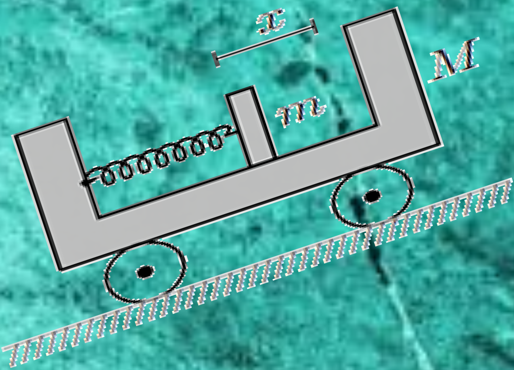
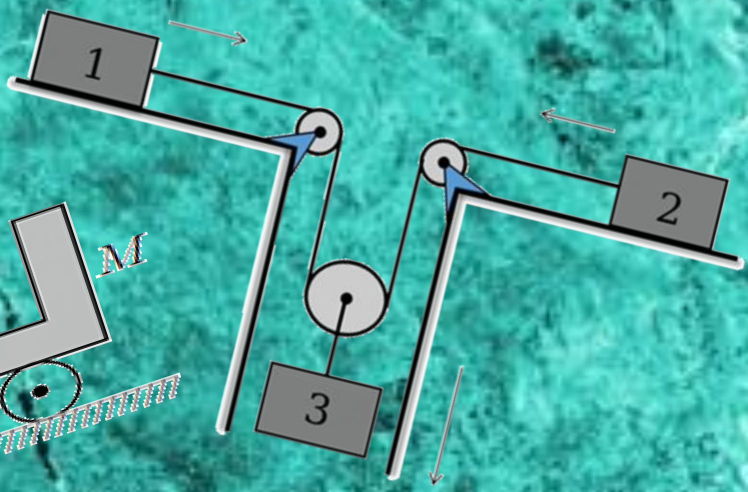
Física-UNIFAP
Programa de Educação Tutorial

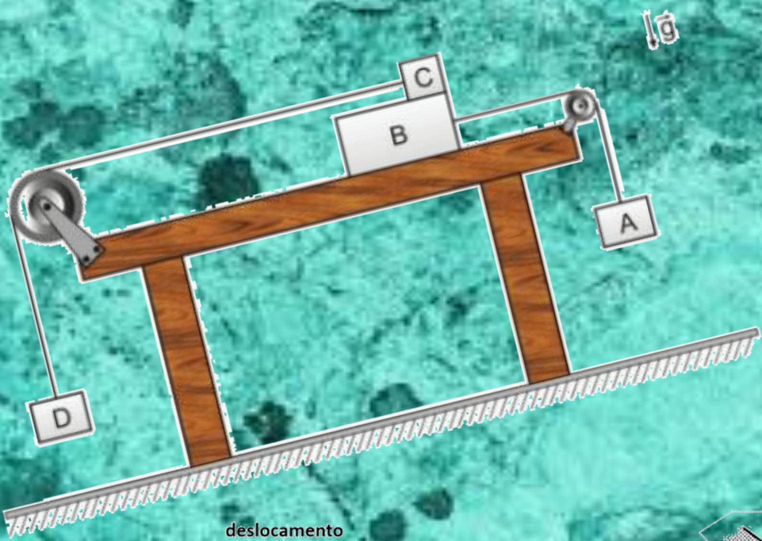


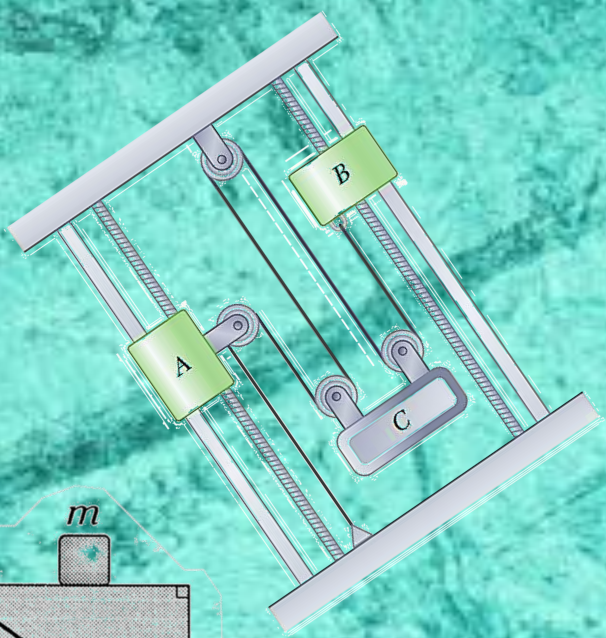


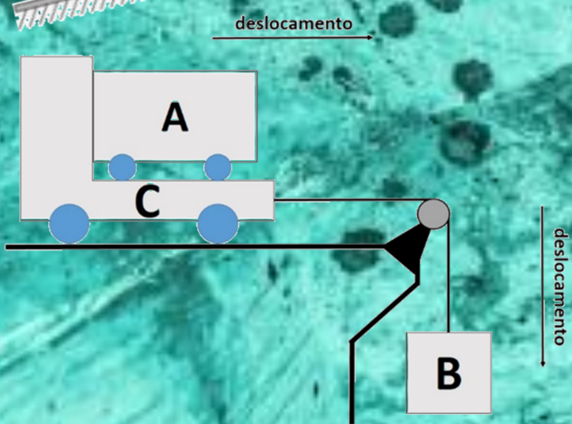
APOSTILA

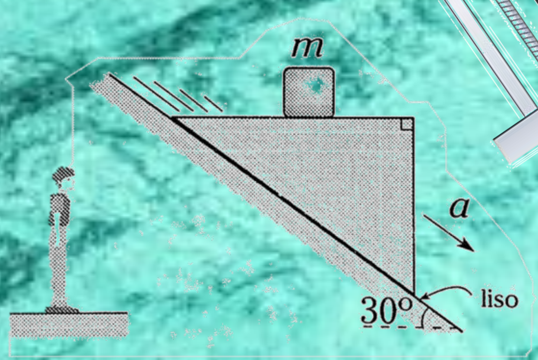
MECÂNICA

TERCEIRA PARTE: DINÂMICA LINEAR









UNIFAP
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ

PREFÁCIO

Esta apostila, elaborada para contribuir com a Educação Básica neste cenário de pandemia, 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:

Jimi Wesley Maciel Virginio; Gabriel Almeida Teixeira; Victor Silva da Silva; Everton Leal Pinheiro; Ramon dos Santos Martins; Odemar Julião do Nascimento Neto; Lucas Gabriel Natividade de Lima; Karla Miranda Barata; Andrey Pinheiro de Freitas; Eduarda de Carvalho e Silva; 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

Física-UNIFAP
Programa de Educação Tutorial

DINÂMICA LINEAR

1) Conceito de dinâmica:

Estuda o movimento, tendo em conta as causas que o produzem.

2) Conceito de inercia:

Propriedade dos corpos, por meio da qual os corpos tendem a manter seu estado de repouso ou movimento uniforme.

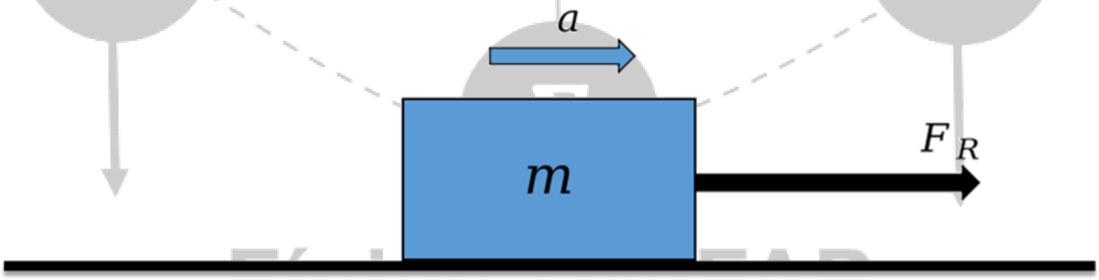
3) Primeira lei de Newton ou Princípio da Inercia:

Pode-se explicar da seguinte maneira

1. Os corpos em movimento tendem a manter-se em movimento;
2. Os corpos em repouso tendem a continuar em repouso.

4) Segunda lei de Newton ou Princípio Fundamental da Dinâmica:

Cada vez que, sobre um corpo, atua uma força ($\boldsymbol{F}$) ou um conjunto de forças (neste caso falamos de força resultante ($\boldsymbol{F_R}$)), o corpo adquire uma aceleração paralela e de sentido igual à da forca **F** ou da força resultante $\boldsymbol{F_R}$.



Temos a equação:

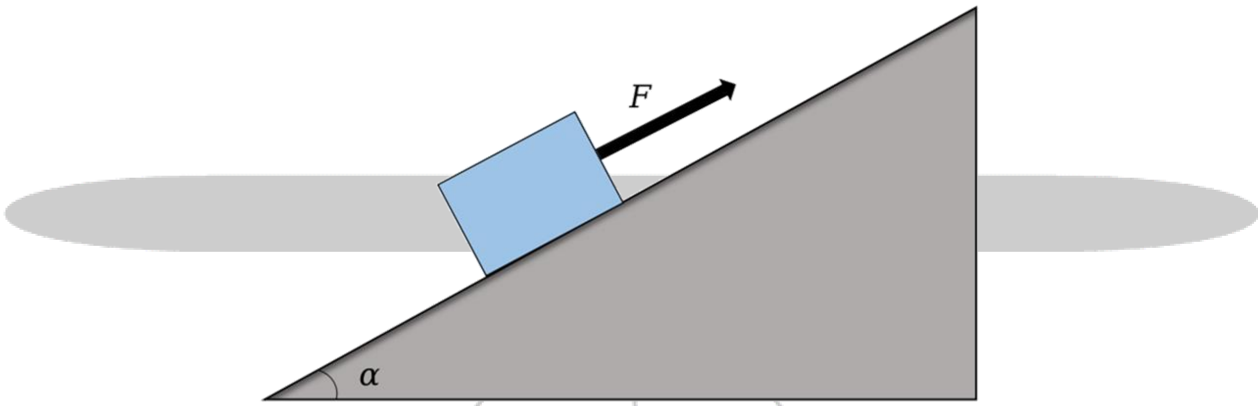
$$\boxed{\boldsymbol{F_R = m.a}}$$

Onde:

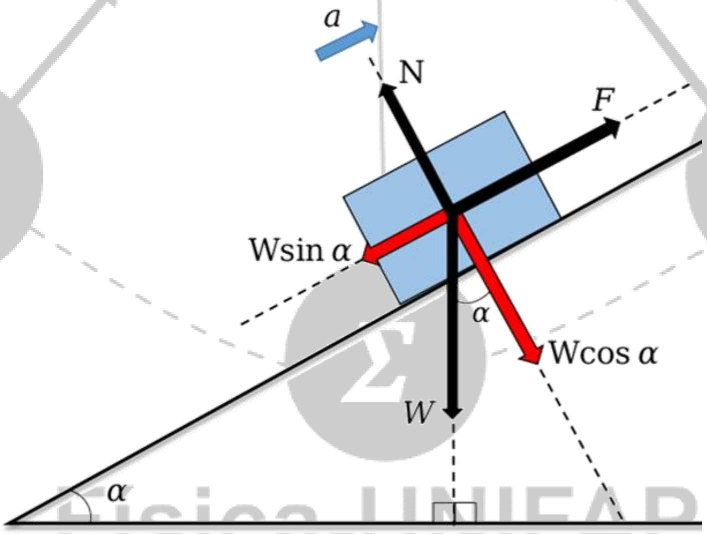
m: Massa do bloco;

a: Aceleração adquirida pelo bloco,devido a força $\boldsymbol{F_R}$.

Exemplo: Observando a figura abaixo, temos um bloco de massa M e peso W, subindo a rampa com uma força "F". Não há atrito entre as superfícies em contato.



Fazendo o Diagrama de Corpo Livre (D.C.L.), temos **D.C.L. do bloco**



Neste caso temos que: $\sum \boldsymbol{F_X} = \boldsymbol{F_R}$.

Agora, aplicando a 2ª lei de Newton

$$\sum F_x = M.a \qquad (1)$$

Como o bloco está subindo a rampa

$$\Rightarrow F > Wsen\alpha$$

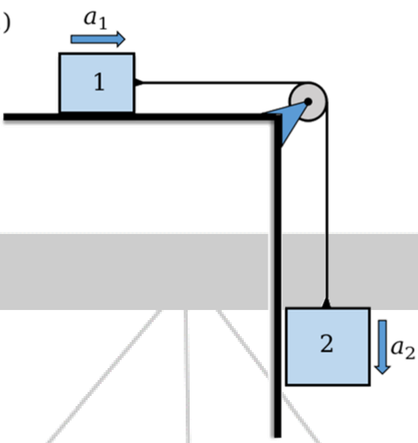
Por tanto (1) fica:

$$F - Wsen\alpha = M.a$$

5) Movimentos dependentes

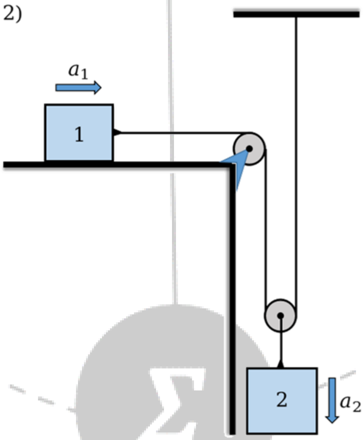
Casos:

1)



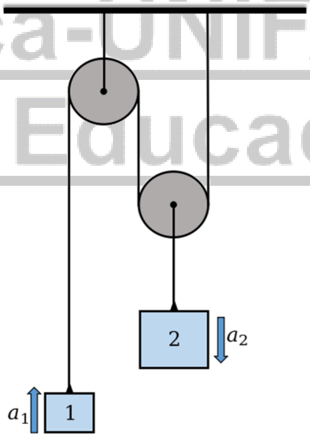
$$a_1 = a_2$$

2)



$$a_1 = 2a_2$$

3)



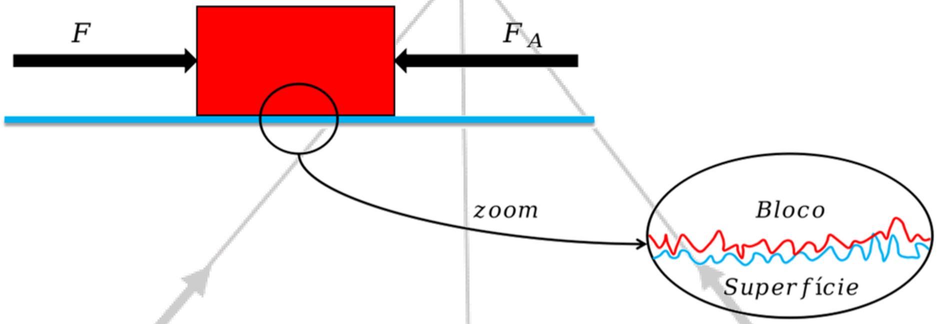
$$a_1 = 2a_2$$

6) Força de atrito (F_A)

Força que aparece na superfície de contato de dois corpos diferentes em movimento relativo.

As forças de atrito são paralelas a superfície em contato e sempre de sentido contrário ao movimento ou na iminência do movimento;

A força de atrito (F_A) aparece, se temos uma força "**F**" que produz movimento, ou a iminência do movimento.



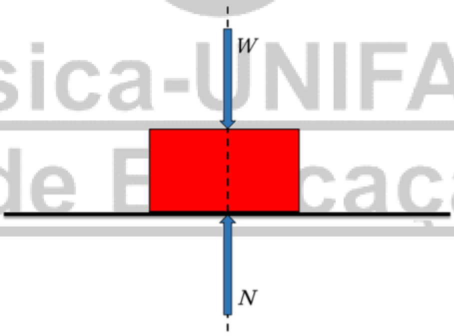
6.1) Tipos de força de atrito

6.1.1) Força de atrito estático (F_{AE})

-Aparece cada vez que um corpo tende a deslizar e ela se opõe ao movimento iminente;

-Existem três casos:

a) Corpos em repouso



Onde

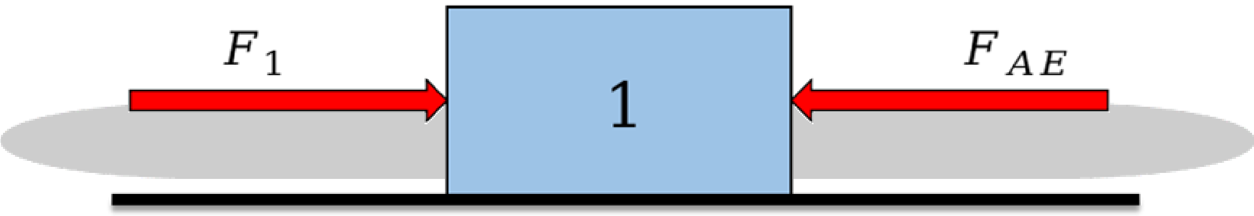
$\boldsymbol{W}$: Força peso

$\boldsymbol{N}$: Força normal

Como não existe uma força “F”, então não existe o movimento iminente, assim

$\Longrightarrow F_{AE} = 0$

b) Corpo sem movimento



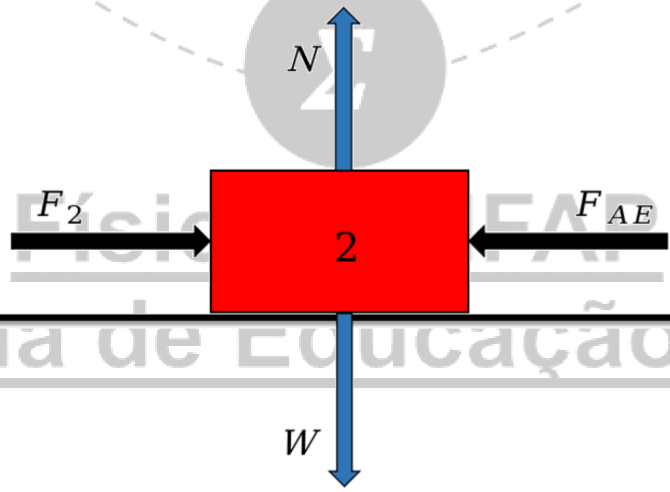
Aqui o bloco está em equilíbrio.

$\Longrightarrow F_1 = F_{AE} \qquad (\beta)$

Nesse caso, F_1 é muito pequena, por isso não consegue movimentar o bloco, por isso que F_{AE} só equilibra a força F_1, conforme a equação β.

c) Movimento iminente

-Isto é, quase próximo ao movimento, mas não chega a se mover.



Onde

N: Força normal

W: Força peso do bloco

Nesse caso, F_2 é muito maior que F_1 (F_1 do caso b), de tal modo que o bloco está em iminente movimento. Nesse sentido, a força de atrito F_{AE} torna-se máxima, neste caso, para evitar o movimento.

$\Longrightarrow F_{AE} \longrightarrow F_{AE}^{MÁX}$

Onde definimos que:

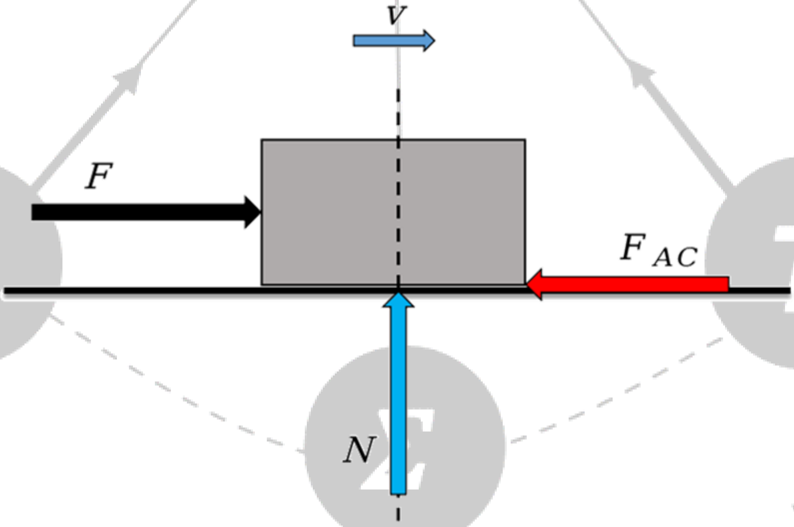
$$F_{AE}^{MÁX} = \mu_{AE}.N$$

μ_{AE}: Coeficiente de atrito estático

N: Força normal a superfície.

6.1.2) Força de atrito cinético (F_{AC})

- Ela está presente quando o bloco está se movimentando



$\Longrightarrow F_{AC} = \mu_{AC}.N$

μ_{AC}: Coeficiente de atrito cinético

-Se o bloco se movimenta com velocidade constante ($V = cte$), então o sistema está em equilíbrio

$$\sum F_x = 0$$

$\Longrightarrow F_{AC} = F$

Observações:

1) F_{AE} é uma força variável: tem seu valor mínimo igual a zero (caso a) e seu valor máximo conforme o caso b;

2) F_{AC} é uma força que tem seu valor constante;

3) $F_{AC} < F_{AE}^{MÁX}$;

4) Para uma superfície curva, as F_A são sempre tangentes a superfície de contato.

Exemplo.

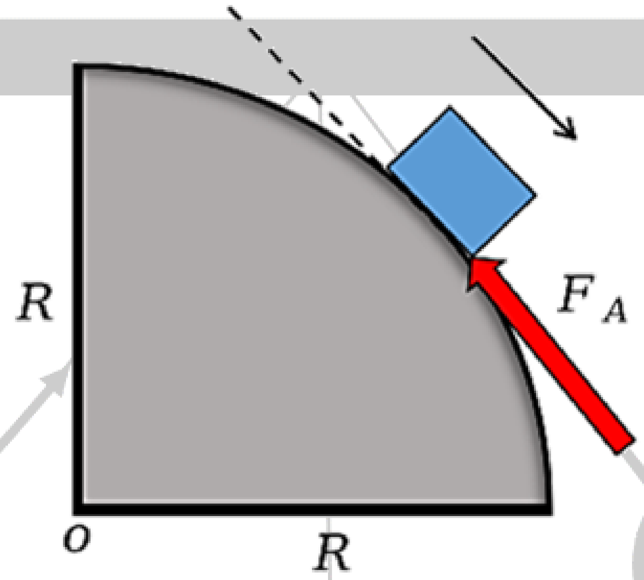


TABELA DE ÍNDICES

INDICE	SIGNIFICADO
$\boldsymbol{F_R}$	Força resultante
$\boldsymbol{m}$	Massa
$\boldsymbol{a}$	Aceleração
$\boldsymbol{W}$	Força peso
$\boldsymbol{F_A}$	Força de atrito
$\boldsymbol{F_{AE}}$	Força de atrito estático
$\boldsymbol{N}$	Força normal
$\boldsymbol{F_{AE}^{MÁX}}$	Força de atrito estático máximo
$\boldsymbol{\mu_{AE}}$	Coeficiente de atrito estático
$\boldsymbol{F_{AC}}$	Força de atrito cinético
$\boldsymbol{\mu_{AC}}$	Coeficiente de atrito cinético

QUESTÕES - SISTEMA DE REFERÊNCIAL INERCIAL

1. Em uma aula de Física, o professor pede para que os alunos façam um experimento utilizando dois blocos, o bloco A tem massa 5 kg e o bloco B tem massa de 7 kg e analisa-se o que estava acontecendo. Um de seus alunos fez o experimento da seguinte maneira: pegou um fio inextensível e amarrou nos blocos, como está sendo representado na imagem abaixo, e vai elevando o fio com os blocos. A força atuante na corda é de F = 210 N. O professor pergunta para o aluno que fez o experimento qual será a tensão na corda que os une?

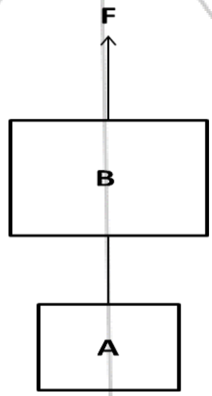
a) 122 N

b) 124,5 N

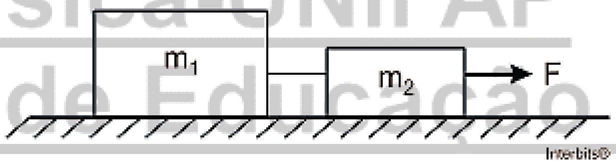
c) 87,5 N

d) 130 N

e) 52,5 N



2. (UFRGS-2012) As forças resultantes sobre $m_1 = 3{,}0\ kg$ e $m_2 = 1{,}0\ kg$, ligados por um fio inextensível, podem deslizar sem atrito sobre um plano horizontal. Esses blocos são puxados por uma força horizontal F de módulo F = 6 N, conforme a figura a seguir.



As forças resultantes sobre m_1 e m_2 são respectivamente:

a) 3,0 e 1,5 N

b) 4,5 e 1,5 N

c) 4,5 e 3,0 N

d) 6,0 e 3,0 N

e) 6,0 e 4,5 N

3. (ITA-1995) Um pêndulo simples no interior de um avião tem a extremidade superior no fio fixo no teto. Quando o avião está parado o pêndulo fica na posição vertical. Durante a corrida para a decolagem a aceleração $\vec{a}$ do avião foi constante e o pêndulo fez um ângulo θ com a vertical. Sendo g a aceleração da gravidade, a relação entre $\vec{a}, \theta$ e g é:

a) $g^2 = a^2(1 - sec^2\theta)$

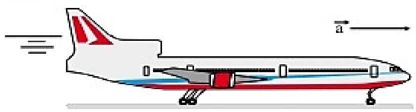
b) $g^2 = (a^2 + g^2)sec^2\theta$

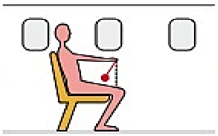
c) $a = g\ tg\theta$

d) $a = g\ sen\theta\ cos\theta$

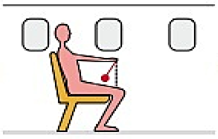
e) $g^2 = a^2sen^2\theta + g^2cos^2\theta$

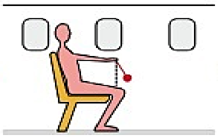
4. (Unesp-2010) Num jato que se desloca sobre uma pista horizontal, em movimento retilíneo uniformemente acelerado, um passageiro decide estimar a aceleração do avião. Para isto, improvisa um pêndulo que, quando suspenso, seu fio fica aproximadamente estável, formando um ângulo $\theta = 25°$ com a vertical e em repouso em relação ao avião. Considere que o valor da aceleração da gravidade no local vale $10m/s^2$, e que $sen25° \cong 0{,}42$; $cos25° \cong 90$; $tg25° \cong 0{,}47$. Das alternativas, qual fornece o módulo aproximado da aceleração do avião e melhor representa a inclinação o pêndulo?

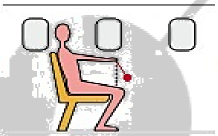


(A)  4,7 m/s².

(B)  9,0 m/s².

(C)  4,2 m/s².

(D)  4,7 m/s².

(E)  4,2 m/s².

5. (Unesp-2011) Observe a tirinha.

Uma garota de 50 kg está em um elevador sobre uma balança calibrada em newtons. O elevador move-se verticalmente, com aceleração para cima na subida e com aceleração para baixo na descida. O módulo da aceleração é constante e igual a $2\,m/s^2$ em ambas situações. Considerando $g = 10\,m/s^2$, a diferença, em newtons, entre o peso aparente da garota, indicado na balança, quando o elevador sobe e quando o elevador desce, é igual a:

a) 50

b) 100

c) 150

d) 200

e) 250

6. Na figura, se mostra um bloco apoiado em uma cunha que desliza sobre uma superfície inclinada sem atrito. Qual valor da reação do bloco sobre a cunha que um observador parado, ou seja, inercial, irá medir? Considere que o bloco não desliza pela cunha.

$(m = 20\,kg; g = 10\,m/s^2)$

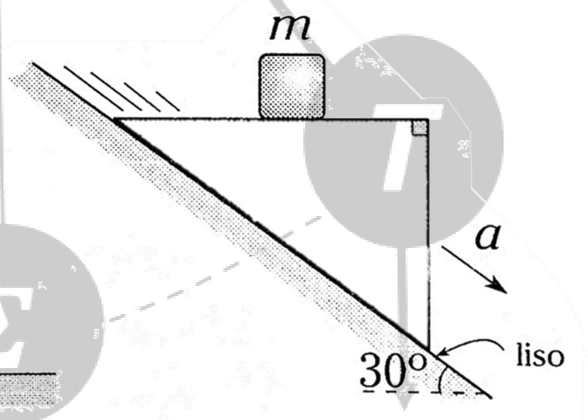
a) $50\sqrt{3}\,N$

b) $140\,N$

c) $100\sqrt{3}\,N$

d) $120\,N$

e) $53\sqrt{2}\,N$



7. Na figura se mostra um vagão, por meio de uma força se movimenta com uma aceleração constante. Um observador dentro do vagão observa uma esfera inclinada estática, já outro observador fora do vagão observa que a esfera está se comvendo com a mesma aceleração do vagão, a mesma para esse observador faz um ângulo de 16° com a vertical. Suponha que você seja esse observador em repouso fora do vagão, ou seja um referencial inercial, qual a aceleração do vagão você irá medir? (Considere $g = 10\,m/s^2$)

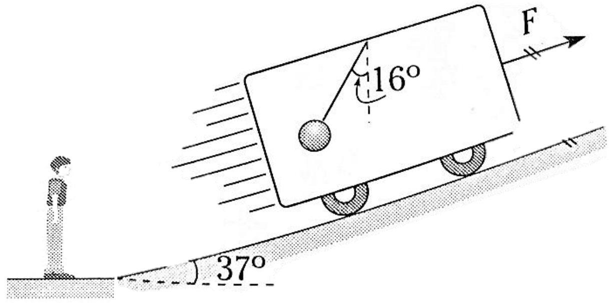
a) $15/3\ m/s^2$

b) $5/4\ m/s^2$

c) $14/3\ m/s^2$

d) $5/3\ m/s^2$

e) $12/3\ m/s^2$



8. Na figura se mostra um instante em que se abanona um sistema, considerando que não há atrito entre o bloco e a tábua, e a tábua desliza com atito no plano inclinado. Se a tábua tem 4m de comprmento quanto tempo o bloco permaneceu sobre ela, responda com base em um referencial inercial? (Considere $M \gg m$; $g = 10\ m/s^2$)

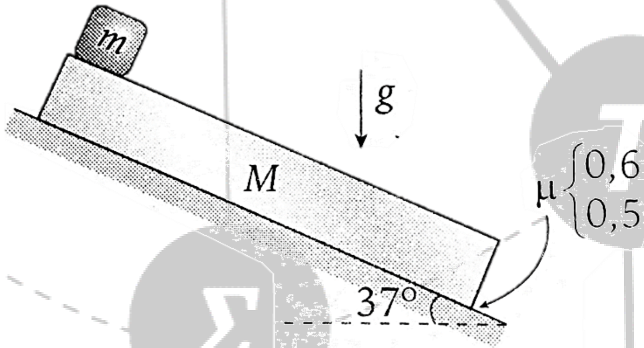
a) $3\sqrt{2}\ s$

b) $2\sqrt{2}\ s$

c) $\sqrt{2}\ s$

d) $\sqrt{3}\ s$

e) 2 s



9. Na figura se mostra um bloco dentro de um vagão preso a uma mola de constante elástica ($k = 5000\ N/m^2$). Após ser aplicada uma força F sobre o vagão ele atringe a aceleração de $7{,}5\ m/s^2$. Qual a deformação da mola no instante em que o bloco perde o contato com o piso? (Considere $g = 10\ m/s^2$)

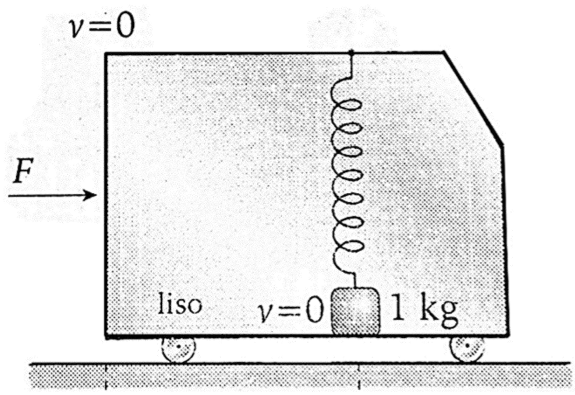
a) 1,5 cm

b) 2 cm

c) 2,5 cm

d) 0,4 cm

e) 0,25 cm



10. Na figura se mostra um garoto parado sobre uma tábua homogênea em repouso. Se o garoto começa a caminhar até o extremo da tábua, para o observador paradoquanto o garoto na tábua irá avançar? Sendo M a massa da tábua e m a massa do garoto.

Considere $3M = 2m$

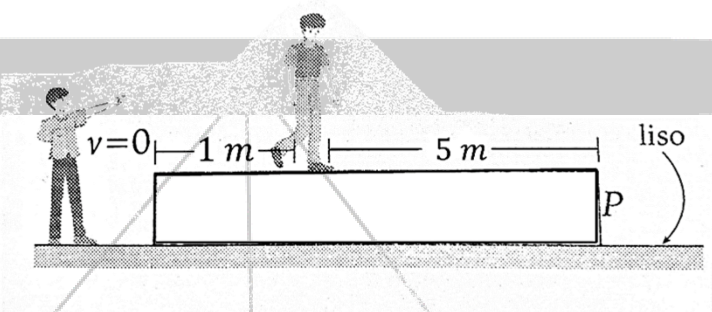
a) 5 m

b) 4 m

c) 3 m

d) 2 m

e) 3,5 m



QUESTÕES – SEGUNDA LEI DE NEWTON

11. **(ITA-1996)** Fazendo compras num supermercado, um estudante utiliza dois carrinhos. Empurra o primeiro, de massa m, com uma força F, horizontal, o qual, por sua vez, empurra outro de massa M sobre um assoalho plano e horizontal. Se o atrito entre os carrinhos e o assoalho puder ser desprezado, pode-se afirmar que a força que está aplicada sobre o segundo carrinho é:

a) F

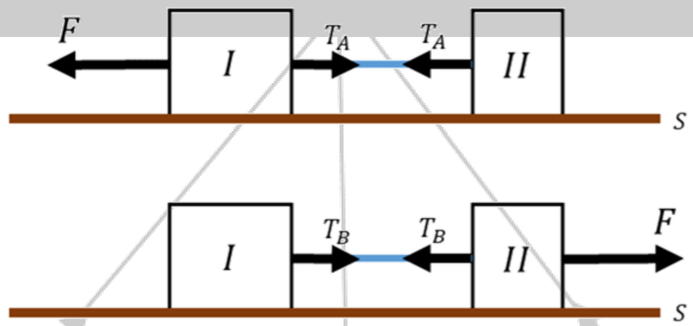
b) $\frac{MF}{m+M}$

c) $\frac{F\,(m+M)}{M}$

d) $\frac{F}{2}$

e) outra expressão diferente

12. (UERJ-2018/ADAPTADA) Em um experimento, os blocos I e II, de massas iguais a 10 kg e a 6 kg, respectivamente, estão interligados por um fio ideal. Em um primeiro momento, uma força de intensidade F igual a 64 N é aplicada no bloco I, gerando no fio uma tração T_A. Em seguida, uma força de mesma intensidade F é aplicada no bloco II, produzindo a tração T_B. Observe os esquemas:



Desconsiderando os atritos entre os blocos e a superfície S, a razão entre as trações $\frac{T_A}{T_B}$ corresponde a:

a) $\frac{9}{10}$

b) $\frac{4}{7}$

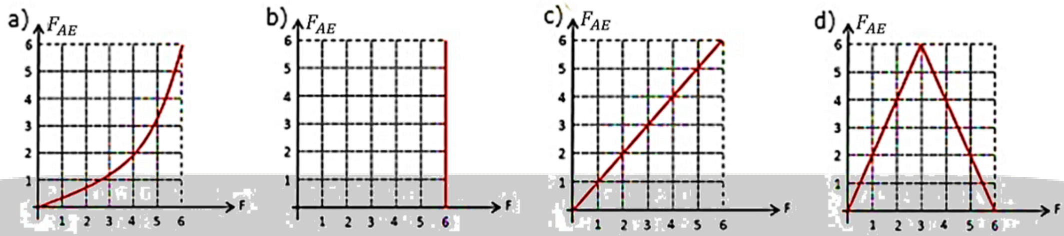
c) $\frac{3}{5}$

d) $\frac{8}{13}$

e) $\frac{7}{13}$

13. (PUC/SP-2018/ADAPTADA) Um objeto cúbico, maciço e homogêneo, de massa igual a 1500 g, está em repouso sobre uma superfície plana e horizontal. O coeficiente de atrito estático entre o objeto e a superfície é igual a 0,40. Uma força F, horizontal à superfície, é aplicada sobre o centro de massa desse objeto.

Que gráfico melhor representa a intensidade da força de atrito estático F_{AE} em função da intensidade F da força aplicada? Considere as forças envolvidas em unidades do S.I.



14. (UNESP-2012/ADAPTADA) Em uma obra, para permitir o transporte de objetos para cima, foi montada uma máquina constituída por uma polia fixa, fios ideais e duas plataformas A e B horizontais, todos de massas desprezíveis, como mostra a figura. Um objeto de massa $m = 225\,kg$, colocado na plataforma A, inicialmente em repouso no solo, deve ser levado verticalmente para cima e atingir um ponto a 4,5 m de altura, em movimento uniformemente acelerado, num intervalo de tempo 3 s. A partir daí um sistema de freios passa a atua, fazendo a plataforma A parar na posição onde o objeto será descarregado.

Considerando $g = 10m/s^2$, desprezando os efeitos do ar sobre o sistema e os atritos durante o movimento acelerado, a massa M, em kg, do corpo que deve ser colocado na plataforma B para acelerar para cima a massa m no intervalo de 3 s é igual a

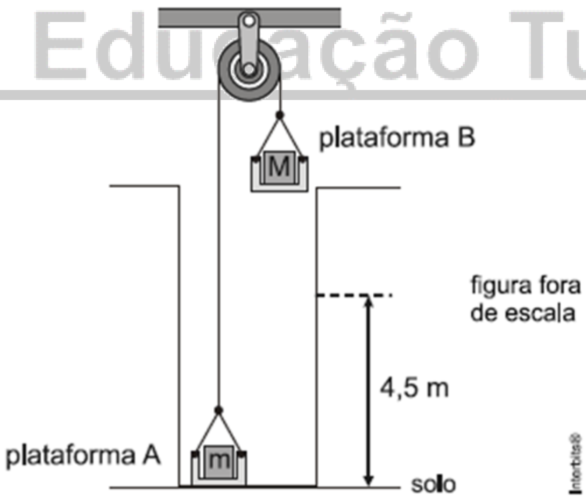
a) 275

b) 285

c) 295

d) 305

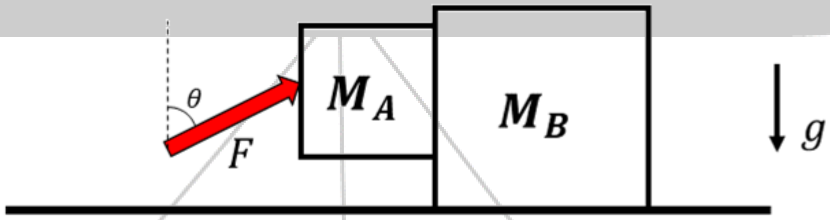
e) 315



15. (UFPE-2013/ADAPTADA) A

figura a seguir ilustra dos blocos A e B, de massas $M_A = 2{,}0$ kg e $M_B = 1{,}0$ kg. Não existe atrito entre o bloco B e a superfície horizontal, mas há atrito entre os blocos. Os blocos se movem com aceleração de 2,0 m/s^2 ao longo da horizontal, sem que haja deslizamento relativo entre eles. Se sen (θ) = 0,60 e cos (θ) = 0,80, o módulo, em newtons, da força ***F*** aplicada no bloco A é

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



16. Na figura abaixo as massa A e B são 10 e 5 kg, respectivamente. O coeficiente de atrito estático de A com a mesa é 0,20. Determine o menor valor da massa de C que evita o movimento de A. Considere $g = 9{,}8\ m/s^2$.

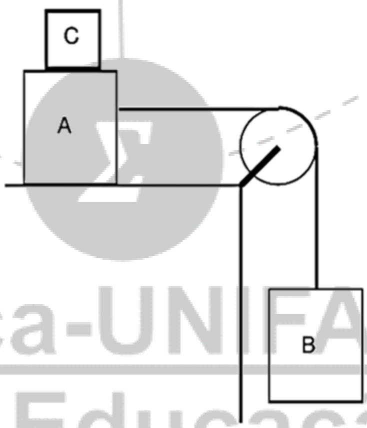
a) 10 kg

b) 15 kg

c) 20 kg

d) 13 kg

e) 14kg



17. Um garotinho prende um fio no vértice de um bloco de massa *m* e arrasta esse bloco fingindo que é um carrinho. No meio da brincadeira, o garotinho passa por um lugar onde há uma estaca de madeira cravada na parede, o fio que o garoto puxa como uma força **F** acaba passando por cima dessa estaca, isso resulta na situação ilustrada abaixo.

Determine a componente X da aceleração de m na figura abaixo se o coeficiente de atrito cinético com o solo é μ_{AC}.

a) $a_X = \frac{F.\cos\alpha + \mu_{AC}.m.g - F.\sin\alpha}{m}$

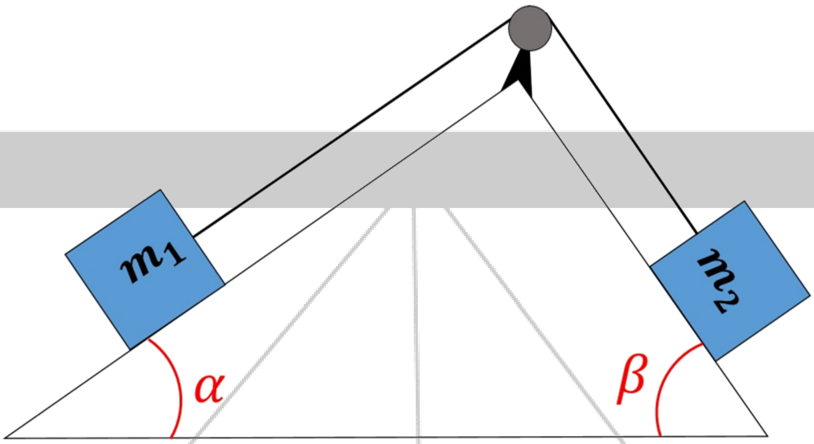
b) $a_X = \frac{F.\cos\alpha + \mu_{AC}.m.g + F.\sin\alpha}{m}$

c) $a_X = \frac{F.\cos\alpha - \mu_{AC}.m.g}{m}$

d) $a_X = \frac{F.\cos\alpha - F.\sin\alpha}{m}$

e) $a_X = \frac{F.\cos\alpha - \mu_{AC}.m.g + \mu_{AC}.F.\sin\alpha}{m}$

18. No laboratório de física da UNIFAP, um grupo de alunos decidiu juntar dois planos inclinados de inclinações diferentes. Fixaram uma roldana no vértice que une os planos inclinados e prenderam dois blocos de massas diferentes um em cada extremidade do fio. Determinaram a aceleração com a qual os corpos se movem, e também as tensões no fio. Admitiram que os corpos deslizam sem atrito. Aplicaram os seguintes valores: $(m_1 = 200\ g = 0{,}2\ kg)(m_2 = 180g = 0{,}18\ kg)(\alpha = 30°)(\beta = 60°)\ (g = 9{,}8\ m/s^2)$.



