



Coleção **olimpo**
IME ITA



1 As Leis de Newton



Introdução

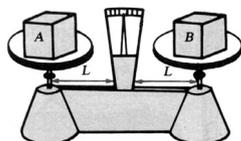
Nos capítulos anteriores fizemos uma descrição matemática dos movimentos (Cinemática) sem discussão das causas que os produziram. Estudaremos agora a Dinâmica:

A dinâmica é a parte da Mecânica

Consideremos ainda pontos materiais: corpos cujas dimensões não interferem no estudo de determinado fenômeno. Os pontos materiais possuem **massa**, não devendo ser confundidos com os pontos geométricos.

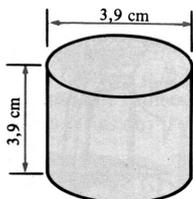
Uma noção operacional de massa:

Massa é uma grandeza que atribuímos a cada corpo obtida pela comparação do corpo com um padrão, usando-se o princípio da balança de braços iguais. O corpo padrão pode ser o quilograma padrão.



Dois corpos, A e B, têm massas iguais quando, colocados nos pratos da balança de braços iguais esta permanece em equilíbrio.

O quilograma padrão é um pequeno bloco de platina (90%) e irídio (10%) mantido no Instituto Internacional de Pesos e Medidas, em Sévres, nas proximidades de Paris. Por definição, sua massa é um quilograma (símbolo: kg).



○ *quilograma padrão é um bloco de platina e irídio mantido em Paris. Por definição, sua massa é um quilograma (altura=diâmetro = 3,9 cm).*

○ **grama** (símbolo: g) e a **tonelada** (símbolo: t) são, respectivamente, submúltiplo e múltiplo do quilograma.

$$1\text{g} = \frac{1}{1000}\text{kg} = \frac{1}{10^3}\text{kg} = 10^{-3}\text{kg}$$

$$1\text{t} = 1000\text{kg} = 10^3\text{kg}$$

Em dinâmica, além da noção de massa há também a noção de força. A primeira noção de força está associada ao esforço muscular. Quando empurrando um objeto exercemos força sobre ele.

Há forças produzidas de outras maneiras diferentes do esforço muscular. Assim, há forças de ação do vento, de atração entre cargas elétricas, etc.

Independentemente de como são provocadas (esforço muscular, ação do vento, atração entre cargas etc.) as forças serão estudadas pelos efeitos que produzem. Em Dinâmica, o efeito principal de uma força é a variação de velocidade de um corpo.

Em dinâmica, forças são os agentes que produzem as variações de velocidade de um corpo.

A **força** é uma grandeza **vetorial** pois produz variação de velocidade, que é grandeza vetorial. A variação de velocidade no decurso do tempo determina a aceleração \vec{a} ; daí decorre que uma força aplicada num ponto material provoca uma aceleração \vec{a} . A aceleração \vec{a} tem a mesma direção e sentido da força \vec{F} que a origina.



A aceleração tem a mesma direção e sentido da força que a origina.

Equilíbrio

Uma primeira noção de equilíbrio é o repouso. Observando que um corpo em repouso possui velocidade constantemente nula, podemos propor:

Um ponto material está em equilíbrio quando sua velocidade vetorial permanece constante com o tempo, num determinado referencial; se a velocidade é constante, a aceleração é nula.

Há dois tipos básicos de equilíbrio:

- A) A velocidade vetorial é constantemente nula com o tempo: o ponto material está em repouso num determinado referencial. O repouso é chamado equilíbrio estático.
- B) A velocidade vetorial é constante com o tempo e não-nula: o ponto material tem movimento retilíneo e uniforme (MRU) pois sua velocidade é constante em módulo, direção e sentido. O MRU é chamado equilíbrio dinâmico.

EQUILÍBRIO: $\vec{v} = \text{constante}$ ou $\vec{a} = \vec{0}$ num referencial.

I) **EQUILÍBRIO ESTÁTICO:** $\vec{v} = \text{constante} = \vec{0}$ repouso.

II) **EQUILÍBRIO DINÂMICO:** $\vec{v} = \text{constante} \neq \vec{0}$, movimento retilíneo uniforme (MRU).

O conceito de equilíbrio é relativo ao referencial. Um carro em movimento acelerado em relação ao solo não está em equilíbrio, porém um passageiro em repouso em seu interior está em equilíbrio estático em relação ao carro.



Um ponto material é chamado **isolado** quando não existem forças atuando nele, ou as forças que atuam têm soma vetorial nula. Neste caso, o ponto material está em equilíbrio. Assim, num determinado referencial:

Um ponto material isolado está em repouso ou em movimento retilíneo uniforme.

Isso significa que o ponto material isolado possui velocidade vetorial constante.

O enunciado destacado acima corresponde ao **princípio da inércia**, ou Primeira **Lei de Newton**, lei física muito discutida por Galileu em sua época e posteriormente reformulada por Newton.

INÉRCIA é a propriedade geral da matéria de resistir a qualquer variação em sua velocidade. Um corpo em repouso tende, por inércia, a permanecer em repouso; um corpo em movimento tende, por inércia, a continuar em movimento retilíneo uniforme (MRU).

Admita um ônibus em MRU em relação ao solo. Quando o ônibus é freado os passageiros tendem, por inércia, a prosseguir com a velocidade que tinham em relação ao solo. Assim, deslocam-se para a frente em relação ao ônibus.



Por inércia, os passageiros são atirados para a frente quando o ônibus freia.

Analogamente, quando um carro parte, o motorista sente-se atirado para trás (em relação ao carro) por inércia, pois tende a permanecer na situação de repouso em que se encontrava em relação ao solo.

Quando um cavalo pára diante de um obstáculo, seu cavaleiro é atirado para a frente por inércia, por ter a tendência de prosseguir com sua velocidade. Um carro numa curva tende, por inércia, a sair pela tangente mantendo a velocidade que possuía, até que forças consigam alterá-la.



Por inércia, o cavaleiro tende a prosseguir com sua velocidade.



Por inércia, o carro tende a sair pela tangente.

Em todos os exemplos anteriores, o equilíbrio e o movimento dos corpos são relativos a referenciais.

Os referenciais em relação aos quais vale o princípio da inércia são chamados **referenciais inerciais**.

Em relação aos referenciais inerciais, um corpo isolado está em repouso ou realiza movimento retilíneo uniforme. Para variar a velocidade do corpo é necessária a ação de uma força.

Quando um ônibus freia, os passageiros, em repouso em relação ao ônibus, são lançados para a frente sem ação de uma força. Isso significa que o ônibus freando não é um referencial inercial, pois há variação de velocidade sem a ação de uma força. Analogamente, um ônibus acelerando em relação à Terra não é um referencial inercial. Os referenciais acelerados em relação à Terra não são inerciais.

A própria Terra, em virtude de seu movimento de rotação, não é um referencial inercial. Entretanto, nos problemas comuns dos movimentos dos corpos na superfície terrestre, supondo que estes movimentos tenham pequena duração (bem inferior a 24 h), podemos desprezar os efeitos de rotação da Terra e considerá-la um referencial praticamente inercial.

Para o estudo de movimentos de grande duração, considera-se como inercial um referencial ligado ao Sol e às chamadas “estrelas fixas”.

Força

Num jogo de bilhar o taco age na bola provocando variações em sua velocidade. Há aceleração numa interação entre a Terra e um corpo caindo em queda livre.

Explicamos essas interações entre os corpos afirmando que estes exercem forças entre si. Desse modo, do ponto de vista dinâmico:

FORÇAS são interações entre corpos que produzem variações em sua velocidade, isto é, provocam aceleração.

Podem existir forças quando corpos entram em contato (taco na bola de bilhar) ou mesmo quando estão a distância (a Terra atraindo um corpo em queda livre).

Newton estabeleceu uma lei básica para a análise geral das causas dos movimentos, relacionando as forças aplicadas a um ponto material de massa m constante e as acelerações que provocam. Sendo \vec{F}_R a soma vetorial (resultante) das forças aplicadas e \vec{a} aceleração adquirida, a **Segunda Lei de Newton** estabelece:

A resultante das forças aplicadas a um ponto material é igual ao produto de sua massa pela aceleração adquirida:

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

Isso significa que a força resultante \vec{F}_R produz uma aceleração \vec{a} que tem **mesma direção e mesmo sentido da força resultante e suas intensidades são proporcionais**.

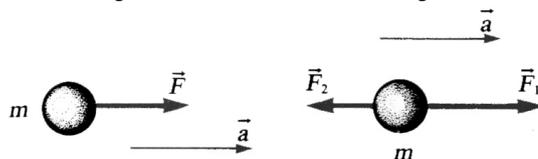
O enunciado anterior é também conhecido como princípio fundamental da Dinâmica. A igualdade vetorial $\vec{F}_R = m\vec{a}$ é a **equação fundamental da Dinâmica** válida num referencial inercial.

Deixa de ser válida se a massa da partícula variar, fato que ocorre no domínio microscópico das partículas atômicas. Nos fenômenos macroscópicos de nossa vida diária, a equação fundamental da Dinâmica é suficiente para interpretações e análises.

Da equação fundamental $\vec{F}_R = m\vec{a}$, concluímos que, se aplicarmos em corpos de massas diferentes a mesma força, o corpo de maior massa adquirirá aceleração de menor módulo, isto é, o corpo de maior massa resiste mais a variações em sua velocidade. **Por isso a massa é a medida da inércia de um corpo.**

Observe que $\vec{F}_R = m\vec{a}$ é uma igualdade vetorial, onde \vec{F}_R é a soma vetorial das forças que atuam na partícula, como se ilustra a seguir. Na figura abaixo, \vec{F}_R reduz-se a única força que atua no corpo e, nas figuras seguintes, \vec{F}_R é dada pela adição vetorial das forças atuantes.

Na equação fundamental, se a massa m estiver em quilograma (Kg) e a aceleração em m/s^2 , a unidade de intensidade de força denomina-se **Newton** (símbolo: **N**) em homenagem ao célebre cientista inglês.



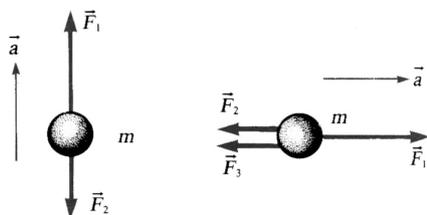
$$F_R = F \therefore F = m$$

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

Porém

$$F_R = F_1 - F_2$$

$$F_1 - F_2 = ma$$



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

porém porém

$$F_R = F_1 - F_2$$

$$F_R = F_1 - F_2 - F_3$$

$$F_1 - F_2 = ma$$

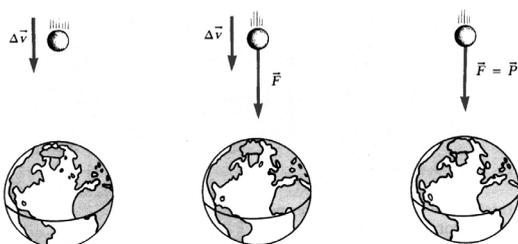
$$F_1 - F_2 - F_3 = ma$$

Na equação fundamental Dinâmica $\vec{F}_R = m\vec{a}$, \vec{F}_R é a soma vetorial das forças que atuam no corpo, m é a grandeza escalar e \vec{a} é aceleração adquirida.

○ peso é uma força

Quando os corpos são abandonados nas vizinhanças do solo, caem sofrendo variações de velocidade. Dizemos então que a Terra interage com esses corpos exercendo uma força chamada **peso**, indicada por \vec{P} . Portanto:

Peso de um corpo é a força de atração que a Terra exerce no corpo.



O peso de um corpo é a força de atração da Terra sobre ele.

Quando um corpo está em movimento sob ação exclusiva de seu peso \vec{P} , ele adquire uma aceleração denominada **aceleração da gravidade** \vec{g} . Sendo m a massa do corpo, a equação fundamental da dinâmica $\vec{F}_R = m\vec{a}$ transforma-se em $\vec{P} = m\vec{g}$, pois a resultante \vec{F}_R é o peso \vec{P} e a aceleração \vec{a} é aceleração da gravidade \vec{g} :

$$\begin{array}{ccc} \vec{F}_R = m\vec{a} & & \\ \downarrow & & \downarrow \\ \vec{P} & & \vec{g} \end{array} \quad \boxed{\vec{P} = m\vec{g}}$$

Em módulo, temos:

$$\boxed{P = mg}$$

Observe que a **massa** m é uma **grandeza escalar**, e o **peso** \vec{P} é uma **grandeza vetorial**. Assim, o peso em direção (da vertical do lugar) e sentido (para baixo). A aceleração \vec{g} tem a mesma direção e sentido de \vec{P} .

Sendo o peso uma força, sua intensidade é medida em newtons (N). É importante distinguir cuidadosamente massa e peso. A massa é uma propriedade invariante do corpo. Contudo, seu peso depende do valor local de g e varia, ainda que pouco, de local para local na Terra (pois na superfície da Terra a aceleração da gravidade aumenta do equador aos pólos). Nas proximidades da superfície terrestre o valor de g é aproximadamente igual a $9,8 \text{ m/s}^2$. Massa é medida em quilogramas, enquanto peso é uma força cuja intensidade é medida em newtons.

Em termos rigorosos é incorreto falar que o peso de um corpo é 10 kg . Podemos referir-nos à massa de 10 kg , cujo peso é $10 \cdot g \text{ N}$, e o exato valor desse peso depende do valor local do g .

Assim, um corpo de massa 10 kg num local em que $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ tem peso cuja intensidade é $P = mg = 10 \cdot 9,8 \therefore P = 98$ newtons.

Analogamente, um corpo de 49 newtons, no mesmo local, tem massa igual a:

$$P = mg \therefore m = \frac{P}{g} = \frac{49}{9,8} \therefore m = 5 \text{ kg}$$

Portanto, massa não pode ser confundida com peso:

Dados m e g determina-se $P = mg$

Dados P e g determina-se $m = \frac{P}{g}$

$m \rightarrow \text{kg}$ $P \rightarrow \text{N}$ $g \rightarrow \text{m/s}^2$

A expressão $\vec{P} = m\vec{g}$ permite determinar o peso de um corpo mesmo quando outras forças, além do peso, atuam sobre o corpo.

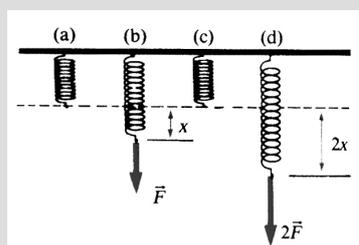
A partir da lei das deformações elásticas, explicada no quadro sombreado, podemos medir pesos.

Um corpo de peso P colocado na extremidade de uma mola vertical provoca uma deformação. Com pesos conhecidos, podemos calibrar convenientemente as deformações da mola e construir um aparelho para medir intensidade de forças. Esse aparelho se chama **dinamômetro** (dínamo=força; metro = medida).



DEFORMAÇÕES ELÁSTICAS

Considere uma mola vertical presa em sua extremidade superior (Fig.a). Aplicando-se a força \vec{F} na extremidade inferior da mola (Fig b), ela sofre a deformação x . Essa deformação é chamada elástica quando, retirada a força \vec{F} , a mola retorna à mesma posição (Fig. C).



O cientista inglês Robert Hooke (1635-1703) estudou as deformações elásticas e chegou à seguinte conclusão: em regime de deformação elástica, a intensidade da força é proporcional à deformação. Isto é, se aplicarmos à mola anterior uma força $2F$, obtemos uma deformação $2x$ (Fig.d), e assim sucessivamente enquanto a deformação for elástica.

Se F é proporcional a x podemos escrever:

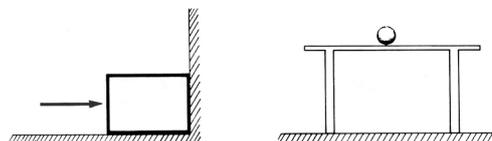
$$F = Kx$$

Onde K é uma constante de proporcionalidade característica da mola, chamada constante elástica da mola ($K \rightarrow N/m$). A expressão $F = Kx$ caracteriza a lei das deformações elásticas ou Lei de Hooke.

Classes de forças

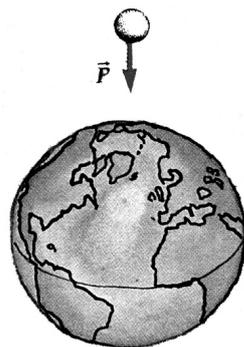
Quanto ao modo como são exercidas, as forças podem ser divididas em duas categorias:

- A) **forças de contato:** são forças que existem quando duas superfícies entram em contato. Quando empurramos um bloco contra uma parede há forças de contato entre o bloco e a parede. Analogamente aparecem forças de contato entre uma mesa e um corpo apoiado sobre ela.

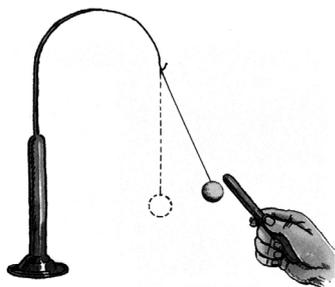


- B) **forças de campo:** são forças que os corpos exercem mutuamente ainda que estejam distantes um do outro. A Terra atrai corpos que estão próximos à sua superfície exercendo neles força de campo. É possível verificar experimentalmente que corpos eletrizados, como bastão e a pequena esfera da figura abaixo, exercem mutuamente forças de campo.

Chamamos **campo de forças** a região do espaço onde essas forças atuam. Assim, em torno da Terra há o campo da gravidade, onde os corpos são atraídos com a força de campo chamada peso. O campo onde atuam forças elétricas é o campo elétrico.



Campo da gravidade da Terra.



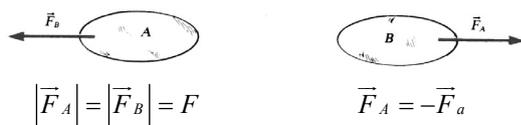
Campo elétrico originado por corpos eletrizados.

Princípio da ação e reação (terceira lei de Newton)

Sempre que dois corpos quaisquer A e B interagem, as forças exercidas são mútuas. Tanto A exerce força em B, como B exerce força em A. A interação entre corpos é regida pelo **princípio da ação e reação**, proposto por Newton, como veremos no quadro seguinte.

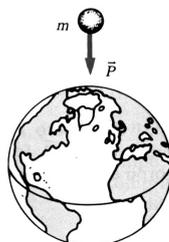
Toda vez que um corpo A exerce uma força \vec{F}_A num corpo B, este também exerce em A uma força \vec{F}_B tal que essas forças:

- A) têm a mesma intensidade $|\vec{F}_A| = |\vec{F}_B| = F$
- B) têm a mesma direção;
- C) têm sentidos opostos;
- D) têm a mesma natureza, sendo ambas de campo, ou ambas de contato.

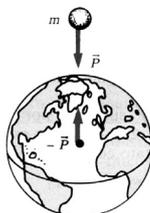


Vejamos algumas aplicações.

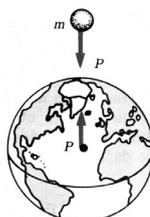
Um corpo próximo à superfície da Terra é atraído por ela: a Terra exerce nele a força peso \vec{P} . Pelo princípio de ação e reação, o corpo também exerce na Terra uma força, da mesma intensidade, mesma direção e sentido contrário: $-\vec{P}$. A Terra atrai o corpo com a força \vec{P} e o corpo atrai a Terra com a força $-\vec{P}$.



A Terra atrai o corpo com o peso \vec{P} ...



... e o corpo atrai a Terra com força $-\vec{P}$



As forças \vec{P} e $-\vec{P}$ têm a mesma intensidade P , mas sentidos opostos.

As chamadas forças de ação e reação não estão aplicadas no mesmo corpo: **a reação do peso de um corpo está aplicado no centro da Terra.**

Assim, você é atraído pela Terra e também atrai a Terra pelo princípio da ação e reação. No entanto, como sua massa é consideravelmente menor que a da Terra, é considerável o seu deslocamento e desprezível o da Terra.

Por que não se equilibram as forças \vec{P} e $-\vec{P}$?

Não se equilibram porque estão aplicadas em corpos diferentes: uma no corpo, outra na Terra.

As chamadas forças de ação e de reação não se equilibram, pois estão aplicadas em corpos diferentes.

E se o corpo estiver apoiado numa superfície horizontal, assim como a da figura seguinte? Neste caso, além da ação de campo da Terra, o corpo tem ação de contato com o apoio. A reação do peso do corpo continua na Terra. Atraído pela Terra o corpo exerce, no apoio, a força de intensidade N e o apoio exerce, no corpo, outra de sentido contrário, mas de igual intensidade N .

Desse modo, no corpo atuam forças: \vec{P} , ação da Terra e \vec{N} , ação do apoio. A reação do peso \vec{P} está na Terra e a reação da força \vec{N} está no apoio.



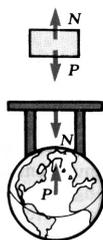
Num corpo apoiado...



... existe o peso \vec{P} cuja reação está na Terra...



... e a força de contato \vec{N} , cuja reação está no apoio.



No corpo apoiado existe \vec{P} , ação de campo, e \vec{N} , ação de contato, cujas intensidades são P e N .

Apliquemos a equação fundamental da Dinâmica $\vec{F}_R = m \cdot \vec{a}$ ao corpo apoiado na mesa. Como ele está em repouso decorre que $\vec{a} = \vec{0}$. Se $\vec{a} = \vec{0}$, a resultante \vec{F}_R também deve ser nula, o que ocorre se $N = P$. As forças \vec{N} e \vec{P} podem equilibrar-se, pois estão no mesmo corpo e não são ação e reação uma da outra.

A força de contato \vec{N} , por ser perpendicular à superfície de contato, é chamada **força normal** ou **reação normal do apoio**.

Seja agora o corpo de peso \vec{P} suspenso por um fio inextensível de peso \vec{P}_f cuja extremidade está ligada ao teto. No corpo existem duas forças: o peso \vec{P} , força de campo da Terra, e \vec{T}_1 força de contato com o fio. Se o corpo está em equilíbrio:

$$P = T_1$$

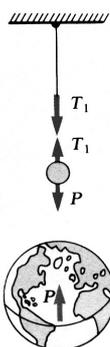
Pois a resultante \vec{F}_R deve ser nula.

No fio há três forças: o peso do fio \vec{P}_f e as forças de contato $-\vec{T}_1$ devida ao corpo, e \vec{T}_2 devida ao teto. Como o fio está em equilíbrio, decorre:

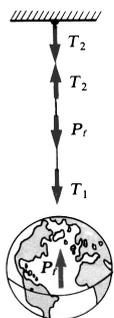
$$\vec{a} = \vec{0} \rightarrow \vec{F}_R = \vec{0} \therefore P_f + T_1 = T_2$$



(a) Um corpo suspenso por um fio.

