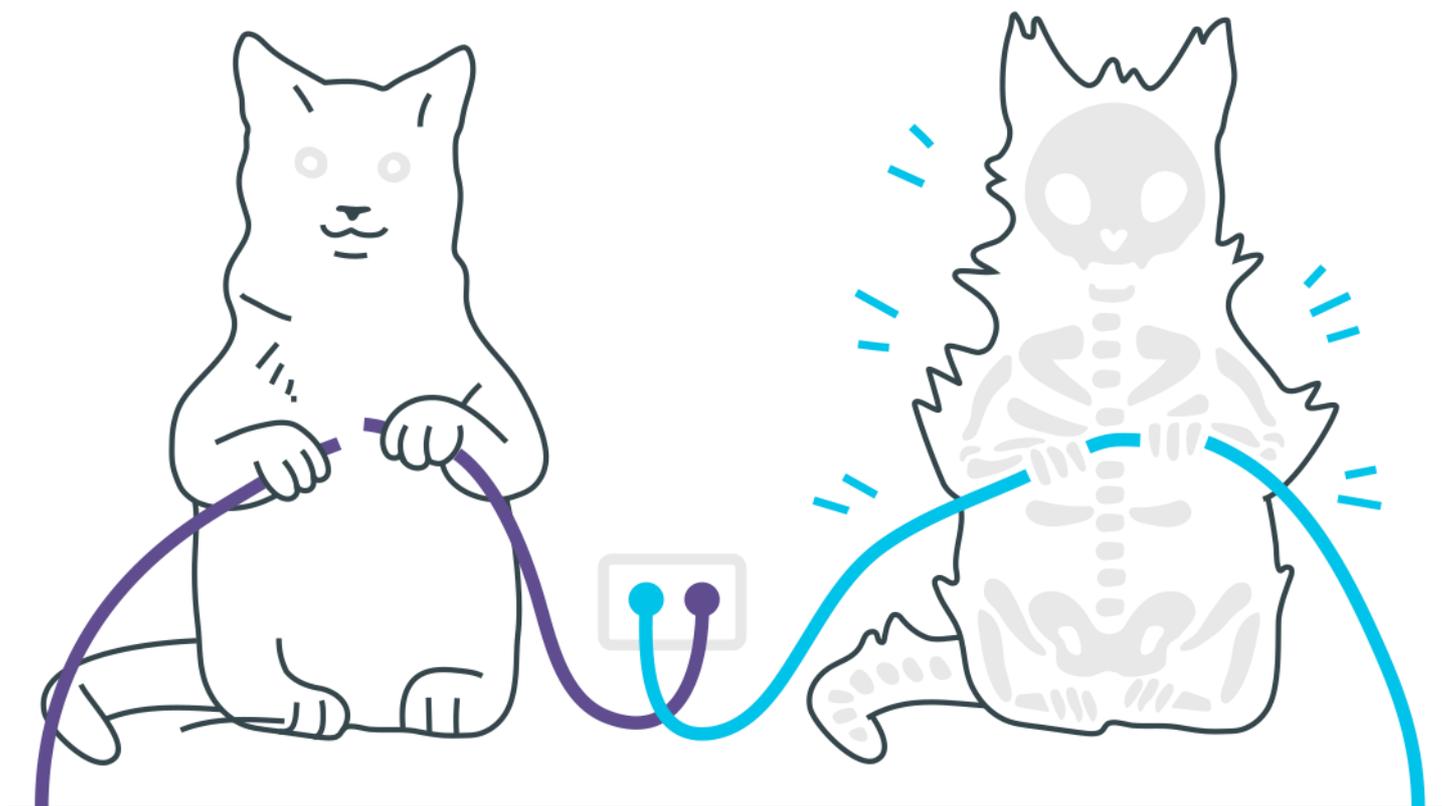
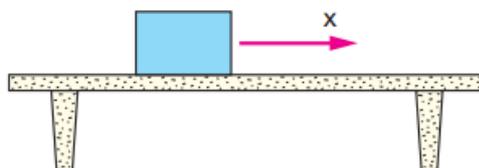


