

Gabarito das aulas 1 a 21

Aula 2 - A culpa é da barreira!

1. São grandezas físicas: **calor, energia, trabalho, temperatura, força e aceleração**. Não são grandezas físicas: **cansaço, rapidez, curiosidade, honestidade, pontualidade e coragem**.

Observação: As palavras **calor, energia, trabalho e força** denominam grandezas físicas, mas são utilizadas também no cotidiano com diferentes significados. Portanto, podem ser ou não grandezas físicas, dependendo do sentido que cada um dá ao termo.

2. I- **a)** 0,03m; **b)** 0,0025 m; **c)** 800 m; **d)** 0,36576 m; **e)** 0,1143 m; **f)** 18,288 m; **g)** 804.500 m.
II- **a)** 5.000 mm; **b)** 400 mm; **c)** 300 cm; **d)** 120 cm; **e)** 0,150 km; **f)** 180 km.
III- **a)** 0,012 kg; **b)** 20.000 kg; **c)** 22,7 kg.
IV- **a)** 700 g; **b)** 8.200 g; **c)** 0,300 t; **d)** 630 t.
V- **a)** 90 s; **b)** 8.100 s; **c)** 19.333 s.
VI- **a)** 0,5m³; **b)** 69.000 cm³.
3. **a)** 76,2 mm; **b)** 172,72 mm; **c)** 6,35 mm; **d)** 7,9375 mm.
4. Não, porque a unidade de velocidade é km/h e não km. Na placa deveria estar escrito: "velocidade máxima 80 km/h".
5. 38,43 mm.
6. 3,78432 X 10¹⁸m ou 3.784.320.000.000.000.000 m.

Aula 3 - Bola pra frente!

1. O deslocamento do carro foi de 160 km e o tempo gasto para isso foi 2 h.

$$v_{\text{média}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{160 \text{ km}}{2 \text{ h}} = 80 \text{ km/h}$$

O deslocamento pode ser escrito: então, $\Delta x = v_{\text{média}} \cdot \Delta t$, então, em 4 horas o deslocamento será:

$$\Delta x = 80 \cdot 4 = 320 \text{ Km}$$

Por outro lado, $\Delta t = \frac{\Delta x}{v_{\text{média}}}$. então, para um deslocamento de 400 km, o tempo gasto será:

$$\Delta t = \frac{400 \text{ km}}{80 \text{ km/h}} = 5 \text{ h}$$

2. O gráfico mostra que a posição no instante zero vale 60 m. Por outro lado, no instante $t = 6$ s, vale 120 m. Então, a velocidade média vai ser:

$$v_{\text{média}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{120 \text{ m} - 60 \text{ m}}{6 \text{ s} - 0 \text{ s}} = \frac{60 \text{ m}}{6 \text{ s}} = 10 \text{ m/s}$$

então a função horária da posição será: $x = 60 + 10 \cdot t$

- Fazendo-se $t = 10$ s, teremos, na função horária:
 $x = 60 + 10 \cdot 10 = 160 \text{ m}$
- Fazendo-se $x = 180$ m, teremos, na função horária:
 $180 = 60 + 10 \cdot t$
 $180 - 60 = 10 \cdot t$
 $120 = 10 \cdot t$
 $t = 12 \text{ s}$

3. A velocidade é dada diretamente no gráfico 10 cm/s. A área do retângulo nos fornece o deslocamento.

$$\text{Área} = (\text{base}) \cdot (\text{altura}) = (20 \text{ s} - 4 \text{ s}) \cdot 10 \text{ cm/s} = 16 \text{ s} \cdot 10 \text{ cm/s} = 160 \text{ cm}$$

4. Para determinarmos a função horária, precisamos, inicialmente, calcular a velocidade média. Escolhendo-se os instantes $t = 2$ s, e $t = 4$ s, teremos:

$$v = v_{\text{média}} = \frac{25 \text{ m} - 15 \text{ m}}{4 \text{ s} - 2 \text{ s}} = \frac{10 \text{ m}}{2 \text{ s}} = 5 \text{ m/s}$$

Nesse caso, a Tabela 7 não nos fornece, diretamente, o valor da posição no instante $t = 0$, ou seja x_0 . Porém, podemos usar, mais uma vez, a definição de velocidade média e fazer:

$$v_{\text{média}} = \frac{20 - x_0}{3 - 0} = 5$$

$$20 - x_0 = 15$$

$$-x_0 = 15 - 20$$

$$x_0 = 5$$

Então a função horária vai ficar: $x = 5 + 10 \cdot t$

No instante $t = 12$ s, teremos: $x = 5 + 10 \cdot 12 = 125 \text{ m}$

Para a posição $x = 80$ m, teremos:

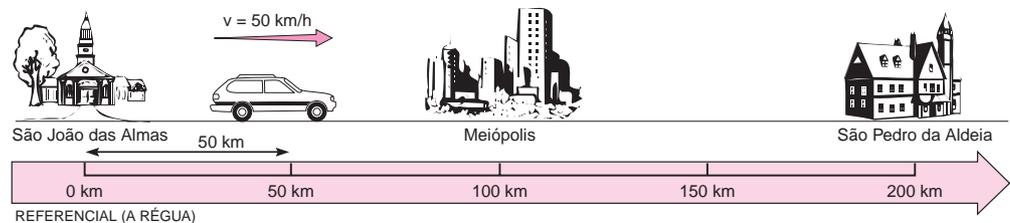
$$80 = 5 + 10 \cdot t$$

$$80 - 5 = 10 \cdot t$$

$$75 = 10 \cdot t$$

$$t = 7,5 \text{ s}$$

5.



Usando o referencial que apresentado na Figura 19, podemos ver que:

$$x_0 = 50 \text{ km} \text{ e } v = 50 \text{ km/h}$$

Então, a função horária vai ser: $x = 50 + 50 t$

Como Meiópolis está na posição $x = 100$ km, teremos: $100 = 50 + 50 \cdot t$

$$100 - 50 = 50 \cdot t$$

$$50 = 50 \cdot t$$

$$t = 1 \text{ h}$$

Por outro lado, São Pedro está na posição $x = 200$ km, então,
 $200 = 50 + 50 \cdot t$
 $200 - 50 = 50 \cdot t$
 $150 = 50 \cdot t$
 $t = 3$ h
 Vai chegar depois de 3 horas.

Aula 4 - Acelera Brasil!

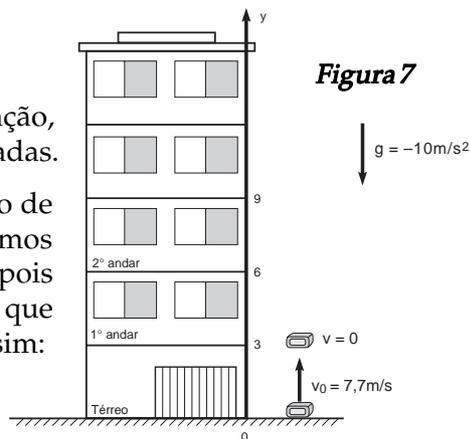
- Para os dois veículos, o gráfico a X t é uma reta, paralela ao eixo do tempo, para o Duna ela corta o eixo da aceleração no valor $a = 2 \text{ m/s}^2$ e para o Copa no valor $a = 3 \text{ m/s}^2$
- A posição inicial pode ser obtida substituindo-se o tempo (t), por zero na função horária da posição. Ou basta lembrar que o termo que independe de t, nessa função, é o valor inicial da posição, e vale portanto 100 m.
 $x = 100 + 2 \cdot (0) + 2 \cdot 0^2 \rightarrow x = 100$ m
 - A velocidade inicial do trem é 20 m/s. Basta lembrar que v_0 é o número que multiplica o t.
 - A aceleração também pode ser obtida diretamente da equação: ela é duas vezes o valor que multiplica o t^2 . Assim $a = 4 \text{ m/s}^2$.
 - Para saber a posição do trem num instante qualquer, basta substituir o valor de t na equação, portanto para $t = 45 \rightarrow x = 212$ m.
- A função horária da posição é em geral escrita como: $v = v_0 + at$. Nesse problema, o valor de $v_0 = 20 \text{ m/s}$ e $a = 4 \text{ m/s}^2$. Portanto a função será: $v = 20 + 4t$ no instante $t = 5$ s e a velocidade será $v = 40 \text{ m/s}$.
- É fácil verificar que a velocidade varia, pois em $t = 0\text{s} \rightarrow v = 1 \text{ m/s}$ e em $t=10\text{s} \rightarrow v = 21 \text{ m/s}$.
 Deve-se também observar que o gráfico $v \times t$ é uma *reta*, o que indica que a velocidade varia sempre da mesma forma, tratando-se pois de um movimento retilíneo uniformemente variado (MRUV).
 - $v_0 = 1 \text{ m/s}$
 - basta calcular $\frac{DV}{Dt}$, obtendo o valor $a = 2 \text{ m/s}^2$
 - $v = 1 + 2t$.
- $x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} at^2$ isto é, $x = 100 + 1t + 1t^2$
 - Basta substituir na equação horária das posições o t por 5, obtendo assim $x = 130$ m.