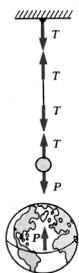


(b) No corpo atuam \vec{P} e \vec{T}_1 cujas intensidades são P e T_1 .



(c) No fio atuam $\vec{P}_f - \vec{T}_1$ e \vec{T}_2 ,

cujas intensidades são P_f , T_1 e T_2 .



(d) Se o fio for ideal, as forças em suas extremidades terão mesma intensidade.

Se o peso do fio inextensível for desprezível, isto é, $P_f \cong 0$ (fio ideal), resultará:

$$T_1 = T_2 = T$$

Daí, num fio ideal (inextensível e de massa desprezível) as forças de contato em seus extremos têm a mesma intensidade T e são chamadas forças de tração no fio, pois tendem a alongá-lo. A finalidade de um fio é **transmitir** forças. Na acima, a força \vec{T} que o corpo aplica no fio é **transmitida** ao teto.

Sistema de unidades

Em geral trabalharemos com as unidades **metro (m)**, **quilograma (kg)** e **segundo (s)**, chamadas unidades fundamentais, e as unidades que delas derivam como m/s , m/s^2 , newton (N) etc.

O conjunto dessas unidades constitui um sistema de unidades chamado MKS: M de metro; K de quilograma; e S de segundo. Nos três livros deste curso chamaremos esse sistema de Sistema Internacional de Unidades, indicando-o pela sigla SI.

SI= SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES	
Tempo: segundo (s)	Massa: quilograma (kg)
Comprimento: metro (m)	Intensidade de força: Newton (N)
Velocidade: m/s	
Aceleração: m/s ²	

Note que 1 N corresponde aproximadamente ao peso de um corpo de massa 100g = 0,1 kg :

$$P = mg$$

$$m = 100 \text{ g} = 0,1 \text{ kg} \quad \begin{cases} P = mg = 0,1 \cdot 10 \\ P = 1 \text{ N} \end{cases}$$

$$g \cong 10 \text{ m/s}^2$$

Eventualmente usamos a unidade **dina** (símbolo: dyn) quando a massa está em gramas e a aceleração em cm/s². Estas unidades pertencem ao sistema CGS: **C de centímetro; G de grama e S de segundo.**

Relação entre Newton e dina:

Na equação fundamental da Dinâmica, se $m = 1 \text{ kg}$ e $a = 1 \text{ m/s}^2$ temos:

$$F_R = ma$$

→

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot 1 \text{ m/s}^2$$

Sendo $1 \text{ kg} = 10^3 \text{ g}$ e $1 \text{ m/s}^2 = 10^2 \text{ cm/s}^2$, vem:

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot 1 \text{ m/s}^2 = 10^3 \text{ g} \cdot 10^2 \text{ cm/s}^2 = 10^5 \underbrace{\text{g} \cdot \text{cm/s}^2}_{\text{dina}}$$

Portanto:

$$1 \text{ N} = 10^5 \text{ dyn ou } 1 \text{ newton} = 100 \text{ 000 dinas}$$

Existe ainda o SISTEMA TÉCNICO de unidades, onde a intensidade da força é expressa em **quilograma-força** (símbolo: **kgf**), a massa em **unidade técnica de massa** (símbolo: **utm**) e aceleração em m/s².

Um quilograma-força é a intensidade do peso de um corpo de massa 1 kg ao nível do mar e a uma latitude de 45° . Nesse local a aceleração da gravidade é chamada **aceleração normal** e seu valor é, aproximadamente, $9,8 \text{ m/s}^2$.

Um quilograma-força corresponde aproximadamente a 9,8 newtons:

$$1 \text{ kgf} = 9,8 \text{ N}$$

Uma unidade técnica de massa corresponde aproximadamente a 9,8 quilogramas:

$$1 \text{ utm} = 9,8 \text{ kg}$$

Conceitos básicos

Os conceitos básicos apresentados podem ser resumidos em três princípios ou leis conhecidos como princípios de Newton da Dinâmica clássica.

1 - Princípio da inércia ou Primeira Lei de Newton:

Um ponto material isolado está em repouso ou em movimento retilíneo e uniforme.

2 - Princípio fundamental ou Segunda Lei de Newton:

A resultante \vec{F}_R das forças aplicadas a um ponto material é igual ao produto de sua massa m pela aceleração \vec{a} que ela adquire:

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

3 - Princípio da ação e reação ou Terceira Lei de Newton:

Toda vez que um corpo A exerce uma força \vec{F}_A num corpo B, este também exerce em A uma força \vec{F}_B , tal que $\vec{F}_A = -\vec{F}_B$, isto é, as forças têm a mesma intensidade e direção, mas sentidos opostos.

Essas idéias são válidas em relação a um referencial inercial. Da primeira lei decorre a noção de equilíbrio.

Equilíbrio: \vec{v} constante ou $\vec{a} = \vec{0}$ num referencial
 I – Equilíbrio estático: $\vec{v} = \text{constante} = \vec{0}$, repouso
 II- equilíbrio dinâmico: $\vec{v} = \text{constante} \neq \vec{0}$, movimento retilíneo uniforme (MRU)

Se o ponto material estiver em equilíbrio, a resultante das forças que nele atuam é nula.

Da primeira lei decorre também a noção de inércia:

Inércia é a propriedade geral da matéria de permanecer em repouso ou MRU quando nela não atuam forças ou a resultante é nula.

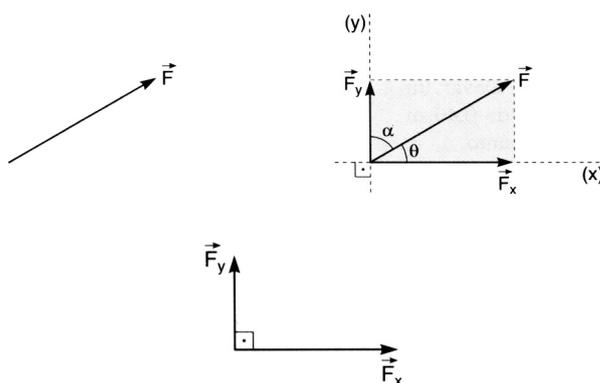
Decomposição de forças

Às vezes, pode ser conveniente decompor uma dada força sobre duas direções perpendiculares.

Consideremos, por exemplo, uma força \vec{F} . Vamos decompor a força \vec{F} em duas forças componentes, que estejam nas direções perpendiculares x e y. Podemos afirmar que:

$$\vec{F} = \vec{F}_x + \vec{F}_y$$

isto é, a força \vec{F} é a resultante das forças \vec{F}_x e \vec{F}_y . Isso nos permite substituir a força \vec{F} pelo par de forças \vec{F}_x e \vec{F}_y , isto é, as forças \vec{F}_x e \vec{F}_y , atuando *juntas*, devem produzir o mesmo efeito que a força \vec{F} , atuando sozinha.



Considerando o ângulo θ da figura acima, temos:

$$\begin{cases} \cos \theta = \frac{F_x}{F} \\ \text{sen } \theta = \frac{F_y}{F} \end{cases} \quad \text{ou} \quad \begin{cases} F_x = F \cdot \cos \theta \\ F_y = F \cdot \text{sen } \theta \end{cases}$$

Se considerarmos o ângulo α , teremos:

$$\begin{cases} \cos \alpha = \frac{F_y}{F} \\ \text{sen } \alpha = \frac{F_x}{F} \end{cases} \quad \text{ou} \quad \begin{cases} F_y = F \cdot \cos \alpha \\ F_x = F \cdot \text{sen } \alpha \end{cases}$$

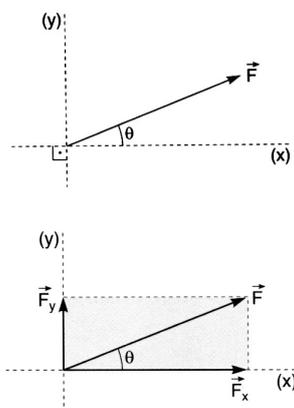
É conveniente ressaltar que, sendo θ e α complementares ($\theta + \alpha = 90^\circ$), temos:

$$\text{sen } \theta = \cos \alpha \quad \text{e} \quad \text{sen } \alpha = \cos \theta$$

Exemplo:

Consideremos a força \vec{F} da figura abaixo, cuja intensidade é $F = 50N$, e vamos fazer sua decomposição nas direções x e y , sabendo que :

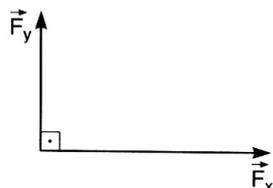
$$\text{sen } \theta = 0,60 \quad \text{e} \quad \cos \theta = 0,80.$$



Da figura acima tiramos:

$$\begin{cases} F_x = F \cos \theta = 50 \cdot 0,80 \\ F_y = F \text{sen } \theta = 50 \cdot 0,60 \end{cases}$$

Portanto, a força \vec{F} pode ser substituída pelas forças \vec{F}_x e \vec{F}_y , isto é, as forças \vec{F}_x e \vec{F}_y , atuando juntas, produzem o mesmo efeito que a força \vec{F} , atuando sozinha.



$$F_x = 40 \text{ N} ; F_y = 30 \text{ N} .$$

Críticas à mecânica clássica

As leis de Newton constituem os fundamentos da Mecânica clássica. Dão uma boa aproximação quando aplicadas para interpretar muitos fenômenos da vida diária. Para a Engenharia, são bastante adequadas.

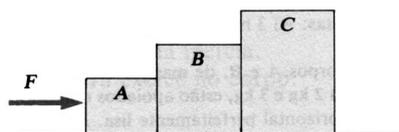
De acordo com a teoria da relatividade de Einstein (1879-1955), a massa é função da velocidade, fato que Newton desconhecia. Porém, para velocidades bem inferiores à da luz podemos considerar a massa praticamente constante e válida a equação fundamental da Dinâmica.

Ainda pela relatividade sabemos que nenhuma informação pode ser transmitida com velocidade superior à da luz no vácuo. Daí, o princípio da ação e reação é falho quando aplicado às forças de campo a longa distância. Os pares ação-reação não são simultâneos, levando um determinado tempo para a propagação da interação. Esse fato não foi discutido por Newton, pois eles continuam válidos para o comportamento macroscópico e global da matéria.

Exercícios Resolvidos

01. Três corpos **A**, **B** e **C** de massas $m_A = 1\text{kg}$, $m_B = 3\text{kg}$ e $m_C = 6\text{kg}$ estão apoiados numa superfície horizontal perfeitamente lisa. A força constante $F = 5 \text{ N}$, horizontal, é aplicada ao primeiro bloco **A**. Determine:

- A) a aceleração adquirida pelo conjunto
- B) a intensidade da força que **A** exerce em **B**;
- C) a intensidade da força que **B** exerce em **C**.

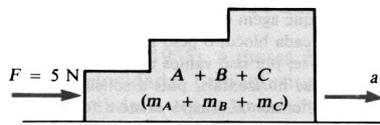


Solução:

Como no exercício anterior, o peso de cada bloco é anulado pela reação normal do apoio. Para a determinação da aceleração, consideremos globalmente o sistema de corpos como um único bloco de massa

$$m_A + m_B + m_C = 10 \text{ kg} .$$

Pela equação fundamental da Dinâmica:



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

$$F = (m_A + m_B + m_C) a$$

$$5 = 10 a \quad \therefore$$

$$F = 5 \text{ N} \quad \therefore \quad a = 0,5 \text{ m/s}^2$$

Para determinarmos as interações entre os corpos, devemos analisar cada um separadamente. Seja f_1 a intensidade da força de **A** sobre **B** e f_2 de **B** em **C**:

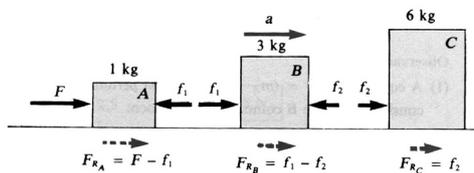
$$\vec{F}_R = m\vec{a}$$

Para (C):

$$F_2 = m_C a = 6 \cdot 0,5$$

$$f_2 = 3 \text{ N}$$

Para (B):



$$f_1 - f_2 = m_B a$$

$$f_I - 3 = 3 \cdot 0,5$$

$$f_I = 3 + 1,5$$

$$f_I = 4,5 \text{ N}$$

02. Dois corpos **A** e **B** de massas iguais a $m_A = 2\text{kg}$ e $m_B = 4\text{kg}$ estão apoiados numa superfície horizontal perfeitamente lisa. O fio que liga **A** a **B** é ideal, isto é, de massa desprezível e inextensível. A força horizontal \vec{F} tem intensidade igual a 12N , constante. Determine:

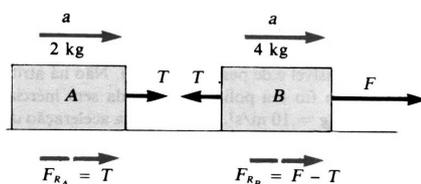
- A) a aceleração do sistema;
B) a intensidade da força de tração do fio.



Solução:

A) Vamos analisar as forças em cada bloco. Em cada corpo o peso e a normal anulam-se; por isso vamos considerar apenas as forças horizontais: força de tração do fio em **A** e, em **B**, a força \vec{F} e a força de tração do fio.

A equação fundamental da Dinâmica aplicada ao corpo **A** fornece:



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

$$T = m_A a \quad (m_A = 2\text{kg})$$

$$T = 2a \quad (1)$$

Os corpos **A** e **B** possuem a mesma aceleração, pois o fio é inextensível: no mesmo intervalo de tempo **A** e **B** percorrem as mesmas distâncias e atingem a mesma velocidade. Em **B**, \vec{F} favorece a aceleração \vec{a} e a tração \vec{T} opõe-se a \vec{a} . Assim, a equação fundamental da Dinâmica aplicada a **B** fornece:

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

$$F - T = m_B a \quad (m_B = 4\text{kg})$$

$$F - T = 4a \quad (2)$$

Resolvendo o sistema de equações (1) e (2), vem:

$$\begin{array}{l} (1) \quad T = 2a \\ (2) \quad F - T = 4a \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} (1) \\ (2) \end{array}} \right\} +$$

$$(3) \quad F = 6a \quad (F = 12\text{N})$$

$$12 = 6a$$

$$a = 2/\text{m}^2$$

B) A intensidade da força de tração do fio pode ser obtida por uma das equações (1) ou (2):

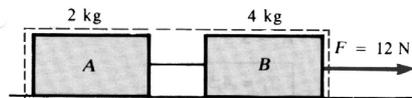
$$(1) \quad T = 2a$$

$$T = 2 \cdot 2$$

$$T = 4\text{N}$$

Observações:

1ª) A equação (3) $F = (m_A + m_B)a = 6a$ permite-nos calcular a aceleração de um modo mais rápido, considerando A e B como um único bloco:



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

$$12 = (2 + 4)a$$

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

- 2ª) Anteriormente dissemos que o dinamômetro é um instrumento que mede intensidade de forças. Inserindo um dinamômetro num fio que liga os corpos A e B ele medirá a tração T do fio que se transmite de um corpo a outro. Assim:

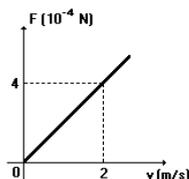
Inserindo num fio ideal, um dinamômetro mede a tração do fio.



Considere o dinamômetro como um aparelho ideal: sua massa é desprezível.

Exercícios Propostos

01. (UFSC 1996) Assinale a ÚNICA proposição CORRETA:
01. A aceleração de um corpo pode ser medida em km/s.
 02. Em um problema teórico um aluno, fazendo corretamente os cálculos, pode chegar à seguinte expressão para a velocidade de uma partícula: $v = t^2 d^2 / m^2$, onde t é o tempo decorrido a partir de um dado instante inicial, m é a massa do corpo e d a distância percorrida pelo corpo desde o instante inicial.
 04. A luz, sendo energia, não se pode propagar no vácuo.
 08. A força eletrostática entre duas cargas só pode ser atrativa.
 16. A força que nos prende à superfície da Terra é de natureza magnética.
 32. A corrente em um fio pode ser medida em A (ampere) ou em C/s (coulomb por segundo).
 64. Quando dois corpos isolados trocam calor, esta transferência ocorre sempre do corpo que está inicialmente com menor temperatura para aquele que está a uma maior temperatura.
02. (FATEC 1998) Uma gota d'água cai no ar. A força de resistência do ar sobre a gota d'água é proporcional à velocidade da gota de acordo com o gráfico a seguir. Dado: $g = 10 \text{ m/s}^2$



Uma gota de água de $0,10 \text{ g}$ passará a ter velocidade de queda constante quando tiver atingido a velocidade, em m/s , de:

- | | |
|------|------|
| a) 1 | b) 3 |
| c) 5 | d) 7 |
| e) 9 | |

03. (Unicamp 1998) Considere um avião a jato, com massa total de 100 toneladas ($1,0 \times 10^5 \text{ kg}$), durante a decolagem numa pista horizontal. Partindo do repouso, o avião necessita de 2000m de pista para atingir a velocidade de 360 km/h , a partir da qual ele começa a voar.

- A) Qual é a força de sustentação, na direção vertical, no momento em que o avião começa a voar?
B) Qual é a força média horizontal sobre o avião enquanto ele está em contato com o solo durante o processo de aceleração?
Adote a aceleração da gravidade $g = 10 \text{ m/s}^2$.

04. (PUCSP 1998) Garfield, o personagem da história a seguir, é reconhecidamente um gato malcriado, guloso e obeso. Suponha que o bichano esteja na Terra e que a balança utilizada por ele esteja em repouso, apoiada no solo horizontal.



JIM DAVIS / FOLHA DE SÃO PAULO

Considere que, na situação de repouso sobre a balança, Garfield exerça sobre ela uma força de compressão de intensidade 150 N .

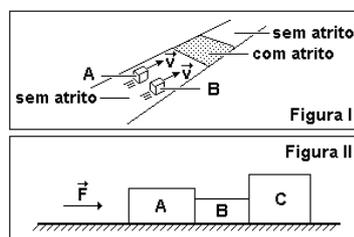
A respeito do descrito, são feitas as seguintes afirmações:

- I. O peso de Garfield, na terra, tem intensidade de 150 N .
II. A balança exerce sobre Garfield uma força de intensidade 150 N .
III. O peso de Garfield e a força que a balança aplica sobre ele constituem um par ação-reação.

É (são) verdadeira (s)

- a) somente I.
b) somente II.
c) somente III.
d) somente I e II.
e) todas as afirmações.

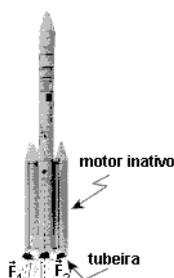
05. (UnB 1996) Atualmente, o homem já tem um bom conhecimento a respeito do espaço sideral. Os lançamentos de satélites, as imagens obtidas dos confins do universo pelo telescópio Hubble e o envio de sondas a Marte, entre outros, são fatos que tendem a popularizar o assunto. Com respeito a essa área do conhecimento, julgue os itens seguintes.
- (0) A "constante gravitacional" seria diferente, se fosse medida em outro planeta.
 - (1) Se fosse possível colocar um objeto no centro da Terra, supostamente esférica, não haveria força gravitacional resultante atuando nele.
 - (2) Em um satélite geoestacionário (por exemplo, o Intelsat) atuam apenas duas forças: a força de atração gravitacional e a força centrípeta.
 - (3) Um "newton" de açúcar, tanto no pólo sul quanto no equador terrestre, contém a mesma quantidade de açúcar.
06. (UnB 1996) Segundo os fundamentos da mecânica newtoniana, conhecendo-se as forças que atuam em um objeto, é possível determinar o seu estado de movimento. Com o auxílio dessa afirmação, julgue os itens que se seguem.
- (0) Uma pessoa sentada em uma cadeira de encosto vertical só conseguirá levantar-se caso incline o corpo para a frente.
 - (1) Todo corpo em equilíbrio encontra-se em repouso.
 - (2) Um objeto lançado verticalmente para cima atinge o equilíbrio, momentaneamente, no ponto mais alto de sua trajetória.
 - (3) Duas esferas de massas diferentes, mas de diâmetros iguais, são soltas no ar, da mesma altura, no mesmo instante, a partir do repouso. A esfera de massa maior chega primeiro ao solo.
 - (4) Dois blocos, A e B, deslizam, com a mesma velocidade, sobre uma superfície plana e sem atrito, conforme mostra a figura I. Sabe-se que o bloco A tem massa maior que o bloco B e que os coeficientes de atrito entre os dois blocos e a região hachurada são iguais. Então, após atravessarem a região com atrito, o bloco A deslizará com maior velocidade que o bloco B.
 - (5) Na figura II, os corpos A, B e C possuem massas diferentes e são acelerados no sentido da força \vec{F} . Invertendo-se as posições de A e de C e desprezando-se o atrito com o solo, a força resultante que atua em B não se alterará.



07. (UnB 1998) Às 9 h 25 min de 2 de novembro de 1997, foi feito o lançamento do foguete brasileiro VLS-1 (veículo lançador de satélites). Devido a falha na ignição de um dos seus motores, 65 s após o lançamento, o VLS-1 teve de ser destruído, momento em que se encontrava à altura de 3.230 m do solo e desenvolvia uma velocidade de 720 km/h, com inclinação de 25° em relação à horizontal. Até os 25 s de vôo, o sistema de controle do foguete conseguiu compensar as 7 toneladas de combustível não-ejetadas que permaneciam intactas no motor inativo, desequilibrando o foguete. A compensação foi feita, movimentando-se as tubeiras - cones que ficam abaixo dos motores dirigindo suas descargas -, ou seja, alterando-se a direção da força exercida pelos motores do foguete.

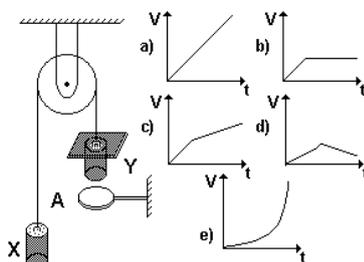
Globo Ciência, fevereiro de 1998, p. 40-3 (com adaptação)

Em relação à situação descrita no texto e referindo-se à figura adiante, julgue os itens seguintes.



- (1) Uma forma de evitar que o foguete gire em torno de seu centro de massa é fazer com que as tubeiras movimentam-se de modo que a força que cada motor exerce esteja dirigida ao longo da linha que passa pelo centro de massa do foguete.
- (2) O torque exercido pela ação da gravidade sobre o foguete é nulo, mesmo com a massa de combustível permanecendo intacta em apenas um dos motores.
- (3) Durante os 65s do vôo, o centro de massa do foguete deslocou-se em direção ao motor que permanecia inativo.
- (4) No intervalo de um tempo entre o lançamento e a distribuição, a velocidade média vertical do foguete era inferior a 200 km/h.
- (5) Em cada instante do vôo, o módulo da força exercida pelo foguete sobre os produtos da reação da queima do combustível - que é endotérmica - era menor que o módulo da força que tais produtos expelidos exerciam sobre o foguete.

