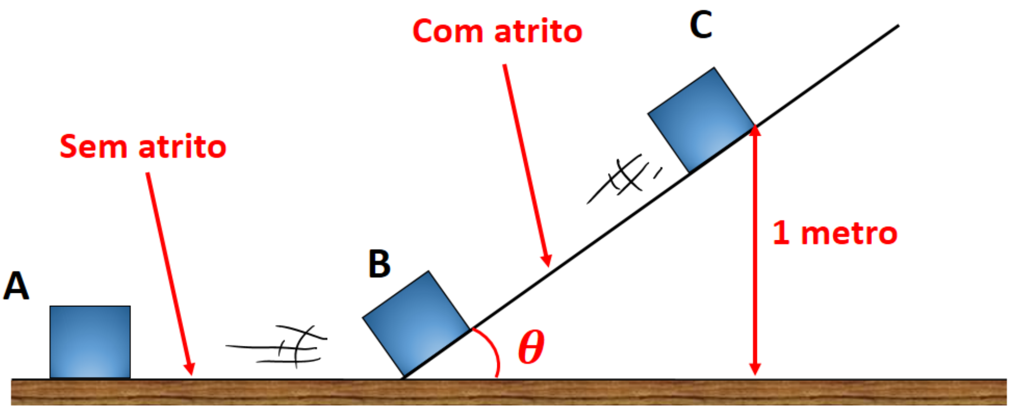
$$v = 50\ m/s$$

$$x = 50\sqrt{\frac{0{,}0005}{100}} = 0{,}1118\ m$$

$$x = 11{,}18\ cm\ \approx 11{,}20\ cm$$

Resposta letra d.

31. Primeiramente, faremos um desenho da situação para melhor compreender o fenômeno observado.



Calculando a energia mecânica do bloco no ponto B, temos:

$$E_{mB} = \frac{m.v_B^2}{2} = \frac{4.6^2}{2} = 72\ J$$

Para o ponto C, temos:

$$E_{mC} = m.g.h = 4.10.1 = 40\,J$$

Agora, podemos calcular a energia dissipada pelo atrito no trajeto do ponto B ao C.

$$\Delta E = E_{mC} - E_{mB} = 40 - 72 = -32\,J$$

Com esse resultado, o sinal negativo indica que ao se deslocar do ponto B ao C, o atrito do plano inclinado dissipa 32 J de energia.

Desse modo, se no caminho de volta (do ponto C ao ponto B) é dissipado o mesmo valor de energia, então temos:

$$E_{mB} - E_{mC} = -32$$

$$E_{mB} = -32 + E_{mC}$$

$$E_{mB} = -32 + m.g.h$$

$$E_{mB} = -32 + 4.10.1$$

$$E_{mB} = -32 + 40 = 8$$

Sabemos que no ponto B o bloco tem somente energia cinética, então:

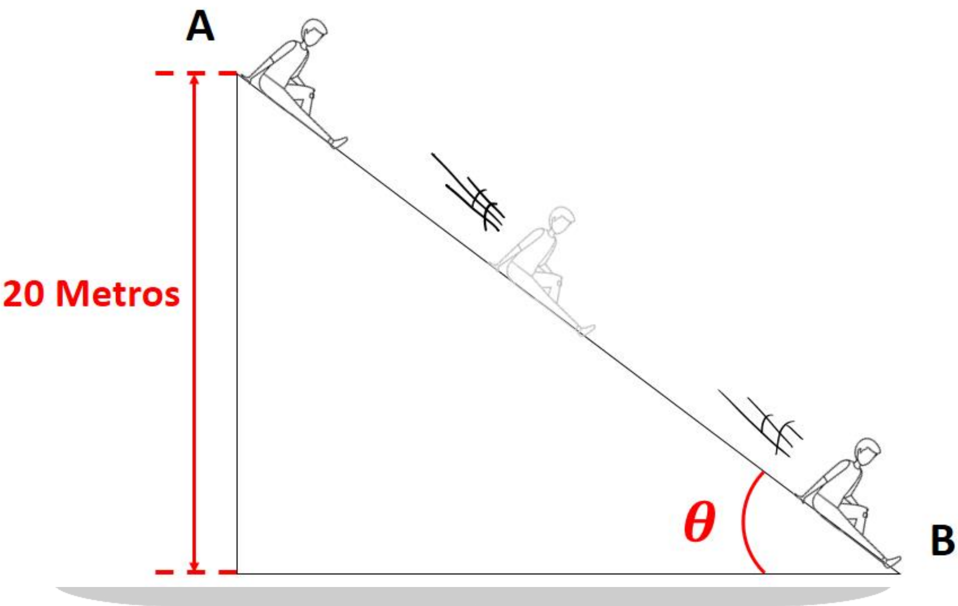
$$E_{mB} = 8$$

$$\frac{m.v_B^2}{2} = 8$$

$$v_B = \sqrt{\frac{16}{m}} = \sqrt{\frac{16}{4}} = 2\,m/s$$

Resposta letra b.

