

FÍSICA I

Prof. Dr. Patricio R. Impinnisi

Aula 5: Força e Movimento Parte 1

Força e Movimento – Parte 1

LEIS DE NEWTON

Toda força causa aceleração e toda aceleração é causada por forças.

Restrições

Não são válidas para velocidades próximas da velocidade da luz

Não são válidas para objetos de dimensões atômicas ou subatômicas

A mecânica newtoniana é uma aproximação da relatividade geral

Historia

Antes de Newton acreditava-se que era necessária uma força para manter um corpo em movimento (o estado natural era o repouso)

As observações da época confirmavam esta hipótese

A Primeira Lei de Newton corrige esta interpretação errada:

LEIS DE NEWTON

Primeira Lei de Newton

Um corpo permanece em estado de repouso ou de movimento retilíneo uniforme a menos que uma força atue sobre ele (sem forças não há mudanças de velocidade)

Características das forças

Unidade: Newton (N) = 1 kg 1 m/s² (kg m/s²) (M L T⁻²)

A aceleração de um objeto é proporcional à força aplicada (observação)

A força se comporta como uma grandeza vetorial

O que importa é sempre a força resultante que é a soma vetorial de todas as forças aplicadas ao objeto

LEIS DE NEWTON

Princípio da Superposição de Forças

A força resultante tem o mesmo efeito sobre um corpo do que a soma de todas as forças individuais aplicadas (do ponto de vista externo são absolutamente equivalentes e indistinguíveis).

Podemos tornar mais preciso o enunciado da Primeira Lei de Newton

Um corpo permanece em estado de repouso ou de movimento retilíneo uniforme a menos que uma força resultante atue sobre ele

A Primeira Lei de Newton não é válida em todos os referenciais !!!

LEIS DE NEWTON

Referencial Inercial

É todo referencial onde as leis de Newton são válidas 😊

Para esclarecer vejamos um exemplo

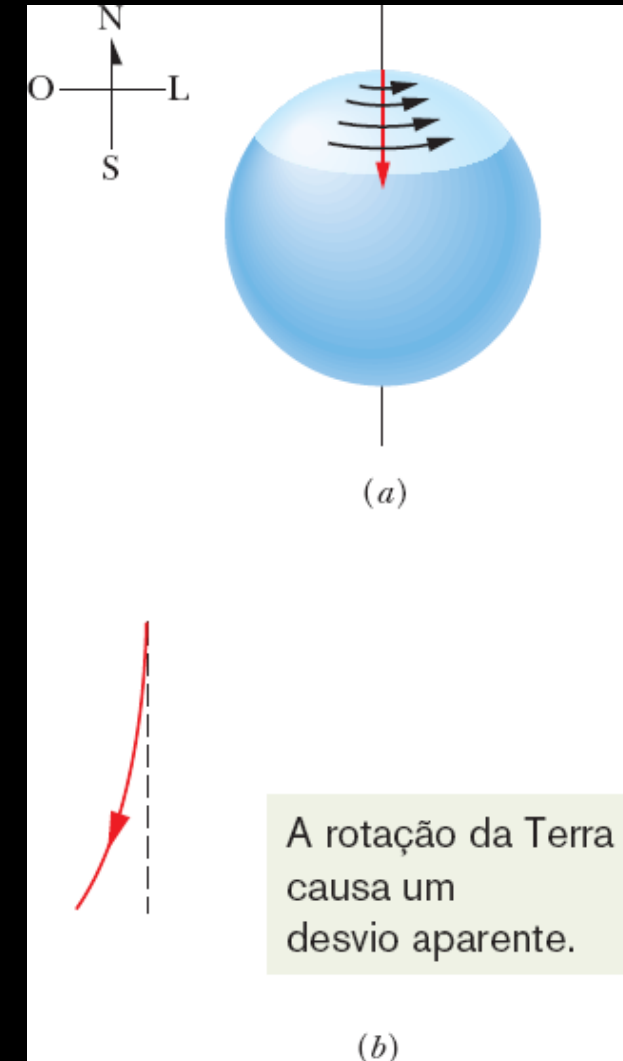
Imagine um disco metálico deslizando sobre gelo a partir do polo norte (sem atrito com o gelo nem o ar)

Observando desde um referencial estacionário no espaço o disco segue a Lei de Newton (a)

Mas observando desde o solo (que acompanha a rotação da terra) a trajetória do disco não será reta (b).

Podemos melhorar a definição de referencial inercial

É todo referencial não acelerado



LEIS DE NEWTON

Referencial Inercial

No nosso estudo vamos considerar o solo um referencial inercial

Massa

A experiência diz que uma mesma força causa acelerações diferentes em corpos diferentes...é fato experimental!

Desta forma: **Massa é a propriedade de um corpo que relaciona a força aplicada ao corpo com a aceleração adquirida**

É uma medida da resistência de um corpo a mudar de movimento

A experiência mostra que a massa é inversamente proporcional à aceleração e que a força é diretamente proporcional à aceleração por isso.....

LEIS DE NEWTON

Segunda Lei de Newton

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

A força resultante que age sobre um corpo é igual ao produto da sua massa vezes sua aceleração

Procedimento:

1. Identifique o objeto de interesse
2. Inclua apenas as forças que atuam sobre ele
3. Defina um sistema de coordenadas

LEIS DE NEWTON

Unidades de força

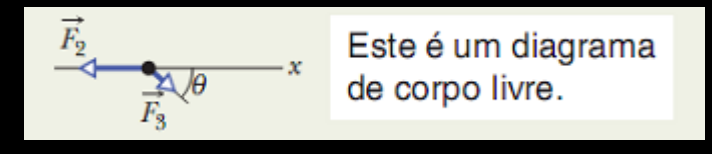
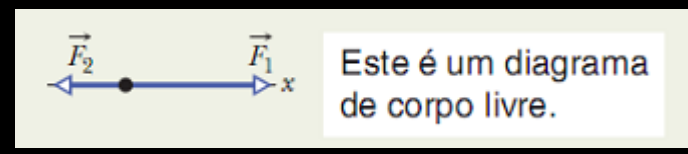
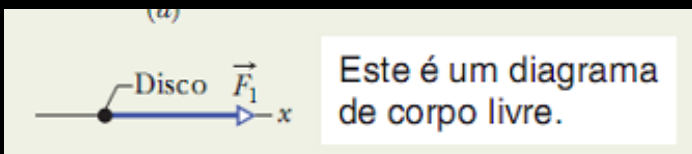
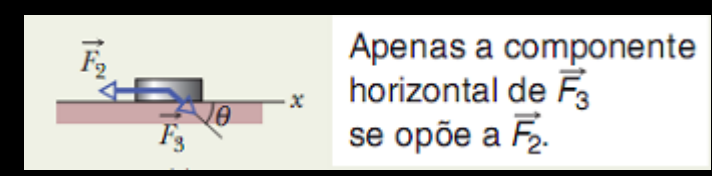
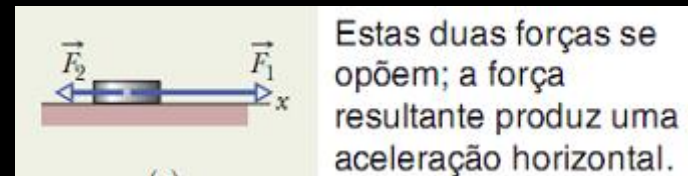
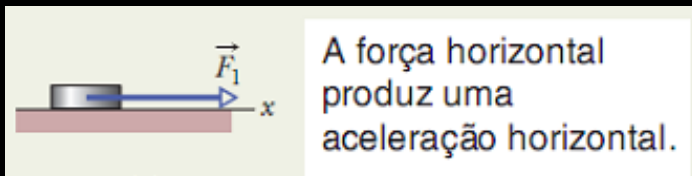
Sistema	Força	Massa	Aceleração
SI	newton (N)	quilograma (kg)	m/s^2
CGS ^a	dina	grama (g)	cm/s^2
Inglês ^b	libra (lb)	slug	ft/s^2

^a1 dina = $1 \text{ g} \cdot \text{cm/s}^2$.

^b1 lb = $1 \text{ slug} \cdot \text{ft/s}^2$.

LEIS DE NEWTON

Diagrama de Corpo Livre – DCL (só inclui as forças externas!)



Forças internas e forças externas

Força externa é aquela que não pertence ao sistema estudado

Na segunda lei de Newton a resultante é a **resultante das forças externas**

As forças internas não podem acelerar um corpo!

Vamos ver detalhadamente algumas forças especiais...

LEIS DE NEWTON

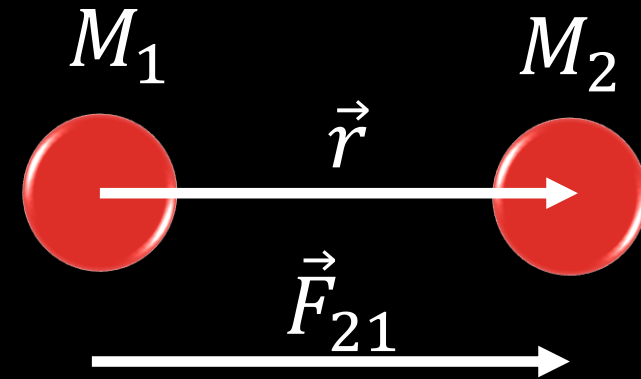
A força gravitacional

É um tipo específico de força decorrente da presença de corpos

As massas (incluindo a energia $E = MC^2$) exercem forças de atração umas nas outras.