Que valores para a aceleração dos corpos e para a tensão no fio o grupo encontrou?

a) Aceleração do sistema = 1,70 m/s² e Tensão no fio = 5 N

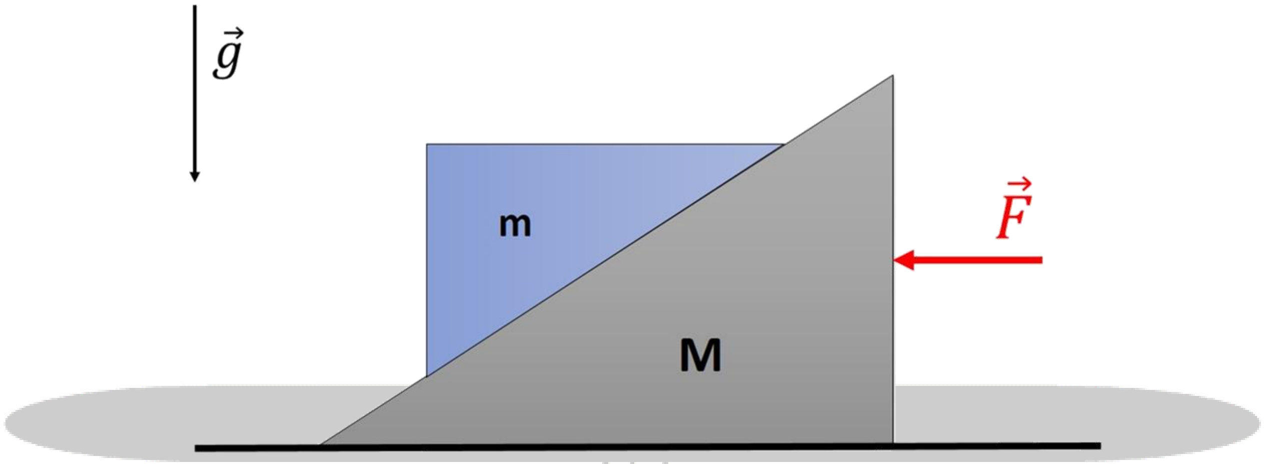
b) Aceleração do sistema = 1,44 m/s² e Tensão no fio = 1,268 N

d) Aceleração do sistema = 2,44 m/s² e Tensão no fio = 6 N

c) Aceleração do sistema = 1,64 m/s² e Tensão no fio = 4 N

e) Aceleração do sistema = 1,44 m/s² e Tensão no fio = 1,345 N

19. (ITA-1982) O plano inclinado da figura tem massa M e sobre ele apoia-se um objeto de massa m. O ângulo de inclinação é α e não há atrito nem entre o plano inclinado e o objeto, nem entre o plano inclinado e o apoio horizontal. Aplica-se uma força $(\vec{F})$ horizontal no plano inclinado e constata-se que todo o sistema se move horizontalmente, sem que o objeto deslize em relação ao plano inclinado. Podemos afirmar que, sendo $(\vec{g})$ a aceleração da gravidade local:



a) F = mg

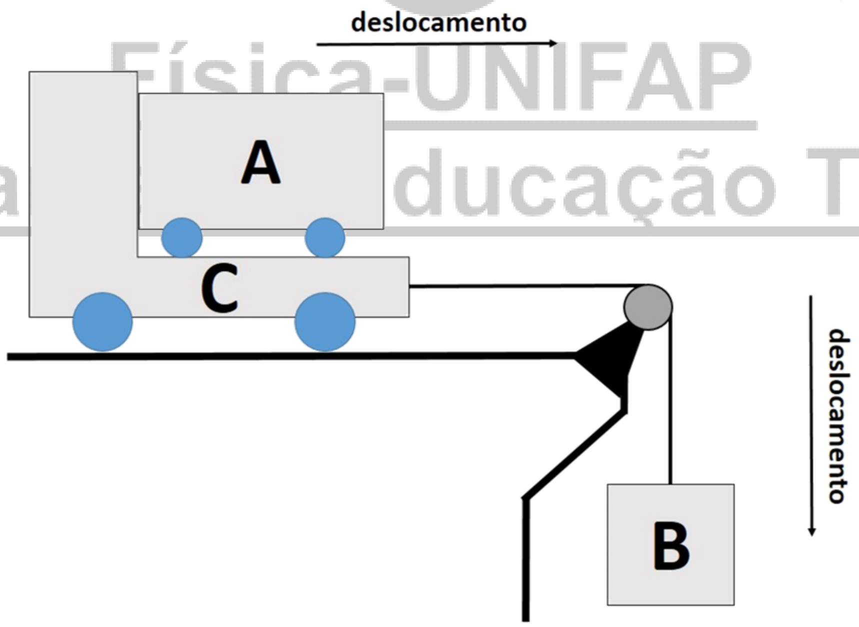
b) F = (M + m) g

c) F tem de ser infinitamente grande

d) F = (M + m) g tgα

e) F = M g senα

20. No laborátorio de física da UNIFAP, dois alunos realizam um experimento de dinâmica. Eles analisam o seguinte experimento: uma carrinho preso a um bloco por um fio e em cima do carrinho tem outro bloco. Sabendo que o seguinte sistema é livre de atrito, qual valor da força de



contato horizontal entre bloco **A** e o carrinho **C** os alunos mediram? m_A = 10 kg; m_B = 50 kg; m_C = 40 kg. Aplique g = 9,8 m/s².

a) F_C = 60 N

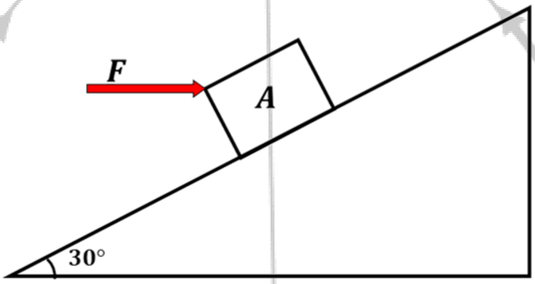
b) F_C = 55 N

c) F_C = 70 N

d) F_C = 50 N

e) F_C = 65 N

21. Um bloco, com massa igual a 15 kg, está apoiado sobre um plano inclinado de 30° em relação a um plano horizontal, como representado na figura. Se uma força F, cuja intensidade igual a 150 N, atua sempre na horizontal no bloco, qual será a aceleração do bloco?



Admita que não há atrito entre o bloco e o plano inclinado e entre o plano inclinado e a superfície sobre a qual ele repousa. Nesse caso, considere que: $g = 10\ m/s^2\ e\ cos30° = 0{,}87$.

a) $a\ = 2{,}5\ m/s^2$

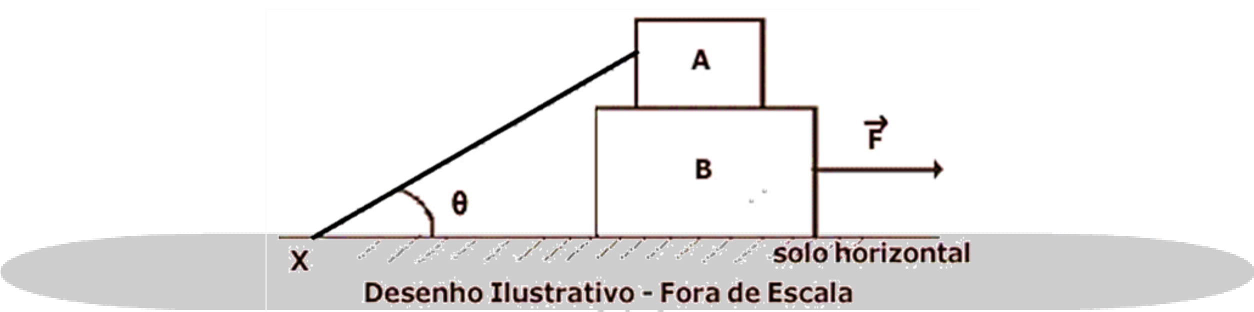
b) $a = 7\ m/s^2$

c) $a = 3{,}7\ m/s^2$

d) $a = 10\ m/s^2$

e) $a = 4\ m/s^2$

22. **(EsPCEx-2020)** Um bloco homogêneo A de peso 6 N está sobre o bloco homogêneo B de peso 20 N ambos em repouso. O bloco B está na iminência de movimento. O bloco A está ligado por um fio ideal tracionado ao solo no ponto X, fazendo um ângulo θ com a horizontal enquanto que o bloco B está sendo solicitado por uma força horizontal conforme o desenho abaixo.



Os coeficientes de atrito estático entre o bloco A e o bloco B é 0,3 e do bloco B e o solo é 0,2. A intensidade da força horizontal aplicada ao bloco B nas condições abaixo, capaz de tornar iminente o movimento é: Dados: cos θ = 0,6 sen θ = 0,8.

a) 2,0 N

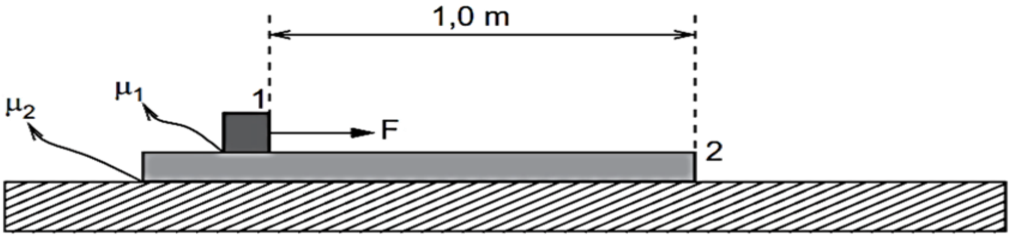
b) 9,0 N

c) 15,0 N

d) 18,0 N

e) 20,0 N

23. (PUC/RJ-2014/ADAPTADA) Um pequeno bloco 1 de massa $m_1 = 1{,}0\ kg$ está sobre o bloco 2, comprido, de massa $m_2 = 0{,}50\ kg$, como mostrado na figura. Ambos blocos estão inicialmente em repouso, estando o bloco 1 a uma distância de 1,0 m da extremidade direita do bloco 2. Uma força horizontal F, constante de módulo 13 N, é aplicada ao bloco 1, que começa a se mover. Há atrito entre as superfícies dos blocos 1 e 2, com coeficiente de atrito cinético $\mu_1 = 0{,}50$. Observa-se que o bloco 2 também se movimenta. O coeficiente de atrito cinético entre o bloco 2 e o piso é $\mu_2 =$



0,20. Considere $g = 10\ m/s^2$. Assinale a alternativa que contém, respectivamente, as acelerações do bloco 1 e 2:

a) $2\,m/s^2\ e\ 10\,m/s^2$

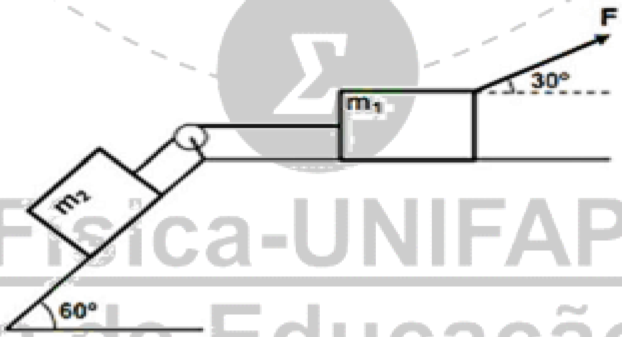
b) $7\,m/s^2\ e\ \ 4{,}5m/s^2$

c) $5\,m/s^2\ e\ 9\,m/s^2$

d) $8\,m/s^2\ e\ 2\,m/s^2$

e) $8\,m/s^2\ e\ 4\,m/s^2$

24.(UFPR-2016) O sistema representado na figura abaixo corresponde a um corpo 1, com massa 20 kg, apoiado sobre uma superfície plana horizontal, e um corpo 2, com massa de 6 kg, o qual está apoiado em um plano inclinado que faz 60º com a horizontal. O coeficiente de atrito cinético entre cada um dos corpos e a superfície de apoio é 0,1. Uma força F de 200 N, aplicada sobre o corpo 1, movimenta o sistema, e um sistema que não aparece na figura faz com que a direção da força F seja mantida constante e igual a 30º em relação à horizontal. Uma corda inextensível e de massa desprezível une os dois corpos por meio



de uma polia.

Considere que a massa e todas as formas de atrito na polia são desprezíveis. Também considere, para esta questão a aceleração gravitacional como sendo de $10\ m/s^2$ e o cos 30º igual a 0,87. Com base nessas informações, assinale a alternativa que apresenta a tensão na corda que une os dois corpos.

a) 12,4 N

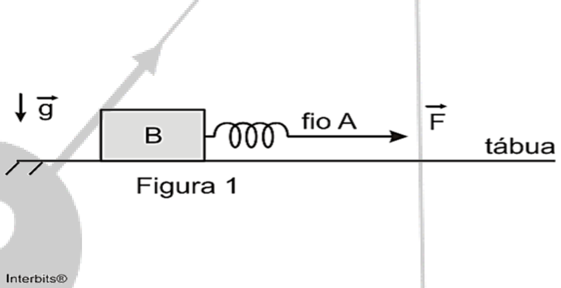
b) 48,4 N

c) 62,5 N

d) 80,3 N

e) 120,6 N

25. (Unesp-2011) As figuras 1 e 2 representam dois esquemas experimentais utilizados para a determinação do coeficiente de atrito estático entre um bloco B e uma tábua plana, horizontal.



No esquema da figura 1, um aluno exerceu uma força horizontal F no fio A e mediu o valor 2,0 cm para a deformação da mola, quando a força F atingiu seu máximo valor possível, imediatamente antes que o bloco B se movesse. Para determinar a massa do bloco B, este foi suspenso verticalmente, com o fio A fixo no teto, conforme indicado na figura 2, e o aluno mediu a deformação da mola igual a 10,0 cm, quando o sistema estava em equilíbrio. Nas condições descritas, desprezando a resistência do ar, o coeficiente de atrito entre o bloco e a tábua vale ?

a) 0,1

b) 0,2

c) 0,3

d) 0,4

e) 0,5

26. Um estudante do curso de física da unifap decide estudar o movimento de dois blocos, A e B, no laboratório. Ele coloca-os em um plano inclinado sem atrito, formando um ângulo $\alpha = 37°$com a horizontal, as massas dos blocos são m_A = 1kg e m_B = 2kg. Com essas informações qual será a aceleração dos blocos e a força de reação entre eles? Considerando g=10m/s².

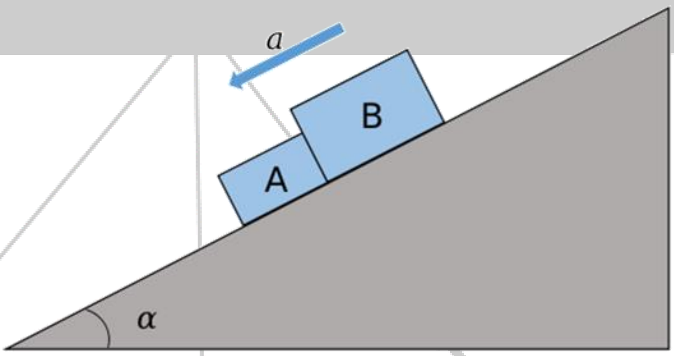
a) 6 m/s² e 24 N

b) 8 m/s² e 32 N

c) 6 m/s² e 32 N

d) 8 m/s² e 24 N

e) 5 m/s² e 20 N



27. Na figura abaixo um carrinho se move sobe a ação de uma força “F” e há dois blocos ligados por um fio de massa despresível, os blocos estão em equilíbrio em relação ao carrinho, porém, os blocos estão em movimento em relação ao solo. Determinar o valor da força “F”, que impedirá o bloco de massa $m = 5\ kg$ de deslizar no carrinho, de massa $M = 20\ kg$, sabendo também que $m' = 3\ kg$, o atrito é despresivel, considere g = 10 m/s².

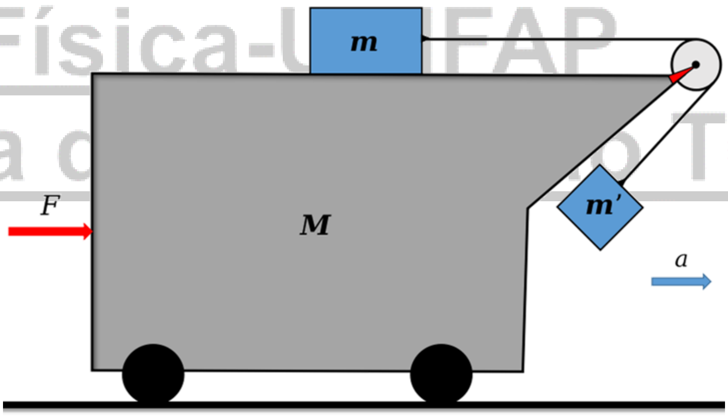
a) F = 200 N

b) F = 144 N

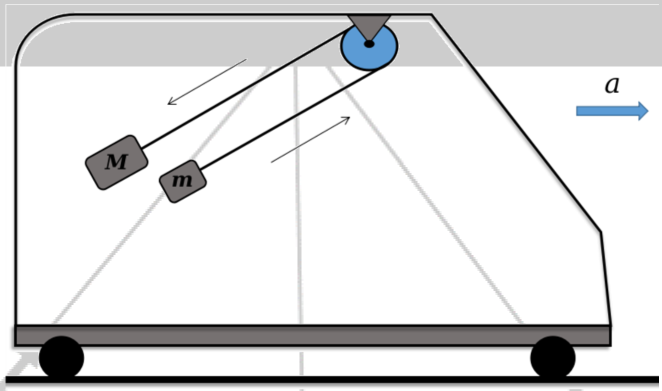
c) F = 100 N

d) F = 220 N

e) F = 150 N



28. Na figura a baixo há dois blocos ligados por um fio inestensivel dentro de um carrinho, que se move com uma aceleração constante. Encontrar a aceleração dos blocos de massa $M = 3\,kg$ e $m = 2\,kg$ em relação ao carrinho, sabendo que ele está se movendo horizontalmente com uma aceleração $a = 10\,m/s^2$, o atrito entre o carrinho e solo é despresivel, considere g = 10 m/s².



a) $a_{rel} = \frac{\sqrt{2}}{5} m/s^2$

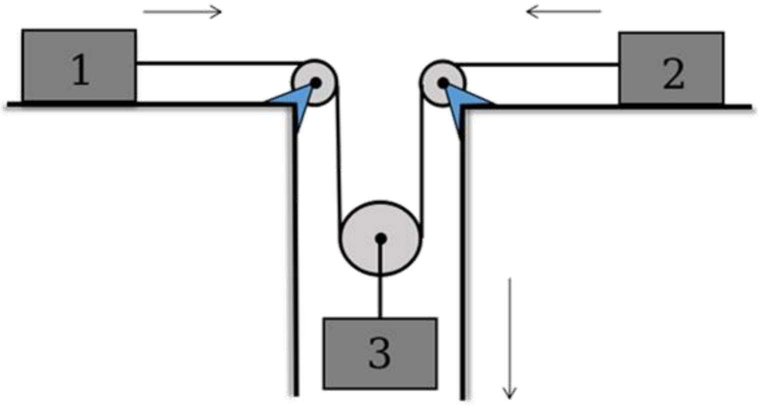
b) $a_{rel} = \sqrt{2}\, m/s^2$

c) $a_{rel} = 2\sqrt{2}\, m/s^2$

d) $a_{rel} = 2\, m/s^2$

e) $a_{rel} = \frac{2}{5} m/s^2$

29. Na figura a baixo, os fios e as polias são despresiveis, as massas dos blocos “1”, “2” e “3” são respectivamente, 10 kg, 5 kg e 20 kg, desconsidere o atrito. Determine as acelerações dos blocos e a tensão no fio ligado ao bloco ”2”, considere g =10 m/s².



a) $a_1 = 2\frac{m}{s^2}$; $a_2 = 6\frac{m}{s^2}$; $a_3 = 8\frac{m}{s^2 e}$; $T = 30\ N$

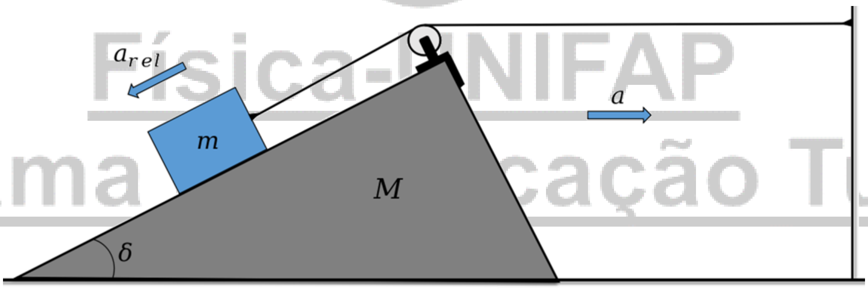
b) $a_1 = 4\frac{m}{s^2}$; $a_2 = 2\frac{m}{s^2}$; $a_3 = 7\frac{m}{s^2 e}$; $T = 10\ N$

c) $a_1 = 3\frac{m}{s^2}$; $a_2 = 8\frac{m}{s^2}$; $a_3 = 5\frac{m}{s^2 e}$; $T = 40\ N$

d) $a_1 = 4\frac{m}{s^2}$; $a_2 = 8\frac{m}{s^2}$; $a_3 = 6\frac{m}{s^2 e}$; $T = 40\ N$

e) $a_1 = 6\frac{m}{s^2}$; $a_2 = 8\frac{m}{s^2}$; $a_3 = 2\frac{m}{s^2 e}$; $T = 40\ N$

30. Na figura a baixo dada, livre de todo atrito, há um bloco de massa *“m”* de 20kg sobre um prisma de massa *“M”* de 64 kg, o bloco deliza sobre o primas e o prisma deliza sobre o solo. Determinar a aceleração do prisma de massa *“M”*, a massa do fio é despresivel. considere g =10 m/s² e δ = 53°.



a) 3 m/s²

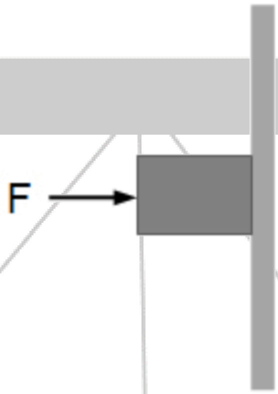
b) 10 m/s²

c) 5 m/s²

d) 1/6 m/s²

e) 3/2 m/s²

31. (PUC/MG-2007) Um bloco de massa 3,0 kg é pressionado contra uma parede vertical por uma força F, conforme ilustração. Considere a gravidade como 10 m/s^2, o coeficiente de atrito estático entre o bloco e a parede como 0,20 e o coeficiente de atrito cinético como 0,15. O valor mínimo da força F para que o bloco permaneça em equilíbrio estático é de



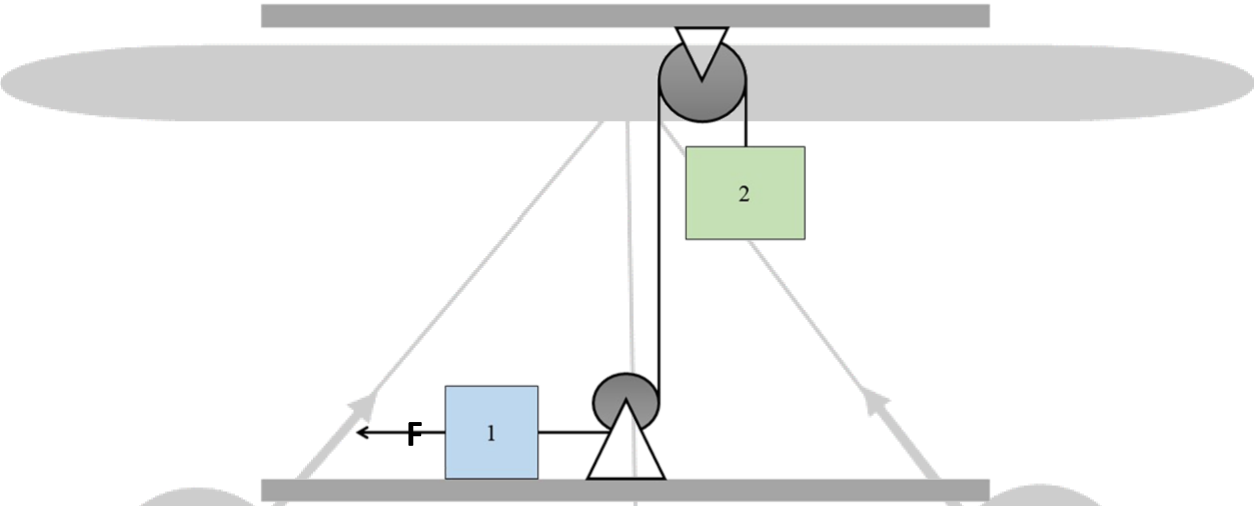
a) 150 N
b) 125 N
c) 90 N
d) 80 N
e) 75N

32. (ITA/SP-1990) A figura abaixo representa três blocos de massas $M_1 = 1{,}00$ kg, $M_2 = 2{,}50$ kg e $M_3 = 0{,}5$ kg respectivamente. Entre os blocos e o piso que os apoia existe atrito, cujo coeficiente cinético e estático são, respectivamente, 0,10 e 0,15; a aceleração da gravidade vale 10,0 m/s^2.

Se ao bloco 1 for aplicada uma força $\vec{F}$ horizontal de 10,0 N, qual será a intensidade da força que o bloco 2 exercerá no bloco 3?

a) 1,00 N
b) 2,01 N
c) 1,20 N
d) 1,15 N
e) 1,25 N

33. Calcule a aceleração do sistema e a tensão no fio, admita que as superfícies são sem atrito. Inicialmente resolva o problema de maneira geral, e, em seguida, aplique ao caso $m_1 = 1{,}0\ kg$, $m_2 = 2{,}0\ kg$ e $\mathrm{F} = 50\ \mathrm{N}$, lembrando que $\mathrm{g} = 10\ m/s^2$.



a) Aceleração do sistema = $11\ m/s^2$ e Tensão no fio = 45 N

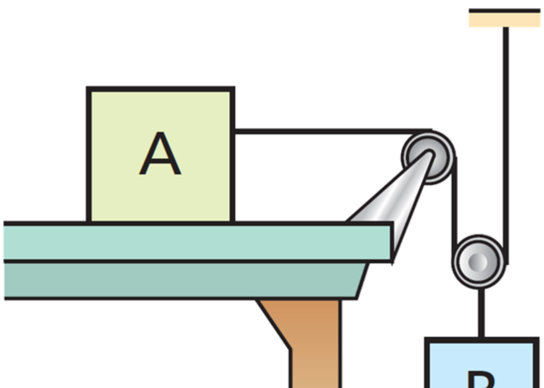
b) Aceleração do sistema = $9\ m/s^2$ e Tensão no fio = 39 N

c) Aceleração do sistema = $10\ m/s^2$ e Tensão no fio = 40 N

d) Aceleração do sistema = $9{,}9\ m/s^2$ e Tensão no fio = 40 N

e) Aceleração do sistema = $4{,}9\ m/s^2$ e Tensão no fio = 41 N

34. (AFA/SP-2002/ADAPTADA) Calcule a aceleração do sistema e a tensão no fio na figura abaixo. Despreze os atritos. Resolva, de início, de maneira geral e, em seguida, aplique ao caso $m_1 = 4{,}0\ kg$ e $m_2 = 6{,}0\ kg$, adotando a gravidade como $\mathrm{g} = 10\ m/s^2$.



a) Aceleração do sistema = 4,1 m/s^2 e Tensão no fio = 15,2 N

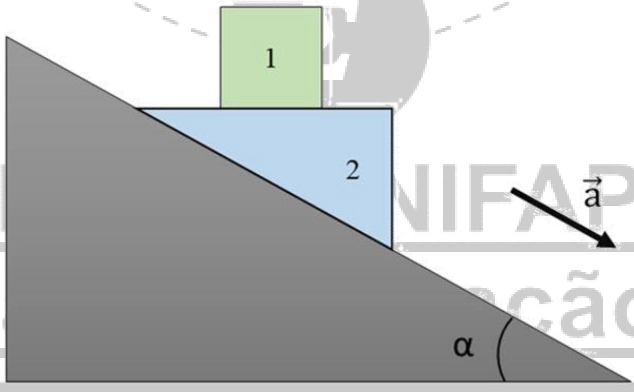
b) Aceleração do sistema = 3,5 m/s^2 e Tensão no fio = 19,3 N

c) Aceleração do sistema = 3,9 m/s^2 e Tensão no fio = 4,5 N

d) Aceleração do sistema = 4,2 m/s^2 e Tensão no fio = 17,1 N

e) Aceleração do sistema = 3,23 m/s^2 e Tensão no fio = 16,9 N

35. Um bloco 1, de massa $10kg$, está apoiado sobre a face plana de um prisma 2, que desce por uma rampa fixa ao solo, como mostra a figura, sem que 1 escorregue sobre o 2. O atrito da primas 2 com o plano inclinado é desprezado. Sendo $\sin\alpha = 0{,}6$ e $\cos\alpha = 0{,}8$, adotando a gravidade como $g = 10\,m/s^2$. determine a força normal e a força de atrito exercidas sobre o bloco 1.



a) Força normal = -64 e Força de atrito = 48 N

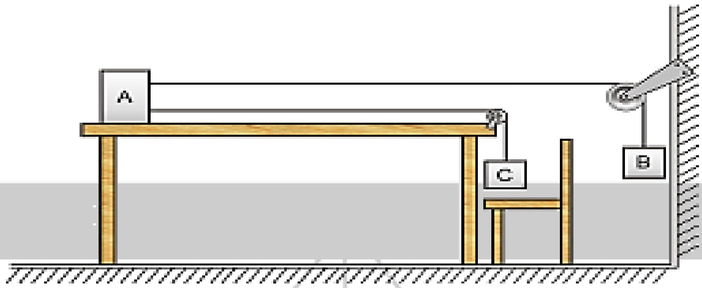
b) Força normal = 64 e Força de atrito = 48 N

c) Força normal = 62 e Força de atrito = 15,2 N

d) Força normal = -62 e Força de atrito = 15,2 N

e) Força normal = 59N e Força de atrito = 39,2 N

36. (AFA-2020/ADAPTADA) O sistema ilustrado na figura abaixo é composto de três blocos, A, B e C, de dimensões desprezíveis e de mesma massa, duas roldanas e dois fios, todos ideais.



Quando o sistema é abandonado, a partir da configuração indicada na figura, o bloco A passa, então, a deslizar sobre o plano horizontal da mesa, enquanto os blocos B e C descem verticalmente e a tração estabelecida no fio que liga os blocos A e B vale T_b. Em determinado instante, o bloco C se apoia sobre uma cadeira, enquanto B continua descendo e puxando A, agora através de uma tração T'_b. Desprezando quaisquer resistências durante o movimento dos blocos, pode-se afirmar que a razão T'_b / T_b vale:

a) 1/3

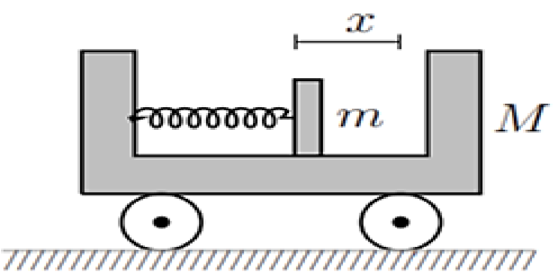
b) 1

c) 3/2

d) 2

e) 2/3

37. (ITA-2012) No interior de um carrinho de massa M mantido em repouso, uma mola de constante elástica k encontra-se comprimida de uma distância x, tendo uma extremidade presa e a outra conectada a um bloco de massa m, conforme a figura.



Sendo o sistema então abandonado e considerando que não há atrito, pode-se afirmar que o valor inicial da aceleração do bloco relativa ao carrinho é:

a) kx/m

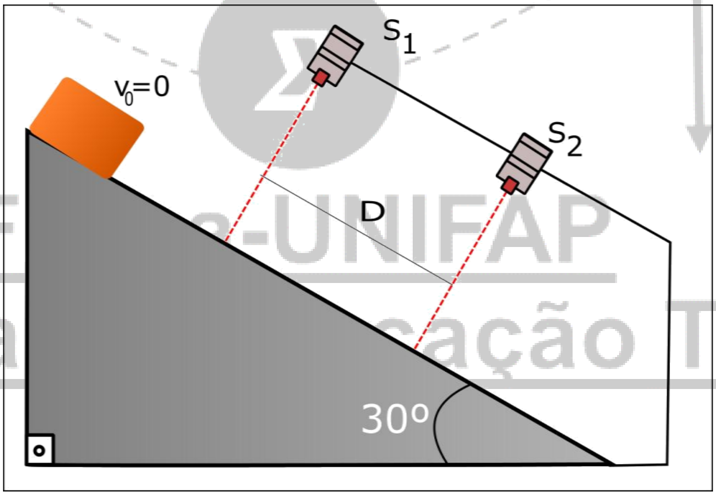
b) kx/M

c) kx/(m + M)

d) kx(M - m)/mM

e) kx(M + m)/Mm

38. (OBF-2017/ADAPTADA) A figura abaixo mostra um bloco abandonado do topo de um plano de inclinação de 30°, deslizando sem atrito até a base. Ao longo da queda existem dois sensores S_1 e S_2, que são acionados no exato momento em que o corpo é abandonado, registrando o instante em que o bloco passa sob a vertical do apoio que contém os sensores. Sabe-se que no início do movimento do bloco os sensores tinham indicação nula e que após o movimento do bloco o sensor S_1 registrou 1s e o sensor S_2 registrou 3s. Determine a distância D, em metros, entre os sensores.



a) 17,5

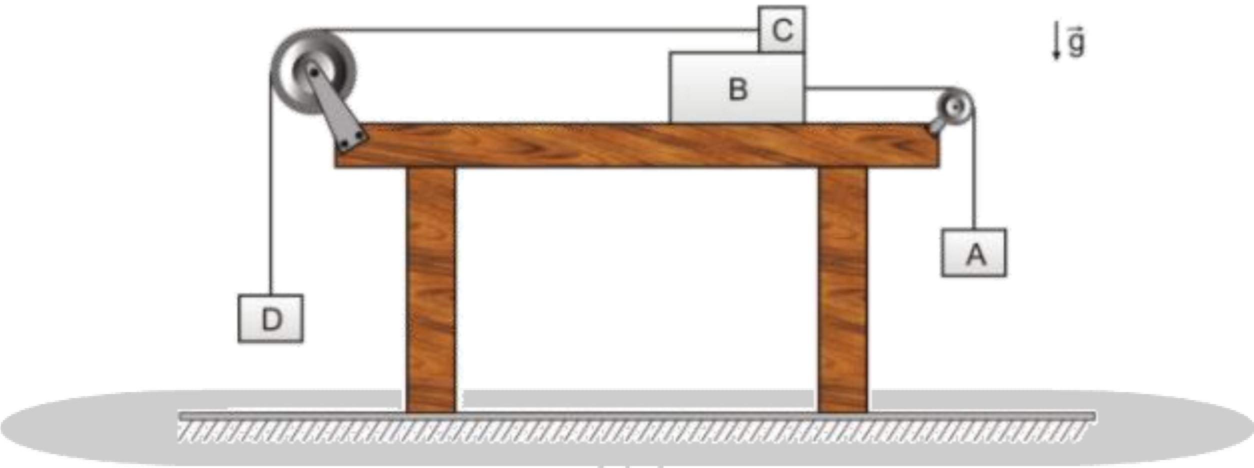
b) 20

c) 22,5

d) 25

e) 27,5

39. (AFA -2019 /ADAPTADA) A figura a seguir, em que as polias e os fios são ideais, ilustra uma montagem realizada num local onde a aceleração da gravidade é constante e igual a g, a resistência do ar e as dimensões dos blocos A, B, C e D são desprezíveis.



O bloco B desliza com atrito sobre a superfície de uma mesa plana e horizontal, e o bloco A desce verticalmente com aceleração constante de módulo a. O bloco C desliza com atrito sobre o bloco B, e o bloco D desce verticalmente com aceleração constante de módulo 2a. As massas dos blocos A, B e D são iguais, e a massa do bloco C é o triplo da massa do bloco A. Nessas condições, o coeficiente de atrito cinético, que é o mesmo para todas as superfícies em contato, pode ser expresso pela razão

a) a/g

b) g/a

c) 2g/3a

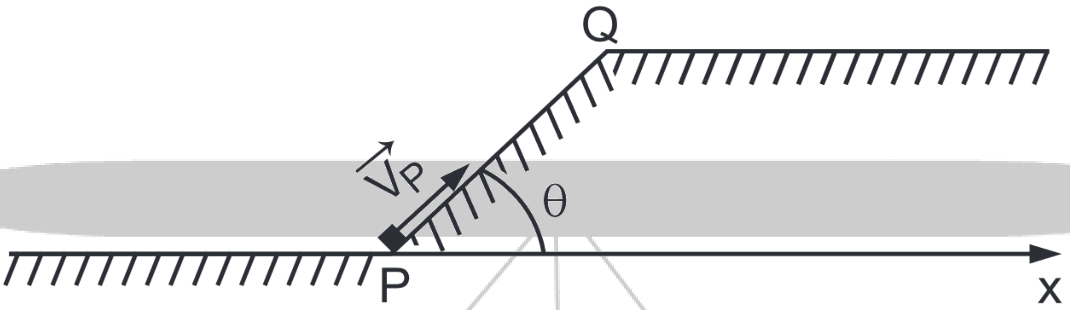
d) 3a/2g

e) 3a/g

40. (ITA-2007) A partir do nível P, com velocidade inicial de 5 m/s, um corpo sobe a superfície de um plano inclinado PQ de 0,8 m de comprimento. Sabe-se que o coeficiente de atrito cinético entre o plano e o corpo é igual a 1/3. Considere a aceleração da gravidade g =10 m/s^2, sen(θ) = 0,8, cos(θ) = 0,6 e que o ar não oferece resistência. O tempo mínimo de percurso do corpo para que se torne nulo a componente vertical de sua velocidade é

a) 0,20 s

b) 0,24 s



c) 0,40 s

d) 0,44 s

e) 0,48 s

QUESTÕES – GRAVIDADE EM SISTEMAS ACELERADOS

41. Dentro de um foguete se encontre um bloco de massa $M = 10\ kg$ pendurado em um dinamômetro. Ao decolar, o foguete tem uma aceleração $a = 4{,}2\ m\ /\ s^2$. Determine qual será a intensidade da força que o dinamômetro apontará no momento da decolagem. ($g = 9{,}8\ m\ /\ s^2$).

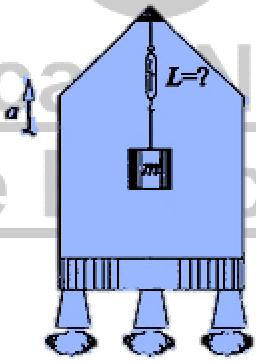
a) 56 N

b) 140 N

c) 130 N

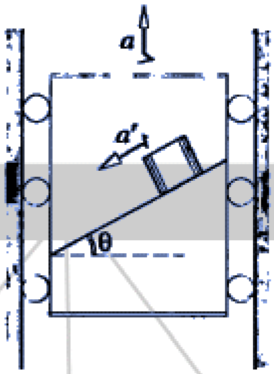
d) 0

e) 175N



42. Um bloco de massa m se encontra em um plano inclinado com inclinação de $\theta = 30^0$ que está em um elevador que sobe com aceleração

$a = 4\,m/s^2$. Calcule a aceleração a'com a qual o bloco desliza no plano inclinado. ($g = {}^{10\,m}/_{s^2}$).



a) ${}^{10\text{ m}}/_{s^2}$

b) ${}^{6\text{ m}}/_{s^2}$

c) ${}^{7\text{ m}}/_{s^2}$

d) ${}^{50\text{ m}}/_{s^2}$

e) ${}^{17\text{ m}}/_{s^2}$

43. O corpo A representado na figura tem massa igual a $4\,kg$ e está pendurado, por uma corda, ao teto de um elevador que sobe em movimento retardado com aceleração de módulo ${}^{1{,}0\,m}/_{s^2}$. Pode-se afirmar que a tração da corda é:

a) 40 N

b) 36 N

c) 44 N

d) ZERO

e) 42 N

44. Uma carga está pendurada no gancho de um dinamômetro de massa desprezível que está presa no teto de um vagão que tem aceleração $a = {}^{24\,m}/_{s^2}$. Determine o valor da marcação do dinamômetro.

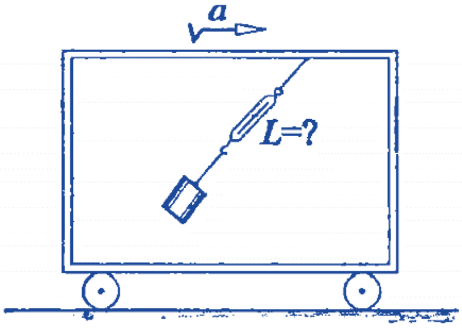
a) 260 N

b) 45 N

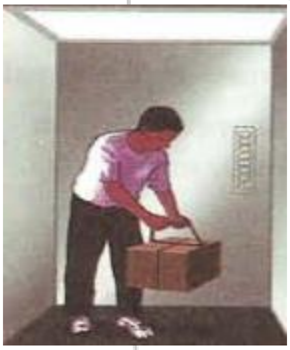
c) 100 N

d) 75 N

e) 300 N



45. **(UFMG)** Uma pessoa entra num elevador carregando uma caixa pendurada por um barbante frágil, como mostra a figura. O elevador sai do sexto andar e para no térreo. É correto afirmar que o barbante poderá arrebentar:



a) No momento em que o elevador entrar em movimento, no sexto andar.

b) No momento em que o elevador parar no térreo.

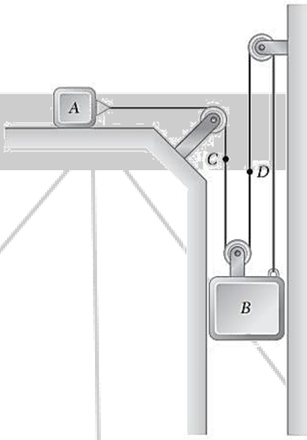
c) Quando o elevador estiver em movimento, entre o quinto e o segundo andar.

d) Somente numa situação em que o elevador estiver subindo

e) Somente quando o elevador estiver em queda livre.

QUESTÕES – MOVIMENTOS DEPENDENTES

46. (BEER-2012/ADAPTADA) O bloco deslizante A move para a esquerda com a velocidade constante de 6 m/s. Qual a velocidade relativa da porção C do cabo em relação a porção D?



a) – 1 m/s

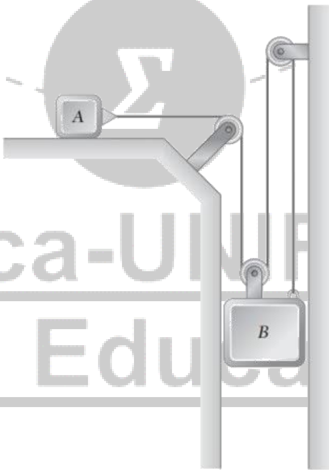
b) 2 m/s

c) – 4 m/s

d) 6 m/s

e) – 8 m/s

47. (BEER-2012/ADAPTADA) O bloco B parte do repouso e se movimenta com uma aceleração constante. Sabendo que depois do bloco deslizante A ter se deslocado 400 mm, sua velocidade é 4 m/s. Qual a velocidade do bloco B?



a) – 4 m/s²

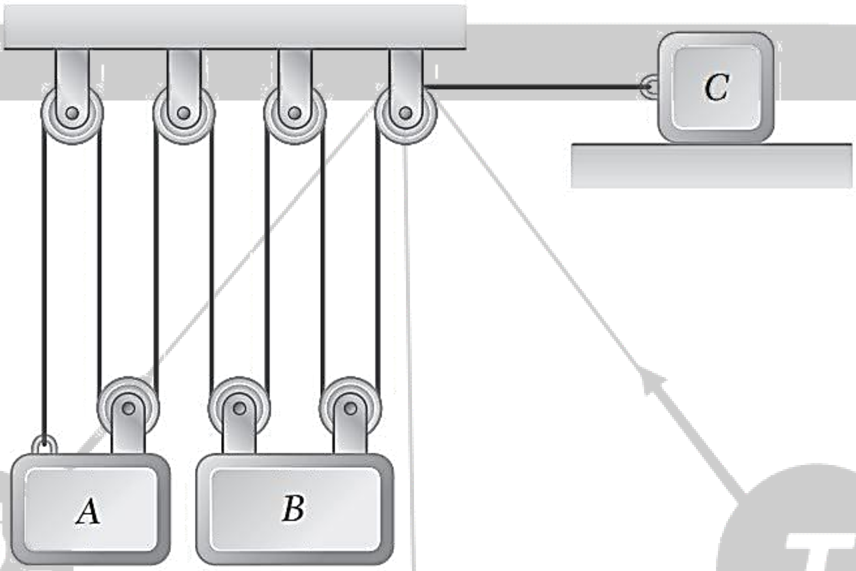
b) 6,67 m/s²

c) – 6,67 m/s²

d) 20 m/s²

e) – 20 m/s²

48. (BEER-2012/ADAPTADA) O bloco B se movimenta para baixo com velocidade constante de 20 mm/s. Em t 0, o bloco A é movimentado para cima com aceleração constante e sua velocidade é 30 mm/s. Sabendo que em t = 3 s o bloco deslizante C teria se movimentado 57 mm para a direita, qual a variação da posição do bloco A após 5 s.



a) – 175 mm

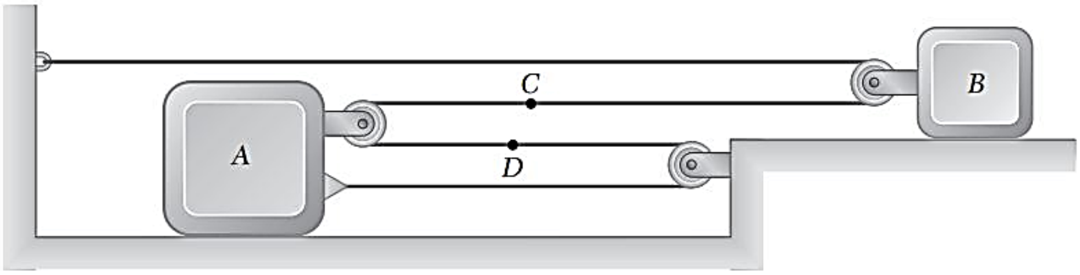
b) 107 mm

c) 150 mm

d) 100 mm

e) – 207 mm

49. (BEER-2012/ADAPTADA) No instante mostrado na figura, o bloco deslizante B está se movendo para a direita com uma aceleração constante e sua velocidade é 150 mm/s. Sabendo que depois que o bloco deslizante A moveu 240 mm para a direita, sua velocidade é de 60 mm/s, qual a velocidade e a variação de posição do bloco deslizante B depois de 4 s, respectivamente?



a) 60 mm/s e 480 mm

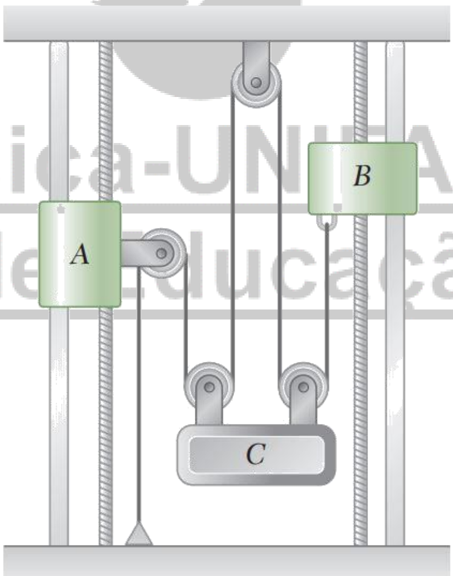
b) 70 mm/s e 600 mm

c) 60 mm/s e 100 mm

d) 70 mm/s e 440 mm

e) 20 mm/s e 480 mm

50. (BEER/2012/ADAPTADA) O colar A parte do repouso em t 0 e se movimenta para baixo com uma aceleração constante de 140 mm/s². O colar B se movimenta para cima com uma aceleração constante e sua velocidade inicial é de 160 mm/s. Sabendo que o colar B percorre 400 mm entre t 0 e t 2 s, qual o instante em que a velocidade do bloco C é igual a zero?



a) 0,500 s

b) 0,667 s

c) 0,750 s

d) 1,000 s

e) 1,333 s

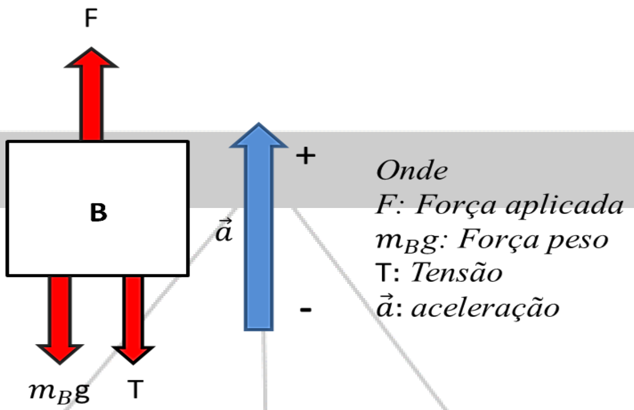
GABARITO

1	c	**11**	b	**21**	c	**31**	a	**41**	b
2	b	**12**	c	**22**	b	**32**	e	**42**	c
3	c	**13**	c	**23**	e	**33**	c	**43**	b
4	a	**14**	a	**24**	d	**34**	d	**44**	a
5	d	**15**	a	**25**	b	**35**	b	**45**	b
6	c	**16**	b	**26**	a	**36**	c	**46**	e
7	b	**17**	e	**27**	b	**37**	e	**47**	b
8	c	**18**	b	**28**	c	**38**	b	**48**	a
9	e	**19**	d	**29**	d	**39**	d	**49**	d
10	d	**20**	d	**30**	e	**40**	d	**50**	b

SOLUÇÕES – SISTEMA DE REFERÊNCIAL INERCIAL

1. Para essa questão para achar a tensão, primeiro temos que achar a aceleração, pois não está sendo dado. Vamos primeiro fazer o Diagrama de corpo livre nos blocos e depois aplicar a 2º Lei de Newton.

