

B-2 Segurança e Prevenção

Os meios de transporte de pessoas e mercadorias foram desde sempre fatores de desenvolvimento de povos e nações e são essenciais para a nossa qualidade de vida. Ao longo dos tempos têm sofrido grandes evoluções, graças ao avanço da Ciência e da Tecnologia, tornando-se mais rápidos, o que nos leva a refletir sobre questões relacionadas com a segurança, a prevenção rodoviária, os consumos energéticos e a poluição.

1 Aplicação das Leis de Newton

Aplicando as Leis de Newton, é possível analisar e interpretar muitas das situações do nosso quotidiano. Estas apenas deixam de ser válidas quando estudamos movimentos de corpos que se deslocam com velocidades próximas da velocidade da luz ou com massas semelhantes às das partículas subatômicas.

1.1 Equilíbrio de corpos

Atualmente, os veículos vêm equipados com um sistema de controlo de estabilidade dinâmica (ESP), para corrigir situações de subviragem e sobreviragem assim como problemas de falta de tração em acelerações ou reduções bruscas.

A par do sistema de travagem (ABS) o ESP assume um papel importante na segurança rodoviária, uma vez que se contabilizam cerca de 30% dos acidentes que se devem a falta de estabilidade.

De que depende o equilíbrio dos corpos apoiados?

O equilíbrio dos corpos apoiados classifica-se em **estável**, **instável** e **indiferente**, como se ilustra na figura para um corpo com a forma de cone.

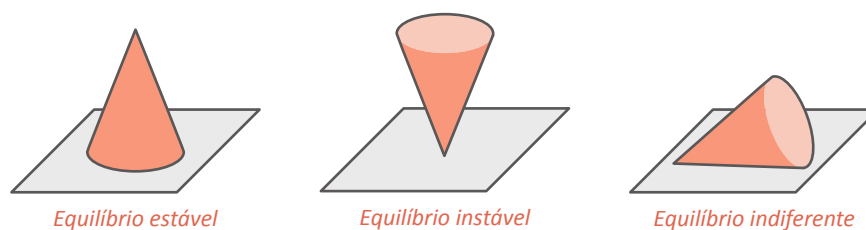


Figura 45 – Classificação do equilíbrio de corpos apoiados.

- **Equilíbrio estável** – Apoiado na base, o cone está em equilíbrio estável, pois, qualquer pequeno deslocamento (angular ou linear) sofrido por ele resulta na tendência de retorno à posição de equilíbrio inicial.

- **Equilíbrio instável** – Apoiado no vértice, o cone está em equilíbrio instável, pois, qualquer pequeno deslocamento (angular ou linear) sofrido por ele resulta na tendência de continuar a afastar-se da posição inicial.
- **Equilíbrio indiferente** – Apoiado na geratriz, o cone está em equilíbrio indiferente, pois, qualquer pequeno deslocamento da posição de equilíbrio resulta numa nova situação de equilíbrio.

Consideremos as figuras 46 e 47, onde se analisa o equilíbrio de um paralelepípedo articulado e de um bloco sobre um plano, que se vão sucessivamente inclinando.

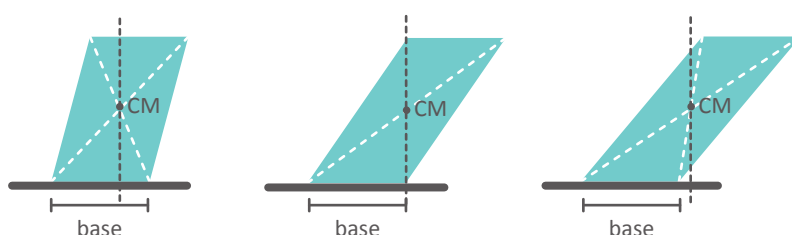


Figura 46 – Paralelepípedo articulado.

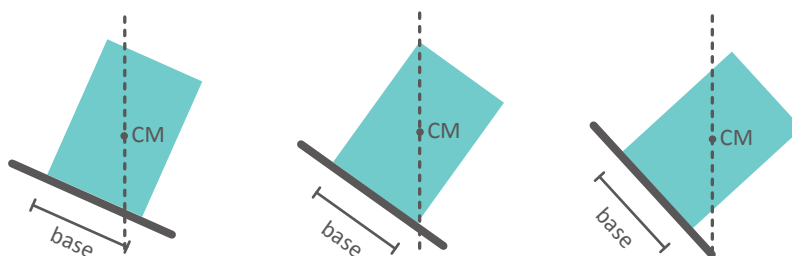


Figura 47 – Bloco sobre um plano.

Em ambos os casos, os corpos estão sob a ação de apenas duas forças: o peso, devido à sua interação com o campo gravítico da Terra, e a força de reação normal, devido à sua interação com a superfície sobre a qual está apoiado.

Para que ocorra o equilíbrio, isto é, para que o corpo não tombe, a reta vertical que passa pelo **centro de gravidade** também deve passar pela base de apoio. A partir do momento em que essa reta deixa de passar pela sua base de sustentação, ele tomba. O corpo diz-se na eminência de tombar, quando a reta que passa pelo centro de gravidade passa pela extremidade da base de sustentação.

Assim, um **corpo apoiado está em equilíbrio enquanto a reta vertical que passa pelo centro de gravidade passar também pela sua base de sustentação**.

Então, nas figuras anteriores, o último paralelepípedo e o último bloco vão tombar, o que não acontece com as restantes situações ilustradas.

NOTA:

Quando temos uma situação em que o campo gravitacional pode ser considerado uniforme (ou seja, que tem o mesmo valor em qualquer posição e que pode ser representado por linhas paralelas entre si em regiões próximas), o centro de gravidade coincide com o centro de massa.

A saber:

A localização do centro de gravidade corresponde ao "ponto de aplicação" da força gravítica (peso).

Um corpo apoiado está em equilíbrio enquanto a reta vertical que passa pelo centro de gravidade passar também pela sua base de sustentação.

Estudemos, agora a relação entre o centro de gravidade do corpo e a base de sustentação. Para isso, vamos analisar duas situações:

- quando alteramos a posição do centro de gravidade em relação à base de sustentação, mantendo a área da base.

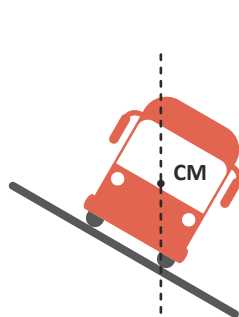


Figura 48 - A vertical que passa pelo CM passa também pela base de sustentação. O corpo não tomba.

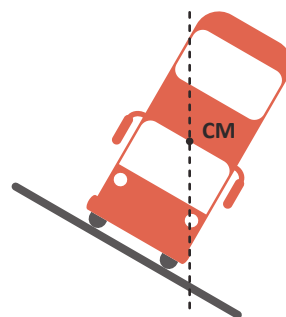


Figura 49 - Ao aumentarmos a distância do CM em relação à base de sustentação, mantendo a área da base, a vertical que passa pelo CM não passa pela base de sustentação. O corpo tomba.

Logo, quando o centro de gravidade fica mais afastado da base de sustentação a estabilidade dos corpos apoiados diminui.

- quando alteramos a área da base de sustentação, mantendo a posição do centro de gravidade em relação à base de sustentação.

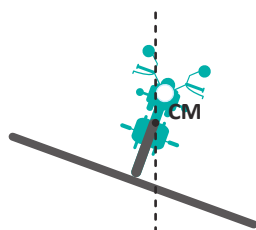


Figura 50- A vertical que passa pelo CM não passa pela base de sustentação. O corpo tomba.

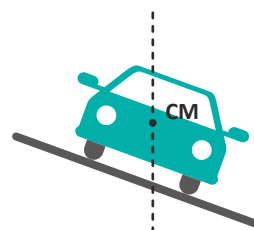


Figura 51 - Ao aumentarmos a área da base mantendo a distância do CM em relação à base de sustentação, a vertical que passa pelo CM passa também pela base de sustentação. O corpo não tomba.

A saber:

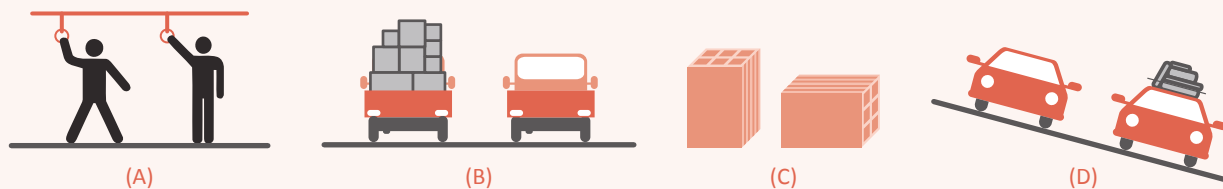
A estabilidade do equilíbrio dos corpos apoiados depende da área da base de sustentação e da posição do centro de massa em relação à base.

Quando se aumenta a área da base de sustentação a estabilidade dos corpos apoiados aumenta.

É fácil concluirmos que, a estabilidade do equilíbrio dos corpos apoiados depende da área da base de sustentação e da posição do centro de gravidade em relação à base.

Questão Resolvida

1. Observe as figuras A, B, C e D.



Tendo em conta o estudado, indique, para cada imagem, qual das situações é mais estável. Justifique a sua resposta, referindo os fatores que afetam o equilíbrio dos corpos.

Resolução:

1. A estabilidade do equilíbrio dos corpos apoiados depende da área da base de sustentação e da posição do centro de massa em relação à base. Assim:

A - O homem do lado esquerdo, pois a área da base de sustentação é maior.

B - O veículo do lado direito, pois o centro de gravidade está mais próximo da base de sustentação.

C - O tijolo do lado direito, pois a área da base de sustentação é maior.

D - O veículo do lado esquerdo, pois o centro de gravidade está mais próximo da base de sustentação.

Atividade Prática de Sala de Aula

APSA B-2.1: Centro de gravidade

Questão-problema: Como determinar experimentalmente o centro de gravidade de diferentes corpos?

