Unidade 1.2- Da Terra à Lua

Sumário :

Lei da atracção gravitacional
Primeira Lei de Newton
- **Movimento rectilíneo e uniforme**
- **Gráficos posição - tempo e velocidade - tempo**

Segunda lei de Newton
- **Movimento uniformemente variado**
- **Gráficos posição - tempo e velocidade - tempo**

Terceira lei de Newton

Lei da atracção gravitacional

Gravidade, ou gravitação, é a força atractiva entre dois corpos relacionada com as suas massas e distâncias. Todo o corpo com massa exerce uma força gravitacional noutro objecto com massa. Quanto maior a massa do objecto, maior é a força gravitacional. Quanto mais próximos os objectos, mais se faz sentir a atracção.

A gravidade foi quantificada pela primeira vez por Isaac Newton (não a "descobriu"). Ele descobriu que a mesma força que provoca a queda das maçãs das árvores para a Terra é responsável por segurar a Lua em órbita à volta da Terra e os planetas à volta do Sol. Ele descobriu também que enquanto a distância aumenta a atracção sentida diminui mas nunca atinge o zero. Por outras palavras, todo o objecto com massa no Universo exerce uma atracção gravitacional em todos os outros objectos com massa no Universo!

Em 1665 Isaac Newton, então com 23 anos de idade, refere a lenda que, recolhido à sombra de uma macieira, se entregava à meditação sobre a natureza da gravidade, quando ao observar a queda de uma maçã, teve a inspiração genial de que a gravidade, que obrigava a maçã a cair, se estenderia até à Lua e a todos os demais corpos do Universo. De facto, ao considerar a gravitação terrestre extensível a todos os corpos do Universo, Newton estabeleceu uma síntese que acabou, definitivamente, com a separação entre a Física terrestre e a Física dos corpos celestes: as leis e as forças terrestres eram as mesmas que governavam todo o Universo.

Um corpo ao cair livremente está constantemente sobre acção de uma força, pois, os corpos são acelerados numa direcção vertical e no sentido de cima para baixo, quando estão próximos da superfície terrestre. Chamamos a este fenómeno de *força da gravidade*. A magnitude da força gravitacional é chamada de peso do corpo.

A lei da gravitação universal de Newton, pode ser enunciada da seguinte forma: **Toda a partícula material no Universo atrai outras com uma força directamente proporcional ao produto das massas das partículas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre elas.** Matematicamente ela é representada por;

$$\mathbf{F}_g = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$$

F_g é a força gravitacional que actua sobre as duas partículas, m_1 e m_2 são as suas massas, r é distância entre elas e G é uma constante universal chamada constante gravitacional, cujo

valor numérico depende das unidades com que a força, a massa e a distância foram expressas. Nas unidades S.I.

$$G = 6{,}670 \times 10^{-11}\ N \times m^2 \times kg^{-2}.$$

As forças gravitacionais que agem sobre as partículas formam um par acção-reacção. Embora as massas das partículas possam ser diferentes, actuam em cada uma delas, forças de igual intensidade e a linha de acção das duas forças coincide com a recta que une as partículas. A lei da gravitação de Newton, refere-se à força entre duas partículas. Demonstra-se, que a força gravitacional exercida sobre ou por uma esfera homogénea seria a mesma se se considerasse a massa da esfera concentrada no seu centro. Assim, se a Terra fosse uma esfera homogénea, a força por ela exercida sobre um pequeno corpo de massa m, a uma distância r do seu centro seria;

$$\mathbf{F}_g = G\frac{mm_T}{r^2}$$

onde m_T é a massa da Terra. Uma força de igual intensidade seria exercida pelo corpo sobre a Terra.

As leis de Newton

- Primeira lei de Newton: a lei da inércia

Existe na natureza uma tendência de não se alterar o estado de movimento de uma partícula, isto é, uma partícula em repouso tende naturalmente a permanecer em repouso e uma partícula com velocidade constante tende a manter a sua velocidade constante.
Essa tendência natural de tudo permanecer como está é conhecida como **inércia**. No caso da Mecânica, essa observação a respeito do comportamento da natureza levou Newton a enunciar a sua famosa Lei da Inércia, que diz:

"Qualquer corpo em movimento rectilíneo e uniforme (ou em repouso) tende a manter-se em movimento rectilíneo e uniforme (ou em repouso)."