Fazendo o D.C.L. no bloco B



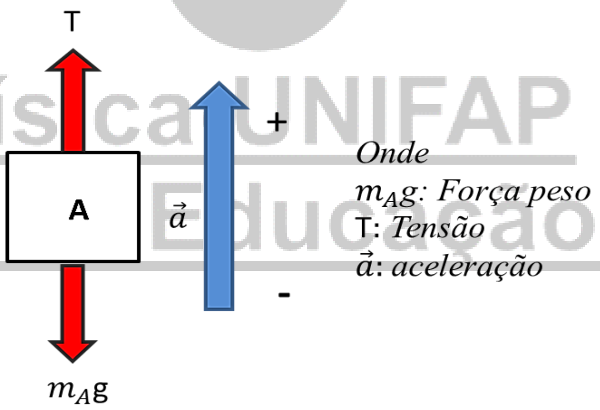
Como na questão o bloco está sendo elevado, as forças que estiverem para cima serão positivas e as forças atuando para baixo serão negativas.

Aplicando a 2º Lei de Newton

$$F_R = m\,.\,a$$

$$F - T - m_B g = m_B\,.\,a \;...(1)$$

Fazendo o D.C.L. no bloco A



Com a mesma condição feita no bloco B, onde as forças que estão atuando para cima serão positivas e para baixo serão negativas.

Aplicando a 2º Lei de Newton

$$F_R = m \, . \, a$$

$$T - m_A g = m_A \, . \, a \text{ ...(2)}$$

Fazendo um sistema com (1) e (2):

$$\begin{cases} F - T - m_B g = m_B \, . \, a \\ T - m_A g = m_A \, . \, a \end{cases}$$

$$F - m_B g - m_A g = (m_B + m_A)a$$

Substituindo pelos valores dados na questão.

$$210 - 5 \, . \, 10 - 7 \, . \, 10 = (5 + 7)a$$

$$210 - 50 - 70 = 12a$$

$$210 - 120 = 12a$$

$$12a = 90$$

$$a = \frac{90}{12}$$

$$a = 7{,}5 \; m/s^2$$

Achado a aceleração, agora iremos encontrar a tensão. Utilizando as equações (1) ou (2) achadas ao aplicarmos a 2º Lei de Newton para encontrar a tensão.

1º fazendo pela equação (1)

$$F - T - m_B g = m_B \, . \, a$$

$$210 - T - 7 \, . \, 10 = 7 \, . \, 7{,}5$$

$$-T + 140 = 52{,}5$$

$$140 - 52{,}5 = T$$

$$T = 87{,}5N$$

2º fazendo pela equação (2)

$$T - m_A g = m_A \, . \, a$$

$$T - 5 \, . \, 10 = 5 \, . \, 7{,}5$$

$$T - 50 = 37{,}5$$

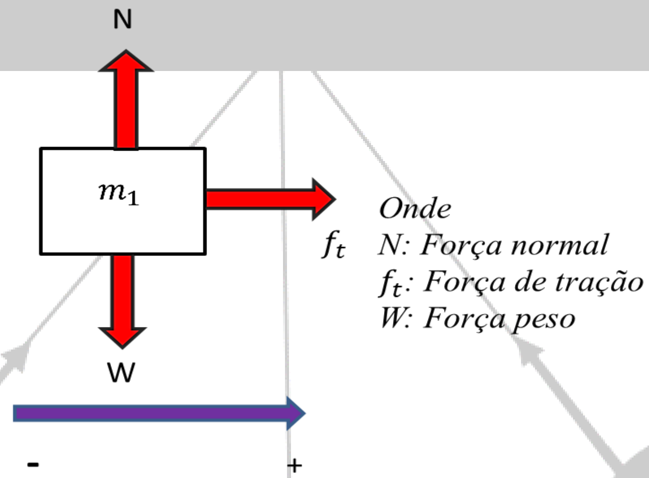
$$T = 37{,}5 + 50$$

$$\boldsymbol{T = 87,5N}$$

Resposta: letra c.

2. Para resolver a questão, temos que achar a aceleração, então primeiro vamos aplicar o D.C.L nos blocos.

Fazendo o digrama de corpo livre (D.C.L) no bloco m_1



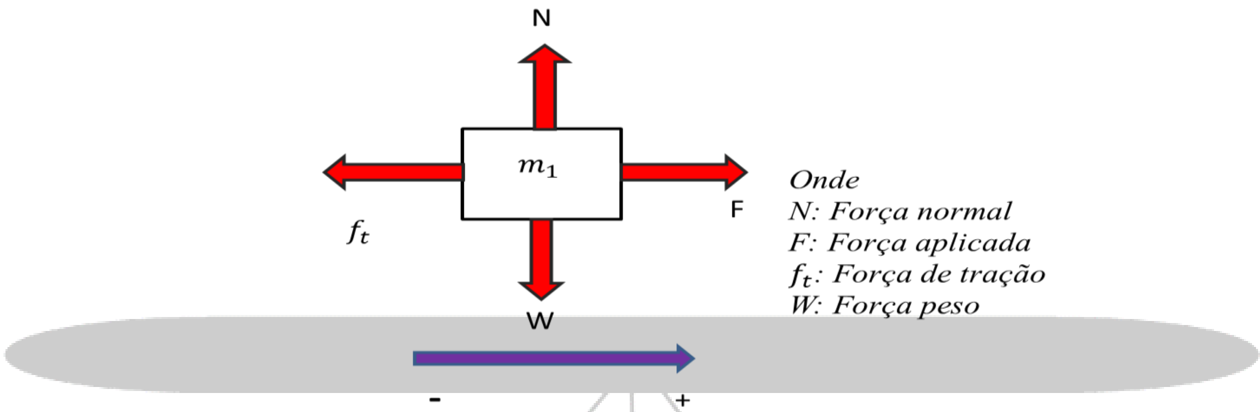
Como os blocos estão se movimentando para o lado direito, temos que as forças atuando para a direita serão positivas e para a esquerda serão negativas. A normal N e força peso W são perpendiculares, então elas se anulam.

Aplicando a 2º lei de Newton no bloco m_1:

$$\sum F = m\,.\,a$$

$$f_t = m_1 . a \;...(1)$$

Fazendo o diagrama de corpo livre (D.C.L) no bloco m_2



Como os blocos estão se movimentando para o lado direito, temos que as forças atuando para a direita serão positivas e para a esquerda serão negativas. A normal N e força peso W são perpendiculares, então elas se anulam.

Aplicando a 2º Lei de Newton no bloco m_2:

$$\sum F = m\,.\,a$$

$$F - f_t = m_2\,.\,a \text{ ...(2)}$$

Fazendo um sistema com (1) e (2)

$$\begin{cases} f_t = m_1 . a \\ F - f_t = m_2\,.\,a \end{cases}$$

$$F = (m_1 + m_2)a$$

$$6 = (3+1).\,a$$

$$6 = 4a$$

$$a = \frac{6}{4}$$

$$a = 1{,}5\ m/s^2$$

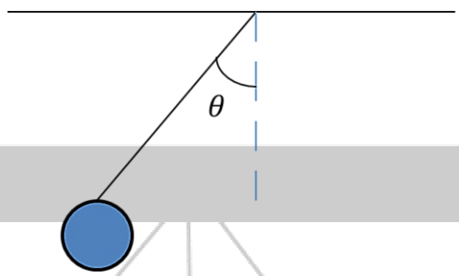
Como a questão pede a força resultante dos blocos, e achada aceleração, aplicando a 2º Lei de Newton nos blocos e substituído os valores, temos:

No bloco 1**=** $\boldsymbol{\sum F = m_1.\vec{a} \rightarrow F = 3\,.\,1{,}5 = 4{,}5N}$

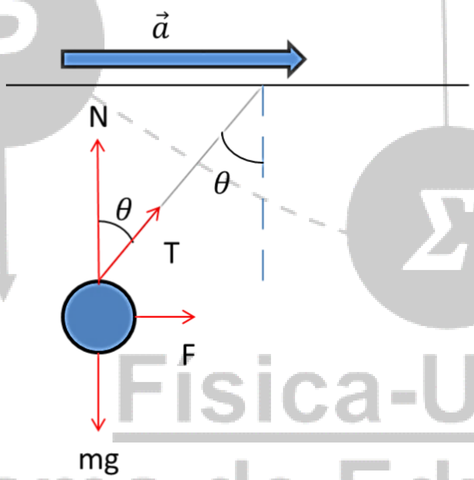
No bloco 2**=** $\boldsymbol{\sum F = m_2.\vec{a} \rightarrow F = 1\,.\,1{,}5 = 1{,}5N}$

Resposta: letra b.

3. A questão pede a relação durante a corrida para a decolagem do avião, quando o avião está na corrida para a decolagem o pêndulo que está no teto fica da seguinte forma:



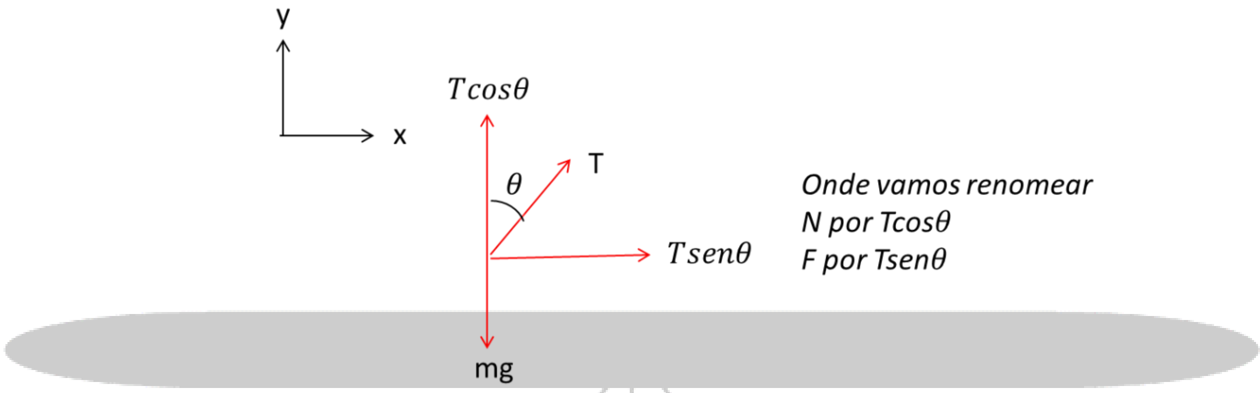
Como podemos perceber no momento da corrida do avião, o pêndulo se movimenta fazendo um ângulo do ponto fixo onde está a ponta do fio até onde o pêndulo se movimentou. Fazendo o diagrama de corpo livre no pêndulo, temos:



Onde:
N: Força Normal
T: Tensão da corda
F: Força aplicada
mg: Força peso do pêndulo
$\vec{a}$: Aceleração
θ: Ângulo da extensão do fio fixo no teto ao pêndulo

Obs: *O ângulo que está na extensão do fio do pêndulo é a mesma que se encontra entre a N (normal) e a T (tensão).*

Para ficar mais fácil de analisar como as forças estão atuando no pêndulo, vamos traçar um referencial inercial x, y.



Primeiro vamos analisar as forças atuantes no referencial inercial y

$Tcos\theta - mg = m.a$ (como não tem aceleração em y, se iguala a zero)

$$Tcos\theta = mg$$

$$\frac{m}{T} = \frac{cos\theta}{g} \text{ ...(1)}$$

Agora analisando as forças atuantes no referencial inercial x

$$Tsen\theta = m.a$$

$$\frac{m}{T} = \frac{sen\theta}{\vec{a}} \text{ ...(2)}$$

Igualando os resultados encontrados (2) e (3).

$$\frac{cos\theta}{g} = \frac{sen\theta}{a}$$

$$a\,.\frac{cos\theta}{g} = sen\theta$$

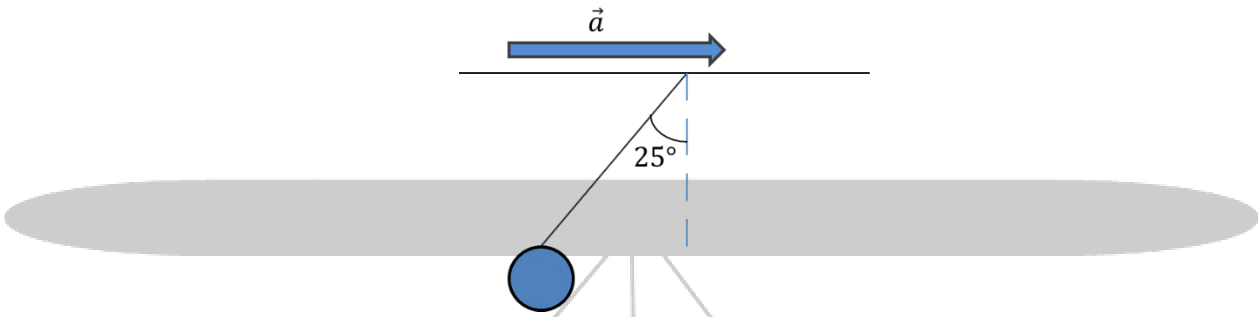
$$a\,.cos\theta = sen\theta.g$$

$$a = \frac{sen\theta}{cos\theta}.g$$

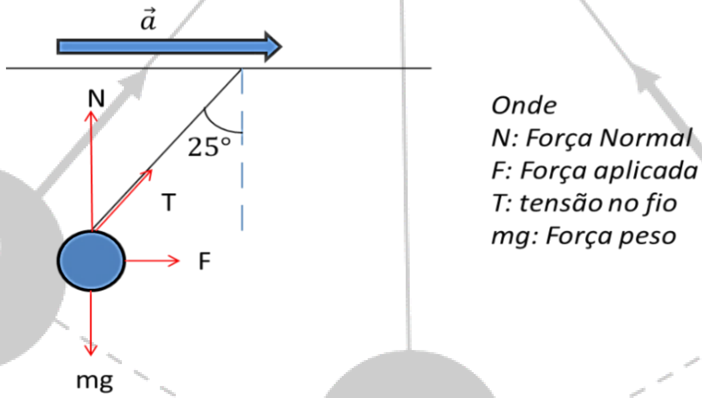
$$\boldsymbol{a = g.tg\theta}$$

Resposta: letra c.

4. Para resolver a questão, primeiro devemos analisar para qual direção o avião está indo, pois o pêndulo se moverá para o lado oposto, como na imagem abaixo.



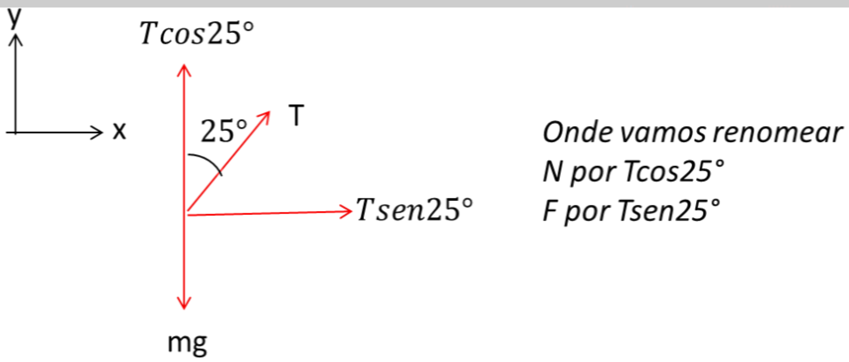
Agora iremos fazer o diagrama de corpo livre (D.C.L.) no pêndulo quando o



avião está se movimentando.

Para ficar mais fácil de analisar como as forças estão atuando no pêndulo vamos traçar um referencial inercial x, y.

Analisando as forças atuando no referencial inercial y



$Tcos25° - mg = m.a$ (como não tem aceleração em y, se iguala a 0)

$$Tcos25° = mg$$

$$\frac{m}{T} = \frac{cos25°}{g} \quad ...(1)$$

Analisando as forças atuando no referencial inercial x

$$Tsen25° = m.a$$

$$\frac{m}{T} = \frac{sen25°}{a} \quad ...(2)$$

Igualando (1) e (2).

$$\frac{cos25°}{g} = \frac{sen25°}{a}$$

$$a\,.\frac{cos25°}{g} = sen25°$$

$$a\,.cos25° = sen25°.g$$

$$a = \frac{sen25°}{cos25°}.g$$

$$a = 10.tg25°$$

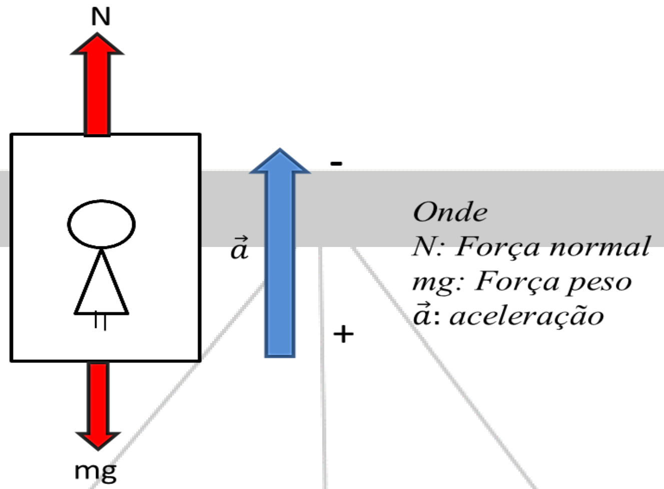
$$a = 0{,}47.10$$

$$\mathbf{a = 4,7m/s^2}$$

Resposta: letra a.

5. Já percebeu que quando estamos no elevador o nosso peso parece variar? Isso acontece porque a Força Normal (N) do elevador irá mudar com o movimento de descer e subir.

A questão retrata essa mesma situação que vivemos no cotidiano. Para analisar a primeira situação, do qual é o momento que o elevador está subindo, vamos fazer o Diagrama de Corpo Livre (D.C.L.) no elevador.



Como a própria questão está dando que a aceleração é para cima na subida então vamos adotar a seguinte condição: quando o elevador sobe, as forças que estiverem para cima são positivas, e para baixo serão negativas.

Aplicando a 2º Lei de Newton

$$\sum F = m.a$$

$$N - mg = m.a$$

Substituindo pelos valores dados na questão

$$N - 50.10 = 50.2$$

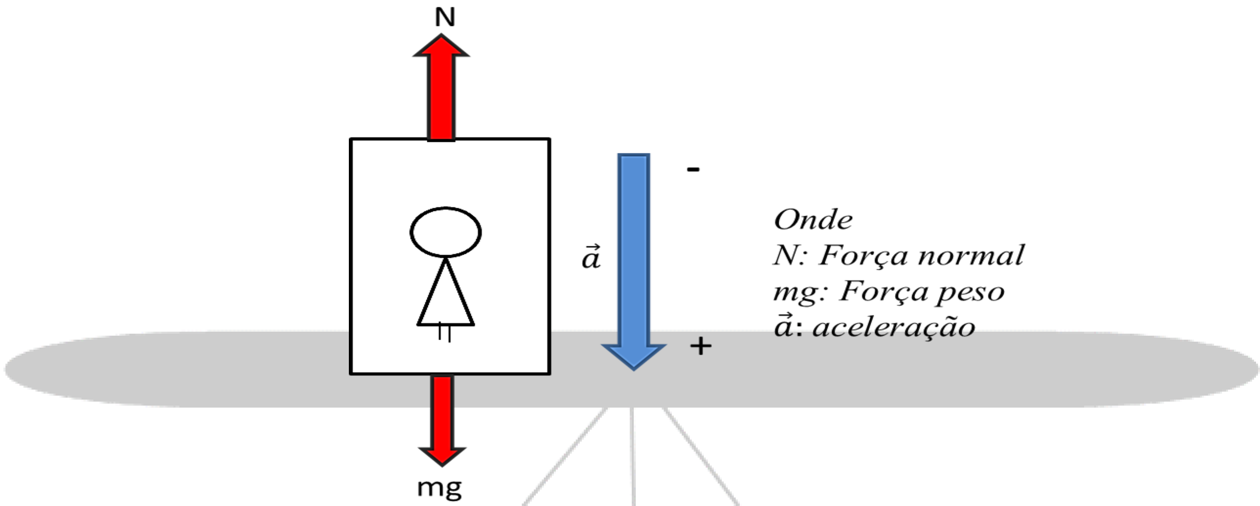
$$N = 500 + 100$$

$$N = 600N$$

600N é o peso aparente da garota quando o elevador está subindo

Agora para analisar a segunda condição, que é quando o elevador está descendo, vamos fazer o Diagrama de Corpo Livre (D.C.L.) no elevador

A condição dada na questão que quando o elevador desce a aceleração está



para baixo, então adotaremos que: quando o elevador desce, as forças atuantes para baixo serão positivas e para cima negativa.

Aplicando a 2º Lei de Newton

$$\sum F = m.a$$

$$-N + mg = m.a$$

Substituindo pelos valores dados na questão

$$-N + 50.10 = 5.2$$

$$-N = 100 - 500$$

$$N = 400N$$

400 N é o peso aparente da garota quando o elevador desce.

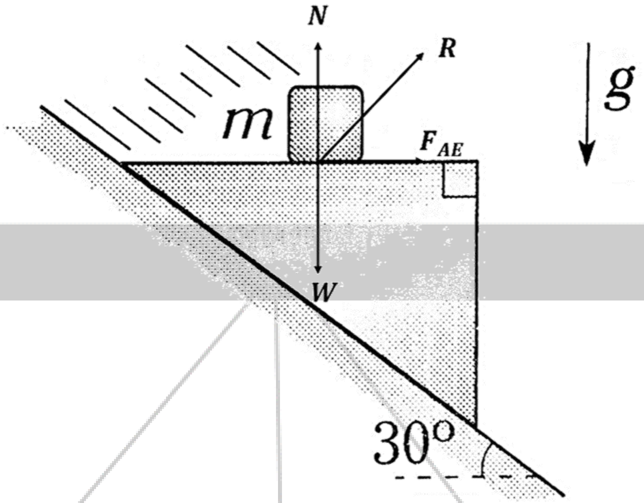
Percebe-se que o peso aparente da garota quando o elevador está descendo é menor de quando o elevador está subindo, isso acontece porque quando o elevador está subindo a força Normal é maior, e quando descendo ela é menor.

Como a questão pede para fazer a diferença das forças aparentes encontras, iremos subtraí-las.

$$\boldsymbol{N_{subindo} - N_{descendo} = 200N}$$

Resposta: letra d.

6. Demosntrando as forças atuantes no sistema.

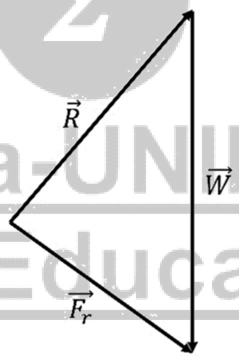


Para um observado inercial o bloco de massa m se move com a mesma aceleração da cunha

Aplicando 2ª lei de Newton.

$$\vec{F_r} = \vec{N} + \overrightarrow{F_{AE}} + \vec{W}$$

A reação $\vec{R}$ é a soma dos vetores $\vec{N} + \overrightarrow{F_{AE}}$



Portanto, temos:

$$\vec{F_r} = \vec{R} + \vec{W}$$

Para um sistema com 3 forças podemos fechar um triângulo, onde o ângulo entre $\vec{R}$ e $\vec{W}$ é de 30° e entre $\vec{F_r}$ e $\vec{R}$ é de 90°. Usamos então a lei dos senos

$$\frac{W}{\sin 90°} = \frac{R}{\sin 60°}$$

$$\frac{W}{1} = \frac{R}{\sqrt{3}/2}$$

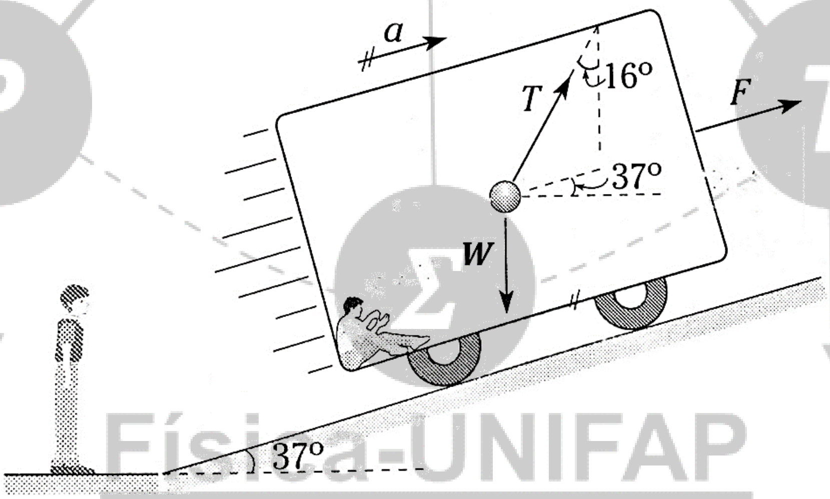
$$R = mg\frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$R = 20.10.\frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\boldsymbol{R = 100\sqrt{3}\,N}$$

Resposta: letra c.

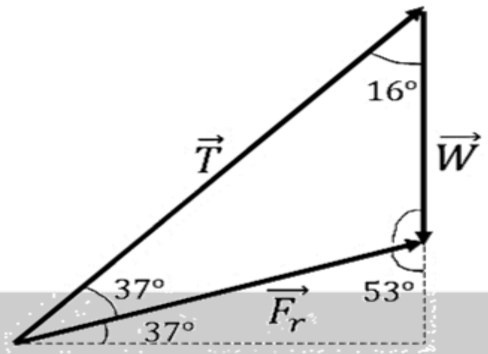
7. Desenhando a composição de forças no sistema, para um referencial inercial



Aplicando a segunda lei de Newtom, temos:

$$\vec{F_r} = \vec{T} + \vec{W}$$

Contruindo um triângulo de forças, temos:



Usando a lei dos senos:

$$\frac{F_r}{\sin 16°} = \frac{W}{\sin 37°}$$

$$\sin 16° = \sin(53° - 37°) = \sin 53° \cos 37° - \cos 53° \sin 37°$$

$$\sin 16° = \frac{4}{5}.\frac{4}{5} - \frac{3}{5}.\frac{3}{5}$$

$$\sin 16° = \frac{7}{25}$$

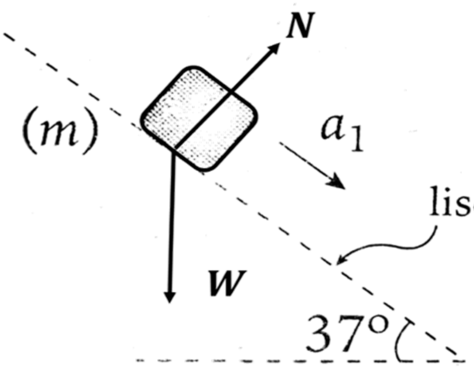
$$ma = \frac{7}{25}.\frac{5}{3}m.10$$

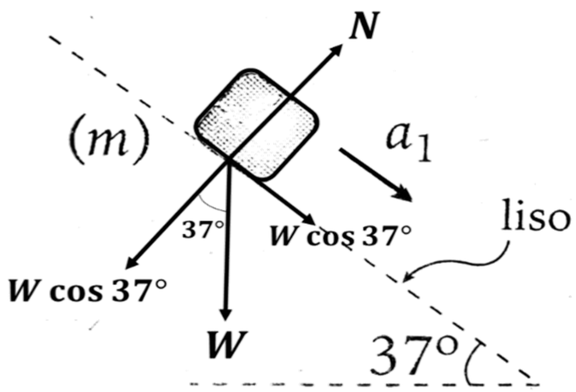
$$\boldsymbol{a = \frac{14}{3} m/s^2}$$

Resposta: letra b.

8. Analisando separadamente cada corpo, temos:

O diagrama de corpo livre para o bloco de massa m.





Aplicando a segunda lei de Newton, para as forças paralelas ao plano inclinado:

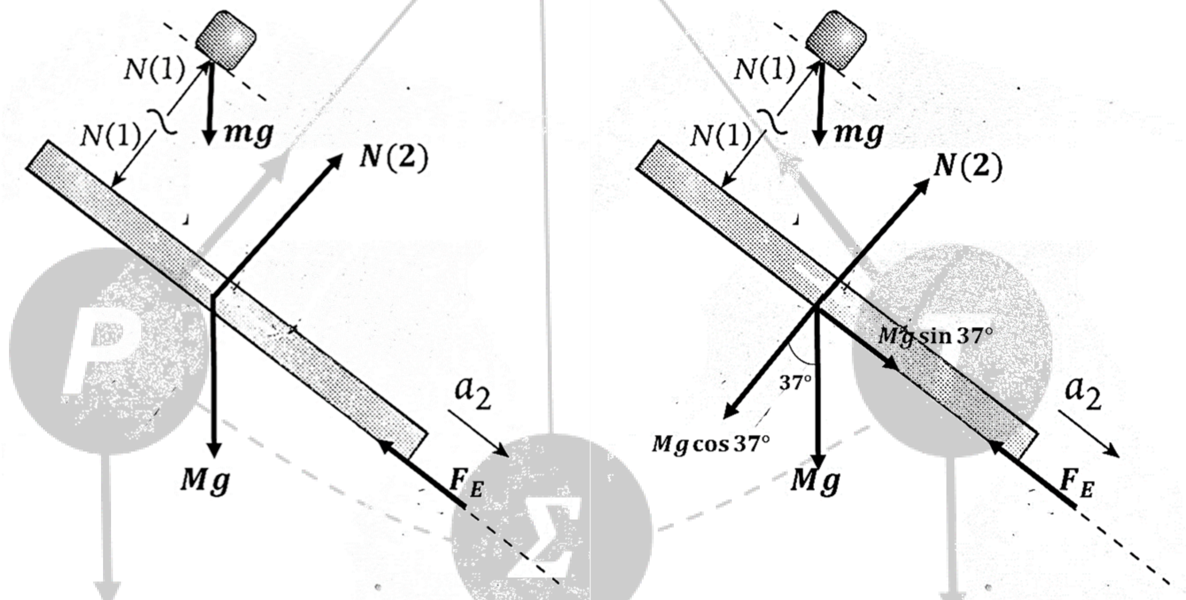
$$F_r = ma_1 = mg \sin 37°$$

$$a_1 = gsen37°$$

$$a_1 = 10.\left(\frac{3}{5}\right)$$

$$a_1 = 6\ m/s^2$$

A decomposição de forçar para a tábua:



A composição de forças na direção perpendicular ao plano inclinado:

$$N_{(2)} = N_{(1)} + Mg \cos 37°$$

$$N_{(2)} = m.10.\left(\frac{4}{5}\right) + M.10.\left(\frac{4}{5}\right)$$

$$N_{(2)} = 8M + 8m$$

A segunda lei de Newton para a tábua:

$$F_r = Ma_2 = Mg \sin 37° - F_A$$

$$Ma_2 = Mg \sin 37° - \mu_k N_{(2)}$$

$$Ma_2 = M.10.\left(\frac{3}{5}\right) - \left(\frac{1}{2}\right)(8M + 8m)$$

$$Ma_2 = 6M - 4M - 4m$$

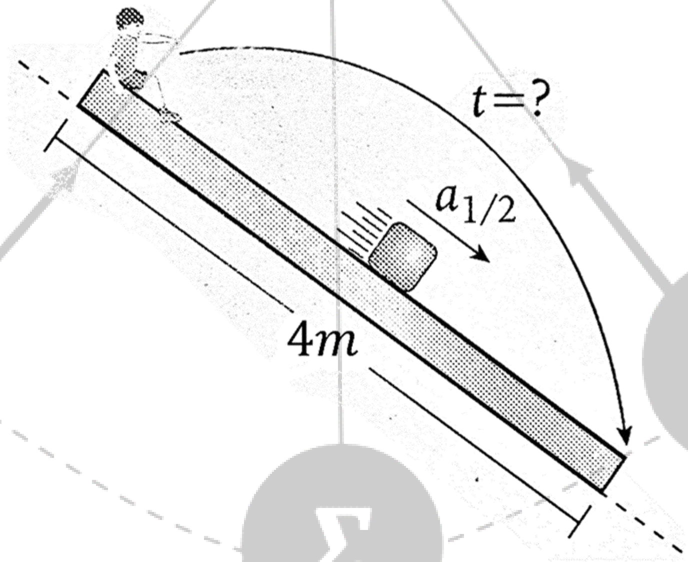
$$Ma_2 = 2M - 4m$$

$$a_2 = 2 - 4\frac{m}{M}$$

Como $M \gg m$:

$$a_2 = 2m/s^2$$

Para um observador na tábua:



A aceleração para o observador na tábua será dada por:

$$a_{1/2} = a_1 - a_2$$

A distância que o bloco percorre sobre a tábua é de 4 metros, usamos a função horária da posição:

$$d = \frac{a_{1/2}t^2}{2}$$

$$d = \frac{(a_1 - a_2)t^2}{2}$$

$$4 = \frac{(6 - 2)t^2}{2}$$

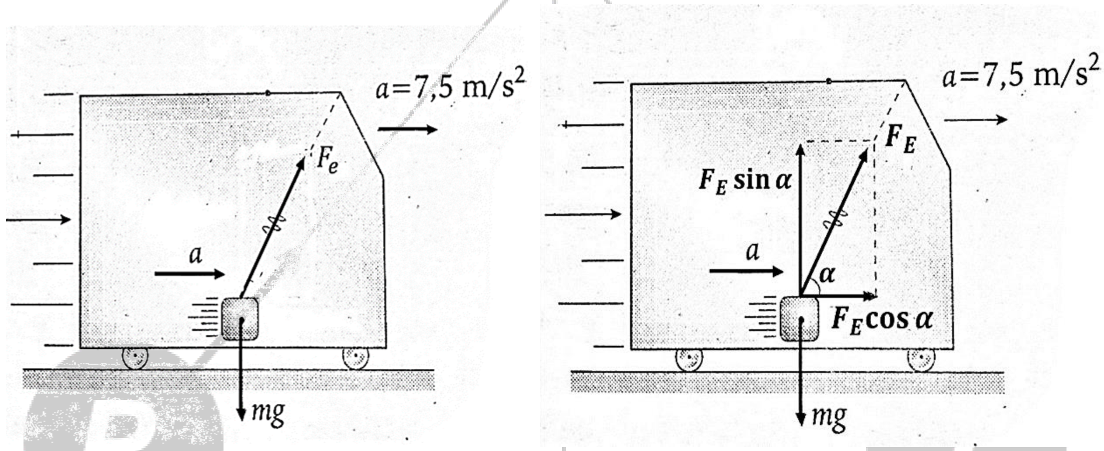
$$4.2 = 4.t^2$$

$$t^2 = 2$$

$$\boldsymbol{t = \sqrt{2}s}$$

Resposta: letra c.

9. Para um observador inercial o vagão está com a mesma aceleração do bloco. Fazendo a decomposição das forças no sistema:



A composição de forças na direção perpendicular a aceleração será:

$$F_e \sin\alpha = mg \text{ ...(1)}$$

Apicando a sengunda lei de Newton no bloco:

$$F_r = ma = F_e \cos\alpha \text{ ...(2)}$$

De (1)/(2):

$$\frac{F_e \sin\alpha}{F_e \cos\alpha} = \frac{mg}{ma}$$

$$\tan\alpha = \frac{g}{a}$$

$$\tan\alpha = \frac{10}{7{,}5}$$

$$\tan\alpha = \frac{4}{3}$$

$$\alpha = 53°$$

Em (1):

$$F_e \sin 53° = mg$$

$$5000x.\frac{4}{5} = (1).10$$

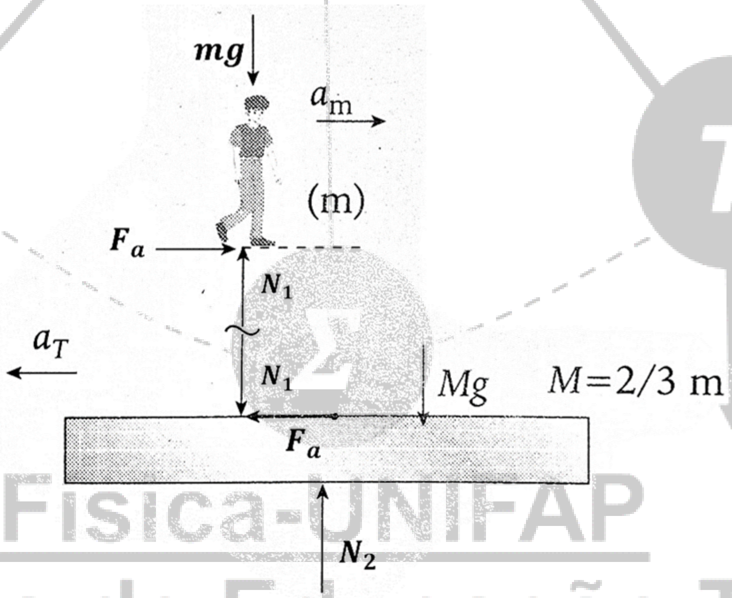
$$4000x = 10$$

$$x = \frac{10}{4000} = \frac{1}{400}$$

$$\boldsymbol{x = 0,25\ cm}$$

Resposta: letra e.

10. Temos a seguinte composição de forças no sistema:



Onde,

$a_m \equiv aceleração\ do\ menino$

$a_t \equiv aceleração\ da\ tábua$

Aplicando a segunda lei de Newton sobre o garoto:

$$F_r = F_a = ma_m \ ...(1)$$

Aplicando a segunda lei de Newton sobre a tábua:

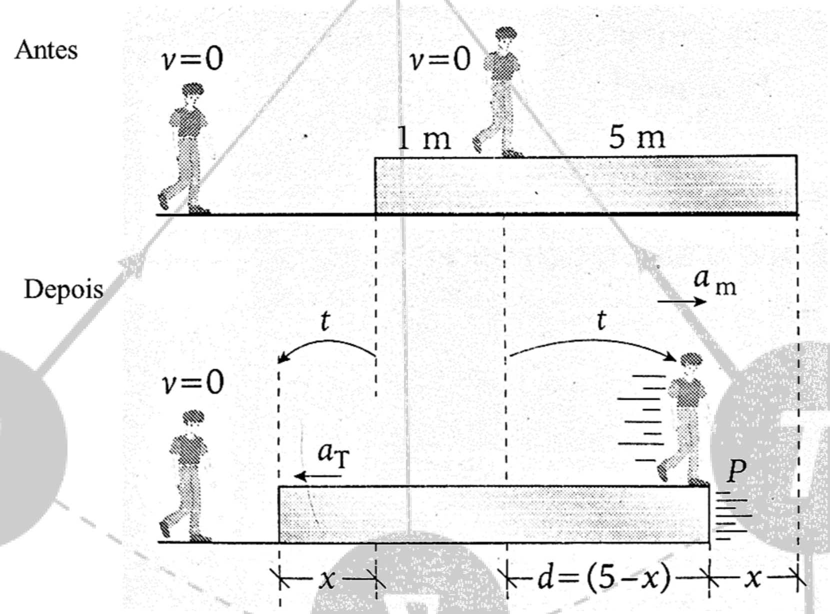
$$F_{r2} = Ma_t = \left(\frac{2}{3}\right) ma_t = F_a \text{ ...(2)}$$

Temos que (1) = (2):

$$ma_m = \left(\frac{2}{3}\right) ma_t$$

$$\frac{a_t}{a_m} = \frac{3}{2} \text{ ...(3)}$$

Após o menino fazer todo percurso teremos o seguinte:



A função horária da posição para a tábua:

$$x = a_t \frac{t^2}{2} \text{ ...(4)}$$

A função horária da posição para o garoto (referente ao observador fora da tábua):

$$5 - x = a_g \frac{t^2}{2} \text{ ...(5)}$$

De (4)/(5):

$$\frac{x}{5-x} = \frac{a_t \frac{t^2}{2}}{a_g \frac{t^2}{2}}$$

$$\frac{x}{5-x} = \frac{a_t}{a_t} \text{ ...(6)}$$

Temos que (6) = (3), logo:

$$\frac{x}{5-x} = \frac{3}{2}$$

$$2x = 15 - 3x$$

$$5x = 15$$

$$x = 3$$

A distância percorrida pelo garoto referente ao observador fora da tábua será:

$$d = 5 - x$$

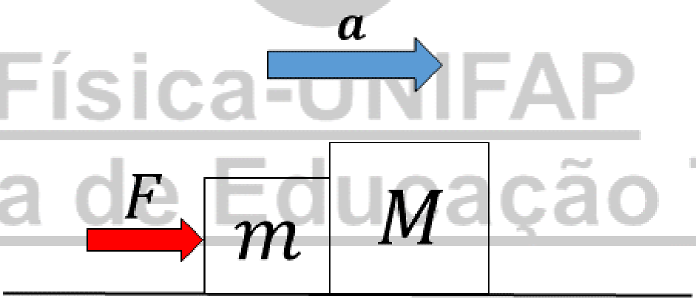
$$d = 5 - 3$$

$$\boldsymbol{d = 2m}$$

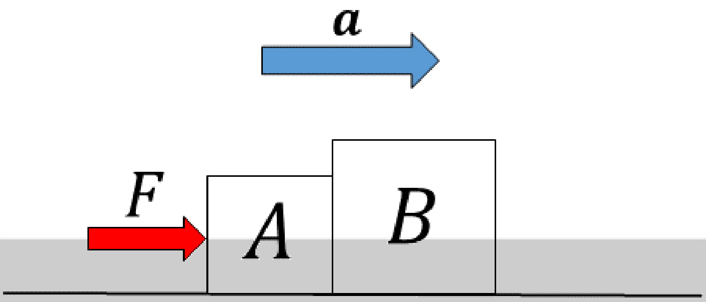
Resposta: letra d.

SOLUÇÕES – SEGUNDA LEI DE NEWTON

11. Primeiro de tudo, iremos ilustrar a situação, para melhor compreensão. Por conveniência, transformaremos os carrinhos em blocos.

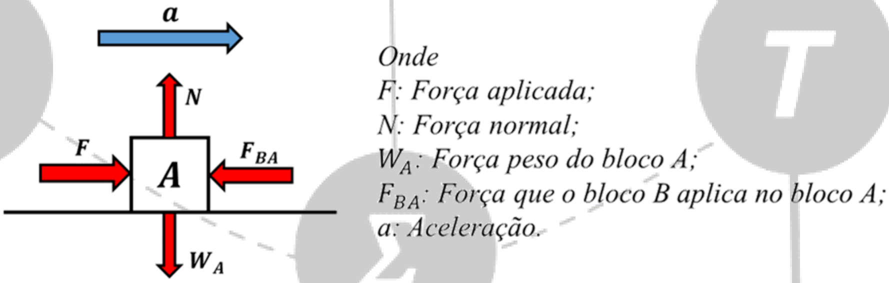


Onde F é a força aplicada pelo garoto e a é a aceleração adquirida pelos blocos. Agora, iremos apenas nomear cada bloco



Faremos agora o Diagrama de Corpo Livre (DCL) em cada bloco e em seguida aplicaremos a 2ª lei de newton em cada um para encontrar a aceleração e assim a força aplicada no segundo carrinho.