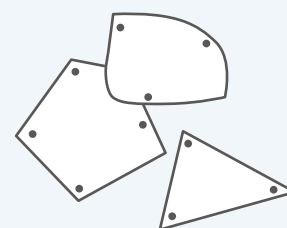
Objetivo: Determinação experimental do centro de gravidade de corpos não regulares nem homogêneos.

Recursos:

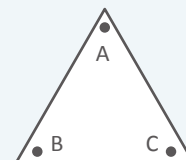
- Cartão
- Fio
- Tesoura
- Massa
- Tacha

Procedimento:

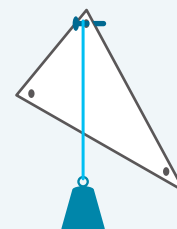
1. Corte alguns pedaços de cartão com uma forma à sua escolha.
2. Marque pelo menos três pontos (A, B e C) bem distribuídos próximos das margens do cartão.
3. Prenda uma massa na ponta de um fio de modo a improvisar um fio de prumo.
4. Prenda no fio numa tacha onde serão pendurados os cartões recortados.
5. Pendure o cartão na tacha no ponto A. Deixe o sistema livre até este se equilibrar. Marque um ponto, A', na margem oposta do cartão.
6. Repita o procedimento para os pontos B e C, marcando os pontos B' e C'.
7. Trace os seguimentos de reta A-A', B-B' e C-C'.
8. Determine o centro de gravidade, que é o ponto de interseção dos três segmentos de reta.



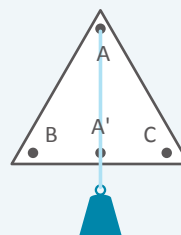
(1)



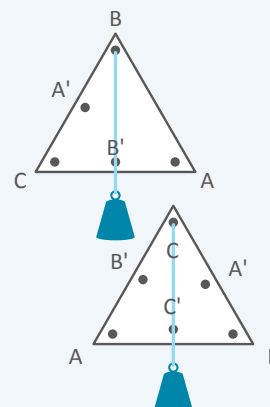
(2)



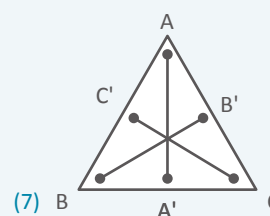
(3)(4)



(5)



(6)



(7)

1.2 Máquinas Simples: Alavanca, Roldana Fixa e Móvel e Plano Inclinado

Como se pode vencer uma força mais facilmente?

O Homem, ao longo da sua história, procurou realizar as suas tarefas com o menor esforço físico. Para isso, desenvolveu e utilizou meios auxiliares. Os primeiros foram a alavanca, a roldana e o plano inclinado que, pela sua simplicidade, ficaram conhecidos por Máquinas Simples.

1.2.1 Alavanca

A alavanca constitui uma das máquinas mais importantes e também das mais antigas. Tem como objetivo usar forças menores do que as normalmente necessárias para poder mover os corpos.

Uma alavanca é uma máquina simples formada por um corpo rígido, geralmente uma barra, que se apoia e pode girar em torno de um ponto fixo designado por fulcro. Na alavanca são aplicadas duas forças: a força que se pretende vencer, a **força resistente**, e a força que é necessário aplicar para vencer a primeira, a **força potente**.

A figura 52 mostra uma situação do dia a dia em que recorremos a uma alavanca para levantar uma pedra. Na alavanca considerada, o fulcro situa-se entre os pontos de aplicação das duas forças.

Para levantar a pedra, a força aplicada sobre a barra terá de fazer com que a barra rode em torno do fulcro. Só existe rotação se a linha de ação da força aplicada sobre a barra não for no mesmo plano do eixo de rotação.

O efeito de rotação da força aplicada é máximo quando esta for perpendicular à barra. A grandeza física que permite medir o efeito rotativo de uma força chama-se **momento da força**. A intensidade do momento de uma força, M , calcula-se através do produto da intensidade da força aplicada, F , pelo braço da força, b . Este é a distância medida na perpendicular entre a linha de ação da força e o fulcro.

$$M = F b$$

O momento de uma força é uma grandeza vetorial, cuja unidade no Sistema Internacional de Unidades é o N·m.

Portanto, para a mesma força aplicada, quanto maior for o braço, maior é o momento da força. Para o mesmo braço, quanto maior for a força aplicada, maior é o momento da força.



Figura 52 - Alavanca.

A saber:

O momento das forças mede o seu efeito de rotação.

No Sistema Internacional o momento duma força mede-se em N·m.



Figura 53 - Balança comercial.

A balança comercial é um outro exemplo da aplicação prática da alavanca. O valor obtido na balança é lido quando a alavanca está em equilíbrio, isto é, quando os dois momentos das duas forças, força potente e resistente, são iguais:

$$M_{\text{potente}} = M_{\text{resistente}}$$

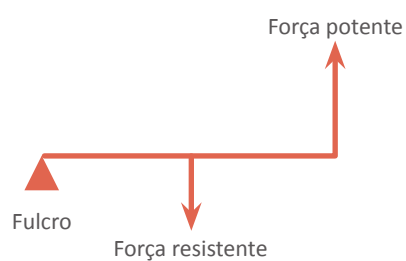
Tipos de Alavancas

As alavancas são classificadas consoante as forças (potente e resistente) atuam ou não do mesmo lado do fulcro. Assim, as alavancas podem ser de três tipos:

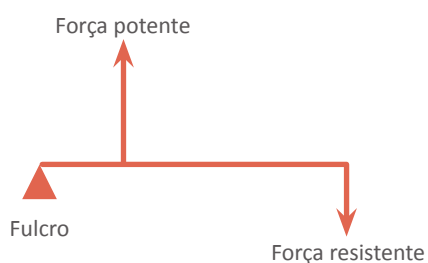
- Primeira ordem ou interfixa: o fulcro encontra-se entre a força potente e a força resistente.



- Segunda ordem ou interresistente: a força resistente encontra-se entre o ponto de aplicação da força potente e o fulcro.



- Terceira ordem ou interpotente: o ponto de aplicação da força potente encontra-se entre o ponto de aplicação da força resistente e o fulcro.



1.2.2 Roldana

Tal como a alavanca, a roldana é também uma máquina simples. A força exercida, a força potente, e a força que se pretende vencer, a força resistente, aplicam-se através de um fio que passa por entre um sulco, na extremidade da roldana, fazendo-a girar em torno de um eixo que passa pelo seu centro.

Quando sobre um corpo se aplica uma força por ação de um fio, a força que o fio exerce sobre o corpo designa-se por **tensão do fio (T)**. A tensão que o fio exerce sobre o corpo tem como par ação-reação a força que o corpo exerce sobre o fio.

No caso de a **massa da roldana ser considerada desprezável** e o **fio ser inextensível**, a **força potente** tem a mesma intensidade da **força resistente**. O único efeito é o de alterar as direções das forças como se mostra na figura 54.

Contudo, se combinarmos roldanas, a força potente pode ter uma intensidade inferior ao da resistente, dependendo da combinação e do número de roldanas.

Estudemos, agora, uma aplicação de roldanas para reduzir a força necessária para levantar um objeto.

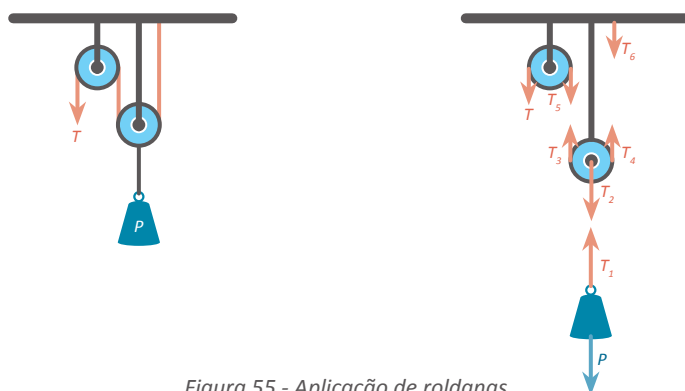


Figura 55 - Aplicação de roldanas.

Se a massa das roldanas for desprezável e o fio inextensível, podemos considerar $P = T_1$

$$\begin{aligned} T_1 &= T_2 \\ T_3 &= T_4 = \frac{T_2}{2} \\ T_3 &= T_5 \\ T_5 &= T \end{aligned}$$

Da resolução deste sistema obtém-se $T = \frac{P}{2}$

Nesta configuração, com duas roldanas (uma fixa e outra móvel), a força potente, T , é igual à metade do peso, P , que é a força resistente.

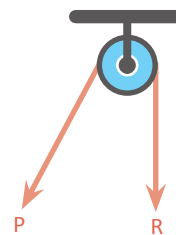


Figura 54 - Roldana simples.

A saber:

Tensão do fio, T , é a força exercida sobre um corpo pela ação de um fio.

A saber:

Um sistema diz-se em equilíbrio estático quando se encontra em repouso.

Um sistema diz-se em equilíbrio dinâmico quando possui movimento uniforme.

NOTA:

A massa da roldana pode ser considerada desprezável, quando comparada com a massa dos dois corpos que fazem força nas extremidades. Nesse caso a roldana não altera o balanço de forças no fio.

Um fio considera-se inextensível quando, em qualquer ponto do fio, a tensão tem a mesma intensidade.

1.2.3 Plano inclinado

O plano inclinado é também um exemplo de uma máquina simples. Possivelmente, a máquina simples mais antiga do mundo.

Como o nome sugere, trata-se de uma superfície plana e inclinada que forma um ângulo menor que 90° com a horizontal. É utilizado, quando se pretende deslocar um corpo entre posições com alturas diferentes.

Consideremos, agora, uma aplicação do plano inclinado para reduzir a força necessária para colocar carga dentro de um caminhão.