08. (PUCCAMP 1998) Dois massores cilíndricos idênticos, X e Y, e um contrapeso retangular são posicionados numa polia com a ajuda de um fio como mostra o esquema. Nesse esquema, os corpos são inicialmente mantidos parados e A indica um aro que permite a passagem do massor Y e impede a passagem do contrapeso que está somente associado em Y. Considere desprezível a massa da polia, a massa do fio e as eventuais forças do atrito. No instante $t = 0$ os corpos são liberados e, enquanto for possível o movimento, o módulo V da velocidade do corpo Y em função do tempo t é MELHOR representado pelo gráfico:



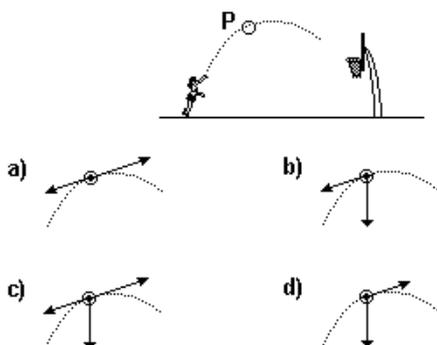
09. (UERJ 1999) Na famosa cena da corrida de bigas no filme "Ben-Hur", cada biga era puxada por 4 cavalos idênticos.



Suponha que a tração de cada biga fosse feita apenas por 2 desses cavalos. Nessa nova situação, a grandeza física envolvida, que teria seu valor reduzido à metade, seria:

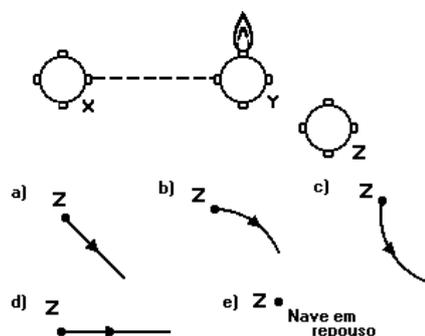
- a) força
b) energia
c) velocidade
d) momento linear
10. (UEL 1999) Um bloco de massa $5,0\text{kg}$ está em queda livre em um local onde a aceleração da gravidade vale $9,8\text{m/s}^2$. É correto afirmar a respeito que
- a) a intensidade da força que o bloco exerce na Terra vale 49N .
b) a resultante das forças que atuam no bloco é nula.
c) a intensidade da força que a Terra exerce no bloco é menor que 49N .
d) a aceleração de queda do bloco é nula.
e) o módulo da velocidade de queda do bloco aumenta inicialmente e depois diminui.

11. (UFMG 2001) Uma jogadora de basquete arremessa uma bola tentando atingir a cesta. Parte da trajetória seguida pela bola está representada na figura. Considerando a resistência do ar, assinale a alternativa cujo diagrama MELHOR representa as forças que atuam sobre a bola no ponto P dessa trajetória.

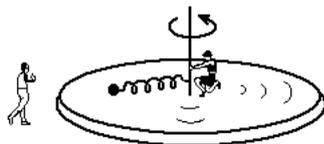


12. (Vunesp 1994) Assinale a alternativa que apresenta o enunciado da Lei da Inércia, também conhecida como Primeira Lei de Newton.
- a) Qualquer planeta gira em torno do Sol descrevendo uma órbita elíptica, da qual o Sol ocupa um dos focos.
 - b) Dois corpos quaisquer se atraem com uma força proporcional ao produto de suas massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre eles.
 - c) Quando um corpo exerce uma força sobre outro, este reage sobre o primeiro com uma força de mesma intensidade e direção, mas de sentido contrário.
 - d) A aceleração que um corpo adquire é diretamente proporcional à resultante das forças que nele atuam, e tem mesma direção e sentido dessa resultante.
 - e) Todo corpo continua em seu estado de repouso ou de movimento uniforme em uma linha reta, a menos que sobre ele estejam agindo forças com resultante não nula.
13. (Vunesp 1992) As estatísticas indicam que o uso do cinto de segurança deve ser obrigatório para prevenir lesões mais graves em motoristas e passageiros no caso de acidentes. Fisicamente, a função do cinto está relacionada com a
- a) Primeiras lei de Newton.
 - b) Lei de Snell.
 - c) Lei e Ampère.
 - d) Lei de Ohm.
 - e) Primeira Lei de Kepler.

14. (UFMG 1994) Uma nave espacial se movimenta numa região do espaço onde as forças gravitacionais são desprezíveis. A nave desloca-se de X para Y com velocidade constante e em linha reta. No ponto Y, um motor lateral da nave é acionado e exerce sobre ela uma força constante, perpendicular à sua trajetória inicial. Depois de um certo intervalo de tempo, ao ser atingida a posição Z, o motor é desligado. O diagrama que melhor representa a trajetória da nave, APÓS o motor ser desligado em Z, é:



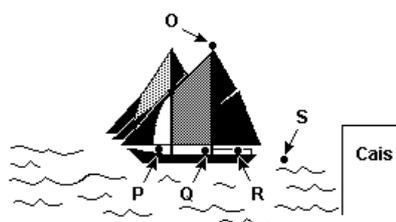
15. (UnB 1997) Uma esfera de ferro é fixada por uma mola em uma plataforma giratória, como mostra a figura adiante. Dois observadores, um na plataforma e outro fixo ao solo, em repouso, observam o movimento da esfera, que, quando está a meio caminho entre o eixo de rotação e a borda da plataforma circular, causa uma distensão de 5cm na mola.



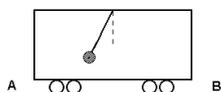
Julgue os itens que se seguem, relativos à situação apresentada.

- (0) Para o observador situado sobre a plataforma girante, é a força centrífuga que distende a mola.
- (1) Para o observador em repouso, no solo, é a força centrípeta aplicada pela mola distendida que mantém a esfera em movimento circular, junto com a plataforma girante.
- (2) A esfera terá a sua velocidade linear reduzida pela metade, quando a distensão da mola for de 10cm.
- (3) Se for liberada da mola, a esfera escapará da plataforma e o observador em repouso, no solo, verá que ela descreve um movimento circular, até atingir o repouso.

16. (UERJ 1999) A figura abaixo representa uma escuna atracada ao cais. Deixa-se cair uma bola de chumbo do alto do mastro - ponto O. Nesse caso, ele cairá ao pé do mastro - ponto Q. Quando a escuna estiver se afastando do cais, com velocidade constante, se a mesma bola for abandonada do mesmo ponto O, ela cairá no seguinte ponto da figura:



- a) P
 b) Q
 c) R
 d) S
17. (UEL 1999) Um observador vê um pêndulo preso ao teto de um vagão e deslocado da vertical como mostra a figura a seguir.



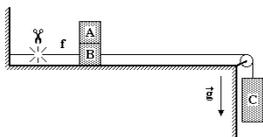
- Sabendo que o vagão se desloca em trajetória retilínea, ele pode estar se movendo de
- a) A para B, com velocidade constante.
 b) B para A, com velocidade constante.
 c) A para B, com sua velocidade diminuindo.
 d) B para A, com sua velocidade aumentando.
 e) B para A, com sua velocidade diminuindo.

18. (FGV 1996) Considere duas montagens, X e Y, cada qual com um cilindro vertical de grandes dimensões, e contendo um foguete de dimensões desprezíveis em relação aos cilindros, disposto também verticalmente, com seu eixo longitudinal coincidindo com o do respectivo cilindro e inicialmente em repouso. Cada foguete dispõe de um único sistema de propulsão, consistente de: 1) um recipiente solidário à estrutura do foguete, com uma única abertura voltada para trás, no caso, para baixo, 2) um sistema injetor de combustível e comburente e, 3) um sistema de início de combustão. No que importa à questão, as montagens X e Y diferem exclusivamente quanto à pressão, idealmente, em qualquer instante,

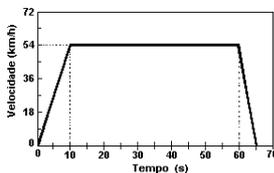
mesmo com a combustão em andamento nos dois foguetes: atmosférica em X e vácuo em Y. Os foguetes, respectivos combustíveis, comburentes e sistemas de combustão são iguais. Em dado instante inicia-se a combustão simultaneamente em ambos os foguetes. A propulsão dos dois foguetes é suficiente para movimentá-los à pressão atmosférica.

Assinale a alternativa correta.

- a) O foguete Y não entrará em movimento, pois tal movimento se basearia no princípio da ação e reação, sendo esta inexistente, no presente caso, pois o vácuo é incapaz de suportar ou reagir à qualquer força.
- b) O foguete Y terá, em uma primeira etapa, velocidade menor que a de X.
- c) O foguete Y terá, em qualquer etapa, velocidade igual a de X.
- d) O foguete Y terá, em qualquer etapa, velocidade maior que a de X.
- e) A velocidade do foguete X inicialmente será maior que a de Y, até atingir a velocidade limite, a partir de então, permanecerá constante, e, após certo tempo, será superada pela de Y.
19. (Fuvest 1997) Os corpos A, B e C têm massas iguais. Um fio inextensível e de massa desprezível une o corpo C ao B, passando por uma roldana de massa desprezível. O corpo A está apoiado sobre o B. Despreze qualquer efeito das forças de atrito. O fio f mantém o sistema em repouso. Logo que o fio f é cortado, as acelerações a_A , a_B e a_C dos corpos A, B e C serão,



- a) $a_A = 0$; $a_B = g/2$; $a_C = g/2$
- b) $a_A = g/3$; $a_B = g/3$; $a_C = g/3$
- c) $a_A = 0$; $a_B = g/3$; $a_C = g/3$
- d) $a_A = 0$; $a_B = g$; $a_C = g$
- e) $a_A = g/2$; $a_B = g/2$; $a_C = g/2$
20. (Unicamp 1994) A velocidade de um automóvel de massa $M = 800\text{kg}$ numa avenida entre dois sinais luminosos é dada pela curva adiante.



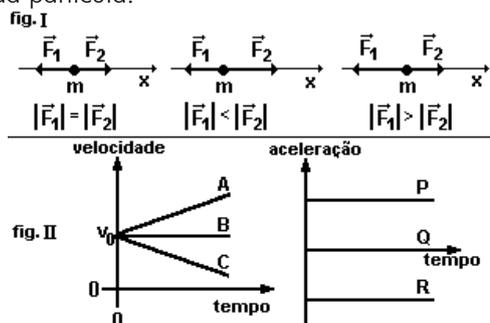
- a) Qual é a força resultante sobre o automóvel em $t = 5\text{s}$, em $t = 40\text{s}$ e $t = 62\text{s}$?
- b) Qual é a distância entre os dois sinais luminosos?

21. (Vunesp 1995) Durante a partida, uma locomotiva imprime ao comboio (conjunto de vagões) de massa $2,5 \times 10^6 \text{ kg}$ uma aceleração constante de $0,05 \text{ m/s}^2$.

- Qual é a intensidade da força resultante que acelera o comboio?
- Se as forças de atrito, que se opõem ao movimento do comboio, correspondem a 0,006 de seu peso, qual é a intensidade da força que a locomotiva aplica no comboio? (Considere $g = 10 \text{ m/s}^2$)

22. (Vunesp 1995) As figuras I e II adiante representam:

- Forças atuando sobre uma partícula de massa m , com velocidade inicial $v_0 > 0$, que pode se deslocar ao longo de um eixo x , em três situações diferentes.
- Gráficos de velocidade e aceleração em função do tempo, associados aos movimentos da partícula.



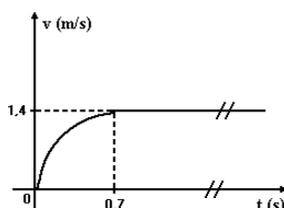
Para cada uma das três situações representadas na figura I, indique o correspondente gráfico de velocidade (A, B ou C) e de aceleração (P, Q ou R) da partícula.

23. (UFPR 2000) Os princípios básicos da mecânica foram estabelecidos por Newton e publicados em 1686, sob o título "Princípios Matemáticos da Filosofia Natural".

Com base nestes princípios, é correto afirmar:

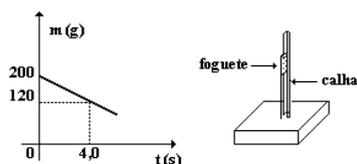
- A aceleração de um corpo em queda livre depende da massa desse corpo.
- As forças de ação e reação são forças de mesmo módulo e estão aplicadas em um mesmo corpo.
- A massa de um corpo é uma propriedade intrínseca desse corpo.
- As leis de Newton são válidas somente para referenciais inerciais.
- Quanto maior for a massa de um corpo, maior será a sua inércia.
- A lei da inércia, que é uma síntese das idéias de Galileu sobre a inércia, afirma que, para manter um corpo em movimento retilíneo uniforme, é necessária a ação de uma força.

24. (Cesgranrio 1994) Uma pedra é solta no interior de um líquido. A velocidade com que ela desce verticalmente varia, em função do tempo, segundo o gráfico a seguir.



De acordo com as informações fornecidas pelo gráfico, podemos afirmar que:

- a força de resistência que o líquido exerce sobre a pedra aumenta com a velocidade.
 - a força de resistência que o líquido exerce sobre a pedra diminui com a velocidade.
 - a pedra adquire aceleração constante e não-nula a partir de $t=0,7s$.
 - no instante $t=0,7s$, a aceleração da pedra vale $2,0m/s^2$.
 - até atingir uma velocidade constante, a pedra se deslocou de $0,98m$.
25. (Cesgranrio 1995) Durante as comemorações do "TETRA", um torcedor montou um dispositivo para soltar um foguete, colocando o foguete em uma calha vertical que lhe serviu de guia durante os instantes iniciais da subida. Inicialmente, a massa de combustível correspondia a 60% da massa total do foguete. Porém, a queima do combustível, que não deixou resíduos e provocou uma força vertical constante de $1,8N$, fez com que a massa total decrescesse, uniformemente, de acordo com o gráfico a seguir.

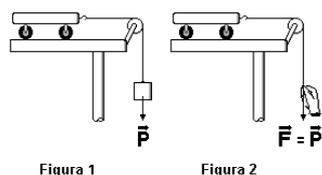


Considere que, neste dispositivo, os atritos são desprezíveis e que a aceleração da gravidade vale $10m/s^2$.

O foguete deixará de ser impulsionado pela queima do combustível no instante:

- 4,0 s
- 5,0 s
- 6,0 s
- 8,0 s
- 10 s

26. (Vunesp 1992) Nas duas situações mostradas nas figuras adiante, carrinhos, mesas, roldanas e os fios são idênticos. Observa-se porém, que puxando o fio (figura 2) com uma força F igual ao peso P do corpo pendurado (figura 1), a aceleração do carrinho é maior.

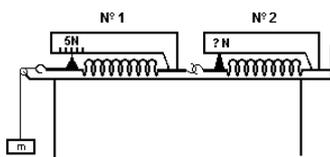


Com base na segunda Lei de Newton, justifique o fato observado.

27. (Vunesp 1993) Uma força de 231 N atua para cima, na extremidade de um pedaço de corda de 1,0kg, que está amarrado a um bloco de 20,0kg, como mostra a figura a seguir.

Considere $g = 10\text{m/s}^2$ e calcule:

- a aceleração do conjunto;
 - a força de tração na extremidade inferior da corda.
28. (Vunesp 1993) Dinamômetros são instrumentos destinados a medir forças. O tipo mais usual é constituído por uma mola cuja deformação varia linearmente com a intensidade da força que a produz (*lei de Hooke*). Dois dinamômetros estão montados sobre uma mesa horizontal perfeitamente lisa, conforme mostra a figura a seguir.



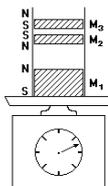
Quando um corpo de massa m é suspenso por um fio de massa desprezível, preso à extremidade do dinamômetro n° 1, a força que este indica é 5N.

- Que força indicará o dinamômetro n° 2?
- Qual a massa do corpo suspenso?

(Considere $g = 10\text{m/s}^2$ e despreze qualquer atrito).

29. (Fuvest 1991) Adote: aceleração da gravidade = 10 m/s^2

Um tubo de vidro de massa $m=30\text{g}$ esta sobre uma balança. Na parte inferior do vidro está um ímã cilíndrico de massa $M_1=90\text{g}$. Dois outros pequenos ímãs de massas $M_2=M_3=30\text{g}$ são colocados no tubo e ficam suspensos devido às forças magnéticas e aos seus pesos.



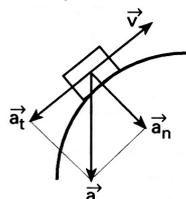
- a) Qual a direção e o módulo (em newton) da resultante das forças magnéticas que agem sobre o ímã 2?
- b) Qual a indicação da balança (em gramas)?
30. (FAAP 1996) A terceira Lei de Newton é o princípio da ação e reação. Esse princípio descreve as forças que participam na interação entre dois corpos. Podemos afirmar que:
- a) duas forças iguais em módulo e de sentidos opostos são forças de ação e reação
- b) enquanto a ação está aplicada num dos corpos, a reação está aplicada no outro
- c) a ação é maior que a reação
- d) ação e reação estão aplicadas no mesmo corpo
- e) a reação em alguns casos, pode ser maior que a ação
31. (UECE 1996) Um homem de peso P encontra-se no interior de um elevador. Considere as seguintes situações:
1. O elevador está em repouso, ao nível do solo;
 2. O elevador sobe com aceleração uniforme a , durante alguns segundos;
 3. Após esse tempo, o elevador continua a subir, a uma velocidade constante v .
- Analisar as afirmativas:
- I. A força F que o soalho do elevador exerce nos pés do homem é igual, em módulo, ao peso P vetorial do homem, nas três situações.
 - II. As situações (1) e (3) são dinamicamente as mesmas: não há aceleração, pois a força resultante é nula.
 - III. Na situação (2), o homem está acelerado para cima, devendo a força \vec{F} que atua nos seus pés ser maior que o peso, em módulo.
- Está(ão) correta(s) somente:
- a) I
- b) II
- c) I e III
- d) II e III

32. (Vunesp 1992) Em 1992/3, comemoram-se os 350 anos do nascimento de Isaac Newton, autor de marcantes contribuições à ciência moderna. Uma delas foi a Lei da Gravitação Universal. Há quem diga que, para isso, Newton se inspirou na queda de uma maçã.



Suponha que F_1 seja intensidade de força exercida pela maçã sobre a Terra. Então:

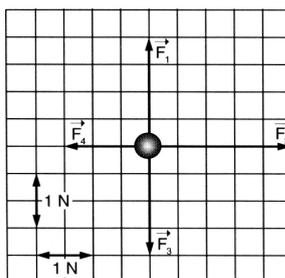
- F_1 será muito maior que F_2 .
 - F_1 será um pouco maior que F_2 .
 - F_1 será igual a F_2 .
 - F_1 será um pouco menor que F_2 .
 - F_1 será muito menor que F_2 .
33. (Ufv 1999) Em 13 de janeiro de 1920 o jornal New York Times publicou um editorial atacando o cientista Robert Goddard por propor que foguetes poderiam ser usados em viagens espaciais. O editorial dizia:
 "É de se estranhar que o prof. Goddard, apesar de sua reputação científica internacional, não conheça a relação entre as forças de ação e reação e a necessidade de ter alguma coisa melhor que o vácuo contra a qual o foguete possa reagir. É claro que falta a ele o conhecimento dado diariamente no colégio."
 Comente o editorial anterior, indicando quem tem razão e por quê, baseando sua resposta em algum princípio físico fundamental.
34. (Fatec) Na figura abaixo, representa-se um bloco em movimento sobre uma trajetória curva, bem como o vetor \vec{v} , o vetor aceleração \vec{a} e seus componentes intrínsecos, aceleração tangencial \vec{a}_t e aceleração normal \vec{a}_n



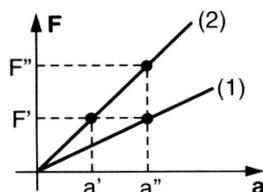
Analisando a figura, conclui-se que

- o módulo da velocidade está aumentando.
- o módulo da velocidade está diminuindo.
- o movimento é uniforme
- o movimento é necessariamente circular.
- o movimento é retilíneo.

35. (FCC SP) Um corpo de massa igual a $2,0 \text{ kg}$, que pode deslizar sobre uma superfície plana, está sujeito a um sistema de forças, representado abaixo. Sabendo-se que nenhuma outra força atua sobre o corpo, qual é a sua aceleração escalar?



36. (FCMSC SP) Aplicando-se diferentes forças resultantes aos corpos C_1 e C_2 , de massas constantes, obtiveram-se acelerações que são dadas pelas retas 1 e 2 do gráfico.



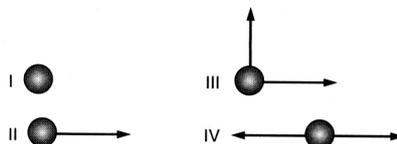
A razão $\frac{\text{massa de } C_1}{\text{massa de } C_2}$ é:

- I. Igual a a'/a''
- II. Igual a a''/a'
- III. Igual a F'/F'' .

Quais são as proposições corretas?

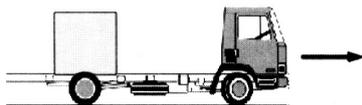
Enunciado dos testes 37 e 38

(Cesgranrio RJ) Em cada uma das figuras abaixo é representada uma partícula com todas as forças que agem sobre ela. Essas forças, constantes, são representadas por vetores; todas elas têm o mesmo módulo.

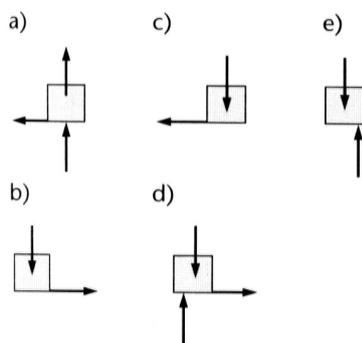


37. Em qual dos casos a partícula pode ter velocidade constante?
- somente I
 - somente IV
 - I e III
 - I e IV
 - II e IV
38. Em qual dos casos a partícula terá aceleração constante e não-nula?
- somente III
 - somente II
 - I e II
 - somente IV
 - II e III

39. (Cesgranrio RJ) Um caminhão entra em movimento sobre uma estrada reta e horizontal, transportando um caixote. Depois de atingir determinada velocidade, ele prossegue com movimento uniforme.