Força de Atrito



Força de Atrito

1. Um corpo de massa 20 kg se encontra apoiado sobre uma mesa horizontal. O coeficiente de atrito estático entre o corpo e a mesa é igual a 0,30 e o movimento somente poderá ocorrer ao longo do eixo X e no sentido indicado na figura. Considerando-se o valor da aceleração da gravidade igual a 10 m/s^2 , examine as afirmações:



I – A força para colocar o corpo em movimento é maior do que aquela necessária para mantê-lo em movimento uniforme;

II – A força de atrito estático que impede o movimento do corpo é, no caso, 60 N, dirigida para a direita;

III – Se nenhuma outra força atuar no corpo ao longo do eixo X além da força de atrito, devido a essa força o corpo se move para a direita;

IV – A força de atrito estático só vale 60 N quando for aplicada uma força externa no corpo e que o coloque na iminência de movimento ao longo do eixo X.

São corretas as afirmações:

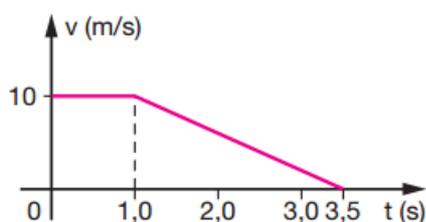
- a) I e II
- b) I e III
- c) I e IV
- d) II e III
- e) II e IV

2. Um plano perfeitamente liso e horizontal é continuado por outro áspero. Um corpo de massa 5,0 kg move-se no plano liso onde percorre 100 m a cada 10 s e, ao atingir o plano áspero, ele percorre 20 m até parar. Determine a intensidade da força de atrito, em newtons, que atua no corpo quando está no plano áspero.

3. Um caminhão está se deslocando numa estrada plana, retilínea e horizontal. Ele transporta uma caixa de 100 kg apoiada sobre o piso horizontal de sua carroceria, como mostra a figura.

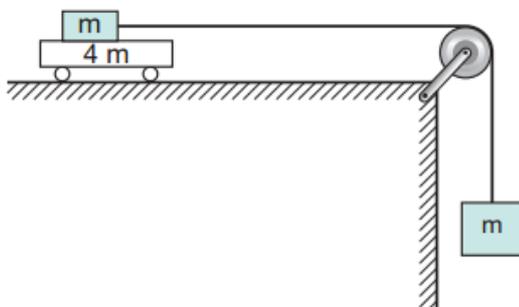


Num dado instante, o motorista do caminhão pisa o freio. A figura a seguir representa, em gráfico cartesiano, como a velocidade do caminhão varia em função do tempo.



O coeficiente de atrito estático entre a caixa e o piso da carroceria vale 0,30. Considere $g = 10 \text{ m/s}^2$. Verifique se, durante a frenada, a caixa permanece em repouso em relação ao caminhão ou desliza sobre o piso da carroceria. Justifique sua resposta.

4. Dois blocos, A e B, ambos de massa m , estão ligados por um fio leve e flexível que passa por uma polia de massa desprezível, girando sem atrito. O bloco A está apoiado sobre um carrinho de massa $4m$, que pode se deslocar sobre a superfície horizontal sem encontrar qualquer resistência. A figura mostra a situação descrita.

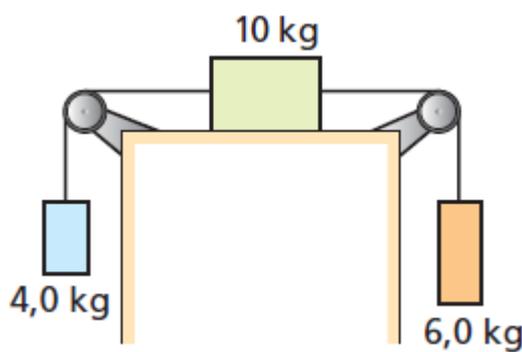


Quando o conjunto é liberado, B desce e A se desloca com atrito constante sobre o carrinho, acelerando-o.