O exemplo mais simples, do ponto de vista da observação da inércia dos corpos, é aquele dos passageiros num autocarro. Quando o veículo é travado, os passageiros tendem a manter-se no seu estado de movimento. Por isso, as pessoas "vão para a frente" do autocarro quando este trava. Na

- **MOVIMENTO RETILÍNEO E UNIFORME**
- Exemplo de gráficos no MRU

Seja o caso de um automóvel em movimento rectilíneo e uniforme, que no instante t=0s se encontra na posição 5km em relação à origem do referencial e desloca-se no sentido positivo da trajectória em movimento rectilíneo e uniforme com velocidade de módulo 10km/h.
Considerando a equação horária do MRU $x = x_o + v_o t$, a equação das posições é, para esse exemplo,

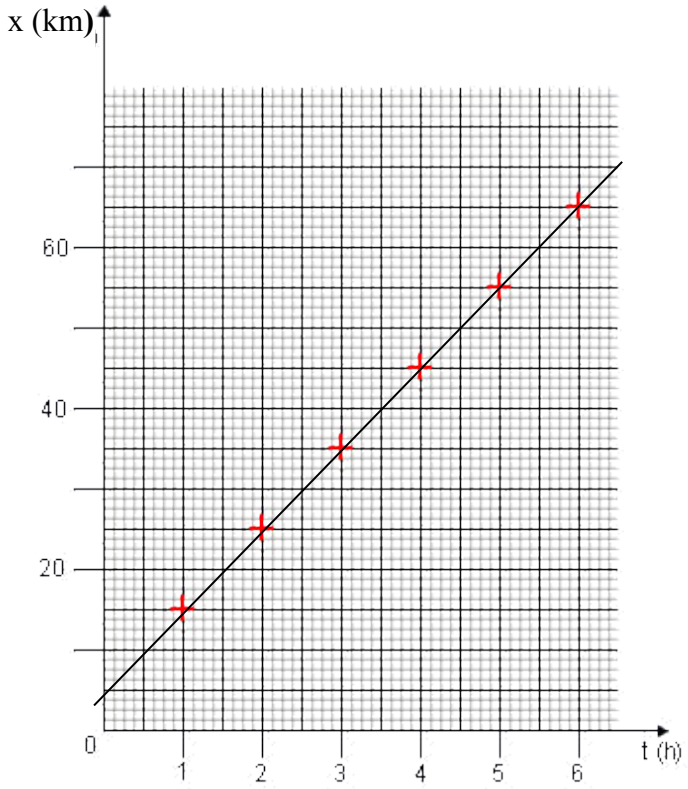
$$x = 5 + 10t$$

A velocidade é constante(em direcção sentido e módulo) .

v = 10km/h

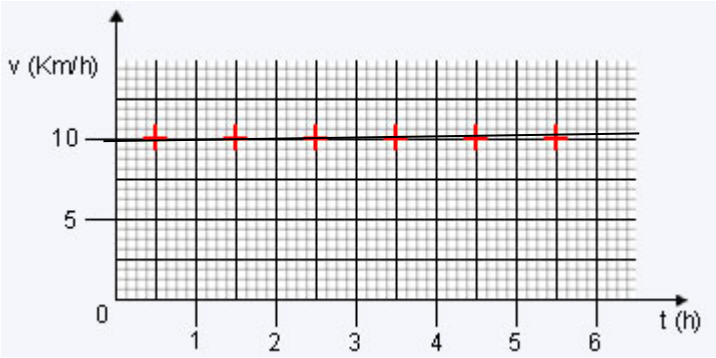
Para construirmos a tabela, tomamos intervalos de tempo, por exemplo, de 1 hora, usamos a equação x(t) acima e anotamos os valores das posições correspondentes:

t(h)	x(km)
0	5
1	15
2	25
3	35
4	45
5	55
6	65



O declive da recta representa o valor da velocidade.

O gráfico da velocidade é muito simples, pois a velocidade é constante, uma vez que para qualquer t, a velocidade se mantém a mesma.



A área do gráfico v(t) representa o deslocamento do corpo num dado intervalo de tempo.

A 2ª lei de Newton

Qualquer alteração da velocidade de uma partícula é atribuída, sempre, a um agente denominado força. Basicamente, o que produz mudanças na velocidade são forças que agem sobre a partícula.