DCL no bloco A:



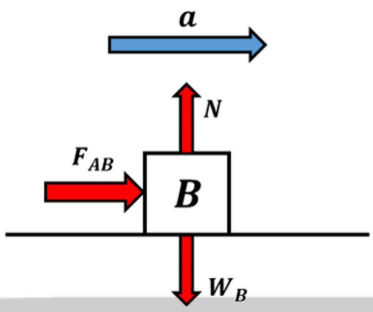
2ª Lei de newton no bloco A:

$$F - F_{BA} + N - W_A = m.a$$

Como $W_A = N_A$, temos

$$F - F_{BA} = m.a \cdots (1)$$

DCL no bloco B:



Onde
F: Força aplicada;
N: Força normal;
W_B: Força peso do bloco B;
F_{AB}: Força que o bloco A aplica no bloco B;
a: Aceleração.

Onde F_{AB} é a força aplicada ao segundo carrinho.

2ª Lei de Newton no bloco B:

$$F_{AB} + N - W_B = M.a$$

Como $W_B = N_B$, temos

$$F_{AB} = M.a \cdots (2)$$

Como queremos saber o valor de F_{AB}, temos que encontrar o valor de a primeiro.

Para isso, iremos relacionar (1) com (2). Somando (1) com (2), temos

$$\begin{cases} F - F_{BA} = m.a \\ F_{AB} = M.a \end{cases}$$

Pela 3ª lei de Newton, $F_{AB} = F_{BA}$, logo

$$F = m.a + M.a$$

Colocando a em evidencia, temos

$$F = (m + M)a$$

Assim, $a = \frac{F}{m+M} \cdots (3)$

Agora, substituímos (3) em (2).

$$F_{AB} = M.a$$

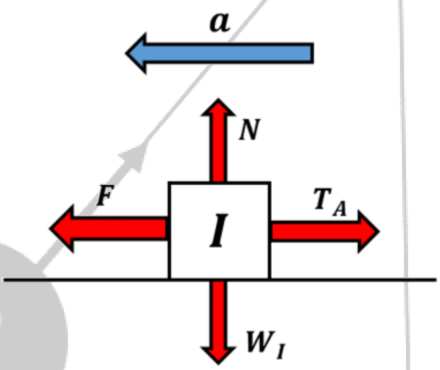
$$F_{AB} = M.\left(\frac{F}{m + M}\right)$$

Resposta: letra b.

12. Primeiro, analisaremos a 1ª situação.

Fazendo o Diagrama de Corpo Livre (DCL) em cada bloco, temos

DCL no bloco I:



Onde
F: Força aplicada;
N: Força normal;
W_I: Força peso do bloco I;
T_A: Tensão A;
a: Aceleração.

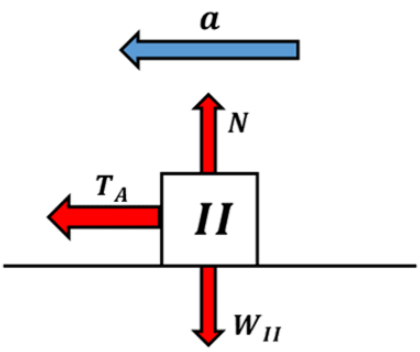
Aplicando a 2ª Lei de Newton no bloco I:

$$F - T_A + N + W_I = m_I . a$$

Como $W_I = N$,

$$F - T_A = m_I . a \cdots (1)$$

DCL no bloco II:



Onde
N: Força normal;
W_{II}: Força peso do bloco II;
T_A: Tensão A;
a: Aceleração.

Aplicando a 2ª Lei de Newton no bloco II:

$$T_A + N + W_{II} = m_{II}.a$$

Como $W_{II} = N$,

$$T_A = m_{II}.a \cdots (2)$$

Somando (1) com (2) para encontrarmos a aceleração a, temos

$$\begin{cases} F - T_A = m_I.a \\ T_A = m_{II}.a \end{cases}$$

$$F = m_I.a + m_{II}.a$$

Colocando a em evidencia

$$F = (m_I + m_{II}).a$$

$$a = \frac{F}{m_I + m_{II}}$$

Substituindo os valores, dado pelo problema, temos que

$$a = \frac{64}{10+6} = \frac{64}{16} = 4m/s^2$$

Como a força F é igual nas duas situações e as massas também permanecem as mesmas, os blocos terão a mesma aceleração.

Substituindo o valor da aceleração em (2), encontraremos a tensão T_A

$$T_A = m_{II}.a = 6.4 = 24N$$

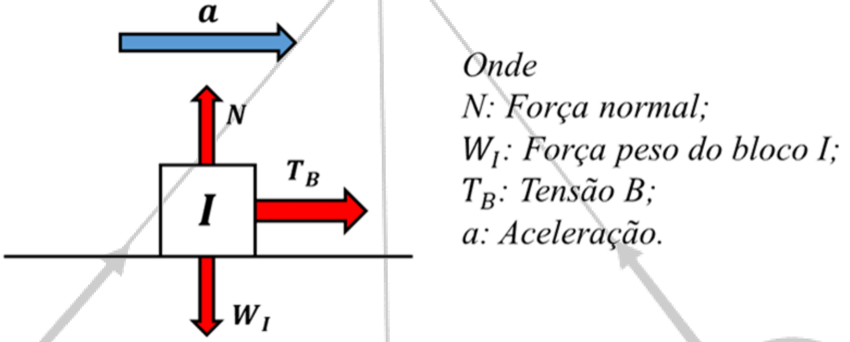
Encontrada a tensão T_A, iremos atrás da tensão T_B.

Como a aceleração será a mesma, iremos analisar somente um bloco na 2ª situação para encontrar a tensão T_B.

2ª situação

Fazendo os mesmos passos, temos

DCL do bloco I:



Aplicando a 2 Lei de Newton:

$$T_B + N - W_I = m_I . a$$

Como $W_I = N$

$$T_B = m_I . a$$

Substituindo os valores, temos

$$T_B = 10.4 = 40N$$

O problema nos pede a razão entre as tensões, então

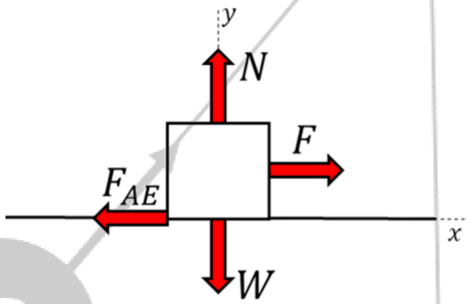
$$\frac{T_A}{T_B} = \frac{24}{40} = \frac{6}{10} = \frac{3}{5}$$

Resposta: letra c.

13. Na situação proposta pelo problema, o corpo está em repouso, logo, sua aceleração é igual a zero ($a = 0$). Assim, considerando a 2º lei de Newton ($F_R = m\,.\,a$), a força resultante também será igual a zero ($F_R = 0$).

Conforme descrito no problema, existe a força F e a força de atrito estático (F_{AE}) atuando no corpo. Além disso, temos ainda a ação da força peso e da força normal.

Na figura abaixo, traçando um referencial inercial xy, apresentamos o Diagrama de Corpo Livre (DCL) do bloco:



Onde
F: Força aplicada;
N: Força normal;
W: Força peso do bloco;
F_{AE}: Força de atrito estático.

Na direção x, enquanto o corpo permanecer em repouso ($F_R = 0$), temos a seguinte situação:

$$F_R = F - F_{AE} = 0 \Rightarrow F = F_{AE}$$

Essa condição será verdadeira até que o valor da força F atinja a intensidade da força de atrito estático máxima, que é quando o objeto estará na iminência do movimento (prestes a se mexer).

Através da fórmula $F_{AE}^{MÁX} = \mu_{AE}.N$, podemos encontrar a força de atrito estático máxima

Pela figura ilustrada acima, notamos que o valor da força normal é igual a intensidade da força peso, visto que o corpo está em repouso na direção y. Temos, então

$$N = W = mg$$

Antes de substituir os valores, devemos transformar o valor da massa para o sistema internacional (S.I), ou seja, 1500 g = 1,5 kg. Assim

N = 1,5. 10 = 15 N

Assim, o valor da $F_{AE}^{MÁX}$ será encontrado fazendo:

$$F_{AE}^{MÁX} = 0{,}4\ .15 = 6N$$

Portanto, a $F_{AE}^{MÁX}$ sobre o corpo será igual a força F até que esta atinja o valor de 6N, quando o corpo estará na eminência de movimento.

O gráfico que representa está situação é o gráfico C.

Resposta: letra c.

14. Analisando o problema, observamos que temos duas incógnitas, a e M, logo, para encontrá-las, precisamos de duas equações. Inicialmente, iremos determinar qual a aceleração necessária para o bloco de massa m percorrer $4{,}5m$ em $3s$.

Como se trata de um movimento retilíneo uniformemente acelerado, como descrito no enunciado, podemos utilizar a fórmula:

$$S = S_o + V_o.t + \frac{a.t^2}{2}$$

Onde $S = 4{,}5m$ e $t = 3s$

Como o bloco parte do repouso, e da origem dos espaços, temos que

$$S_o = 0 \text{ e } V_o = 0$$

Restando, assim

$$S = \frac{a.t^2}{2} \text{ (Nossa 1ª equação)}$$

Substituindo os valores, temos

$$4{,}5 = \frac{a.3^2}{2}$$

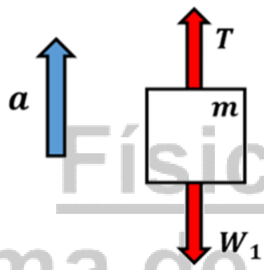
$$2.4{,}5 = a.9$$

$$9 = a.9$$

$$a = \frac{9}{9} = 1m/s^2$$

Tendo encontrado a aceleração do bloco de massa m, podemos ir atrás do valor da massa M. Faremos o diagrama de corpo livre (DCL) em cada bloco e depois aplicaremos a 2ª Lei de Newton em cada um. Em seguida, iremos relacionar as duas equações para nos restar apenas uma, a qual estamos procurando.

DCL no bloco de massa m:



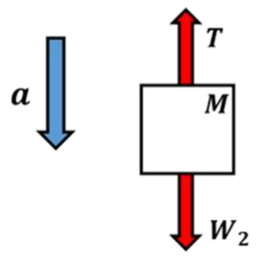
Onde
T: Tração;
W_1: Força peso do bloco de massa m;
a: Aceleração.

Aplicando a 2ª Lei de Newton:

$$T - W_1 = m.a$$

$$T - m.g = m.a \cdots (1)$$

DCL no bloco de massa M:



Onde
T: Tração;
W_2: Força peso do bloco de massa m;
a: Aceleração.

Aplicando a 2ª Lei de Newton no bloco de massa M:

$$W_2 - T = M.a$$

$$M.g - T = M.a \cdots (2)$$

Somando a equação (1) com (2), temos

$$M.g - m.g = M.a + m.a$$

$$M.g - M.a = m.g + m.a$$

$$M(g - a) = m(g + a)$$

Isolando M, que é o que queremos encontrar

$$M = m\left(\frac{g + a}{g - a}\right)$$

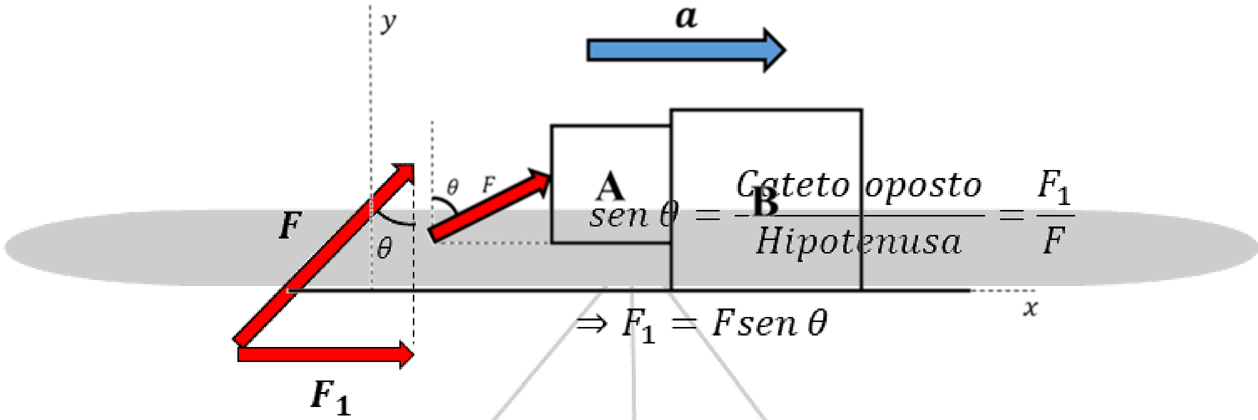
Nossa 2ª equação. Agora substituindo os valores, temos

$$M = 225\left(\frac{10 + 1}{10 - 1}\right) = 225\left(\frac{11}{9}\right)$$

$$\mathbf{M = 275kg.}$$

Resposta: letra a.

15. Primeiro de tudo, traçaremos um referencial inercial xy, como ilustrado na figura abaixo.

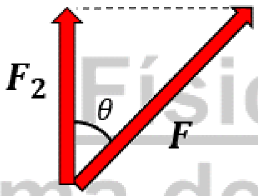


Como a força F não está sobre nenhuma direção de coordenada do referencial traçado, iremos fazer sua decomposição. Assim

$$sen\,\theta = \frac{Cateto\ oposto}{Hipotenusa} = \frac{F_1}{F}$$

$$\Rightarrow F_1 = Fsen\,\theta$$

e

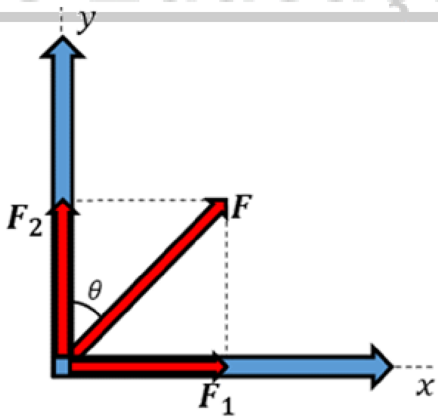


$$\cos\theta = \frac{Cateto\ adjacente}{Hipotenusa} = \frac{F_2}{F}$$

$$\Rightarrow F_2 = F\cos\theta$$

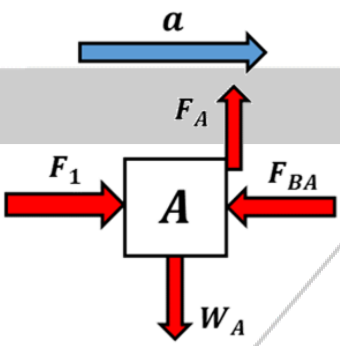
Onde, $F = F_1 + F_2$.

Portanto, a força atuante no bloco A é a $F_1 = Fsen\theta$, logo temos que encontrar o valor de F.



Faremos, então, o diagrama de corpo livre (DCL) nos blocos para identificarmos as forças atuantes em cada um, em seguida aplicarmos a 2ª lei de Newton e assim descobrir quanto a força F vale.

DCL no bloco A:



Onde
F_1: *Força aplicada no bloco A;*
W_A: *Força peso do bloco A;*
F_A: *Força de atrito;*
F_{BA}: *Força que o bloco B exerce em A;*
a: *Aceleração.*

Como a trajetória seguida pelos blocos é horizontal, eles não terão aceleração na direção y, assim o bloco A estará em equilíbrio ($F_R = 0$)

Assim,

$$\sum F_y = 0$$

As forças que estão na direção y são a força peso e de atrito, assim

$$F_A - W_A = 0$$

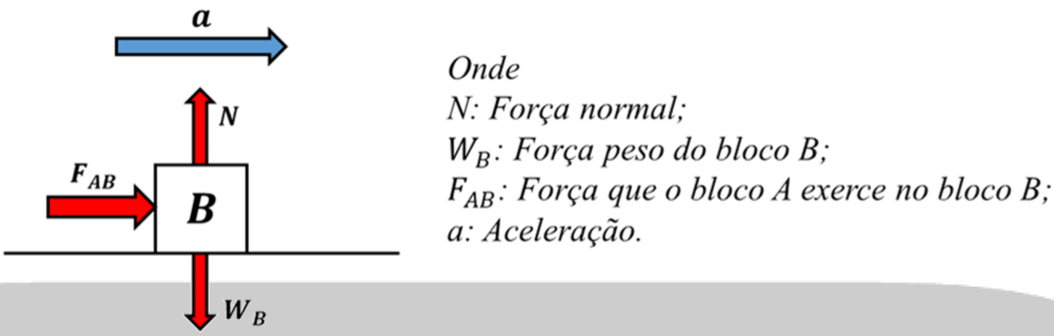
$$F_A = W_A$$

A força F_1 é a responsável pelo movimento dos blocos. Analisando as forças horizontais que agem no bloco A, temos, pela 2ª Lei de Newton ($F_R = m.a$)

$$F_1 - F_{BA} = M_A.a \quad \cdots(1)$$

Agora,

DCL no bloco B:



Aplicando a 2ª Lei de Newton, temos

$$F_{AB} - W_B + N = M_B.a$$

$$F_{AB} = M_B.a \quad \cdots(2)$$

Somando a equação (1) com a (2), temos

$$\begin{cases} F_1 - F_{BA} = M_A.a \\ F_{AB} = M_B.a \end{cases}$$

$$F_1 = M_A.a + M_B.a$$

Colocando a em evidencia

$$F_1 = (M_A + M_B).a$$

Como $F_1 = Fsen\theta$

$$Fsen\,\theta = (M_A + M_B).a$$

Isolando F, que é o que queremos encontrar

$$F = \left(\frac{M_A + M_B}{sen\,\theta}\right).a$$

Agora, só substituirmos, os valores que o problema nos dá, na equação encontrada

$$F = \left(\frac{2+1}{0,6}\right).2 = \frac{3}{0,6}.2 = \frac{6}{0,6} = \frac{60}{6} = 10N$$

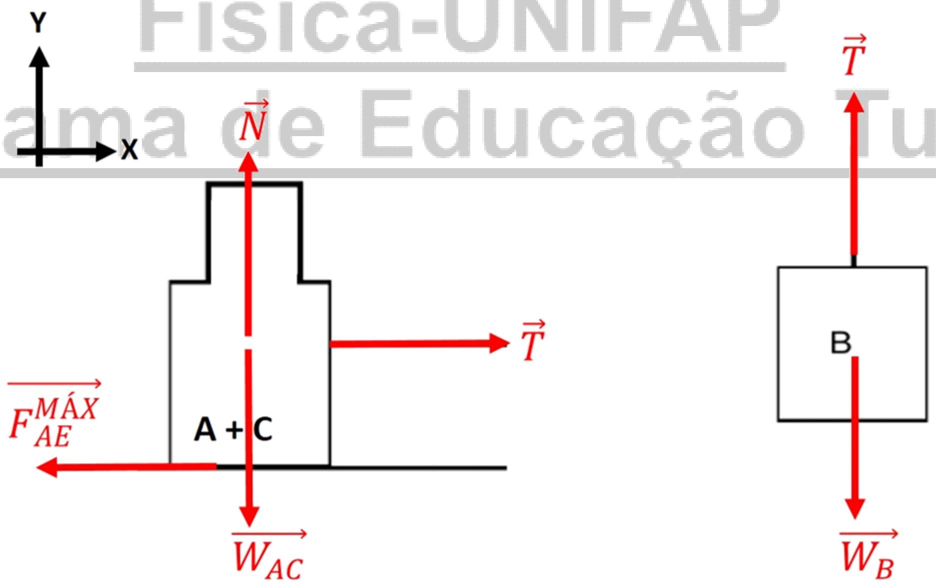
$$\boldsymbol{F = 10N}$$

Resposta: letra a.

16. Para essa questão, utilizaremos o sistema referencial XY clássico, isto é, valores positivos para direita e para cima e valores negativos para a esquerda e para baixo.

Primeiro devemos analisar a condição que o comando da questão nos dá, "valor mínimo da massa do bloco C, para que evite o movimento de A", isso significa que, se C tiver uma certa massa mínima (m_c) então A não terá aceleração, consequentemente o sistema estará em equilíbrio, pois a aceleração de A é a mesma de B devido estarem interligados pelo mesmo fio.

Devemos analisar os blocos A e C como um único sistema, assim devemos somar as massas de A e de C, para obtermos a massa total desse sistema. Vamos analisar o diagrama de corpo livre de cada bloco para facilitar a compreensão do problema.



Analisando o sistema formado por A e C e também aplicando a Segunda Lei de Newton no mesmo na direção X, temos:

$$\sum F_X = F_{RX} = (m_A + m_C).a$$

Porém, sabendo que o sistema formado por A e C não terá aceleração, temos:

$$\sum F_X = F_{RX} = (m_A + m_C).0$$

$$\sum F_X = F_{RX} = 0$$

$$T - F_{AE}^{MÁX} = 0$$

$$T = F_{AE}^{MÁX}$$

$$T = \mu_{AE}.N$$

Para encontrarmos a força normal (N), devemos aplicar a Segunda Lei de Newton no sistema formado por A e C na direção Y.

$$\sum F_Y = F_{RY} = (m_A + m_C).a$$

Sabemos também que na direção Y, o sistema formado por A e C não tem aceleração, pois ele não tem movimento ao longo dessa direção.

$$\sum F_Y = F_{RY} = (m_A + m_C).0$$

$$\sum F_Y = F_{RY} = 0$$

$$N - W_{AC} = 0$$

$$N = W_{AC}$$

$$N = (m_A + m_C).g$$

Agora, substituímos esse resultado na expressão da Tensão que encontramos anteriormente.

$$T = \mu_{AE}.(m_A + m_C).g$$

Entretanto, não sabemos o valor de T, mas podemos encontrar aplicando a Segunda Lei de Newton no bloco B na direção Y.

$$\sum F_Y = F_{RY} = m_B.a_B$$

Se A, não tem aceleração B também não terá, pois ambos os blocos estão ligados pelo mesmo fio.

$$\sum F_Y = F_{RY} = m_B.0$$

$$\sum F_Y = F_{RY} = 0$$

$$T - W_B = 0$$

$$T = W_B = m_B.g$$

Substituindo esse resultado na expressão anterior, temos:

$$T = \mu_{AE}.(m_A + m_C).g$$

$$m_B.g = \mu_{AE}.(m_A + m_C).g$$

Para finalizar, isolamos (m_C) e substituímos os valores:

$$m_B.g = \mu_{AE}.(m_A + m_C).g$$

$$m_B = \mu_{AE}.(m_A + m_C)$$

$$\frac{m_B}{\mu_{AE}} = (m_A + m_C)$$

$$\frac{m_B}{\mu_{AE}} - m_A = m_C$$

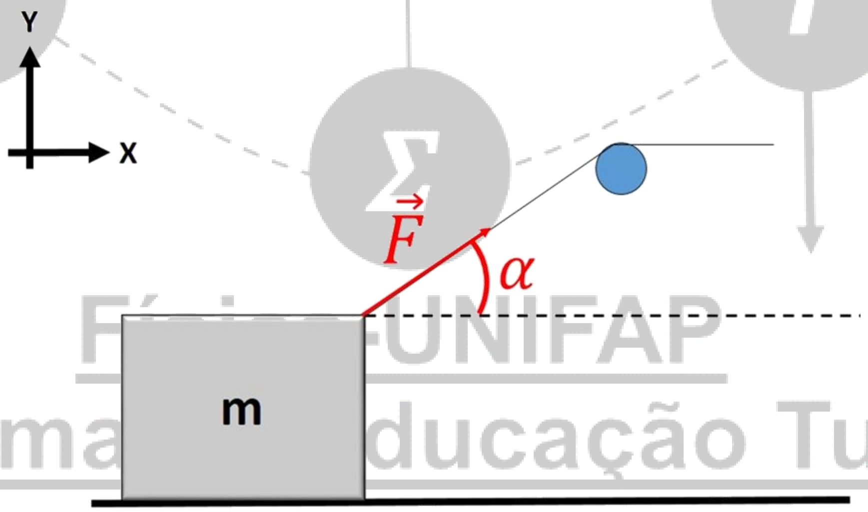
Substituindo os dados:

$$m_C = \frac{5}{0,20} - 10 = 25 - 10 = 15\ Kg$$

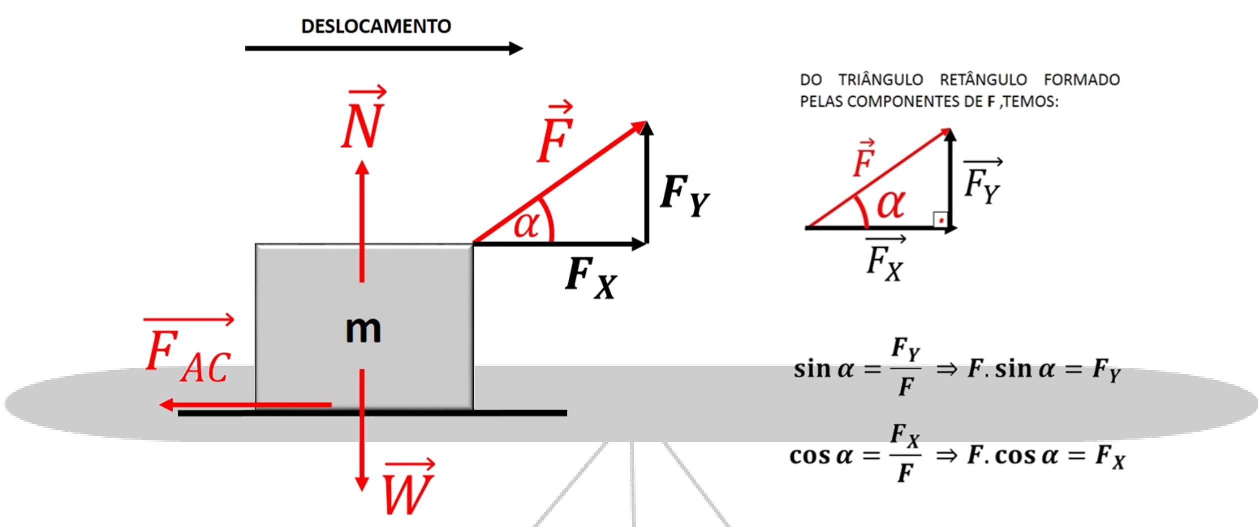
Resposta: letra b.

17. Para essa questão, utilizaremos o sistema referencial XY clássico, isto é, valores positivos para direita e para cima e valores negativos para a esquerda e para baixo.

A força F atua num fio que puxa o bloco m e causa seu deslocamento na direção X. Considerando que o fio é ideal, isto é, homogêneo e inextensível, então a fora F é igual para todos os pontos do fio. Desse modo, podemos refazer o desenho da situação para melhor compreendermos o problema.



Para continuar a resolução do problema devemos decompor a força F no referencial XY. Fazendo o diagrama de corpo livre para m e decompondo a força F, temos:



Para determinar a aceleração de m, aplicamos a Segunda Lei de Newton no bloco na direção X, pois na direção Y não há movimento, logo não há aceleração nesta direção.

$$\sum F_X = F_{RX} = m.a_X$$

$$F_x - F_{AC} = m.a_X$$

$$F.\cos\alpha - \mu_{AC}.N = m.a_X$$

$$\frac{F.\cos\alpha - \mu_{AC}.N}{m} = a_X$$

Com essa expressão, podemos encontrar a aceleração de m, mas não sabemos o valor da força normal (N). Para determinar N basta aplicar a Segunda Lei de Newton na direção Y do bloco m.

$$\sum F_Y = F_{RY} = m.a_Y$$

$$F_Y + N - W_m = m.0$$

$$F_Y + N - W_m = 0$$

$$N = W_m - F_Y$$

$$N = m.g - F.\sin\alpha$$

Substituindo esse resultado na expressão utilizada para descobrir a aceleração de m, temos:

$$\frac{F.\cos\alpha - \mu_{AC}.N}{m} = a_X$$

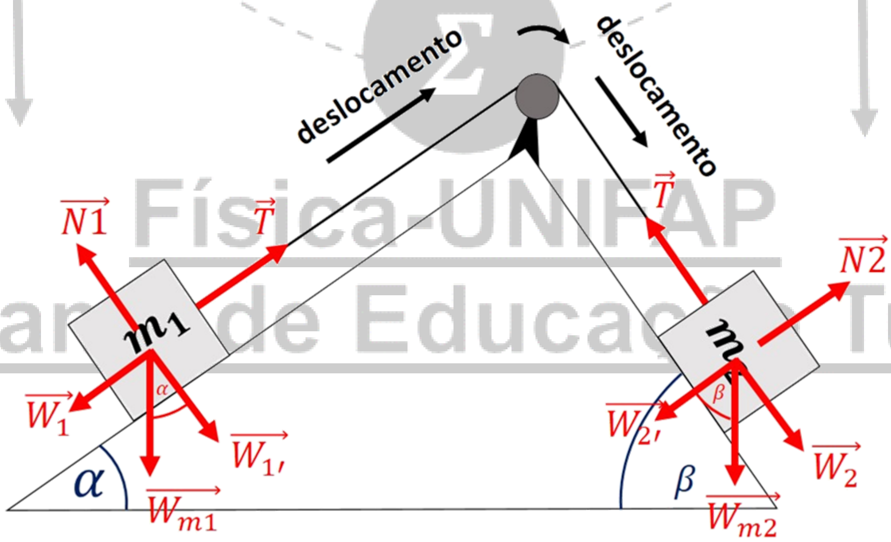
$$\frac{F.\cos\alpha - \mu_{AC}.(m.g - F.\sin\alpha)}{m} = a_X$$

$$\mathbf{\frac{F.\cos\alpha - \mu_{AC}.m.g + \mu_{AC}.F.\sin\alpha}{m} = a_X}$$

Resposta: letra e.

18. Para essa questão utilizaremos como referencial o deslocamento do sistema, isto é, a direção na qual o sistema acelera. Desse modo, forças contrarias ao deslocamento do sistema serão negativas e forças a favor do deslocamento serão positivas.

Para esclarecer o problema faremos o diagrama de corpo livre do sistema.



Agora, aplicando a Segunda Lei de Newton no bloco m^1 na direção paralela ao plano, temos:

$$\sum F = F_{R1} = m_1.a_1$$

$$T - W_1 = m_1 . a_1$$

$$T - W_{m1} . \sin\alpha = m_1 . a_1$$

$$T - m_1 . g . \sin\alpha = m_1 . a_1$$

Devemos guardar esse resultado para utilizarmos futuramente. Agora aplicaremos a Segunda Lei de Newton no bloco m² na direção também paralela ao plano.

$$\sum F = F_{R2} = m_2 . a_2$$

$$-T + W_2 = m_2 . a_2$$

$$-T + W_{m2} . \sin\beta = m_2 . a_2$$

$$-T + m_2 . g . \sin\beta = m_2 . a_2$$

Devido aos blocos serem ligados por um mesmo fio ideal, podemos dizer que:

$$a_1 = a_2 = a_{sistema}$$

Com os dois resultados obtidos aplicando a Segunda Lei de Newton em cada bloco, podemos formar um sistema de equações lineares de duas equações e duas incógnitas.

$$\begin{cases} -m_1 . g . sin\alpha + T = m_1 . a_1 \\ m_2 . g . sin\beta - T = m_2 . a_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} -m_1 . g . sin\alpha + T = m_1 . a_{sistema} \\ m_2 . g . sin\beta - T = m_2 . a_{sistema} \end{cases}$$

Para resolver esse sistema podemos utilizar o método da adição, basta somar as duas equações.

$$\begin{cases} -m_1 . g . sin\alpha + T = m_1 . a_{sistema} \\ m_2 . g . sin\beta - T = m_2 . a_{sistema} \end{cases} +$$

$$-m_1.g.sin\alpha + T + m_2.g.sin\beta - T = m_2.a_{sistema} + m_1.a_{sistema}$$

Para descobrir a aceleração do sistema, basta isolar $a_{sistema}$

$$-m_1.g.sin\alpha + T + m_2.g.sin\beta - T = m_2.a_{sistema} + m_1.a_{sistema}$$

$$-m_1.g.sin\alpha + m_2.g.sin\beta = (m_2 + m_1).a_{sistema}$$

$$a_{sistema} = \frac{m_2.g.sin\beta - m_1.g.sin\alpha}{(m_2 + m_1)}$$

Substituindo os dados, temos:

$$a_{sistema} = \frac{0{,}18.9{,}8.sin60° - 0{,}2.9{,}8.sin30°}{(0{,}18 + 0{,}2)}$$

$$a_{sistema} = 1{,}44\ m/s^2$$

Para calcular a tensão, basta substituir a aceleração do sistema em uma das equações do nosso sistema.

$$T - m_1.g.\sin\alpha = m_1.a_1$$

$$T - m_1.g.\sin\alpha = m_1.a$$

$$T - 0{,}2.9{,}8.\sin 30 = 0{,}2.1{,}44$$

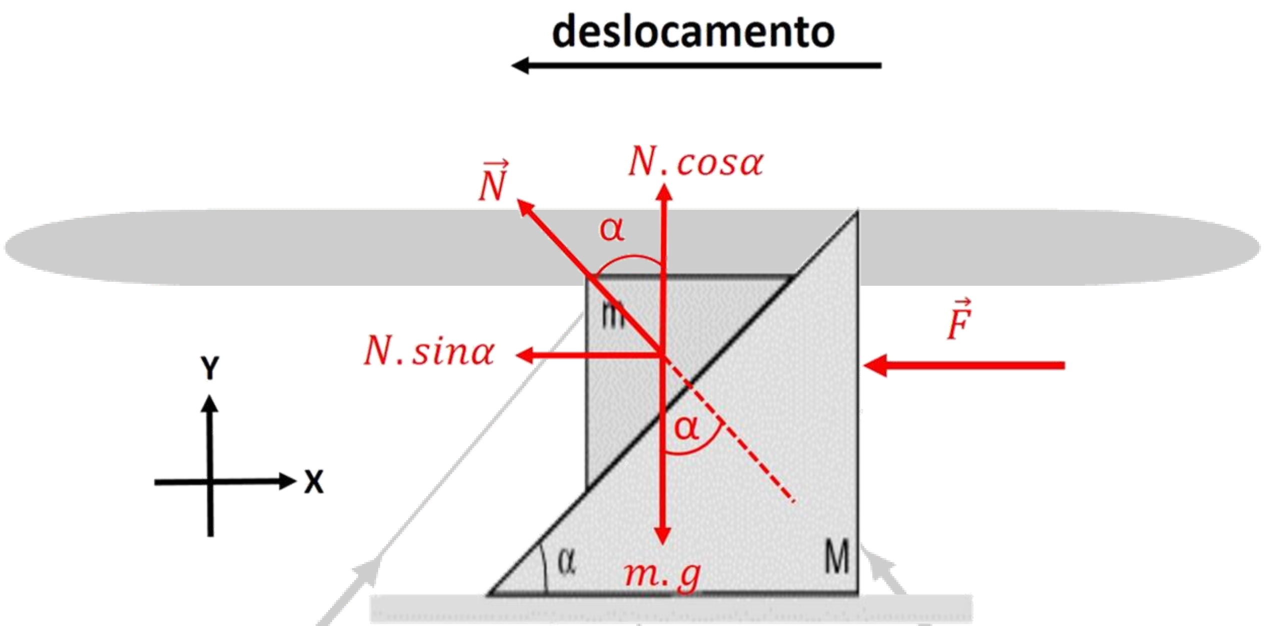
$$T - 0{,}98 = 0{,}288$$

$$\boldsymbol{T = 0{,}288 + 0{,}98 = 1{,}268\ N}$$

Resposta: letra b.

19. Para essa questão utilizaremos como referencial o deslocamento do sistema, isto é, a direção na qual o sistema acelera. Desse modo, forças contrarias ao deslocamento do sistema serão negativas e forças a favor do deslocamento serão positivas.

Para esclarecer o problema, faremos o diagrama de corpo livre da situação analisada.



Nesse caso, o objeto m tem a mesma aceleração que o plano inclinado M, pois ambos se movem juntos. Sabendo disso, para encontrar a força F, aplicaremos a Segunda Lei de Newton no plano inclinado:

$$\sum F = F_R = (M + m).a$$

$$F = (M + m).a$$

Colocamos (M + m) pois a força F atua no sistema "Plano inclinado M + objeto m".

Porém, não sabemos a aceleração do sistema, mas podemos encontrar a aceleração somente do objeto m que é a mesma aceleração do sistema. Devemos aplicar a Segunda Lei de Newton no mesmo na direção X e na direção Y.

Na direção X, temos:

$$\sum F_{mx} = F_{Rx} = m.a_x$$

$$N.\sin\alpha = m.a$$

Na direção Y, temos:

$$\sum F_{my} = F_{Ry} = m.a_y$$

$$N.\cos\alpha - W = m.a$$

$$N.\cos\alpha - m.g = m.a$$

$$N.\cos\alpha - m.g = m.0$$

$$N.\cos\alpha - m.g = 0$$

$$N.\cos\alpha = m.g$$

Agora, para encontrarmos a aceleração do objeto m, basta dividir as equações resultantes da seguinte maneira:

$$\begin{cases} N.sin\alpha = m.a \\ N.cos\alpha = m.g \end{cases} \div$$

$$\frac{N.\sin\alpha}{N.cos\alpha} = \frac{m.a}{m.g}$$

$$\frac{\sin\alpha}{cos\alpha} = \frac{a}{g}$$

$$a = g.\frac{\sin\alpha}{cos\alpha} = g.tg\alpha$$

Substituindo esse resultado na expressão utilizada para achar a força F, temos:

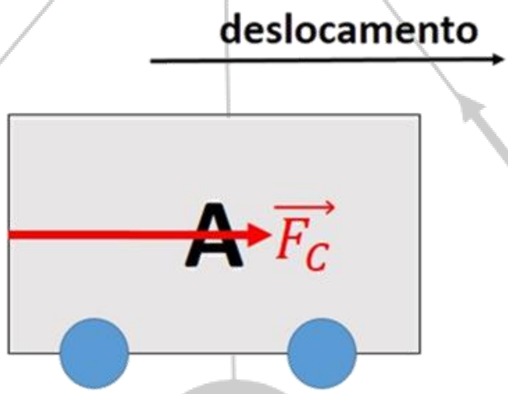
$$F = (M+m).a$$

$$\boldsymbol{F = (M+m).g.tg\alpha}$$

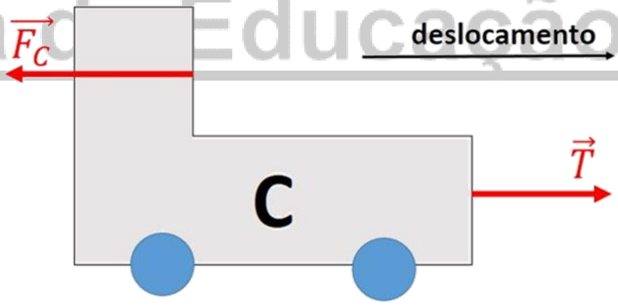
Resposta: letra d.

20. Para essa questão utilizaremos como referencial o deslocamento do sistema, isto é, a direção na qual o sistema acelera. Desse modo, forças contrarias ao deslocamento do sistema serão negativas e forças a favor do deslocamento serão positivas.

Vamos compreender melhor a situação desenhando o diagrama de corpo livre dos componentes do sistema:

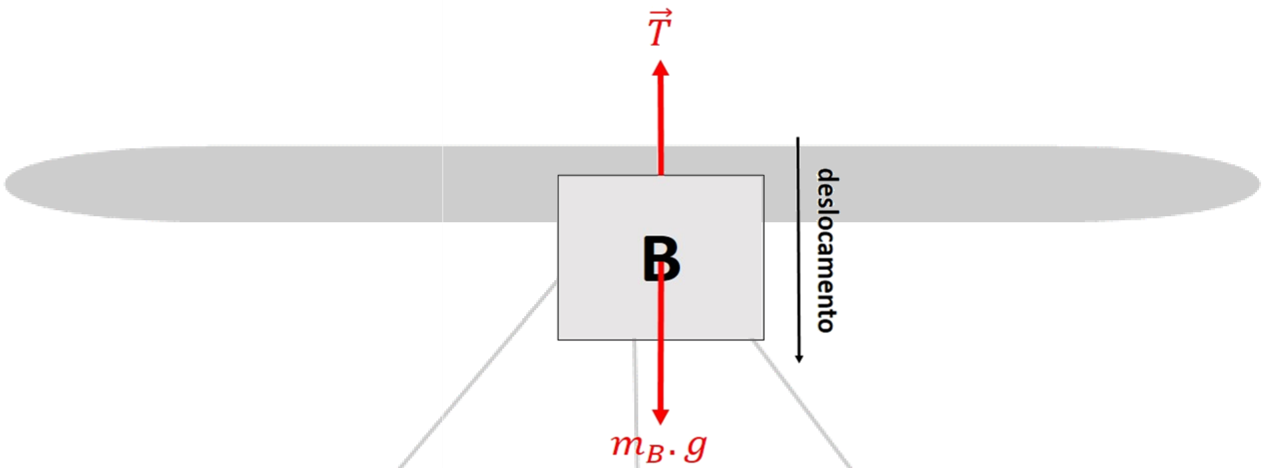


Admitindo que o deslocamento do sistema tende para a direita, então pela Terceira Lei de Newton o carrinho C exerce uma força de contato horizontal para a direita no bloco A.



O bloco A exerce uma força de contato horizontal para a esquerda no carrinho C.

No bloco B, as forças presentes são a Tensão e o próprio peso do bloco.



Sabemos também que todo o sistema se move com a mesma aceleração, pois todos os corpos do sistema estão ligados e se movem em conjunto.

Aplicando a Segunda Lei de Newton no bloco A, podemos encontrar diretamente uma expressão para a força de contato:

$$\sum F_{XA} = m_A . a$$

$$F_C = m_A . a$$

Porém, não sabemos o valor da aceleração do sistema. Podemos encontrar esse valor aplicando a Segunda Lei de Newton nos corpos C e B.

Segunda Lei de Newton na direção Y em B, temos:

$$\sum F_{YB} = F_{RBY} = m_B . a$$

$$m_B . g - T = m_B . a$$

Segunda Lei de Newton na direção X em C, temos:

$$\sum F_{XC} = F_{RCX} = m_C.a$$

$$T - F_C = m_C.a$$

Mas sabemos que do bloco A**:**

$$F_C = m_A.a$$

Então, podemos substituir esse resultado em:

$$T - F_C = m_C.a$$

Teremos:

$$T - m_A.a = m_C.a$$

Agora, para encontrarmos aceleração do sistema, basta montar um sistema de equações lineares com duas equações e somar as mesmas. Essas equações serão os resultados da aplicação da Segunda Lei De Newton nos corpos B e C.

$$\begin{cases} m_B.g - T = m_B.a \\ T - m_A.a = m_C.a \end{cases} +$$

$$m_B.g - m_A.a = m_B.a + m_C.a$$

$$m_B.g = m_C.a + m_B.a + m_A.a$$

$$m_B.g = a(m_C + m_B + m_A)$$

$$\frac{m_B.g}{(m_C + m_B + m_A)} = a$$

Agora que encontramos a expressão para a aceleração do sistema, basta substituir na expressão da força de contato (Fc).

$$F_C = m_A.a$$

$$F_C = m_A.\frac{m_B.g}{(m_C + m_B + m_A)}$$

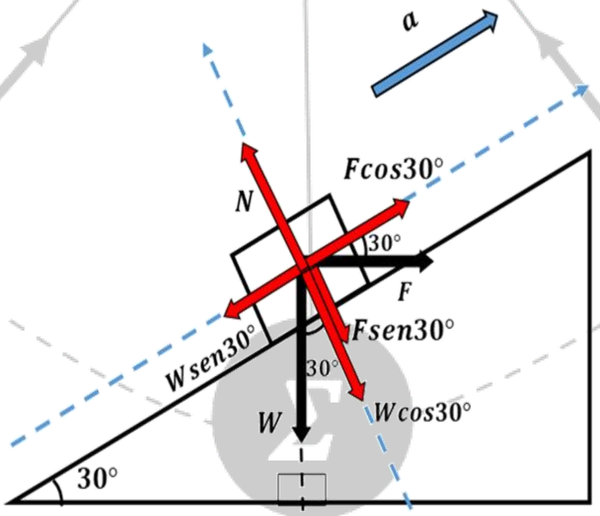
Substituindo os valores, temos:

$$F_C = 10.\frac{50.10}{(40+50+10)} = 50\ N$$

Resposta: letra d.

21. Para resolvermos este problema, iremos fazer primeiramente um diagrama de corpo livre do bloco, para assim enxergarmos as forças, e as suas componentes nos eixos x e y, atuantes no bloco, assim:

DCL do bloco:



Vamos supor que a aceleração tem sentido para cima no plano.

O bloco está em movimento apenas em relação ao eixo x, lembrando que não há atrito nesse caso, então aplicaremos a segunda lei newton para encontrarmos a aceleração do bloco.