Aula 5 - Tudo que sobe, desce

1. Inicialmente fazemos um esboço da situação, definindo referencial e sistema de coordenadas.

A pergunta do problema é "Qual é o tempo de subida do tijolo?". Com o esboço, podemos construir a equação horária do movimento, pois sabemos a posição inicial do tijolo e o tempo que ele leva para chegar ao primeiro andar. Assim:

$$y = y_0 + v_0 t + \frac{1}{2} gt^2$$



substituindo essas informações na equação de posição:

$$3 = 0 + 7,7 t - 5t^2$$

o tempo de subida será:

$$t \cong 0,77 \text{ s}$$

É possível resolver o mesmo problema, usando a função horária da velocidade:

$$v = v_0 + at$$

$$0 = 7,75 - 10t$$

$$t \cong 0,77 \text{ s}$$

2. Inicialmente, fazemos um esboço da situação, definindo referencial e sistema de coordenadas (ver figura).

São conhecidas a velocidade inicial, a aceleração (g), a posição inicial e final do ovo. A primeira função que usa diretamente a velocidade no MRUV é a função horária da velocidade.

$$v = v_0 + at$$

usando nossa informação

e o referencial definido no esboço

$$v = 0 + 10t$$

Com essa expressão, não é possível obter o valor da velocidade, pois não é conhecido o tempo de queda do ovo. Então é preciso calculá-lo, usando a função horária da posição:

$$y = y_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} gt^2$$

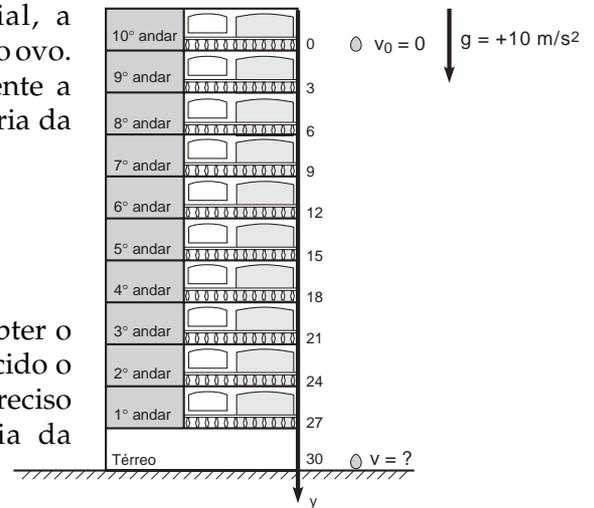
$$\text{usando nossa informação: } 30 = 0 + 0 + 5t^2$$

Assim podemos calcular o tempo de queda: $t @ 2,5 \text{ s}$

Com esse valor voltamos à função horária da velocidade e calculamos a velocidade final do ovo:

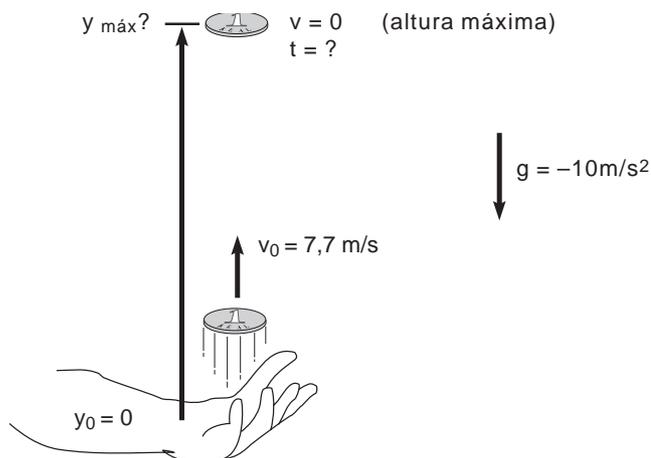
$$v = 10 \cdot 2,5 = 25 \text{ m/s}$$

Que seria uma velocidade bastante alta, podendo causar um sério acidente.



3. Inicialmente, faremos um esboço da situação, definindo referencial e sistema de coordenadas (ver figura).

Figura 9



Neste problema, pede-se a altura máxima da moeda e o tempo de subida e descida. Sabemos o valor da velocidade inicial (v_0) e da aceleração (g).

Para obter a altura máxima, usamos a função horária da posição:

$$y = y_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} g t^2$$

que se transforma em

$$y = 0 + 10t - 5t^2$$

Mais uma vez, para descobrirmos a altura máxima, precisamos do tempo que a moeda demorou para chegar lá. Para isso, usamos uma informação que não foi dita no problema, mas que é fundamental ter na memória: **a velocidade no ponto mais alto é zero**. Com esta informação podemos usar a função horária da velocidade:

$$v = v_0 + at$$

$$\text{ou seja, } 0 = 10 - 10t$$

que nos dá o tempo de subida da moeda

$$t = 1 \text{ s}$$

Com essa informação, podemos voltar à equação horária da posição e calcular a altura máxima:

$$y_{\max} = 10(1) - 5(1)^2 = 5 \text{ m}$$

Para descobrirmos o tempo total de subida e descida, lembramos que tudo o que sobe desce e no mesmo tempo. Então temos mais uma informação que sempre precisamos lembrar: que o tempo de subida é igual ao tempo de descida, ou seja, o tempo total de subida e descida será $t \cong 2 \text{ s}$

Podemos mostrar isso usando a própria equação horária da posição:

$$0 = 0 + 10t - 5t^2$$

$$t = 2 \text{ s}$$

4. Quem cairá primeiro: o ovo ou a galinha? Aqui é necessário saber se a resistência do ar é desprezível ou não; se não for desprezível, obviamente a galinha baterá suas asas, o que amortecerá sua queda, enquanto que o ovo cairá quase em queda livre. Mas, se a resistência do ar for desprezível, ou seja, se Ernesto estiver na Lua, onde não há atmosfera, certamente o ovo e a galinha teriam caído juntos. Essa é uma típica experiência muito rara de ser observada.

Aula 6 - Empurra e puxa

1. Quando penduramos dois ovos na mola, estamos exercendo, aproximadamente, uma força de 1 newton na mesma. Nessa situação, a deformação vale 2 cm.

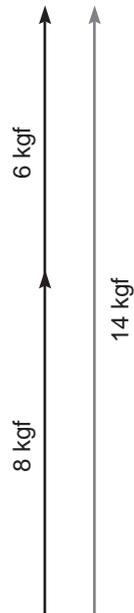
a) Temos: $k = \frac{F}{\Delta x} \Rightarrow k = \frac{1 \text{ newton}}{2 \text{ cm}} = 0,5 \text{ N/cm}$

b) $\Delta x = \frac{F}{k} = \frac{12 \text{ newtons}}{0,5 \text{ N/cm}} = 24 \text{ cm}$

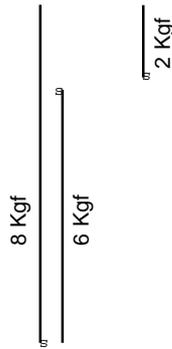
c) $F = k \cdot \Delta x = 0,5 \cdot 24 = 12 \text{ N}$

2.