Lei da gravitação universal

$$\vec{F}_{12} = G \frac{M_1 M_2}{r^2} \frac{\vec{r}}{r}$$



Em que $G = 6,67408 \cdot 10^{-11} \frac{Nm^2}{kg^2}$

LEIS DE NEWTON

A força gravitacional

No caso particular da Terra temos (no caso de queda livre):

$$\vec{F}_{12} = G \frac{M_2 m \vec{r}}{r^2} \quad \vec{F}_g = m(-g) \frac{\vec{r}}{r}$$

$$M_{\text{TERRA}} = 5,972 \cdot 10^{24} \text{ kg} \quad G = 6,674 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2} \quad r_{\text{TERRA}} = 6,371 \cdot 10^6 \text{ m}$$

$$\vec{g} = G \frac{M_2 \vec{r}}{r^2} = \frac{5,972 \cdot 10^{24} \text{ kg} \cdot 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2}}{(6,371 \cdot 10^6)^2} \frac{\vec{r}}{r} = 9,813 \frac{\vec{r}}{r}$$

Comentários:G = f(h).....G muda em outros planetas

LEIS DE NEWTON

A força gravitacional

Num sistema de coordenadas com o sentido positivo para cima teremos:

$$\vec{F}_{12} = G \frac{M_2 m}{r^2} \frac{\vec{r}}{r} \quad \vec{F}_g = F_g(-\hat{j}) = mg(-\hat{j}) = m\vec{g} \quad \vec{g} = g(-\hat{j})$$

Desta forma a força “Peso” é a força gravitacional

O referencial utilizado para definir esta força foi a superfície da Terra e foi considerado um referencial inercial

Quanto Pesa 1 kg massa na superfície da Terra no sistema SI?

LEIS DE NEWTON

Peso e Massa

Não são equivalentes nem sinônimos....

Utilizamos balanças de pratos para comparar massas desconhecidas com massas padrão conhecidas e assim medir a massa desconhecida

Utilizamos balanças de molas para medir pesos

Uma balança de pratos mede o mesmo valor para diferentes g , já uma balança de molas mede valores diferentes.

O peso depende de g a massa não depende de g !!!



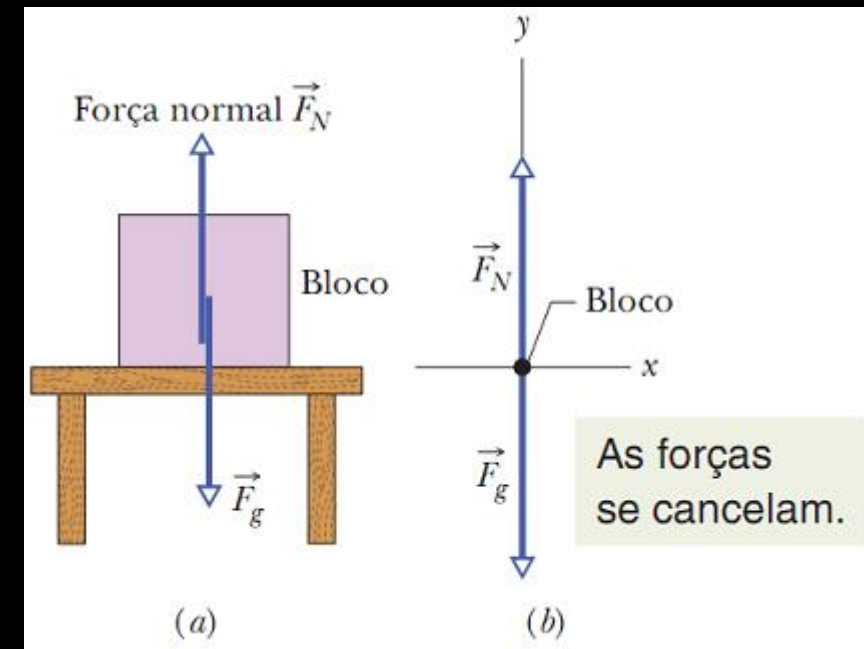
LEIS DE NEWTON

A força normal

É a força que uma superfície exerce sobre um corpo que está em contato com ela.

A força normal \vec{F}_N é sempre perpendicular à superfície do corpo

Imagine a figura ao lado, dentro de um elevador, o módulo da força normal será maior, igual ou menor se o elevador se movimentar para cima com (a) velocidade constante (b) com velocidade crescente?



$$\vec{F}_N = m\vec{g} + m\vec{a}_y = m(\vec{g} + \vec{a}_y)$$

LEIS DE NEWTON

A força normal

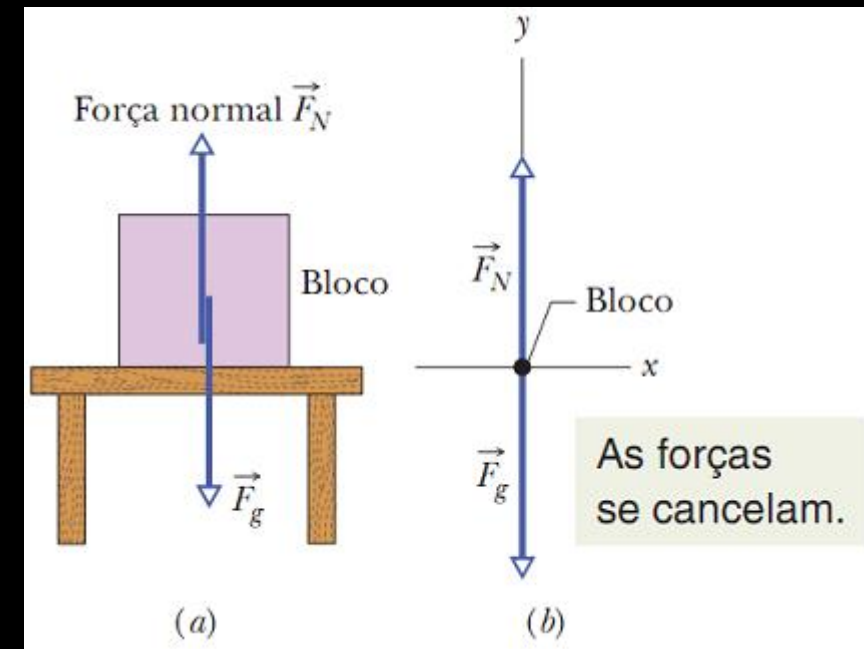
Por que se somam as acelerações?

A normal é uma força produzida pela mesa que:

1. compensa o peso (mas está direcionada para cima) e
2. adiciona uma força extra para poder causar a aceleração a_y

Por isso se somam, de fato ambas apontam para cima!

$$\vec{F}_N = m\vec{g} + m\vec{a}_y = m(\vec{g} + \vec{a}_y)$$

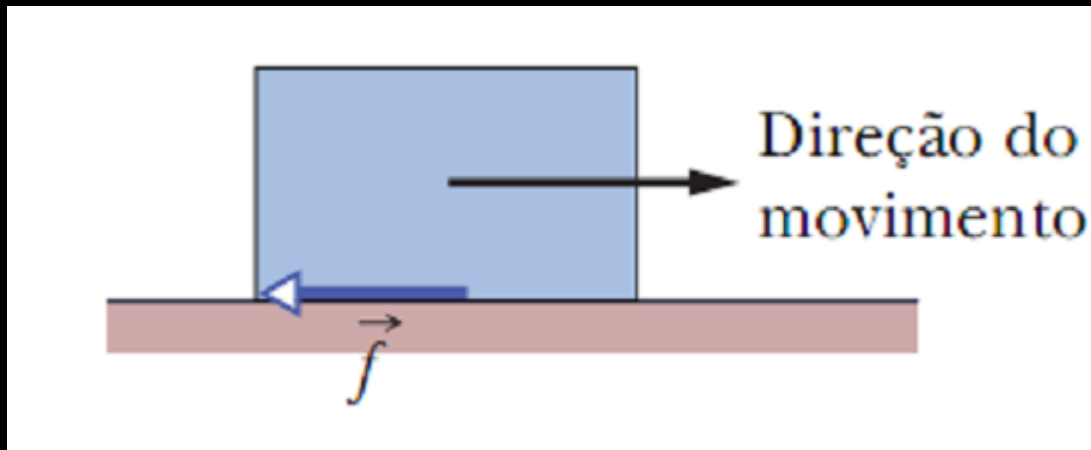


LEIS DE NEWTON

A força de atrito

É a força que aparece quando um objeto desliza sobre outro ou se movimenta através de um fluido. É uma força de contato (diferente da força gravitacional que não é uma força de contato)

Ela é sempre contrária ao movimento relativo entre os objetos e seu valor depende das características dos objetos. A equação para seu módulo é:

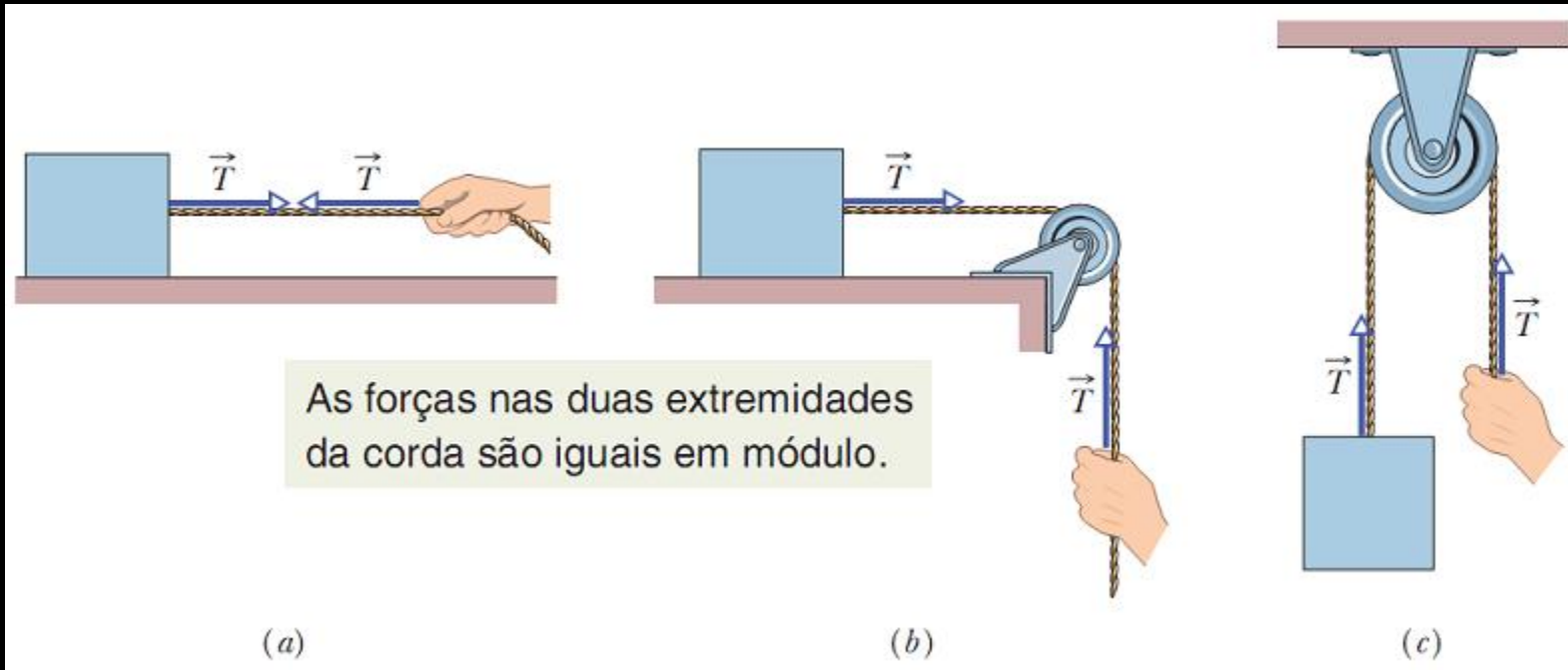


$$f = F_N \cdot \mu$$

LEIS DE NEWTON

A força de tração

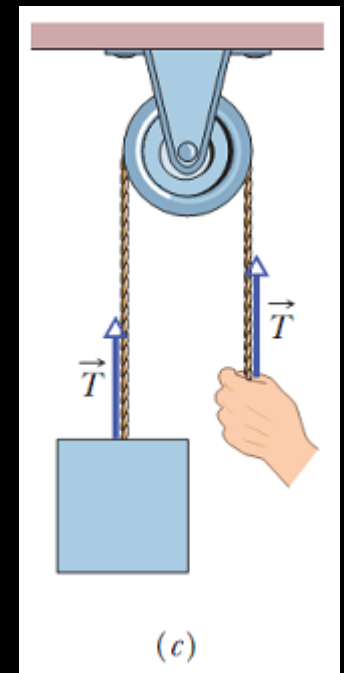
É a força que aparece quando uma corda presa a um corpo é esticada. Ao puxar a corda com uma força T , a corda transmite a força ao corpo essa força T e dizemos que a corda está sendo tracionada.



A tração exercida sobre a corda é T .

LEIS DE NEWTON

O corpo suspenso da Fig. 5-9c pesa 75 N. A tração T é igual, maior ou menor que 75 N quando o corpo se move para cima (a) com velocidade constante, (b) com velocidade crescente e (c) com velocidade decrescente?



LEIS DE NEWTON

Terceira Lei de Newton

Para toda força de ação existe uma de reação de igual intensidade e sentido contrario.

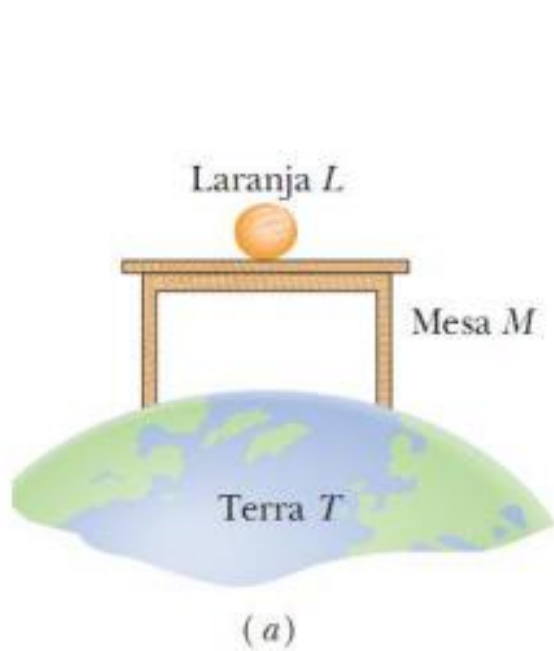
As forças de ação e reação são iguais em módulo, contrarias em direção e **atuam em corpos diferentes!!!**

Todas as forças na natureza vem ao pares (uma de ação e outra de reação)

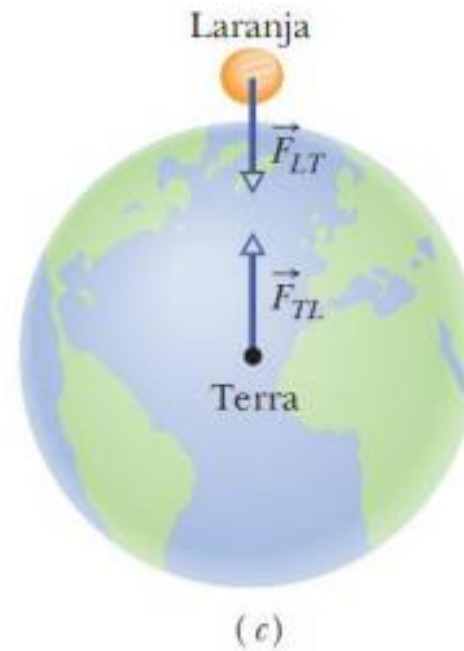
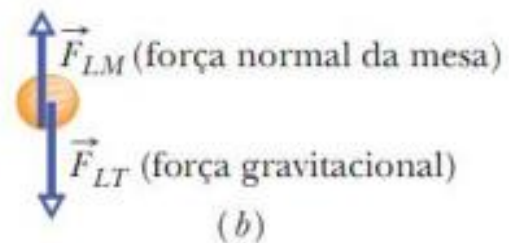
Vejam os exemplos:

LEIS DE NEWTON

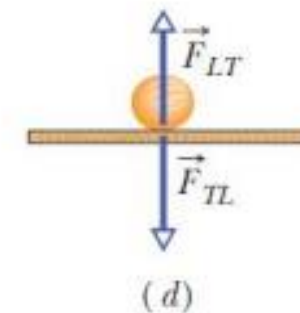
Terceira Lei de Newton



Estas forças se cancelam.



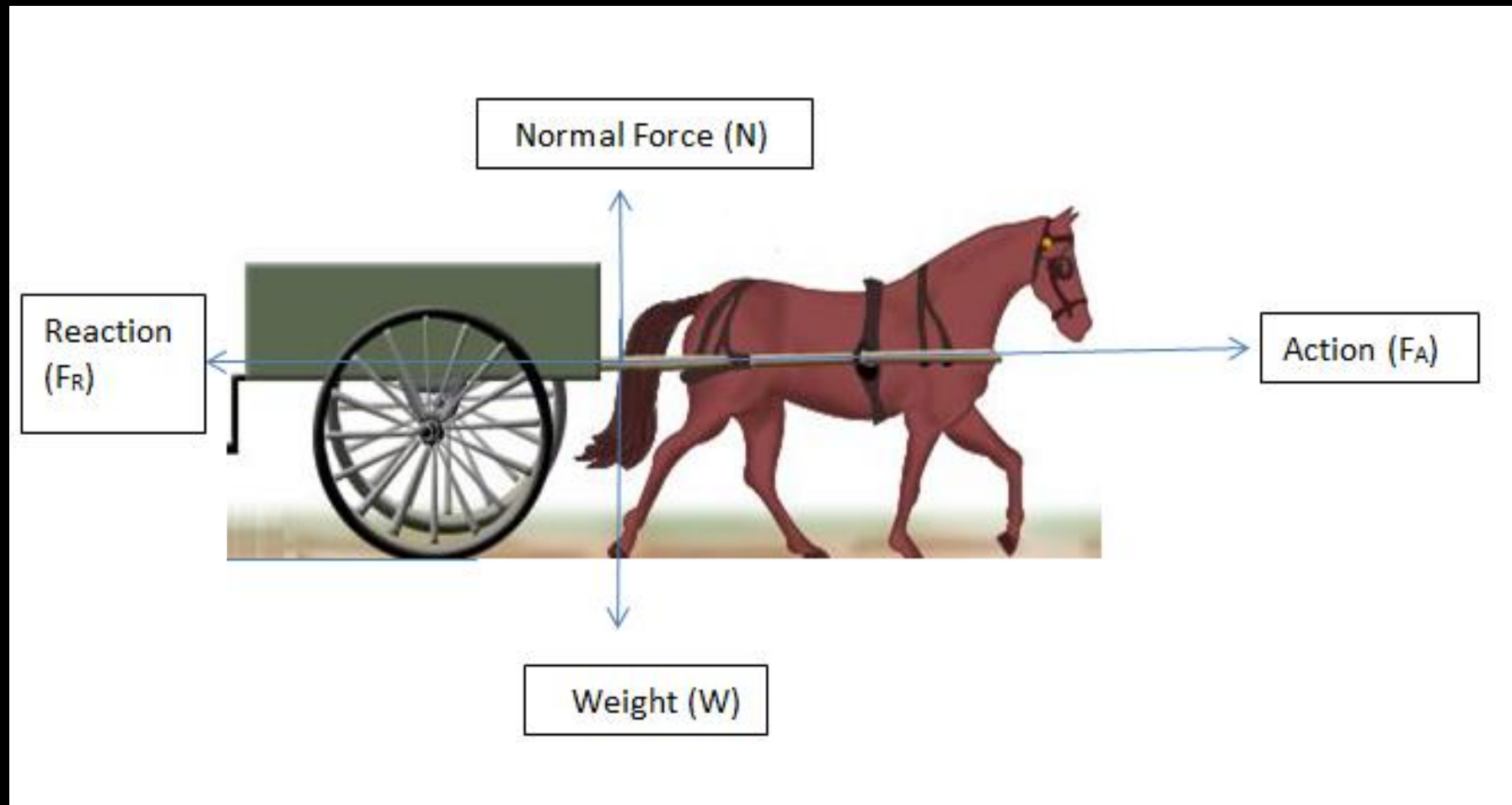
Este é um par de forças da terceira lei.