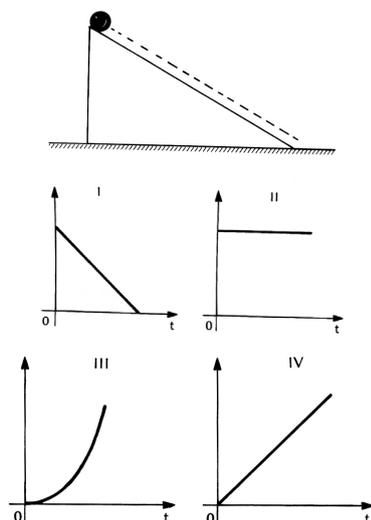


Durante a fase de aceleração do caminhão, supondo-se que o caixote não desliza sobre a plataforma, o sistema de forças que age sobre o caixote é representado por:



40. (FAAP SP) Mediante fio e Polia ideais, o peso suspenso de massa 100 g solicita horizontalmente o carrinho de comprimento 2 m e massa 3,9 kg, que está sobre a mesa. No instante indicado na figura, o carrinho é solto e começa a gotejar líquido dentro dele à taxa de 180 gotas por minuto. Sendo o volume de cada gota igual a $0,1 \text{ cm}^3$, calcule o volume máximo de líquido armazenado pelo carrinho. Despreze todos os atritos, assim como a massa das gotas em comparação com a massa do carrinho.

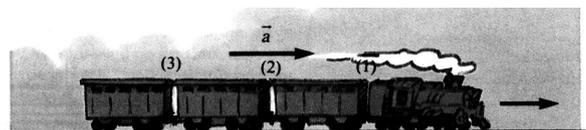
41. (FUVEST SP) Considere o movimento de uma bola abandonada em um plano inclinado no instante $t = 0$.



O par de gráficos que melhor representa, respectivamente, a velocidade (em módulo) e a distância percorrida é:

- a) II e IV
 b) IV e III
 c) III e II
 d) I e II
 e) I e IV
42. (Fuvest SP) Um veículo de $5,0 \text{ kg}$ descreve uma trajetória retilínea que obedece à seguinte equação horária: $s = 3t^2 + 2t + 1$, onde s é medido em metros e t em segundos. O módulo da força resultante sobre o veículo vale:
- a) 30 N
 b) 5 N
 c) 10 N
 d) 15 N
 e) 20 N
43. (U. Mackenzie SP) Uma pedra é levantada por um fio com aceleração constante de $2,0 \text{ m/s}^2$. Nessa condição a tração no fio é metade da que faz o fio romper. Adotando $g = 10 \text{ m/s}^2$, a máxima aceleração com que esse fio pode levantar essa pedra é:
- a) 40 m/s^2
 b) $9,8 \text{ m/s}^2$
 c) 10 m/s^2
 d) 14 m/s^2
 e) 34 m/s^2

44. (Cesgranrio)

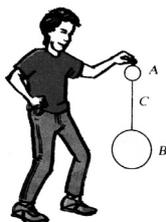


A figura representa esquematicamente uma composição ferroviária com uma locomotiva e três vagões idênticos movendo-se com aceleração constante \vec{a} . Sejam F_1 , F_2 e F_3 os módulos das forças exercidas por cada uma das barras de acoplamento (1), (2) e (3), respectivamente, sobre os vagões. Se as forças de atrito exercida sobre os vagões forem desprezíveis, podemos afirmar que:

- a) $\frac{1}{3} F_1 = \frac{1}{2} F_2 = F_3$
- b) $F_1 = \frac{1}{2} F_2 = \frac{1}{3} F_3$
- c) $F_1 = F_2 = F_3$
- d) $F_1 = 2F_2 = 3F_3$
- e) $3F_1 = 2F_2 = F_3$

45. (Fuvest SP) Uma pessoa segura uma esfera A de 1,0 kg que está presa numa corda inextensível C de 200 g, a qual, por sua vez, tem presa na outra extremidade uma esfera B de 3,0 kg, como se vê na figura. A pessoa solta a esfera A. Enquanto o sistema estiver caindo, e desprezando-se a resistência do ar, podemos afirmar que a intensidade da força de tração na corda vale:

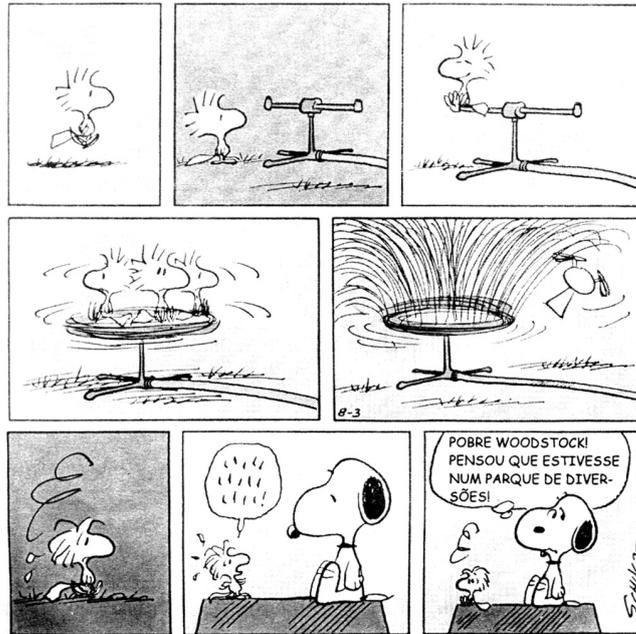
- a) zero
- b) 2 N
- c) 10 N
- d) 20 N
- e) 30 N



46. (ITA 1979) A força centrífuga

- a) não existe pois não pode ser medida.
- b) é a reação à força centrípeta.
- c) só se manifesta em referenciais acelerados, com movimento de translação em relação às estrelas fixas.
- d) ocorre num movimento de rotação, observado de um referencial inercial.
- e) só se manifesta em referenciais não inerciais, com movimento de rotação em relação às estrelas fixas.

47. (Vunesp 2002 – FMTM) Observe estas tirinhas de **Schulz**, criador de Snoopy e Woodstock.



Considere as afirmações;

- I. após desprender-se do irrigador, a única aceleração que o passarinho possui é a da gravidade;
- II. o passarinho é arremessado por uma força radial, orientada do centro para fora do irrigador.
- III. o movimento horizontal do passarinho, após perder o contato com o irrigador, só depende da última velocidade tangencial por ele adquirida;
- IV. A força que arremessa o passarinho encontra seu par ação-reação no irrigador.

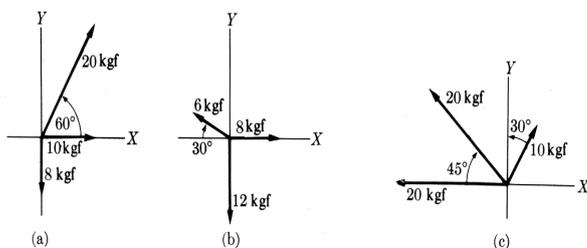
Com base na mecânica clássica de Newton, é certo dizer que apenas

- a) III é verdadeira;
- b) II é verdadeira;
- c) II e IV são verdadeiras;
- d) I e IV são verdadeiras;
- e) I e III são verdadeiras.

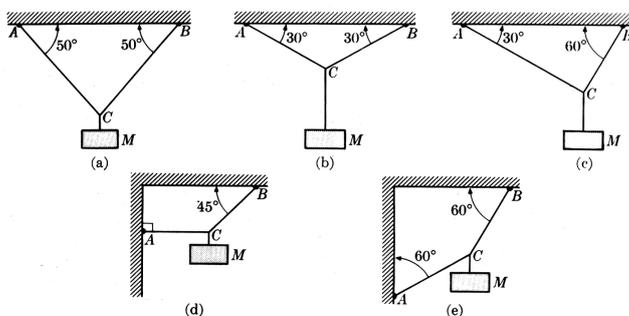
48. (ITA 1995) Um projétil de massa $m = 5,00\text{g}$ atinge perpendicularmente uma parede com a velocidade $V = 400\text{ m/s}$ e penetra $10,0\text{ cm}$ na direção do movimento. (Considere constante a desaceleração do projétil na parede).

- Se $V = 600\text{ m/s}$ a penetração seria de $15,0\text{ cm}$
- Se $V = 600\text{ m/s}$ a penetração seria de 225 cm
- Se $V = 600\text{ m/s}$ a penetração seria de $22,5\text{ cm}$
- Se $V = 600\text{ m/s}$ a penetração seria de 150 cm
- A intensidade da força imposta pela parede à penetração da bala é 2 N

49. (Alonson & finn) Calcule a intensidade e a direção da resultante de forças representado nas figuras abaixo.



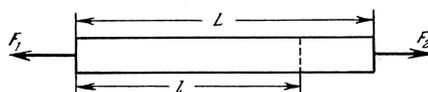
50. (Alonson & finn) Determine as tensões nas cordas AC e BC em cada caso, se M pesa 40 kg .



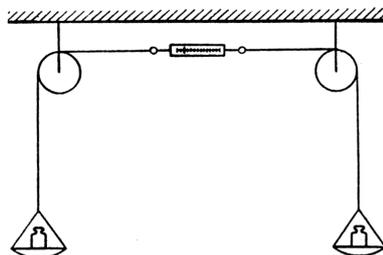
51. (Alonson & finn) Uma bola com 200 g de massa, movendo-se inicialmente para o norte com velocidade de $300\text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$, fica sob a ação de uma força de 2000 dyn atuando para leste. Obtenha a equação da trajetória e calcule após 40 s :

- o módulo e a direção da velocidade
- a distância ao ponto inicial
- o deslocamento desde o ponto inicial.

52. (Alonson & finn) Um ponto material move-se no plano XY , sob a ação de uma força constante cujas componentes são $F_x = 6N$ e $F_y = -7N$, quando $t = 0$, $x = 0$, $y = 0$, $v_x = -2m \cdot s^{-1}$, e $v_y = 0$. Calcule a posição e a velocidade do ponto no instante $t = 2s$. Admita que a massa da partícula é 16 kg .
53. (Saraeva 75) Uma barra homogênea de comprimento L está submetida à ação de duas forças F_1 e F_2 aplicadas aos seus extremos e dirigidas em sentidos opostos. Com que força F é estendida a barra na seção que se encontra a uma distância ℓ de um dos extremos?



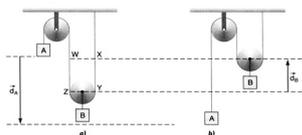
54. (Saraeva 78) Um bloco homogêneo está pendurado numa corda. A corda foi cortada. Que pedaços do bloco terão maior aceleração no momento inicial: os que estão na parte superior, ou inferior?
55. (Saraeva 79) Um bloco homogêneo encontra-se sobre um suporte horizontal. O suporte repentinamente é retirado. Quais partes do bloco têm maior aceleração no momento inicial: as que estão na parte superior, o inferior?
56. (Saraeva 80) Um homem com as mãos levantadas encontra-se na plataforma de uma balança. Como varia a indicação da balança quando as mãos movem-se aceleradamente para baixo?
57. (Saraeva 85) Uma corda é colocada em duas roldanas fixas e em seus extremos colocam-se pratos com pesos $P = 30N$ em cada um. A corda entre as roldanas foi cortada e amarrada a um dinamômetro. Que mostra o dinamômetro? Que peso P_1 deve adicionar-se a um dos pratos, para que a leitura do dinamômetro não varie, logo após ter-se tirada do outro prato um peso $P_2 = 10N$? As massas dos pratos das roldanas, da corda e do dinamômetro desprezam-se.



Gabarito

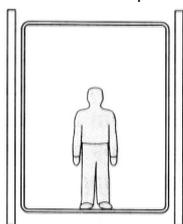
01. 32 02. c
03. a) $F_{\text{sustentação}} = 1,0 \times 10^6 \text{ N}$
b) $R = 2,5 \times 10^5 \text{ N}$
04. c;
05. Item correto: 1.
Itens errados: 0, 2, 3.
06. Itens corretos: 0, 3, 5.
Itens errados: 1, 2, 4.
07. C C C C E;
08. b 09. a
10. a 11. b
12. e 13. a
14. a
15. Itens corretos: 0 e 1
Itens errados: 2 e 3
16. b 17. e
18. d 19. a
20.
a) $1,2 \cdot 10^3 \text{ N}$, nula e $2,4 \cdot 10^3 \text{ N}$
b) 862,5 m
21.
a) $12,5 \cdot 10^4 \text{ N}$
b) $27,5 \cdot 10^4 \text{ N}$
22.
1º situação: $V \rightarrow B$; $a \rightarrow Q$
2º situação: $V \rightarrow A$; $a \rightarrow P$
3º situação: $V \rightarrow C$; $a \rightarrow R$;

2. Aplicações das Leis de Newton

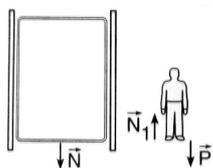


Elevadores em Movimento Vertical

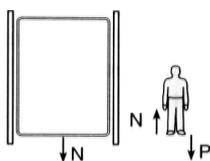
Consideremos um indivíduo de massa m apoiado no piso de um elevador.



Seja \vec{g} a aceleração da gravidade, o peso \vec{P} do indivíduo é dado por $\vec{P} = m \cdot \vec{g}$. O indivíduo comprime o piso do elevador, aplicando sobre ele a força normal \vec{N} .



Pelo Princípio da Ação e Reação, o piso do elevador aplica no indivíduo a força \vec{N}_1 tal que $\vec{N}_1 = -\vec{N}$ e, portanto, $N_1 = N$. Assim, podemos adotar o esquema simplificado abaixo.



Se o elevador estiver em repouso, teremos, obviamente, $N = P$. Vamos agora fazer uma análise do valor de N , quando o elevador está em movimento vertical. Para tanto consideremos alguns casos.

1º caso :

○ elevador sobe ou desce em movimento uniforme.

Nesse caso, a aceleração é nula e, portanto, a resultante das forças que atuam sobre o indivíduo é nula. Assim, teremos:

$$N = P \quad (I)$$

2º caso:

○ elevador sobe em movimento acelerado de aceleração \vec{a} .

Observando que a aceleração do indivíduo é a mesma do elevador, nesse caso devemos ter $N > P$. Aplicando a Segunda Lei de Newton ao indivíduo, temos:

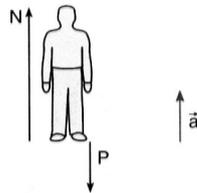
$$N - P = m \cdot a$$

ou

$$N = P + m \cdot a = mg + ma$$

ou ainda,

$$N = m(g+a) \quad (II)$$



3º caso:

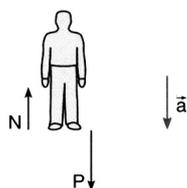
○ elevador desce em movimento acelerado de aceleração \vec{a} .

Nesse caso devemos ter $P > N$ e, portanto, aplicando a Segunda Lei de Newton ao indivíduo, teremos:

$$P - N = m \cdot a$$

$$Mg - N = ma$$

$$N = m(g - a) \quad (III)$$



Observando a igualdade (III), percebemos que se $a = g$ (isto é, o elevador cai em queda livre), teremos $N = 0$. Isso significa que o indivíduo não comprimirá o piso do elevador e terá a sensação de estar “flutuando”, isto é, o indivíduo terá a impressão de ter “perdido o peso”. Esse processo (elevador ou avião descendo em queda livre) pode ser usado para levar os astronautas a se acostumarem com a “ausência de gravidade”.

Observemos novamente a igualdade (III) e vejamos o que acontece quando $a > g$. Substituindo em (III), obtemos $N < 0$. No entanto, como pode isso acontecer, se todas as grandezas da igualdade (III) estão em módulo? O que ocorre é que o elevador está descendo acelerado com aceleração a maior que a da gravidade e, assim, o indivíduo fica “para trás”, isto é, a tendência é ele ficar com a cabeça em contato com o teto do elevador; agora a força exercida pelo elevador sobre o indivíduo é para baixo. Portanto, a Segunda Lei de Newton, aplicada ao indivíduo, fica:

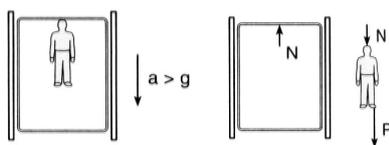
$$N + P = m \cdot a$$

OU

$$N + mg = ma$$

ou ainda:

$$N = m(a - g)$$



4º caso:

○ elevador desce em movimento retardado de aceleração \vec{a} .

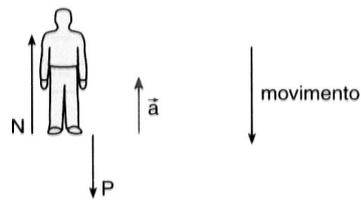
○ elevador está descendo; mas, como o movimento é retardado, a força resultante (e a aceleração \vec{a}) deve ter sentido oposto ao do movimento e, para que isso aconteça, devemos ter $N > p$. Sendo a o módulo da aceleração, apliquemos a Segunda Lei de Newton ao indivíduo:

$$N - P = m \cdot a$$

$$N - mg = m \cdot a$$

ou

$$N = m(a + g) \quad (IV)$$



É conveniente observar que a igualdade (IV) é idêntica à igualdade (II). Isso já era esperado, pois tanto no movimento acelerado para cima quanto no movimento retardado para baixo a força resultante é para cima.

5º caso

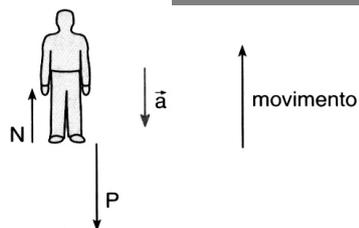
O elevador sobe em movimento retardado de aceleração \vec{a} .

Embora o elevador esteja subindo, pelo fato de o movimento ser retardado, a força resultante é para baixo, isto é, $P > N$. Aplicando a Segundo Lei de Newton ao indivíduo, temos:

$$P - N = m \cdot a$$

$$Mg - N = ma$$

$$N = m(g - a) \quad (V)$$

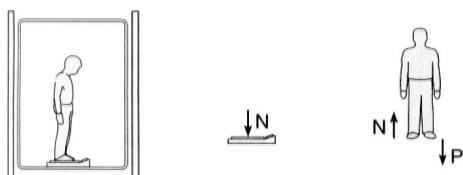


onde a é o módulo da aceleração

Observemos que a igualdade (V) é idêntica à igualdade (III), o que já devíamos esperar, pois nos dois casos a força resultante é para baixo. Do mesmo modo que no 3º caso, para que os pés do indivíduo comprimam o piso do elevador devemos ter $a < g$.

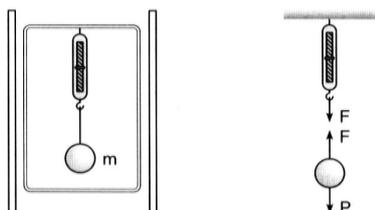
Indivíduo Sobre Balança

Suponhamos agora que o indivíduo dentro do elevador esteja sobre uma balança de molas. Nesse caso, ele exerce na balança uma força de intensidade N e é esse valor que a balança indicará. Assim. Costuma-se dizer que N é a intensidade do *peso aparente*.



Dinamômetro no Teto do Elevador

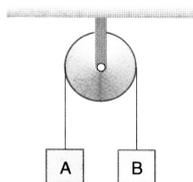
Consideremos um dinamômetro preso no teto do elevador e um corpo de massa m pendurado no dinamômetro. O corpo exerce no dinamômetro uma força de intensidade F e, pelo Princípio da Ação e Reação, o dinamômetro exerce no corpo uma força de sentido oposto, mas de mesma intensidade F .



O dinamômetro deve indicar o valor de F . Nesse caso, também podemos dizer que F é a intensidade do *peso aparente* do corpo. Se o elevador estiver em repouso ou em movimento uniforme, teremos $F = P$. Se o elevador estiver em movimento com aceleração não nula, teremos $F \neq P$ e, nesse caso, a análise é idêntica à que fizemos para o valor de N .

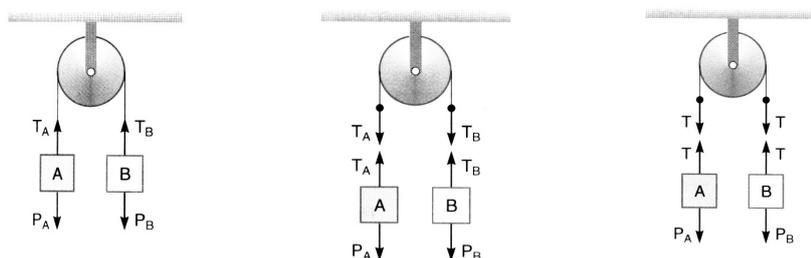
Polia Fixa

Consideremos dois corpos, A e B, de massas respectivamente a m_A e m_B , presos a um fio ideal que passa por uma polia, a qual pode girar em torno de um eixo fixo horizontal, como mostra a figura abaixo. Suponhamos que a massa da polia seja desprezível e que não haja atrito entre a polia e seu eixo (polia ideal).

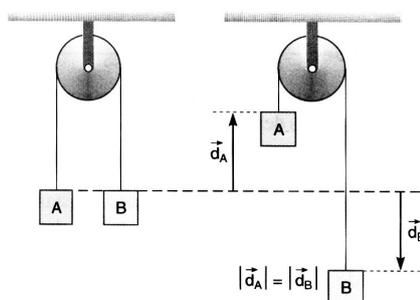


As forças que agem sobre A e B são os seus pesos, de intensidade P_A e P_B , e as forças exercidas pelo fio, de intensidades T_A e T_B . Mas, se o fio exerce força de intensidade T_A no bloco A, este exerce, no fio, força de mesma intensidade, pelo Princípio da Ação e Reação; o mesmo ocorre com o corpo B.

Como o fio é ideal, as trações nos seus extremos devem ter o mesmo módulo: $T_A = T_B = T$.

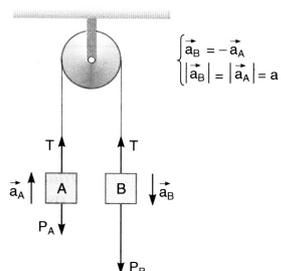


Apenas para fixar idéias, suponhamos que o sistema tenha sido abandonado em repouso e que $P_B > P_A$. Assim, o bloco A deve subir acelerado com aceleração \vec{a}_A e o bloco B deve descer acelerado com aceleração \vec{a}_B . Mas, como o fio é ideal (e, portanto, inextensível), para um intervalo de tempo qualquer, o deslocamento \vec{d}_A do bloco A para cima deve ter o mesmo módulo do deslocamento do bloco B para baixo:



Como a derivada do deslocamento é a velocidade e a derivada da velocidade é a aceleração, concluímos que, a cada instante, os dois blocos têm a mesma velocidade (em módulo) e a mesma aceleração (em módulo). Porém, como $P_B > P_A$, a aceleração \vec{a}_A tem sentido para cima e \vec{a}_B tem sentido para baixo.

$$|\vec{v}_A| = |\vec{v}_B| \quad \text{e} \quad |\vec{a}_A| = |\vec{a}_B| = a$$



Para o corpo A, que sobe acelerado, apliquemos a Segunda Lei de Newton

$$T - P_A = m_A \cdot a \quad (I)$$

Para o corpo B, que desce acelerado, temos:

$$P_B - T = m_B \cdot a \quad (II)$$

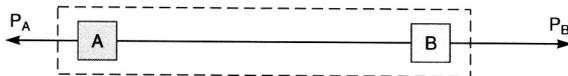
Resolvendo o sistema formado pelas equações (I) e (II), obtemos os valores de a e T .