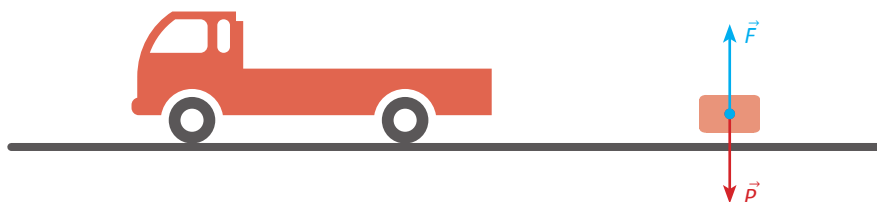


Figura 56 - Durante a subida, com velocidade constante é necessário aplicar uma força $F = P$

A força mínima que é necessária exercer na carga durante a subida, para a colocar dentro do caminhão, é igual ao valor do peso dessa carga, isto é, $F = P = mg$.

Se, para colocarmos a carga dentro do caminhão utilizarmos um plano inclinado, a força que é necessária exercer sobre a carga é inferior ao valor do seu peso. Isto é, $F = P_x = m \cdot g \cdot \sin \theta$, onde θ é ângulo de inclinação. Contudo, a distância percorrida pela carga é superior.

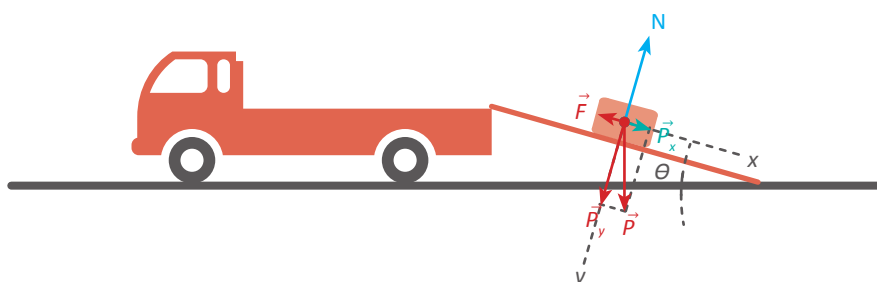


Figura 57 - Durante a subida, com velocidade constante, é necessário aplicar uma força $F < P$.

Assim, quando se move um corpo sobre um plano inclinado, a força necessária a aplicar nesse corpo para o deslocar entre posições com alturas diferentes, é inferior à necessária caso não existisse o plano inclinado. No entanto a distância percorrida pelo corpo é superior neste caso.

Vantagem Mecânica de Máquinas Simples

A vantagem mecânica de um sistema pode definir-se de duas maneiras:

- Vantagem mecânica estática real (V_{ME}) é definida pela razão entre a força resistente (R) e a força potente (P), onde esta é a força necessária para o [equilíbrio estático do sistema](#), ou seja:

$$V_{ME} = \frac{R}{P}$$

- Vantagem mecânica dinâmica (V_{MD}) é definida pela razão entre a força resistente (R) e a força potente (P), onde esta é a força necessária para o [equilíbrio dinâmico do sistema](#):

$$V_{MD} = \frac{R}{P}$$

Questão resolvida

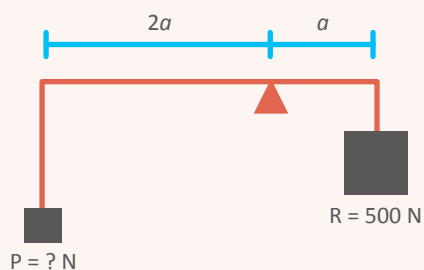
1. Classifique os tipos de alavancas apresentadas na figura.



Resolução:

A. interfixa, B. interfixa, C. interpotente, D. interfixa, E. interwresistente, F. interfixa.

2. Considere que a alavanca interfixa, representada na figura, se encontra em equilíbrio. Determine o valor da força potente (P) aplicada.



Resolução:

Quando a alavanca está em equilíbrio, os dois momentos das forças são iguais:

$$M_{potente} = M_{resistente}$$

assim, $Pb_p = Rb_r$, sendo b_p e b_r os braços da força potente e da força resietnte respetivamente, como, $b_p = 2a$ e $b_r = a$ temos:

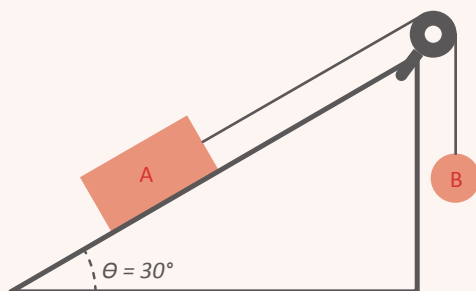
$$P2a = Ra$$

pelo que,

$$P = \frac{R}{2} = 250 \text{ N}$$

O valor da força potente (P) aplicada a esta alavanca interfixa para se verificar o equilíbrio é de 250 N.

3. Considere um sistema constituído por dois corpos, como se mostra na figura. Os corpos A e B têm massas 10 e 8 kg, respetivamente. O plano inclinado faz um ângulo de 30° com a horizontal.



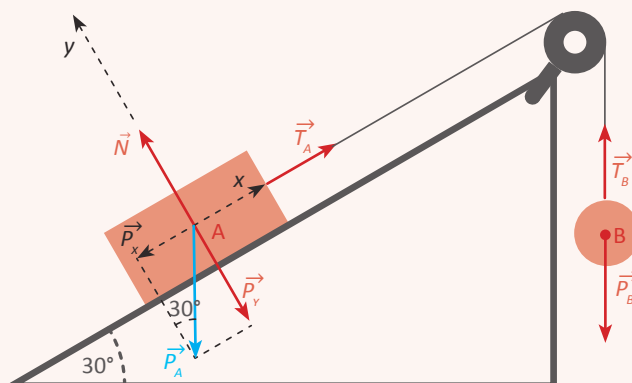
3.1. Represente as forças que atuam em cada um dos corpos.

3.2. Mostre que, como resultado destas forças, o corpo B desloca-se para baixo e o corpo A sobe o plano inclinado.

3.3. Calcule a aceleração do sistema.

Resolução:

3.1.



3.2. A componente do peso na direção do movimento, para o corpo A é:

$P_x = m_A \cdot g \cdot \sin 30^\circ$, ou seja $P_x = 49$ N, no sentido da esquerda.

A componente do peso na direção do movimento, para o corpo B é o seu peso, $P_B = 78,4$ N, que é contrária à componente do corpo A.

Assim sendo, como $P_B > P_x$, o corpo B desloca-se para baixo e o corpo A sobe o plano inclinado.

3.3. Os corpos têm a mesma aceleração. Recorrendo a um sistema de duas equações a duas incógnitas, pode calcular-se simultaneamente a tensão no fio e a aceleração.

$$T - P_x = m_A \cdot a$$

$$P_B - T = m_B \cdot a$$

E portanto $a = 1,6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ e a tensão no fio é de 66 N.

1.3 Lei da Gravitação Universal

Foi Isaac Newton o primeiro a formular matematicamente, na sua famosa Lei da Gravitação Universal, o facto de que quaisquer dois corpos físicos se atraírem mutuamente. Diz a história popular que Newton terá tido a inspiração para a lei da Atração Universal, que viria a deduzir, ao observar a queda de uma maçã. Mesmo que não seja verdade, ela permite-nos mostrar como Newton foi ousado para a sua época, ao comparar o comportamento de um objeto terrestre, a maçã, com o comportamento dos corpos celestes, neste caso a Lua, que se julgava pertencerem a um mundo à parte, um mundo divino. O movimento dos astros era já bem compreendido no tempo de Newton, sendo aceite a teoria heliocêntrica de Copérnico. Os planetas, rodando em torno do Sol, ou as luas rodando em torno de um planeta, obedeciam às **Leis de Kepler**:

- **1ª Lei** - A trajetória dos planetas é uma elipse, com o Sol ocupando um dos focos. Esta lei encontra-se ilustrada na figura 58 onde se representam as trajetórias de diferentes corpos em torno do Sol. Apenas no caso de Mercúrio (1), do asteroide (5) e do cometa (6) é possível notar a olho nu a diferença entre uma circunferência e uma elipse.

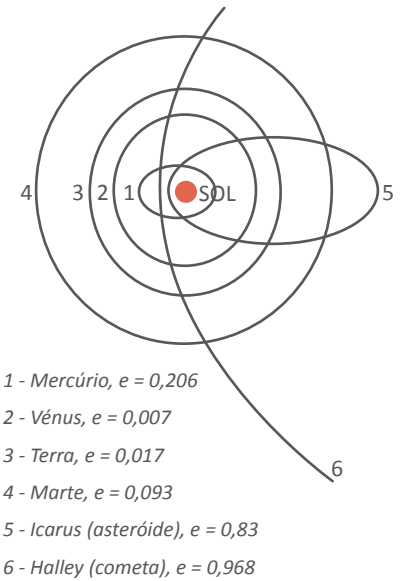


Figura 58 - Trajetória de diferentes corpos em torno do Sol.

A equação de uma elipse é dada matematicamente pela expressão

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$$

onde a e b são os semieixos da elipse.

O afastamento da elipse de uma forma circular é avaliado pela excentricidade (e). Quanto maior for este parâmetro, mais alongada será a elipse. Uma circunferência tem excentricidade nula.

- **2ª Lei** - Nas suas trajetórias, os planetas descrevem áreas iguais em tempos iguais, como se mostra na figura 59. Isto significa que um astro será mais rápido quando estiver próximo do Sol e mais lento quando estiver mais afastado.

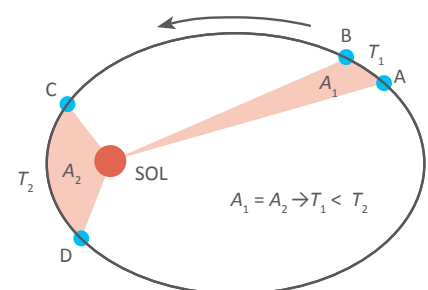


Figura 59 - Trajetória de um planeta em torno do Sol.