32. Primeiramente faremos o desenho da situação para entender melhor o problema.



Sabendo que o comando da questão nos pede para desconsiderar o atrito no plano inclinado, então podemos considerar o princípio de conservação da energia. Então:

$$E_{mA} = E_{mB}$$

Para esse caso, no ponto A, há somente energia potencial gravitacional e no ponto B existe somente energia cinética.

$$m.g.h = \frac{m.v_B^2}{2}$$

$$g.h = \frac{v_B^2}{2}$$

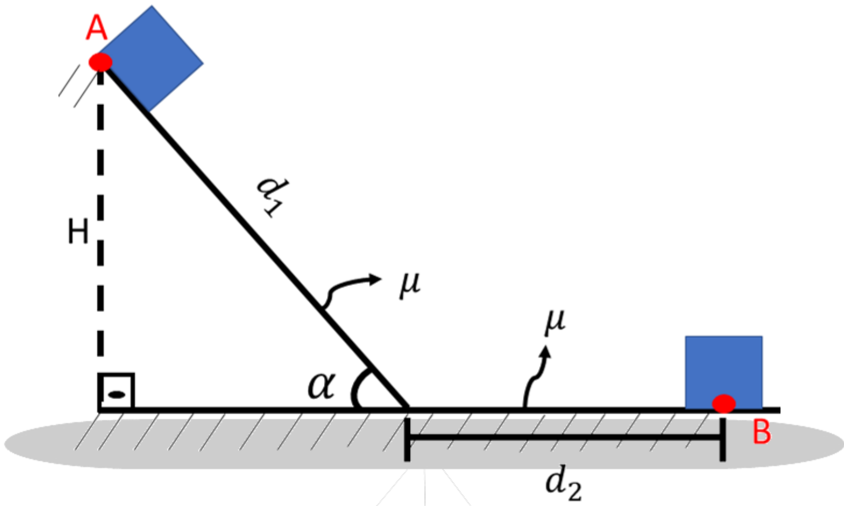
$$v_B = \sqrt{2.g.h}$$

Considerando g = 10 m/s², temos:

$$v_B = \sqrt{2.10.20} = \sqrt{400} = 20\ m/s$$

Resposta letra c.

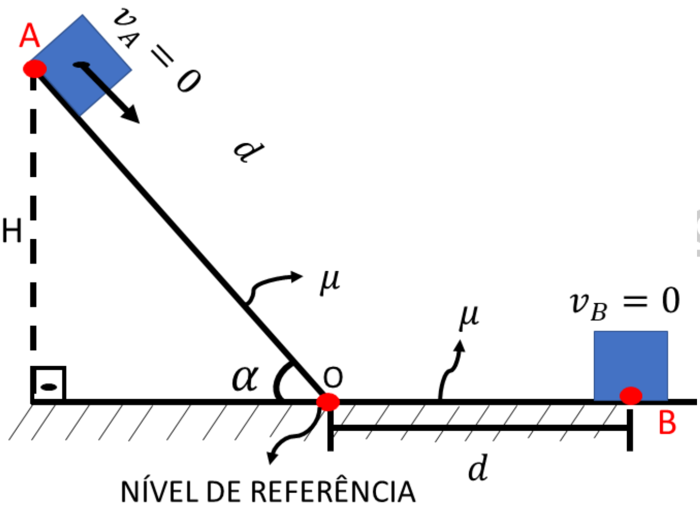
33. O único dado do problema é o ângulo α, assim temos, fazendo uma figura da situação, que:



De acordo com a condição dada no problema, temos que $d_1 = d_2$, que são as distancias no plano inclinado e no horizontal, respectivamente, logo

$$d_1 = d_2 = d$$

Assim, escolhendo o nível de referência demonstrado na figura abaixo, obtemos que