Façamos agora a adição, membro a membro, das equações (I) e (II):

$$\begin{cases} T - P_A = m_A \cdot a \\ P_B - T = m_B \cdot a \end{cases}$$

$$P_B - P_A = (m_A + m_B) \cdot a \quad (III)$$

A equação (III) nos sugere um artifício para obtermos mais rapidamente o valor de a . Imaginamos o sistema “esticado” formando um único corpo de massa igual a $m_A + m_B$ e a esse corpo aplicamos a Segunda Lei de Newton:



$$P_B - P_A = (m_A + m_B) \cdot a$$

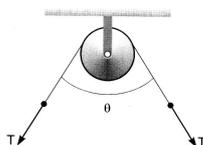
Depois de obtido o valor de a , substituímos esse valor na equação (I) ou na equação (II) para obtermos o valor de T .

Observando a figura abaixo, percebemos que a força exercida pelo fio (ou pelo sistema “fio + corpo A + corpo B”) sobre a polia tem intensidade igual a $2T$.

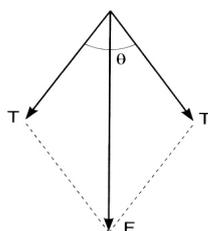


Observações:

- 1ª) Supondo $P_B > P_A$, ao abandonarmos o sistema em repouso, o corpo A deve subir em movimento acelerado e B deve descer em movimento acelerado. No entanto, pode ocorrer o caso em que o corpo A recebe um impulso inicial para baixo. Nesse caso, de início teríamos A descendo em movimento retardado e B subindo em movimento retardado, até o instante em que ambos os corpos atingissem velocidade nula. A partir desse instante, A subiria com movimento acelerado e B desceria com movimento acelerado. Porém, nos dois casos, as acelerações vetoriais \vec{a}_A e \vec{a}_B teriam os sentidos para cima e para baixo respectivamente.
- 2ª) A força exercida pelo fio sobre a polia tem intensidade igual a $2T$, apenas no caso em que os dois ramos do fio são paralelos. No entanto, conforme veremos nos exercícios, há casos em que os dois ramos do fio não são paralelos.



Nesses casos, a força \vec{F} exercida pelo fio sobre a polia deve ser obtida pela regra do paralelogramo.



Polia Móvel

No sistema representado na figura abaixo, o bloco A está preso ao fio f_1 , o qual passa pelas polias P_1 e P_2 ; o bloco B está preso no fio f_2 , o qual está preso ao eixo da polia P_2 . A polia P_1 é uma polia fixa, isto é, ela pode girar, mas o seu eixo é fixo; a polia P_2 é uma polia móvel, isto é, além de girar, o seu eixo pode movimentar-se. Suponhamos que os fios e as polias são ideais. Dependendo das massas de A e B, ao abandonarmos os sistema em repouso, podem ocorrer três situações:

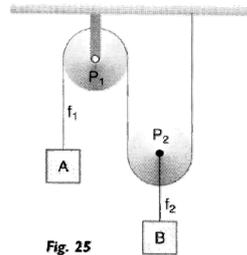
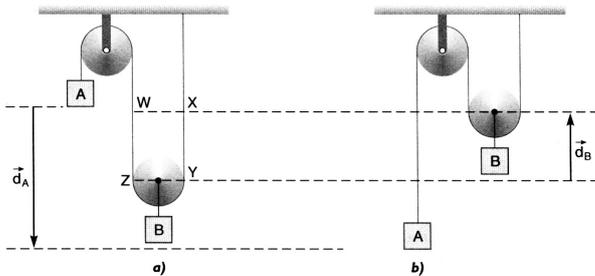


Fig. 25

- 1ª) o sistema permanece em repouso:
- 2ª) o bloco A sobe e o bloco B desce:
- 3ª) o bloco A desce e o bloco B sobe.

Porém, conforme veremos a seguir, desde que haja aceleração, as acelerações de A e B terão módulos diferentes.

Consideremos inicialmente o sistema na posição da (a) e, apenas para fixar idéias, suponhamos que o bloco A esteja descendo e o bloco B esteja subindo, de modo que, após um intervalo de tempo Δt , o sistema esteja na posição (b).



Sejam \vec{d}_A e \vec{d}_B os deslocamentos dos blocos A e B, respectivamente.

Observando a figura acima, percebemos que:

$$|\vec{d}_B| = \overline{XY} = \overline{WZ}$$

Como o fio é ideal (e, portanto, inextensível), os trechos de fio XY e WZ que “desapareceram” do lado da polia móvel devem ter “ido” para o lado do bloco A, isto é:

$$|\vec{d}_A| = 2|\vec{d}_B|$$

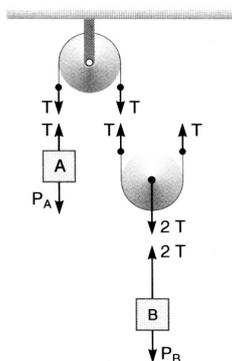
Portanto, para qualquer intervalo de tempo, o módulo do deslocamento de A será o dobro do módulo do deslocamento de B. Mas, como sabemos, a derivada do deslocamento nos dá a velocidade. Assim, sendo \vec{v}_A e \vec{v}_B as velocidades dos blocos A e B num instante qualquer, devemos ter:

$$|\vec{v}_A| = 2|\vec{v}_B|$$

Mas sabemos também que a derivada da velocidade é a aceleração. Portanto, sendo \vec{a}_A e \vec{a}_B as acelerações dos blocos A e B, temos:

$$|\vec{a}_A| = 2|\vec{a}_B|$$

Isolemos as polias e os blocos como mostra a figuras abaixo onde T é a intensidade da tração no fio. Sendo a_A e a_B os módulos das acelerações dos blocos e supondo que o sistema tenha sido abandonado em repouso, consideraremos três casos.



1º caso :

○ sistema permanece em repouso.

Nesse caso devemos ter $T = P_A$ e $2T = P_B$. Assim:

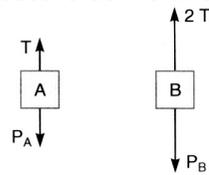
$$P_B = 2P_A$$

ou

$$m_B = 2m_A$$

onde m_A e m_B são as massas dos blocos A e B.

Se dermos um impulso ao bloco A ou ao bloco B, o sistema entrará em movimento, porém os dois blocos terão movimentos uniformes.



2º caso:

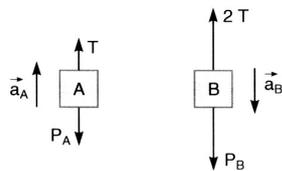
$$m_B > 2m_A$$

Mos no caso anterior que, para $m_B = 2m_A$, o sistema fica em equilíbrio.

Assim, para $m_B > 2m_A$, o bloco B deve descer acelerado e o bloco A deve subir acelerado (supondo que o sistema tenha sido abandonado em repouso). Aplicando a Segunda Lei de Newton a cada bloco, temos:

$$\begin{cases} T - P_A = m_A \cdot a_A \\ P_B - 2T = m_B \cdot a_B \end{cases}$$

Essas duas equações juntamente com a condição $a_A = 2a_B$ resolvem o problema.

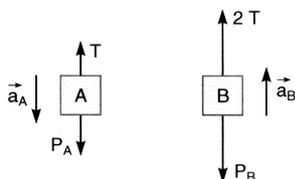


3º caso:

$$m_B < 2m_A$$

Como vimos, para $m_B = 2m_A$ o sistema fica em equilíbrio. Assim, para $m_B < 2m_A$, o bloco A deve descer em movimento acelerado e o bloco B deve subir em movimento acelerado (supondo que o sistema tenha sido abandonado em repouso). Portanto, as equações que resolvem, o problema são:

$$\begin{cases} P_A - T = m_A \cdot a_A \\ 2T - P_B = m_B \cdot a_B \\ a_A = 2a_B \end{cases}$$



Observação:

Ao resolvermos um problema do tipo que estamos analisando, podemos, se quisermos, não fazer a análise da relação entre as massas e simplesmente fazer uma das seguintes hipóteses:

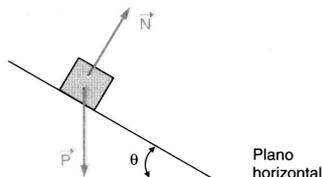
1º) \vec{a}_A tem sentido para baixo e \vec{a}_B tem sentido para cima.

2º) \vec{a}_A tem sentido para cima e \vec{a}_B tem sentido para baixo.

A seguir, escrevemos as equações baseados na hipótese feita, sem nos preocuparmos se a hipótese é correta ou não. Como ao escrevermos as equações usamos as acelerações em módulo, perceberemos no final do problema se a hipótese está correta ou não: se as acelerações obtidas forem positivas, a hipótese estará certa; se as acelerações forem negativas, a hipótese estará errada (mas isso não quer dizer que precisamos resolver novamente o problema, pois os módulos das acelerações estarão corretos).

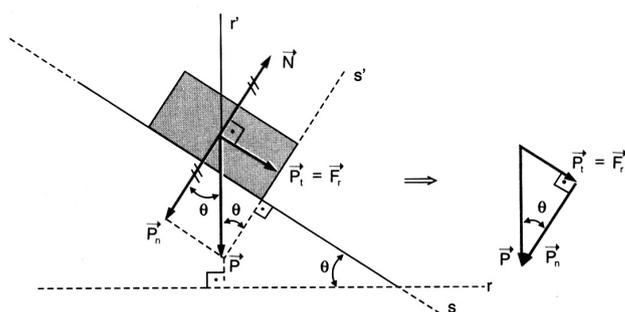
Plano Inclinado

Um corpo, ao ser colocado sobre um plano inclinado sem atritos, fica sujeito à ação de suas forças: seu próprio peso (\vec{P}) e força de reação normal (\vec{N}).



A força resultante (\vec{F}_r), que atua sobre o corpo, é uma das componentes perpendiculares do peso (\vec{P}_t), na direção tangencial do movimento. A outra componente do peso (\vec{P}_n), na direção normal (perpendicular) ao plano inclinado, é equilibrada pela força de reação normal (\vec{N}).

Da Geometria, sabe-se que, se duas retas r e s formam entre si um ângulo θ , as suas respectivas perpendiculares r' e s' formam o mesmo ângulo. Assim, com o auxílio da Trigonometria, são obtidas as expressões:



$$\Rightarrow P_t = P \cdot \text{sen } \theta \quad \Rightarrow P_n = P \cdot \text{cos } \theta$$

Observação $N = P_n$

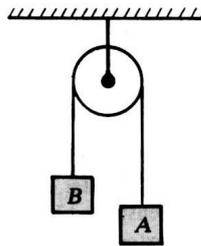
Portanto, a aceleração de um só corpo, plano inclinado abaixo, sem atritos, é determinada da seguinte forma:

$$F_r = m \cdot a \quad \text{e} \quad F_r = P_t = P \cdot \text{sen } \theta = m \cdot g \cdot \text{sen } \theta;$$

$$\text{logo: } m \cdot a = m \cdot g \cdot \text{sen } \theta \quad \text{ou} \quad \Rightarrow a = g \cdot \text{sen } \theta$$

Exercícios Resolvidos

01. No arranjo experimental da figura, os corpos A e B têm, respectivamente, massas iguais a 6 kg e 2 kg. Os fios e as polias têm massas desprezíveis. Não há atrito entre o fio e a polia. Adote $g = 10 \text{ m/s}^2$. Determine:



- a) a aceleração do conjunto;
 - b) as trações nos fios.
- Considere que o sistema partiu do repouso.

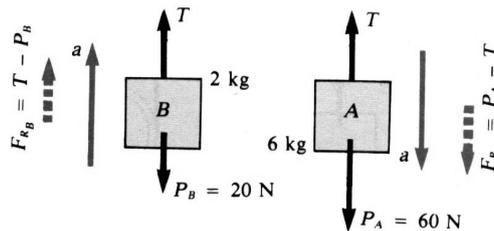
Solução:

a) O arranjo experimental anterior é conhecido como Máquina de Atwood (1745-1807), físico inglês que com um arranjo desse tipo estudou a queda dos corpos. O corpo **A** desce enquanto o **B**, sobe, pois o peso de **A** é maior que o de **B**.

$$m_A = 6 \text{ kg} \therefore P_a = m_A g = 60 \text{ N}$$

$$m_B = 2 \text{ kg} \therefore P_b = m_B g = 20 \text{ N}$$

Na figura abaixo representamos as forças que agem em cada bloco. A equação fundamental da Dinâmica aplicada a **A** e **B** fornece:



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

$$(A) P_A - T = m_A a \therefore 60 - T = 6a \quad P_A - T = m_A a \therefore 60 - T = 6a \quad (1)$$

$$(B) T - P_B = m_B a \therefore T - 20 = 2a \quad T - P_B = m_B a \therefore T - 20 = 2a \quad (2)$$

Formatado:
Fonte: 7 pt

Formatado:
Fonte: 7 pt

Formatado:
Fonte: 8 pt

Formatado:
Centralizado

Formatado:
Recuo: À esquerda:
0,7 cm, Primeira
linha: 0,7 cm

Formatado:
Fonte: 8 pt

Formatado:
Português (Brasil)

Formatado:
Recuo: À esquerda:
0,7 cm, Primeira
linha: 0 cm

**Código de campo
alterado**

Formatado:
Rebaixado por 5 pt

Formatado:
Português (Brasil)

**Código de campo
alterado**

Formatado:
Português (Brasil)

Formatado:
Rebaixado por 5 pt

Formatado:
Português (Brasil)

**Código de campo
alterado**

Formatado:
Português (Brasil)

Formatado:
Português (Brasil)

Resolvendo o sistema de equações (1) e (2):

$$\left. \begin{array}{l} 1. 60 - T = 6a \\ 2. T - 20 = 2a \end{array} \right\} +$$

$$60 - 20 = 6a + 2a$$

$$40 = 8a \rightarrow a = 5$$

Formatado: Português (Brasil)

Formatado: Fonte: 7 pt

Formatado: Fonte: 7 pt

Formatado: Rebaixado por 3 pt

b) - Qualquer uma das equações anteriores nos fornece T. Por exemplo:

$$2) - T - 20 = 2 \cdot 5 \rightarrow T = 30$$

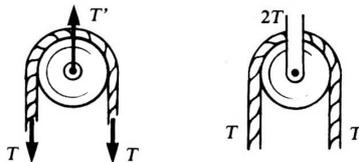
Formatado: Rebaixado por 3 pt

Formatado: Rebaixado por 3 pt

Formatado: Fonte: 1 pt

Formatado: Recuo: À esquerda: 0,7 cm, Primeira linha: 0,7 cm

A tração T' no fio que liga o eixo da polia ao fecho pode ser obtida como se segue. A polia não possui peso e seu eixo está em equilíbrio. Deste modo a resultante das forças deve ser nula.



$$F_R = 0 \rightarrow T' = T + T = 2T = 2 \cdot 30 \quad F_R = 0 \rightarrow T' = T + T = 2T = 2 \cdot 30$$

$$T' = 2T = 60$$

Formatado: Rebaixado por 5 pt

Formatado: Fonte: 6 pt

Observação:

Para o cálculo da aceleração podemos aplicar a equação fundamental da Dinâmica para o conjunto de corpos de massa total $m_A + m_B$, observando que o peso $P_A - P_A$ favorece a aceleração e $P_B - P_B$ se opõe:

Formatado: Português (Brasil)

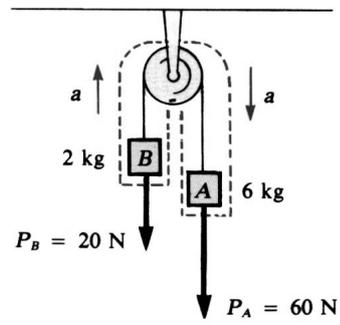
Formatado: Rebaixado por 3 pt

Formatado: Recuo: Primeira linha: 0,66 cm

Formatado: Não Sobrescrito/ Subscrito

Formatado: Rebaixado por 5 pt

Formatado: Rebaixado por 5 pt



|

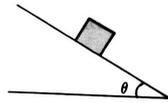
$$F_R = ma \quad F_R = ma$$

$$P_A - P_B = (m_A + m_B)a \quad P_A - P_B = (m_A + m_B)a$$

$$60 - 20 = (6 + 2)a \quad \therefore 40 = 8a \quad 60 - 20 = (6 + 2)a \quad \therefore 40 = 8a$$

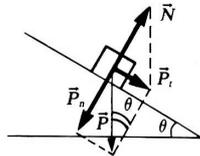
$$a = 5 \text{ m/s}^2$$

02. Um corpo de peso \vec{P} desliza num plano inclinado perfeitamente liso, que forma um ângulo θ em relação à horizontal. Determine:



- A aceleração do corpo;
- A intensidade da força normal que o plano exerce no corpo. É dada a aceleração da gravidade g .

Solução:



- No corpo atuam o peso \vec{P} e a força normal \vec{N} . É comum decompor o peso \vec{P} em duas forças componentes.

\vec{P}_n : normal ao plano inclinado e que anula \vec{N} , pois há movimento na direção perpendicular ao plano.

\vec{P}_t : paralela ao plano inclinado e que é a resultante das forças \vec{P} e \vec{N} .

No triângulo sombreado, o ângulo inferior é θ , pois seus lados são dois a dois perpendiculares às retas que definem o ângulo θ do plano inclinado. Nesse triângulo $P_t - P$ é a medida do cateto oposto ao ângulo θ e P é a hipotenusa do triângulo. Da definição de seno de um ângulo, vem:

Formatado: Rebaixado por 5 pt

Formatado: À esquerda, Recuo: À esquerda: 2,8 cm, Primeira linha: 0 cm

Formatado: Recuo: À esquerda: 2,8 cm, Primeira linha: 0 cm

Formatado: Rebaixado por 6 pt

Formatado: Recuo: À esquerda: 2,8 cm, Primeira linha: 0 cm

Formatado: Rebaixado por 6 pt

Formatado: Não Sobrescrito/ Subscrito

Formatado: Fonte: 8 pt

Formatado: Fonte: 7 pt

Formatado: Recuo: À esquerda: 0

Formatado: Fonte: 9 pt

Formatado: Recuo: À esquerda: 1,4 cm

Formatado: Rebaixado por 5 pt

Formatado: Fonte: 9 pt

Física

$$\cancel{\text{sen } \theta} = \text{sen } \theta = \frac{P_t}{P}$$

$P_t = P \text{ sen } \theta$

Formatado:
Justificado

Formatado:
Rebaixado por 5 pt

pela equação fundamental da Dinâmica: $F_R = ma$ e sendo

$$F_R = P_1 = P \sin \theta = mg \sin \theta$$

$$F_R = P_1 = P \sin \theta = mg \sin \theta, \text{ vem}$$

$$mg \sin \theta - mg \sin \theta = ma \Rightarrow a = g \sin \theta$$

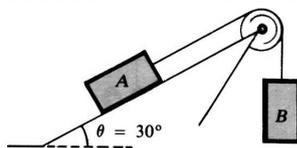
b) No triângulo sombreado $P_n - P_n$ é o cateto adjacente ao ângulo θ . Da definição de cosseno de um ângulo, vem:

$$\cos \theta = \cos \theta = \frac{P_n}{P} \Rightarrow P_n = P \cos \theta$$

Como \vec{p}_n anula \vec{N} , resulta:

$$N = P_n = P \cos \theta$$

03. No arranjo experimental da figura, os corpos A e B têm massas iguais a 10 kg. O plano inclinado é perfeitamente liso. O fio é inextensível e passa sem atrito pela polia de massa desprezível. Determine:



- a) a aceleração do sistema de corpos;
- b) a tração no fio (sem $30^\circ = 0,5$).

Solução:

a) Vamos inicialmente calcular a componente P_{tA} do peso do corpo A:

$$P_{tA} = P_A \sin 30^\circ = P_A \cdot 0,5$$

$$P_{tA} = m_A g \sin 30^\circ = m_A g \cdot 0,5$$

$$P_{tA} = 10 \cdot 10 \cdot 0,5 = 50 \text{ N}$$

O corpo B possui peso $P_B = m_B g = 10 \cdot 10, P_B = 100 \text{ N}$. Sendo $P_B > P_{tA}$, concluímos que se o sistema

Formatado: Rebaixado por 5 pt

Formatado: Português (Brasil)

Código de campo alterado

Formatado: Português (Brasil)

Formatado: Português (Brasil)

Código de campo alterado

Formatado: Português (Brasil)

Formatado: Justificado

Código de campo alterado

Formatado: Português (Brasil)

Código de campo alterado

Formatado: Português (Brasil)

Formatado: Fonte: 12 pt, Português (Brasil)

Formatado: Rebaixado por 5 pt

Formatado: Fonte: 8 pt

Formatado: Fonte: 8 pt

Formatado: Rebaixado por 5 pt

Formatado: Fonte: 8 pt

Formatado: Fonte: 8 pt

Formatado: Fonte: 8 pt

Formatado: Fonte: 8 pt

Código de campo alterado

Formatado: Português (Brasil)

Formatado: Português (Brasil)

Código de campo alterado

Formatado: Português (Brasil)

Formatado: Português (Brasil)

Formatado: Fonte: 8 pt

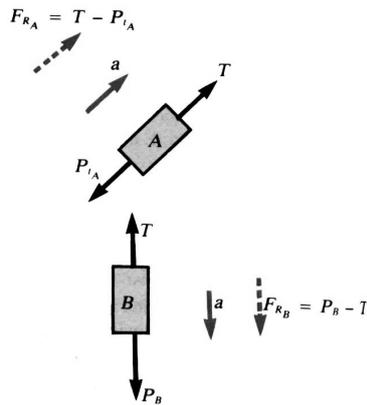
Formatado: Rebaixado por 5 pt

Formatado: Não Sobrescrito/ Subscrito

| partir do repouso o corpo B desce e o corpo A sobe o longo do plano inclinado.