- **3ª Lei** - Os períodos de rotação dos planetas e a sua distância média ao Sol estão relacionados, de forma que o quadrado do período T é proporcional ao cubo da distância R . Esta lei pode-se traduzir pela expressão

$$K = \frac{R^3}{T^2}$$

onde K é a constante de Kepler, e encontra-se exemplificada na figura 60, onde se apresenta a relação entre o período e o raio da trajetória para os planetas do sistema solar.

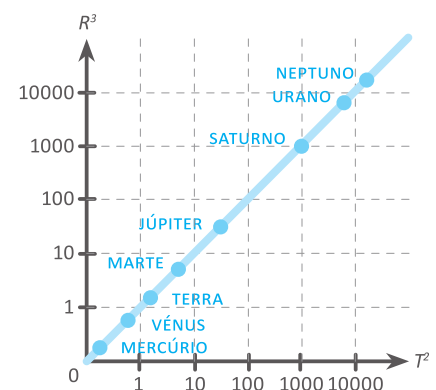


Figura 60 - Ilustração da 3ª Lei de Kepler.

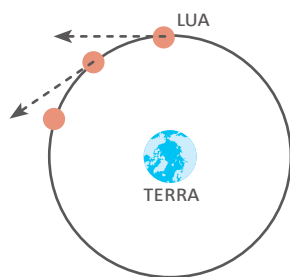


Figura 61 - Sem a atração da Terra, a Lua teria um movimento retilíneo uniforme.

O génio de Newton terá sido o de deduzir que, se uma maçã cai em direção ao centro da Terra com uma certa aceleração que resultará da atração que a esta exerce sobre a maçã, também a Lua deveria estar a cair continuamente para o centro da Terra, com uma aceleração que traduz a atração da Terra. Esta queda está ilustrada na figura 61. Se não houvesse a atração da Terra, a Lua deveria ter um movimento retilíneo uniforme.

Como a Lua tem de facto um movimento circular uniforme, a aceleração desse movimento deve resultar da mesma força que faz cair a maçã.

Recordemos que no movimento circular uniforme, com velocidade angular ω constante, se tem

$$v = \omega r = \frac{2\pi}{T} r$$

em que r é o raio da circunferência.

Então a aceleração normal ou centrípeta deste movimento toma a expressão

$$a_c = \frac{v^2}{r} = \omega^2 r = \frac{4\pi^2}{T^2} r$$

Se a força que se exerce sobre uma maçã é o produto da sua massa pela aceleração, também a força que a Terra exerce sobre a Lua (F_G) deverá ser o produto da massa da Lua (m_L) pela sua aceleração (a)

$$F_G = m_L a = m_L \frac{4\pi^2}{T^2} r$$

Usando agora a 3ª lei de Kepler, podemos escrever, para a força que a Terra exerce sobre a Lua, a expressão

$$F_G = K 4\pi^2 \frac{m_L}{r^2}$$

Isto é, a força que a Terra exerce sobre a Lua é proporcional à massa da Lua e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre os dois corpos. Pela Terceira Lei de Newton, a toda ação de um corpo (Terra) sobre outro corpo (Lua) deve corresponder uma reação do segundo corpo (Lua) sobre o primeiro (Terra).

Admitindo a universalidade da lei da atração, essa reação deve ser proporcional à massa da Terra. Por isso, a Força de Atração Universal entre quaisquer dois corpos, A e B, deve ser proporcional ao produto das suas massas, e a Lei da Atração Universal traduz-se pela expressão

$$F_G = G \frac{m_A m_B}{R^2}$$

em que R é a distância entre os corpos.

Lei de Atração Universal:

Quaisquer dois corpos atraem-se mutuamente com uma força que em módulo é proporcional ao produto das suas massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre elas.

A constante G que aparece na expressão anterior é a Constante de Atração Universal e vale no Sistema Internacional de Unidades

$$G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{Kg}^{-2}.$$

A massa que intervém na Lei da Atração Universal mede o poder de atração dos corpos, que se pensa ser proporcional à sua quantidade de matéria. Este conceito de massa é diferente daquele que intervém na Segunda Lei de Newton, onde a massa mede a inércia dos corpos. Até hoje, ainda não se encontrou um desvio da proporcionalidade entre ambos os conceitos de massa e por isso eles são usados de forma indiferente.

Para representarmos a Força de Atração Gravitacional na sua forma vetorial, devemos considerar, por simplicidade, que é a massa M que exerce a atração sobre a massa m , como se mostra na figura 62. O sistema de eixos adequado para descrever esta situação é centrado na massa atraente, e com o vetor unitário (versor), \vec{u}_r , de direção radial a apontando para fora, como se mostra na figura.

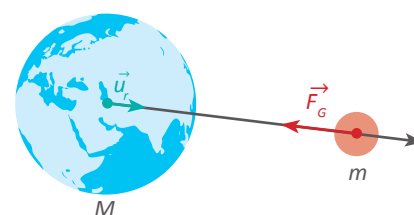


Figura 62 - Força de atração gravitacional entre Terra e Lua.

Neste sistema de eixos a Força de Atração Universal exprime-se como

$$\vec{F}_G = -G \frac{Mm}{R^2} \vec{u}_r$$

Trata-se de uma força **central**, pois atua segundo a reta que une os centros dos corpos, **radial**, pois tem a direção do raio, e é **atrativa**.

Questão resolvida

1. Considere que se pretende colocar um corpo numa posição entre a Terra e a Lua de tal forma que a força gravitacional com que a Terra o atrai é igual a força gravitacional com que a Lua o atrai. Sabendo que a massa da Lua é 81 vezes inferior a da Terra e a sua distância à Terra é $3,84 \times 10^5$ km calcule a que distância do centro da Terra se deve colocar o corpo.

Resolução:

Designa-se as massas da Terra por M_T , da Lua por M_L e do corpo por m , e atendendo a que a intensidade das forças gravitacionais sobre o corpo são iguais,

$$G \frac{M_T m}{R^2} = G \frac{M_L m}{(3,84 \times 10^5 - R)^2}, \text{ sendo } R \text{ a distância da Terra ao corpo.}$$

$$\text{tendo em conta que } M_L = \frac{M_T}{81},$$

$$\frac{81 \times M_T}{R^2} = \frac{M_L}{(3,84 \times 10^5 - R)^2}$$

resolvendo em função da distância do corpo ao centro da Terra,

$$R = 3,46 \times 10^5 \text{ km.}$$

Atividade Prática de Sala de Aula

APSA B-2.2: Experiência de Cavendish

Questão-problema: Como determinar a massa da Terra e a do Sol?

Objetivo: Determinação da massa da Terra ou da massa do Sol, através da Lei da Gravitação Universal.

Recursos:

- Computador com Internet
- Manuais

Procedimento:

1. Elabore uma pesquisa sobre como se determinou experimentalmente, pela primeira vez, o valor da constante gravitacional universal.
2. Tendo em conta a Lei da Gravitação Universal, a Terceira Lei de Kepler e a Segunda Lei de Newton, responda à questão-problema.

1.4 Características do movimento de um corpo de acordo com a resultante das forças e as condições iniciais do movimento

O movimento de um corpo é determinado pela sua velocidade inicial e pela força resultante que sobre ele atua.

Corpos sujeitos a interações iguais percorrem trajetórias diferentes se as condições iniciais do movimento forem diferentes.

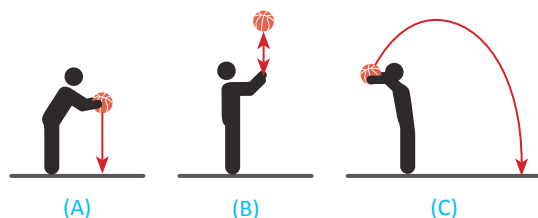


Figura 63 - A - Uma bola abandonada de uma certa altura cai na vertical. B - Se for lançada na vertical com uma certa velocidade sobe na vertical até dada altura, inverte o sentido do movimento, voltando depois a cair na vertical. C - Se for lançada numa direção não vertical descreve uma trajetória curvilínea.

1.4.1 Queda Livre

Que tipo de movimento têm os corpos em queda livre, na superfície da Terra?

Um corpo que cai ou é lançado para cima, na vertical, em circunstâncias que permitem desprezar a resistência do ar, fica apenas sujeito à interação gravitacional e diz-se em **queda livre**. Este corpo está sujeito a uma força constante que lhe provoca uma aceleração também constante, e tem movimento **retilíneo uniformemente variado**.

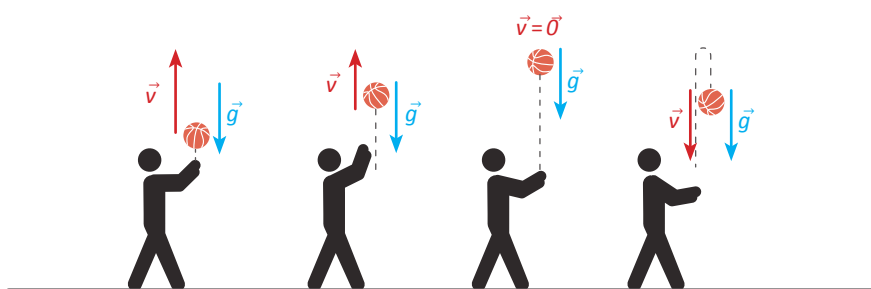


Figura 64 - Tanto na subida como na descida a aceleração do corpo é sempre \vec{g} .

Na **subida**, como o sentido da aceleração é oposto ao da velocidade inicial do corpo, o módulo da velocidade vai diminuir e o movimento é **uniformemente retardado**.

O corpo atinge a altura máxima quando a velocidade se anula e inverte o sentido do movimento.

Na **descida**, a aceleração e a velocidade têm o mesmo sentido e o movimento é **uniformemente acelerado**.

A saber:

A força gravítica provoca sempre a aceleração gravítica, aumentando o módulo da velocidade na descida e diminuindo-o na subida.