Sabendo que a força de atrito entre A e o carrinho, durante o deslocamento, equivale a 0,2 do peso de A (ou seja, $f_{at} = 0,2 mg$) e fazendo $g = 10 \text{ m/s}^2$, determine:

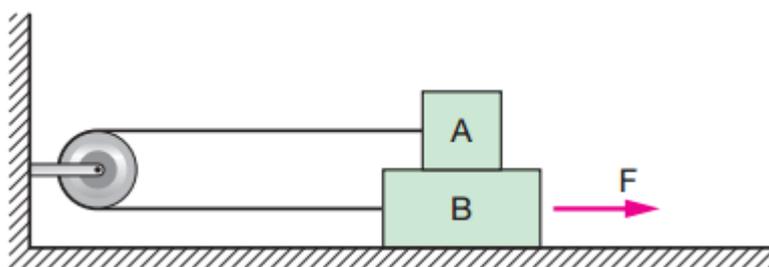
- a aceleração do carrinho
- a aceleração do sistema constituído por A e B

5. O sistema indicado está em repouso devido à força de atrito entre o bloco de massa de 10 kg e o plano horizontal de apoio. Os fios e as polias são ideais e adota-se $g = 10 \text{ m/s}^2$.



- Qual o sentido da força de atrito no bloco de massa de 10 kg, para a esquerda ou para a direita?
- Qual a intensidade dessa força?

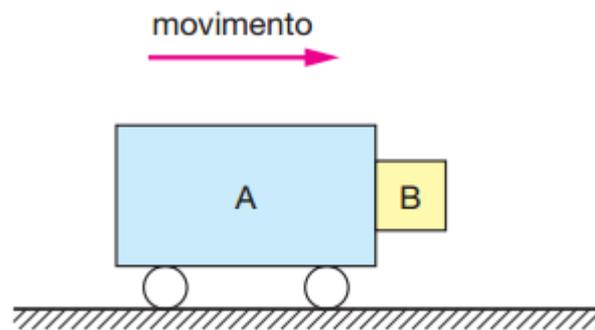
6. O bloco A tem massa 2 kg e o B 4 kg. O coeficiente de atrito estático entre todas as superfícies de contato é 0,25. Se $g = 10 \text{ m/s}^2$, qual a força F aplicada ao bloco B capaz de colocá-lo na iminência de movimento?



- 5 N
- 10 N

- c) 15 N
- d) 20 N
- e) 25 N

7. Na figura, o carrinho A tem 10 kg e o bloco B, 0,5 kg. O conjunto está em movimento e o bloco B, simplesmente encostado, não cai devido ao atrito com A ($\mu = 0,4$). O menor módulo da aceleração do conjunto, necessário para que isso ocorra, é: Adote $g = 10 \text{ m/s}^2$.



- a) 25 m/s^2
- b) 20 m/s^2
- c) 15 m/s^2
- d) 10 m/s^2
- e) 5 m/s^2

8. Um carro desce por um plano inclinado, continua movendo-se por um plano horizontal e, em seguida, colide com um poste. Ao investigar o acidente, um perito de trânsito verificou que o carro tinha um vazamento de óleo que fazia pingar no chão gotas em intervalos de tempo iguais. Ele verificou também que a distância entre as gotas era constante no plano inclinado e diminuía gradativamente no plano horizontal.

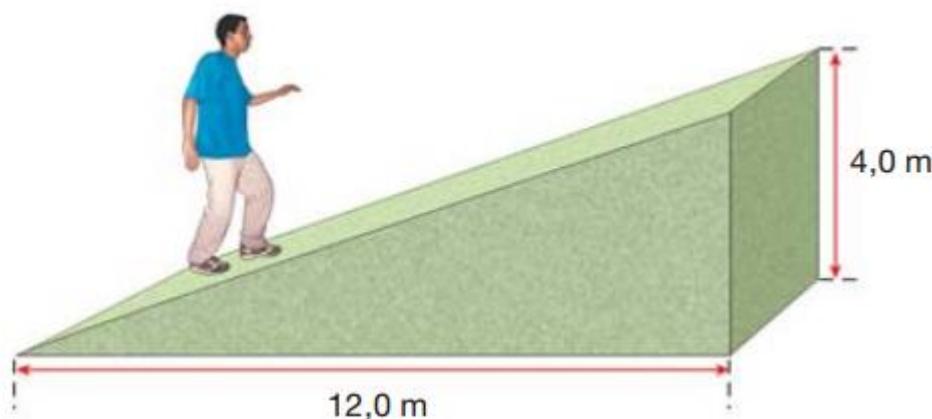
Desprezando a resistência do ar, o perito pode concluir que o carro:

- a) vinha acelerando na descida e passou a frear no plano horizontal;
- b) descia livremente no plano inclinado e passou a frear no plano horizontal;
- c) vinha freando desde o trecho no plano inclinado;
- d) não reduziu a velocidade até o choque.