Assim, aplicando a 2ª Lei de Newton no bloco:

$$F_R = m\,.\,a$$

Onde,

$$F_R = \sum F_x = F\,.\,cos30° - Wsen30°$$

Lembrando que, $W = m\,.\,g$. Então,

$$F_R = F\,.\,cos30° - m\,.\,g\,.\,sen30°.$$

Portanto,

$$Fcos30° - m\,.\,g\,.\,sen30° = m\,.\,a$$

Basta isolarmos “a” e encontraremos a aceleração do bloco, então

$$a = \frac{Fcos30° - m\,.\,g\,.\,sen30°}{m}$$

Colocando os dados que a questão fornece, temos

$$a = \frac{150\,.\,0{,}87 - 15\,.10\,.\frac{1}{2}}{15} = \frac{130{,}5 - 15\,.5}{15} = \frac{130{,}5 - 75}{15} = \frac{55{,}5}{15}$$

$$\boldsymbol{a = 3{,}7\ m/s^2}$$

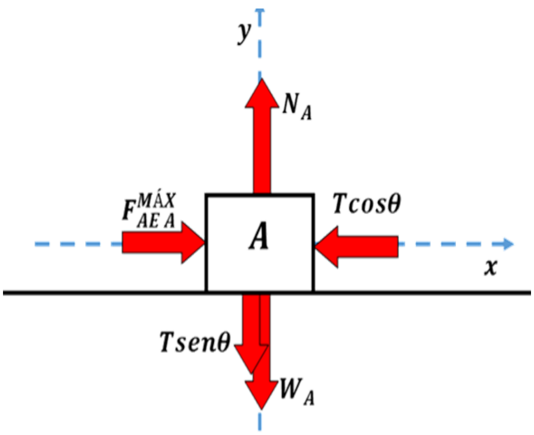
Obs.: a é positiva, então o seu sentido mostrado no DCL está correto. E o bloco está subindo a rampa dado que

$$Fcos30° > Wsen30°$$

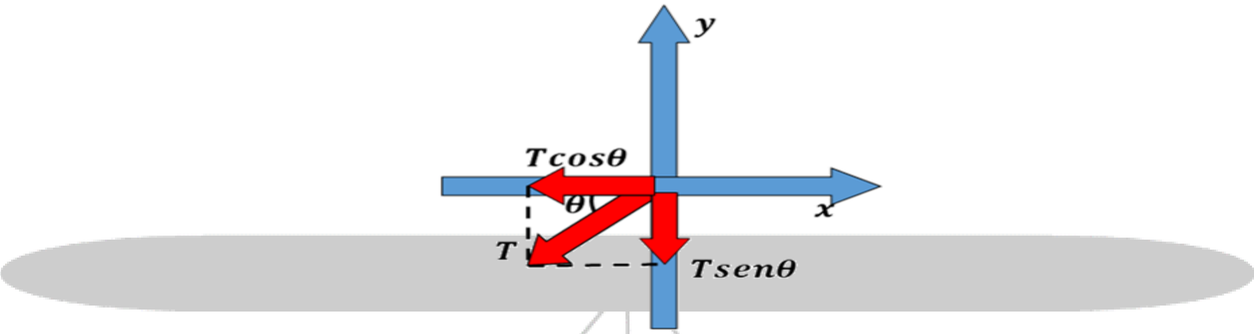
Resposta: letra c.

22. Vamos fazer incialmente dois DCL, um do bloco A e um do bloco B, para assim em seguida encontrarmos a intensidade de F capaz de deixar o sistema na iminência de se mover.

DCL do bloco A:



Vale lembrar que devemos fazer a decomposição da tensão, como mostrado no DCL, deve ser feito dessa forma:



$Tcos\theta$ e $Tsen\theta$ são as componentes da tensão nos eixos x e y respectivamente.

De acordo com o enunciado, os blocos estão na iminência de se moverem, mas ainda estão em equilíbrio. Portanto,

no eixo y:

$$\sum F_y = 0$$

$$N_A - W_A - Tsen\theta = 0$$

$$N_A = W_A + Tsen\theta \ ...(1)$$

e no eixo x:

$$\sum F_x = 0$$

$$F_{AEA}^{MÁX} - Tcos\theta = 0$$

$$F_{AEA}^{MÁX} = Tcos\theta \ ...(2)$$

Sabendo que o atrito presente nos blocos se trata do atrito estático máximo, já que o bloco está na iminência de movimento, ou seja, ainda não há movimento, temos que para o bloco A

$$F_{AEA}^{MÁX} = \mu_{AEA} \, . N_A \ ...(3)$$

Substituindo (3) em (2), temos

$$\mu_{AEA}\,.\,N_A = T\cos\theta$$

$$T = \frac{\mu_{AEA}\,.N_A}{\cos\theta} \quad ...(4)$$

Agora substituindo (4) em (1) conseguiremos encontrar o valor de N_A para assim encontrarmos a força de atrito estático máxima, então:

$$N_A = W_A + \frac{\mu_{AEA}\,.\,N_A}{\cos\theta}\,sen\theta$$

Colocando os valores correspondentes que o enunciado forneceu fica,

$$N_A = 6 + \frac{0{,}3\,.\,N_A}{0{,}6}\,0{,}8$$

$$N_A = 6 + \frac{2\,N_A}{5}$$

Multiplicando por 5 em ambos os lados, temos

$$(5)\ N_A = (6 + \tfrac{2\,N_A}{5})\ .\ 5$$

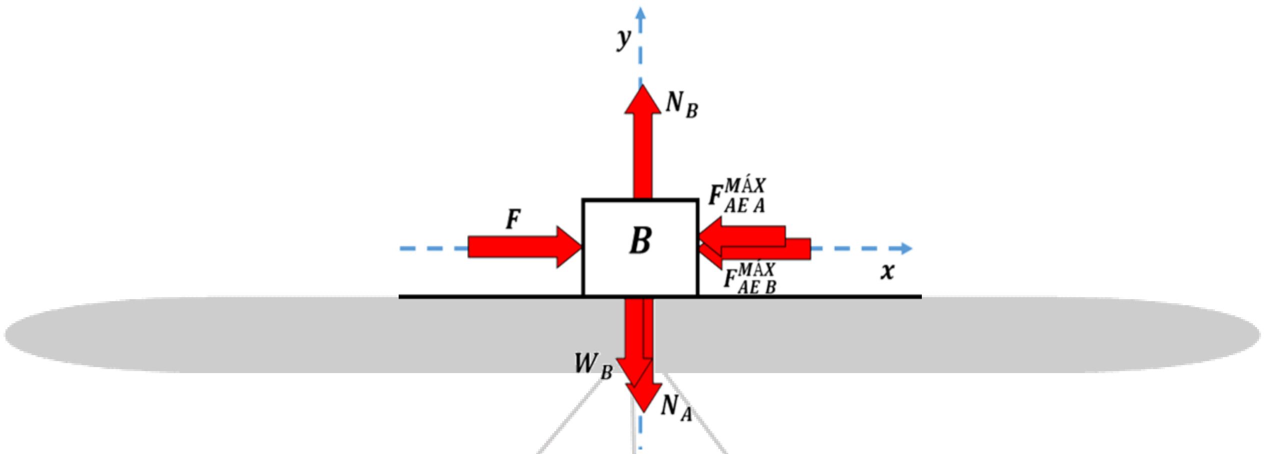
$$5N_A - 2\,N_A = 30$$

$$N_A = 10\text{N}$$

Portanto $F_{AEA}^{MÁX}$ pode ser calculada agora:

$$F_{AEA}^{MÁX} = \mu_{AEA}\,.\,N_A = 0{,}3\ .10 = 3\text{N} \ ...(5)$$

DCL do bloco B:



Obs.: Lembre-se dos pares de ação e reação (3° Lei de Newton). Devido a interação do bloco A com o bloco B, N_A e $F_{AEA}^{MÁX}$ tem mesma intensidade em ambos os blocos, porém possuem sentidos opostos quando atuam no bloco B.

Faremos o mesmo processo que fizemos ao analisarmos o bloco A ao analisarmos o bloco B, assim:

no eixo y:

$$\sum F_y = 0$$

$$N_B - N_A - W_B = 0$$

$$N_B = N_A + W_B$$

Substituindo os valores encontrados (5) e dados no enunciado podemos encontrar N_B:

$$N_B = 10 + 20 = 30\text{N}$$

e no eixo x:

$$\sum F_x = 0$$

$$F - F_{AEA}^{MÁX} - F_{AEB}^{MÁX} = 0$$

$$F = F_{AEA}^{MÁX} + F_{AEB}^{MÁX} \quad ...(6)$$

Agora basta encontrarmos $F_{AEB}^{MÁX}$, que é devido a interação entre o bloco B e o solo, então

$$F_{AEB}^{MÁX} = \mu_{AEB} \cdot N_B$$

$$F_{AEB}^{MÁX} = 0{,}2 \cdot 30 = 6\text{N} \ ...(7)$$

Para encontrarmos a intensidade da força F só é preciso substituirmos (5) e (7), que são as forças de atrito entre os blocos e entre o bloco B e o solo, em (6), desse modo,

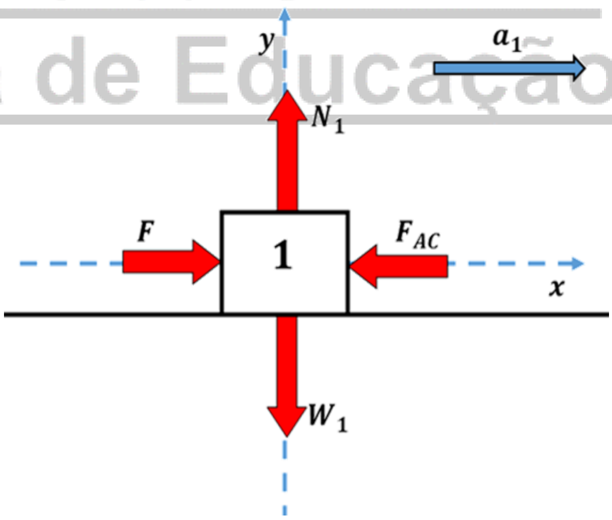
$$F = F_{AEA}^{MÁX} + F_{AEB}^{MÁX} = 3 + 6$$

$$\boldsymbol{F = 9N}$$

Resposta: letra b.

23. Será preciso fazer inicialmente dois DCL para resolvermos este problema, e em seguida aplicaremos a segunda lei de Newton para assim encontrarmos as acelerações dos blocos 1.

DCL do bloco 1:



No eixo y: o bloco 1 está em equilíbrio estático em relação a este eixo, assim,

$$\sum F_y = 0$$

$$N_1 - W_1 = 0 \Rightarrow N_1 = W_1$$

$$N_1 = m_1 \,.\, g \text{ ...(1)}$$

E em relação ao eixo x o bloco está em movimento, assim usaremos a segunda lei de Newton.

2ª Lei de Newton no bloco 1:

$$F_R = m_1 \,.\, a_1$$

Onde,

$$\sum F_x = F_R \text{ e } \sum F_x = F - F_{AC}$$

Então,

$$F - F_{AC} = m_1 .\, a_1$$

$$a_1 = \frac{F - F_{AC}}{m_1} \text{ ...(2)}$$

A força de atrito cinético F_{AC} para o bloco 1 é:

$$F_{AC} = \mu_{AC} \,.\, N_1$$

Usando (1):

$$F_{AC} = \mu_{AC} \,.\, m_1 \,.\, g$$

Portanto,

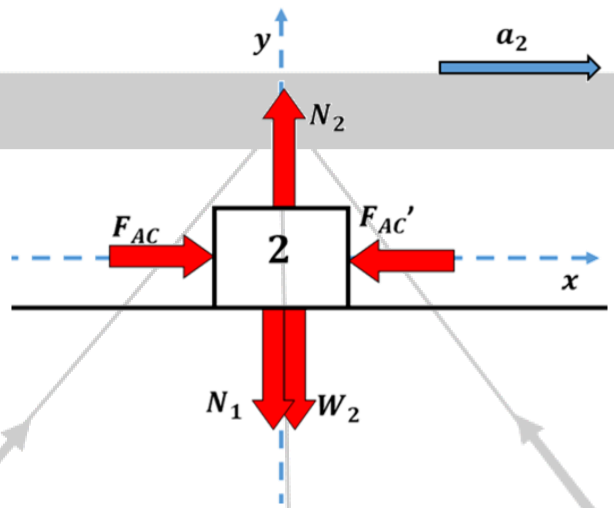
$$F_{AC} = 0{,}5 \,.1 \,.10 = 5N \text{ ...(3)}$$

Substituindo (3) em (2) e colocando as informações dadas na questão, encontraremos a aceleração do bloco 1, então:

$$a_1 = \frac{F - F_{AC}}{m_1} = \frac{13 - 5}{1}$$

$$\mathrm{a}_1 = 8\,\mathrm{m/s^2}$$

DCL do Bloco 2:



Novamente lembre-se da 3ª Lei de Newton, N_1 assim como F_{AC} são pares ação e reação, assim têm mesmo módulo em ambos os blocos, porém sentidos contrários, como mostrado no DCL acima.

Analisando o bloco em relação ao eixo y vemos que o bloco está em equilíbrio estático em relação a este eixo, então

$$\sum F_y = 0$$

$$N_2 - N_1 - W_2 = 0$$

$$N_2 = N_1 + W_2$$

Usando (1), temos

$$N_2 = m_1 \,.\, g + m_2 \,.\, g = (m_1 + m_2)g$$

Substituindo os valores correspondentes:

$$N_2 = (1 + 0{,}5)10 = 15N$$

Agora conseguiremos a força de atrito cinético F_{AC}', assim

$$F'_{AC} = \mu'_{AC} . N_2 = 0{,}2 \,.15 = 3N \text{ ...(4)}$$

E em relação ao eixo x o bloco 2 está em movimento, assim usaremos a 2ª Lei de Newton para encontrarmos a aceleração do bloco 2.

2ª Lei de Newton para o bloco 2:

$$F_R = m_2 \,. a_2$$

Sendo $\sum F_x = F_R$ onde $\sum F_x = F_{AC} - F_{AC}{}'$, assim

$$F_{AC} - F'_{AC} = m_2 . a_2$$

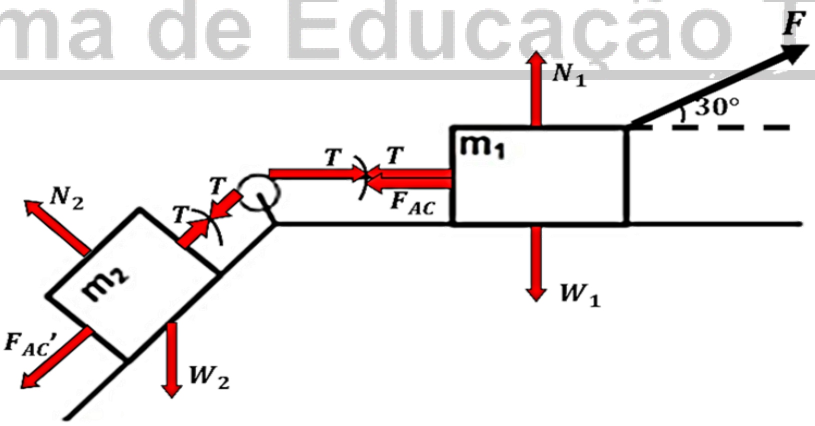
$$a_2 = \frac{F_{AC} - F_{AC}{}'}{m_2} \text{ ...(5)}$$

Substituindo (3) e (4) em (5), temos

$$\boldsymbol{a_2 = \frac{5-3}{0,5} = 4\, m/s^2}$$

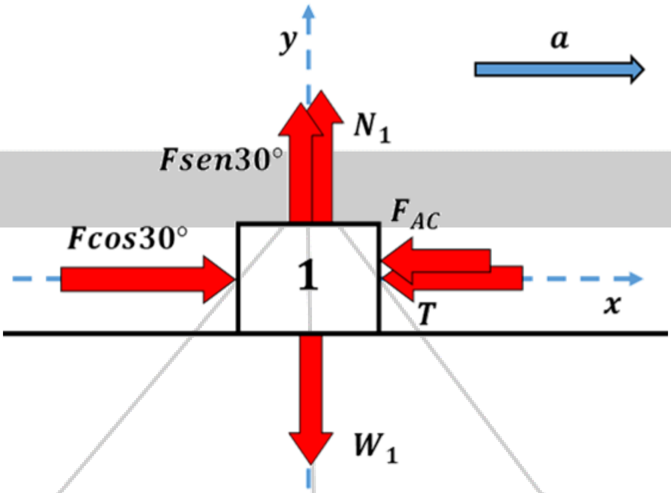
Resposta: letra e.

24. Para encontrarmos a tensão T presente na corda que ligam os dois blocos devemos fazer inicialmente um DCL do sistema para vermos onde devemos fazer os cortes para assim conseguirmos analisar separadamente os blocos 1 e 2, assim

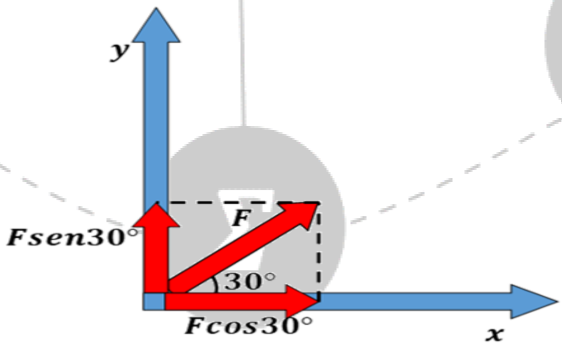


Sabemos agora que será preciso fazer dois DCL: um do bloco na horizontal e outro do bloco sobre o plano inclinado, assim

DCL do bloco 1:



Lembrando que F deve ser decomposta nos dois eixos, já que ela não está sobre nenhum dos eixos traçados, assim



Onde, $Fcos30°$ e $Fsen30°$ são as componentes de F nos eixos x e y respectivamente.

Agora analisando o bloco 1 e relação ao eixo y, vemos que ele está em equilíbrio estático, então

$$\sum F_y = 0$$

$$N_1 + Fsen30° - W_1 = 0$$

$$N_1 = W_1 - Fsen30°$$

$$N_1 = m_1 \,.\, g - Fsen30° \;...(1)$$

E em relação ao eixo x, o bloco está em movimento, então usaremos a 2ª lei de Newton.

Aplicando a 2ª Lei de Newton para o bloco 1:

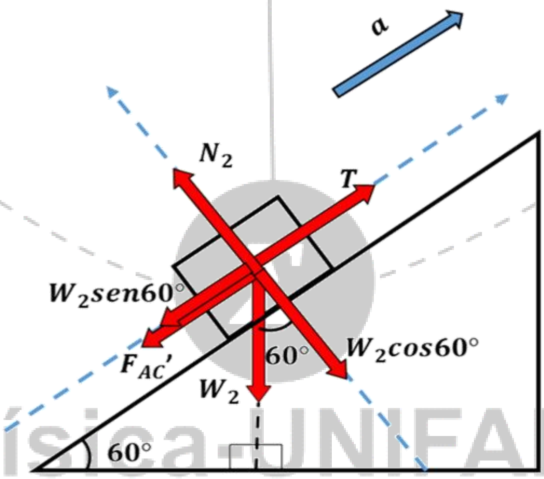
$$F_R = m_1 \,.\, a \text{ onde}$$

$$F_R = \sum F_x = Fcos30° - T - F_{AC} \text{ logo}$$

$$Fcos30° - T - F_{AC} = m_1 \,.\, a \;\;...(2)$$

Para encontrarmos T precisamos saber o valor da aceleração do sistema, para isso iremos analisar agora o que ocorre no bloco 2

DCL do bloco 2:



O bloco 2 está em equilíbrio estático no eixo y, então

$$\sum F_y = 0$$

$$N_2 - W_2cos60° = 0$$

$$N_2 = W_2cos60°$$

Sendo,

$$W = m\,.\,g.$$

Então,

$$N_2 = m_2\,.\,g\,.\,cos60° \text{ ...(3)}$$

E em relação ao eixo x o bloco 2 está indo para cima então

$$T > W_2 sen60° + F'_{AC}.$$

Através do princípio fundamental da Dinâmica, temos

Aplicando a 2ª Lei de Newton no bloco 2:

$$F_R = m_2\,.\,a$$

Onde,

$$F_R = \sum F_x = T - F_{AC}{}' - W_2 sen60°.$$

Logo,

$$T - F'_{AC} - m_2.\,g\,.\,sen60° = m_2\,.\,a \text{ ...(4)}$$

Para encontrarmos a aceleração do sistema iremos relacionar (2) e (4). Somando ambas, temos

$$\begin{cases} Fcos30° - T - F_{AC} = m_1\,.\,a \\ T - F'_{AC} - m_2\,.\,g\,.\,sen60° = m_2.\,a \end{cases} +$$

$$Fcos30° - F_{AC} - F'_{AC} - m_2.\,g\,.\,sen60° = (m_1 + m_2)\,.\,a$$

$$a = \frac{Fcos30° - F_{AC} - F_{AC}{}' - m_2 * g * sen60°}{(m_1 + m_2)} \text{ ...(5)}$$

Lembrando que, $F_{AC} = \mu_{AC}\,.\,N$. Então,

$$F_{AC} = \mu_{AC}\,.\,N_1 \text{ e } F_{AC}{}' = \mu_{AC}\,.\,N_2.$$

E, pela equações (1) e (3), temos

$$F_{AC} = \mu_{AC}\,.\,(m_1\,.\,g - Fsen30°) \text{ E}$$

$$F'_{AC} = \mu_{AC}.m_2 \, . \, g \, . \, cos60°$$

Agora substituindo as equações acima em (5), obtemos

$$a = \frac{\mathrm{Fcos30°} - \mu_{AC} \, . \, (m_1 \, . \, g - \mathrm{Fsen30°}) - \mu_{AC} \, . \, m_2 \, . \, g \, . \, \cos 60° - m_2 \, . \, g \, . \, \mathrm{sen}60°}{(m_1 + m_2)}$$

Substituindo os valores correspondentes dados pela questão, obtemos o seguinte,

$$a = \frac{200 \, .0{,}87 - 0{,}1 \, . \left(20 \, .10 - 200 \, . \frac{1}{2}\right) - 0{,}1 . \, 6 \, .10 \, . \frac{1}{2} - 6 \, .10 \, . \, 0{,}87}{(20 + 6)}$$

$$a = \frac{174 - 10 - 3 - 52{,}2}{26} = \frac{108{,}8}{26} = 4{,}18 \, m/s^2$$

Agora que encontramos a aceleração do sistema, podemos usar (2) ou (4) para encontrarmos T, assim (substituindo em (4))

$$T = F'_{AC} + m_2 . \, g \, . \, sen60° + m_2 \, . \, a$$

$$= \mu_{AC} \, . \, m_2 \, . \, g \, . \, cos60° + m_2 \, . \, g \, . \, sen60° + m_2 \, . \, a$$

Colocando os dados fornecidos pela questão:

$$T = 0{,}1 \, .6 \, .10 \, . \frac{1}{2} + 6 \, .10 \, .0{,}87 + 6 \, . \, 4{,}18$$

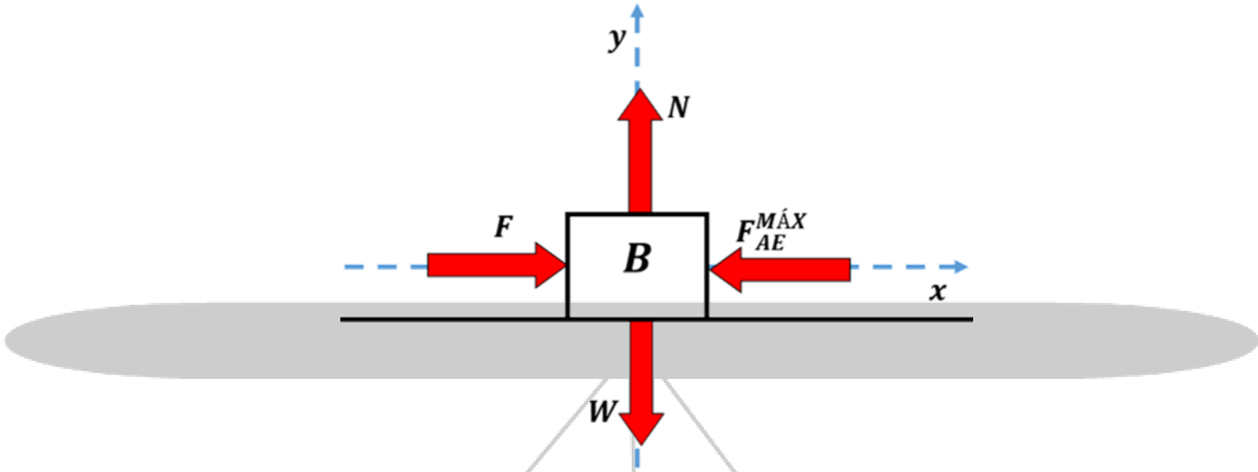
$$T = 80{,}28 \text{ N}$$

$$\mathbf{T \cong 80{,}3 \text{ N}}$$

Resposta: letra d.

25. Para encontrarmos o coeficiente de atrito estático é necessário fazer primeiramente um DCL do bloco na situação 1 e na situação 2.

DCL do bloco B (figura 1):



Nessa situação, o bloco B está em equilíbrio estático e está na iminência de se mover, logo a força de atrito que atua nele é a força de atrito estático máxima.

em relação ao eixo y:

$$\sum F_y = 0$$

$$N - W = 0$$

$$N = W$$

Lembrando que $W = m \,.\, g$. Então,

$$N = m \,.\, g \;...(1)$$

E em relação ao eixo x também está em equilíbrio estático, logo:

$$\sum F_x = 0$$

$$F - F_{AE}^{MÁX} = 0$$

$$F = F_{AE}^{MÁX}$$

Sabendo que F é par de ação e reação a força elástica que atua na mola e que faz o bloco B ficar na iminência de se mover quando a mola atinge x deformação, dado que essa força tende a fazer a mola voltar como estava antes de ser distendida, logo a intensidade da força elástica será a mesma, mas os sentidos serão opostos assim:

$$F = kx \text{ e } F_{AE}^{MÁX} = \mu_{AE} \, . N$$

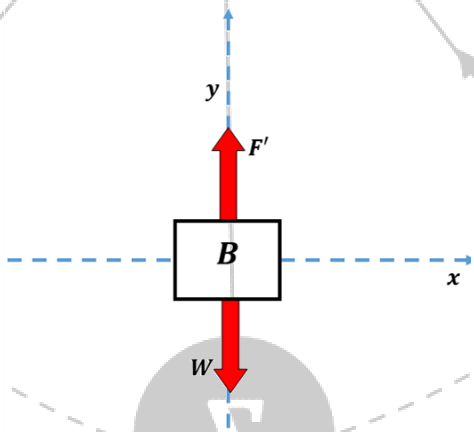
$$F = F_{AE}{}^{MÁX}$$

$$kx_1 = \mu_{AE} \, . N \, ...(2)$$

Substituindo (1) em (2), obtemos

$$kx_1 = \mu_{AE} \, . m \, . g \, ...(3)$$

DCL do bloco B (figura 2):



O sistema está em equilíbrio estático, então, pela primeira condição de equilíbrio.

Em relação ao eixo x:

$$\sum F_x = 0$$

E para o eixo y:

$$\sum F_y = 0$$

$$F' - W = 0$$

$$F' = W$$

Lembrando novamente que F' é par de ação e reação da força elástica temos que, a sua intensidade será a mesma que a força elástica, mas terão sentidos opostos (3ª Lei de Newton). Então,

$$F' = kx_2$$

$$F_2 = W$$

$$kx_2 = m \,.\, g \text{ ...(4)}$$

Substituindo (4) em (3), encontraremos o coeficiente de atrito estático.

$$kx_1 = \mu_{AE} \,.\, kx_2$$

$$\mu_{AE} = \frac{x_1}{x_2}$$

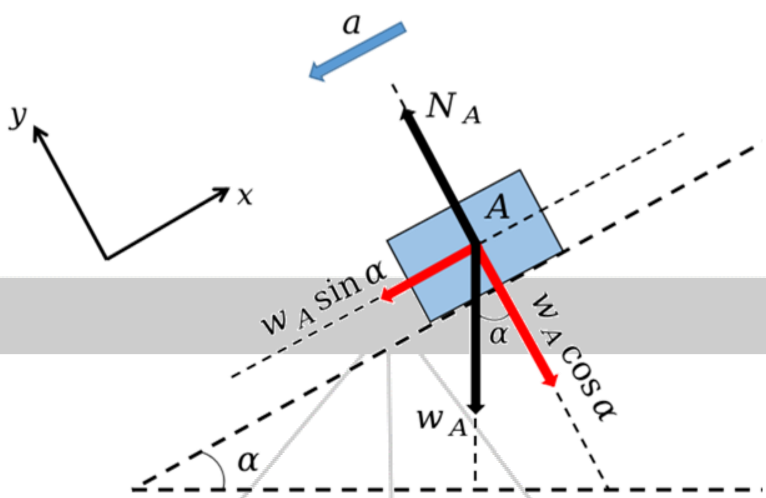
Basta colocarmos os dados que a questão forneceu, então

$$\boldsymbol{\mu_{AE} = \frac{0,02}{0,1} = 0,2}$$

Resposta: letra b.

26. Analisando o sistema e fazendo o diagrama do com corpo livre dos blocos "A" e "B".

Na imagem (a), analisaremos o bloco “A”:



(a)

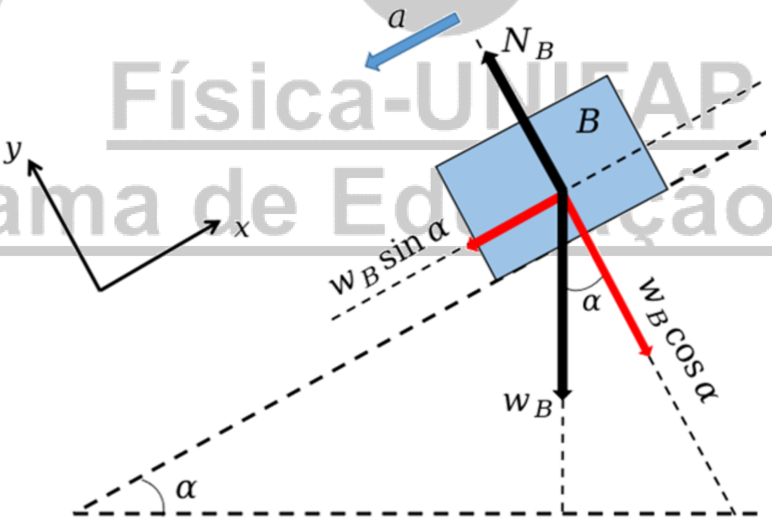
Aplicando a 2ª lei de Newton no bloco $F_R = ma$, temos:

$$\sum F_x = ma_x \; ; \quad \sum F_y = N_A - w_A \cos\alpha = 0$$

As forças em “y” se anulam , haverá somente forças em “x”, então:

$$\sum F_x = -w_A \sin\alpha = -ma_x \quad \ldots (1)$$

Na imagem (b), analisaremos o bloco “B”:



(b)

Aplicando a 2ª lei de Newton no bloco $F_R = ma$.

$$\sum F_x = ma_x \,; \quad \sum F_y = N_B - w_B \cos\alpha = 0$$

As forças em “y” se anulam , haverá somente forças em “x”, então:

$$\sum F_x = -w_B \sin\alpha = -ma_x \quad \dots(2)$$

Somando as equações (1) e (2), obtemos:

$$w_A \sin\alpha + w_B \sin\alpha = (m_A + m_B)a_x$$

$$m_A g \sin\alpha + m_B g \sin\alpha = (m_A + m_B)a$$

$$(m_A + m_B) g \sin\alpha = (m_A + m_B)a$$

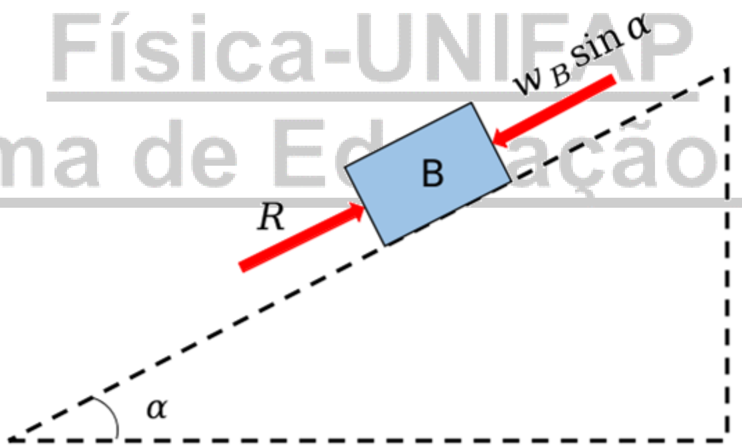
$$\frac{(m_A + m_B)}{(m_A + m_B)} g \sin\alpha = a$$

$$a = g\,sin\,\alpha \;\; ; \;\; \sin 37° = \frac{3}{5}$$

$$a = 10\frac{3}{5} \quad \therefore \quad a = 6m/s^2$$

Obs: quando não há atrito no sistema, a aceleração não dependerá da massa do corpo.

Fazendo o D.C.L. do bloco “B” para obtermos a força de contato:



Aplicando a 2ª lei de Newton no bloco *“B”*:

$$R - w_B \sin\alpha = m_B a$$

$$R = m_B a + w_B \sin\alpha \quad \rightarrow \quad R = m_B a + m_B g \sin\alpha$$

$$R = m_B(a + g\sin\alpha) \ldots (3)$$

Substituindo o valor de “a” na eq.(3):

$$R = m_B(g\sin\alpha + g\sin\alpha)$$

$$R = 2m_B g \sin\alpha$$

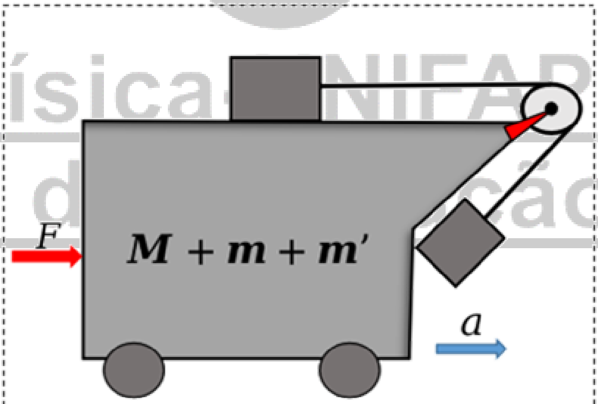
$$R = 2 * 2 * 10\frac{3}{5} \quad \rightarrow \quad R = 24N$$

$$\boldsymbol{a = 6m/s^2 \ e \ R = 24N}$$

Obs: a origem das coordenadas “x” e “y” é o centro geometrico dos blocos “A” e “B”.

Resposta: letra a.

27. Fazedendo D.C.L. dos corpos:



(a)

Na imagem (a), analisamos o sistema como um unico corpo.

Aplicando a 2ª lei e Newton $F_R = ma$, temos:

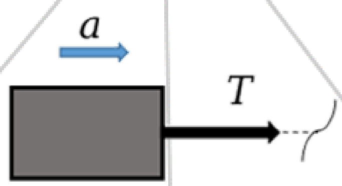
$$F = (M + m + m')a \ \ldots(1)$$

Eq.(1) equação do movimento do sistema, agora calcularemos a aceleração atraves das imagens (b) e (c).

Obs: como os blocos estão em quilíbro em relação ao carrinho então só terá a aceleração "a" do sistema.

Na imagem (b), aplicando a segunda lei de newton no bloco de massa "m":

T é a tensão no fio.



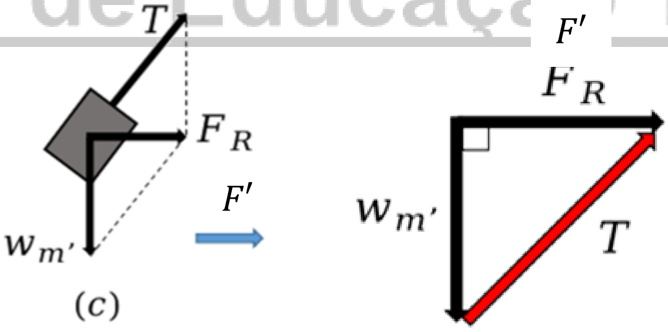
(b)

$$T = ma \ \ \ldots(2)$$

Como o bloco está em equilíbrio na direção de coordenada "y", então $\sum F_y = 0$, logo só restará o resultado da eq.(2).

Na imagem (c), aplicando o teorema de pitágoras no bloco de masas m', temos:

F' é a força resultante que impede o bloco de se mover, w_m é a força peso.



(c)

$$T^2 = w_{m'}{}^2 + F'^2 \ldots(3)$$

Aplicando a eq.(2) na eq.(3):

$$(ma)^2 = (m'g)^2 + (m'a)^2 \ \rightarrow \ m^2a^2 - m'^2a^2 = (m'g)^2 \ \rightarrow$$

$$\rightarrow \sqrt{a^2(m^2 - m'^2)} = m'g \ \rightarrow \ a\sqrt{m^2 - m'^2} = m'g$$

$$a = \frac{m'g}{\sqrt{m^2 - m'^2}} \ \ldots(4)$$

Aplicando a eq.(4) na eq.(1), obtemos:

$$F = (M + m + m')(\frac{m'g}{\sqrt{m^2 + m'^2}})$$

Substituindo os valores e calculando *"F"*, obtemos:

$$F = (\frac{M + m + m'}{\sqrt{m^2 + m'^2}})m'g$$

$$F = (\frac{20 + 5 + 3}{\sqrt{5^2 + 3'^2}})3'(10)$$

$$\boldsymbol{F = 144N}$$

Resposta: letra b.

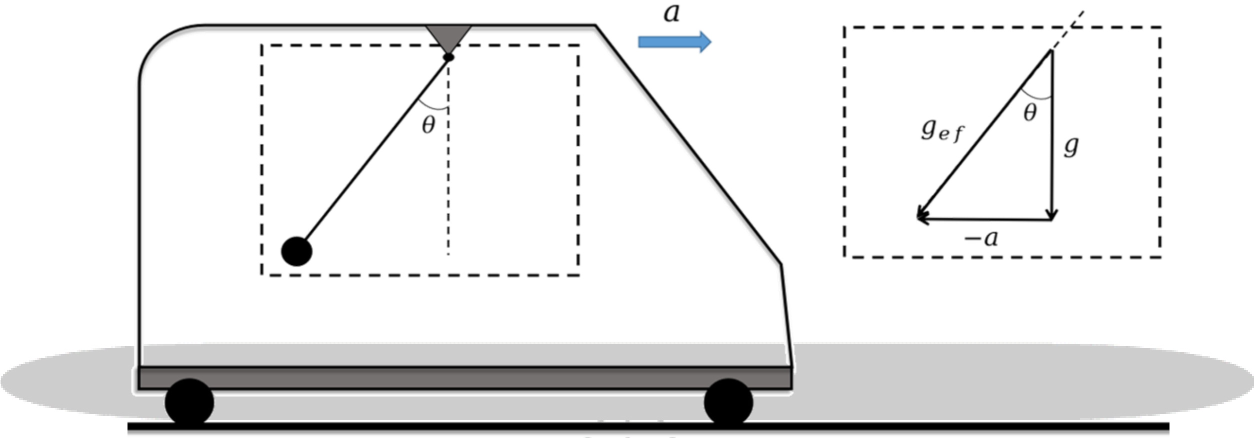
28. Antes de começarmos a resolver, devemos endender sobre o proncipio de equivalencia.

Todos os sistemas de referêncial não inercial com aceleração "a" em relação a terra tem um campo gravitacional local, equivalente para o campo criado pela terra.

A intensidade do campo gravitatorio local se denomina gravidade efetiva dada pela soma vetorial.

$$\vec{g}_{ef} = \vec{g} + (-\vec{a})$$

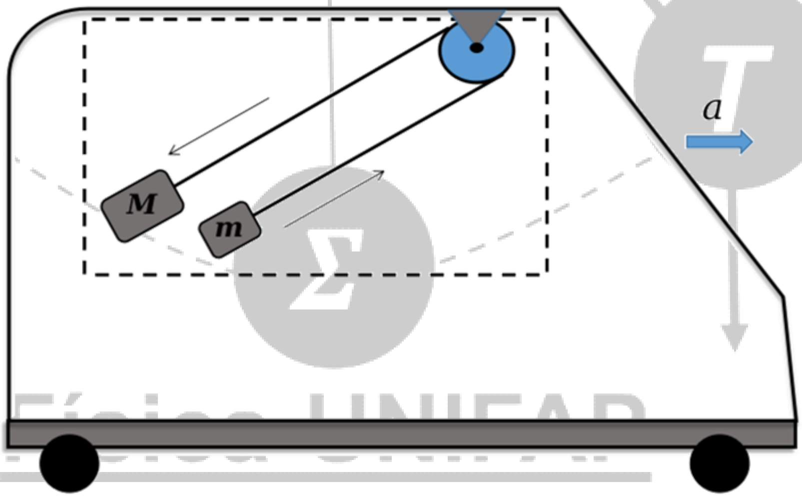
A aceleração tem sentido oposto ao sistema.



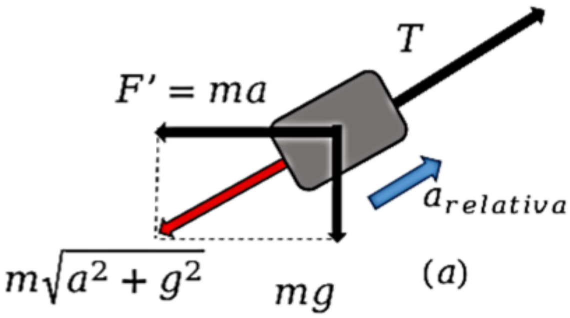
Na posição de equilíbrio relativo, o pendulo se encontra alinhado com a direção da gravidade efetiva.

Solução:

Analisando o sistema:



I. Na imagem (a). Fazendo o D.C.L. do bloco de massa *"m"* e aplicando a 2ª lei de Newton, temos:



$$F' = ma \ \rightsquigarrow \ força\ de\ inércia$$

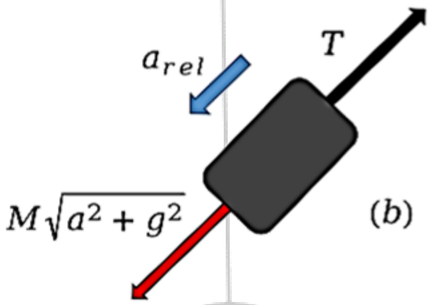
$$R = F' + mg : \ aplicando\ teorema\ de\ pitágoras$$

$$\rightsquigarrow \ R = m\sqrt{a^2 + g^2}$$

Pela 2ª lei de Newton, temos a lei do movimento relativo ao carrinho.

$$T - m\sqrt{a^2 + g^2} = ma_{rel} \ldots (1)$$

II. Na imagem (b). Fazendo D.C.L. do bloco “M”, temos:



Aplicando a 2ª lei de Newton, obtemos a lei do movimento relativo.

$$m\sqrt{a^2 + g^2} - T = Ma_{rel} \ \ldots (2)$$

Sistema de equações

$$\begin{cases} T - m\sqrt{a^2 + g^2} = ma_{rel} \ldots (1) \\ M\sqrt{a^2 + g^2} - T = Ma_{rel} \ldots (2) \end{cases}$$

Somando as equações (1) e (2):

$$M\sqrt{a^2 + g^2} - m\sqrt{a^2 + g^2} = ma_{rel} + Ma_{rel}$$

$$(M-m)\sqrt{a^2+g^2}=(m+M)a_{rel}$$

Subistituindo os valores e resolvendo a acaleração, temos:

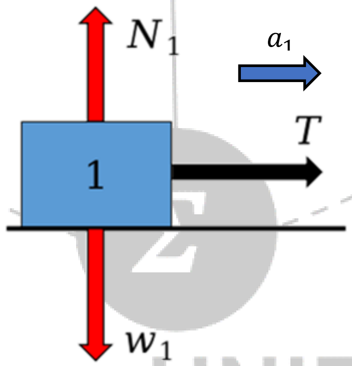
$$a_{rel}=\frac{(M-m)}{(m+M)}\sqrt{a^2+g^2} \rightsquigarrow a_{rel}=\frac{(3-2)}{(2+3)}\sqrt{10^2+10^2}$$

$$\boldsymbol{a_{rel}=2\sqrt{2}m/s^2}$$

Resposta: letra c.

29. Iniciaremos fazendo o D.C.L. de cada bloco e aplicaremos a segunda lei de Newton para os blocos e para polia móvel.

Bloco "1";

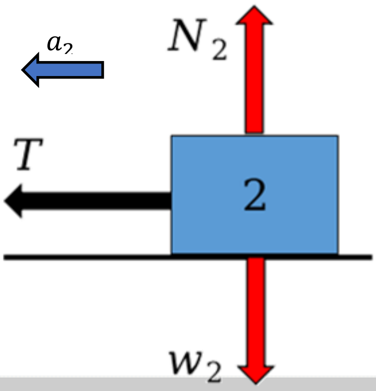


$$T=m_1a_1 \ \ldots(1)$$

Obs: como o bloco está em equilíbrio na direção de coordenda "y", então

$$\sum F_y=N_1-w_1=0$$

Bloco "2";

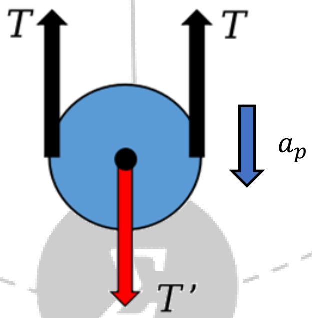


$$T = m_2 a_2 \ldots (2)$$

Obs: como o bloco está em equilíbrio na direção de coordenda "y", então

$$\sum F_y = N_2 - w_2 = 0$$

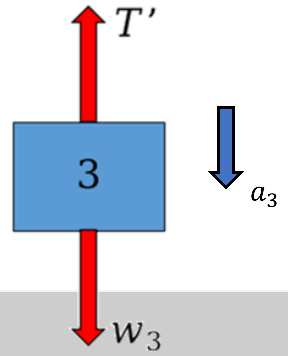
Polia movel;



$$T' - 2T = m_p a_p \; ; \; m_p \cong 0$$

$$T' - 2T = 0 \;\; \therefore \;\; T' = 2T \;\; \ldots (3)$$

Bloco “3”;



$$w_3 - T' = m_3 a_3 \;\; \rightarrow \;\; w_3 - 2T = m_3 a_3 \;\; \ldots (4)$$

Fazendo uma análise cinématica das acelerações:

eq. da polia movel $a_P = \frac{a_1 + a_2}{2}$; $a_p = a_3$.