Como a variação de velocidade indica a existência de aceleração, é de se esperar que haja uma relação entre a força e a aceleração. De fato, Sir Isaac Newton percebeu que existe uma relação muito simples entre força e aceleração, isto é, a força é sempre directamente proporcional à aceleração que ela provoca:

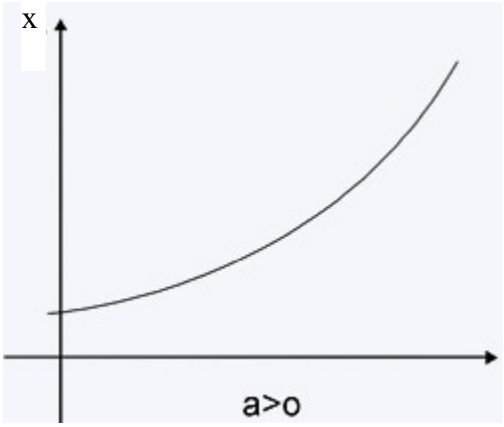
$\vec{F}=m\vec{a}$ onde m é a massa do corpo.

Esta relação simples entre força e aceleração é conhecida como a 2ª Lei de Newton.

No enunciado da lei de Newton, o termo $\vec{F}$ tanto pode representar uma força como a força que resulta da soma de um conjunto de forças.

- MOVIMENTO UNIFORMEMENTE VARIADO
- **Exemplo dos gráficos no MUV**

Considerando-se o movimento uniformemente variado, podemos analisar os gráficos desse movimento :



Pela análise do gráfico pudemos constatar que os declives das rectas tangentes são cada vez maiores o que nos indica que a velocidade está a aumentar, e consequentemente o movimento é acelerado. Com esses declives são positivos indica-nos que a velocidade é positiva (a partícula está a deslocar-se no sentido arbitrado com positivo). Como a velocidade é positiva e o movimento é acelerado então a aceleração também é positiva

A concavidade virada para cima também nos indica que a aceleração é positiva.

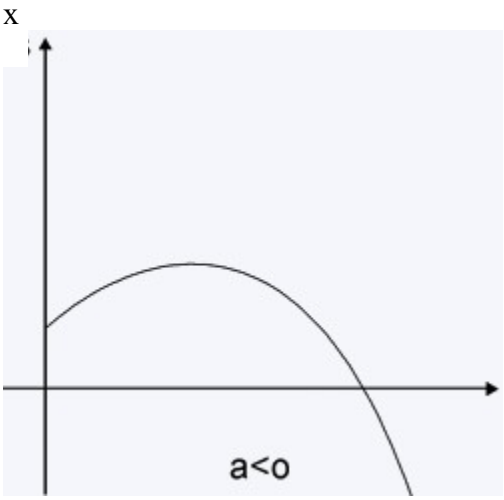
A análise do gráfico em baixo, leva-nos a concluir que:

A curva que resulta do gráfico **x (t**)tem o nome de parábola.

A partícula não se encontrava na origem do referencial no instante t=0s. A velocidade da partícula diminui, (os declives das rectas tangentes são cada vez menores),o movimento é uniformemente retardado(a velocidade é positiva e a aceleração negativa) até a velocidade se anular.

Nessa altura a partícula altera o sentido do movimento e passa a deslocar-se no sentido arbitrado como negativo e a velocidade da partícula aumenta (os declives das rectas tangentes passam a ser negativos e cada vez maiores. O movimento passa a ser acelerado a velocidade é negativa e a aceleração também.

A concavidade virada para baixo também nos indica que a aceleração é negativa.



A título de exemplo, consideremos o movimento uniformemente variado associado à equação horária $x = x_o + v_o t + at^2/2$, onde a posição é dado em metros e o tempo, em segundos, e obteremos:

$x(t) = 2 + 3t - 2t^2$.