Este também.

LEIS DE NEWTON

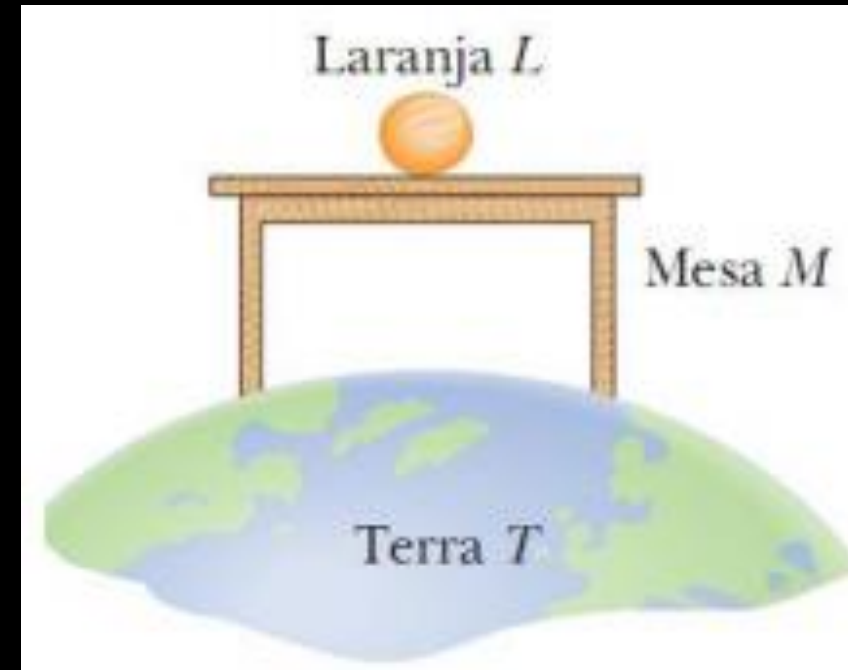
Terceira Lei de Newton



APLICAÇÕES DAS LEIS DE NEWTON

Suponha que a laranja e a mesa da Fig. 5-11 estão em um elevador que começa a acelerar para cima. (a) Os módulos de \vec{F}_{ML} e \vec{F}_{LM} aumentam, diminuem, ou permanecem os mesmos? (b) As duas forças continuam a ser iguais em módulo, com sentidos opostos? (c) Os módulos de \vec{F}_{LT} e \vec{F}_{TL} aumentam, diminuem, ou permanecem os mesmos? (d) As duas forças continuam a ser iguais em módulo, com sentidos opostos?

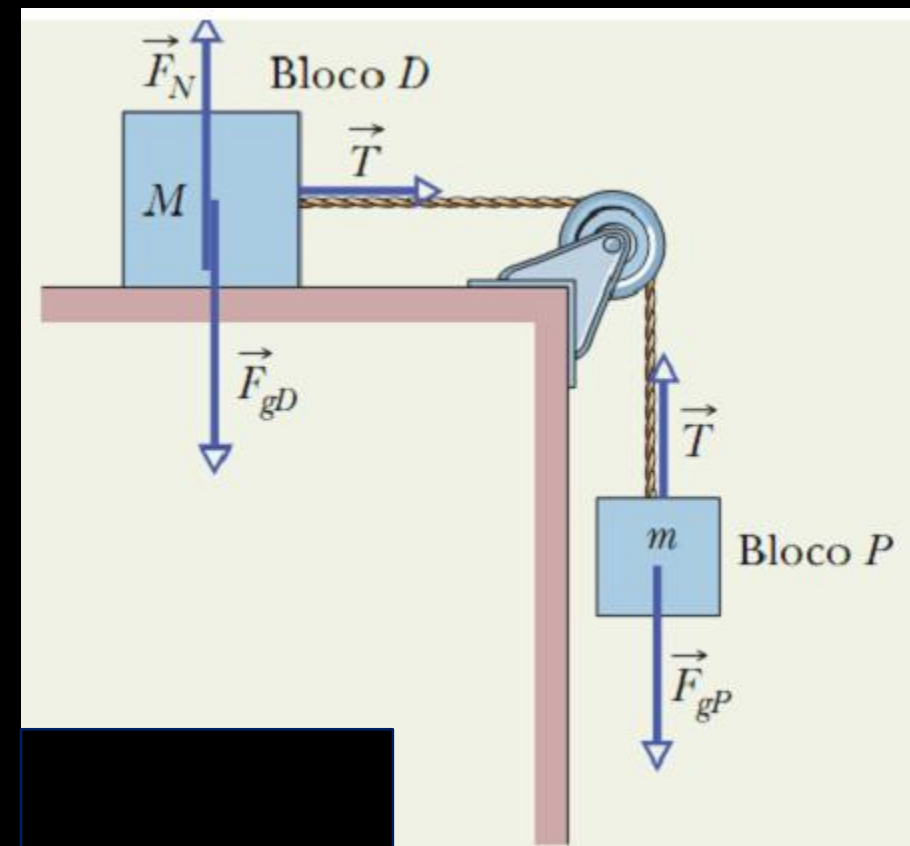
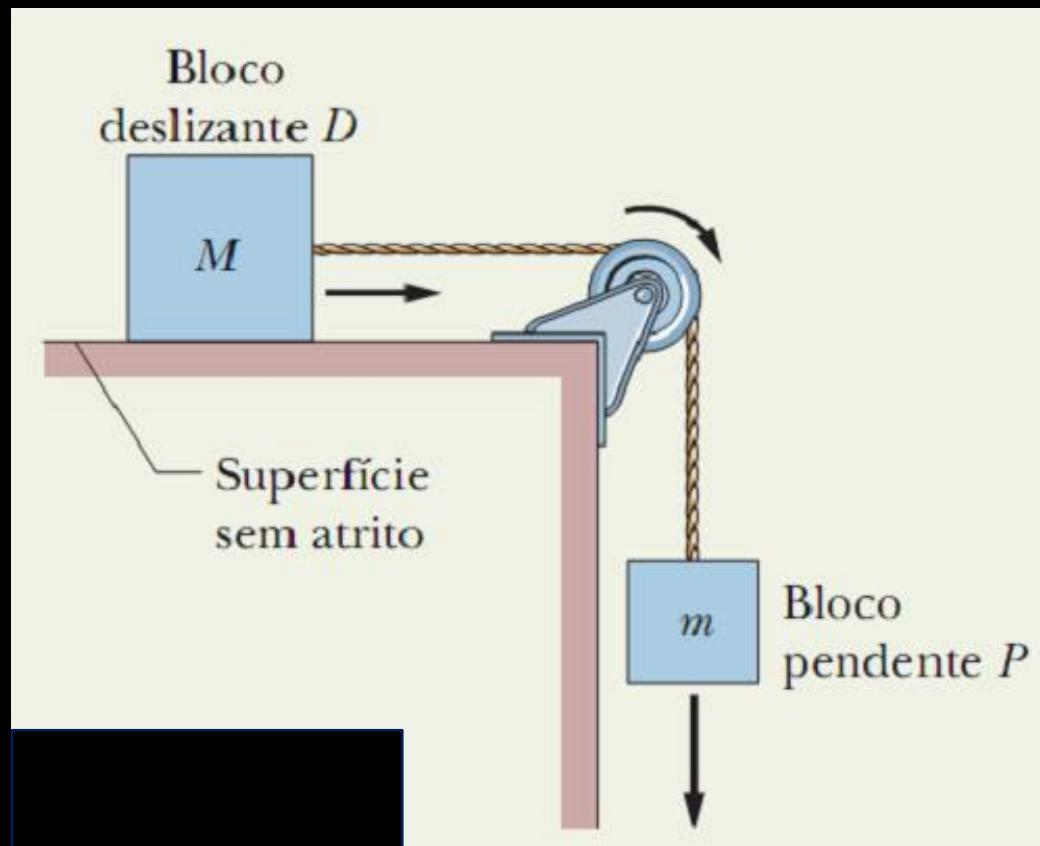
$$\vec{F}_{LT} = -\vec{F}_{TL} \quad (\text{interação laranja-Terra})$$
$$\vec{F}_{LM} = -\vec{F}_{ML} \quad (\text{interação laranja-mesa})$$



Respostas: (a) aumentam; (b) sim; (c) diminuem ligeiramente (a força gravitacional da Terra diminui com a altitude, mas esse efeito é imperceptível para pequenas variações, como no caso do elevador); (d) sim