Então temos:

$$a_3 = \frac{a_1 + a_3}{2} \;\; \rightarrow \;\; a_1 + a_2 - 2a_3 = 0 \;\; \ldots (5)$$

Sistema de equações:

$$\begin{cases} T = m_1 a_1 \\ T = m_2 a_2 \\ P_3 - 2T = m_3 a_3 \\ a_1 + a_2 - 2a_3 = 0 \end{cases}$$

Igualando as equações (1) e (2), e substituido eq.(2) na eq.(4), temos:

$$\begin{cases} m_1 a_1 = m_2 a_2 \\ m_3 g - 2m_2 a_2 = m_3 a_3 \\ a_1 + a_2 - 2a_3 = 0 \end{cases}$$

Organizando as equações:

$$\begin{cases} -m_1 a_1 + m_2 a_2 = 0 \\ 2m_2 a_2 + m_3 a_3 = m_3 g \\ a_1 + a_2 - 2a_3 = 0 \end{cases}$$

Tem se um sistema de equações independentes. Aplicando a regra de Cramer para encontrar as acelerações(incógnitas) por determinante:

$$det = \begin{vmatrix} -m_1 & m_2 & 0 \\ 0 & 2m_2 & m_3 \\ 1 & 1 & -2 \end{vmatrix} = 4m_1m_2 + m_2m_3 + m_3m_1$$

$$det(a_1) = \begin{vmatrix} 0 & m_2 & 0 \\ m_3g & 2m_2 & m_3 \\ 0 & 1 & -2 \end{vmatrix} = 2m_2m_3g$$

$$a_1 = \frac{det(a_1)}{det} = \frac{2m_2m_3g}{4m_1m_2 + m_2m_3 + m_3m_1}$$

$$det(a_2) = \begin{vmatrix} -m_1 & 0 & 0 \\ 0 & m_3g & m_3 \\ 1 & 0 & -2 \end{vmatrix} = 2m_1m_3g$$

$$a_2 = \frac{det(a_2)}{det} = \frac{2m_1m_3g}{4m_1m_2 + m_2m_3 + m_3m_1}$$

$$det(a_3) = \begin{vmatrix} -m_1 & m_2 & 0 \\ 0 & 2m_2 & m_3g \\ 1 & 1 & 0 \end{vmatrix} = m_2m_3g + m_1m_3g$$

$$a_3 = \frac{det(a_3)}{det} = \frac{(m_2m_3 + m_1m_3)g}{4m_1m_2 + m_2m_3 + m_3m_1}$$

Substituindo os valores das massas em cada aceleração e resolvendo $a_1, a_2\ e\ a_3$, obtemos;

$$a_1 = 4m/s^2$$
$$a_2 = 8m/s^2$$
$$a_3 = 6m/s^2$$

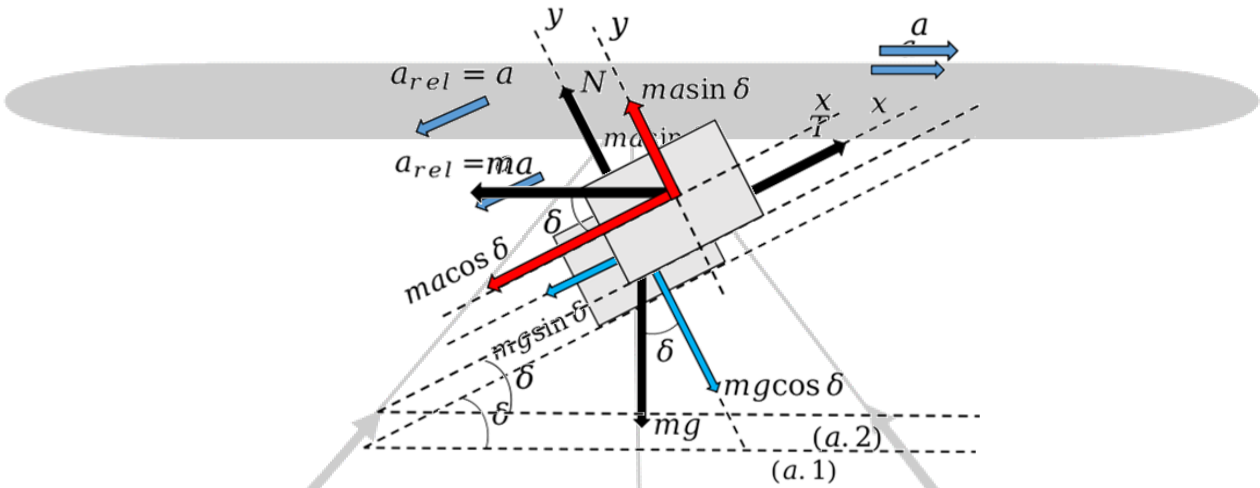
A tensão no fio ligado ao bloco "2" é encontrada pela eq.(2), substiuindo o valor da massa e da aceleração, temos:

$$T = m_2a_2\ \ldots(2)$$

$$\boldsymbol{T = 40N}$$

Resposta: letra d.

30. Fazendo o D.C.L. do bloco de massa *“m”* sobre o prisma em duas partes:



A aceleração do bloco de massa *“m”* é igual em magnitude da aceleração do prisma de massa *“M”*.

Nas imagem (a.1) e (a.2):

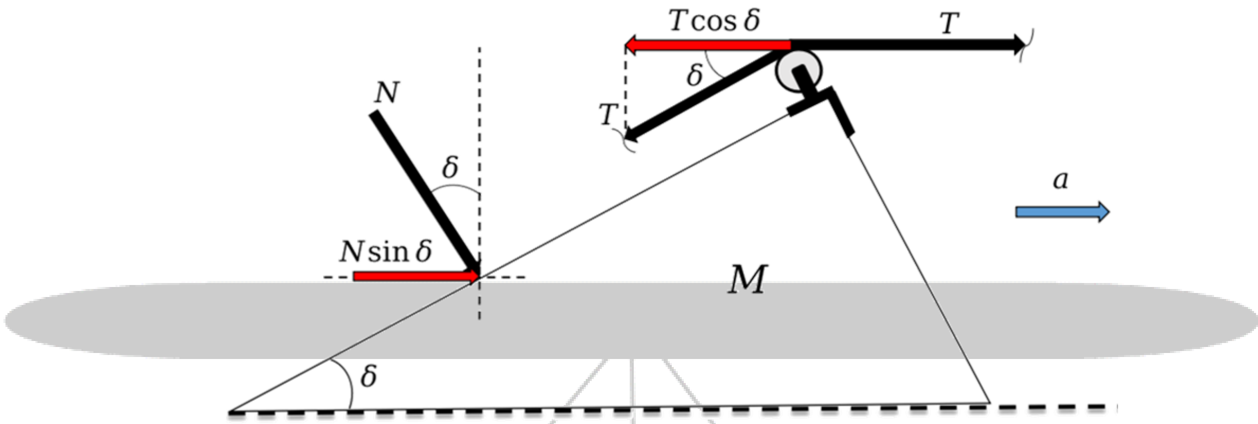
I. Aplicando a 2ª lei de Newton para direção de coordenada “x”

$$\sum F_x = mg\sin\delta + ma\cos\delta - T = ma \quad \ldots(1)$$

II. Como o bloco está em equilíbrio na direção de coordenada “y”, então

$$\sum F_y = 0 \quad \rightarrow \quad N + ma\,sin\,\delta = mg\,cos\,\delta \quad \ldots(2)$$

Na imagem (b): Fazendo o D.C.L. do prisma de massa *"M"*:



(b)

Aplicando a 2º lei de Newton para as forças na direção de coordenada "x":

$$\sum F_x = T - T\cos\delta + N\sin\delta = Ma \; \ldots(3)$$

Eq.(3) equação do movimento do prisma.

Agora isolando os termos *"N"* e *"T"* das equações (1) e (2):

Eq.(1) $T = mg\,sin\,\delta + ma\,cos\,\delta - ma \; \ldots(*)$

Eq.(2) $N = mg\,cos\,\delta - ma\,sin\,\delta \; \ldots(**)$

Portanto, aplicando as equações $(*)$ e $(**)$ na equação (3), e em seguida resolvendo para "a", obtemos:

$$(mg\,sin\,\delta + ma\,cos\,\delta - ma) - (mg\,sin\,\delta + ma\,cos\,\delta - ma)\,cos\,\delta + (mg\,cos\,\delta - ma\,sin\,\delta)\,sin\,\delta = Ma$$

$$mg\,sin\,\delta + ma\,cos\,\delta - ma - mg\,sin\,\delta\,cos\,\delta - ma\,cos^2\delta + ma\,cos\,\delta + mg\,cos\,\delta\,sin\,\delta - ma\,sin^2\delta = Ma$$

$$mg\,sin\,\delta + 2ma\,cos\,\delta - ma - ma\,cos^2\delta - ma\,sin^2\delta = Ma$$

$$mg\,sin\,\delta + 2ma\,cos\,\delta - ma - ma(sin^2\delta + cos^2\delta) = Ma$$

$$mg\,sin\,\delta + 2ma\,cos\,\delta - 2ma = Ma$$

$$mg\sin\delta = Ma - 2ma\cos\delta + 2ma$$

$$mg\sin\delta = Ma + 2ma(1-\cos\delta)$$

$$mg\sin\delta = a[M + 2m(1-\cos\delta)]$$

Substituindo os valores e calculando a aceleração:

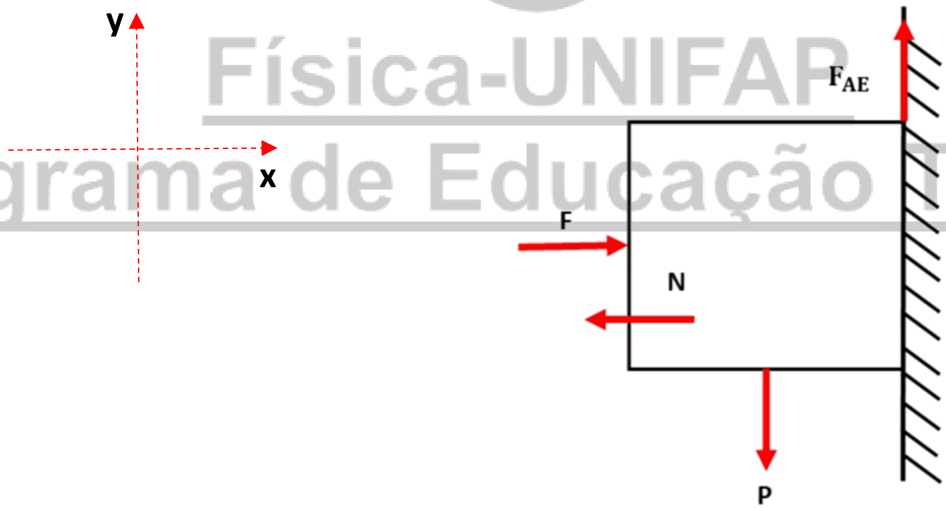
$$a = \frac{mg\sin\delta}{M + 2m(1-\cos\delta)} \; ; \; \cos 53° = \frac{3}{5}$$

$$a = \frac{20\,.10\frac{3}{5}}{64 + 2\,.20(1-\frac{3}{5})}$$

$$\boldsymbol{a = \frac{3}{2} m/s^2}$$

Resposta: letra e.

31. Primeiro como queremos o valor da força para o corpo estático usaremos o coeficiente de atrito estático para determinar essa força, primeiro fazemos D.C.L (diagrama de corpo livre) no bloco.



Aplicando a segunda lei de newton para as forças presentes na coordenada X e adotando $a_x = 0$

$$F_R = m \cdot a$$

$$F_{R_x} = m \cdot a_x$$

$$F - N = 0$$

$$F = N$$

Temos que a força aplicada será igual a força normal, agora aplicando a segunda lei de newton para as forças presentes na coordenada Y e adotando $a_y = 0$.

$$F_R = m \cdot a$$

$$F_{R_y} = m \cdot a_y$$

$$F_{AE} - P = m \cdot a_y$$

$$F_{AE} - P = 0$$

$$F_{AE} = P$$

Como sabemos $P = m \cdot g$ e $F_{AE} = \mu_{AE} \cdot N$, logo a equação pode ser reescrita da seguinte forma:

$$\mu_{AE} \cdot N = m \cdot g$$

Descobrimos inicialmente que $F = N$, então substituindo na equação,

$$\mu_{AE} \cdot F = m \cdot g$$

Aplicando os valores na equação.

$$0{,}20 \cdot F = 3{,}0 \cdot 10$$

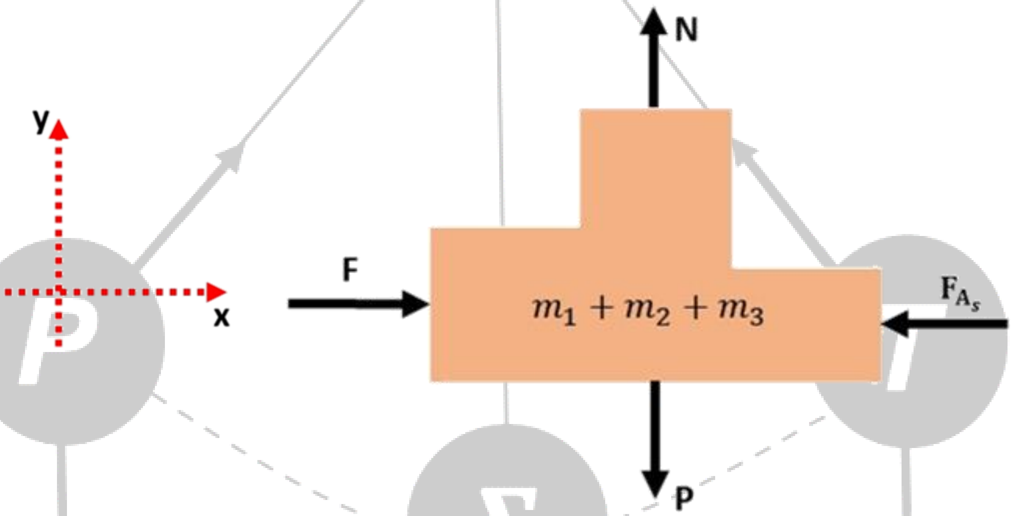
$$0{,}20 \cdot F = 30$$

$$F = \frac{30}{0{,}20}$$

$$\boldsymbol{F = 150N}$$

Resposta: letra a.

32. Primeiramente teremos que saber se o sistema está em repouso ou em movimento, para isso considerando todos os blocos como um só e faremos o D.C.L (diagrama de corpo livre) do corpo



Aplicando a 2° lei de newton para as forças presentes na coordenada Y e como não há movimento nesta coordenada adotamos $a_y = 0$, assim temos:

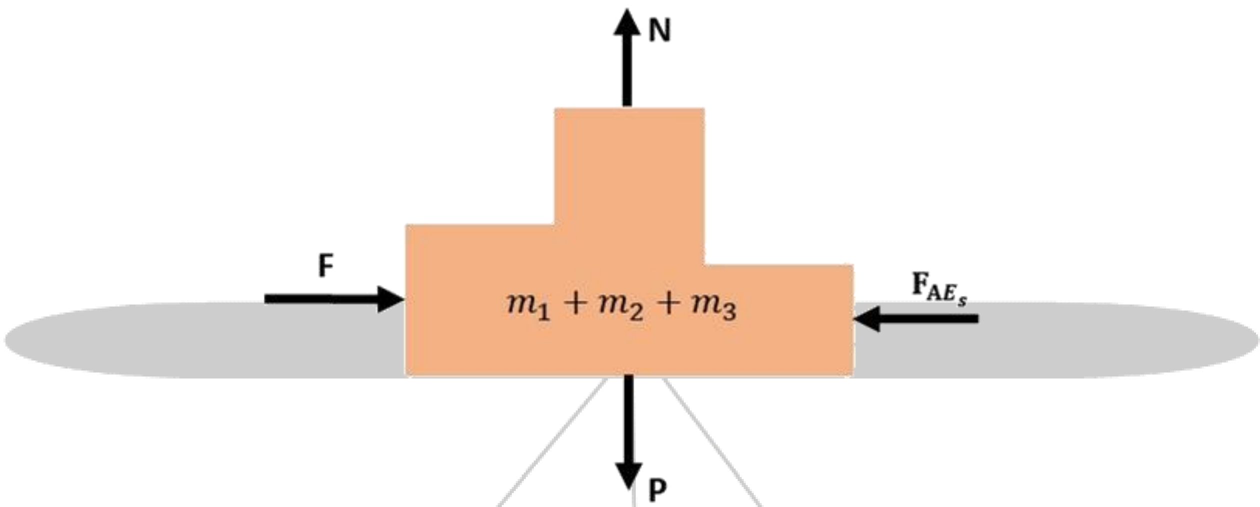
$$F_{R_y} = m_1 \cdot a_y$$

$$N - P = (m_1 + m_2 + m_3).0$$

$$N - P = 0$$

$$N = P$$

Agora calcularemos a força de atrito estático do sistema



$$F_{AE_s} = \mu_{AE} \,.\, N$$

Como acabamos de demonstra, N = P, então substituindo na equação

$$F_{AE_s} = \mu_{AE} \,.\, P$$

$$F_{AE_s} = \mu_{AE} * (m_1 + m_2 + m_3)g$$

$$F_{AE_s} = 0{,}15 \,.\, (1{,}00 + 2{,}50 + 0{,}5).\, 10{,}0$$

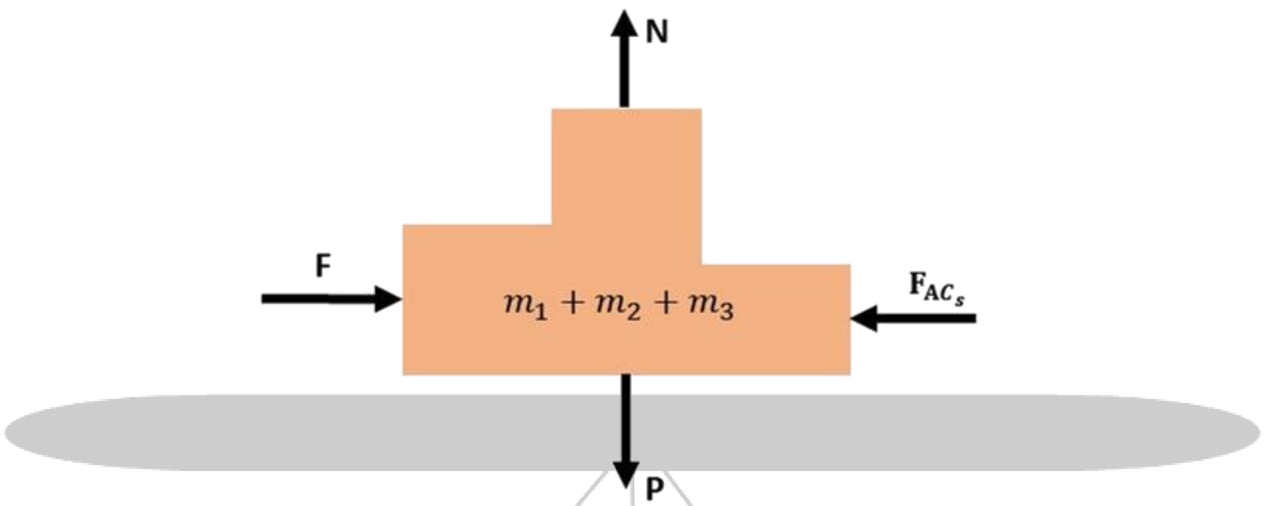
$$F_{AE_s} = 0{,}15 \,.\, 4{,}00 \,.\, 10{,}0$$

$$F_{AE_s} = 0{,}15 \,.\, 4{,}00 \,.\, 10{,}0$$

$$F_{AE_s} = 6N$$

Como a força exercida é maior que a força de atrito estático do sistema ($F > F_{at_s}$), concluímos que o sistema está em movimento, logo teremos que trabalhar com atrito cinético. Calculando o atrito cinético

$$F_{AC_s} = \mu_{AC} \,.\, N$$



Como vimos anteriormente, N = P, então substituindo na equação

$$F_{AC_s} = \mu_{AC} \, . \, P$$

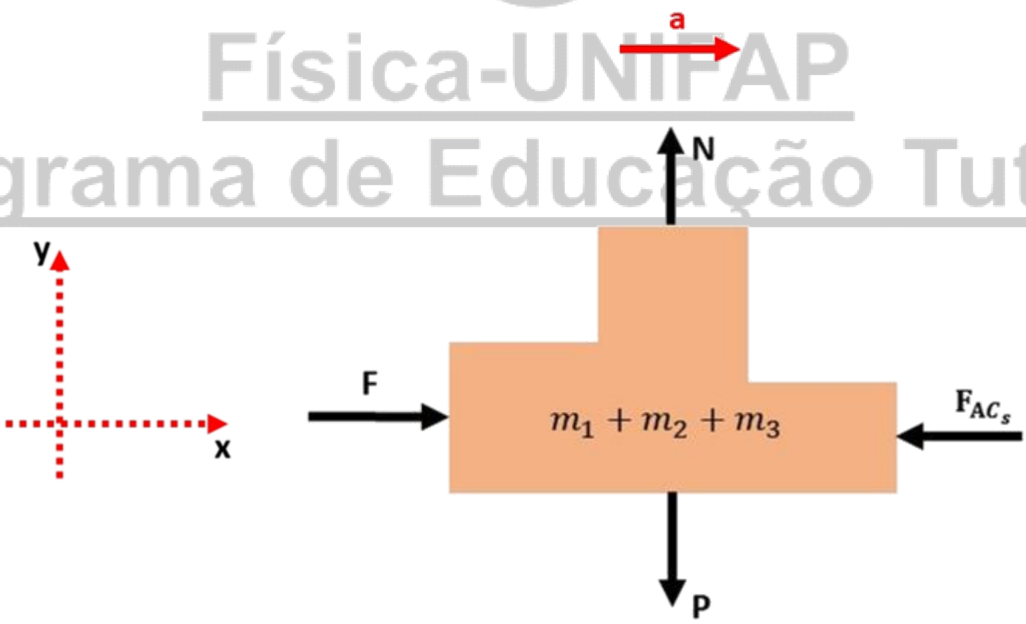
$$F_{AC_s} = \mu_{AC} \, . \, (m_1 + m_2 + m_3)g$$

$$F_{AC_s} = 0{,}10 \, . \, (1{,}00 + 2{,}50 + 0{,}5). \, 10{,}0$$

$$F_{AC_s} = 0{,}10 \, . \, 4{,}00 \, . \, 10{,}0$$

$$F_{AC_s} = 4N$$

Agora que já temos a força de atrito cinético vamos aplica a 2° lei de newton no sistema para encontramos a aceleração



$$\mathrm{F}_R = m\,.\,\mathrm{a}$$

$$\mathrm{F} - \mathrm{F}_{\mathrm{AC_s}} = (\mathrm{m}_1 + \mathrm{m}_2 + \mathrm{m}_3)\mathrm{a}$$

Aplicando os dados na equação.

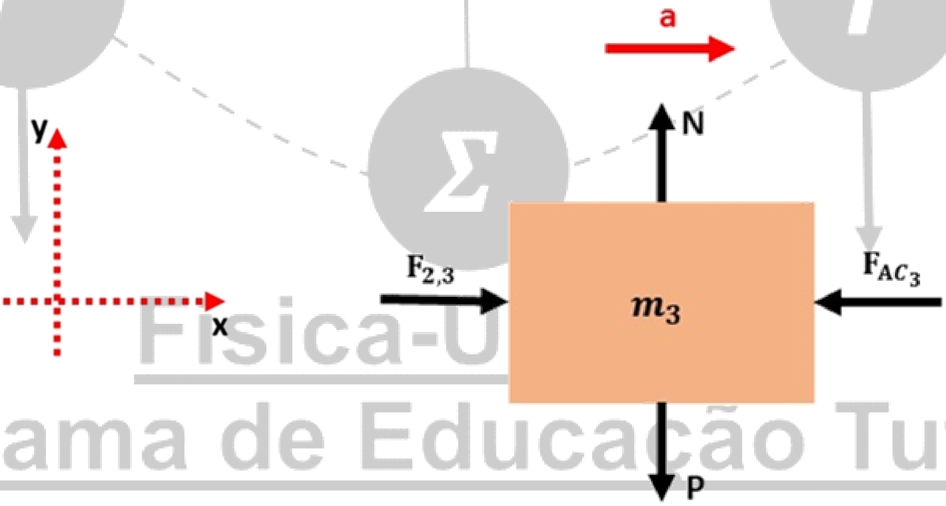
$$10{,}0 - 4{,}00 = 4\,.\,\mathrm{a}$$

$$\mathrm{a} = \frac{10{,}0 - 4{,}00}{4{,}00}$$

$$\mathrm{a} = \frac{6{,}00}{4{,}00}$$

$$\mathrm{a} = 1{,}50\ m/s^2$$

aplicando D.C.L (diagrama de corpo livre) para o bloco 3.



OBS: $F_{2,3}$ é referente a força que o bloco 2 faz no bloco 3.

Aplicando a 2° lei de newton no bloco 3.

$$F_R = m \cdot a$$

$$F_{2,3} - F_{AC_3} = m_3\, a$$

$$F_{2,3} - \mu_{AC} \,.\, N = m_3\, a$$

$$F_{2,3} - \mu_{AC} \,.\, P = m_3\, a$$

$$F_{2,3} - \mu_{AC} \,.\, m_3 g = m_3\, a$$

Substituindo os dados na equação.

$$F_{2,3} - 0{,}10 \,.\, 0{,}50 \,.\, 10{,}0 = 0{,}50 \,.\, 1{,}50$$

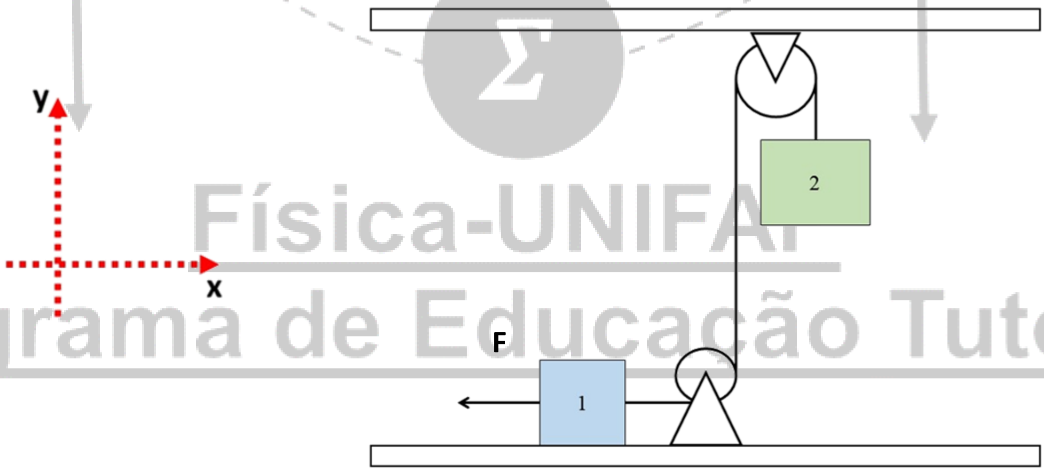
$$F_{2,3} - 0{,}5 = 0{,}75$$

$$F_{2,3} = 0{,}75 + 0{,}5$$

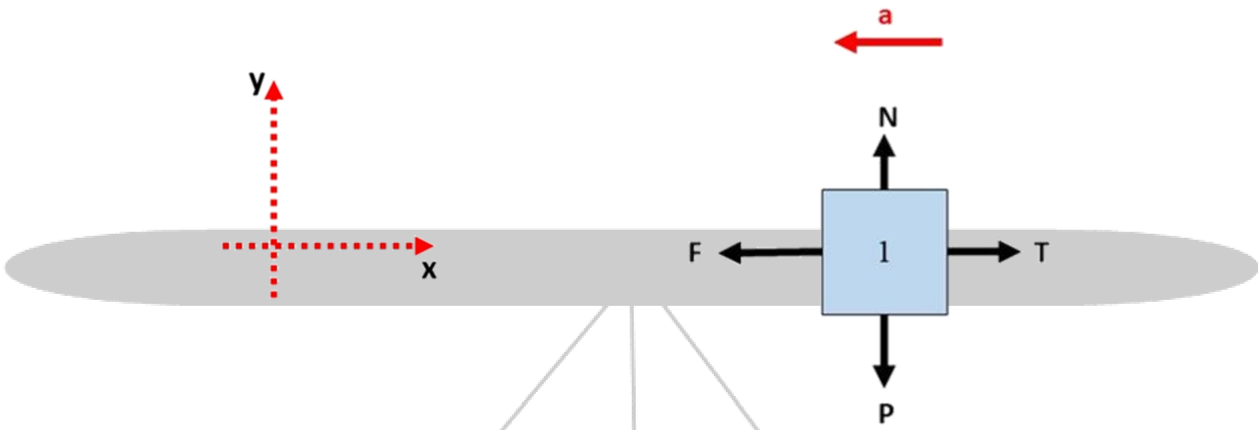
$$\boldsymbol{F_{2,3} = 1{,}25\ N}$$

Resposta: letra e.

33. Primeiramente iremos definir as direções de coordenadas X e Y para o sistema.



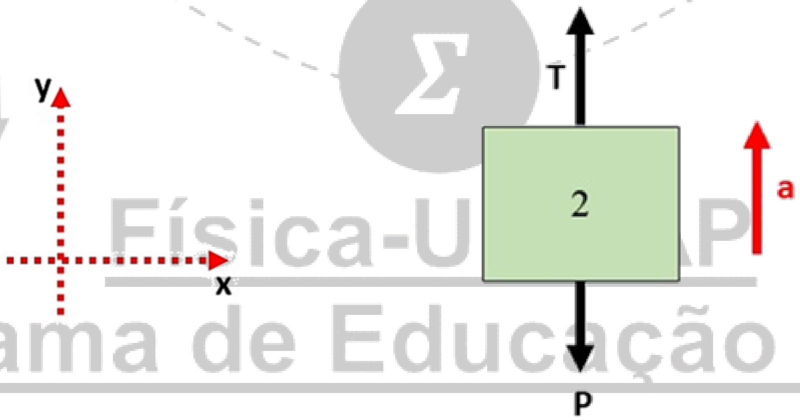
Usando o D.C.L (diagrama de corpo livre) para identifica as forças presentes no bloco 1 e depois aplicando a 2° lei de newton.



$$F_R = m_1 \cdot a$$

$$-F + T = -m_1 \cdot a$$

Como N = P, logo eles se anulam, por isso não aparecem na equação acima. Agora usando o D.C.L (diagrama de corpo livre) para identifica as forças presentes no bloco 2 e depois aplicando a 2° lei de newton.



$$F_R = m_2 \cdot a$$

$$T - P = m_2 \cdot a$$

$$T - m_2 g = m_2 \cdot a$$

Para encontrarmos a aceleração do sistema, faremos um sistema de equações pelo método de adição.

$$+\begin{cases} -\mathrm{F} + \mathrm{T} = -m_1 \cdot \mathrm{a} \\ \mathrm{T} - m_2\mathrm{g} = m_2 \cdot \mathrm{a} \end{cases}$$

Isolando a tensão nas duas equações e multiplicando a equação de cima por menos um.

$$+\begin{cases} (\mathrm{T} = \mathrm{F} - m_1 \cdot \mathrm{a})\ .-1 \\ \mathrm{T} = m_2\mathrm{g} + m_2 \cdot \mathrm{a} \end{cases}$$

Ficara da seguinte forma:

$$+\begin{cases} -\mathrm{T} = -\mathrm{F} + m_1 \cdot \mathrm{a} \\ \mathrm{T} = m_2\mathrm{g} + m_2 \cdot \mathrm{a} \end{cases}$$

Eliminando as tensões e somando o resto da equação.

$$+\begin{cases} 0 = -\mathrm{F} + m_1 \cdot \mathrm{a} \\ 0 = m_2\mathrm{g} + m_2 \cdot \mathrm{a} \end{cases}$$

$$0 + 0 = -\mathrm{F} + m_1 \cdot \mathrm{a} + m_2\mathrm{g} + m_2 \cdot \mathrm{a}$$

$$0 = -\mathrm{F} + m_1 \cdot \mathrm{a} + m_2\mathrm{g} + m_2 \cdot \mathrm{a}$$

Como queremos somente a aceleração, isolaremos ela

$$\mathrm{F} - m_2\mathrm{g} = m_1 \cdot \mathrm{a} + m_2 \cdot \mathrm{a}$$

Veja que aceleração é a mesma, então vamos colocá-la em evidência.

$$\mathrm{F} - m_2\mathrm{g} = (m_1 + m_2)\mathrm{a}$$

Passando $(m_1 + m_2)$ para o outro lado teremos a aceleração.

$$\frac{\mathrm{F} - m_2\mathrm{g}}{m_1 + m_2} = \mathrm{a} \qquad \text{ou} \qquad \mathrm{a} = \frac{\mathrm{F} - m_2\mathrm{g}}{m_1 + m_2}$$

Agora substituindo os valores na equação.

$$a = \frac{F - m_2 g}{m_1 + m_2}$$

$$a = \frac{50 - 2\,.10}{1 + 2}$$

$$a = \frac{30}{3}$$

$$a = 10\,m/s^2$$

Agora que temos a aceleração podemos encontrar a tensão, como sabemos os dois blocos estão ligados por um mesmo fio, logo podemos usar qualquer uma das equações para encontra a tensão do fio. Usando a equação do bloco 2.

$$T - m_2 g = m_2 \cdot a$$

$$T = m_2 \cdot a + m_2 g$$

$$T = m_2 (a + g)$$

Aplicando os valores, temos:

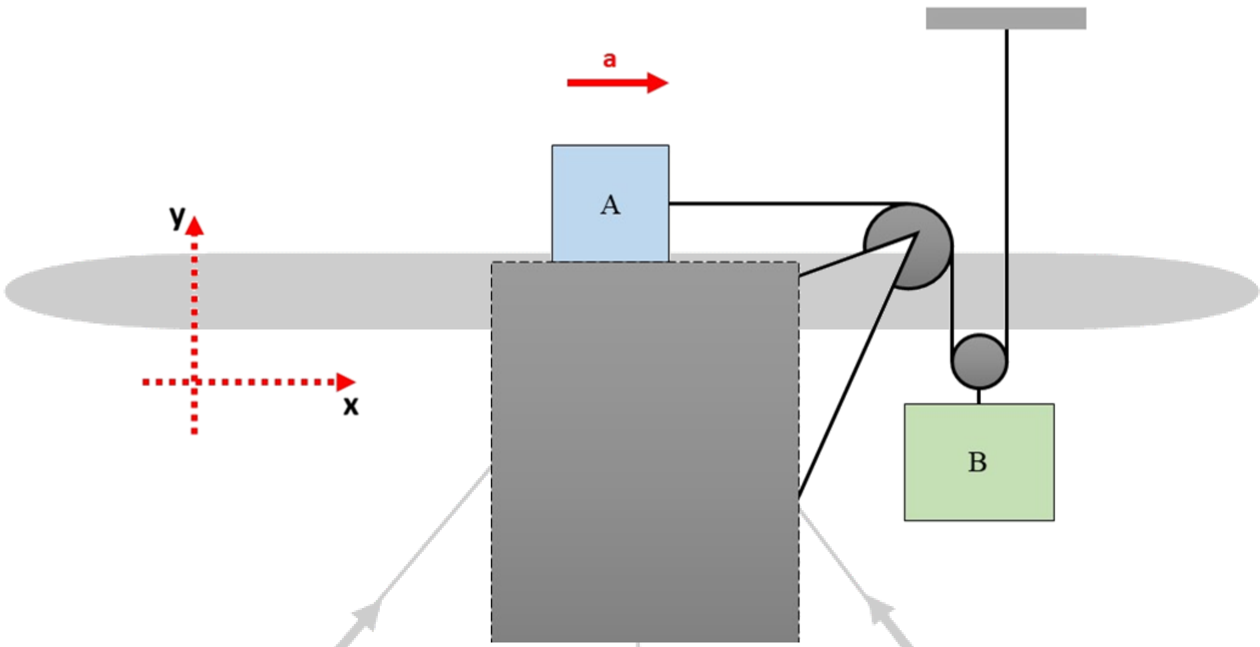
$$T = 2(10 + 10)$$

$$T = 2(20)$$

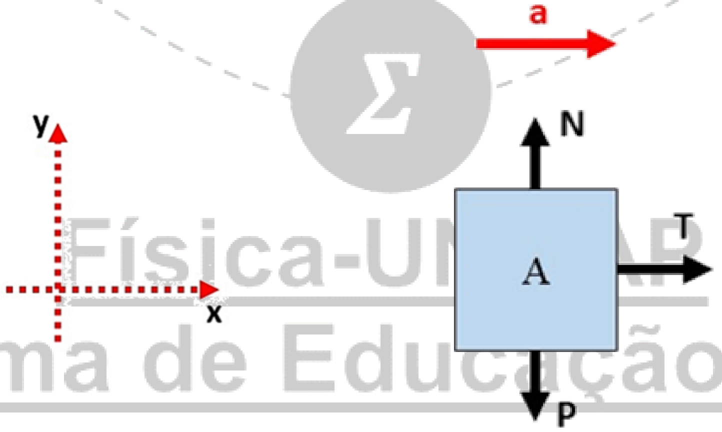
$$\boldsymbol{T = 40N}$$

Resposta: letra c.

34. Primeiramente iremos definir as direções de coordenadas X e Y para o sistema.



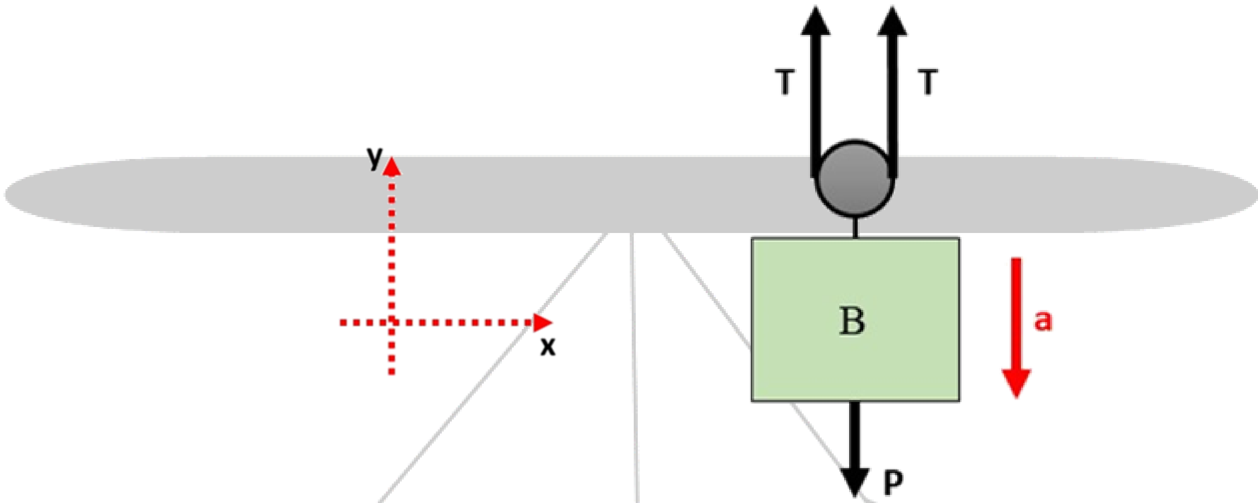
usando o D.C.L (diagrama de corpo livre) para identifica as forças presentes no bloco A e depois aplicando a 2° lei de newton.



$$F_R = m_1 \cdot a$$

$$T = m_1 \cdot a$$

Como N = P, logo eles se anulam, por isso não aparecem na equação acima. Agora usando o D.C.L (diagrama de corpo livre) para identifica as forças presentes no bloco B e depois aplicando a 2° lei de newton.



$$F_R = m_1 \cdot a$$

$$T + T - P = -m_2 \cdot a$$

$$2T - m_2 g = -m_2 \cdot a$$

Para encontrarmos a aceleração do sistema, faremos um sistema de equações e resolveremos pelo método de adição.

$$+\begin{cases} T = m_1 \cdot a \\ 2T - m_2 g = -m_2 \cdot a \end{cases}$$

Isolando a tensão nas duas equações e multiplicando a equação de cima por menos dois.

$$+\begin{cases} (T = m_1 \cdot a) * -2 \\ 2T = m_2 g - m_2 \cdot a \end{cases}$$

$$+\begin{cases} -2T = -2m_1 \cdot a \\ 2T = m_2 g - m_2 \cdot a \end{cases}$$

Eliminando as tensões e somando o resto da equação.

$$+\begin{cases} 0 = -2m_1 \cdot \text{a} \\ 0 = m_2\text{g} - m_2 \cdot \text{a} \end{cases}$$

$$0 + 0 = -2m_1 \cdot \text{a} + m_2\text{g} - m_2 \cdot \text{a}$$

$$0 = -2m_1 \cdot \text{a} + m_2\text{g} - m_2 \cdot \text{a}$$

Como queremos somente a aceleração, isolaremos ela

$$2m_1 \cdot \text{a} + m_2 \cdot \text{a} = m_2\text{g}$$

Veja que aceleração é a mesma, então vamos colocá-la em evidência.

$$\text{a}(2m_1 + m_2) = m_2\text{g}$$

Passando $(2m_1 + m_2)$ para o outro lado teremos a aceleração.

$$\text{a} = \frac{m_2\text{g}}{2m_1 + m_2}$$

Agora substituindo os valores na equação,

$$\text{a} = \frac{m_2\text{g}}{2m_1 + m_2}$$

$$\text{a} = \frac{6\,.\,10}{2\,.\,4 + 6}$$

$$\text{a} = \frac{60}{8 + 6}$$

$$\text{a} = \frac{60 \div 2}{14 \div 2}$$

$$\text{a} = \frac{30}{7}$$

$$\text{a} = 4{,}2\, m/s^2$$

Agora que temos a aceleração podemos encontrar a tensão, como sabemos os dois blocos estão ligados por um mesmo fio, logo podemos usar qualquer uma das equações para encontra a tensão do fio. Usando a equação do bloco A.

$$T = m_1 \cdot a$$

Aplicando os valores, temos:

$$T = 4 \,.\, \frac{30}{7}$$

$$T = \frac{4}{1} \,.\, \frac{30}{7}$$

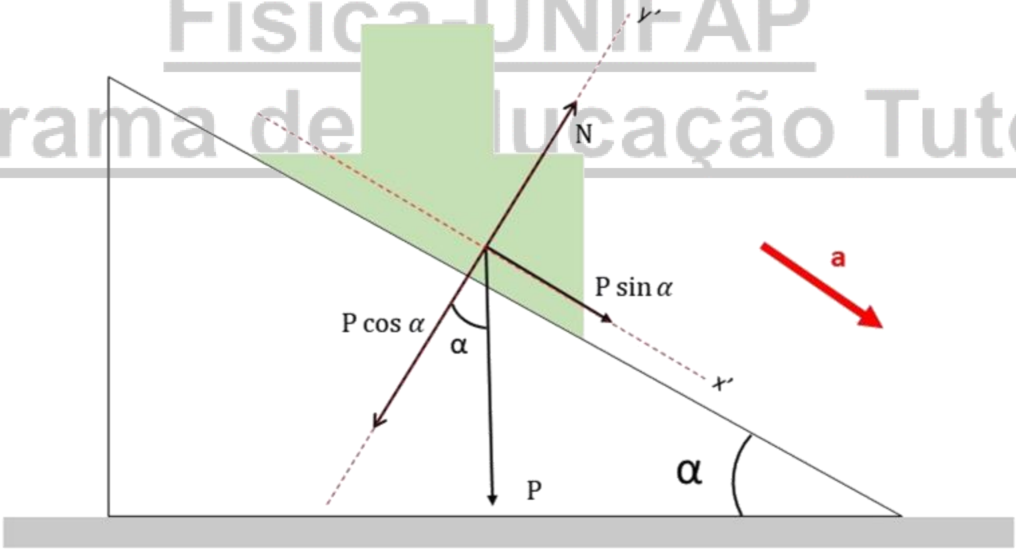
$$T = \frac{4\,.\,30}{1\,.\,7}$$

$$T = \frac{120}{7}$$

$$\boldsymbol{T = 17,1N}$$

Resposta: letra d.

35. Primeiramente como os corpos 1 e 2 move-se juntos com a mesma aceleração resultante $\vec{a}$, podemos inicialmente considerá-los como um único corpo e determina a aceleração do sistema. Agora usando o D.C.L (diagrama



de corpo livre) para identifica as forças presentes no bloco 1+2 e depois aplicando a 2° lei de newton.