Por definição, onde o trabalho realizado por uma força é igual a variação de energia mecânica, obtemos

$$W_{F_A} = \Delta E_m = (E_m)_{final} - (E_m)_{inicial}$$

$$W_{F_A} = (E_m)_B - (E_m)_A \qquad (1)$$

Entretanto também temos, pela definição de trabalho, que

$$W_{F_A} = W_{F_A}\big|_{\overline{AO}} + W_{F_A}\big|_{\overline{OB}}$$

Sendo o trabalho realizado pela força de atrito definido por:

$$W_{F_A} = -F_A d$$

Então,

$$W_{F_A}\big|_{\overline{AO}} = -F_A d \quad (2)$$

$$W_{F_A}\big|_{\overline{OB}} = -F_A{}'d \quad (3)$$

Considerando que

$$E_m = E_c + E_{pg}$$

Então, obtemos que

$$(E_m)_B = \frac{mv_B^2}{2} + mg(0) = 0$$

Dado que a velocidade do corpo no ponto B é nula, assim como no ponto A. Logo

$$(E_m)_A = \frac{mv_A^2}{2} + mgH = mgH$$

Desse modo, a variação de energia mecânica do corpo é expressa por:

$$\Delta E_m = (E_m)_B - (E_m)_A = 0 - mgH$$

$$\Delta E_m = -mgH \quad (4)$$

Logo, substituindo (2), (3) e (4) em (1) temos que

$$W_{F_A} = (E_m)_B - (E_m)_A$$

$$W_{F_A}\big|_{\overline{AO}} + W_{F_A}\big|_{\overline{OB}} = (E_m)_B - (E_m)_A$$

$$-F_A d - F_A' d = -mgH \ (5)$$

Onde a força de atrito é expressa por:

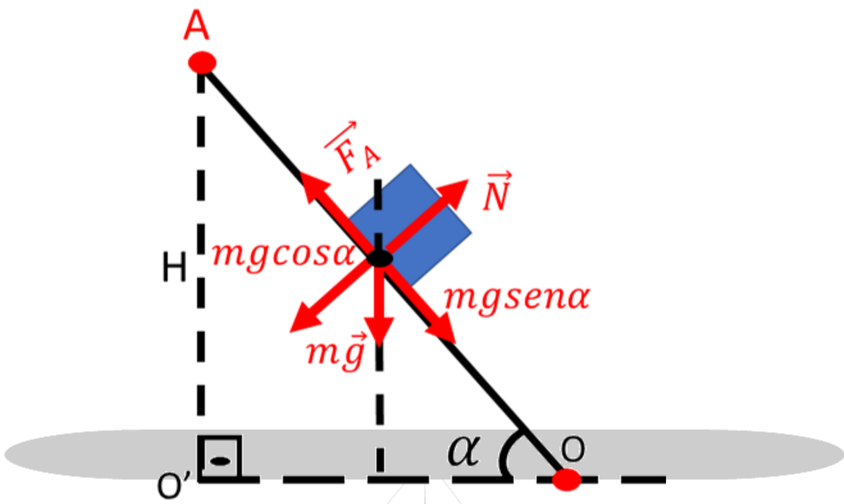
$$F_A = \mu N = F_A|_{\overline{AO}}$$

$$F_A{}' = \mu N' = F_A|_{\overline{OB}}$$

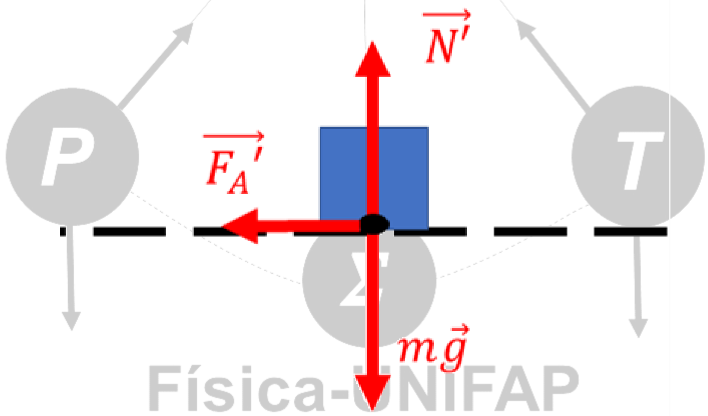
Desse modo, (5) fica:

$$-\mu N d - \mu N' d = -mgH \ (6)$$

Fazendo um diagrama de corpo livre quando o corpo está no plano inclinado. Temos



Agora um DCL do corpo no plano horizontal:



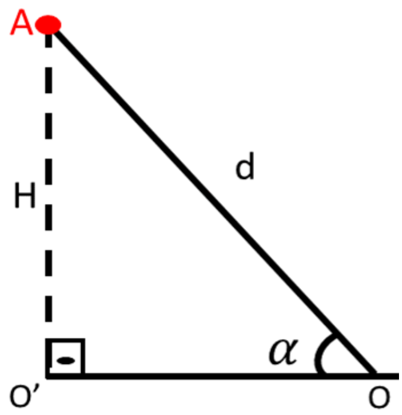
Da parte do plano inclinado, por meio do DCL, obtemos que:

$$N = mgcos\alpha$$

E do plano horizontal, temos que:

$$N' = mg$$

Além disso, do triangulo retângulo AO’O que tiramos da figura do problema



Temos que

$$sen\alpha = \frac{H}{d}$$

Isolando H, obtemos que

$$H = d\ sen\alpha$$

Logo, substituindo as expressões determinadas acima, para a normal em relação ao plano inclinado, N, a normal em relação ao plano horizontal, N'', e o valor da altura H, em (6) obtemos que

$$-\mu mgcos(\alpha)d - \mu mgd = -mgsen\alpha$$

Simplificando a expressão acima, temos

$$\mu cos\alpha + \mu = sen\alpha$$

Colocando o coeficiente de atrito em evidencia, obtemos que

$$\mu(cos\alpha + 1) = sen\alpha$$

$$\mu = \frac{sen\alpha}{1 + cos\alpha}$$

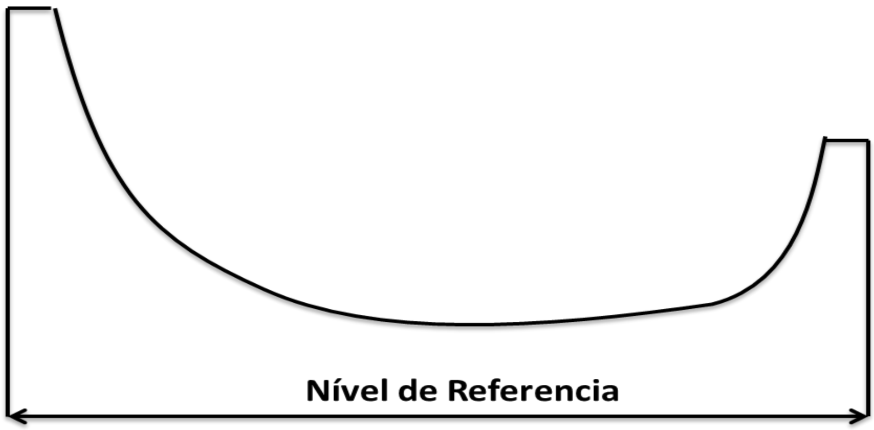
Que se trata do valor do coeficiente de atrito para que o corpo percorra a mesma distancia no plano inclinado e no plano horizontal.

Resposta letra a.

34. Por definição:

$$W_{FA} = \Delta E_M$$
$$\Delta E_M = (E_M)_{FINAL} - (E_M)_{INICIAL}$$
$$\Delta E_M = (E_M)_F - (E_M)_I\ (\propto)$$

Agora, antes de aplicar (∝), temos que escolher nosso sistema de referencia:



De (∝), fazemos um sistema para a energia mecânica inicial e final, temos:

$$\left.\begin{matrix}(E_M)_F = (E_M)_B \\ (E_M)_I = (E_M)_A\end{matrix}\right\} W_{F_A} = (E_M)_B - (E_M)_A \ (\beta)$$

Agora:

I – Para a posição A

$$(E_M)_A = (E_C)_A + (E_P)_A$$
$$= \frac{mv_A^2}{2} + mgh_A$$

Na posição "**A**" não se tem velocidade, então:

$$v_A = 0\,m/s$$

Assim vamos ter para **A**

$$(E_M)_A = mgh_A$$
$$(E_M)_A = 2 * 10 * \frac{28}{10}$$
$$(E_M)_A = 56\,J$$

II – Para a posição B

$$(E_M)_B = (E_C)_B + (E_P)_B$$
$$(E_M)_B = \frac{mv_B^2}{2} + mgh_B$$
$$(E_M)_B = \frac{2 * 6^2}{2} + 2 * 10 * \frac{8}{10}$$
$$(E_M)_B = (36 + 16)J$$
$$(E_M)_B = 52J$$

Em (β)

$$W_{F_A} = (52 - 56)J$$
$$W_{F_A} = -4J$$

Respostal letra a.