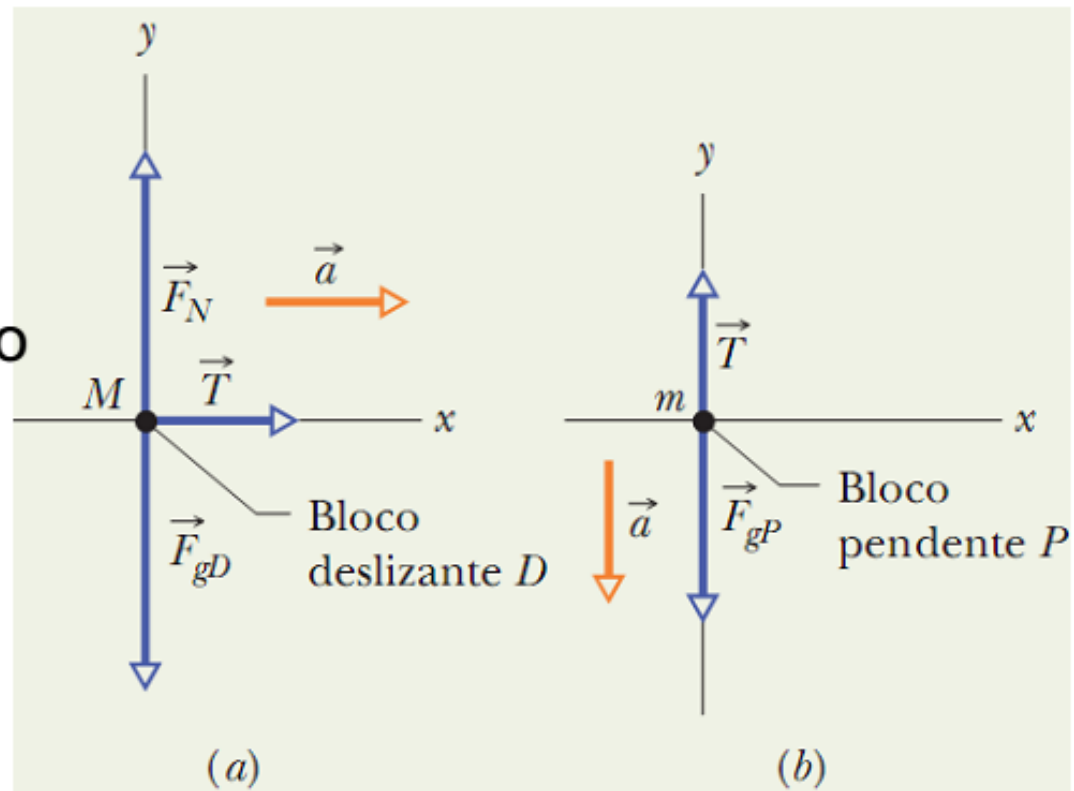
APLICAÇÕES DAS LEIS DE NEWTON

Exemplo: encontre a aceleração e a tensão T num sistema composto por um bloco de massa $M = 2,3 \text{ kg}$, ligado por uma corda e uma polia a um bloco de massa $m = 2,1 \text{ kg}$, que desliza sobre uma superfície sem atrito



APLICAÇÕES DAS LEIS DE NEWTON

- Desenhe as forças envolvidas
- Trate a corda como inextensível, a polia como sem massa e sem atrito, e os blocos como partículas
- Desenhe um diagrama de corpo livre para cada bloco
- Aplique a segunda lei de Newton ($F = ma$) a cada bloco para obter um sistema de duas equações
- Elimine uma incógnita (T) e resolva o sistema de equações resultante para calcular a aceleração



APLICAÇÕES DAS LEIS DE NEWTON

- Para o bloco deslizante:

$$T = Ma$$

- Para o bloco pendente:

$$T - mg = -ma$$

- Combinando, obtemos:

$$a = \frac{m}{M + m} g \quad \text{Eq. (5-21)}$$

$$T = \frac{Mm}{M + m} g$$

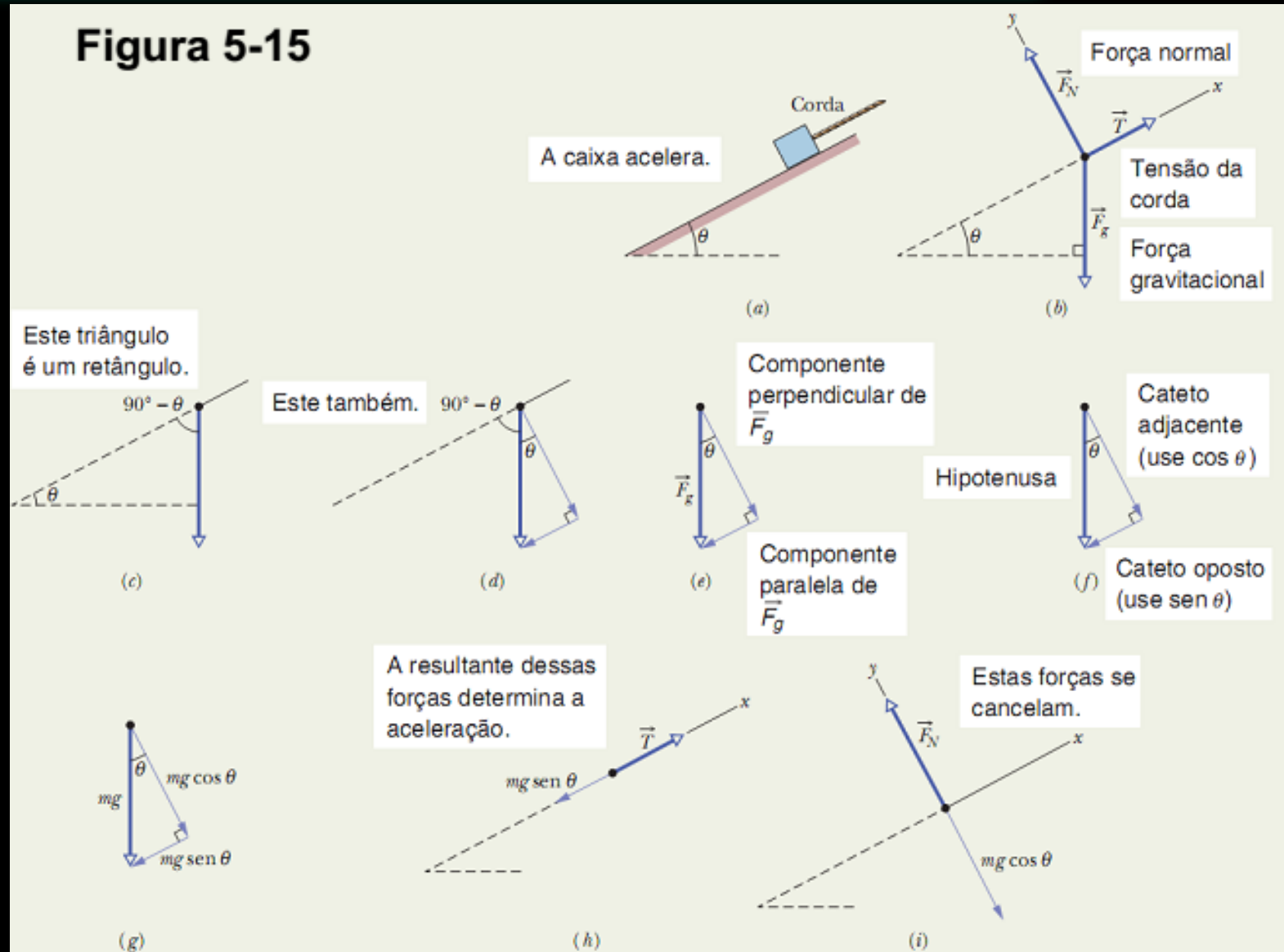
R: $a = 3,8 \text{ m/s}^2$ e $T = 13 \text{ N}$