Veja que o peso foi decomposto em suas componentes $P_{y'} = P\cos\alpha$ e $P_{x'} = P\sin\alpha$, e, também que $P\cos\alpha$ é igual N, logo não haverá movimento na coordenada y', somente na coordenada x', logo a única força que atua no movimento do bloco será $P\sin\alpha$, deste modo:

$$F_R = m_1 \cdot a$$

$$P\sin\alpha = (m_1 + m_2) \cdot a$$

$$(m_1 + m_2) g \sin\alpha = (m_1 + m_2) \cdot a$$

$$\frac{\cancel{(m_1 + m_2)} g \sin\alpha}{\cancel{(m_1 + m_2)}} = a$$

$$g\sin\alpha = a \quad \text{ou} \quad a = g\sin\alpha$$

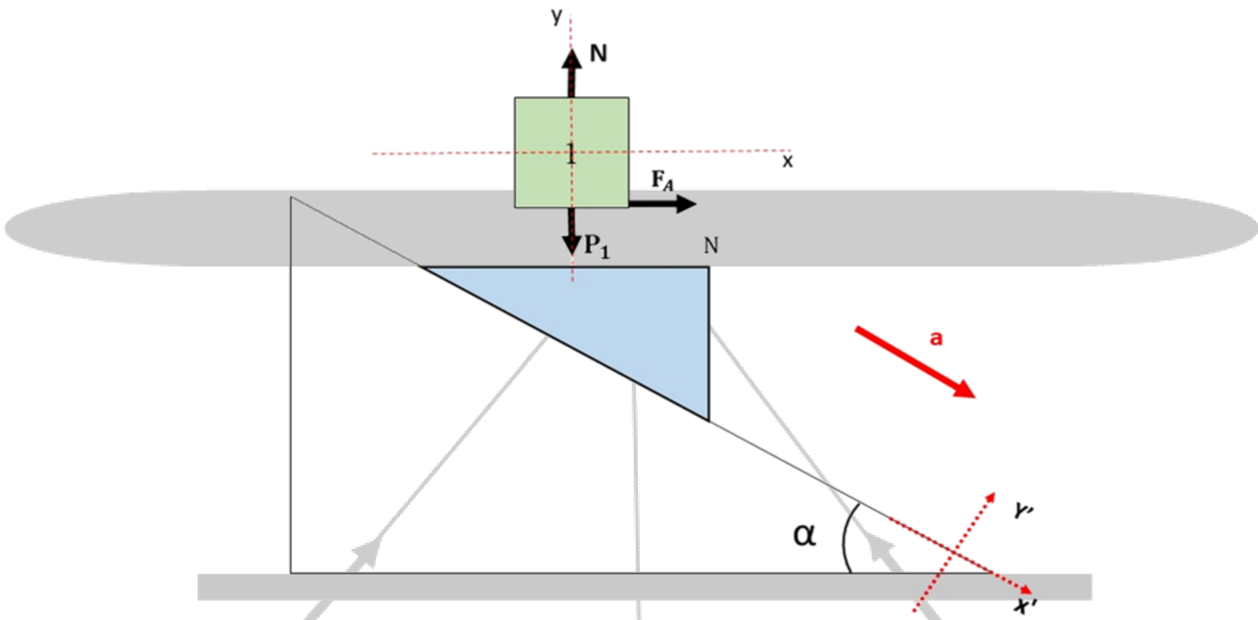
assim obtemos a aceleração do sistema, agora aplicando os dados na equação

$$a = g\sin\alpha$$

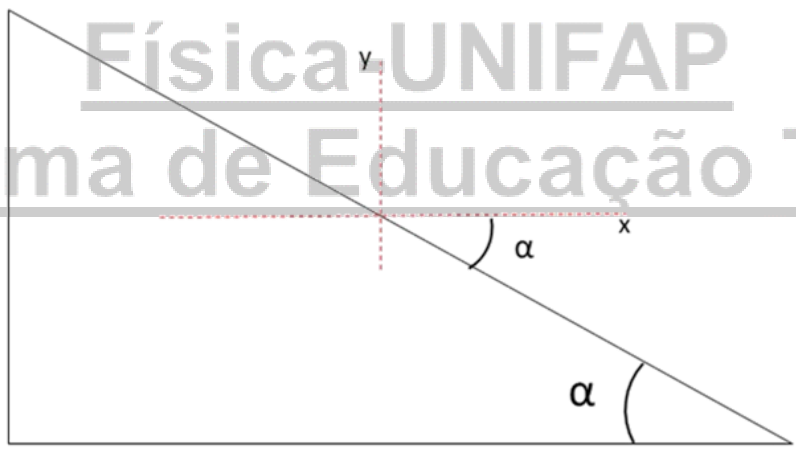
$$a = 10\,.\,0{,}6$$

$$a = 6\,m/s^2$$

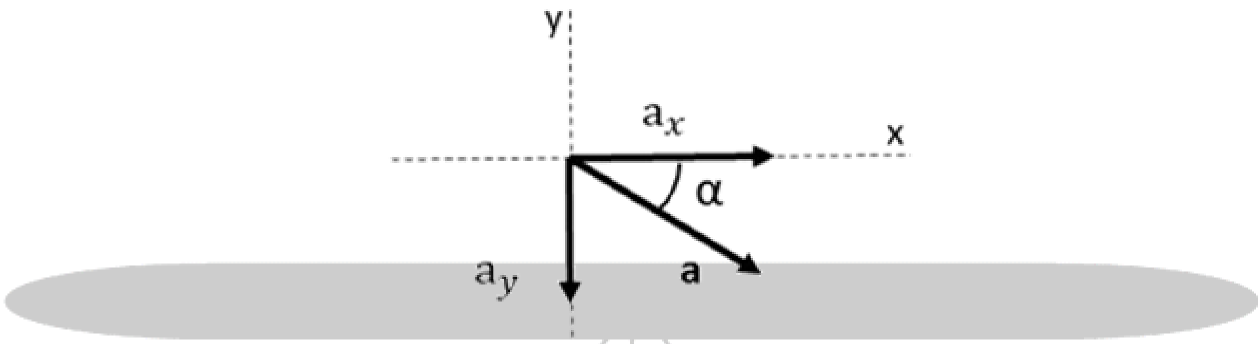
logo, o bloco e a primas compartilham dessa mesma aceleração de $6\,m/s^2$. Aplicando o D.C.L (diagrama de corpo livre) para identifica as forças presentes no bloco 1.



Mas, veja que a aceleração resultante não está mesma coordenada que o bloco 1, deste modo devemos decompor a aceleração, porém, para isso devemos encontra o ângulo que a aceleração faz com a coordenada do bloco 1, para isso usaremos a “regra do *Z*” dos ângulos alternos internos.



aplicando isso a aceleração e depois decompondo, temos:



$$a_x = a\cos\alpha$$

$$a_y = a\sin\alpha$$

Aplicando agora a 2° lei de newton para forças atuantes na componente X, vamos obter a força atrito atuante no bloco.

$$F_{R_x} = m_1 \cdot a_x$$

$$F_A = m_1 \cdot (a\cos\alpha)$$

$$F_A = 10 \cdot (6\,.\,0{,}8)$$

$$F_A = 10\,.\,4{,}8$$

$$F_A = 48N$$

Aplicando a 2° lei de newton para forças atuantes na componente Y, vamos obter a força normal atuante no bloco 1.

$$F_{R_y} = m_1 \cdot a_y$$

$$N - P_1 = -m_1 \cdot (a\sin\alpha)$$

$$N - m_1 g = -m_1 \cdot (a\sin\alpha)$$

$$N - 10\,.\,10 = -10 \cdot (6\,.\,0{,}6)$$

$$N - 100 = -10\,.\,3{,}6$$

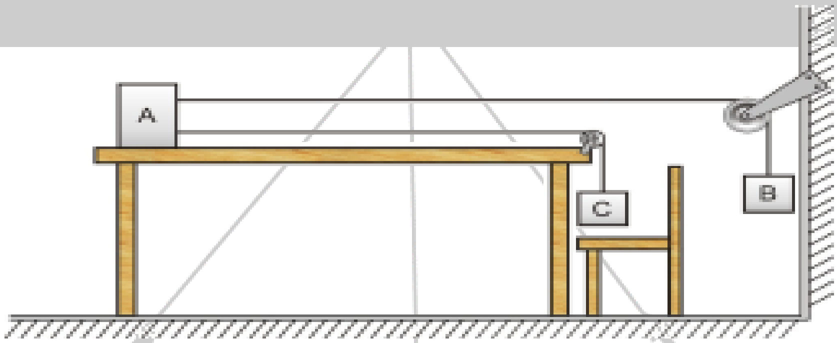
$$N - 100 = -36$$

$$N = 100 - 36$$

$$\boldsymbol{N = 64N}$$

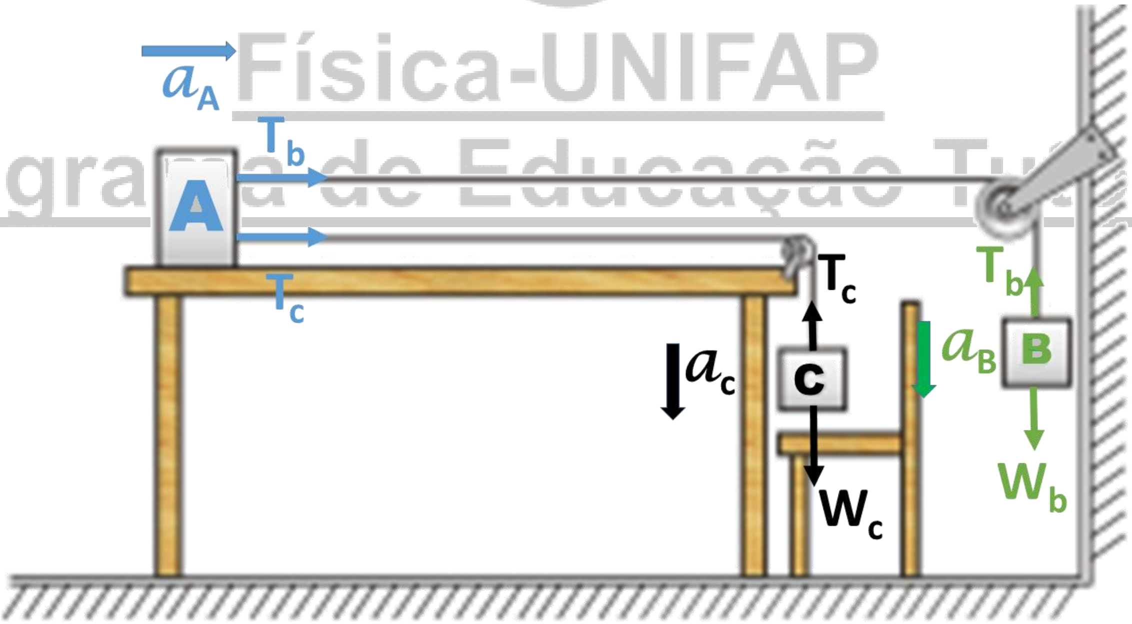
Resposta: letra b.

36. Na figura abaixo há duas situações que precisam ser analisadas, na primeira situação os blocos C e B estão descendo e verticalmente e puxando o bloco A, na segunda situação o bloco C desceu e se apoiou na cadeira, assim o bloco A passou a ser puxado apenas pelo bloco B. A questão pede a razão entre a tensão no fio que liga os blocos A e B na segunda e na primeira situação, ou seja, T'_b/T_b.

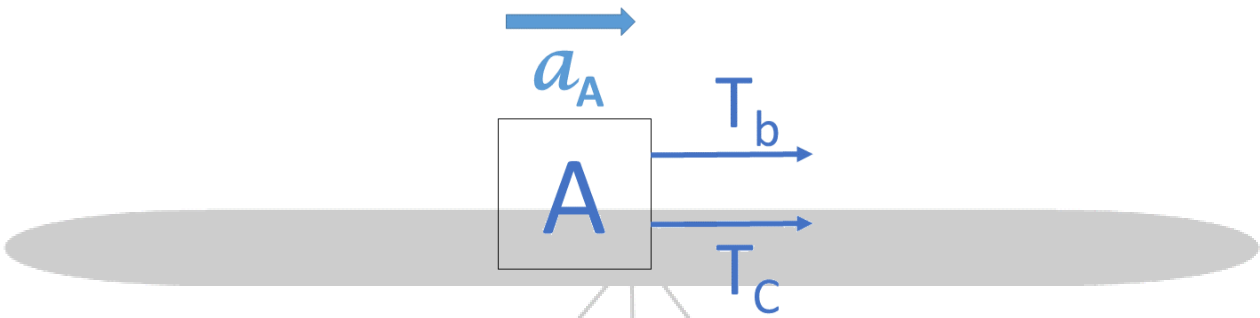


Lembrando que a massa dos blocos são a mesma e a aceleração dos blocos também são as mesmas, pois se os blocos tivessem acelerações diferentes um dos fios não ficaria tensionado.

Inicialmente começaremos identificando as forças que atuam no sistema na primeira situação:



Separando os blocos. Para o bloco A, temos:

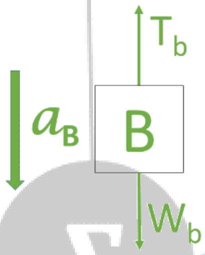


Pela segunda lei de Newton, temos:

$$F_R = m.a$$

$$T_c + T_b = ma \ldots (1)$$

Para o bloco B, temos:



Pela segunda lei de Newton, temos:

$$F_R = m.a$$

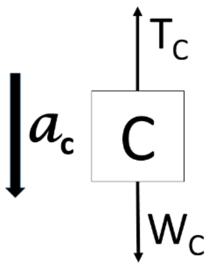
$$W_b - T_b = ma$$

Como sabemos que o peso é dado pelo produto da massa pela gravidade, a expressão acima ficará da seguinte maneira:

$$W_b - T_b = ma$$

$$\mathrm{mg} - \mathrm{T_b} = \mathrm{ma} \ldots (2)$$

Para o bloco C, temos:



Pela segunda lei de Newton, temos:

$$F_R = m.a$$

$$W_c - T_c = ma$$

$$\mathrm{mg} - \mathrm{T_c} = \mathrm{ma} \ldots (3)$$

Para isolar T_b começaremos somando a equação (1) com (3):

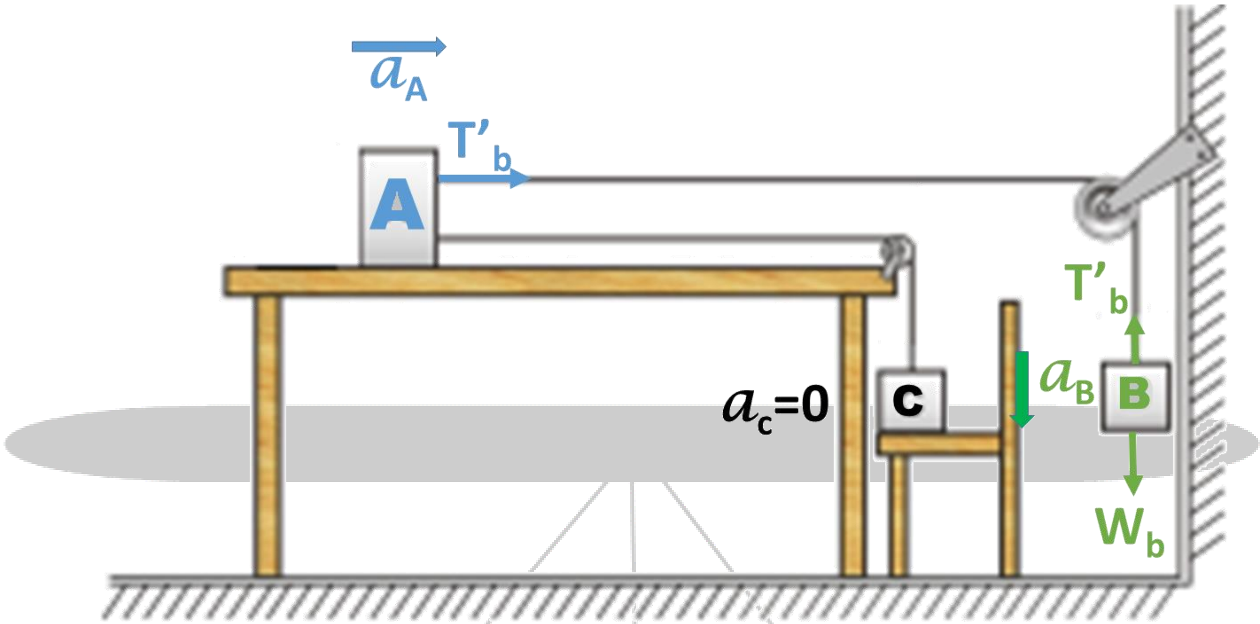
$$\begin{cases} \mathrm{T_c} + \mathrm{T_b} = \mathrm{ma} \\ \mathrm{mg} - \mathrm{T_c} = \mathrm{ma} \end{cases} \rightarrow \mathrm{mg} + \mathrm{T_b} = 2\mathrm{ma} \ldots (4)$$

Agora somaremos (4) com (2) porém para facilitar os cálculos multiplicaremos por (-2) a equação (2):

$$\begin{cases} -2(mg - T_b = ma) \\ \quad mg + T_b = 2ma \end{cases} \rightarrow \begin{cases} -2mg + 2T_b = -2ma \\ \quad mg + T_b = 2ma \end{cases}$$

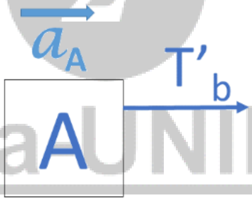
$$-\mathrm{mg} + 3\mathrm{T_b} = 0 \rightarrow 3\mathrm{T_b} = \mathrm{mg} \rightarrow \mathrm{T_b} = \frac{\mathrm{mg}}{3} \ldots (5)$$

Agora analisando a situação 2, que acontece quando o bloco C já está apoiado sobre a cadeira:



Perceba que agora a tensão T_b e a aceleração *a* dos blocos A e B são diferentes da primeira situação, pois na primeira situação os blocos C e B estavam puxando o bloco A, já na segunda situação o bloco A está sendo puxado apenas pelo bloco B, então chamaremos a tensão de T'_b e aceleração de a'. E também é importante entender que como o bloco C está apoiado sobre a cadeira, logo o fio não está tensionado, ou seja, nessa situação o T_c=0.

Separando os blocos. Para o bloco A, teremos:

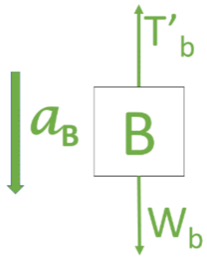


Pela segunda lei de Newton, temos:

$$F_R = m.a$$

$$T'_b = ma' \dots (6)$$

Para o bloco B, temos:



Pela segunda lei de Newton, temos:

$$F_R = m.a$$

$$W_b - T'_b = ma'$$

$$\mathrm{mg} - \mathrm{T'_b} = \mathrm{ma'} \ldots (7)$$

Igualando (6) com (7) pode-se isolar T'$_b$:

$$\begin{cases} T'_b = ma' \\ mg - T'_b = ma' \end{cases} \rightarrow T'_b = mg - T'_b$$

$$T'_b + T'_b = mg \rightarrow 2T'_b = mg$$

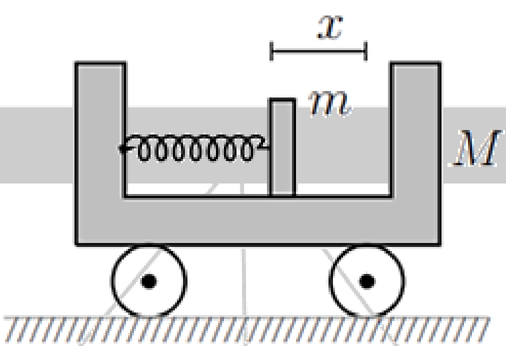
$$\mathrm{T'_b} = \frac{\mathrm{mg}}{2} \ldots (8)$$

Para finalizar, basta fazer T'$_b$/T$_b$, que é a equação (8) sobre a equação (5) que encontramos:

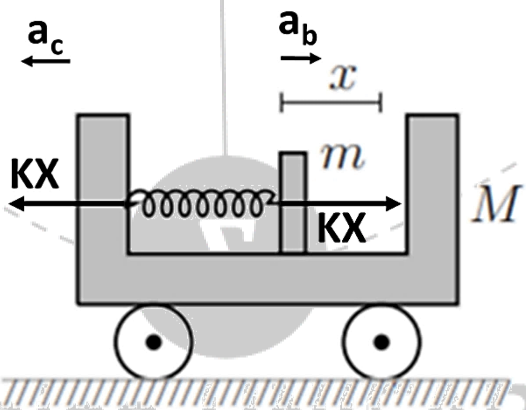
$$\boldsymbol{\frac{T'_b}{T_b} = \frac{\frac{mg}{2}}{\frac{mg}{3}} = \frac{mg}{2} \cdot \frac{3}{mg} \rightarrow \frac{T'_b}{T_b} = \frac{3}{2}}$$

Resposta: letra c.

37. Na figura abaixo a mola encontra-se comprimida, com isso é formado uma par ação e reação, onde a força elástica causada pela mola empurra o carro para a esquerda e ao mesmo tempo a força elástica de mesma intensidade empurra o bloco para a direita.



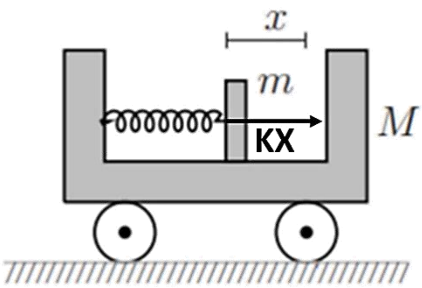
Ao identificarmos a aceleração do carrinho (a_c), aceleração do bloco (a_b) e forças que estão atuando sobre o carrinho, teremos o seguinte diagrama de forças:



No problema é pedido a aceleração do carrinho relativo ao bloco, como suas acelerações estão em sentidos opostos, então a aceleração relativa (a_r) entre eles é igual a soma das duas acelerações. Logo:

$$a_r = a_b + a_c \ldots (1)$$

Analisando apenas as forças atuantes no bloco:



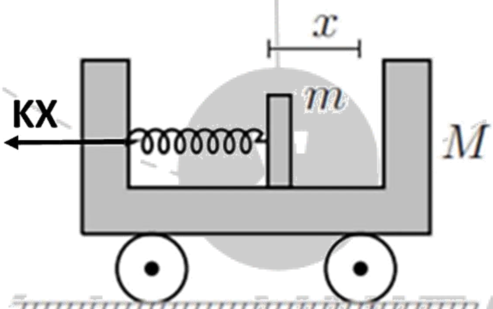
Aplicando a segunda lei de Newton no bloco:

$$F_R = m.a$$

$$F_R = ma_b \rightarrow kx = ma_b$$

$$\mathrm{a_b} = \frac{\mathrm{kx}}{\mathrm{m}} \ldots (2)$$

Analisando apenas as forças atuantes no carrinho:



Aplicando a segunda lei de Newton no carrinho:

$$F_R = Ma_c \rightarrow kx = Ma_c$$

$$\mathrm{a_c} = \frac{\mathrm{kx}}{\mathrm{M}} \ldots (3)$$

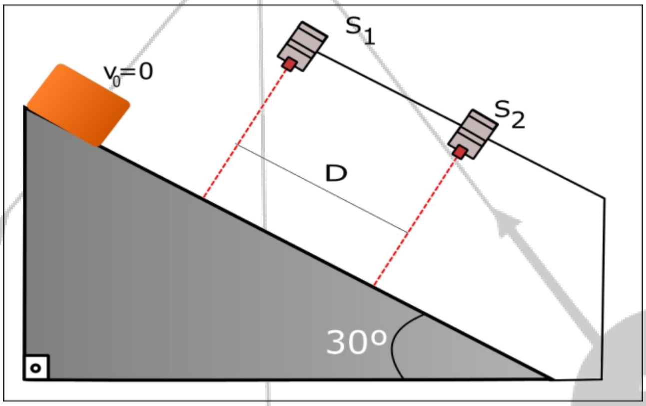
Para finalizar basta substituir (2) e (3) em (1):

$$a_r = a_b + a_c \ \rightarrow a_r = \frac{kx}{m} + \frac{kx}{M}$$

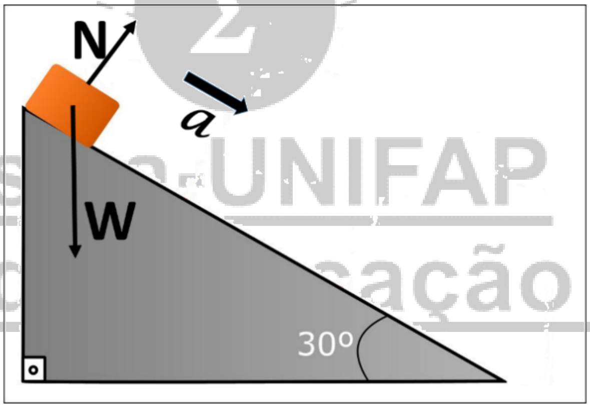
$$a_r = \frac{Mkx + mkx}{Mm} \rightarrow a_r = \frac{kx(M+m)}{Mm}$$

Resposta: letra e.

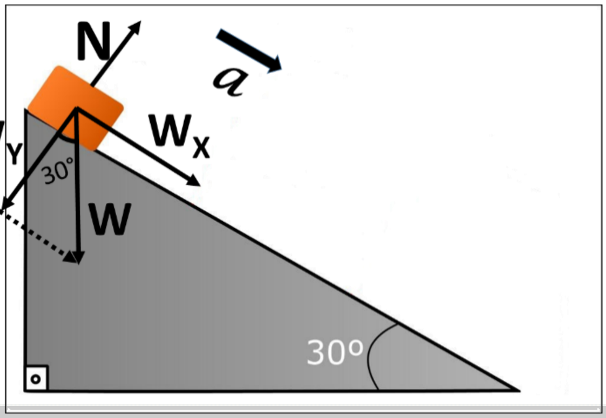
38. Na situação abaixo o bloco é solto do repouso e passa pelo sensor 1 (S1) no tempo de 1s e passa pelo sensor 2 (S2) no tempo de 3s, e devemos descobrir a distância entre os dois sensores como ilustrado na abaixo:



Para começar iremos analisar as forças atuantes no bloco:



Só há duas forças atuando sobre o bloco, porém note que é preciso decompor a força peso, então após a decomposição teremos o seguinte diagrama de corpo livre:



Na direção Y não tem movimentação, então pela primeira condição de equilíbrio pode-se concluir que a componente do peso na direção Y tem a intensidade igual à da força normal:

$$\sum F_Y = 0 \rightarrow N - W_y = 0$$

$$N = W_y$$

Aplicando a segunda lei de newton na direção X, teremos o seguinte:

$$F_{Rx} = m.a$$

$$W_x = m.a$$

Porém, pode-se reescrever W_x da seguinte maneira:

$$Sen(30°) = \frac{c.o}{h} \rightarrow Sen(30°) = \frac{W_x}{W} \rightarrow W.sen(30°) = W_x$$

$$W_x = mg.sen(30°)$$

Substituindo na segunda lei de Newton o valor de W_x encontrado:

$$W_x = m.a \rightarrow mg.sen(30°) = ma$$

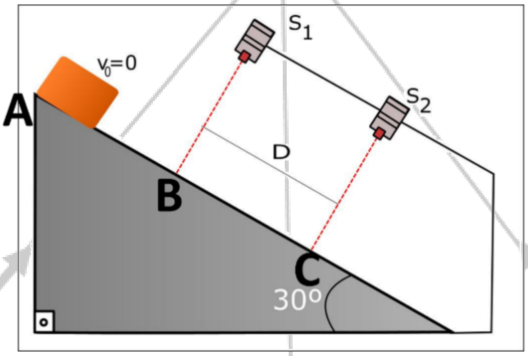
$$g.sen(30°) = a$$

Lembrando que Sen(30°) = 1/2 e g = 10m/s^2, a expressão acima fica da seguinte maneira:

$$g.sen(30°) = a \rightarrow 10.\frac{1}{2} = a$$

$$a = 5m/s^2$$

Agora que já encontramos a aceleração podemos encontrar a distância pretendida, primeiro iremos chamar o ponto de partida de A, o ponto onde se encontra o sensor 1 de Ponto B e o ponto onde se encontra o sensor 2 de Ponto C:



Como o movimento inicia do repouso, podemos adotar que no ponto A, o deslocamento é igual a zero X=0, e a velocidade inicial é igual a zero $V_0 = 0$. Então como temos um movimento retilíneo uniformemente variado, podemos utilizar a seguinte expressão para encontrar a distância de AB:

$$X = X_0 + V_0 t + \frac{1}{2}at^2$$

$$X = \frac{1}{2}at^2$$

Como já encontramos que a aceleração é $5m/s^2$ e nos dados da questão diz que o corpo passa pelo ponto C quando o sensor marcar o tempo de 1s, pode-se substituir esses valores na expressão acima:

$$X = \frac{1}{2}at^2 \rightarrow X = \frac{1}{2}5.1^2$$

$$X = 2,5 \text{ m}$$

Fazendo o mesmo procedimento, mas desta vez para a distância de AC, teremos:

$$X_1 = X_0 + V_0 . t_1 + \frac{1}{2} a . {t_1}^2$$

$$X_1 = \frac{1}{2} a . {t_1}^2$$

Perceba que desta vez o X foi escrito como X_1, pois o corpo se encontra no Ponto C, e o tempo também é diferente pelo mesmo motivo de o deslocamento ser diferente. Na questão é dado que o quando o corpo passa pelo Ponto C o sensor marca o tempo de 3s, então a expressão acima ficará da seguinte maneira:

$$X_1 = \frac{1}{2} a . {t_1}^2 \rightarrow X_1 = \frac{1}{2} 5 . 3^2$$

$$\mathrm{X}_1 = 22{,}5 \text{ m}$$

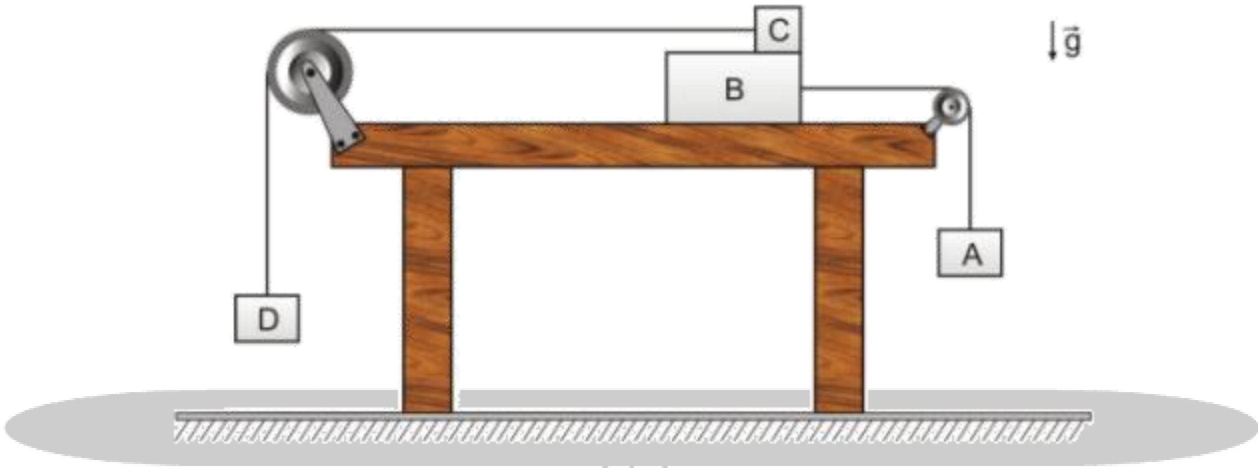
Para finalizar, basta calcular a distância AC menos a distância AB para adquirimos a distância BC, que é a distância pedida no problema, desta forma:

$$BC = AC - AB \rightarrow D = X_1 - X$$

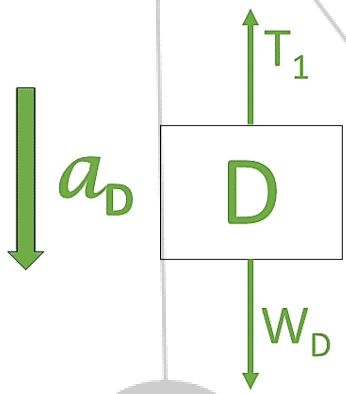
$$\boldsymbol{D = 22,5 - 2,5 \rightarrow D = 20\ m}$$

Resposta: letra b.

39. Na imagem abaixo devemos encontrar o coeficiente de atrito cinético entre a superfície do bloco e a mesa, e entre a superfície dos blocos B e C, lembrando que a questão nos diz que o coeficiente de atrito cinético nos dois é o mesmo:



Para o bloco D temos o seguinte diagrama de forças:



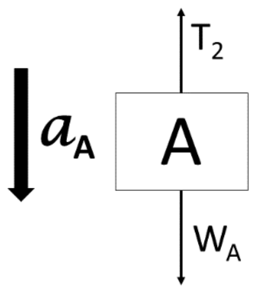
Aplicando a segunda lei de Newton:

$$F_R = m.a$$

$$W_D - T_1 = m_D a_D$$

$$m_D g - T_1 = m_D a_D \ldots (1)$$

Para o bloco A:



Aplicando a segunda lei de Newton:

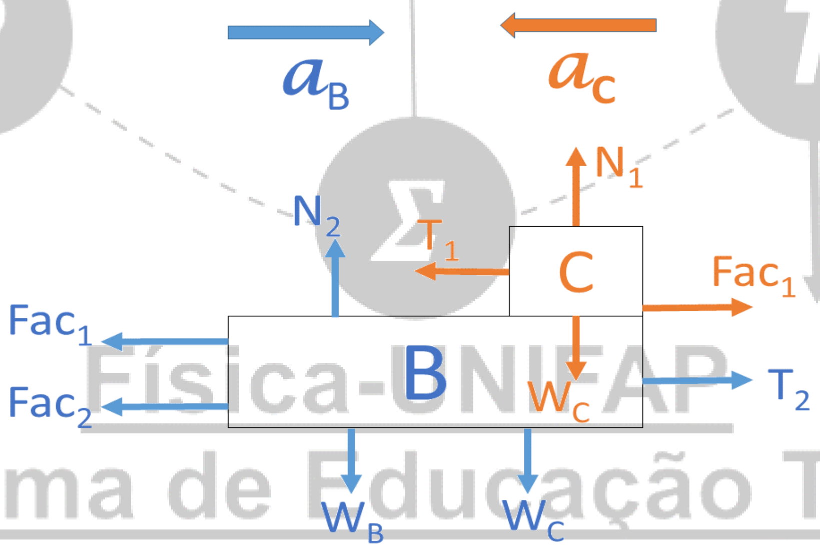
$$F_R = m.a$$

$$W_A - T_2 = m_A a_A$$

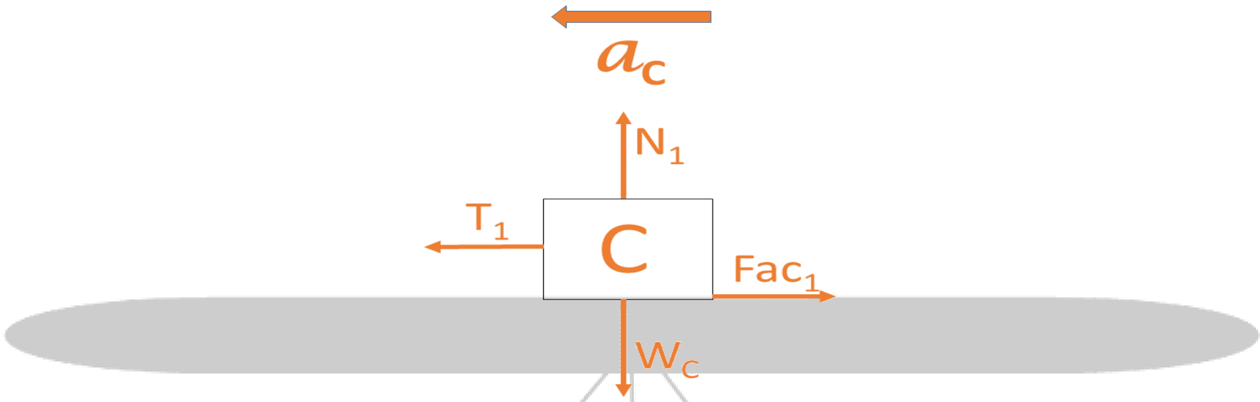
$$\mathrm{m_A g - T_2 = m_A a_A} \ldots (2)$$

Ao fazermos o diagrama de corpo livre dos blocos C e B pode-se notar que a Fac_1 aparece tanto no bloco C quanto no bloco B, pois esta forma um par ação e reação. E também é importante ressaltar que temos a Força Normal 1 (N_1) que é a normal entre os blocos, e também temos a Força Normal 2 (N_2) que é dado entre o bloco e a mesa. Então para os blocos C e B, temos o seguinte diagrama de forças:

Nota: As forças em azul são as atuantes sobre o bloco B e as forças com cor laranja são as atuantes sobre o bloco C.



Separando os blocos, para o bloco C:



Aplicando a primeira condição de equilíbrio na direção Y (Vertical):

$$\sum F_Y = 0 \rightarrow N_1 - W_c = 0$$

$$\mathrm{N_1 - m_c g = 0 \rightarrow N_1 = m_c g}$$

Aplicando a segunda lei de newton na direção X (horizontal):

$$F_R = m.a$$

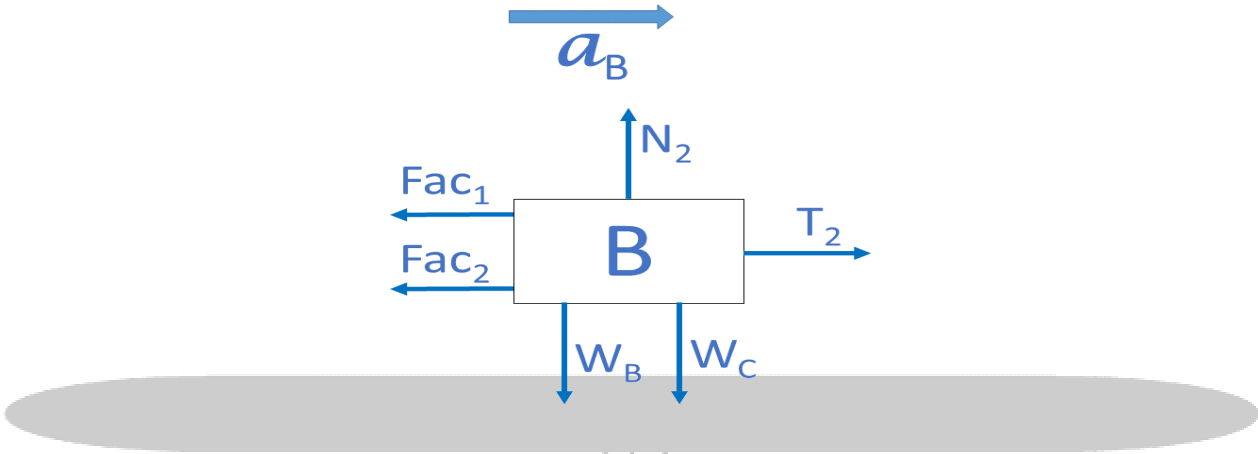
$$T_1 - Fac_1 = m_c a_c$$

Lembrando que a força de atrito é dada pelo produto da força normal pelo coeficiente de atrito e lembrando também que a N_1 encontramos acima, então substituindo teremos o seguinte:

$$T_1 - Fac_1 = m_c a_c \rightarrow T_1 - \mu_{ac}.N_1 = m_c a_c$$

$$\mathrm{T_1 - \mu_{ac}.m_c g = m_c a_c} \ldots (3)$$

Para o bloco B:



Aplicando a primeira condição de equilíbrio na direção Y (Vertical):

$$\sum F_Y = 0 \rightarrow N_2 - W_B - W_C = 0$$

$$\mathrm{N_2 = W_B + W_c \rightarrow N_2 = m_B g + m_c g}$$

Aplicando a segunda lei de newton na direção X (horizontal):

$$F_{Rx} = m.a$$

$$T_2 - Fac_1 - Fac_2 = m_B a_B$$

$$T_2 - \mu_{ac}.N_1 - \mu_{ac}.N_2 = m_B a_B$$

Substituindo o valor da N_2 e N_1 que já foram encontrados anteriormente:

$$T_2 - \mu_{ac}.m_C g - \mu_{ac}.(m_B g + m_c g) = m_B a_B$$

$$\mathrm{T_2 - 2.\mu_{ac}.m_C g - \mu_{ac}.m_B g = m_B a_B \ldots (4)}$$

Nos dados da questão temos que a massa dos blocos A, B e D são iguais, Logo:

$$m_A = m_B = m_D = m$$

Também sabemos que a massa do bloco C é o triplo da massa do bloco A, então podemos escrever as massas dos blocos da seguinte maneira:

$$m_C = 3m_A = 3m$$

Também sabemos que os blocos C e D descem com a mesma aceleração e está vale *2a*, logo:

$$a_C = a_D = 2a$$

Da mesma forma, os blocos A e B também descem juntos, mas estes com a aceleração valendo a, Logo:

$$a_A = a_B = a$$

Substituindo esses valores de massa e aceleração nas quatro equações que encontramos, teremos o seguinte:

$$\begin{cases} m_D g - T_1 = m_D a_D \\ T_1 - \mu_{ac}.m_c g = m_c a_c \\ m_A g - T_2 = m_A a_A \\ T_2 - 2\mu_{ac} m_C g - \mu_{ac} m_B g = m_B a_B \end{cases} \rightarrow \begin{cases} mg - T_1 = 2ma \\ T_1 - 3\mu_{ac}.mg = 6ma \\ mg - T_2 = ma \\ T_2 - 7\mu_{ac} mg = ma \end{cases}$$

Agora iremos renomear as equações para ficara mais fácil de identificar:

$$\begin{cases} mg - T_1 = 2ma \ldots (5) \\ T_1 - 3\mu_{ac}.mg = 6ma \ldots (6) \\ mg - T_2 = ma \ldots (7) \\ T_2 - 7\mu_{ac} mg = ma \ldots (8) \end{cases}$$

Somando (5) com (6) poderemos retirar o termo T_1, Logo:

$$\begin{cases} mg - T_1 = 2ma \\ T_1 - 3\mu_{ac}.mg = 6ma \end{cases}$$

$$\mathrm{mg} - 3\mu_{\mathrm{ac}}.\mathrm{mg} = 8\mathrm{ma} \ldots (9)$$

Analogamente, podemos somar (7) com (8) para retirar o termo T_2, Logo:

$$\begin{cases} mg - T_2 = ma \\ T_2 - 7\mu_{ac} mg = ma \end{cases}$$

$$\mathrm{mg} - 7\mu_{\mathrm{ac}}.\mathrm{mg} = 2\mathrm{ma} \ldots (10)$$

Para encontrar o coeficiente de atrito cinético, basta somar (10) com (9), porém para simplificar os cálculos, iremos multiplicar por menos um (-1) a equação (9). Logo, teremos o seguinte:

$$\begin{cases} -1(mg - 3\mu_{ac}.mg = 8ma) \\ mg - 7\mu_{ac}.mg = 2ma \end{cases} \rightarrow \begin{cases} -mg + 3\mu_{ac}.mg = -8ma \\ mg - 7\mu_{ac}.mg = 2ma \end{cases}$$

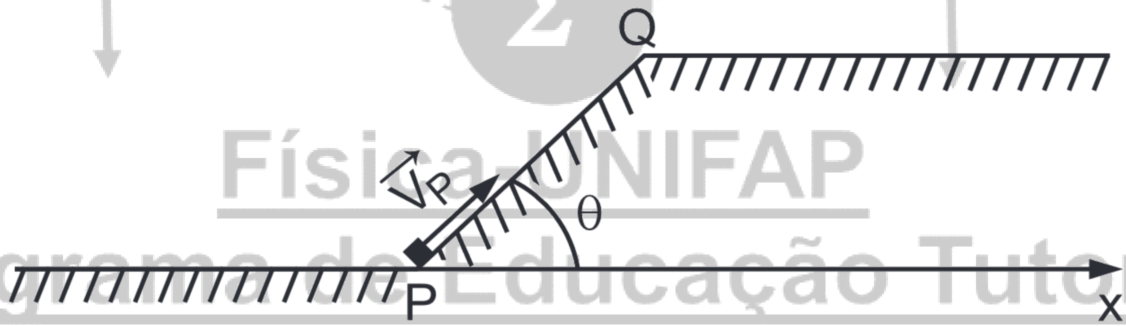
$$\begin{cases} -g + 3\mu_{ac}.g = -8a \\ g - 7\mu_{ac}.g = 2a \end{cases} \rightarrow -4\mu_{ac}.g = -6a$$

$$4\mu_{ac}.g = 6a \rightarrow \mu_{ac} = \frac{6a}{4g}$$

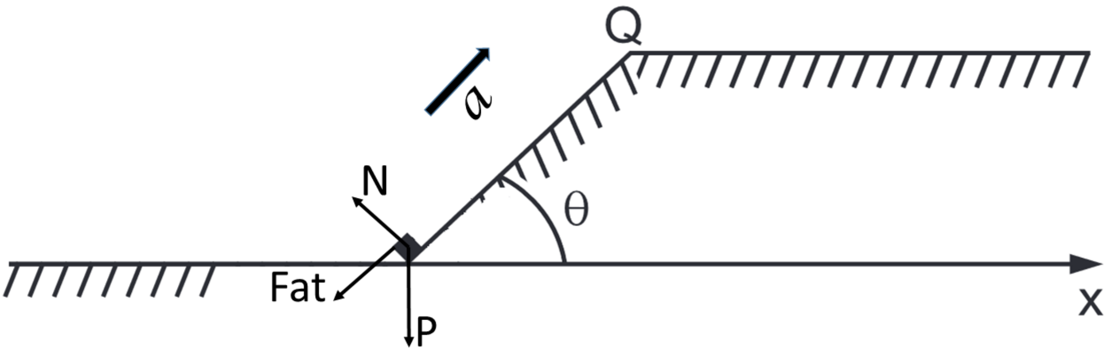
$$\boldsymbol{\mu_{ac} = \frac{3a}{2g}}$$

Resposta: letra d.