9. Para revestir uma rampa foram encontrados 5 (cinco) tipos de piso, cujos coeficientes de atrito estático, com calçados com sola de couro, são dados na tabela abaixo.

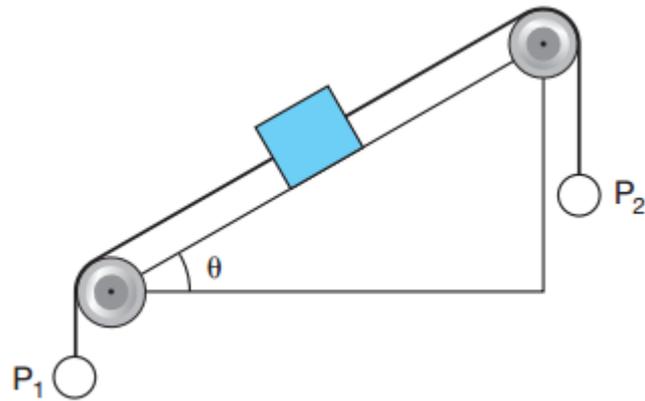
	Piso 1	Piso 2	Piso 3	Piso 4	Piso 5
Coeficiente de atrito	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6

A rampa possui as dimensões indicadas na figura abaixo.



Considere que o custo do piso é proporcional ao coeficiente de atrito indicado na tabela. Visando economia e eficiência, qual o tipo de piso que deve ser usado para o revestimento da rampa? Justifique sua resposta com argumentos e cálculos necessários.

10. Um bloco de 10 kg repousa sozinho sobre o plano inclinado a seguir. Esse bloco se desloca para cima, quando se suspende em P_2 um corpo de massa superior a 13,2 kg. Retirando-se o corpo de P_2 , a maior massa que poderemos suspender em P_1 para que o bloco continue em repouso, supondo os fios e as polias ideais, deverá ser de: Dados: $g = 10 \text{ m/s}^2$; $\sin\theta = 0,6$; $\cos\theta = 0,8$.



- a) 1,20 kg
- b) 1,32 kg
- c) 2,40 kg
- d) 12,0 kg
- e) 13,2 kg

Vem que tem mais!

O Segredo das Pirâmides

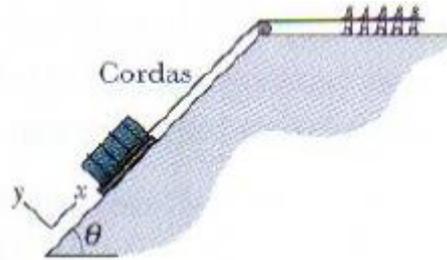


A Grande Pirâmide, construída há cerca de 4500 anos, é formada por cerca de 2.300.000 blocos de pedra, a maioria com uma massa de 2.000 a 3.000 kg. Como os engenheiros e operários conseguiram levantar as pedras para construir a pirâmide, que tem mais de 140 m de altura? Alguns pesquisadores levantaram a hipótese de que, durante a construção, uma turma de operários fazia subir os blocos por uma gigantesca rampa de terra de pequena inclinação, encostada em um dos lados da pirâmide. Entretanto, não existem indícios que apoiem esta teoria. Outros acreditam que havia uma rampa em espiral em torno da pirâmide. Acontece que uma rampa desse tipo seria altamente instável; além disso, conseguir que blocos de pedra de 2.000 kg fizessem curvas de 90° nos cantos da pirâmide parece uma tarefa extremamente difícil, se não impossível. **Então como os antigos egípcios levantaram os gigantescos blocos de pedra usados para construir a Grande Pirâmide?**

Existem algumas hipóteses bastante plausíveis (veja esse episódio do Nerdologia para saber mais: **COMO CONSTRUÍRAM AS PIRÂMIDES? | Nerdologia 31**), mas vamos trabalhar com um modelo simples: os blocos de pedra foram provavelmente içados com o auxílio de cordas. A figura abaixo mostra um bloco de 2.000 kg no processo de ser puxado ao longo de um lado acabado (liso) da Grande Pirâmide, que constitui um plano inclinado com um ângulo de 52° . O bloco é sustentado por um trenó de madeira e puxado por várias cordas (apenas uma é mostrada). O caminho do trenó é lubrificado com água para reduzir o coeficiente de atrito estático para 0,40. Suponha que o atrito no ponto (lubrificado) no qual a corda passa pelo alto da pirâmide seja desprezível.