Na figura abaixo representamos as forças que agem em cada bloco. Observe que a componente normal \vec{P}_{n_A} e a normal \vec{N}_A anulam-se. A equação fundamental da Dinâmica aplicada a A e B fornece:

Formatado: Recuo: À esquerda: 0,7 cm, Primeira linha: 0,7 cm



$$(A) \quad T - P_{l_A} = m_A a \quad \therefore T - 50 = 10a \quad T - P_{l_A} = m_A a \quad \therefore T - 50 = 10a \quad \textcircled{1}$$

$$(B) \quad P_B - T = m_B a \quad \therefore 100 - T = 10a \quad P_B - T = m_B a \quad \therefore 100 - T = 10a \quad \textcircled{2}$$

Formatado: Rebaixado por 7 pt

Formatado: Rebaixado por 5 pt

Resolvendo o sistema de equações ① e ②, vem:

$$\left. \begin{array}{l} (1) \quad T - 50 = 10a \\ (2) \quad 100 - T = 10a \end{array} \right\} +$$

$$100 - 50 = 10a + 10a$$

$$50 = 20a \quad 50 = 20a \quad \boxed{a = 2,5}$$

Formatado: Não Sobrescrito/ Subscrito

b) De ① resulta:

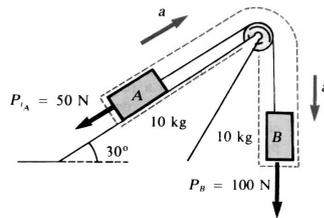
$$T - 50 = 50 \cdot 2,5 \quad T - 50 = 125 \quad \therefore \boxed{T = 175}$$

Formatado: Rebaixado por 4 pt

Formatado: Rebaixado por 3 pt

Observação:

A aceleração pode ser calculada aplicando-se a equação fundamental da Dinâmica ao sistema de corpos de massa total $m_A + m_B$:



$$F_R = (m_A + m_B)a \quad (F_R = P_B - P_{t_A}) \quad F_R = (m_A + m_B)a \quad (F_R = P_B - P_{t_A})$$

$$P_B - P_A = (m_A + m_B)a \quad P_B - P_A = (m_A + m_B)a$$

$$100 - 50 = (10 + 10)a \quad 100 - 50 = (10 + 10)a$$

$$50 = 20a \quad 50 = 20a$$

$$a = 2,5$$

Formatado: Não Sobrescrito/ Subscrito

Formatado: Rebaixado por 7 pt

Formatado: Recuo: À esquerda: 0 cm

Formatado: Rebaixado por 6 pt

Formatado: Rebaixado por 6 pt

Formatado: Recuo: À esquerda: 2,1 cm, Primeira linha: 0 cm

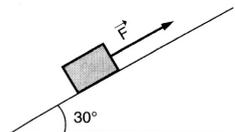
Formatado: Rebaixado por 4 pt

Formatado: Rebaixado por 5 pt

Formatado: Rebaixado por 5 pt

Exercícios Propostos

01. (UFBA) A figura abaixo representa um corpo de massa igual a 60 kg sobre um plano inclinado de 30° com a horizontal. Considere $g = 10 \text{ m/s}^2$ e despreze o atrito.



Qual a força necessária para que:

- a) o corpo suba o plano com aceleração de $0,8 \text{ m/s}^2$?
- b) o corpo se movimente com velocidade constante?

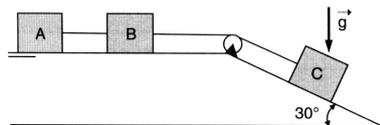
Formatado: Recuo: À esquerda: 0,7 cm, Espaço Depois de: 0 pt

Formatado: Não Sobrescrito/ Subscrito

Formatado: Recuo: À esquerda: 0,69 cm, Espaço Depois de: 0 pt

Formatado: Recuo: À esquerda: 0 cm, Deslocamento: 0,7 cm, Espaço Depois de: 0 pt

02. (FMABC SP) Na figura, considere desprezível o atrito nos planos e na polia. A massa de A é de ~~4,0 kg~~ 4,0 kg, a massa de B é de ~~0,60 kg~~ 0,60 kg, a massa de C é de ~~0,40 kg~~ 0,40 kg e $g = 10 \text{ m/s}^2$.



Formatado: Rebaixado por 5 pt

Formatado: Rebaixado por 5 pt

Formatado: Rebaixado por 5 pt

Formatado: Não Sobrescrito/
Subscrito

Formatado: Espaço Depois de: 0 pt

03. (FEI SP) Um plano inclinado tem ~~3 m~~ 3 m de altura e ~~5 m~~ 5 m de comprimento. Um bloco de peso ~~P = 100 N~~ $P = 100 \text{ N}$ é mantido parado sobre o plano por um obstáculo fixo. Calcular a força exercida pelo bloco sobre o plano e sobre o obstáculo.

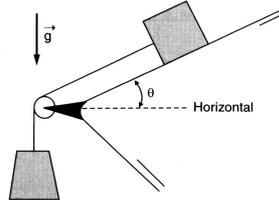
~~Supor~~ $g = 10 \text{ m/s}^2$ $g = 10 \text{ m/s}^2$.

Formatado: Rebaixado por 3 pt

Formatado: Rebaixado por 3 pt

Formatado: Rebaixado por 3 pt

04. Dois blocos de massas iguais são ligados conforme a figura. O plano inclinado é perfeitamente liso. A polia e o fio são ideais.



Formatado: Centralizado, Espaço
Depois de: 0 pt

Formatado: Não Sobrescrito/
Subscrito

Formatado: Espaço Depois de: 0 pt

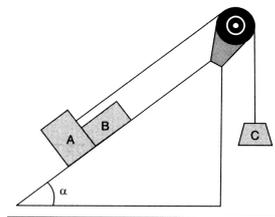
Se g a aceleração gravitacional, prove que a aceleração escalar a dos blocos é:

$$a = g \cdot \frac{1 + \sin \theta}{2}$$

Formatado: Condensado por 0,2 pt

Formatado: Recuo: À esquerda: 0,7
cm, Primeira linha: 0 cm, Espaço
Depois de: 0 pt

05. (Mackenzie 1996) Num local onde a aceleração gravitacional tem módulo 10 m/s^2 dispõe-se o conjunto abaixo, no qual o atrito é desprezível, a polia e o fio são ideais. Nessas condições, a intensidade da força que o bloco A exerce no bloco B é igual a quantos newtons?



Formatado: Espaço Depois de: 0 pt

Formatado: Espaço Depois de: 0 pt

Dados	
$m(A) = 6,0 \text{ kg}$	$\cos \alpha = 0,8$
$m(B) = 4,0 \text{ kg}$	$\text{sen } \alpha = 0,6$
$m(C) = 10 \text{ kg}$	

Formatado:
Fonte: 7 pt

Tabela formatada

06. (Vunesp) Enuncie a lei física à qual o herói da "tirinha" se refere.

Formatado:
Fonte: 6 pt



(Folha de S. Paulo, 27/11/89, p. D-8.)

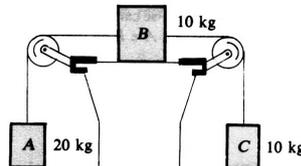
07. Na situação indicada na figura, os fios têm inércia desprezível e passam pela polias sem atrito. Adote $g = 10 \text{ m/s}^2$. Determine:

Formatado:
Fonte: 6 pt

- a aceleração do conjunto;
- a tração no fio que liga A a B;
- a tração no fio que liga B a C.

Formatado: Não Sobrescrito/ Subscrito

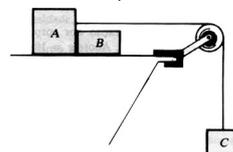
Formatado:
Recuo: À esquerda: 0,77 cm, Espaçamento entre linhas: Exatamente 10 pt



08. Os corpos A e B têm massas $m_A = 1 \text{ kg}$ e $m_B = 3 \text{ kg}$. O corpo C, pendurado pelo fio, tem massa $m_C = 1 \text{ kg}$. O fio é inextensível e tem massa desprezível. Adote $g = 10 \text{ m/s}^2$ e suponha que A e B deslizem sem atrito sobre o plano horizontal. Calcule.

Formatado:
Fonte: 6 pt

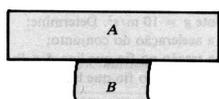
Formatado:
Rebaixado por 5 pt



- a aceleração do corpo C;
- a intensidade da força que o corpo B exerce em A

Formatado:
Fonte: 6 pt

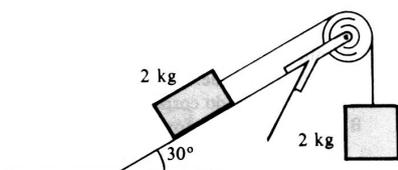
09. (FFU CE) Deixa-se cair simultaneamente, no vácuo, dois corpos A e B de massas $m_A = 100 \text{ kg}$ e $m_B = 1 \text{ kg}$.



- Formatado: Fonte: 7 pt
- Formatado: Recuo: À esquerda: 0,67 cm
- Formatado: Rebaixado por 5 pt
- Formatado: Rebaixado por 5 pt

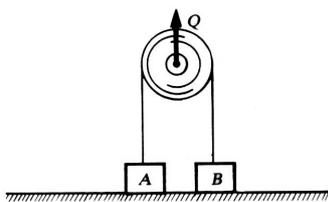
- a) Qual dos blocos faz força sobre o outro
- b) Qual a aceleração de cada um deles?

10. Determine a aceleração dos corpos na situação esquematizada. Adote $g = 10 \text{ m/s}^2$. O fio e a polia têm massa desprezível. Não há atrito ($\sin 30^\circ = 0,5$)



- Formatado: Não Sobrescrito/ Subscrito

11. (E.E. São Carlos SP) A polia e os fios da figura são considerados ideais, sem inércia. O fio é perfeitamente flexível e não há atritos a considerar. Considere $g = 10 \text{ m/s}^2$. Dadas as massas $m_A = 40 \text{ kg}$ e $m_B = 24 \text{ kg}$, determine as acelerações α (do corpo A) e β (do corpo B) quando:

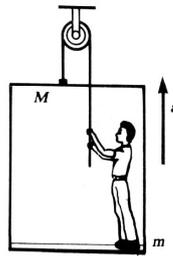


- Formatado: Não Sobrescrito/ Subscrito
- Formatado: Rebaixado por 5 pt

- a) $Q = 400 \text{ N}$; $Q = 400 \text{ N}$;
- b) $Q = 720 \text{ N}$; $Q = 720 \text{ N}$;
- c) $Q = 1200 \text{ N}$; $Q = 1200 \text{ N}$.

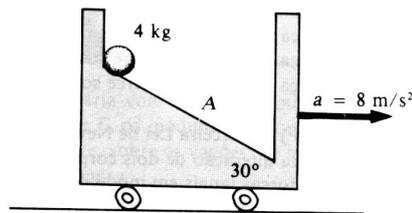
- Formatado: Rebaixado por 5 pt
- Formatado: Rebaixado por 5 pt
- Formatado: Rebaixado por 5 pt

12. (E.E. São Carlos SP) O sistema esquematizado compõe-se de um elevador de massa M e um homem de massa m . O elevador está suspenso a uma corda que passa por uma polia fixa e vem às mãos do operador; a corda e a roldana são supostas ideais. O operador puxa a corda e sobe com aceleração constante a , juntamente com o elevador. São supostos conhecidos M , m , a e g . Determine a força N que a plataforma exerce no operador.



Formatado:
Recuo: À esquerda:
0 cm,
Deslocamento: 0,7
cm

13. O carrinho da figura desliza no plano horizontal com aceleração de 8 m/s^2 . O corpo A possui 4 kg de massa e não há atrito entre o corpo e os planos de apoio. Dados $\sin 30^\circ = 0,5$, $\cos 30^\circ = 0,87$ e $g = 10 \text{ m/s}^2$, determine a força horizontal que a parede vertical exerce no corpo considerando-o em repouso em relação ao carrinho.



Formatado:
Justificado

Formatado: Não
Sobrescrito/
Subscrito

Formatado:
Rebaixado por 4 pt

Formatado: Não
Sobrescrito/
Subscrito

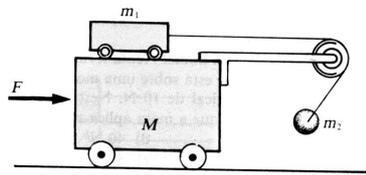
14. Que a força horizontal deve ser constantemente aplicada a $M = 21 \text{ kg}$ para que $m_1 = 5 \text{ kg}$ não se movimente em relação a $m_2 = 4 \text{ kg}$. Despreze atritos. (Dados: $g = 10 \text{ m/s}^2$.)

Formatado:
Rebaixado por 5 pt

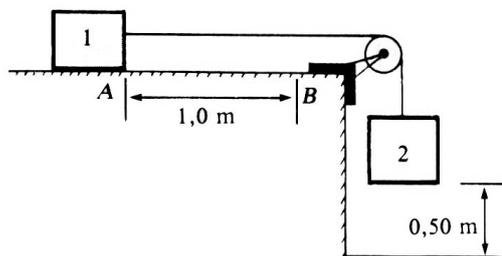
Formatado:
Rebaixado por 5 pt

Formatado:
Rebaixado por 5 pt

Formatado: Não
Sobrescrito/
Subscrito



15. (U. Mackenzie SP) No sistema ao lado do corpo 1 de massa ~~6,0 kg~~ $6,0 \text{ kg}$ está preso na posição A. O corpo 2 tem massa de ~~4,0 kg~~ $4,0 \text{ kg}$. Despreze os atritos e ~~o~~ $g = 10 \text{ m/s}^2$. Abandonando o corpo 1, a sua velocidade ao passar pela posição B será de:



Formatado:
Reco: À esquerda:
0 cm,
Deslocamento: 0,7
cm

Formatado:
Rebaixado por 5 pt

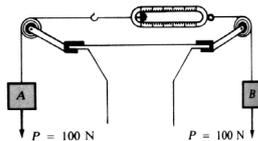
Formatado:
Rebaixado por 5 pt

Formatado: Não
Sobrescrito/
Subscrito

- a) ~~0,50 m/s~~ $0,50 \text{ m/s}$
 b) ~~1,0 m/s~~ $1,0 \text{ m/s}$
 c) ~~2,0 m/s~~ $2,0 \text{ m/s}$
 d) $\sqrt{8} \text{ m/s}$
 e) ~~4,0 m/s~~ $4,0 \text{ m/s}$

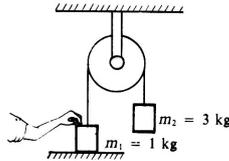
Formatado:
Rebaixado por 4 pt

16. (FEI SP) Dois corpos A e B possuem o mesmo peso ~~$P = 100 \text{ N}$~~ $P = 100 \text{ N}$ e estão presos a um dinamômetro conforme mostra a figura. A indicação prevista no dinamômetro é:



- a) 0
 b) 100 N
 c) 200 N
 d) 400 N
 e) indeterminada, pois não é conhecida a velocidade dos corpos.

17. (UEC) As massas m_1 e m_2 estão ligadas por um fio flexível e inextensível, apoiado sobre uma polia ideal. Inicialmente, m_1 é mantida sobre a mesa. Considere $g = 10 \text{ m/s}^2$. A razão da intensidade da força de tração no fio (T_1), enquanto m_1 é mantida sobre a mesa, para a intensidade da força de tração no fio (T_2), após m_1 ser liberada, é:

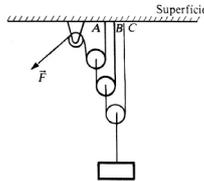


Formatado: Recuo: À esquerda: 0 cm, Deslocamento: 0,7 cm
Formatado: Não Sobrescrito/ Subscrito

- a) $\frac{1}{2}$
- b) 1
- c) 2
- d) 3
- e) 0

Formatado: Rebaixado por 8 pt
Formatado: Recuo: À esquerda: 0,7 cm

18. (Cesgranrio) Um corpo de peso P encontra-se em equilíbrio, devido à ação da força \vec{F} , como indica a figura abaixo.



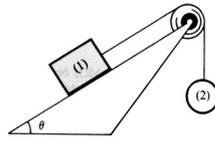
Formatado: Fonte: 5 pt

Os pontos a, B e c são pontos de contato entre os fios e a superfície. A força que a superfície exerce sobre os fios nos pontos A, B e C são respectivamente:

- a) $\frac{P}{8}, \frac{P}{4}, \frac{P}{2}$
- b) $\frac{P}{8}, \frac{P}{2}, \frac{P}{4}$
- c) $\frac{P}{2}, \frac{P}{4}, \frac{P}{8}$
- d) $P, \frac{P}{2}, \frac{P}{4}$
- e) iguais a P

Formatado: Português (Brasil)
Formatado: Português (Brasil)
Formatado: Recuo: À esquerda: 1,44 cm
Formatado: Recuo: À esquerda: 0,7 cm
Formatado: Fonte: 5 pt
Formatado: Rebaixado por 5 pt
Formatado: Rebaixado por 3 pt

19. (F.I. Uberaba MG) A figura abaixo representa o perfil de um plano inclinado no qual está fixada uma polia. O bloco (1) desliza sobre o plano inclinado e está ligado à esfera (2) por um fio inextensível. Sendo $\sin \theta = 0,5$ e a aceleração local da gravidade igual a 10 m/s^2 , qual é em m/s^2 a aceleração da esfera (2) se o bloco e a esfera têm massas iguais?

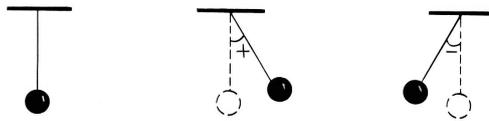


- a) zero
- b) 2,5
- c) 5,0
- d) 10
- e) 20

Formatado:
Recuo: Primeira
linha: 0,01 cm

Formatado:
Recuo: Primeira
linha: 0,01 cm

(ITA SP) Os testes de números 20 a 24 obedecem à explicação e ao código seguinte: Uma pessoa parada na plataforma de uma estação ferroviária observa que os fios de prumo ligados aos dois trens que se movem à sua frente, nos sentidos indicados, formam ângulos constantes x e y com o seu próprio fio de prumo. Os ângulos são convenicionados positivamente no sentido anti-horário, isto é:

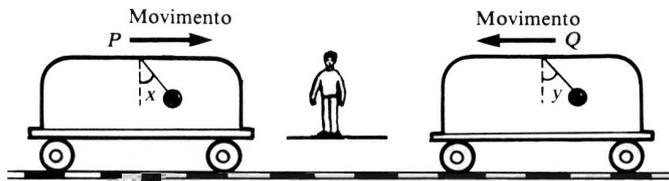


Formatado: Recuo: À esquerda: 0,69 cm

Formatado: Recuo: Primeira linha: 0 cm

Associe as propostas que se seguem com os testes:

- a) Os dois trens movem-se com velocidade constante.
- b) Os dois trens estão parando.
- c) P está parando e Q tem velocidade constante.
- d) P está parando e Q acelerando.
- e) nenhuma das anteriores.



20. $x > 0, y = 0$

Formatado: Rebaixado por 5 pt

21. $x > y > 0$

22. $x = 0, y = 0$

Formatado: Rebaixado por 3 pt

Formatado: Rebaixado por 5 pt

23. $x > 0, y < 0$

Formatado: Rebaixado por 3 pt

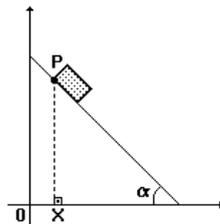
Formatado: Rebaixado por 5 pt

24. $x = 2y, y \neq 0$

Formatado: Rebaixado por 5 pt

Formatado: Rebaixado por 5 pt

25. (UFF 1997) Um bloco desliza, sem atrito, sobre um plano inclinado de um ângulo α , conforme mostra a figura a seguir.

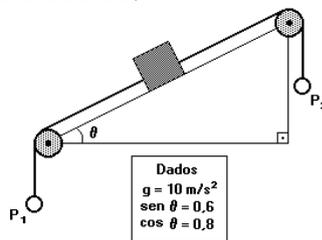


Considerando-se x a abscissa de P num instante genérico t e sabendo-se que o bloco partiu do repouso em $x=0$ e $t=0$, pode-se afirmar que :

- a) $x = 1/4 gt^2 \text{ sen } (2\alpha)$
- b) $x = 1/2 gt^2 \text{ sen } \alpha$
- c) $x = 1/4 gt^2 \text{ cos } \alpha$
- d) $x = 1/2 gt^2 \text{ cos } (2\alpha)$
- e) $x = 1/2 gt^2 \text{ sen } (2\alpha)$

Formatado:
 Recuo: À esquerda: 0,69 cm, Primeira linha: 0 cm, Espaço Depois de: 0 pt, Espaçamento entre linhas: simples

26. (Mackenzie 1997) Um bloco de 10kg repousa sozinho sobre o plano inclinado a seguir. Esse bloco se desloca para cima, quando se suspende em P , um corpo de massa superior a 13,2kg. Retirando-se o corpo de P , a maior massa que poderemos suspender em P para que o bloco continue em repouso, supondo os fios e as polias ideais, deverá ser de:



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

Formatado:
 Recuo: À esquerda: 0,69 cm

Formatado:
 Recuo: À esquerda: 0,64 cm

Formatado:
 Fonte: 8 pt

Formatado:
 Recuo: À esquerda: 0,7 cm

27. (UFRS 1997) Um objeto em forma de bloco, partindo do repouso, desliza ao longo de um plano inclinado de comprimento L , livre de qualquer atrito. Que distância percorre o bloco sobre o plano inclinado até adquirir a metade da quantidade de movimento que terá no final do plano?

- a) $L/4$
- b) $L(\sqrt{2} - 1)$

Formatado:
 Fonte: 8 pt

Formatado:
 Recuo: Primeira linha: 0 cm

Apostila ITA

c) $L/2$

e) $(3L)/4$

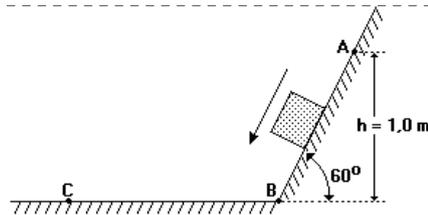
d) $L/\sqrt{2}$



Formatado: Recuo: À esquerda: 0,64 cm, Primeira linha: 0 cm

28. (Udesc 1997) Um corpo, de massa igual a 2 kg, é abandonado no ponto A do plano inclinado que aparece na figura. Depois de descer o plano, o corpo desliza pela parte plana, atingindo o repouso no ponto C. Considere a existência de atrito apenas na parte plana, sendo igual a 0,05 o respectivo coeficiente.

Dados: $\text{sen } 60^\circ = 0,87$ e $\text{cos } 60^\circ = 0,50$



Formatado:

Fonte: 8 pt

Formatado:

Fonte: 8 pt

RESPONDA ao solicitado a seguir.