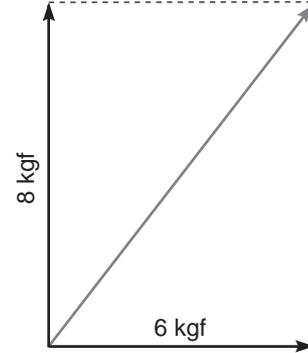
a)



b)

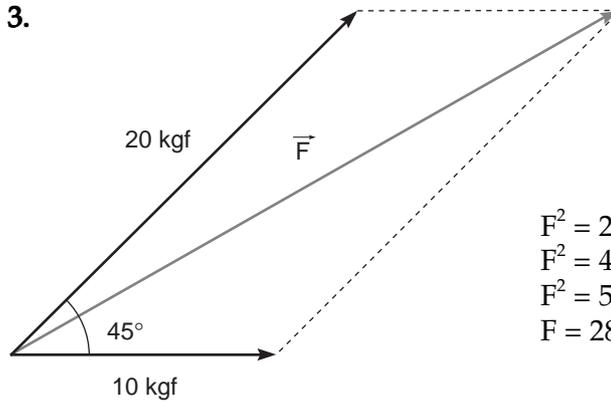


c)



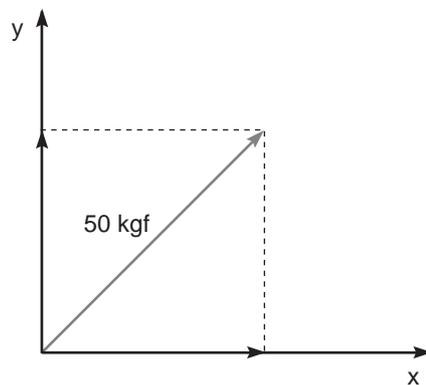
$$F^2 = 8^2 + 6^2$$
$$F^2 = 64 + 36 = 100$$
$$F = 10 \text{ Kgf}$$

3.



$$F^2 = 20^2 + 10^2 + 2 \cdot 20 \cdot 10 \cdot \cos 45^\circ$$
$$F^2 = 400 + 100 + 400 \cdot 0,71$$
$$F^2 = 500 + 284$$
$$F = 28 \text{ kgf}$$

4.



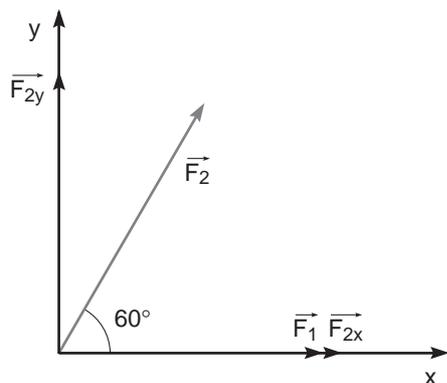
$$F_x = F \cdot \cos 45^\circ = 50 \cdot 0,71 = 35,5 \text{ Kgf}$$
$$F_y = F \cdot \sin 45^\circ = 50 \cdot 0,71 = 35,5 \text{ Kgf}$$

5.

a)

$$F^2 = 30^2 + 50^2 + 2 \cdot 30 \cdot 50 \cdot (0,5)$$
$$F^2 = 900 + 2.500 + 1.500 = 4.900$$
$$F = 70 \text{ kgf}$$

b) Vamos colocar a força \vec{F}_1 no eixo dos X.



$$F_{1X} = F_1 \quad F_{1Y} = 0$$

$$F_{2X} = F_2 \cdot \cos 60^\circ = 50 \cdot 0,5 = 25 \text{ kgf}$$

$$F_{2Y} = F_2 \cdot \sin 60^\circ = 50 \cdot 0,87 = 43,3 \text{ kgf}$$

$$F_X = F_{1X} + F_{2X} = 30 + 25 = 55 \text{ kgf}$$

$$F_Y = F_{1Y} + F_{2Y} = 0 + 43,3 = 43,3 \text{ kgf}$$

$$F_2 = F_X^2 + F_Y^2 = (55)^2 + (43,3)^2 \approx 4.900$$

$$F = 70 \text{ kgf}$$

Aula 7 - Um momento, por favor

1. Chamando-se de M_1 o momento da força quando ela é aplicada no ponto situado a 15 cm do centro da porca e de M_2 o momento quando a distância é 45 cm, teremos:

$$M_1 = 100 \text{ N} \cdot 0,15 \text{ m} = 15 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_2 = 100 \text{ N} \cdot 0,45 \text{ m} = 45 \text{ N} \cdot \text{m}$$

2. $M_F = F \cdot d \cdot \sin 30^\circ$

$$M_F = 60 \text{ N} \cdot 0,5 \text{ m} \cdot 0,5$$

$$M_F = 15 \text{ N} \cdot \text{m}$$

3. Como a caixa tem uma massa de 8 kg, seu peso é 8 kgf. Uma vez que o peso da barra é desprezível, as duas únicas forças que irão agir serão o peso da caixa e a força \vec{F} . Para haver equilíbrio, a soma dos momentos dessas forças com relação a um ponto (por exemplo o ponto onde a barra se apoia no suporte), deve ser nula. Então, chamando-se de M_C o momento do peso da caixa, e de M_F o momento da força \vec{F} , e admitindo que o sentido horário é o positivo, ficaremos com:

$$M_C - M_F = 0$$

ou então,

$$M_C = M_F$$

$$8 \text{ kgf} \cdot 0,2 \text{ m} = F \cdot 1 \text{ m}$$

$$F = \frac{8 \text{ kgf} \times 0,2 \text{ m}}{1 \text{ m}} = 1,6 \text{ kgf}$$

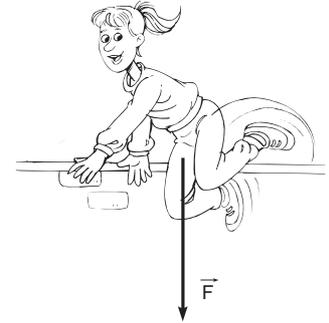
Dessa maneira, vê-se que precisamos apenas de uma força de 1,6 kgf, do outro lado da barra. Isso corresponderia a colocar, naquela extremidade, um bloco de massa igual a 1,6 kg.

Aula 8 - Eu tenho a força! Será?

1. Temos a impressão de que somos jogados para frente porque, quando o ônibus freia, se não estivermos nos segurando em alguma parte, não teremos “motivo” para parar, ou seja, continuaremos nosso movimento anterior, devido à propriedade de inércia. É fundamental que estejamos nos segurando em alguma parte do ônibus para que sejamos desacelerados junto com ele.
2. Para calcular a força-peso, ou seja, a força de atração que a Terra faz sobre a menina, usamos a Segunda Lei de Newton:

$$F_{\text{atração}} = ma = 45 \times 10 = 450 \text{ N}$$

que corresponde valor da força Peso.

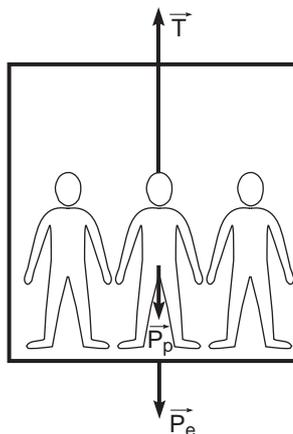


3. Quando empurramos um carro, sabemos que ele também exerce em nós, uma força igual, mas de sentido contrário. O carro anda para frente porque nós estamos fazendo uma força no solo e esse faz uma força de mesma intensidade e sentido contrário em nós. Essa força que o solo exerce em nós é maior que a força que o solo faz no carro, fazendo com que ele se movimente no sentido em que estamos empurrando.
4. Nesse caso, usaremos novamente a Segunda Lei de Newton para calcular a força resultante do caminhão:

$$F_{\text{resultante}} = ma = 5.000 \times 5 = 25.000 \text{ N}$$

Aula 9: Como erguer um piano sem fazer força

1.
1º passo - Isolamento.