A velocidade inicial é, portanto:

$v_o = 3m/s$

A aceleração:

$a = -4m/s^2$ $(a < 0)$

e a posição inicial:

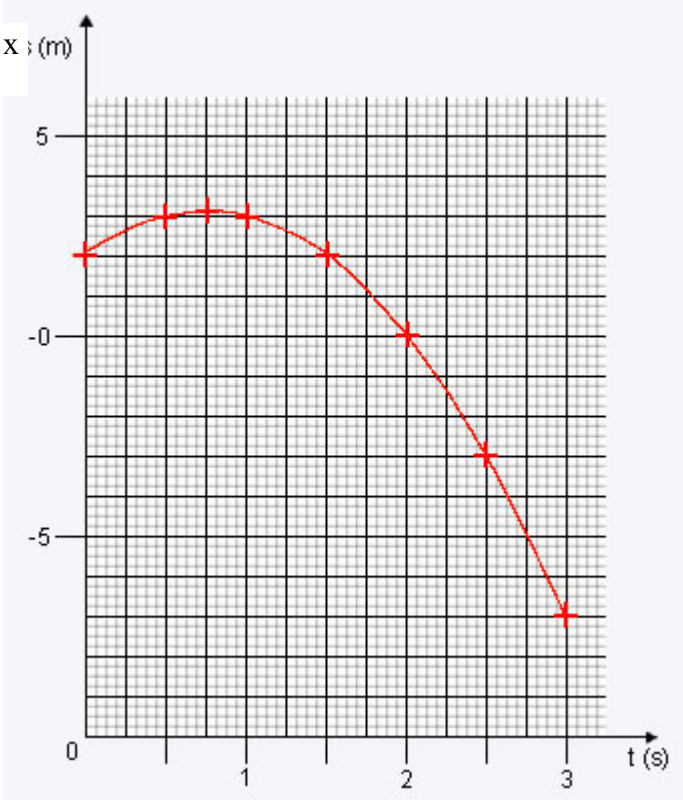
$x_o = 2km$

Para desenharmos o gráfico x(t) da equação acima, construímos a tabela de x(t) (atribuindo valores a t.

x(m)	t(s)
2,0	0
3,0	0,5

3,125	0,75
3,0	1
2,0	1,5
0	2,0
-3,0	2,5
-7,0	3

A partir da tabela obtemos o gráfico x (t):



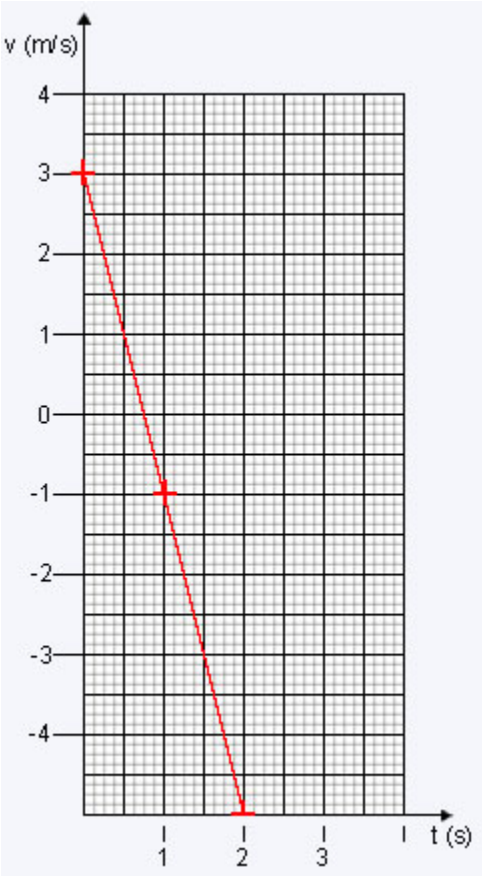
Para o caso da velocidade, temos a equação $v = v_o + at$. Assim, para o movimento observado temos:

$$v = 3 - 4t$$

obtendo assim a tabela abaixo:

v(m/s)	t(s)
3	0
1	0,5
0	0,75

Obtendo o gráfico v (t) :



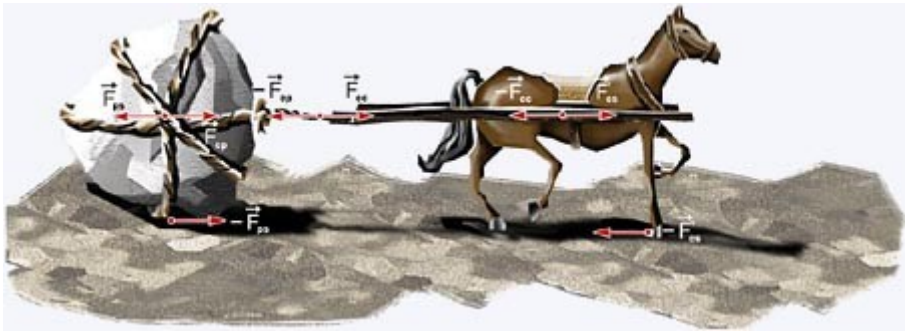
Terceira lei de Newton: A lei da acção – reacção.