- FAÇA um diagrama, mostrando claramente as forças que atuam sobre o corpo em movimento, no plano inclinado e na parte plana;
- CALCULE a intensidade da aceleração do corpo, no plano inclinado;
- CALCULE a intensidade da reação normal sobre o corpo, quando no plano inclinado;
- CALCULE a intensidade da reação normal sobre o corpo, quando na parte plana;
- Suponha que toda a energia transformada em calor pelo atrito, na parte plana, possa ser utilizada para elevar a temperatura de uma certa massa de água de 20°C para 50°C . Considere o calor específico da água igual a $4190 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$. CALCULE o valor da massa de água.

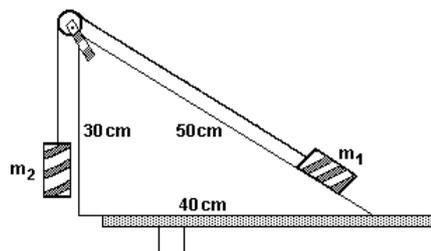
Formatado:

Fonte: 8 pt

Formatado:

Recuo: À esquerda:
0,7 cm

29. (UnB 1998) Calcule a razão m_1/m_2 das massas dos blocos para que, em qualquer posição, o sistema sem atrito representado na figura abaixo esteja sempre em equilíbrio. Multiplique o valor calculado por 10 e despreze a parte fracionária de seu resultado, caso exista.



Formatado:

Fonte: 8 pt

Formatado:

Justificado

30. (UnB 1997) Dois colegas de trabalho, discutindo alguns fenômenos que envolvem conceitos de Física, propuseram três diferentes situações, representadas na figura adiante, nas quais alguns desses conceitos aparecem. Nas três situações, um pequeno bloco de ferro, de peso igual a 10N, é elevado até uma altura de 3m e, depois, desliza, sem atrito, em três rampas diferentes.

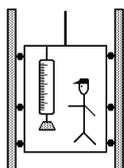


Julgue os itens a seguir, relativos a algumas conclusões surgidas no decorrer da discussão entre os colegas.

Formatado: Espaço Depois de: 0 pt

- (0) Nas três situações, o trabalho total realizado para vencer a força de atração gravitacional é de 30J.
- (1) Na situação III, o bloco apresenta aceleração crescente, embora sua velocidade diminua.
- (2) A situação II é a única na qual o bloco desliza aumentando sua velocidade, com aceleração decrescente.
- (3) Na situação I, o bloco desliza com uma aceleração constante, porém menor do que a aceleração da gravidade.

31. (Mackenzie 1996)



O esquema apresenta um elevador que se movimenta sem atrito. Preso a seu teto, encontra-se um dinamômetro que sustenta em seu extremo inferior um bloco de ferro. O bloco pesa 20N, mas o dinamômetro marca 25N. Considerando $g = 10\text{m/s}^2$, podemos afirmar que o elevador pode estar:

Formatado: Recuo: À esquerda: 0,7 cm, Primeira linha: 0 cm

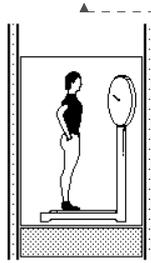
- a) em repouso.
- b) descendo com velocidade constante.
- c) descendo em queda livre.
- d) descendo com movimento acelerado de aceleração de $2,5\text{m/s}^2$.
- e) subindo com movimento acelerado de aceleração de $2,5\text{m/s}^2$.

Formatado: Não Sobrescrito/ Subscrito

Formatado: Não Sobrescrito/ Subscrito

Formatado: Não Sobrescrito/ Subscrito

32. (PUCCAMP 1997) No piso de um elevador é colocada uma balança graduada em newtons. Um menino, de massa 40kg, sobe na balança quando o elevador está descendo acelerado, com aceleração de módulo $3,0 \text{ m/s}^2$, como representa a figura a seguir.



Formatado:
Recuo: À esquerda: 0 cm,
Deslocamento: 0,7 cm

Formatado: Não Sobrescrito/ Subscrito

Formatado:
Fonte: 6 pt

Formatado:
Fonte: 6 pt

Se a aceleração da gravidade vale $9,8 \text{ m/s}^2$, a balança estará indicando, em N,

- a) 120
- b) 200
- c) 270
- d) 400
- e) 520

Formatado:
Recuo: Primeira linha: 0 cm

Formatado:
Recuo: À esquerda: 0,69 cm

Formatado:
Fonte: 6 pt

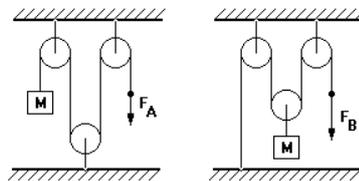
Formatado:
Rebaixado por 5 pt

Formatado:
Fonte: 6 pt

33. (Fuvest 1991) As figuras a seguir mostram dois arranjos (A e B) de polias, construídos para erguer um corpo de massa $M = 8 \text{ kg}$. Despreze as massas das polias e da corda, bem como os atritos.

Calcule as forças F_A e F_B , em newton, necessárias para manter o corpo suspenso e em repouso nos dois casos.

Adote: aceleração da gravidade $= 10 \text{ m/s}^2 = 10 \text{ m/s}^2$



Formatado:
Recuo: À esquerda: 0,7 cm, Primeira linha: 0 cm

Formatado:
Rebaixado por 5 pt

Formatado: Não Sobrescrito/ Subscrito

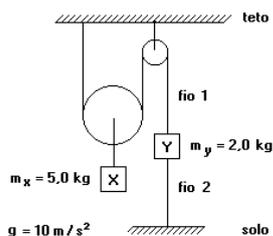
Formatado: Não Sobrescrito/ Subscrito

Formatado:
Fonte: 6 pt

Formatado:
Fonte: 6 pt

Formatado ... [1]

34.-(UEL 1997) No arranjo representado no esquema, considere as polias e os fios ideais. Considere também os valores indicados no esquema. As trações nos fios 1 e 2, em newtons, são, respectivamente:

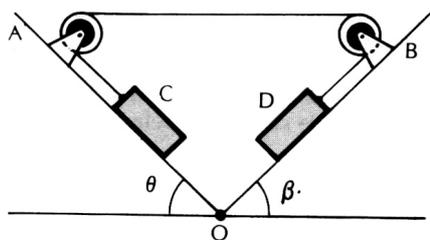


- a) - 0,50 e 2,5
- b) - 2,5 e 0,50
- c) - 5,0 e 25
- d) - 25 e 5,0
- e) - 25 e 25

Formatado: Recuo: À esquerda: 0,77 cm, Espaço Depois de: 0 pt

Formatado: Espaço Depois de: 0 pt

35. (E.E.S. CARLOS SP) Os dois planos perpendiculares entre si OB e AO podem ser fixados em qualquer posição definida pelo ângulo θ , girando em torno da aresta horizontal O. As massas de C e D são iguais a 30 kg cada e não há atritos. Considere $g = 10 \text{ m/s}^2$. Determine a tensão na corda para a posição em que os corpos têm máxima aceleração.

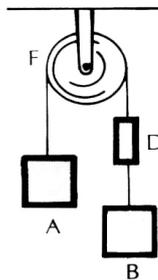


Formatado: Não Sobrescrito/ Subscrito

36. (F.M.BRAGANÇA SP) A figura representa uma polia que pode girar sem atrito em torno de seu eixo, tracionada por um fio ideal F, um dinamômetro D de massa desprezível e dois blocos de pesos

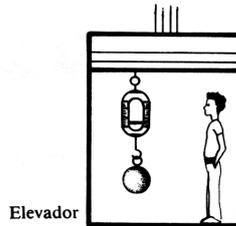
$$A = 10 \text{ N} \quad A = 10 \text{ N} \quad \text{e} \quad B = 6,6 \text{ N} \quad B = 6,6 \text{ N}$$

Considere a aceleração da gravidade igual a 10 m/s^2 e despreze a resistência do ar. Qual a indicação do dinamômetro?



- a) zero
- b) 3,4 N
- c) 10 N
- d) 6,6 N
- e) um valor diferente

37. O elevador pode estar:



- a) subindo com velocidade constante.
- b) em repouso.
- c) subindo e aumentando a velocidade.
- d) descendo com velocidade constante.
- e) descendo e aumentando a velocidade.

38. Na questão anterior, o módulo da aceleração do elevador poderia ser aproximadamente:

- a) zero
- b) 2,5 m/s^2
- c) 5,0 m/s^2

Formatado:
Rebaixado por 3 pt

Formatado:
Rebaixado por 4 pt

Formatado:
Centralizado

Formatado:
Fonte: 5 pt

Formatado:
Recuo: À esquerda:
0,01 cm, Primeira
linha: 0 cm

Formatado:
Recuo: À esquerda:
0,7 cm, Primeira
linha: 0 cm

Formatado:
Rebaixado por 3 pt

Formatado:
Centralizado

Formatado:
Recuo: À esquerda:
0,7 cm

Formatado:
Fonte: 5 pt

Formatado:
Fonte: 6 pt

Formatado:
Recuo: À esquerda:
0,7 cm

Formatado:
Recuo: À esquerda:
0,7 cm,
Espaçamento entre
linhas:
Exatamente 11 pt

Formatado:
Fonte: 5 pt

Formatado:
Condensado por
0,3 pt

Formatado ... [2]

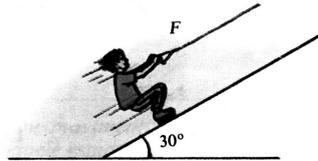
Apostila ITA

d) 10,0 m/s²

e) -nenhum desses valores

|

39. (Unicap PE) Num plano inclinado de 30° , sem atrito, um corpo é solto e leva 4,0 s para chegar à base. A distância percorrida (em metros) e a velocidade final (em m/s) valem respectivamente ($g = 10 \text{ m/s}^2$):



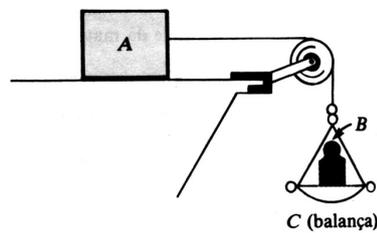
- a) 20 e 40
 b) 10 e 20
 c) 40 e 10
 d) 20 e 10
 e) 40 e 20

Formatado: Não Sobrescrito/ Subscrito

Formatado: Centralizado

Formatado: Recuo: À esquerda: 0,7 cm

40. No arranjo experimental da figura os fios e a polia têm massas desprezíveis. Despreze atritos e adote $g = 10 \text{ m/s}^2$. Os corpos têm massas $m_A = 5 \text{ kg}$, $m_B = 4 \text{ kg}$ e $m_C = 1 \text{ kg}$. O corpo C é uma balança graduada em newtons. Determine a indicação da balança.



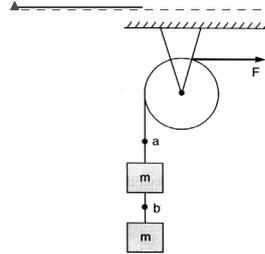
Formatado: Não Sobrescrito/ Subscrito

Formatado: Rebaixado por 5 pt

Formatado: Rebaixado por 5 pt

Formatado: Rebaixado por 5 pt

41. (UnB DF) No sistema abaixo, ~~$m = 1 \text{ kg}$~~ $m = 1 \text{ kg}$ e a força F é tal que acelera o sistema de massas com 2 ms^{-2} para cima. Considere as afirmativas abaixo, supondo que não há atrito e que as massas da roldana e da corda são desprezíveis ($g = 10 \text{ ms}^{-2}$ $g = 10 \text{ ms}^{-2}$).



Formatado: Recuo: À esquerda: 0 cm, Deslocamento: 0,7 cm

Formatado: Rebaixado por 5 pt

Formatado: Não Sobrescrito/ Subscrito

Quais os itens corretos?

Formatado: Fonte: 5 pt

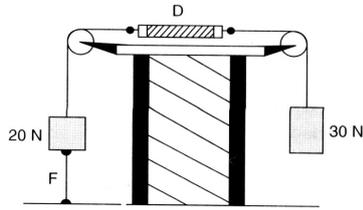
Formatado: Espaçamento entre linhas: Exatamente 10 pt

- (0) A força F vale 40 N.
- (1) A tensão no ponto **b** do fio, entre as massas, vale 12N.
- (2) A tensão no ponto **a** do fio vale 24N.
- (3) No caso de o fio ser cortado no ponto **b**, o novo sistema puxado pela força F , tem aceleração de 12 ms^{-2} .
- (4) Se o fio for cortado no ponto **b**, a tensão no ponto **a** vale 12N.

42. (Cesgranrio RJ) Dois corpos de pesos respectivamente iguais a 20 N e 30 N são mantidos em equilíbrio como mostra a figura. **D** representa um dinamômetro de massa desprezível.

Formatado: Fonte: 5 pt

Formatado: Espaçamento entre linhas: Exatamente 10 pt

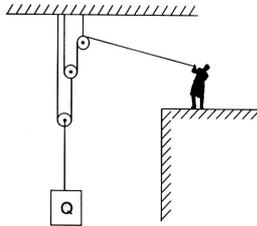


- A)- Qual a indicação do dinamômetro?
- B)- Qual a tração no fio F ?

Formatado: Recuo: À esquerda: 0,7 cm

43. (UFUB MG) Na figura abaixo, desprezando-se as forças dissipativas, o valor da carga Q para que o rapaz exerça uma força de 25 kgf ao erguê-la é:

Formatado: Fonte: 5 pt



- a) - 150 kgf.
- b) - 125 kgf.
- c) - 100 kgf.
- d) - 75 kgf.
- e) - 50 kgf.

Formatado:
Português (Brasil)

Formatado:
Português (Brasil)

Formatado:
Português (Brasil)

Formatado:
Recuo: À esquerda:
0,7 cm

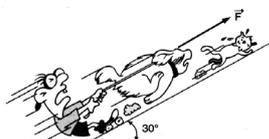
44. (FCMSC SP) Uma balança de mola é colocada em um elevador que está descendo com movimento retardado e aceleração de módulo igual a $0,2g$, onde g é o módulo da aceleração da gravidade local. Uma pessoa de massa 70 kg está sobre a balança.

Sendo $g = 10\text{ m/s}^2$, a balança indicará quantos newtons?

Formatado: Recuo: À esquerda: 0,7 cm

Enunciado dos testes 45 e 46:

- (Cesem SP) Um homem de peso igual a 600 N , apoiado em patins, é puxado para cima, por meio de uma corda, paralela ao plano inclinado. Os atritos são desprezíveis.



45. Se o movimento tem velocidade constante, a força \vec{F} aplicada para fazer o homem subir é, em módulo e em newtons, igual a:

- a) - 600
- b) - $600\sqrt{3}/2$.
- c) - 300
- d) - 450 .
- e) - n.d.a

46. O movimento do homem se faz agora com 1 m/s^2 , ascendente. A força \vec{F} é, em módulo e em newtons, igual a: (admita $g = 10\text{ m/s}^2$)

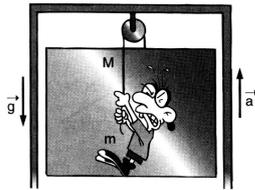
- a) - 600
- b) - 360
- c) - 1200
- d) - 300
- e) - 720

47. (Méd. Santos SP) Um homem cujo peso é de 600 N toma um elevador na metade de um edifício e pisa sobre uma balança. Quando o elevador começa a se mover, ele observa que a balança marca 720 N durante 5 segundos, a seguir marca 600 N durante 10 segundos e, finalmente, 480 N durante 5 segundos, passados os quais o elevador pára numa das extremidades do seu trajeto.

Calcule a altura aproximada do edifício.

($g = 10\text{ m/s}^2$)

48. (UFSCar SP) O sistema esquematizado compõe-se de um elevador de massa M e um homem de massa m . O elevador está suspenso a uma corda que passa por uma polia fixa e vem às mãos do operador; a corda e a roldana são supostas ideais. O operador puxa a corda e sobe com aceleração constante a , juntamente com o elevador. São supostos conhecidos M , m , a e g .

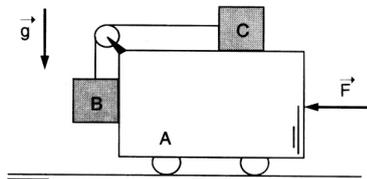


Determine a força que a plataforma exerce no operador.

49. A figura mostra a ação da força \vec{F} paralela ao plano horizontal. Desprezam-se todos os atritos. O fio e a polia são ideais. São dados:

$$G = 10 \text{ m/s}^2 \quad G = 10 \text{ m/s}^2, \quad m_A = 8 \text{ kg} \quad m_A = 8 \text{ kg},$$

$$m_B = m_C = 1 \text{ kg} \quad m_B = m_C = 1 \text{ kg}.$$



A) -Determine a intensidade de \vec{F} para que os blocos **B** e **C** não se movam em relação ao corpo **A**.

B) -E qual é a intensidade da força de inércia que atua em **C**, tomando como referencial o corpo **A**?

50. (FEI SP) Sobre um plano horizontal sem atrito, repousam, conforme a figura abaixo, dois corpos **A** e **B**. São dados: massa de $A = 30 \text{ kg}$, massa de $B = 5,0 \text{ kg}$, massas do fio e da polia desprezíveis. Que aceleração escalar se deve imprimir à polia, para que a aceleração escalar do corpo **A** seja de $2,0 \text{ m/s}^2$? Qual a intensidade da força \vec{F} ?

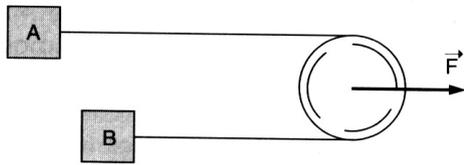
Formatado:
Recuo: À esquerda:
0,7 cm

Formatado:
Centralizado

Formatado: Não
Sobrescrito/
Subscrito

Formatado:
Rebaixado por 5 pt

Formatado:
Fonte: 6 pt



51. (ITA 1980) No sistema dinâmico representado a seguir, são desprezíveis todos os atritos e o peso do fio liga os blocos A e B. Calcular a tensão no fio, sendo m a massa de cada bloco e g a aceleração da gravidade.

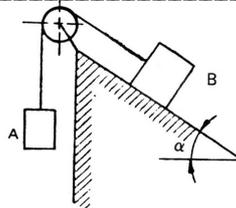
a) $T = \frac{mg}{2}(1 + \sin \alpha)$

d) $T = mg \sin \alpha$

b) $T = mg \left(\frac{1 + \sin^2 \alpha}{1 + \sin \alpha} \right)$

e) $T = mg \operatorname{tg} \alpha$

c) $T = mg$



52. (ITA 1981)

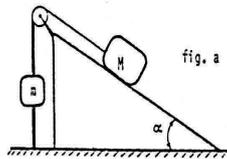


fig. a

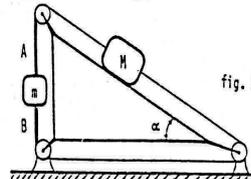


fig. b

A figura (a) representa um plano inclinado cujo ângulo de inclinação sobre o horizontal é α . Sobre ele pode deslizar, sem atrito, um corpo de massa M . O contrapeso tem massa m , e uma das extremidades do fio está fixa ao solo. Na figura (b) o plano inclinado foi suspenso, de modo a se poder ligar as massas m e M por meio de outro fio. Desprezando os atritos nos suportes dos fios, desprezando a massa dos fios e sendo dada a aceleração da gravidade g , podemos afirmar que:

a) No caso (a), a posição de equilíbrio estático do sistema ocorre se, e somente se, $M \sin \alpha = m$

b) Tanto no caso (a) como no caso (b) o equilíbrio se estabelece quando, e somente quando $M = m$

c) No caso (b), o corpo m é traçado em A por uma força $T_A = (m + M \sin \alpha) g$

d) No caso (b), a aceleração do corpo M é $g(M \sin \alpha - m) / (M + m)$ no sentido descendente

e) No caso (a), não há nenhuma posição possível de equilíbrio estático.

Formatado:
Fonte: 7 pt

Formatado:
Inglês (Estados)

Formatado:
Inglês (Estados)

Formatado:
Inglês (Estados)

Código de campo alterado

Código de campo alterado

Formatado:
Inglês (Estados)

Código de campo alterado

Formatado:
Inglês (Estados)

Código de campo alterado

Formatado:
Português (Brasil)

Formatado:
Português (Brasil)

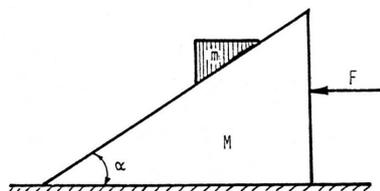
Formatado:
Fonte: 7 pt

Formatado:
Fonte: 7 pt

Formatado:
Recuo: À esquerda:
0,7 cm, Primeira
linha: 0 cm

53.— (ITA 1982) O plano inclinado da figura tem massa M e sobre ele se apóia 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 F horizontal ao plano inclinado e constata-se que o sistema todo se move horizontalmente em que o objeto deslize em relação ao plano inclinado. Podemos afirmar que, sendo g a aceleração da gravidade local:

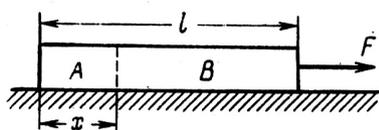
- a) $F = mg$
- b) $F = (M + m)g$
- c) F tem que ser infinitamente grande.
- d) $F = (M + m)g \operatorname{tg} \alpha$
- e) $F = Mg \operatorname{sen} \alpha$



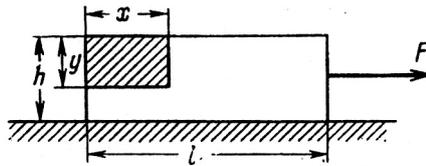
54. (ITA 1995) Um pêndulo simples no interior de um avião tem a extremidade superior do fio fixa no teto. Quando o avião está parado o pêndulo fica na posição vertical. Durante a corrida para a decolagem a aceleração a do avião foi constante e o pêndulo fez um ângulo θ com a vertical. Sendo g a aceleração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

- a) $g^2 = (1 - \sec^2 \theta)a^2$
- b) $g^2 = (a^2 + g^2) \operatorname{sen}^2 \theta$
- c) $a = g \operatorname{tg} \theta$
- d) $a = g \operatorname{sen} \theta \cos \theta$
- e) $g^2 = a^2 \operatorname{sen}^2 \theta + g^2 \cos^2 \theta$

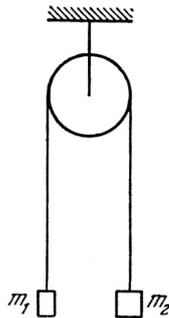
55. (Sarçeva 73) Um bloco homogêneo de massa M move-se aceleradamente sob a ação da força F numa superfície lisa. Encontrar o valor da força T , com que uma parte A do bloco, de comprimento x , atua sobre a parte B do mesmo. O comprimento do bloco é l .