- 2º passo - Equações dinâmicas

$$R_{\text{elevador}} = T - (P_{\text{elevador}} - P_{\text{passageiros}}) = (m_{\text{elevador}} + m_{\text{passageiros}}) \times a$$

$$R_{\text{elevador}} = 9.900 - 9.000 = 900 \times a$$

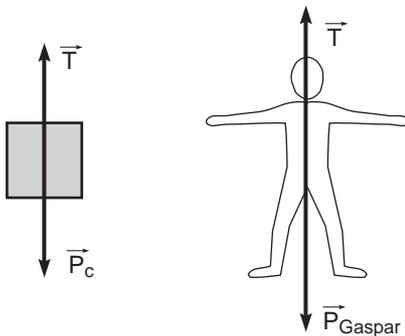
3º passo - solução

$$a = \frac{900}{900} = 1 \text{ m/s}^2$$

2. O custo se reflete no tamanho da corda, pois à medida que vamos colocando roldanas no sistema, existe a necessidade de que o comprimento da corda vá aumentando, e talvez o tempo necessário para levantar o objeto comece a aumentar muito também, pois a corda terá um comprimento muito grande quando colocarmos várias roldanas! É preciso balancear o uso da força que será usada na tarefa com o tempo que se quer gastar com tal tarefa.

3.

1º passo - Isolamento.



2º passo - Equações dinâmicas

$$R_{\text{caixa}} = m_{\text{caixa}} \cdot a = P_{\text{caixa}} - T$$

$$R_{\text{Gaspar}} = m_{\text{Gaspar}} \cdot a = T - P_{\text{Gaspar}}$$

Com isso, teremos que

3º passo - Solução

$$120 \cdot a = 1.200 - T$$

$$80 \cdot a = T - 800$$

Aqui temos duas equações e duas incógnitas.

Solução do sistema dinâmico

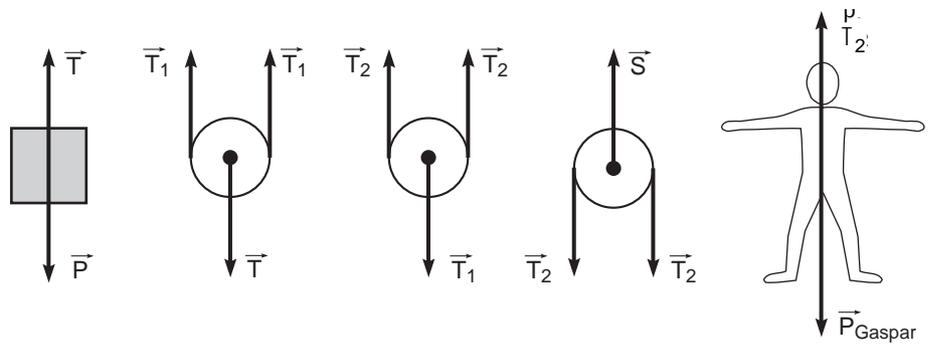
Podemos resolver esse sistema somando cada lado da igualdade.

$$120 \cdot a + 80 \cdot a = 1.200 - T + T - 800$$

$$200 \cdot a = 400$$

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

Gabarito do exercício proposto durante a aula:
Isolamento.



Equações dinâmicas

$$R_{\text{pacote}} = m_{\text{pacote}} \times a = 0 = T - P_{\text{pacote}}$$

$$R_{\text{roldana 1}} = m_{\text{roldana 1}} \times a = 0 = T_1 + T_1 - T$$

$$R_{\text{roldana 2}} = m_{\text{roldana 2}} \times a = 0 = T_2 + T_2 - T_1$$

$$R_{\text{roldana 3}} = m_{\text{roldana 3}} \times a = 0 = S - T_2 - T_2$$

$$R_{\text{Gaspar}} = m_{\text{Gaspar}} \times a = 0 = P_{\text{Gaspar}} - T_2$$

Solução do sistema dinâmico

$$T = P_{\text{pacote}} = m_{\text{pacote}} \times g = 1000 \text{ N}$$

$$2 T_1 = T \Rightarrow T_1 = \frac{T}{2} = 500 \text{ N}$$

$$2 T_2 = T_1 \Rightarrow T_2 = \frac{T_1}{2} = 250 \text{ N}$$

Ou seja, a força que Gaspar faria (T_2) é um quarto do peso do feno.

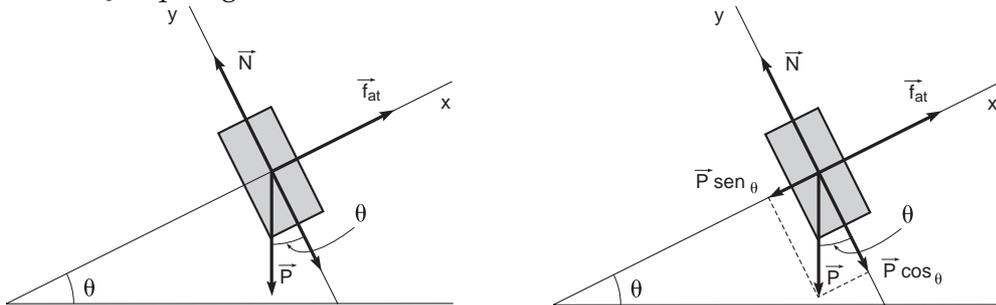
Aula 10 - Ou vai ou racha!

1. Se a lataria dos automóveis fosse muito lisa, ou seja, não tivesse alguma rugosidade, a tinta dificilmente se prenderia na lataria, escorreria e não se fixaria. Por isso, é preciso que a lataria dos automóveis não seja absolutamente lisa, para que a tinta possa se fixar. Mas ela não pode ser muito rugosa, pois nesse caso, muita tinta ficaria presa na lataria e haveria um desperdício muito grande de tinta. É necessário que a rugosidade da lataria do automóvel seja exata para que a tinta absorvida esteja na quantidade adequada.

2. Para resolver problemas com Leis de Newton, usamos os três passos recomendados:

a) *Isolamento*

As forças que agem sobre a caixa são:



- O peso (P), que está sempre apontando para o solo.
- A força normal, que **sempre está perpendicular** à superfície sobre a qual a caixa está em contato.
- E a força de atrito **que sempre aponta para o sentido contrário à tendência do movimento**, ou seja, se a caixa tende a deslizar para baixo, a força de atrito aponta para cima, no sentido de impedir o movimento.

Vamos então para o segundo passo:

b) *Equações dinâmicas*

Sabemos que a caixa não vai se mover no sentido do eixo y, o que nos leva à seguinte equação:

$$N - P \cos \varphi = 0$$

e, no eixo x, supondo que o objeto está prestes a se mover, ou seja, que a força de atrito nesse momento é máxima, teremos:

$$P \sin \varphi - F_{at} = 0$$

Ou seja, podemos saber quanto vale tanto a força normal, quanto a força de atrito.

c) *Solução das equações dinâmicas*

Podemos escrever então:

$$N = P \cos \varphi \quad \text{e} \quad F_{at} = P \sin \varphi$$

Calculamos o ângulo máximo de inclinação, usando a equação que relaciona a força de atrito e a força normal.

$$F_{at} = \mu \cdot N, \text{ temos } \mu = \frac{F_{at}}{N} = \frac{P \sin \varphi}{P \cos \varphi} = \text{tg } \varphi$$

$$\mu = \text{tg } \varphi$$

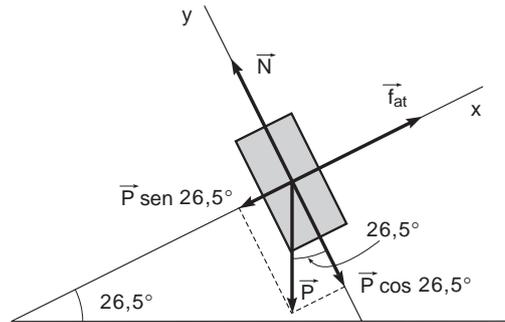
Portanto, o valor do coeficiente de atrito estático é igual à tangente do ângulo de inclinação do plano. Sabemos que $\mu = 0,5$ e, consultando uma tabela, vemos que o ângulo cuja tangente é 0,5 é de $26,5^\circ$. Essa operação é feita com o auxílio de uma máquina de calcular, usando a função inversa da tangente, que é o arco tangente ($\arctan(0,5) = 26,5^\circ$).