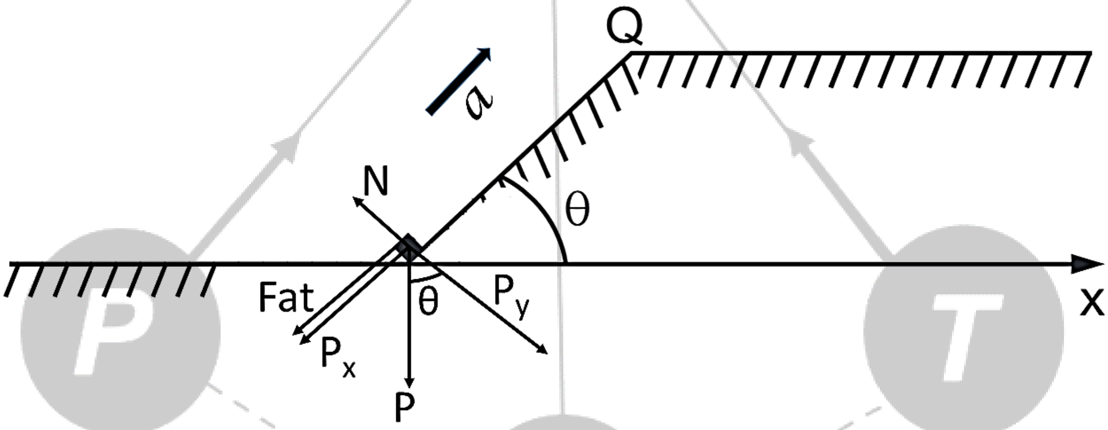
40. Nesta questão o corpo está subindo um plano inclinado com atrito, e deveremos descobrir em quanto tempo a componente vertical da velocidade deste corpo será nulo.



Para começar vamos analisar as forças que estão atuando sobre o corpo:



Nota-se que é preciso decompor a força peso, então após a decomposição, teremos a seguinte imagem:



Aplicando a primeira condição de equilíbrio na direção perpendicular ao plano (Y), teremos o seguinte:

$$\sum F_y = 0 \rightarrow N - W_y = 0 \rightarrow N = W_y$$

Podemos decompor W_y, da seguinte maneira:

$$\cos(\theta) = \frac{c.a}{h} \rightarrow \cos(\theta) = \frac{W_y}{W}$$

$$\mathrm{W.}\cos(\theta) = W_y \rightarrow \mathrm{mg.}\cos(\theta) = W_y$$

Substituindo o valor de W_y na expressão acima para encontrar a Força Normal:

$$N = W_y \rightarrow N = \text{mg}.\cos(\theta)$$

Agora aplicando a segunda lei de Newton na direção paralela ao plano (X):

$$F_{Rx} = m.a$$

$$W_x + Fac = ma \rightarrow W_x + \mu_{ac}.N = ma$$

$$W_x + \mu_{ac}.mg.\cos{(\theta)} = ma$$

Para W_x podemos fazer a decomposição da força peso assim como fizemos para W_y:

$$\text{sen}(\theta) = \frac{c.o}{h} \rightarrow \text{sen}(\theta) = \frac{W_x}{W}$$

$$\text{W}.\text{sen}(\theta) = W_x \rightarrow \text{mg}.\text{sen}(\theta) = W_x$$

Substituindo o valor de W_x na expressão acima para a segunda lei de newton, teremos o seguinte:

$$W_x + \mu_{ac}.mg.\cos{(\theta)} = ma \rightarrow \text{mg}.\text{sen}(\theta) + \mu_{ac}.mg.\cos{(\theta)} = ma$$

$$\text{g}.\text{sen}(\theta) + \mu_{ac}.g.\cos{(\theta)} = a$$

Todos os termos da expressão acima são fornecidos pelo problema, então ao substituirmos poderemos ter o valor da aceleração:

$$\text{g}.\text{sen}(\theta) + \mu_{ac}.g.\cos(\theta) = a \rightarrow 10.0{,}8 + \frac{1}{3}.10.0{,}6 = a$$

$$\text{a} = 10\text{m/s}^2$$

Agora que temos o valor da aceleração podemos encontrar a velocidade no Ponto Q e assim ver o tempo que levou até o corpo chegar neste ponto. Para encontrar a velocidade no Ponto Q utilizaremos a seguinte expressão:

$$V^2 = {V_0}^2 - 2ad$$

A distância d é dada pelo problema e equivale a distância PQ, Logo:

$$V^2 = {V_0}^2 - 2ad \rightarrow V^2 = 5^2 - 2.10.0{,}8$$

$$V^2 = 9 \rightarrow V = \sqrt{9}$$

$$V = 3m/s$$

Como podemos perceber neste ponto o corpo ainda tem velocidade, então ainda precisamos verificar quando o corpo vai perder toda a componente vertical da sua velocidade, mas antes vamos calcular o tempo necessário que o corpo levou para chegar até o ponto Q. Para isso usaremos a seguinte expressão:

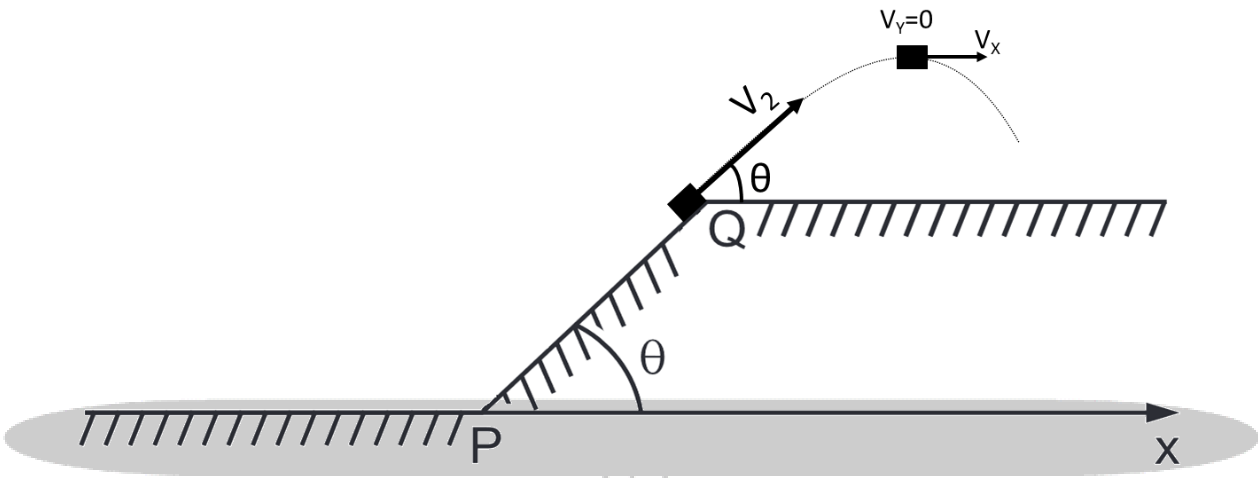
$$V = V_0 - at_1$$

Como já vimos a velocidade no ponto Q é 3m/s e a velocidade inicial era de 5 m/s, então ao substituirmos na expressão acima teremos o valor do tempo que o corpo levou para chegar ao ponto Q, esse tempo chamaremos de t_1:

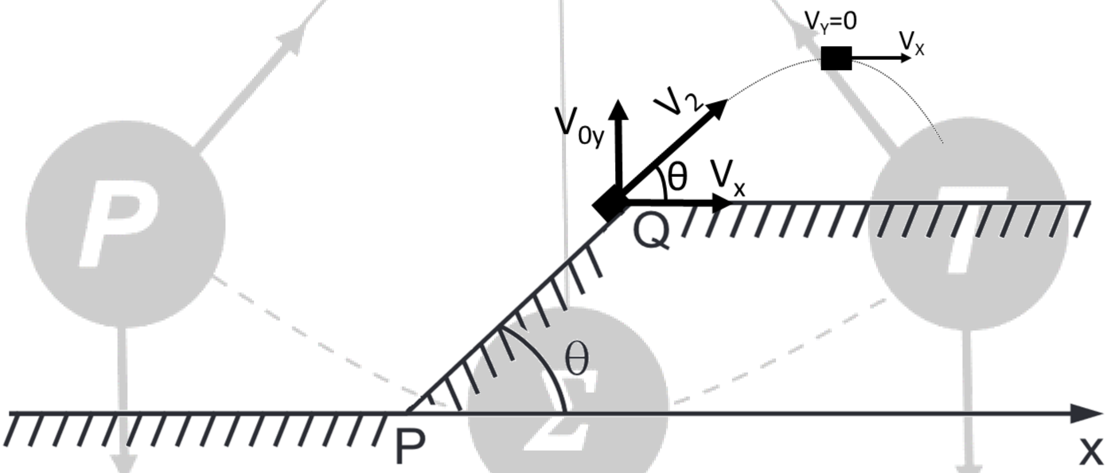
$$V = V_0 - at_1 \rightarrow 3 = 5 - 10.t_1$$

$$10.\mathrm{t}_1 = 2 \rightarrow \mathrm{t}_1 = 0{,}2s$$

Agora para a segunda parte do problema, o corpo ainda tem velocidade quando chega ao ponto Q, então a partir deste ponto acontecerá um lançamento oblíquo, e como se sabe no lançamento oblíquo a componente vertical da velocidade é igual a zero quando o corpo se encontra no ponto mais alto da trajetória, como na figura abaixo:



Vamos analisar as componentes da velocidade no momento em que o corpo sai do ponto Q:



Decompondo a velocidade na sua componente V_{0y}:

$$sen(\theta) = \frac{c.o}{h} \rightarrow sen(\theta) = \frac{V_{0y}}{V_2}$$

$$V_2.sen(\theta) = V_{0y}$$

Já encontramos que a velocidade no ponto Q vale 3m/s, então substituindo os termos acima, temos:

$$V_{0y} = V_2.sen(\theta) \rightarrow V_{0y} = 3.0,8$$

$$V_{0y} = 2{,}4m/s$$

Como é um lançamento obliquo podemos analisar o movimento vertical e horizontal de maneira independente um do outro, então podemos verificar em que momento o corpo chega até ponto mais alto pela seguinte expressão:

$$V = V_0 - at_2 \rightarrow V_y = V_{0y} - at_2$$

No ponto mais alto sabemos que a componente vertical da velocidade é zero, então para a expressão acima, teremos:

$$V_y = V_{0y} - at_2 \rightarrow 0 = 2{,}4 - 10.t_2$$

$$10.t_2 = 2{,}4 \rightarrow t_2 = \frac{2{,}4}{10}$$

$$\mathrm{t}_2 = 0{,}24s$$

Para encontrar o tempo total que foi gasto basta somar o tempo necessário que o corpo levou para subir o plano inclinado mais o tempo para chegar no ponto mais alto do lançamento obliquo.

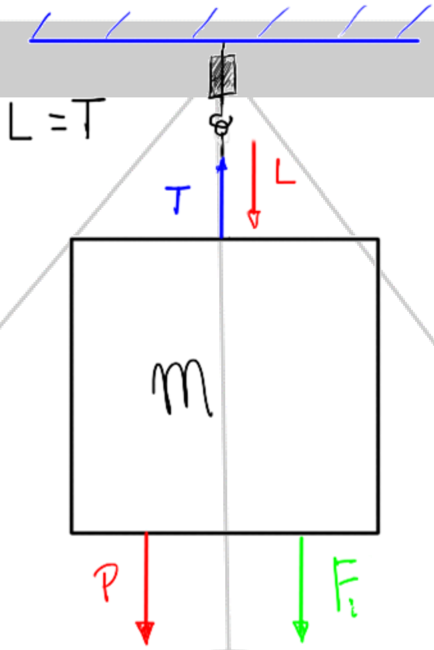
$$T_t = t_1 + t_2 \rightarrow T_t = 0{,}2 + 0{,}24$$

$$\boldsymbol{T_t = 0{,}44s}$$

Resposta: letra d.

SOLUÇÕES – GRAVIDADE EM SISTEMAS ACELERADOS

41. A força L que o dinamômetro indicará é a força com a qual o bloco “puxa” o dinamômetro para baixo e essa força coincide com a força de tração do fio que liga o dinamômetro ao bloco.



As forças atuantes nesse bloco são: T, F_i e P.

T é a tensão do fio que segura o bloco no dinamômetro.

P é a força peso do bloco, onde $P = mg$.

$\boldsymbol{F_i}$ é a força de inércia que surge quando o foguete adquire aceleração (decola), onde $F_i = ma$

a, aqui, é a aceleração do foguete.

Aplicando a segunda lei de Newton, temos:

$$\sum F = -F_i - P + T = 0$$

Isolando T, temos

$$T = F_i + P$$

Então

$$T = ma + mg = m(a + g)$$

$$T = 10(4{,}2 + 9{,}8)$$

Portanto

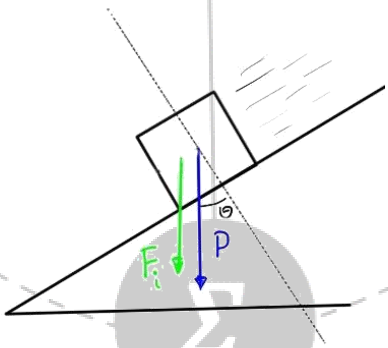
$$\boldsymbol{T = 140N}$$

Resposta: letra b.

42. Vamos identificar, primeiramente, as forças que atuam na direção vertical do bloco. Essas forças são: $P \ e \ F_i$

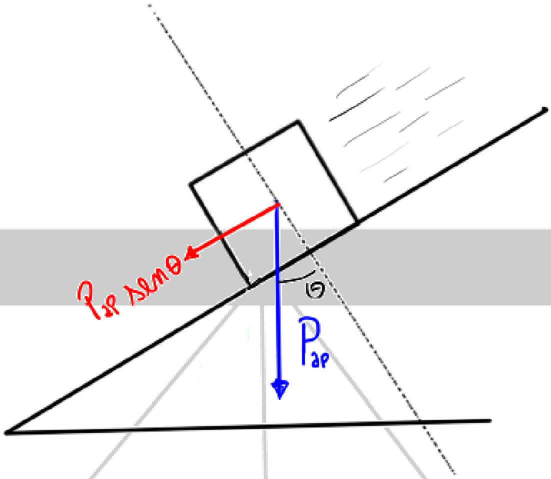
$\boldsymbol{P}$ é a força peso do bloco, onde $P = mg$.

$\boldsymbol{F_i}$ é a força que surge quando o elevador possui aceleração, onde $F_i = ma$ sabemos que $P + F_i = P_{ap}$, onde P_{ap} é o peso aparente que pode ser escrito também como:



$$P_{ap} = mg + ma = m(g + a)$$

Agora identificando as forças que atuam na direção da aceleração a' do bloco em relação ao plano inclinado e aplicando, temos:



$$P_{ap} \sin\theta$$

Aplicando a segunda lei de Newton para o bloco, temos:

$$\sum F = P_{ap} \sin\theta = ma'$$

Sendo assim,

$$m(g + a) \sin\theta = ma'$$

Simplificando as massas acimas, encontramos a expressão para aceleração do bloco.

$$a' = (g + a) \sin\theta$$

Substituindo os valores, temos:

$$a' = (10 + 4) \sin 30^0$$

$$a' = (14)\frac{1}{2}$$

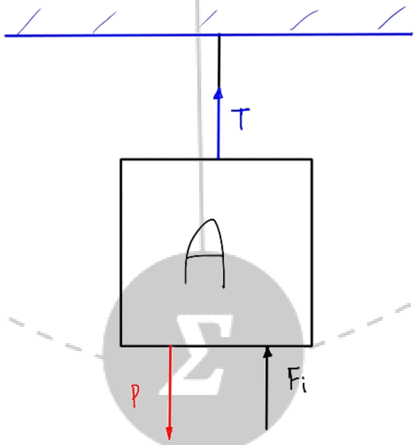
Portanto a aceleração do bloco no plano inclinado é

$$\boldsymbol{a' = 7 \ {}^{m}/_{s^2}}$$

Resposta: letra c.

43. Como o elevador está se movendo com movimento retardado podemos afirmar que a aceleração do elevador aponta para baixo, ou seja, no sentido contrário ao da velocidade.

Analisando as forças presentes no corpo A encontraremos $P, T\ e\ F_i$



P é a força peso do bloco, onde $P = mg$.

$\boldsymbol{F_i}$ é a força que surge quando o elevador possui aceleração, onde $F_i = ma$

Aplicando a segunda lei de Newton, temos:

$$\sum F = -P + F_i + T = 0$$

Isolando T, encontramos:

$$T = P - F_i$$

Então

$$T = mg - ma = m(g - a)$$

Substituindo os valores, temos

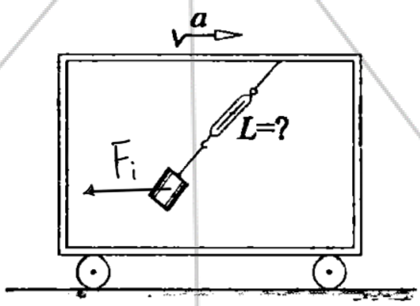
$$T = 4(10 - 1)$$

$$T = 4(9) = 36N$$

Resposta: letra b.

44. Como sabemos, quando temos um sistema mecânico e ele se encontra em um referencial acelerado (não-inercial), ao analisarmos a dinâmica deste sistema, percebemos que surge uma força. Esta força é chamada Força de inércia e ela se opõe a direção de aceleração do referencial acelerado.

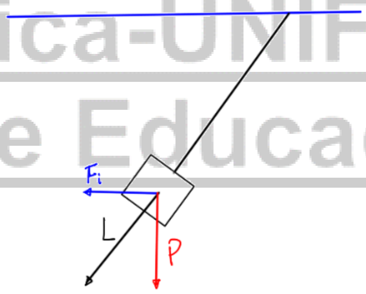
Desta maneira podemos esboçar o diagrama de forças desse corpo, como a seguir:



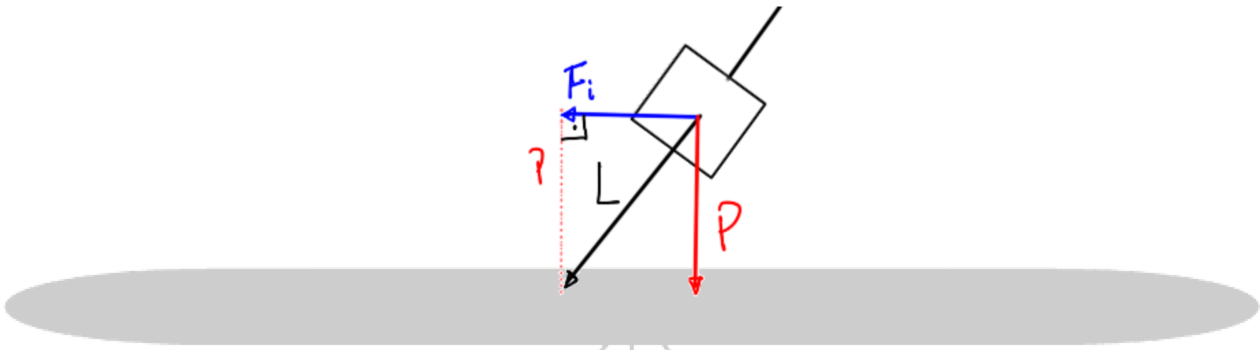
P é a força peso do bloco, onde $P = mg$.

$\boldsymbol{F_i}$ é a força de inércia que surge quando o vagão possui aceleração, onde $F_i = ma$

L é a força que será marcada no dinamômetro.



Se prestarmos atenção veremos que estes três vetores formam um triangulo retângulo



Então basta apenas aplicar o teorema de Pitágoras que encontraremos a intensidade da força L.

Dessa forma, temos:

$$L^2 = P^2 + F_i^2$$

Substituindo P e F_i, temos:

$$L^2 = m^2 g^2 + m^2 a^2$$

Para simplificar os cálculos vamos dividir essa igualdade por m^2, dessa forma encontraremos:

$$\frac{L^2}{m^2} = g^2 + a^2$$

$$\left(\frac{L}{m}\right)^2 = g^2 + a^2$$

Aplicando a raiz quadrada nos dois lados da igualdade

$$\frac{L}{m} = \sqrt{g^2 + a^2}$$

Substituindo os valores, temos:

$$\frac{L}{10} = \sqrt{10^2 + 24^2}$$

$$\frac{L}{10} = \sqrt{100 + 576}$$

$$\frac{L}{10} = \sqrt{676} = 26$$

Portanto

$$\frac{L}{10} = 26$$

$$\boldsymbol{L = 10(26) = 260N}$$

Resposta: letra a.

45. O momento em que o elevador é acelerado para baixo é quando a força resultante tem o mesmo sentido da força peso.

$$\sum F = P - T = F_R$$

$$P > T$$

Note que neste momento a força de tração do fio é menor do que a força peso.

No momento em que a aceleração do elevador começa a diminuir sua intensidade, a força de tração se aproxima cada vez mais da força peso e vice versa. O momento em que estas forças possuem intensidades iguais é quando a aceleração é zero, portanto a força resultante também será zero, neste instante.

Sendo assim, temos:

$$\sum F = F_R = P - T = 0$$

$$P - T = 0$$

$$P = T$$

Instantes depois, quando o elevador começa a frear para parar no térreo, o sentido da aceleração agora é para cima. Isto significa que a intensidade da força de tração agora é maior que a da força peso.

$$\sum F = F_R = T - P$$

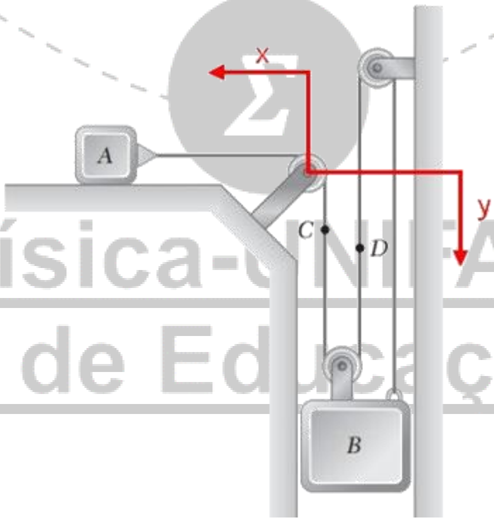
$$T > P$$

Quanto maior for a força de tração maior será a possibilidade do barbante arrebentar, ou seja, no momento em que o elevador parar no térreo.

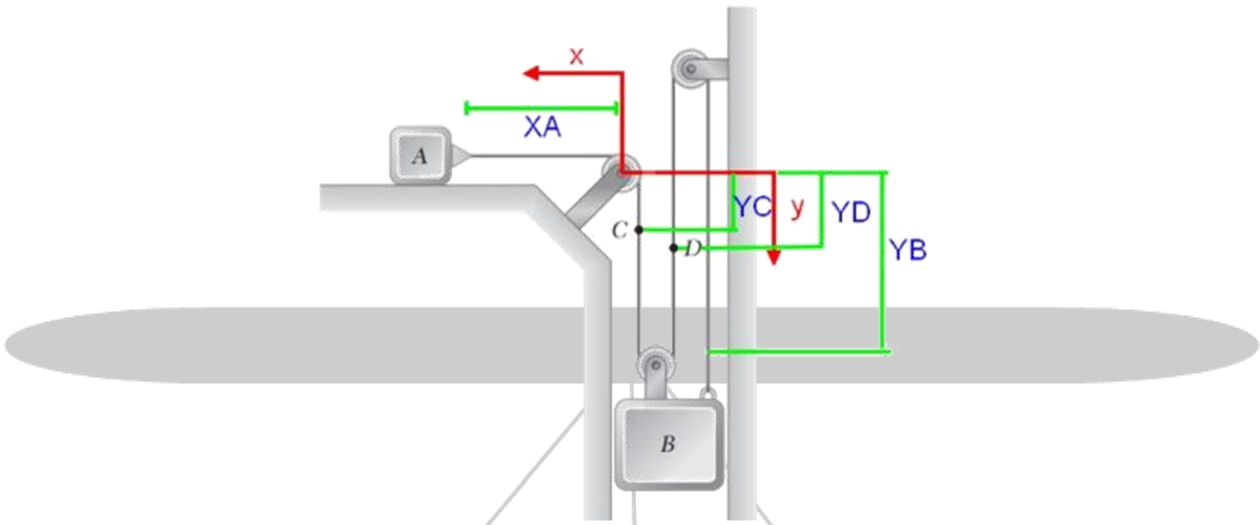
Resposta: letra b.

SOLUÇÕES – MOVIMENTOS DEPENDENTES

46. O primeiro a se fazer é estabelecer linhas de referência, através de um ponto fixo:

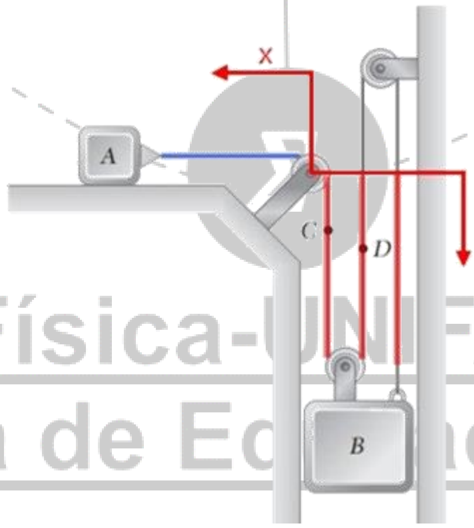


A partir da referência, temos:



Sabemos que o cabo não é elástico, ou seja, o comprimento dela é sempre o mesmo. Com outras palavras, o comprimento do cabo é constante.

Pelo diagrama abaixo, é possível determinar o tamanho do cabo:



Em azul, temos 1 (uma) seção de cabo x_A correspondente; em vermelho, temos 3 seções de cabo y_B correspondente.

Sendo assim:

$$x_A + 3y_B = l$$

Onde l é o comprimento do cabo, que é constante. Dessa forma, encontramos as equações:

$$v_A + 3v_B = 0 \qquad (1)$$

$$a_A + 3a_B = 0 \qquad (2)$$

Substituindo na Eq. (1):

$$v_A + 3v_B = 0 \qquad (1)$$

$$6 + 3v_B = 0$$

$$3v_B = -6$$

$$v_B = -{}^{6}/_{3}$$

$$\boxed{v_B = -2\,m/s} \qquad \text{ou} \qquad \boxed{v_B = 2\,m/s\ \uparrow}$$

Pelo sinal negativo, implica afirmar que o bloco B está se movendo para cima.

Para encontrar v_C, fazemos um corte na seção C:

Agora analisamos o comprimento desse pedaço de cabo:

$$x_A + y_C = l_{AC}$$

Onde l_{AC} é o comprimento desse pedaço de cabo, que é constante. Dessa forma, encontramos a equação:

$$v_A + v_C = 0$$

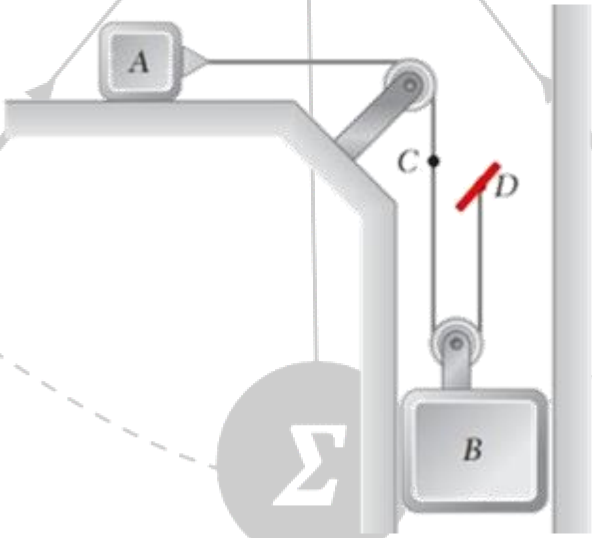
$$v_C = -v_A$$

$$\boxed{v_C = -6\,m/s}$$

Pelo sinal negativo, implica afirmar que a porção C está se movendo para cima.

$\boxed{v_C = -6\,m/s}$ ou $\boxed{v_C = 6\,m/s\uparrow}$

Agora analisamos o comprimento desse pedaço de cabo:



$$x_A + y_B + (y_B - y_D) = l_{AD}$$

$$x_A + y_B + y_B - y_D = l_{AD}$$

$$x_A + 2y_B - y_D = l_{AD}$$

Onde l_{AD} é o comprimento desse pedaço de cabo, que é constante. Dessa forma, encontramos a equação:

$$v_A + 2v_B - v_D = 0$$

$$v_A + 2v_B = v_D$$

$$6 + 2(-2) = v_D$$

$$6 - 4 = v_D$$

$$\boxed{v_D = 2\ m/s} \quad \text{ou} \quad \boxed{v_D = 2\ m/s\ \downarrow}$$

Pelo sinal positivo, implica afirmar que a porção D está se movendo para baixo.

Assim, podemos estabelecer a velocidade relativa da porção C do cabo em relação a porção D:

$$v_{C/D} = v_C - v_D$$

$$v_{C/D} = (-6) - (2)$$

$$v_{C/D} = -6 - 2$$

$$\boxed{\boldsymbol{v_{C/D} = -8\ m/s}} \quad \textbf{\textit{ou}} \quad \boxed{\boldsymbol{v_{C/D} = 8\ m/s\ \uparrow}}$$

Resposta: letra e.

47. A partir da resolução da questão anterior, encontramos as equações:

$$v_A + 3v_B = 0 \qquad (1)$$

$$a_A + 3a_B = 0 \qquad (2)$$

Onde a_A é constante e negativo (está se movendo para a direita) e a_B é constante e positivo (está se movendo para baixo).

Como ambos os blocos partem do repouso:

$$(v_A)_0 = 0 \qquad \text{Velocidade inicial do bloco A}$$

$$(v_B)_0 = 0$$ Velocidade inicial do bloco B

Além disso, com a Eq. (1) podemos utilizar a equação de Torricelli:

$$v^2 = v_0^2 + 2a\Delta S$$ Equação de Torricelli

Então:

$$v_A^2 = (v_A)_0^2 + 2a_A\Delta x_A$$

Sabendo que o bloco A foi deslocado 400 mm, então:

$$\Delta x_A = -0{,}4\ m$$

A presença do sinal negativo indica que o bloco A está se movendo para a direita.

Assim:

$$(4)^2 = 0^2 + 2a_A(-0{,}4)$$

$$16 = 0 + 2a_A\left(-\frac{4}{10}\right)$$

$$16 = -\frac{8}{10}a_A$$

$$-16 \cdot \frac{10}{8} = a_A$$

$$-\frac{160}{8} = a_A$$

$$\boxed{a_A = -20\ m/s^2}$$ ou $$\boxed{a_A = 20\ m/s^2\ \rightarrow}$$

Substituindo na Eq. (2):

$$a_A + 3a_B = 0 \qquad (2)$$

$$3a_B = -a_A$$

$$3a_B = -(-20)$$

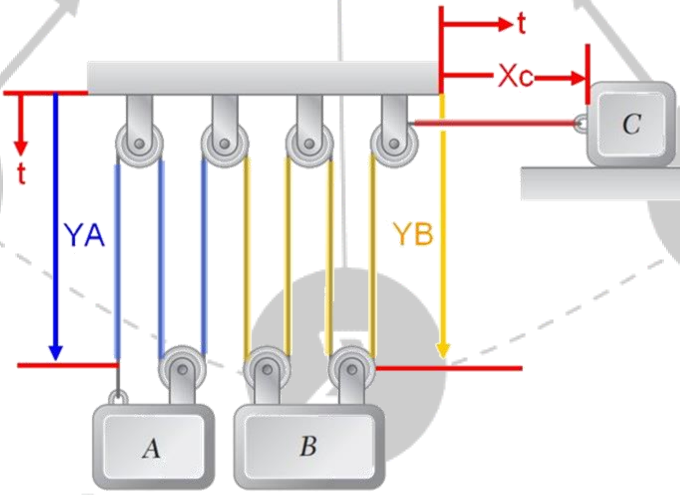
$$3a_B = 20$$

$$a_B = {}^{20}/_{3}$$

$\boxed{\boldsymbol{a_B = 6,67\ m/s^2}}$ ***ou*** $\boxed{\boldsymbol{a_B = 6,67\ m/s^2 \downarrow}}$

Resposta: letra b.

48. O primeiro a se fazer é estabelecer linhas de referência, através de um ponto fixo e fazer o diagrama:



Em azul, temos 3 (três) seções de cabo y_A; em amarelo, temos 4 (quatro) seções de cabo y_B; em vermelho, temos 1 (uma) seção de cabo x_C.

Sendo assim:

$$3y_A + 4y_B + x_C = l$$

Sabemos que o cabo não é elástico, ou seja, o comprimento do cabo é constante.

Dessa forma, encontramos as equações:

$$3v_A + 4v_B + v_C = 0 \quad (1)$$

$$3a_A + 4a_B + a_C = 0 \quad (2)$$

Dados, para $t = 0$:

$$v_B = 20\, mm/s \downarrow$$

De acordo com o referencial, se o bloco A está se movendo para cima, deve se adotar o sinal positivo. Portanto:

$$v_B = 20\, mm/s$$

e

$$(v_A)_0 = 30\, mm/s \uparrow$$

De acordo com o referencial, se o bloco A está se movendo para cima, deve se adotar o sinal negativo. Portanto:

$$(v_A)_0 = -30\, mm/s$$

A partir da função horária da posição para o MRUV, temos:

$$S = S_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

Função horária da posição para o MRUV

$$x_C = (x_C)_0 + (v_C)_0 t + \frac{1}{2} a_C t^2$$

Para $t = 3\, s$:

$$57 = 0 + 10 \cdot 3 + \frac{1}{2} a_C (3)^2$$

$$57 = 30 + 9 \cdot \frac{1}{2} a_C$$

$$57 - 30 = \frac{9}{2} a_C$$

$$27 \cdot \frac{2}{9} = a_C$$

$\boxed{a_C = 6\,mm/s^2}$ ou $\boxed{a_C = 6\,mm/s^2 \ \rightarrow}$

Além disso, como o bloco B move-se em uma velocidade constante:

$$v_B = \text{constante} \Rightarrow \ a_B = 0$$

Substituindo na Eq. (2):

$$3a_A + 4a_B + a_C = 0 \qquad (2)$$

$$3a_A + 4 \cdot 0 + 6 = 0$$

$$3a_A + 0 + 6 = 0$$

$$3a_A = -6$$

$$a_A = -{}^{6}/_{3}$$

$\boxed{a_A = -2\,mm/s^2}$ ou $\boxed{a_A = 2\,mm/s^2 \ \uparrow}$

A partir da função horária da posição para o MRUV, temos:

$$\Delta y_A = (y_A)_0 + (v_C)_0 t + \frac{1}{2} a_A t^2$$

Onde:

$$\Delta y_A \equiv [y_A - (y_A)_0]$$

Para $t = 5\ s$:

$$\Delta y_A = (y_A)_0 + (v_C)_0 t + \frac{1}{2} a_A t^2$$

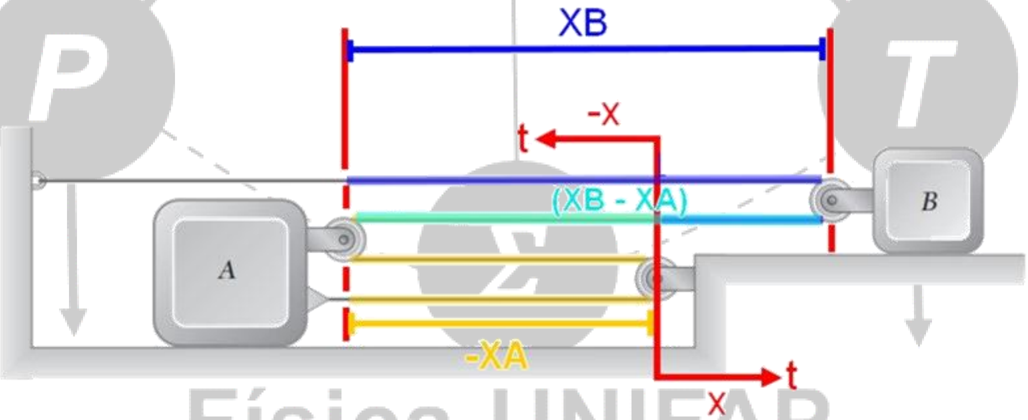
$$\Delta y_A = 0 + (-30) \cdot 5 + \frac{1}{2}(-2)(5)^2$$

$$\Delta y_A = -150 - 25$$

$\boxed{\Delta y_A = -175\ mm}$ **ou** $\boxed{\Delta y_A = 175\ mm \uparrow}$

Resposta: letra a.

49. O primeiro a se fazer é estabelecer linhas de referência, através de um ponto fixo e fazer o diagrama:



Em azul, temos 1 (uma) seção de cabo x_B; em amarelo, temos 2 (duas) seções de cabo x_A; em azul claro, temos 1 (uma) seção de cabo $[x_B + (-x_C)]$.

Sendo assim:

$$x_B + (x_B - x_A) + 2(-x_A) = l$$

$$x_B + x_B - x_A - 2x_A = l$$

$$2x_B - 3x_A = l$$

Sabemos que o cabo não é elástico, ou seja, o comprimento do cabo é constante.

Dessa forma, encontramos as equações:

$$2v_B - 3v_A = 0 \qquad (1)$$

$$2a_B - 3a_A = 0 \qquad (2)$$

A partir das equações, observamos pela Eq. (1):

$$2v_B - 3v_A = 0$$

$$2v_B = 3v_A$$

$$v_A \rightarrow \quad \Rightarrow \quad v_B \rightarrow$$

$$v_A \leftarrow \quad \Rightarrow \quad v_B \leftarrow$$

Ou seja, se o bloco A se move para a direita, o bloco B também se move para a direita. E se o bloco A se move para a esquerda, o bloco B também se move para a esquerda.

Agora, utilizando a Eq. (1) onde $t = 0$:

$$2v_B - 3v_A = 0$$

$$2 \cdot 150 - 3(v_A)_0 = 0$$

$$3(v_A)_0 = 300$$

$$(v_A)_0 = {}^{300}\!/_{3}$$

$$\boxed{(v_A)_0 = 100\,mm/s} \quad \text{ou} \quad \boxed{(v_A)_0 = 100\,mm/s \rightarrow}$$

A partir das equações, observamos pela Eq. (2):

$$2a_B - 3a_A = 0$$

$$2a_B = 3a_A$$

$a_B =$ constante $\Rightarrow$ $a_A =$ constante

Com os dados necessários, utilizamos a equação de Torricelli:

$$v_A^2 = (v_A)_0^2 + 2a_A \Delta x_A$$

Onde:

$$\Delta x_A \equiv [x_A - (x_A)_0]$$

Sabemos que o bloco A se moveu 240 mm para a direita, portanto:

$$\Delta x_A = 240\, mm$$

Dando sequência:

$$60^2 = 100^2 + 2a_A \cdot 240$$

$$3600 - 10000 = a_A \cdot 480$$

$$-6400 = a_A \cdot 480$$

$$-{}^{6400}/_{480} = a_A$$

$$a_A = -{}^{40}/_{3}$$

$\boxed{a_A = -13{,}33\, mm/s^2}$ ou $\boxed{a_A = 13{,}33\, mm/s^2 \leftarrow}$

Substituindo na Eq. (2):

$$2a_B - 3a_A = 0$$

$$2a_B - 3\left(-\frac{40}{3}\right) = 0$$

$$2a_B + 40 = 0$$

$$a_B = -{}^{40}/_{2}$$

$\boxed{a_B = -20\ mm/s^2}$ ou $\boxed{a_B = 20\ mm/s^2\ \leftarrow}$

Após isso, utilizamos a função horária da velocidade para o MRUV:

$$v = v_0 + at$$ Função horária da velocidade para o MRUV

$$v_B = (v_B)_0 + a_B t$$

$$v_B = 150 + (-20) \cdot 4$$

$$v_B = 150 - 80$$

$\boxed{v_B = 70\ mm/s}$ ou $\boxed{v_B = 70\ mm/s \rightarrow}$

A partir da função horária da posição para o MRUV, temos:

$$x_B = (x_B)_0 + (v_B)_0 t + \frac{1}{2} a_B t^2$$

$$x_B \equiv \Delta x_B \equiv [x_B - (x_B)_0]$$

$$x_B = 0 + 150 \cdot 4 + \frac{1}{2}(-20)(4)^2$$

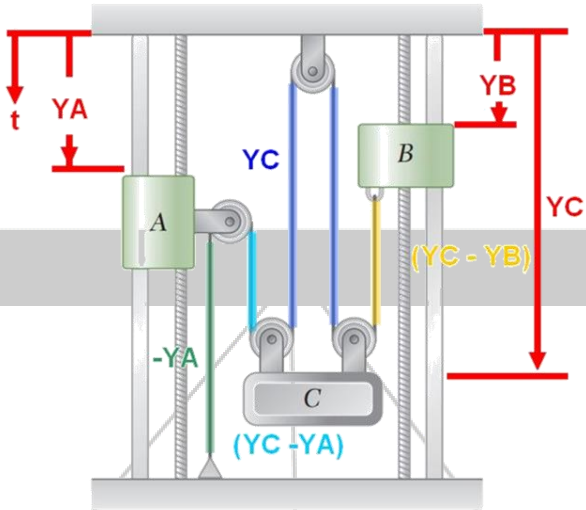
$$x_B = 600 + \frac{16}{2}(-20)$$

$$x_B = 600 - 160$$

$\boxed{\boldsymbol{x_B = 440\ mm}}$ ***ou*** $\boxed{\boldsymbol{x_B = 440\ mm \rightarrow}}$

Resposta: letra d.

50. O primeiro a se fazer é estabelecer linhas de referência, através de um ponto fixo e fazer o diagrama:



Em verde, temos 1 (uma) seção de cabo $-y_A$; em azul claro, temos 1 (uma) seção de cabo $(y_C - y_A)$; em azul, temos 2 (duas) seções de cabo y_C; em amarelo, temos 1 (uma) seção de cabo $(y_C - y_B)$.

Sendo assim:

$$-y_A + (y_C - y_A) + 2y_C + (y_C - y_B) = l$$

$$-y_A + y_C - y_A + 2y_C + y_C - y_B = l$$

$$-2y_A - y_B + 4y_C = l$$

Sabemos que o cabo não é elástico, ou seja, o comprimento do cabo é constante.

Dessa forma, encontramos as equações:

$$-2v_A - v_B + 4v_C = 0 \quad (1)$$

$$-2a_A - a_B + 4a_C = 0 \quad (2)$$

Dados:

	$(v_A)_0 = 0$	(parte do repouso)
$a_A = 140\ mm/s^2\ \downarrow$	ou	$a_A = 140\ mm/s^2$
$(v_B)_0 = 160\ mm/s\ \uparrow$	ou	$(v_B)_0 = -160\ mm/s$
	$a_B =$ constante $\uparrow$	

Para $t = 2\ s$:

$\Delta y_B = 400\ mm\ \uparrow$ ou $\Delta y_B = -400\ mm$

$$\Delta y_B \equiv y_B$$

A partir da função horária da posição para o MRUV, temos:

$$y_B = (y_B)_0 + (v_B)_0 t + \frac{1}{2} a_B t^2$$

Quando $t = 2\ s$:

$$-400 = 0 + (-160) \cdot 2 + \frac{1}{2} a_B (2)^2$$

$$-400 = -320 + \frac{4}{2} a_B$$

$$-400 + 320 = 2a_B$$

$$-{}^{80}/_{2} = a_B$$

$$a_B = -40\ mm/s^2$$

$\boxed{a_B = -40\ mm/s^2}$ ou $\boxed{a_B = 40\ mm/s^2\ \uparrow}$

Substituindo na Eq. (2):

$$-2a_A - a_B + 4a_C = 0$$

$$-2(140) - (-40) + 4a_C = 0$$

$$-280 + 40 + 4a_C = 0$$

$$4a_C = 280 - 40$$

$$a_C = {}^{240}/_{4}$$

$$a_C = 60\ mm/s^2$$

$$\boxed{a_C = 60\ mm/s^2} \quad \text{ou} \quad \boxed{a_C = 60\ mm/s^2\ \downarrow}$$

Agora, substituindo na Eq. (1):

$$-2v_A - v_B + 4v_C = 0$$

Para $t = 0$:

$$-2(v_A)_0 - (v_B)_0 + 4(v_C)_0 = 0$$

$$-2(0) - (-160) + 4(v_C)_0 = 0$$

$$160 + 4(v_C)_0 = 0$$

$$4(v_C)_0 = -160$$

$$(v_C)_0 = -{}^{160}/_{4}$$

$$\boxed{(v_C)_0 = -40\ mm/s} \quad \text{ou} \quad \boxed{(v_C)_0 = 40\ mm/s\ \uparrow}$$

Por fim, utilizamos a função horária da velocidade para o MRUV:

$$v_C = (v_C)_0 + a_C t$$

A questão pede o instante em que a velocidade do bloco C é igual a zero, portanto:

$$0 = -40 + (60)t$$

$$40 = 60t$$

$$\boxed{\boldsymbol{t = \frac{40}{60} = \frac{2}{3} = 0{,}667\ s}}$$

Resposta: letra b.