35. Primeiramente iremos verificar o trabalho do sistema

$$\text{Se } W_{F_A} = \Delta E_M = (E_M)_f - (E_M)_i$$

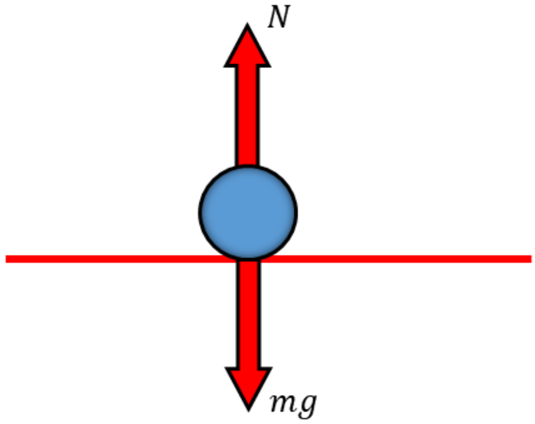
$$W_{F_A}{}^{B\rightarrow C} = (E_M)_c - (E_M)_B \quad (\theta)$$

Sabemos que

$$W_{F_A}{}^{B\rightarrow C} = -F_A \cdot d \Rightarrow F_A = \mu \cdot N$$

$$\text{I)} \quad W_{F_A}{}^{B\rightarrow C} = -\mu \cdot N \cdot d$$

Analisando a figura, temos



Vemos que $N = mg$, reescrevendo a equação temos

$$W_{F_A}{}^{B\rightarrow C} = -\mu \cdot mg \cdot d \qquad \textbf{(1)}$$

Agora vamos analisar a energia mecânica em “C”, temos

$$\text{I)} \qquad (E_M)_c = \frac{mV_C{}^2}{2} + \cancel{mg(0)}$$

Como no ponto C a $V_C = 0$, logo

$$\Rightarrow (E_M)_c = 0 \quad \textbf{(2)}$$

Analisando em “B”, temos

$$\text{II)} \ (E_M)_B = \frac{mV_B{}^2}{2} + \cancel{mg(0)}$$

Enfim temos

$$(E_M)_B = \frac{mV_B{}^2}{2} \quad \textbf{(3)}$$

Substituindo (1), (2) e (3) em (θ), temos

$$W_{F_A}{}^{B\rightarrow C} = (E_M)_c - (E_M)_B$$

$$-\mu \cdot mg \cdot d = -\frac{mV_B{}^2}{2}$$

Multiplicando tudo por menos um para ficar positivo e isolando "d"

$$\left(-\mu \cdot \cancel{m}g \cdot d = -\frac{\cancel{m}V_B{}^2}{2}\right) * (-1)$$

$$\mu \cdot g \cdot d = \frac{V_B{}^2}{2}$$

$$d = \frac{1}{2}\frac{V_B{}^2}{\mu g} \qquad (\boldsymbol{\gamma})$$

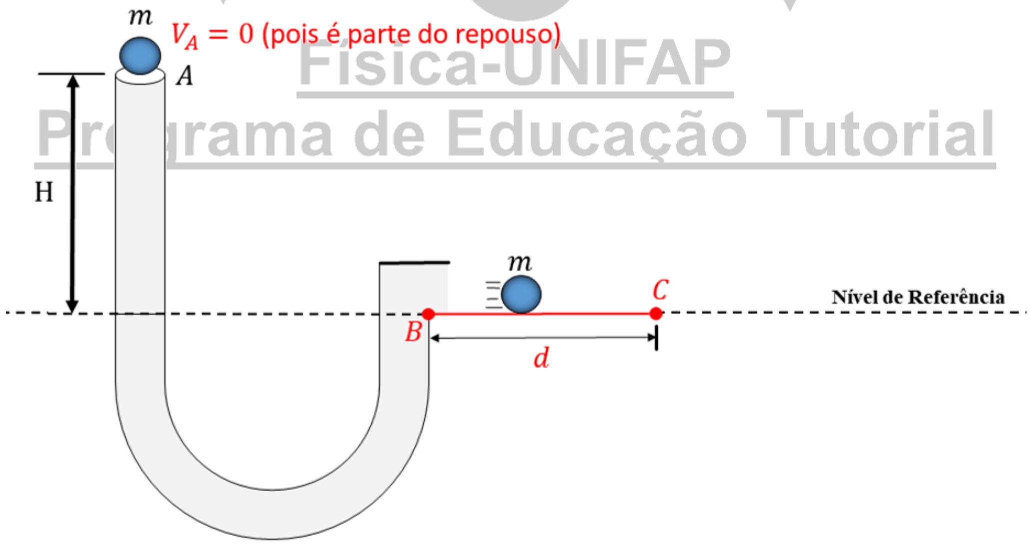
$V_B{}^2$ Ainda é uma incógnita, vamos encontra-lo, como não tem atrito do ponto "A" ao ponto "B", vamos ter:

$$W^{A\rightarrow B} = (E_M)_B - (E_M)_A$$

$$0 = (E_M)_B - (E_M)_A$$

$$(E_M)_A = (E_M)_B \qquad (\boldsymbol{\alpha})$$

Considerando o nível de referência na figura abaixo:



Agora fazendo a analise em ($\boldsymbol{\alpha}$) referente a $\boldsymbol{E_M = E_C + E_P}$

$$(E_M)_A = (E_M)_B$$

$$(E_C + E_P)_A = (E_C + E_P)_B$$

$$\frac{mV_A{}^2}{2} + mgH = \frac{mV_B{}^2}{2} + \cancel{mg(0)}$$

Temos que $V_A = 0$, logo:

$$\cancel{\frac{m0^2}{2}} + mgH = \frac{mV_B{}^2}{2} + \cancel{mg(0)}$$

$$\cancel{m}gH = \frac{\cancel{m}V_B{}^2}{2}$$

$$gH = \frac{V_B{}^2}{2}$$

$$V_B{}^2 = 2gH \qquad (\boldsymbol{\beta})$$

Substituindo $(\boldsymbol{\beta})$ em $(\boldsymbol{\gamma})$

$$d = \frac{1}{\cancel{2}} \cdot \frac{\cancel{2}\cancel{g}H}{\mu \cancel{g}}$$

$$d = \frac{H}{\mu}$$

Sabendo que $\boldsymbol{\mu = 0,5} = \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{2}}$ substituindo na equação

$$d = \frac{H}{\frac{1}{2}}$$

$$d = 2H$$

Assim temos que a distância será $\boldsymbol{d = 2H}$.

Resposta letra e.

36. Pela 1ª Lei de Newton, se o bloco se move com velocidade constante é devido à força resultante (ou somatório das forças) ser igual a zero:

$$\sum F_x = 0$$

Vimos que o bloco se desloca com velocidade **constante**, então a força resultante na direção do movimento é nula. Desta maneira, o trabalho é zero.

Resposta letra a.

37. Fazendo a análise:

I – A energia potencial gravitacional depende do nível de referência do problema (referêncial).

Essa sentença é VERDADEIRA, pois para a energia potencial gravitacional tem-se:

$$E_{pg} = m.g.h$$

Onde “h” é a altura do ponto analisado até o nível de referência, consequentemente “h” depende de onde o referencial está localizado.

II – A energia mecânica de um corpo permanece sempre constante em qualquer situação física.

Essa sentença é FALSA, pois para problemas (situações físicas) onde existem forças dissipativas, como por exemplo a força de atrito, essa força torna-se responsável por dissipar a energia mecânica nessa situação. Desse modo, em situações desse tipo não há conservação de energia mecânica.

III – A variação de energia cinética só depende da força resultante que atua sobre um corpo.

Fazendo o seguinte desenvolvimento, partindo da variação da energia cinética, tem-se:

$$\Delta E_c = E_{c(final)} - E_{c(inicial)}$$

$$\Delta E_c = \frac{mv_{final}^2}{2} - \frac{mv_{inicial}^2}{2}$$

$$\Delta E_c = \frac{m(v_{final}^2 - v_{inicial}^2)}{2}$$

Da equação de Torricelli para a cinemática:

$$v_{final}^2 = v_{inicial}^2 + 2a\Delta S$$

$$v_{final}^2 - v_{inicial}^2 = 2a\Delta S$$

Substituindo esse resultado em ΔE_c, tem-se:

$$\Delta E_c = \frac{m2a\Delta S}{2}$$

$$\Delta E_c = ma\Delta S$$

Mas, da 2ª Lei de Newton:

$$F_R = m.a$$

Então:

$$\Delta E_c = F_R.\Delta S$$

Nota-se que a variação da energia cinética de um corpo depende não só da força resultante que atua no mesmo, mas depende também da distância (ΔS) que esse corpo foi deslocado como consequência da aplicação dessa força resultante. Então a sentença **III** é falsa.

Resposta letra a.