Com isso, conseguimos saber o valor de todas as forças envolvidas no problema e determinar o ângulo para o qual a caixa começa a deslizar sobre a rampa.

3. Vamos realizar os três passos para resolver problemas de Dinâmica:

a) *Isolamento*

Como podemos ver na Figura, temos as seguintes forças:



- O Peso (P), que está sempre apontando para o solo.
- A Força normal, que **sempre está perpendicular** à superfície sobre a qual a caixa está em contato.
- E a força de atrito **que sempre aponta para o sentido contrário à tendência do movimento**, ou seja, se a caixa tende a deslizar para baixo, a força de atrito aponta para cima, no sentido de impedir o movimento.

Vamos ao segundo passo:

b) *Equações dinâmicas*

Como no exercício anterior, sabemos que a caixa não vai se mover no sentido do eixo y, temos então:

$$N - P \cos \alpha = 0$$

e, no eixo x, o operário obteve o ângulo para o qual a caixa está prestes a se mover, ou seja, **força de atrito nesse momento é máxima**.

$$P \sin \alpha - F_{at} = 0$$

Com as equações, vamos ao terceiro passo:

c) *Solução das equações dinâmicas*

$$N = P \cos \alpha = mg \cos \alpha = 100 \cdot 10 \cdot \cos (26,5^\circ)$$
$$N = 8.949 \text{ N}$$

e

$$F_{at} = P \sin \alpha = mg \sin \alpha = 100 \cdot 10 \cdot \sin (26,5^\circ)$$
$$F_{at} = 4.462 \text{ N}$$

como

$$F_{at} = \mu \cdot N$$

$$\mu \cdot N = 4.462 \text{ N} \quad \mu = \frac{4.462}{8.949} \quad \mu = 0,5$$

Como podemos ver, esse exercício é quase o mesmo que o anterior, mas, nesse caso, em vez de fornecermos o coeficiente de atrito estático para obtermos o ângulo, fornecemos o ângulo para obter o coeficiente de atrito estático.

Aula 11 - Vamos dar uma voltinha?

1. a) $f = 1.200 \# 60 = 20 \text{ Hz}$

b) $\omega = 2\pi f = 2\pi \cdot 20 = 40\pi \text{ rad/s} @ 126 \text{ rad/s}$

c) $v = \omega r = 40\pi \cdot 0,15 @ 18,8 \text{ m/s}$

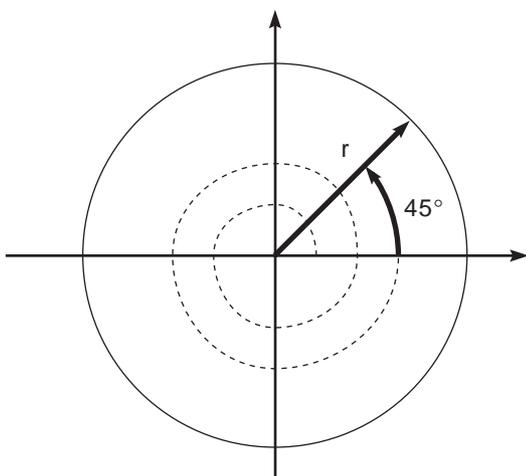
d) $a = \omega^2 r = (40\pi)^2 \cdot 0,15 = 1.600 \cdot \pi^2 \cdot 0,15 = 240\pi^2 @ 2.368,7 \text{ m/s}^2$

e) $r_1 f_1 = r_2 f_2 \Rightarrow 15 \cdot 1.200 = r_2 \cdot 400 \Rightarrow r_2 = 45 \text{ cm}$

2.

$$v = \frac{2pr}{T} = \frac{2 \text{ p} \cdot 10^6}{2 \cdot 3.600} = \frac{14 \text{ p} \cdot 10^6}{7.200} = 1.944 \pi \text{ m/s} @ 6.100 \text{ m/s}$$

$$a_c = \frac{v^2}{r} = \frac{(6.100)^2}{7 \cdot 10^6} @ 5,3 \text{ m/s}^2$$



3. a) $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{4} \text{ Hz} = 0,25 \text{ Hz}$

b) $\omega = 2\pi f = 2\pi \cdot 0,25 = 0,5\pi \text{ rad/s}$

c) $\varphi = \varphi_0 + \omega t \Rightarrow \varphi = 0 + 0,5\pi t \Rightarrow \varphi = 0,5\pi t$

d) $\varphi = 0,5\pi \cdot 8,5 = 4,25\pi \text{ rad} = 4,25 \cdot 180^\circ = 765^\circ = 2 \cdot 360^\circ + 45^\circ = 2 \text{ voltas} + 45^\circ \text{ (ver Figura 16)}$

4. $F = ma \Rightarrow F = 70 \cdot 5,3 = 371 \text{ N}$

5. $F_{\text{atrito}} = F_{\text{centrípeta}} = \frac{m v^2}{r} = \frac{(800 \cdot 202)}{100} = 3.200 \text{ N}$

6. $\text{tg } 45^\circ = \frac{P}{F_C} = \frac{mg}{\frac{m v^2}{r}} = \frac{r g}{v^2} \Rightarrow \text{tg } 45^\circ = \frac{r g}{v^2} \Rightarrow v^2 = \frac{r g}{\text{tg } 45^\circ} = \frac{2,5 \cdot 10}{1} = 25$
 $\Rightarrow v = 5 \text{ m/s}$

7. $\text{tg } \alpha = \frac{F_C}{P} = \frac{m v^2}{r} = \frac{v^2}{r g} = \frac{20^2}{100 \cdot 10} = 0,4 \Rightarrow \text{tg } \alpha = 0,4 \Rightarrow \alpha = \text{arc tg } (0,4) @ 24^\circ$

Aula 12 - Por que não flutuamos?

1. Aceleração da gravidade na Terra aproximadamente $9,8 \text{ m/s}^2$; aceleração da gravidade na Lua aproximadamente $1,6 \text{ m/s}^2$.
2. Peso do Gaspar na Terra, aproximadamente 784 N (newtons); peso do Gaspar na Lua, aproximadamente 128 N .
3. A força ficaria 4 vezes menor.
4. A força de atração entre os sacos de açúcar é de, aproximadamente, $6,7 \times 10^{-11} \text{ N}$. O peso de cada saco é 10 N ; portanto, para saber a relação entre eles, basta dividir uma força pela outra: $10 \text{ N} \div 6,7 \times 10^{-11}$, que é, aproximadamente, $1,5 \times 10^{11} \text{ N}$, isto é, a força com que a Terra atrai o saco é $150.000.000.000$ de vezes maior do que a força com que um saco atrai o outro.

Aula 13 - Chocolate, energia que alimenta

1. A energia cinética do atleta, durante a corrida, transforma-se em energia potencial elástica da vara, quando se verga. A energia potencial elástica da vara se transforma em energia potencial gravitacional ao elevar o atleta e fazer com que ele ultrapasse o sarrafo.
2. A energia solar transforma a água em vapor. O vapor sobe, ganhando energia potencial gravitacional; quando se resfria, transforma-se em água e gelo e cai novamente, e a energia potencial se transforma em energia cinética das gotas de chuva.
3. A energia potencial gravitacional da água se transforma em energia cinética, ao descer pela tubulação. Essa energia cinética é transferida às turbinas do gerador, que a transforma em energia elétrica.
4. A energia química da pilha se transforma em energia elétrica, que, no carrinho, transforma-se em energia cinética, luminosa e sonora.
5. A energia cinética dos ventos é transferida para as pás do moinho. Por intermédio do moinho, ela se transforma em energia potencial da água, à medida que sobe do fundo do poço.