Faz sentido? Verifique os casos limites $g = 0$, $M = 0$ e $m = \infty$

APLICAÇÕES DAS LEIS DE NEWTON

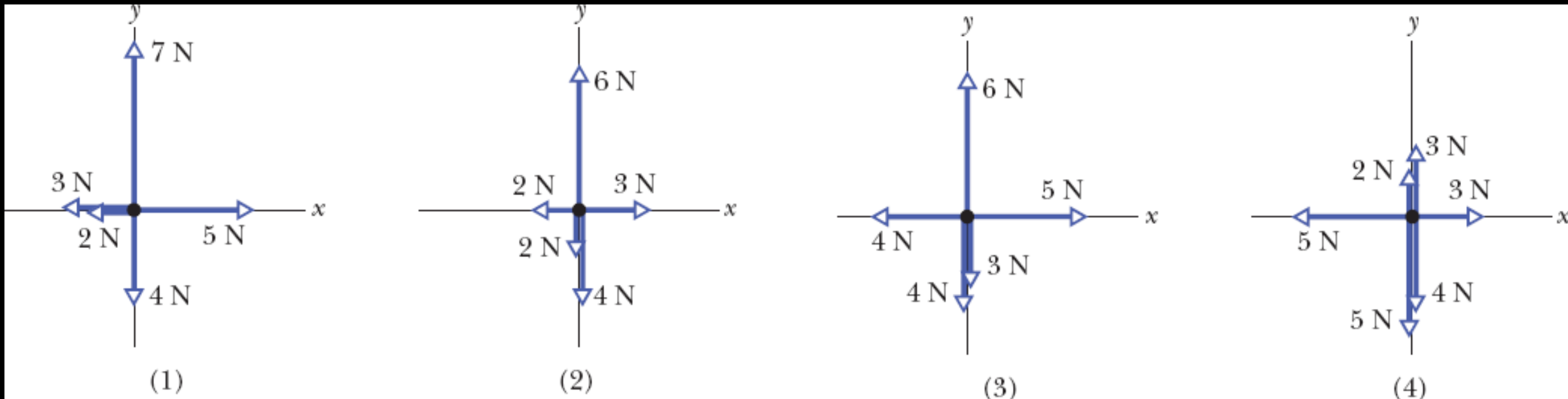
O plano inclinado

Figura 5-15



PERGUNTAS

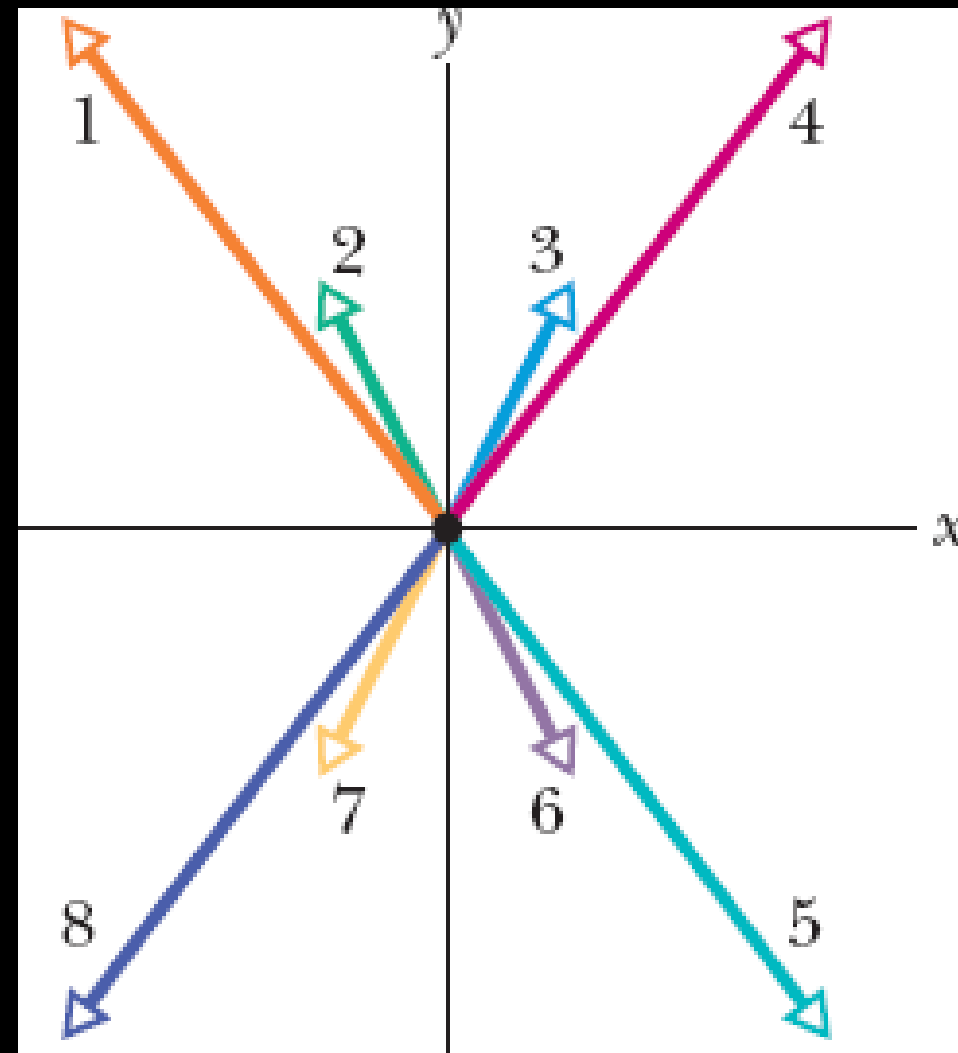
1. A figura mostra diagramas de corpo livre de quatro situações nas quais um objeto, visto de cima, é puxado por várias forças em um piso sem atrito. Em quais dessas situações a aceleração \vec{a} do objeto possui (a) uma componente x e (b) uma componente y ? (c) Em cada situação, indique a orientação de \vec{a} citando um quadrante ou um semieixo.



PERGUNTAS

2. Duas forças horizontais, puxam uma banana split no balcão sem atrito de uma lanchonete.

Determine, sem usar calculadora, qual dos vetores do diagrama de corpo livre da figura representa corretamente (a) \vec{F}_1 e (b) \vec{F}_2 . Qual é a componente da força resultante (c) ao longo do eixo x e (d) ao longo do eixo y? Para que quadrante aponta o vetor (e) da força resultante e (f) da aceleração do sorvete?

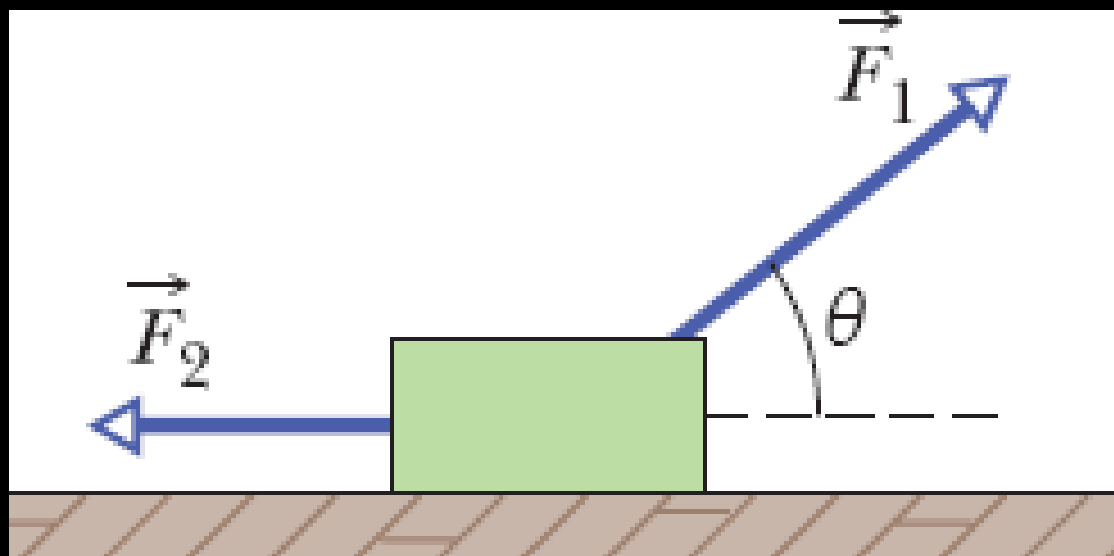


$$\vec{F}_1 = (3 \text{ N})\hat{i} - (4 \text{ N})\hat{j} \quad \text{e} \quad \vec{F}_2 = -(1 \text{ N})\hat{i} - (2 \text{ N})\hat{j}$$

PERGUNTAS

3. Na figura, as forças \vec{F}_1 e \vec{F}_2 são aplicadas a uma caixa que desliza com velocidade constante em uma superfície sem atrito. Diminuímos o ângulo θ sem mudar o módulo de \vec{F}_1 .

Para manter a caixa deslizando com velocidade constante, devemos aumentar, diminuir, ou manter inalterado o módulo de \vec{F}_2 ?



PERGUNTAS

4. No instante $t = 0$, uma força \vec{F} constante começa a atuar em uma pedra que se move no espaço sideral no sentido positivo do eixo x .

(a) Para $t > 0$, quais são possíveis funções $x(t)$ para a posição da pedra:

(1) $x = 4t - 3$,

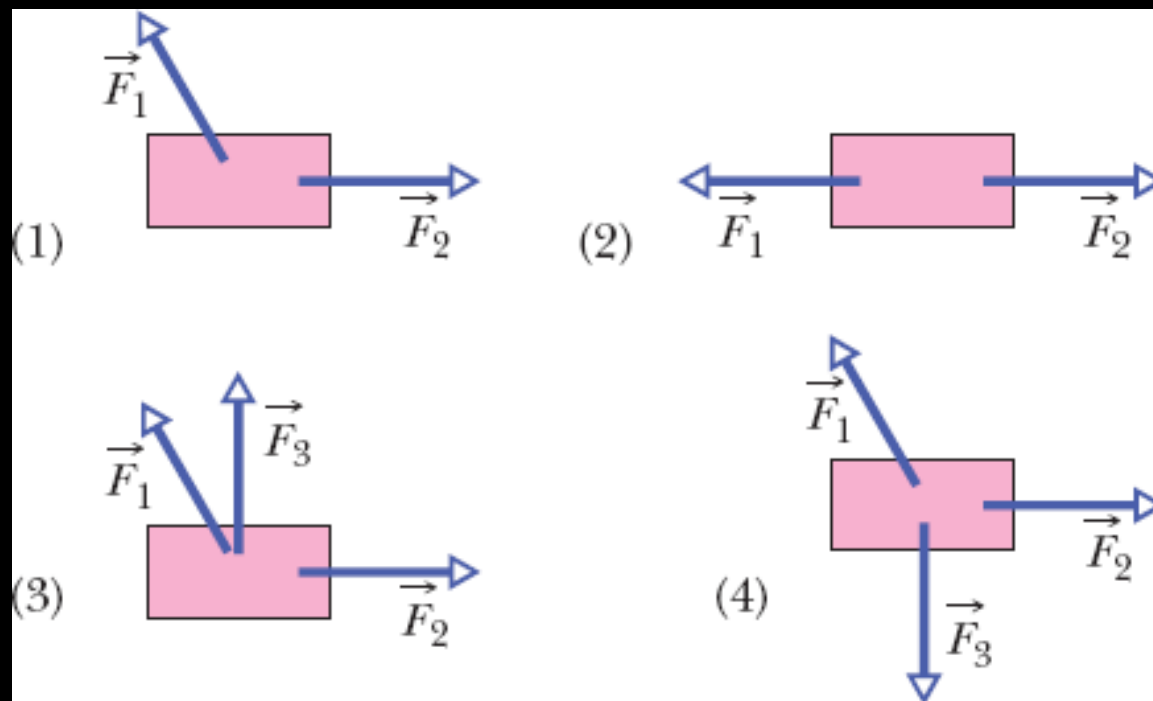
(2) $x = -4t^2 + 6t - 3$

(3) $x = 4t^2 + 6t - 3$?

(b) Para qual função (1, 2 ou 3) \vec{F} tem o sentido contrário ao do movimento inicial da pedra?