Questão resolvida

1. Uma bola de basquetebol é lançada verticalmente para cima, a partir do solo, com uma velocidade inicial de $40 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Desprezando a resistência do ar e considerando $g = 10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, calcule:

1.1. O tempo que a bola levou a atingir a altura máxima.

1.2. A altura máxima atingida.

1.3. O tempo necessário para a bola voltar ao solo.

1.4. O módulo da velocidade no instante em que a bola toca o solo.

Resolução:

1.1. Para determinar o tempo de subida, aplica-se a equação da velocidade, sabendo que a velocidade final é nula:

$$0 = v_0 - gt_{\text{subida}} \Leftrightarrow t_{\text{subida}} = \frac{v_0}{g} \quad t_{\text{subida}} = \frac{40}{10} \Leftrightarrow t_{\text{subida}} = 4 \text{ s}$$

1.2. Aplicando a lei do movimento, determina-se a altura que a bola atinge e que traduz a variação entre as posições y e y_0 , $y - y_0 = h$. Assim:

$$h = v_0 t - \frac{1}{2} gt^2. \text{ Substituindo } t \text{ pelo tempo determinado na alínea anterior, vem } h = 40 \times 4 - \frac{1}{2} \times 10 \times 4^2 \Leftrightarrow h = 80 \text{ m}.$$

1.3. Para calcular o tempo de descida, recorre-se à equação do movimento, tendo-se a atenção que, no instante em que a bola inverte o sentido do movimento, a velocidade é nula ($v = 0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$).

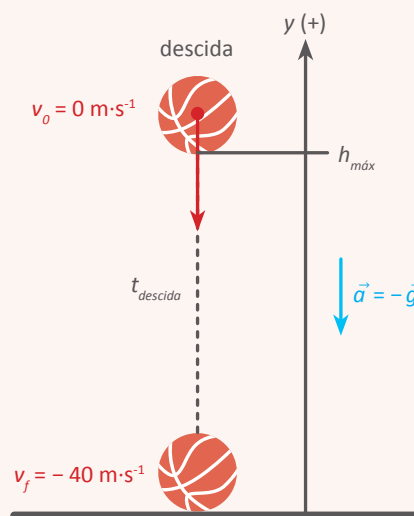
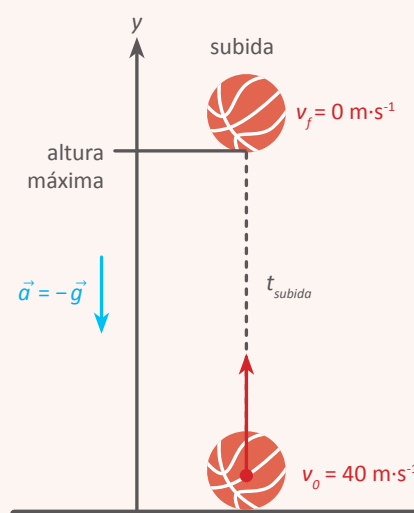
$$y - y_0 = v_0 t - \frac{1}{2} gt^2 \quad 0 - 80 = -5t^2 \Leftrightarrow t = 4 \text{ s, o que leva à conclusão que o tempo de subida é igual ao tempo de descida.}$$

1.4. O valor da velocidade com que o corpo volta ao solo obtém-se recorrendo à equação de velocidade, substituindo o tempo pelo valor anteriormente determinado.

$$v = v_0 - gt$$

$$v = 0 - 10 \times 4 \Leftrightarrow v = -40 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$

Repare-se que, em módulo, a velocidade com que inicia a subida é igual à velocidade com que o corpo volta a atingir o solo.



1.4.2 Lançamento horizontal de projéteis

Quando um corpo é lançado de uma certa altura, na direção horizontal, fica sujeito apenas à força da gravidade, se a resistência do ar for desprezável.

Como se caracteriza o movimento de um projétil lançado horizontalmente, com resistência do ar desprezável?

Um corpo lançado horizontalmente, com resistência do ar desprezável, descreve uma trajetória parabólica que é o resultado da composição de dois movimentos independentes e simultâneos:

- Na **direção vertical**, é um movimento **uniformemente acelerado**, pois é atuado pela força da gravidade, que lhe comunica a **aceleração gravítica**, g , com sentido para o centro da Terra.
- Na **direção horizontal**, é um movimento **uniforme**, pois a resultante das forças é nula, e mantém a **velocidade igual à velocidade inicial** de lançamento.

Em cada ponto a velocidade resultante é tangente à trajetória, e dada pela soma vetorial das suas componentes: a horizontal e a vertical.

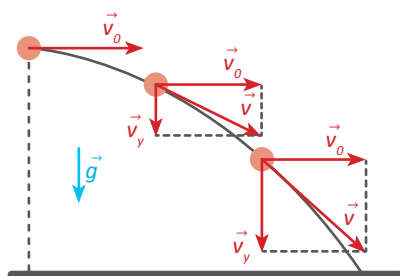
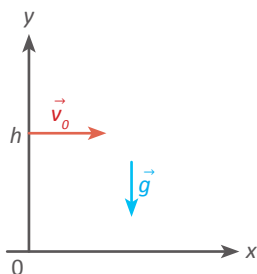


Figura 65 - Decomposição do vetor velocidade durante a descida.

Segundo o sistema de coordenadas representado, as condições iniciais do movimento são:

$$\begin{cases} x_0 = 0 & \text{e} & v_{x0} = v_0 & \text{e} & a = -g \\ y_0 = h & \text{e} & v_{y0} = 0 \end{cases}$$



Tendo em conta, o tipo de movimento em cada eixo, podem-se obter as expressões matemáticas para cada componente.

A saber:

Quando um corpo é lançado com projeção, isto é, quando se pretende que o ponto de queda seja diferente do local de lançamento, então diz-se que o corpo é um **projétil**.

A saber:
Na horizontal o movimento é uniforme e na vertical é uniformemente acelerado.

O movimento na vertical, y , pode ser descrito pelas seguintes equações:

Lei do movimento : $y = h - \frac{1}{2}gt^2$

Lei das velocidades: $v_y = -gt$

O movimento na horizontal, x , pode ser descrito pelas seguintes equações:

Lei do movimento : $x = x_0 + v_0 t$

Lei das velocidades: $v_x = v_0$

Um projétil lançado horizontalmente, descreve uma trajetória parabólica, cuja equação, $y = f(x)$, pode ser obtida através eliminação de t nas equações $x = v_0 t$ e $y = h - \frac{1}{2}gt^2$.

Obtém-se, assim a equação $y = h - \frac{1}{2} \frac{g}{v_0^2} x^2$

Qual o alcance máximo que o projétil, lançado horizontalmente, pode atingir?

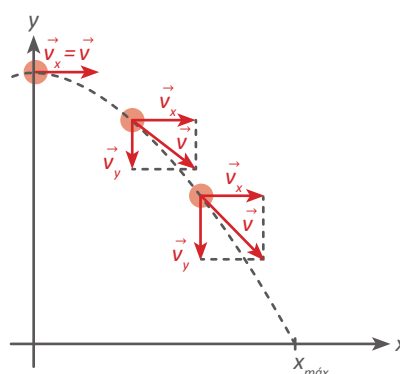


Figura 66 - Movimento de um projétil.

Quando o projétil chega ao solo, atinge o seu alcance, $x = x_{\text{máximo}}$, e a altura é nula, $y = 0$.

A partir da equação $y = h - \frac{1}{2}gt^2$ pode determinar-se o tempo que o projétil demora a chegar ao solo, t_{queda} : $0 = h - \frac{1}{2}gt^2$

$$t_{\text{queda}} = \sqrt{\frac{2h}{g}}.$$

A saber:
Quanto maior a altura, maior é o tempo de queda.

Substituindo esta na expressão $x = v_0 t$ obtém-se para o alcance máximo, a seguinte expressão: $x_{\text{máx}} = v_0 t_{\text{queda}}$

$$x_{\text{máx}} = v_0 \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

A análise desta expressão permite concluir que, para um projétil lançado de uma dada altura, h , quanto **maior** for o valor da **velocidade de lançamento**, **maior** será o **alcance**.

Também a dependência do **valor de g** , mostra que os **tempos de queda** em **diferentes** planetas são diferentes. Por exemplo, um mesmo lançamento na Terra e na Lua, teria um alcance maior na Lua, pois $g_{\text{Lua}} < g_{\text{Terra}}$.

A saber:

Uma das consequências, das velocidades serem independentes no movimento de um projétil, é ter um tempo de queda igual ao que teria se caísse na vertical.

Verificação do tempo de queda igual quando as condições iniciais são diferentes

Coloque na extremidade de uma mesa uma régua, pressionada no meio, e duas moedas (figura 67). Aplique um impulso numa das extremidades, para que uma das moedas caia verticalmente e a outra seja atirada lateralmente na horizontal.

Os sons dos impactos com o solo são simultâneos.

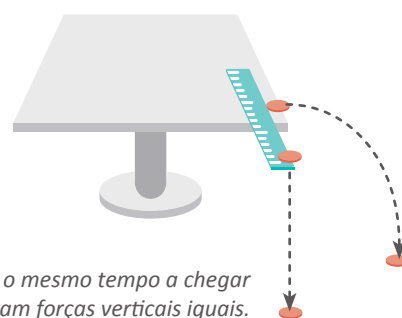


Figura 67 - As moedas demoram o mesmo tempo a chegar ao solo. Em ambas as moedas atuam forças verticais iguais.

Questão resolvida

1. Durante um jogo de futebol, um jogador efetua um lançamento de linha lateral atirando a bola paralelamente ao solo, com velocidade de $4,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. A bola foi lançada de uma altura de $1,90 \text{ m}$.

Despreze a resistência do ar.

Calcule:

- 1.1. O tempo que a bola demora a chegar ao solo.
- 1.2. A distância entre o jogador e o local em que a bola bateu no solo.
- 1.3. O valor da velocidade com que a bola bate no solo.
- 1.4. O tempo que a bola demoraria a bater no solo, se fosse deixada cair da mesma altura na vertical.
- 1.5. O tempo que a bola demoraria a cair, se fosse na Lua e se $g_{\text{Lua}} = \frac{1}{6} g_{\text{Terra}}$.