Aula 14 - O trabalho cansa?

$$\begin{aligned} 1. \tau_1 &= F_1 \cdot d \cdot \cos a_1 \Rightarrow \tau_1 = 100 \cdot 5 \cdot \cos 0^\circ = \mathbf{500 \text{ J}} \\ \tau_2 &= F_2 \cdot d \cdot \cos a_2 \Rightarrow \tau_2 = 100 \cdot 5 \cdot \cos 60^\circ = \mathbf{250 \text{ J}} \\ \tau_3 &= F_3 \cdot d \cdot \cos a_3 \Rightarrow \tau_3 = 100 \cdot 5 \cdot \cos 120^\circ = \mathbf{-250 \text{ J}} \\ \tau_4 &= F_4 \cdot d \cdot \cos a_4 \Rightarrow \tau_4 = 100 \cdot 5 \cdot \cos 180^\circ = \mathbf{-500 \text{ J}} \\ \tau_5 &= F_5 \cdot d \cdot \cos a_5 \Rightarrow \tau_5 = 100 \cdot 5 \cdot \cos 90^\circ = \mathbf{0} \end{aligned}$$

$$2. a) E_{C \text{ inicial}} = \frac{1}{2} m v_o^2 \Rightarrow E_{C \text{ inicial}} = \frac{1}{2} \cdot 1.200 \cdot 40^2 = 960.000 \text{ J}$$

$$b) E_{C f} = \frac{1}{2} m v^2 \Rightarrow E_{C f} = \frac{1}{2} \cdot 1.200 \cdot 10^2 = 60.000 \text{ J}$$

$$c) \tau_F = E_{C \text{ final}} - E_{C \text{ inicial}} = 60.000 - 960.000 = -900.000 \text{ J}$$

$$d) \tau_F = F \cdot d \cdot \cos \alpha \Rightarrow -900.000 \text{ J} \Rightarrow F \cdot 100 \cdot \cos 180^\circ = -900.000 \\ F \cdot 100 \cdot (-1) = -900.000 \Rightarrow F = 9.000 \text{ N}$$

$$3. W_{(parede)} = \Delta E_{C(bala)} \Rightarrow F_R \cdot 0,10 \cdot \cos 180^\circ = 0 - \frac{1}{2} \cdot 0,05 \cdot 400^2$$

$$F_R \cdot 0,10 \cdot (-1,0) = - (4.000) \Rightarrow F_R = 40.000 \text{ N}$$

$$4. P = Fv \Rightarrow 60 \cdot 735,5 = 1.471 \cdot v \Rightarrow v = 30 \text{ m/s}$$

$$5. P_{\text{útil}} = \frac{W_{\text{útil}}}{\Delta t} \Rightarrow W_{\text{útil}} = E_{C \text{ final}} - e_{C \text{ inicial}} = \frac{1}{2} \cdot 1.000 \cdot 30^2 - 0 = 450.000 \text{ J}$$

$$P_{\text{útil}} = 450.000 \text{ J} / 10 = 45.000 \text{ W} = 45.000 / 735,5 = 61 \text{ cv (aproximadamente)}$$

$$r = \frac{P_U}{P_T} \cdot 100\% \text{ } \text{E} \text{ } 25\% = \frac{61}{P_T} \cdot 100\% \text{ } \text{E} \text{ } P_T = 244 \text{ cv}$$

Aula 15 - Quanto mais alto o coqueiro, maior é o tombo

$$1. EP_{(cozinha)} = mgh_{cozinha} = 5 \times 10 \times 1,8 = 90 \text{ J}$$

$$EP_{(térreo)} = mgh_{(cozinha + térreo)} = 5 \times 10 \times 31,8 = 1.590 \text{ J}$$

$$2. P = W/\Delta t \Rightarrow \text{Para } \Delta t = 1,0 \text{ s} \Rightarrow W = E_p = mgh = 60 \times 10 \times 12 = 7.200 \text{ J}$$

$$P = W / \Delta t \Rightarrow P = 7.200 / 1,0 \Rightarrow P = 7.200 \text{ W}$$

$$3. E_{\text{fornecida pelos alimentos}} = 100 \text{ g} \cdot 400 \frac{\text{cal}}{\text{g}} = 100 \text{ g} \cdot 400 \cdot \frac{4,2 \text{ J}}{\text{g}}$$

$$E_{\text{fornecida pelos alimentos}} = 168.000 \text{ J}$$

Aula 16 - Conservação, o xis da questão!

1. O Barco Viking, quando está no ponto mais alto de sua trajetória, tem uma altura de 20 metros e está com velocidade zero. Nós queremos saber qual é a velocidade do barco no ponto mais baixo da trajetória. Como o sistema é conservativo, pois estamos desprezando a força de atrito, a energia mecânica se conserva, ou seja, podemos escrever:

$$\Delta E_m = 0$$

$$E_{m \text{ final}} - E_{m \text{ inicial}} = 0$$

$$(E_{C \text{ final}} + E_{p \text{ final}}) - (E_{C \text{ inicial}} + E_{p \text{ inicial}}) = 0$$

$$\frac{1}{2} mv_{\text{final}}^2 + mgh_{\text{final}} - \frac{1}{2} mv_{\text{inicial}}^2 + mgh_{\text{inicial}} = 0$$

Nesse caso, chamaremos de *situação inicial* o momento em que o barco está no ponto mais alto da trajetória, e de *situação final*, o momento em que o barco está no ponto mais baixo da trajetória. Substituindo os valores dados e considerando que, no início, a velocidade era zero e a altura 20 m e no final a altura será zero e a velocidade é o que queremos descobrir:

$$\frac{1}{2} mv_{\text{final}}^2 + m \times 10 \times 0 - \frac{1}{2} m \times 0^2 + m \times 10 \times 20 = 0$$

O fato de não conhecermos a massa do barco não é problema, pois, como todos os termos da equação estão multiplicados pelo valor da massa e a equação é igual a zero, podemos dividir os dois membros da equação pelo valor da massa, fazendo com que ela desapareça da equação, ou seja, não é necessário conhecer a massa do barco.

$$\frac{1}{2} m v_{\text{final}}^2 - m \times 10 \times 20 = 0$$

$$\frac{1}{2} v_{\text{final}}^2 - 200 = 0 \quad \text{E} \quad v_{\text{final}}^2 = 400$$

$$v_{\text{final}} = 20 \text{ m/s}$$

Essa é a velocidade que o barco terá no ponto mais baixo de sua trajetória.

2. Como o atrito do ar é desprezível, a energia mecânica se conserva, ou seja:

$$\Delta E_M = 0$$

$$E_{m f} - E_{m i} = 0$$

$$(E_{C \text{ final}} + E_{P \text{ final}}) - (E_{C \text{ inicial}} + E_{P \text{ inicial}}) = 0$$

$$\frac{1}{2} m v_{\text{final}}^2 + m g h_{\text{final}} - \left(\frac{1}{2} m v_{\text{inicial}}^2 + m g h_{\text{inicial}} \right) = 0$$

Agora, substituindo os valores que já conhecemos na equação:

$$\frac{1}{2} m \times 0 + m \times 10 \times 3 - \frac{1}{2} m v_{\text{inicial}}^2 - m \times 10 \times 0 = 0$$

$$v_{\text{inicial}}^2 = 30 \cdot 2 = 60$$

chegamos ao resultado:

$$v_{\text{inicial}} \cong 7,75 \text{ m/s}$$

que é a velocidade mínima necessária para que o tijolo chegue até às mãos do pedreiro que está no segundo andar.

3. Como não há atrito, usamos a expressão da conservação da energia mecânica de sistemas conservativos, ou seja

$$\Delta E_M = 0$$

$$E_{m \text{ final}} - E_{m \text{ inicial}} = 0$$

$$(E_{c \text{ final}} + E_{p \text{ final}}) - (E_{c \text{ inicial}} + E_{p \text{ inicial}}) = 0$$

Só que, nesse caso, a energia potencial não é do tipo gravitacional e sim do tipo elástica.