As forças resultam da interacção de um corpo com outro corpo. É de se esperar, portanto, que, se um corpo A exerce uma força sobre um corpo B então A também experimenta uma força que resulta da interacção com B.

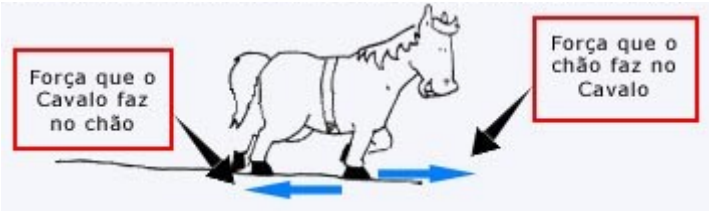
Newton percebeu não só que isso acontece **sempre** mas, indo mais longe, especificou as principais características das forças que resultam da interação entre dois corpos. Essa questão foi objecto da sua terceira lei, cujo enunciado é:

"Para toda força que surgir num corpo como resultado da interacção com um segundo corpo, deve surgir nesse segundo uma outra força, chamada de reacção, cuja intensidade e direcção são as mesmas da primeira mas cujo sentido é o oposto da primeira."

Exemplo: como é que o cavalo se move?



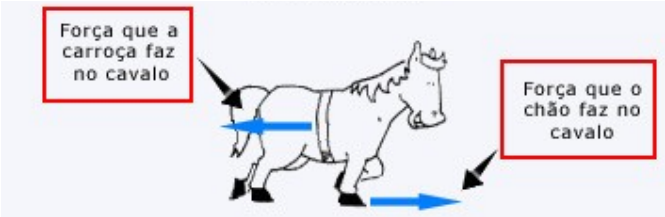
Se respondeu que o cavalo empurra o chão está absolutamente certo. Mas o que faz realmente o cavalo andar é a força de reacção que o chão exerce sobre o cavalo. Pudemos esquematizar tudo da seguinte forma:



Mas o cavalo tem que puxar a carroça. Da mesma forma que o cavalo exerce uma força sobre a carroça ao puxá-la, a carroça também exerce uma força sobre o cavalo para trás.

Esta análise mostrou que existem dois pares de forças de acção-reacção. O primeiro mostrando a interacção entre o cavalo e o chão e o segundo entre o cavalo e a carroça.

Mas para estudar o movimento do cavalo que puxa a carroça, pudemos fazer um esquema que mostre somente as forças aplicadas no cavalo.

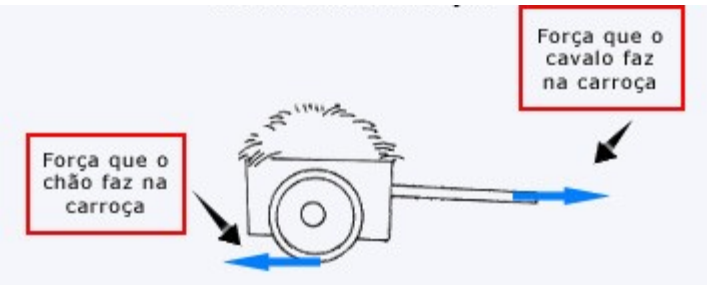


Se o cavalo se consegue mover para a frente é porque a força que o chão exerce sobre o cavalo é maior que a força que a carroça faz sobre o cavalo. Portanto

o cavalo tem que aplicar uma grande força no chão, para que a reacção do chão também seja grande. Se não for assim não consegue arrastar a carroça.

E a carroça como se move?

A carroça move-se porque o cavalo a puxa. Mas para além do cavalo a carroça também interage com o chão através do atrito. Evidentemente, a força que o cavalo faz na carroça tem que ser maior do que a força que o chão faz na carroça.



Newton deu -se conta de três características importantes das forças de interacção entre dois objectos.

- Em primeiro lugar, uma força nunca aparece sozinha. Elas aparecem aos pares (uma delas é chamada de acção e a outra, de reacção).
- Em segundo lugar, é importante observar que cada uma dessas duas forças actua em objectos distintos.
- Finalmente, essas forças (aos pares) tem a mesma intensidade mas diferem uma da outra pelo sentido: elas têm sentido oposto uma da outra.