Resolução:

$$1.1. y = h - \frac{1}{2}gt^2 \Leftrightarrow 0 = 1,90 - \frac{1}{2} \times 9,80 t^2 \Leftrightarrow t = 0,623 \text{ s}$$

$$1.2. x = x_0 + v_0 t \Leftrightarrow x = 0 + 4,0 \times 0,623 \Leftrightarrow x = 2,5 \text{ m}$$

$$1.3. v_x = 4,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \Leftrightarrow v_y = -gt \Leftrightarrow v_y = -9,80 \times 0,623 \Leftrightarrow v_y = -6,10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = 7,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$

$$1.4. t = 0,623 \text{ s}$$

$$1.5. y = h - \frac{1}{2}gt^2 \Leftrightarrow 0 = 1,90 - \frac{1}{2} \times \frac{1}{6} \times 9,80 t^2 \Leftrightarrow t = 1,52 \text{ s}$$



Figura 68 - Newton pensou que se a velocidade de lançamento da bala de canhão fosse suficientemente elevada, ela iria descrever uma trajetória circular, acompanhando a curvatura da Terra.

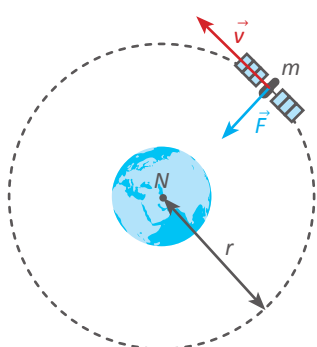


Figura 69 - Órbita de um satélite.

1.4.3 Satélites geostacionários

O Sputnik foi o primeiro satélite lançado para o espaço, pela URSS (ex-União Soviética), a 4 de Outubro de 1957. Este satélite tinha 83 kg de massa e alcançava uma altitude entre 225 e 950 km. Desde esse primeiro lançamento, mais de 3800 foguetões e 4800 satélites artificiais foram lançados da Terra, estando cerca de 300 em funcionamento.

Como se coloca um satélite em órbita?

Foi Newton quem explicou que, teoricamente, um objeto lançado com elevada velocidade, a partir da superfície da Terra, poderia ser colocado em órbita.

Este cientista imaginou um canhão, colocado no cimo da montanha mais alta da Terra, que lançasse horizontalmente balas. Estas descreveriam trajetórias parabólicas, caindo para a superfície da Terra, por ação da força gravítica, a distâncias cada vez maiores, quanto maior fosse a velocidade de lançamento. Haveria uma velocidade em que a bala permaneceria em órbita terrestre, sob a influência da **força gravítica**, e, desprezando a resistência do ar, com **velocidade de módulo constante**.

Um **satélite**, de massa m , colocado numa órbita circular de raio r , gira, sempre à mesma distância da Terra, com **movimento circular uniforme**.

A força gravítica, que tem sempre o sentido para o centro de massa da Terra, é responsável pela mudança de direção do vetor velocidade, mas não altera o seu valor. Assim, a **aceleração tangencial** em cada ponto da trajetória é **nula**, mas **existe** aceleração com a mesma direção e sentido da força, designada por **aceleração centrípeta**.

Também a **força**, que atua no satélite de massa m , é uma **força centrípeta**, cuja intensidade é determinada da seguinte forma:

A saber:

A aceleração centrípeta é

$$a_c = \frac{v^2}{r}$$

$$F_c = m \frac{v^2}{r}$$

Como se determina a velocidade orbital de um satélite?

A **força centrípeta**, responsável pelo m.c.u. do satélite, é proveniente da **força de atração gravitacional** que se exerce entre a Terra e o satélite.

Igualando as expressões das forças, deduz-se a **velocidade orbital** do satélite:

$$F_c = F_G \Leftrightarrow m \frac{v^2}{r} = G \frac{m_T m}{r^2} \Leftrightarrow v = \sqrt{\frac{G m_T}{r}}$$

Sendo m_T a massa da Terra e m a massa do satélite.

A **velocidade orbital** do satélite ...

... **depende**:

- do raio da órbita;
- da massa do planeta em torno do qual orbita.

... **não depende**:

- da massa do satélite.

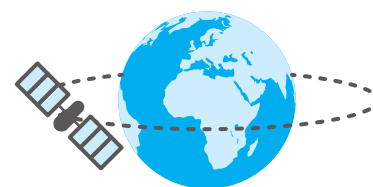


Figura 70 - Órbita geoestacionária.



Figura 71 - Órbita polar.

Quais as características de um satélite geostacionário?

Os **satélites geostacionários** têm esta designação, pois parecem estar em repouso relativamente à Terra. Orbitam em trajetórias circulares em torno do planeta e demoram **24 horas** a dar uma volta completa, o que coincide, por isso, com o período de rotação da Terra.

Para que o satélite seja geostacionário é necessário colocá-lo, **sobre o equador**, a uma altitude aproximadamente igual a 35800 km, relativamente à superfície terrestre, mantendo um determinado valor de velocidade - **velocidade orbital**.

A saber:

O satélite geostacionário demora 24 horas a dar uma volta à Terra.

Questão resolvida

Um satélite geostacionário é colocado em órbita circular, a uma altitude de 35800 km.

Considerando o raio e a massa da Terra, respetivamente, $r = 6,4 \times 10^6$ m e $m_T = 5,98 \times 10^{24}$ kg, determine:

1. O valor da aceleração da gravidade no ponto em que o satélite é colocado em órbita.
2. O valor da velocidade orbital do satélite.

Resolução:

$$1. F_c = F_G \Leftrightarrow m a_c = G \frac{m_T m}{r^2} \Leftrightarrow a_c = G \frac{m_T}{r^2} \Leftrightarrow a_c = 6,67 \times 10^{-11} \frac{5,98 \times 10^{24}}{(35,8 \times 10^6 + 6,4 \times 10^6)^2} \Leftrightarrow a_c = 0,22 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$2. a_c = \frac{v^2}{r} \Leftrightarrow v = 3,1 \times 10^3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}.$$

1.5 Cinto de segurança. Capacete

A saber:

Todos os ocupantes de veículos devem usar cinto de segurança nos automóveis e usar capacete nos motociclos.



A segurança e a prevenção dos acidentes rodoviários também passa pelos dispositivos instalados nos automóveis, como os cintos de segurança e a utilização dos capacetes nos veículos de duas rodas.

A utilização do cinto de segurança evita choques entre os passageiros e o condutor, choques com partes internas dos veículos e impede a projeção dos ocupantes para fora do veículo.

Como atua o cinto de segurança?

Num meio de transporte, os passageiros seguem com a mesma velocidade do veículo. Em caso de travagem brusca, os passageiros tendem a manter o seu estado de movimento (Lei da Inércia) e podem ser projetados.

O cinto de segurança permite diminuir a **pressão** que é exercida sobre os passageiros, devido ao aumento da área em que a força é exercida.

A **pressão** (p) é uma grandeza física escalar que mede a intensidade da força (F) que é exercida por unidade de área (A).

$$p = \frac{F}{A}$$

A saber:

Quanto maior for a área onde a força atua, menor será a pressão exercida.

A unidade SI de pressão é o pascal (Pa): $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$.

O conceito de pressão permite interpretar muitas situações do dia a dia.

Por exemplo, num prego, a força que é exercida na cabeça distribui-se por uma área muito pequena para que a pressão seja grande e ele fique espetado.

A saber:

A largura dos cintos de segurança é estudada de forma a diminuir a pressão exercida sobre os passageiros.

O cinto de segurança faz com que a **força de colisão** seja distribuída pelo peito, ombros e anca, ou seja, por uma **área maior**, o que significa que a **pressão será menor** do que seria sem cinto. Neste caso a força concentrava-se mais numa parte do corpo, nomeadamente na cabeça, de que resultara uma maior pressão.

Como funciona o cinto de segurança?

Durante a colisão de um veículo com um obstáculo, ou mesmo durante uma travagem brusca, atua no veículo uma força (**força de colisão** ou de **impacto**), visível pelos danos causados.

O seu valor médio, durante a colisão ou a travagem será dado por:

$$F_{\text{média}} = ma_{\text{média}} \Leftrightarrow F_{\text{média}} = m \frac{\Delta v}{\Delta t} \Leftrightarrow F_{\text{média}} = m \frac{v_f - v_i}{\Delta t}$$

em que v_f e v_i são os valores da velocidade final e inicial respetivamente e Δt é o intervalo de tempo.

Durante a colisão ou a travagem o movimento é retardado, a velocidade e a aceleração têm sentidos contrários e a força tem sentido contrário ao movimento.

Se o veículo acabar por se imobilizar, o módulo da força será dada por:

$$F_{\text{média}} = m \frac{v_i}{\Delta t}$$

Esta expressão permite-nos concluir que a força que o obstáculo exerce no veículo será tanto maior, quanto:

- maior for a velocidade do veículo;
- maior for a massa total do veículo;
- **menor for o intervalo de tempo que dura a colisão.**

Os **cintos de segurança** apresentam uma certa **elasticidade**, o que possibilita que o valor da velocidade diminua durante um intervalo de **tempo maior**. Assim, a intensidade da **força de colisão** (impacto) com o cinto é **menor** do que seria numa colisão com partes rígidas do veículo.

O **cinto de segurança**:

- **aumenta o tempo de colisão** e diminui a intensidade da força de impacto;
- **aumenta a superfície de contacto** e a intensidade da força de colisão é distribuída por uma área maior e o seu efeito diminui.

A saber:

Os cintos de segurança aumentam o tempo de imobilização dos passageiros devido à sua elasticidade.

Para que serve o capacete?

Os capacetes minimizam os efeitos de acidentes sobre o crânio.

Os capacetes protegem os seus utilizadores em caso de queda ou de colisão e baseiam-se no mesmo princípio dos cintos de segurança. Diminuem a força de colisão ou de impacto e a pressão exercida por essa força.

A saber:

A função do capacete é acomodar a cabeça, protegendo o crânio, diminuindo a força de impacto e a pressão exercida por essa força.