Sabemos que toda energia cinética se transforma em energia potencial elástica, pois o lutador veio correndo e se atirou contra as cordas, esticando-as até atingirem sua máxima distensão. Nesse momento, a energia cinética é nula. Vamos tomar, como momento inicial, o instante em que o lutador está com velocidade de 5 m/s e, como final, o instante em que as cordas estão esticadas e o lutador com velocidade zero; como não há atrito, a energia mecânica se conserva, isto é,

$$\Delta E_M = 0$$

$$(0 + E_{P \text{ elástica}}) - \frac{1}{2}mv_{\text{inicial}}^2 + 0 = 0$$

Assim a energia potencial elástica armazenada na corda será:

$$E_{P \text{ elástica}} = \frac{1}{2}mv_{\text{inicial}}^2 = \frac{1}{2} \times 100 \times 5^2$$

$$E_{P \text{ elástica}} = 1.125 \text{ Joules}$$

4. Neste exercício, sabemos que existe atrito entre a criança e o escorregador. Também nos é dado o valor do trabalho realizado pelo atrito. Sabemos que a energia mecânica não se conserva nesse caso e que sua variação é igual ao trabalho realizado pela força de atrito. Assim, podemos usar:

$$\Delta E_M = -600$$

$$E_{m \text{ final}} - E_{m \text{ inicial}} = -600$$

$$(E_{C \text{ final}} + E_{P \text{ final}}) - (E_{C \text{ inicial}} + E_{P \text{ inicial}}) = 600$$

$$\frac{1}{2}mv_{\text{final}}^2 + 0 - (0 + m \cdot g \cdot h_{\text{inicial}}) = -600$$

$$\frac{1}{2}50 \times v_{\text{final}}^2 - 50 \cdot 10 \cdot 2 = -600$$

$$v_{\text{final}}^2 = \frac{2}{50}(1.000 - 600)$$

$$v_{\text{final}}^2 = 16$$

$$v_{\text{final}} = 4 \text{ m/s}$$

5. Se não houvesse atrito, a conservação da energia mecânica seria:

$$\Delta E_M = 0$$

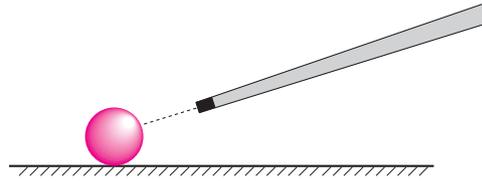
$$E_{m \text{ final}} - E_{m \text{ inicial}} = 0$$

$$(E_{C \text{ final}} + E_{P \text{ final}}) - (E_{C \text{ inicial}} + E_{P \text{ inicial}}) = 0$$

O que nos dá um valor para velocidade de 20 m/s, que é uma velocidade muito superior ao caso em que houve atrito.

Aula 17 - O momento do gol

1. Pela Figura, vê-se que a bola estava parada e adquiriu uma velocidade de 4 m/s. Como conhecemos o valor da massa dessa bola e quando sua velocidade variou, podemos aplicar a definição de impulso. E, como a bola vai na mesma direção da tacada, podemos calcular diretamente o módulo do impulso:



$$I = \Delta q = m_{\text{bola}} \cdot v_{\text{final}} - m_{\text{bola}} \cdot v_{\text{inicial}} = 0,15 \cdot 4 - 0,15 \cdot 0 = 0,6 \text{ Ns}$$

$$I = 0,6 \text{ Ns}$$

Conhecendo a duração do impacto, podemos calcular o valor da força exercida pelo taco na bola.

$$I = F \cdot \Delta t = 0,6 \text{ Ns}$$

Como o intervalo de tempo foi de 0,02 s temos então que

$$F = \frac{0,6}{0,02} \text{ N} = \frac{0,6}{0,02} = 30 \text{ N}$$

$$F = 30 \text{ N}$$

2. Para saber a velocidade do Fusca, basta igualar as duas quantidades de movimento:

$$q_{\text{fusca}} = q_{\text{caminhão}}$$

$$m_{\text{fusca}} \cdot v_{\text{fusca}} = m_{\text{caminhão}} \cdot v_{\text{caminhão}}$$

$$1.500 \cdot v_{\text{fusca}} = 7.500 \cdot 20$$

$$v_{\text{fusca}} = \frac{150.000}{1.500}$$

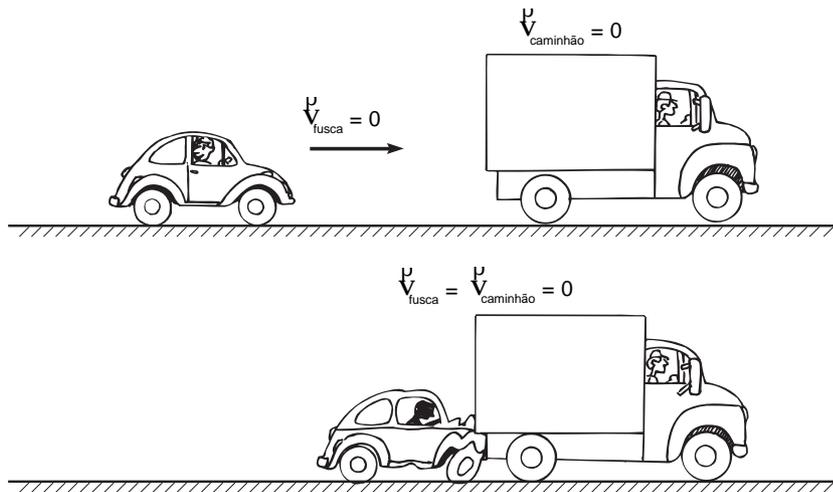
$$v_{\text{fusca}} = 100 \text{ m/s}$$

Ou seja, a velocidade do Fusca terá que ser muito alta, da ordem de:

$$v_{\text{fusca}} = 100 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 100 \times \frac{10^{-3} \text{ km}}{3.600 \text{ s}} = 100 \times 3.600 \times 10^{-3} = 360 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

3. Para calcular o impulso recebido pelo caminhão, usamos a variação da quantidade de movimento (ver figura), já que conhecemos a massa do Fusca e a variação da sua velocidade.

$$I = \Delta q = m_{\text{fusca}} \cdot v_{\text{final}} - m_{\text{fusca}} \cdot v_{\text{inicial}} = 1.500 \cdot 0 - 1.500 \cdot 10 = 15.000 \text{ Ns}$$



A velocidade final do fusca, após o acidente, é zero e, antes do acidente, era 36 km/h, ou seja, 10 m/s.

Para calcular a força do impacto, usamos a definição de impulso:

$$I = F \cdot \Delta t$$

$$F = \frac{I}{\Delta t} = \frac{150.000 \text{ Ns}}{0,1 \text{ s}} = 1.500.000 \text{ N} = 15 \cdot 10^5 \text{ N}$$

que é uma força muito grande, equivalente a um peso de 150.000 kg, ou seja, 150 toneladas!

Aula 18 - Bola sete na caçapa do fundo

- Podemos aplicar a conservação da quantidade de movimento a essa situação, pois estamos querendo saber qual é a velocidade da espingarda logo após o disparo. Então:

$$m_B \cdot v_{B \text{ depois}} + m_E (-v_{E \text{ depois}}) = m_B \cdot v_{B \text{ antes}} + m_E \cdot v_{E \text{ antes}}$$

$$0,01 \cdot 200 + 2 (-v_{E \text{ depois}}) = 0,01 \cdot 0 + 2 \cdot 0$$

$$v_{E \text{ depois}} = - \frac{2}{2}$$

$$v_{E \text{ depois}} = - 1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

A velocidade da espingarda, depois do tiro, é de 1 m/s. Não esquecer que, como estamos tratando com vetores, o sentido do movimento é fundamental; então, como a bala e a espingarda tomam sentidos opostos, suas velocidades deverão ter sinais opostos.