Você saberia estimar (ou calcular efetivamente) quantos operários foram necessários para que o bloco esteja prestes a se mover? **Sugestão:** suponha que cada operário puxa com uma força de 686 N (um valor razoável), decomponha as forças e use a segunda lei de Newton.

LISTA DE EXERCÍCIOS



Gabarito

1. C
2. $f_{at} = 12,5 \text{ N}$
- 3.

A "aceleração" do caminhão é dada pelo gráfico:

$$|a_c| = \frac{v - v_0}{\Delta t} = \frac{0 - 10}{3,5 - 1,0} \rightarrow |a_c| = 4 \text{ m/s}^2$$

A máxima "aceleração" que a caixa suporta para que não deslize é dada por:

$$f_{at} = m |a| \rightarrow \mu N = m |a|$$

$$\mu mg = m |a|$$

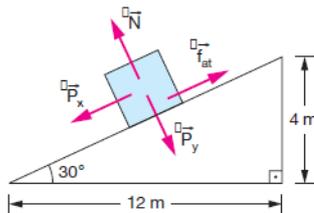
$$|a| = \mu g$$

$$|a| = 0,30 \cdot 10$$

$$|a| = 3 \text{ m/s}^2$$

Como $|a_c| > |a|$, a caixa desliza.

4. a) $a_1 = 0,5 \text{ m/s}^2$ b) $a_2 = 4 \text{ m/s}^2$
5. a) Para a esquerda; b) 20 N
6. D
7. A
8. C
- 9.



Para que o homem não escorregue, devemos ter (no mínimo):

$$F_{at} = P_x \Rightarrow \mu \cdot N = mg \operatorname{sen} \alpha$$

$$\mu \cdot mg \cos \alpha = mg \operatorname{sen} \alpha$$

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

$$\mu = \operatorname{tg} \alpha = \frac{4}{12} = \frac{1}{3}$$

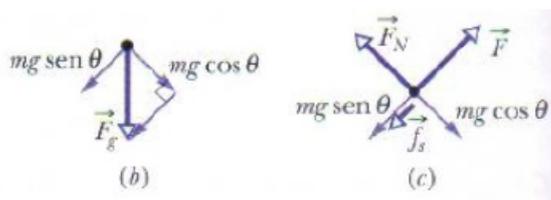
$$\mu = \frac{1}{3} \cong 0,33$$

O piso que deve ser usado é o que apresenta $\mu > 0,33$, ou seja, o piso 3 que é o de menor custo.

10. A

Gabarito do “Vem que tem mais!”

A Fig. C é um diagrama de corpo livre do bloco, mostrando a força \vec{F} aplicada pelas cordas, a força de atrito estático \vec{f}_s e as duas componentes da força gravitacional.



A força necessária para colocar o bloco de pedra prestes a se mover é dada por

$$F = \mu_s mg \cos \theta + mg \sin \theta.$$

Substituindo $m = 2.000 \text{ kg}$, $\theta = 52^\circ$ e $\mu_s = 0,40$, descobrimos que essa força vale $2,027 \times 10^4 \text{ N}$. Dividindo este valor pela força de 686 N que cada operário supostamente é capaz de aplicar, descobrimos que o número necessário de operários é $N = 30$ operários.

Comentário: Depois que o bloco de pedra começava a se mover o atrito passava a ser atrito cinético, e o coeficiente de atrito diminuía para aproximadamente $0,20$. É fácil mostrar que, nesse caso, o número de operários diminuía para 26 ou 27 . Assim, os grandes blocos de pedra da Grande Pirâmide puderam ser colocados em posição por um número relativamente pequeno de operários.