Os capacetes:

- aumentam o tempo de duração da colisão, pois contêm no seu interior material esponjoso que amortecem a pancada e por isso diminuem a força de colisão;
- aumentam a área de contacto onde se exerce a força de colisão, diminuindo a pressão exercida por essa força.

Os capacetes devem ser utilizados por ciclistas, motociclistas, praticantes de certos desportos e trabalhadores da construção civil, de modo a protegerem a cabeça, em caso de acidente.

Na tabela 6 apresentam-se as características e os resultados de testes sobre capacetes para moto.

Tabela 6

		CAPACETES PARA MOTO			
		NOLAN	XLITE	MARUSHIN	SHOEI
PREÇO (€) em Novembro de 2008		169,26 - 215	409,36	168,90 - 199	372,10 - 473
CARACTERÍSTICAS	termoplástico	✓			
	fibra		✓	✓	✓
	correia com mola e patilha	✓		✓	
	correia com mola				
	correia com fivela		✓		✓
	peso (kg)	1,4	1,4	1,4	1,4
RESULTADOS	absorção de choque	+	+	±	±
	sistema de retenção	±	±	±	+
	visibilidade da viseira	++	++	++	++
	pôr e tirar	+	+	+	±
	manusear com luvas	+	+	+	±
	conforto	+	+	+	±
	abrir e fechar a viseira	+	±	+	+
QUALIDADE GLOBAL (%)		68	67	66	64

Fonte: Revista Deco Proteste – Abril 2009, pág. 19

Questão resolvida

1. Um homem, de massa 70,0 kg, conduzia um veículo que circulava à velocidade de 50,0 km/h e efetuou uma travagem brusca. O seu cinto de segurança, de largura 5 cm e de comprimento de contacto 90 cm, imobilizou-o em 80 ms.

Determine:

1.1. A intensidade da força média que o cinto exerceu no homem.

1.2. A pressão exercida pela força de impacto no condutor.

Resolução:

1.1. Em módulo, a força média é

$$F_{\text{média}} = m \frac{v_i}{\Delta t} \Leftrightarrow F_{\text{média}} = 70 \times \frac{13,9}{80 \times 10^{-3}} \Leftrightarrow F_{\text{média}} = 1,2 \times 10^4 \text{ N}$$

1.2. $A = 5 \times 10^{-2} \times 90 \times 10^{-2} = 4,5 \times 10^{-2} \text{ m}^2$

$$p = \frac{F}{A} = \frac{1,2 \times 10^4}{4,5 \times 10^{-2}} = 2,7 \times 10^5 \text{ Pa}$$

Atividade Prático-Laboratorial

APL B-2.1: Plano inclinado

Questão-problema: É possível quantificar as vantagens da utilização de máquinas simples no dia a dia?

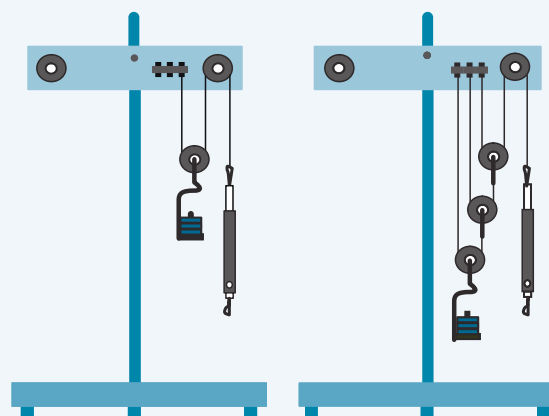
Objetivo: Estudo de roldanas e recolha de dados sobre as forças aplicadas, determinando a Vantagem Mecânica de roldanas.

Questões pré-laboratoriais:

1. Represente, para cada situação, as forças aplicadas.
2. Determine o valor teórico da potência.
3. Calcule o valor teórico da vantagem mecânica estática real.

Recursos:

- 1 tripé universal com haste e base
- 1 painel com 2 roldanas fixas e 3 fios com gancho
- 3 roldanas móveis com gancho
- 1 dinamómetro de 5 N
- 1 suporte para roldanas
- 1 conjunto de massas
- 1 régua de plástico



Procedimento:

1. Faça as duas montagens, de acordo com as figuras.
2. Anote o valor da massa utilizada e determine o valor da força resistente.
3. Coloque o sistema em equilíbrio, através da aplicação de uma força no dinamómetro, e meça o valor da força potente.
4. Puxe lentamente o dinamómetro para baixo, com velocidade constante, e meça o valor da força potente.
5. Execute o mesmo procedimento (pontos 2, 3 e 4) com massas diferentes.

Questões pós-laboratoriais:

1. Compare os valores determinados experimentalmente, para a força potente, com o valor teórico. Para cada valor encontrado calcule o desvio percentual.
2. Justifique o facto dos valores experimentais serem diferentes do valor teórico.
3. Dê resposta à questão-problema.

Atividade Prático-Laboratorial

APL B-2.2: Lançamento horizontal

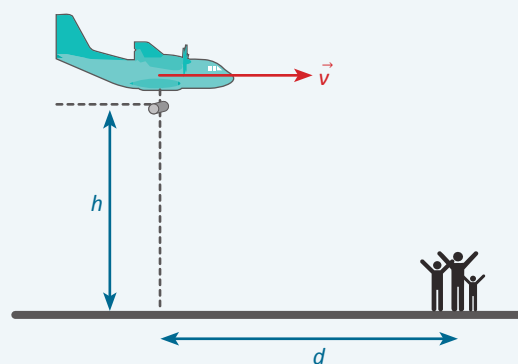
Questão-problema: Como pode um avião de socorro, que voa horizontalmente, lançar um pacote de mantimentos para uma população flagelada?

Objetivo: Estudo da relação entre velocidade de lançamento horizontal de um projétil e o seu alcance.

Questões pré-laboratoriais:

1. Caracterize o movimento de um corpo lançado horizontalmente, nas direções horizontal e vertical, quanto:

- 1.1. Às forças que atuam.
- 1.2. À variação da velocidade durante a queda.
- 1.3. À variação da aceleração.
- 1.4. Ao tipo de movimento.



Recursos:

- Calha flexível ou lançador de projéteis
- Corpo de forma esférica
- Célula fotoelétrica
- Cronómetro digital
- Fita métrica
- Papel químico e papel branco

Procedimento:

1. Proceda à montagem em cima de uma mesa, fazendo coincidir a extremidade da calha com a extremidade da mesa.
2. Coloque algumas folhas de papel branco no solo, sobrepondo-as com outras de papel químico.
3. Abandone a esfera de uma determinada altura da calha.
4. Registe o intervalo de tempo que a esfera demora a passar na célula fotoelétrica.
5. Meça o alcance atingido pela esfera.
6. Repita o procedimento abandonando a esfera de alturas diferentes.

Questões pós-laboratoriais:

1. A partir dos dados obtidos, represente o gráfico do valor médio da velocidade de lançamento (v_0) em função do valor médio do alcance ($x_{\text{máx.}}$). Determine:
 - 1.1. A equação da reta que melhor se ajusta ao conjunto de pontos experimentais.
 - 1.2. O declive da reta (declive experimental).
2. A partir das equações do movimento da esfera, deduza a expressão que relaciona o módulo da velocidade inicial de lançamento (v_0), com a altura (h) e o alcance (d): $x_0 = v_{0x} \sqrt{\frac{2h}{g}}$. Determine o declive teórico.
3. Calcule o erro relativo do declive, em percentagem.
4. Refira, justificando, se o valor do alcance sofria alterações se fosse utilizada uma esfera com massa maior.

Resumo

- A estabilidade do equilíbrio dos corpos apoiados depende da área da base de sustentação e da posição do centro de massa em relação à base. O equilíbrio é tanto maior quanto:
 - maior for a área da base de sustentação;
 - mais próximo da base de sustentação estiver o centro de gravidade.
- A vantagem mecânica estática real (V_{ME}) é definida pela razão entre a força resistente (R) e a força potente (P), onde esta é a força necessária para o equilíbrio estático do sistema, ou seja:

$$V_{ME} = \frac{R}{P}$$

- A vantagem mecânica dinâmica (V_{MD}) é definida pela razão entre a força resistente (R) e a força potente (P), onde esta é a força necessária para o equilíbrio dinâmico do sistema:

$$V_{MD} = \frac{R}{P}$$

- Um **corpo** diz-se em **queda livre** se está apenas sujeito à interação gravitacional.
- Um **corpo em queda livre**, ao movimentar-se na vertical, tem movimento retilíneo uniformemente retardado na subida e movimento retilíneo uniformemente acelerado na descida.
- Um **corpo lançado horizontalmente** tem movimento uniforme na direção horizontal e movimento uniformemente acelerado na direção vertical.
- Os **satélites geostacionários** orbitam em torno da Terra a uma distância bem definida e demoram 24 horas, o período de rotação da Terra, a dar uma volta completa.
- A **velocidade orbital** é o valor da velocidade linear de um satélite que orbita em torno de um planeta.
- A **pressão** é uma grandeza escalar que traduz a intensidade da força exercida por unidade de área.
- O **cinto de segurança** e o **capacete** diminuem a força de impacto ou de colisão e a pressão exercida por essa força.

Questões para resolver

1. Calcule a Força de Atração Gravitacional entre o Sol e a Terra.

Use os dados: massa do Sol = $2,0 \times 10^{30}$ kg, massa da Terra = $6,0 \times 10^{24}$ kg, distância entre o Sol e a Terra = $1,5 \times 10^{11}$ m e $G = 6,7 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$.