2. Quando o pescador começa a andar para a esquerda, a canoa começa a se mover para a direita. Podemos então considerar que, inicialmente, a velocidade, tanto da canoa como do pescador, era zero. Como a canoa deslizou suavemente sobre a superfície lisa do lago, podemos considerar o atrito desprezível; ou seja, na ausência de forças externas que interfiram no movimento da canoa e do pescador, podemos usar a conservação da quantidade de movimento:

$$m_C \cdot v_{C \text{ depois}} + m_P \cdot v_{P \text{ depois}} = m_C \cdot v_{C \text{ antes}} + m_P \cdot v_{P \text{ antes}}$$

Essa será, então, a velocidade da canoa depois que pescador começou a andar. Não esquecer que, como estamos tratando com vetores, o sentido do movimento é fundamental; então, como o pescador e a canoa tomam sentidos opostos, suas velocidades deverão ter sinais opostos.

$$90 \cdot v_{C \text{ depois}} + 60 \cdot (-0,5) = 90 \cdot 0 + 60 \cdot 0$$

$$90 \cdot v_{C \text{ depois}} = 30 \quad \text{E} \quad v_{C \text{ depois}} = \frac{30}{90} \cong 0,3 \text{ m/s}$$

3. Podemos usar a conservação da quantidade de movimento, pois não há ação de nenhuma força externa ao sistema (foguete + combustível). Assim, temos que:

$$m_F \cdot v_{F \text{ depois}} + m_C \cdot v_{C \text{ depois}} = m_F \cdot v_{F \text{ antes}} + m_C \cdot v_{C \text{ antes}}$$

$$5.000 v_{F \text{ depois}} + 500(-100) = 5.000 \times 0 + 500 \times 0$$

$$5.000 v_{F \text{ depois}} - 5.000 = 0$$

$$v_{F \text{ depois}} = \frac{5.000}{5.000}$$

$$v_{F \text{ depois}} = 1 \text{ m/s}$$

que é a velocidade do foguete, após a queima do combustível. Não esquecer que, como estamos tratando com vetores, o sentido do movimento é fundamental; então como o foguete e a chama tomam sentidos opostos, suas velocidades deverão ter sinais opostos.

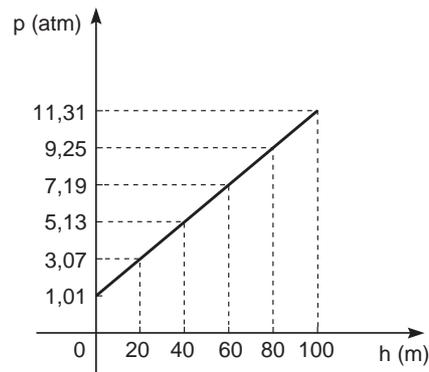
Aula 19 - O ar está pesado

1. A altura da coluna seria 10 vezes menor.
2. a) 53 cmHg;
b) aproximadamente 0,7 atm;
c) $0,7 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ ou $7,0 \times 10^4 \text{ N/m}^2$.
3. a) Volume 1.000 cm^3 , peso 15 N, densidade $1,5 \text{ g/cm}^3$ ou $1,5 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$;
b) basta dividir o peso pela área de cada face: $A_A = 50 \text{ cm}^2$ ou $5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$
e $p_A = 3.000 \text{ N/m}^2$,
 $A_B = 100 \text{ cm}^2$ ou $1 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$ e $p_B = 1.500 \text{ N/m}^2$
 $A_C = 200 \text{ cm}^2$ ou $2 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$
 $p_C = 750 \text{ N/m}^2$.

4. a)

h (m)	p (N/m ²)	p (atm)
0	1,01 x 10 ⁵	1,01
20	3,07 x 10 ⁵	3,07
40	5,13 x 10 ⁵	5,13
60	7,19 x 10 ⁵	7,19
80	9,25 x 10 ⁵	9,25
100	11,31 x 10 ⁵	11,31

b)



c) O resultado é uma reta, pois a pressão varia linearmente com a profundidade do líquido.

Aula 20 - No posto de gasolina

1. A altura da coluna $h = 30$ cm, portanto, a pressão será:

$$p = p_{\text{atm}} + p_{\text{coluna}} = 76 \text{ cmHg} + 30 \text{ cmHg} = 106 \text{ cmHg}.$$

Fazendo uma regra de três simples, obtém-se facilmente $p = 19,8 \text{ lb/pol}^2$ que é, aproximadamente, $1,40 \text{ kgf/cm}^2$.

2. Basta medir o desnível entre as duas caixas, que é 29 metros. Portanto a pressão com que a água chega à caixa do edifício será igual à pressão da coluna de água mais a pressão atmosférica que está acima dela.

$$P = P_{\text{atm}} + dgh = 1,01 \cdot 10^5 + 1.000 \cdot 10 \cdot 29 = 3,9 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2 \text{ ou } 3,9 \text{ atm}$$

3. a) Pelo Princípio de Pascal, a variação de pressão é igual nos dois pistões.

Assim, o peso da galinha (P_{galinha}) vai provocar uma variação de pressão no líquido, variação essa que dá origem a uma força capaz de segurar o elefante e, portanto, igual a seu peso (P_{elefante}). Dessa forma, podemos escrever:

$$\Delta p_{\text{elefante}} = \Delta p_{\text{galinha}}$$

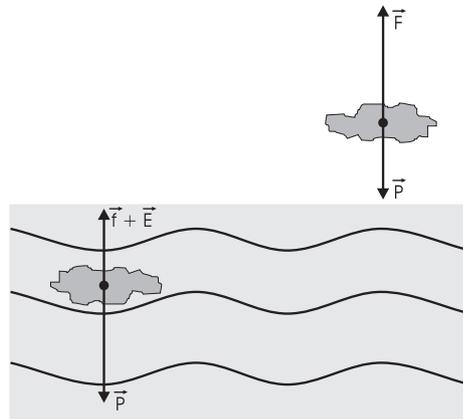
$$P_{\text{elefante}}/A_1 = P_{\text{galinha}}/A_2$$

então: $\frac{A_1}{A_2} = \frac{16.000}{20} = 800$

b) Se $A_2 = 10 \text{ cm}^2$, então $A_1 = 800 \cdot 10 = 8.000 \text{ cm}^2$, ou $0,8 \text{ m}^2$.

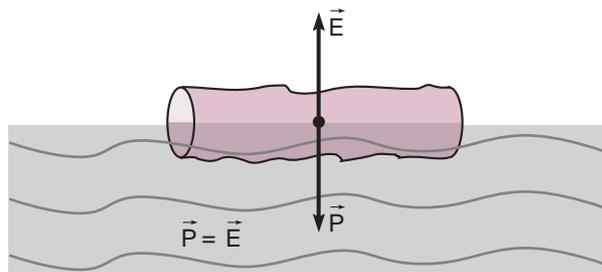
Aula 21 - Eureka!

1. a)



b) Ela parecerá mais leve devido ao empuxo: fora da água existem só o peso da pedra e a força do braço, mas, dentro da água, existe o empuxo que ajuda a empurrar a pedra para cima.

2. a)



b) O empuxo pode ser calculado pela expressão: $E = d_L \cdot V_d \cdot g$, então,
 $E = 1.000 \times 0,5 \times 10$
 $E = 5.000 \text{ N}$

c) Como o tronco está equilibrado, o peso é igual ao empuxo, portanto:
 $P = E = 5.000 \text{ N}$
Mas $P = m \cdot g$, assim a massa do tronco será $m = 5.000/10 = 500 \text{ kg}$.

d) Finalmente, a densidade é a massa dividida pelo seu volume:

$$d = \frac{m}{v} = 500 \text{ kg/m}^3$$

3. a) $d = \frac{m}{v} = \frac{80 \text{ g}}{100 \text{ cm}^3} = 0,8 \text{ g/cm}^3$

b) Quando o objeto for mergulhado na gasolina, ele afundará, pois sua densidade é maior do que a da gasolina, ao passo que, se ele for mergulhado na água, vai boiar, pois sua densidade é menor do que a da água.

4. Um navio pode boiar graças ao **empuxo**, que é uma força vertical, dirigida para cima, que aparece quando o navio está na água e que é capaz de sustentar o peso do navio. Para poder boiar no mar, a densidade média do navio deve ser menor do que a densidade da água do mar.