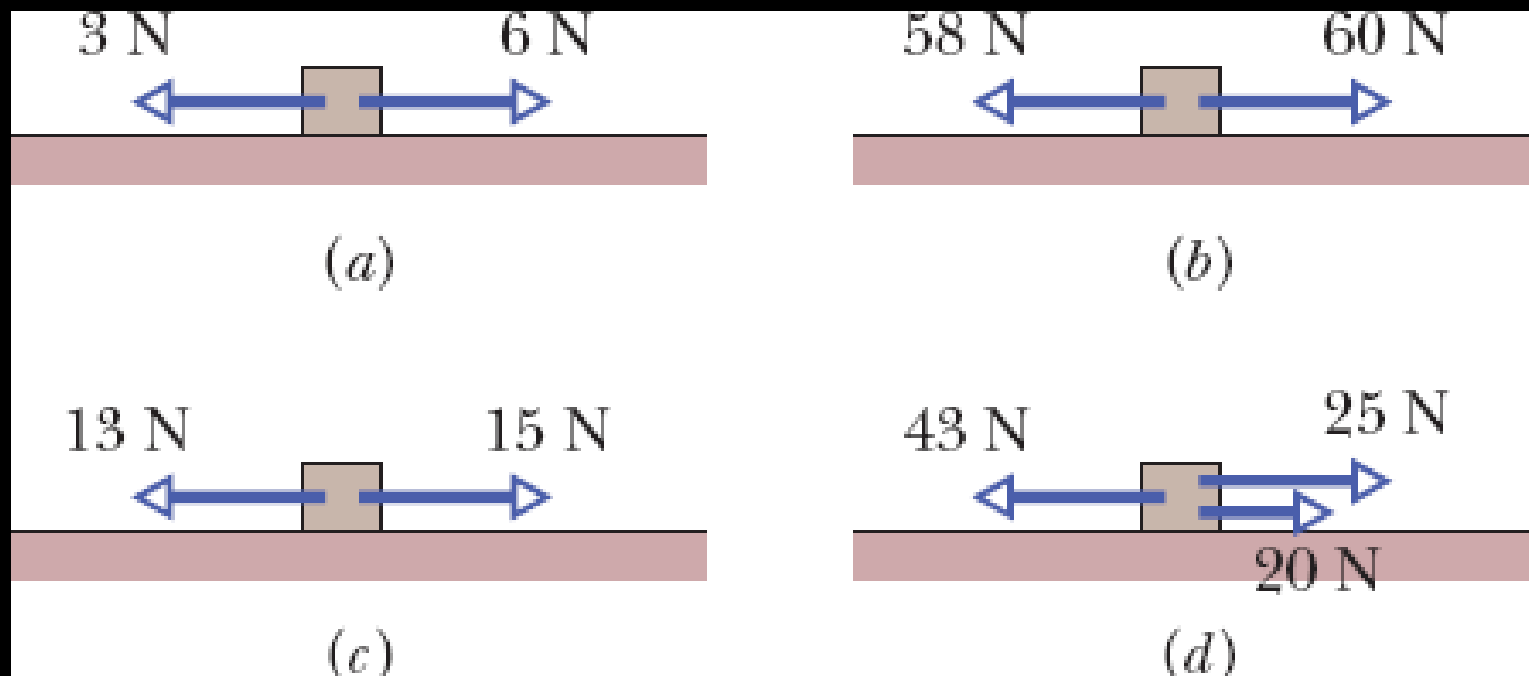
PERGUNTAS

5. A figura mostra vistas superiores de quatro situações nas quais forças atuam sobre um bloco que está em um piso sem atrito. Em que situações é possível, para certos valores dos módulos das forças, que o bloco (a) esteja em repouso e (b) esteja em movimento com velocidade constante?



PERGUNTAS

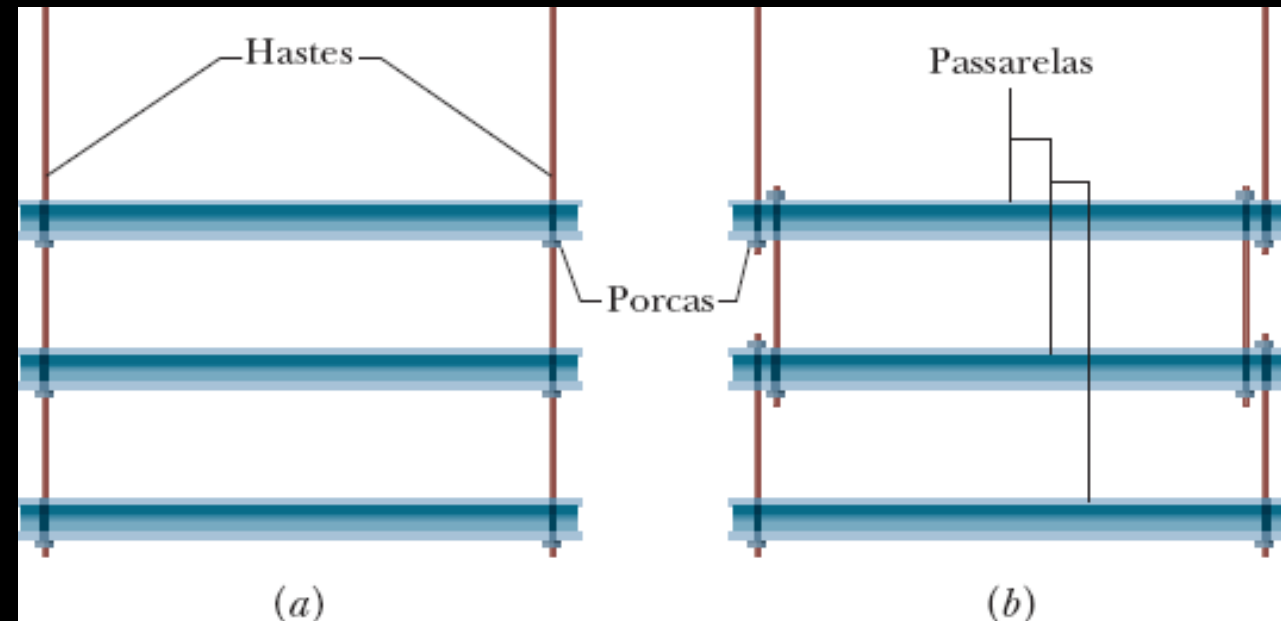
6. A figura mostra uma caixa em quatro situações nas quais forças horizontais são aplicadas. Ordene as situações de acordo com o módulo da aceleração da caixa, começando pelo maior.



PERGUNTAS

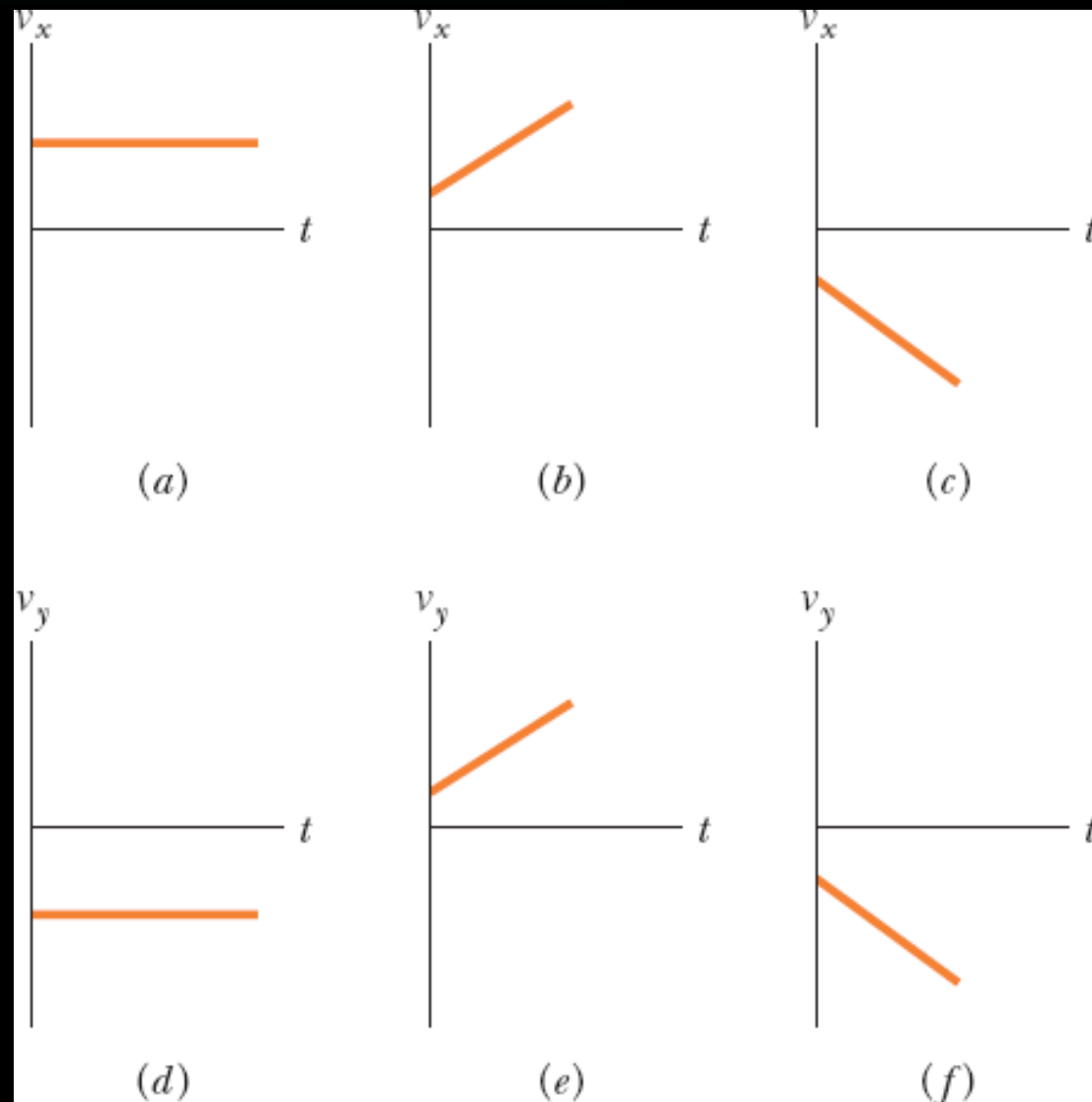
7. Kansas City, em 17 de julho de 1981: O hotel Hyatt Regency, recém-inaugurado, recebe centenas de pessoas, que escutam e dançam sucessos da década de 1940 ao som de uma banda. Muitos se aglomeram nas passarelas que se estendem como pontes por cima do grande saguão. De repente, duas passarelas cedem, caindo sobre a multidão. As passarelas eram sustentadas por hastes verticais e mantidas no lugar por porcas atarraxadas nas hastes. No projeto original, seriam usadas apenas duas hastes compridas, presas no teto, que sustentariam as três passarelas (figura a). Se cada passarela e as pessoas que encontram sobre ela têm massa total M , qual é a massa total sustentada pelas duas porcas que estão:

(a) na passarela de baixo e (b) na passarela de cima? Como não é possível atarraxar uma porca em uma haste a não ser nas extremidades, o projeto foi modificado. Em vez das duas hastes, foram usadas seis, duas presas ao teto e quatro ligando as passarelas, duas a duas (figura b). Qual é agora a massa total sustentada por duas porcas que estão (c) na passarela de baixo, (d) no lado de cima da passarela de cima e (e) no lado de baixo da passarela de cima? Foi essa modificação do projeto original que causou a tragédia.