2. A imagem de um astronauta a deslocar-se no solo lunar permite-nos concluir que a força gravitacional com que é atraído para a Lua, F_{gL} , é muito menor do que a exercida sobre ele na superfície terrestre, F_{gT} . Sabendo que a massa da Lua é cerca de 81,3 vezes inferior à da Terra e o seu raio é aproximadamente igual a 0,272 o raio terrestre, prove que a relação entre a intensidade da força gravitacional que actua no astronauta da Lua e na Terra é dada por:

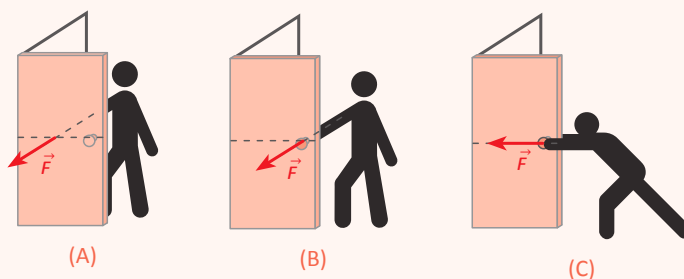
$$\frac{F_{gL}}{F_{gT}} = 0,167$$

3. Observe as situações representadas.

Indique, justificando, em qual das situações:

3.1. É maior o efeito rotativo da força aplicada sobre a porta.

3.2. Não há rotação.



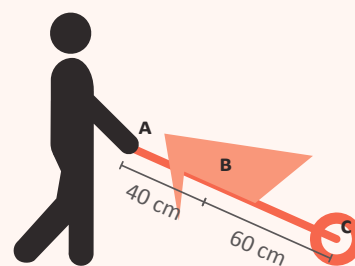
4. O Sr. Marçal, transporta objetos num carrinho de mão, esquematizado na figura seguinte.

O carrinho e a carga têm de massa 25 kg e as distâncias entre os pontos A e B e os pontos B e C são respectivamente, 40 cm e 60 cm. B representa o centro de massa.

4.1. Calcule a intensidade da força que o Sr. Marçal tem de exercer para equilibrar o carrinho na posição de transporte.

4.2. Classifique, justificando, o tipo de alavanca que o carrinho de mão representa.

4.3. Determine a vantagem mecânica do carrinho, na situação representada.



5. Pretende-se colocar uma caixa de massa 150 kg num camião. Sabendo, que a altura do camião ao solo é 1,10 m, determine:

5.1. A intensidade da força mínima a exercer na caixa para a colocar no camião.

5.2. Considere que tem ao seu dispor uma prancha de madeira com 2,0 m de comprimento. Calcule:

5.2.1. O ângulo que o plano faz com a horizontal.

5.2.2. O valor da força de reação normal sobre a caixa, quando esta se desloca sobre a prancha.

5.2.3. A intensidade da força a exercer sobre a caixa, ao longo da prancha, para a colocar no caminhão.

6. Uma esfera de 500 g é abandonada a partir de uma certa altura em relação ao solo. A lei do movimento de queda da esfera é dada por: $y = 20 - 5 \cdot t^2$ (SI)

6.1. A esfera está em queda livre? Justifique.

6.2. Selecione a opção que completa corretamente a seguinte afirmação.

O referencial em relação ao qual é descrito o movimento da esfera é um eixo:

- A.** Horizontal com sentido positivo, da esquerda para a direita.
- B.** Vertical com sentido positivo de cima para baixo e origem no solo.
- C.** Vertical com sentido positivo de baixo para cima e origem no solo.
- D.** Vertical com sentido positivo de cima para baixo e origem no ponto de abandono.
- E.** Vertical com sentido positivo de baixo para cima e origem no ponto de abandono.

6.3. Escreva a equação das velocidades da esfera, $v = f(t)$.

6.4. Calcule o tempo de queda da esfera.

6.5. Caracterize a força resultante que atua sobre a esfera durante a queda.

7. Uma pedra, A, de massa 1,0 kg, foi lançada verticalmente para cima, de uma varanda de altura 100 m, com velocidade inicial de valor $10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Passados 2,0 s deixa-se cair do mesmo local outra pedra, B, de massa 0,5 kg, partindo do repouso.

Despreze a resistência do ar. Use $g = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

7.1. Represente os vetores velocidade e aceleração da pedra A nas posições inicial, altura máxima e posição final.

7.2. Represente os vetores velocidade e aceleração da pedra B nas posições inicial e final.

7.3. Escreva as equações que traduzem a lei do movimento das pedras A e B.

7.4. Determine o módulo da velocidade com que a pedra B atinge o solo, usando um argumento energético.

7.5. Calcule a altura máxima, relativamente ao solo, atingida pela pedra A.

7.6. Determine o tempo de queda da pedra B.

7.7. Trace, no mesmo referencial, o gráfico $v = f(t)$ para as duas pedras.

7.8. Determine quanto tempo após o lançamento da pedra A, esta encontra B.

7.9. Comente a seguinte afirmação:

“ Durante o movimento, as pedras ficam sujeitas à mesma aceleração, mas forças diferentes.”

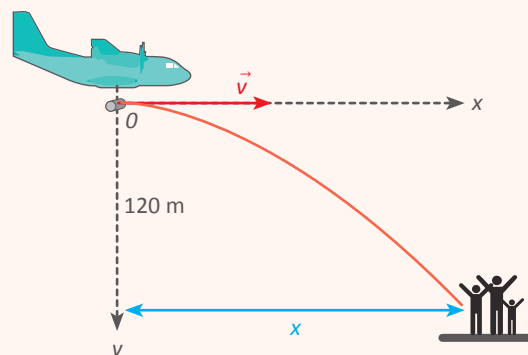
8. Após uma cheia, um grupo de pessoas ficou isolado numa região. Um avião de salvamento, voando horizontalmente a uma altura de 120 m e mantendo uma velocidade de 180 km/h, aproxima-se do local para que um pacote com medicamentos e alimentos seja lançado para as pessoas. Despreze a resistência do ar.

8.1. Determine:

8.1.1. O tempo de queda do pacote.

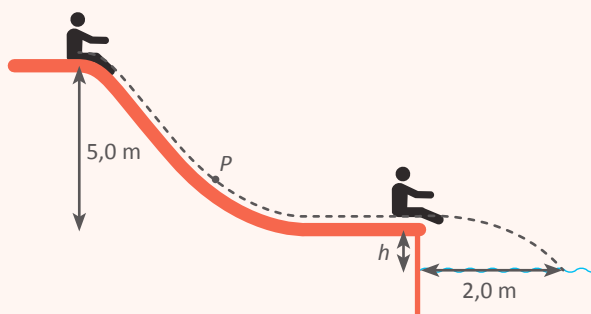
8.1.2. A distância, na direção horizontal, a que o pacote deve ser abandonado para que caia junto das pessoas.

8.2. Caracterize a velocidade do pacote ao atingir o solo.



9. O Serafim desce uma rampa escorregadia que termina num troço horizontal, a uma altura h da superfície da água de uma piscina. Ele tem de massa 75 kg, parte do repouso de uma altura de 5,0 m e atinge a superfície da água a 2,0 m da saída da rampa. O tempo que o Serafim esteve “no ar”, desde a saída da rampa até entrar na água foi de 0,2 s.

Despreze a resistência do ar e o atrito na rampa.



9.1. Caracterize a velocidade do Serafim à saída da rampa.

9.2. Calcule a altura, h , a que a rampa está da água.

9.3. O filho do Serafim, que tem metade do seu peso, seguiu o pai mas partindo do ponto P , mais baixo na rampa.

9.3.1. A criança esteve “no ar”, desde a saída da rampa até entrar na água:

A - 0,2 s B - 0,1 s C - 0,3 s D - 0,15 s

9.3.2. Justifique a seguinte afirmação: “A criança atingiu a água a uma distância menor do que 2,0 m da vertical da saída da rampa”.

10. Para efetuar um serviço, um jogador de ténis lança, verticalmente para cima, a bola e no instante em que esta atinge a altura máxima bate-a horizontalmente com a raquete.

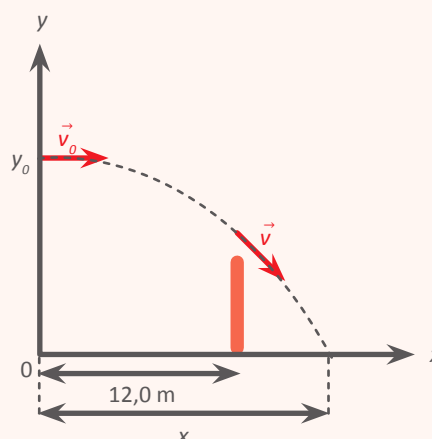
Uma bola que atinge uma altura máxima de 1,80 m, em relação ao solo, abandona o contacto com a raquete com uma velocidade de valor 32 m/s.

Considere desprezável a resistência do ar.

10.1. Verifique se a bola consegue passar acima da rede de 90 cm de altura que se encontra a 12,0 m da linha de serviço.

10.2. Indique as coordenadas cartesianas da bola, quando atinge o solo.

10.3. Calcule o módulo da velocidade com que atinge o solo.



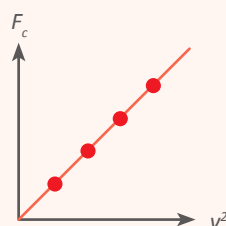
11. Os satélites geostacionários ficam permanentemente sobre a linha do equador a uma altitude de cerca de 35800 km. Considere o raio da Terra $r = 6,38 \times 10^3$ km.

11.1. Caracterize a velocidade do satélite geostacionário.

Apresente os cálculos que efetuar.

11.2. Calcule a velocidade angular do satélite.

11.3. Selecione a única opção que representa o declive do gráfico força centrípeta, F_c , versus o quadrado da velocidade, v^2 , para o satélite que descreve um movimento circular.



A. $\frac{m}{r}$

B. $\frac{1}{r^2}$

C. $\frac{r^2}{m}$

D. $\frac{r}{m}$

12. Um automobilista, de massa 70 kg, viajava a 72 km/h, quando efectuou uma travagem brusca, conseguindo imobilizar o veículo em 5,0 s.

12.1. Calcule o módulo da força de impacto.

12.2. Calcule a pressão exercida pelo cinto de segurança, de área 880 cm², sobre o corpo do automobilista.

12.3. Indique dois fatores que influenciem a pressão exercida pelo cinto de segurança numa situação de travagem brusca.