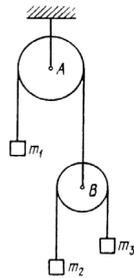
56. (Saraeva 74) Um bloco homogêneo move-se aceleradamente sob a ação da força F . A massa do bloco é M . Determinar as forças que atuam sobre a parte do bloco sombreada. As dimensões lineares mostram-se na figura. O atrito é desprezado.



57. (Saraeva 77) Um menino de massa M corre em direção à parte superior de uma tábua imóvel de massa m , que se encontra num plano inclinado com ângulo de base α . O atrito entre a tábua e o plano é desprezível. Que caminho percorreu o menino até o momento, quando a sua velocidade, que era igual a v_0 no início, diminuiu duas vezes, mantendo-se na mesma direção?
58. (Saraeva 81) Num dos pratos de uma balança encontra-se uma garrafa. Na garrafa encontra-se uma mosca. Enquanto a mosca está adormecida, os pesos estão equilibrados. Variará o equilíbrio da balança se a mosca, ao despertar-se, desprende-se da parede da garrafa e voa primeiro na direção horizontal e logo, em seguida, para cima com aceleração a ?
59. (Saraeva 82) Nos extremos de uma corda, situada numa roldana com eixo fixo, estão penduradas, a uma altura $H = 2\text{m}$ do chão, duas cargas, cujas massas são $m_1 = 100$ gramas e $m_2 = 200$ gramas (figura). No momento inicial as cargas estão em repouso. Determinar a tensão da corda, quando as cargas movem-se e o tempo no qual a carga de massa m_2 atinge o chão. A massa da roldana e da corda pode ser desprezada.



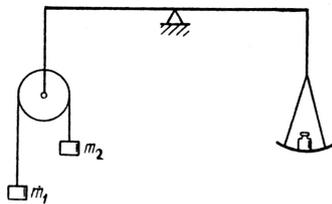
60. (Saraeva 84) Determinar as acelerações dos pesos com massas m_1, m_2, m_3 e a tensão das cordas no sistema desenhado se: $m_1 = m_2$ e $m_1 = m_2 + m_3$. As massas das cordas e roldanas são muito menores que as massas dos pesos.



Formatado: Rebaixado por 5 pt

Formatado: Não Sobrescrito/ Subscrito

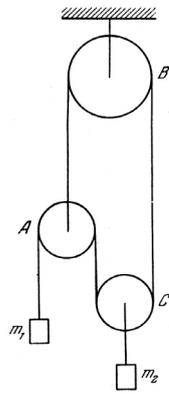
61. (Saraeva 86) Numa corda, colocada em uma roldana, penduraram-se os pesos com massas m_1 e m_2 . A roldana, estando imóvel, (os pesos não se movem), foi equilibrada numa balança como se vê na figura. Em quanto será necessário variar o peso no prato da direita, para que, ao liberar-se a roldana e conseqüentemente moverem-se os pesos, o equilíbrio se mantenha.



Formatado: Fonte: 5 pt

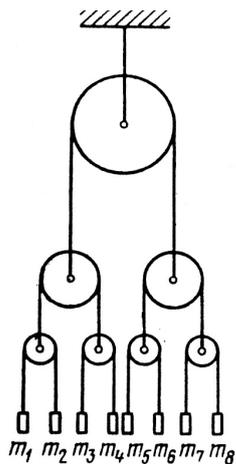
62. (Saraeva 88) Determinar a aceleração dos pesos no sistema desenhado. As massas das roldanas, da corda e a fricção podem ser desprezadas. Em que direção girarão as roldanas, quando os pesos se movem?

Formatado: Fonte: 5 pt

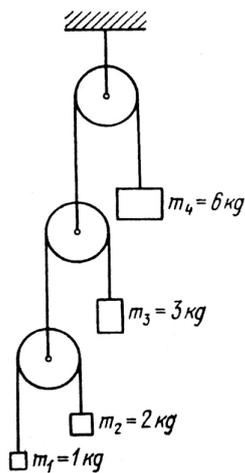


|

63. (Saraeva 89) Determinar a tensão das cordas, nas quais estão pendurados os pesos no sistema desenhado. A massa das cordas e roldanas é desprezada. Não há fricção. As massas dos pesos $m_1, m_2, m_3, m_4, m_5, m_6, m_7, m_8$ são conhecidas.

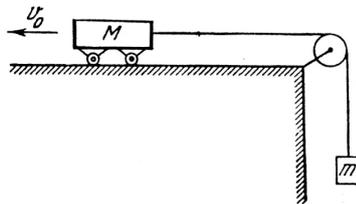


64. (Saraeva 90) Determinar a aceleração do peso de massa m_4 no sistema da figura abaixo. As massas das cordas e roldanas são desprezadas. Não há atrito. As massas m_1, m_2, m_3, m_4 estão dadas na figura.

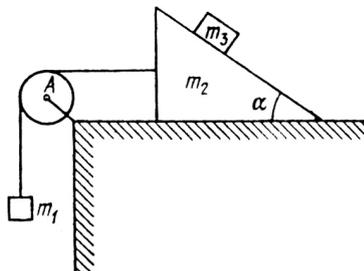


65. (Saraeva 91) Uma carreta de massa ~~$M = 500$~~ $M = 500$ gramas está unida por uma corda a uma carga de massa $m = 200$ gramas. No momento inicial a carreta tinha velocidade inicial ~~$v_0 = 7\text{ m/s}$~~ $v_0 = 7\text{ m/s}$ e se movia para a esquerda num plano horizontal. Determinar: a grandeza e direção da velocidade da carreta, o lugar onde encontrar-se-á e o caminho percorrido por ela, decorrido $t = 5$ segundos.

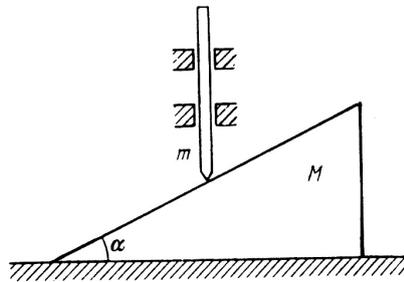
Formatado:
Rebaixado por 5 pt



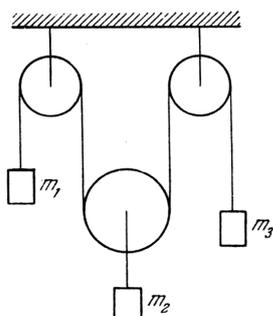
66. (Saraeva 92) Determinar a aceleração dos corpos de massas m_1 , m_2 e m_3 , para o sistema mecânico representado na figura abaixo. Não existe atrito entre as superfícies que se tangenciam. As massas da roldana A e da corda podem ser desprezadas.



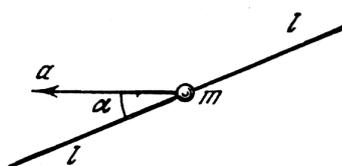
67. (Saraeva 93) Uma barra pode mover-se sem atrito tanto para baixo como para cima, entre dois suportes fixos. A massa da barra é igual a m . O extremo inferior da barra toca a superfície lisa de uma cunha de massa M . A cunha está situada sobre uma mesa horizontal lisa. Determinar a aceleração da cunha e da barra.



68. (Saraeva 76) Um bloco de massa m está no chão de um elevador. O elevador move-se com aceleração a para baixo. Determinar a força, com que o bloco atua sobre o chão de elevador. Para qual aceleração do elevador as deformações do bloco desaparecem? Com que força o bloco atua sobre o chão do elevador, se mesmo começa a mover-se com aceleração a para cima?
69. (Saraeva 87) Um sistema consiste de duas roldanas com eixos fixos e uma roldana móvel. Através das roldanas colocou-se uma corda nos extremos da qual foram pendurados os pesos com massas m_1 e m_3 e no eixo da roldana móvel pendurou-se um peso de massa m_2 . As partes da corda, que não se encontram na roldana, estão situadas na posição vertical. Determinar a aceleração de cada um dos pesos se as massas das roldanas e da corda e também a fricção podem ser desprezadas.



70. (Saraeva 94) Numa barra de comprimento 2ℓ foi colocada uma conta de massa m . A conta pode deslocar-se pela barra em fricção. No momento inicial a conta encontrava-se no meio da barra. A barra move-se progressivamente num plano horizontal com aceleração a numa direção que faz um ângulo α com a mesma.



- A) Determinar a aceleração da conta relativamente à barra
 B) A força de reação da barra sobre a conta
 C) O tempo em que a conta deixa a barra.

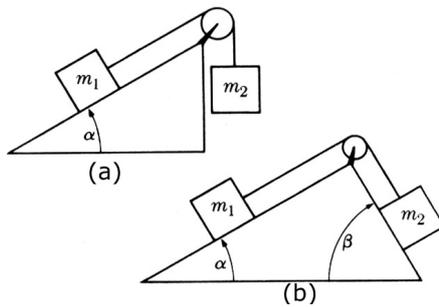
Formatado:
 Recuo: À esquerda:
 0,63 cm

71. (Alonso & Finn) Determine a aceleração com a qual os corpos, nas figuras (a) e (b) abaixo, movem-se e também as tensões nos fios. Admita que os corpos deslizam sem atrito. Resolva os problemas de uma maneira geral, inicialmente, e, em seguida, aplique ao caso $m_1 = 200\text{ g}$, $m_2 = 180\text{ g}$. $\alpha = 30^\circ$, $\beta = 60^\circ$.

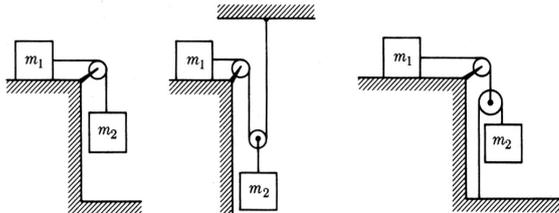
Formatado: Recuo: À esquerda: 0 cm, Deslocamento: 0,7 cm

Formatado: Rebaixado por 5 pt

Formatado: Rebaixado por 5 pt



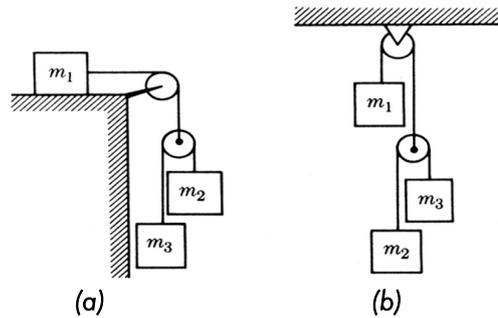
72. (Alonso & Finn) Calcule a aceleração dos corpos m_1 e m_2 e a tensão nos fios, em cada uma das situações diferentes. Despreze os atritos e as massas das polias. Qual dispositivo pode dar m_1 uma aceleração maior do que a de queda livre? Resolva, de início, algebricamente e, em seguida, aplique ao caso $m_1 = 4\text{ kg}$, $m_2 = 6\text{ kg}$.



73. (Alonso & Finn) Mostre, na figura abaixo, que as acelerações dos corpos, com $P = g/(m_1 m_2 + m_1 m_3 + 4m_2 m_3)$, são

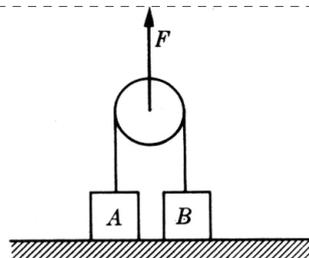
(a) $a_1 = 4m_2 m_3 P$, $a_2 = (m_1 m_3 - m_1 m_2 - 4m_2 m_3) P$, $a_3 = (m_1 m_3 - m_1 m_2 + 4m_2 m_3) P$;

(b) $a_1 = (4m_2 m_3 - m_1 m_2 - m_1 m_3) P$, $a_2 = (3m_1 m_3 - m_1 m_2 + 4m_2 m_3) P$, $a_3 = (m_1 m_3 - 3m_1 m_2 + 4m_2 m_3) P$.



- Formatado:**
Recuo: À esquerda:
1,4 cm
- Formatado:**
Recuo: À esquerda:
0,7 cm
- Formatado:**
Rebaixado por 5 pt
- Formatado:**
Recuo: À esquerda:
1,4 cm
- Formatado:**
Rebaixado por 6 pt
- Formatado:**
Rebaixado por 6 pt
- Formatado:**
Recuo: À esquerda:
0,7 cm
- Formatado:**
Recuo: À esquerda:
1,4 cm
- Formatado:**
Rebaixado por 6 pt
- Formatado:**
Rebaixado por 6 pt
- Formatado:**
Fonte: 5 pt

74. (Alonso & Finn) Na figura abaixo, as massas de A e B são 3 e 1 kg, respectivamente. Se uma força $F = 5t^2$ N para cima é aplicada na polia, calcule as acelerações de A e B como funções do tempo. O que acontece após B alcançar a polia?



- Formatado:**
Fonte: 5 pt
- Formatado:**
Fonte: 5 pt

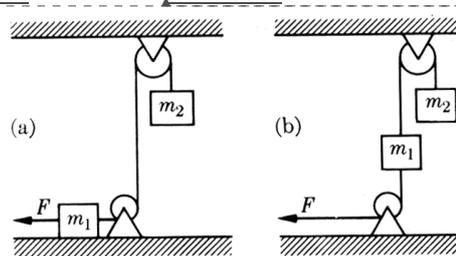
75. (Alonso & Finn) Um elevador com 250 kg de massa leva 3 pessoas cujas massas são 60 kg, 80 kg, e 100 kg, e a força exercida pelo motor é de 5000 N. Com que

Apostila ITA

aceleração o elevador deve subir? Partindo do repouso, até que altura terá subido em 5 s?

|

76. (Alonso & Finn) Suponha que o homem de 100 kg do problema anterior esteja sobre uma balança. Qual é o seu "peso" quando o elevador acelera?
77. (Alonso & Finn) Um elevador vazio cuja massa é 5 000 kg desce com aceleração constante. Partindo do repouso, ele percorre 30 m durante os primeiros 10s. Calcule a tensão no cabo que puxa o elevador.
78. (Alonso & Finn) Um homem cuja massa é de 90 kg está num elevador. Determine a força que o piso exerce sobre o homem quando:
- o elevador sobe com velocidade constante
 - o elevador desce com velocidade constante
 - o elevador sobe com aceleração de $3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$
 - o elevador desce com aceleração de $3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$
 - o cabo parte e o elevador cai livremente.
79. (Alonso & Finn) Calcule as acelerações dos corpos na figura abaixo e a tensão no fio. Apresente, inicialmente, uma solução algébrica, e, em seguida, aplique a caso $m_1 = 50\text{g}$, $m_2 = 80\text{g}$, e $F = 105 \text{ dyn}$

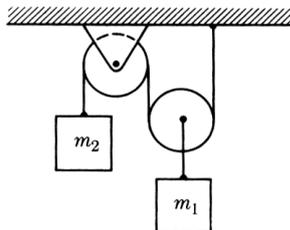


Formatado:
Rebaixado por 5 pt

Formatado:
Rebaixado por 5 pt

Formatado:
Rebaixado por 5 pt

80. (Alonso & Finn) Na figura abaixo, os corpos estão ligados por um fio conforme indicado. Admitindo que as polias sejam lisas, calcule a aceleração dos corpos e a tensão no fio. Apresente, primeiro uma solução algébrica e, em seguida, aplique ao caso $m_1 = 8\text{kg}$, $m_2 = 2\text{kg}$



Gabarito

01. A) 348 N B) 300 N

02. A) 0,40 m/s² B) 1,60N e 1,84 N C) 2,0 N e 2,0 N

03. 80 N e 60 N

04. ...

05. 32 N;

06. Princípio da Inércia ou Primeira Lei de Newton: um corpo , livre da ação de forças, tende a manter constante sua velocidade vetorial.

07. A) 2,5 m/s²; B) 150 N; C) 125 N

08. A) 2 m/s², B) 6 N.

09. A) Nenhum B) $\alpha = g$ (gravidade)

10. 2,5 m/s²;

11. A) $\alpha = \beta = 0$; B) $\alpha = 0$; $\beta = 5 \text{ m/s}^2$

 C) $\alpha = 5 \text{ m/s}^2$; $\beta = 15 \text{ m/s}^2$

12. $N = (m - M) \cdot \frac{(g + a)}{2}$

13. $\cong 9 \text{ N}$;

14. 400 N;

15. c;

16. b;

17. c;

18. α ;

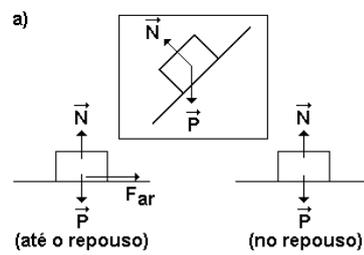
19. b;

20. c;

21. d;

22. α ;

- 23. b;
- 24. e;
- 25. a;
- 26. a;
- 27. a;
- 28.



- B) $a = 8,7 \text{ m/s}^2$
- C) $N = 10 \text{ N}$
- D) $N = 20 \text{ N}$
- E) $m = 0,16g$
- 29. $m_1/m_2 = 1,66$
Resposta = 16
- 30. Itens corretos: 0, 2 e 3;
Item errado: 1.
- 31. e;
- 32. c;
- 33. $F_A = 80\text{N}$
 $F_B = 40\text{N}$
- 34. d;
- 35. 150 N;
- 36. e;
- 37. c;

Apostila ITA

38. b;

39. e;

40. 20 N;

41. 1 e 2;

42. A) 30 N B) 10 N

43. c;

44. 840 N;

45. c;

46. b;

47. 30 m;

48. $\frac{(m-M)(g+a)}{2}$

49. A) 100 N B) 10 N

50. 7,0 m/s² e 1,2 · 10²N;

51. a;

52. d;

53. d;

54. c;

55. $T = \frac{Fx}{l}$;

56. $T = F \frac{xy}{lh}$, age na direção horizontal à direita. $N = M \frac{xyz}{lh}$ age verticalmente para cima.

57. $S = \frac{3Mv_0^2}{8(M+m)g \sin \alpha}$;

58. Sim, o prato da balança abaixará. $F = ma + mg$;

59. $T = m_1(a+g) = 1,3 \text{ N}$; $t = \sqrt{\frac{2H}{a}} \approx 1\text{s}$;

$$60. a_1 = \frac{(m_2 - m_3)^2}{(m_2^2 + m_3^2 + 6m_2m_3)} g;$$

$$a_2 = \frac{m_1^2 - 4m_2^2}{m_1^2 + 4m_2m_3} g;$$

$$a_3 = \frac{m_1^2 - 4m_3^2}{m_1^2 + 4m_2m_3} g;$$

$$T = T_1 = 2T_2 = 2T_3 \text{ sendo } T = \frac{8m_1m_2m_3}{m_1^2 + 4m_2m_3} g;$$

$$61. \text{ É preciso tirar do prato um peso de valor } P = \frac{(m_1 - m_2)^2}{m_1 + m_2} g ;$$

62. $a_1 = a_2 = g$, as roldanas B e C giram no sentido anti-horário, enquanto que a A gira no sentido horário.

63. As tensões de todas as cordas são as mesmas e valem:

$$T = \frac{8g}{\sum_{i=1}^8 (1/m_i)}$$

$$64. a_4 = g/33 \approx 0,3 \text{ m/s}^2$$

65. Após 5 s a carreta terá uma velocidade de valor $v = 7 \text{ m/s}$, dirigida à direita. Ela se encontrará no mesmo local de partida e terá percorrido um espaço de 17,5 m.

$$66. a_1 = a_2 = \frac{m_1 + m_3 \operatorname{sen} \alpha \cdot \cos \alpha}{m_1 + m_2 + m_3 \operatorname{sen}^2 \alpha} g \text{ e,}$$

$$a_{3y} = \frac{m_1 \operatorname{sen} \alpha \cdot \cos \alpha + (m_1 + m_2 + m_3) \operatorname{sen}^2 \alpha}{m_1 + m_2 + m_3 \operatorname{sen}^2 \alpha} g$$

$$a_{3x} = \frac{(m_1 + m_2) \operatorname{sen} \alpha \cdot \cos \alpha - m_1 \operatorname{sen}^2 \alpha}{m_1 + m_2 + m_3 \operatorname{sen}^2 \alpha} g$$

$$67. \text{ aceleração da barra } = \frac{m g^2 \alpha}{M + m g^2 \alpha} g$$

$$\text{aceleração da cunha} = \frac{m \operatorname{tg} \alpha}{M + m \operatorname{tg}^2 \alpha} g$$

68. $N = m(g-a)$; $N = 0$; $N = m(g+a)$;

69. $a_1 = \frac{4m_1 m_3 - 3m_2 m_3 + m_1 m_2}{4m_1 m_3 + m_2 m_3 + m_1 m_2} g$

$$a_2 = \frac{m_1 m_2 - 4m_1 m_3 + m_2 m_3}{4m_1 m_3 + m_2 m_3 + m_1 m_2} g$$

$$a_3 = \frac{4m_1 m_3 - 3m_1 m_2 + m_2 m_3}{4m_1 m_3 + m_2 m_3 + m_1 m_2} g$$

70. A) $w = a \cos \alpha$ B) $N = m a \operatorname{sen} \alpha$ C) $T = \sqrt{\frac{2l}{a \cos \alpha}}$

71. Para (a):

$$a = \frac{g(m_1 \operatorname{sen} \alpha - m_2)}{m_1 + m_2}, T = m_2(a+g); -2,06 \text{ m.s}^{-2}, 1,39 \cdot 10^5 \text{ dyn};$$

Para (b):

$$a = \frac{g(m_1 \operatorname{sen} \alpha - m_2 \operatorname{sen} \beta)}{m_1 + m_2}, T = m_2(a+g \operatorname{sen} \beta);$$

$$-144 \text{ cm.s}^{-2}, 1,50 \cdot 10^5 \text{ dyn}$$

72.

74.

75.

76. 116,3 kgf (1139N);

77.

78. A) 882 N; B) 882N; C) 1 152 N;

D) 612N E) 0 N

79. A) $(F - m_2 g) / (m_1 + m_2)$, $T = m_2 (a + g)$;

$$166 \text{ cm.s}^{-2}; 9,17 \times 10^4 \text{ dyn}$$

B) $a = [F + (m_1 - m_2)g] / (m_1 + m_2)$, $T = m_2(a+g)$; 543 cm.s^{-2}

80.

Página 82: [1] Formatado	joaopaulo	18/03/2011 10:59:00
---------------------------------	------------------	----------------------------

Justificado, Recuo: À esquerda: 0 cm, Deslocamento: 0,7 cm, Espaço Depois de: 0 pt

Página 84: [2] Formatado	joaopaulo	18/03/2011 11:02:00
---------------------------------	------------------	----------------------------

Recuo: À esquerda: 0,7 cm

Coleção **olimpo**

IME ITA