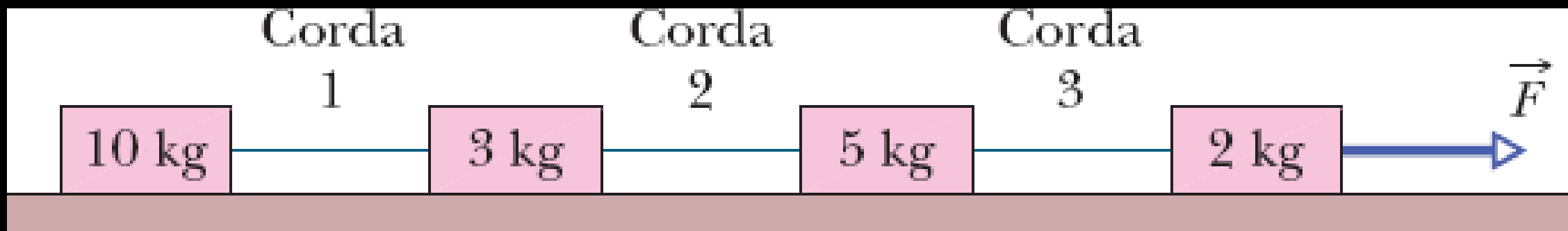
PERGUNTAS

8. A figura mostra três gráficos da componente $v_x(t)$ de uma velocidade e três gráficos da componente $v_y(t)$. Os gráficos não estão em escala. Que gráfico de $v_x(t)$ e que gráfico de $v_y(t)$ correspondem melhor a cada uma das situações da Pergunta 1 ?



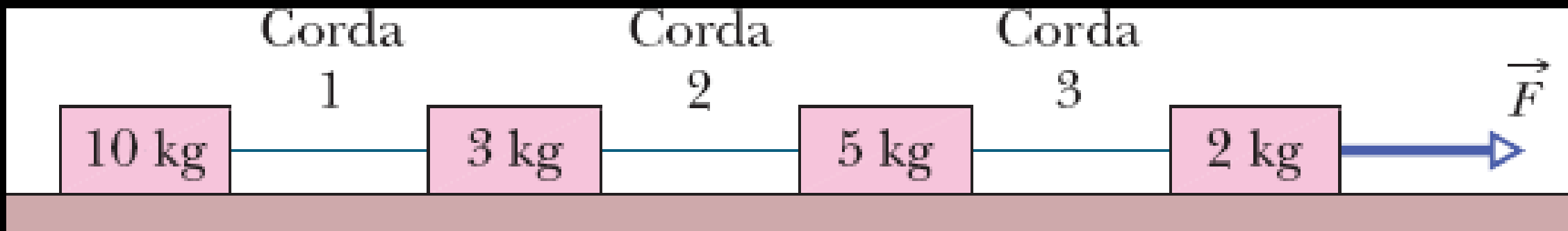
PERGUNTAS

9. A figura mostra um conjunto de quatro blocos sendo puxados por uma força \vec{F} em um piso sem atrito. Que massa total é acelerada para a direita (a) pela força \vec{F} (b) pela corda 3 e (c) pela corda 1? (d) Ordene os blocos de acordo com a aceleração, começando pela maior. (e) Ordene as cordas de acordo com a tração, começando pela maior.



PERGUNTAS

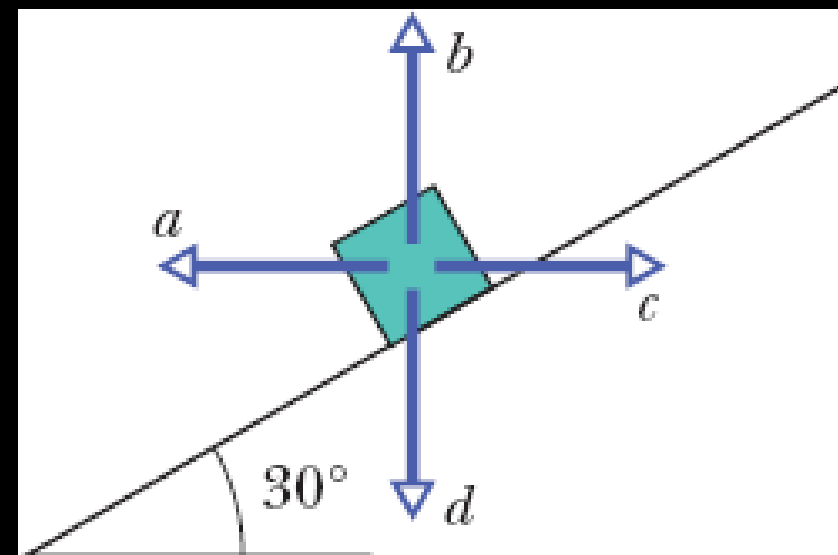
10. A figura mostra três blocos sendo empurrados em um piso sem atrito por uma força horizontal \vec{F} . Que massa total é acelerada para a direita (a) pela força \vec{F} , (b) pela força \vec{F}_{21} exercida pelo bloco 1 sobre o bloco 2 e (c) pela força \vec{F}_{32} exercida pelo bloco 2 sobre o bloco 3? (d) Ordene os blocos de acordo com o módulo da aceleração, começando pelo maior. (e) Ordene as forças \vec{F} , \vec{F}_{21} e \vec{F}_{32} de acordo com seu módulo, começando pelo maior.



PERGUNTAS

11. Uma força vertical \vec{F} é aplicada a um bloco de massa m que está sobre um piso horizontal. O que acontece com o módulo da força normal \vec{F}_N que o piso exerce sobre o bloco quando o módulo de \vec{F} aumenta a partir de zero, se a força \vec{F} aponta (a) para baixo e (b) para cima?

12. A figura mostra quatro opções para a orientação de uma força de módulo F a ser aplicada a um bloco que se encontra em um plano inclinado. A força pode ser horizontal ou vertical. (No caso da opção b, a força não é suficiente para levantar o bloco, afastando-o da superfície.) Ordene as opções de acordo com o módulo da força normal exercida pelo plano sobre o bloco, começando pela maior.



RESPOSTAS ÀS PERGUNTAS

1. (a) 2, 3, 4; (b) 1, 3, 4; (c) 1, $+y$; 2, $+x$; 3, quarto quadrante; 4, terceiro quadrante
2. (a) 5; (b) 7; (c) $(2 \text{ N}) \hat{i}$; (d) $(-6 \text{ N}) \hat{j}$; (e) para o quarto quadrante; (f) para o quarto quadrante
3. aumentar
4. (a) 2 e 3; (b) 2
5. (a) 2 e 4; (b) 2 e 4
6. a , depois b , c e d empatados
7. (a) M ; (b) M ; (c) M ; (d) $2M$; (e) $3M$
8. 1, gráficos a e e ; 2, gráficos b e d ; 3, gráficos b e f ; 4, gráficos c e f
9. (a) 20 kg; (b) 18 kg; (c) 10 kg; (d) todos empatados; (e) 3, 2, 1
10. (a) 17 kg; (b) 12 kg; (c) 10 kg; (d) todos empatados; (e) \vec{F} , \vec{F}_{21} , \vec{F}_{32}
11. (a) aumenta a partir do valor inicial mg ;
(b) diminui de mg até zero (e depois o bloco perde contato com o piso)
12. d , c , a , b

RESUMO

Mecânica Newtoniana

- As forças são puxões ou empurrões
- As forças produzem aceleração

Primeira Lei de Newton

- Se a força resultante que age sobre um corpo é zero, o corpo permanece em repouso ou se move em linha reta com velocidade constante.

Força

- É uma grandeza vetorial
- $1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$
- A força resultante é a soma de todas as forças que agem sobre o corpo

Referenciais Inerciais

- São os referenciais para os quais as leis de Newton são válidas

RESUMO

Massa

- É a propriedade que relaciona a força aplicada ao corpo à aceleração resultante
- É uma grandeza escalar

Algumas Forças Especiais

- Peso:
 $P = mg$
- Força normal
- Força de atrito
- Força de tração

Segunda Lei de Newton

$$\vec{F}_{\text{res}} = m\vec{a}$$

- O diagrama de corpo livre representa as forças que agem sobre um objeto

Terceira Lei de Newton

- Lei dos pares de forças
- Se B exerce uma força sobre C , então C exerce uma força sobre B dada por

$$\vec{F}_{BC} = -\vec{F}_{CB}$$

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

Lista disponível em:

<http://www.eletrica.ufpr.br/p/professores:patricio:inicial>

Disciplina TE303 (Física I)

Gabaritos disponíveis no mesmo endereço