Resumo F1.3.

Domínio 1: Mecânica / 1.3: Forças e movimentos.

1.3.1. Movimento na vertical com efeito de resistência do ar desprezável.
1.3.2. Movimento na vertical com efeito de resistência do ar apreciável.
1.3.3. Movimento retilíneo.
1.3.4. Movimento circular uniforme.

1.3.1. Movimento na vertical com efeito de resistência do ar desprezável.

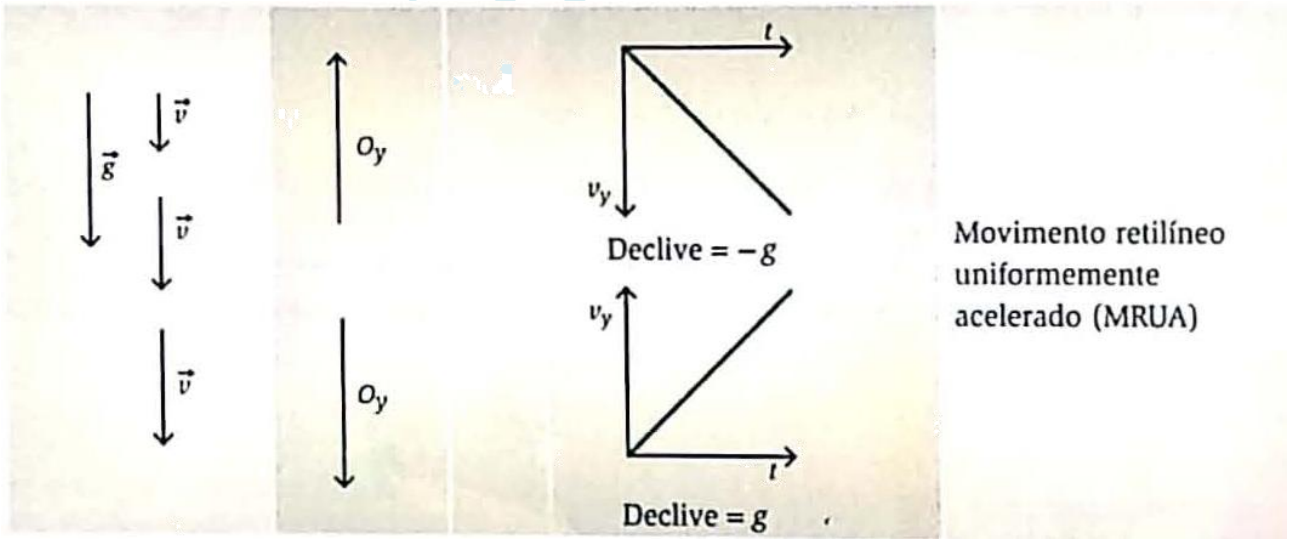
Um corpo em queda livre, ou grave, próximo da superfície terrestre, está apenas sujeito à força gravítica. Assim, durante a queda:

- ✓ Só atua a força gravítica (a força resultante é a força gravítica);
- ✓ A aceleração é constante e igual a $\vec{g}$, de módulo 10 m s^{-2} (aceleração gravítica);
- ✓ O movimento do corpo é uniformemente variado.

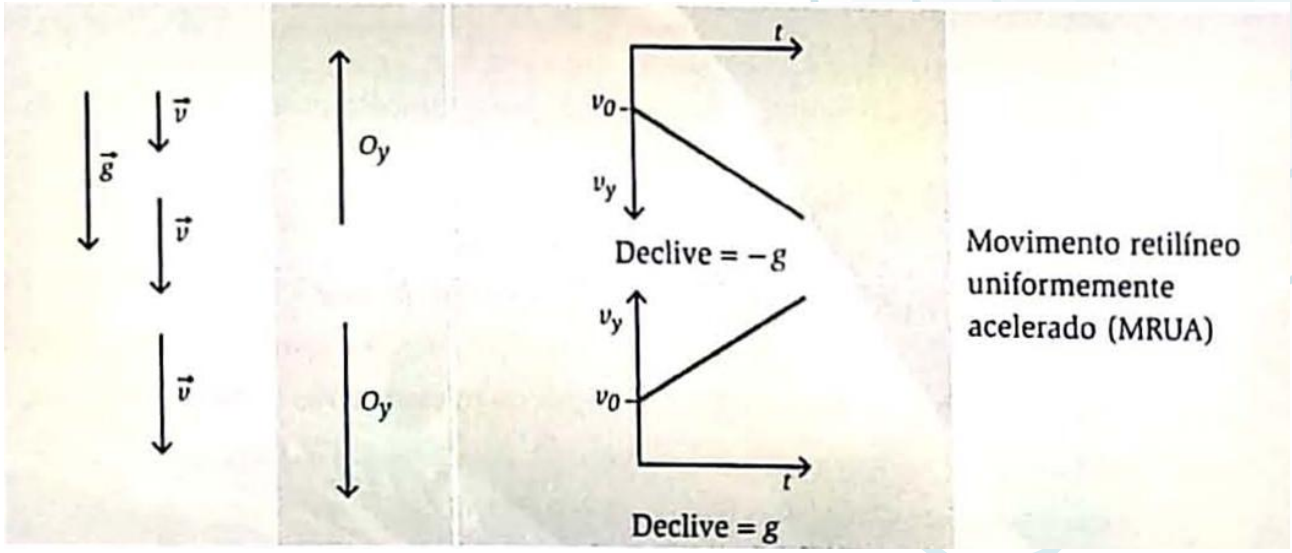
Todos os corpos em queda livre têm a mesma aceleração (aceleração gravítica, g = 10 m s^{-2}), que **não depende da massa nem da forma do corpo em queda**. Assim, quando dois corpos diferentes são largados da mesma altura, ao mesmo tempo, atinge o solo no mesmo instante.

Como durante a queda, a aceleração é constante, o gráfico velocidade-tempo tem de ser uma reta, para que o declive das retas, em cada instante, seja constante e igual à componente escalar da aceleração gravítica.

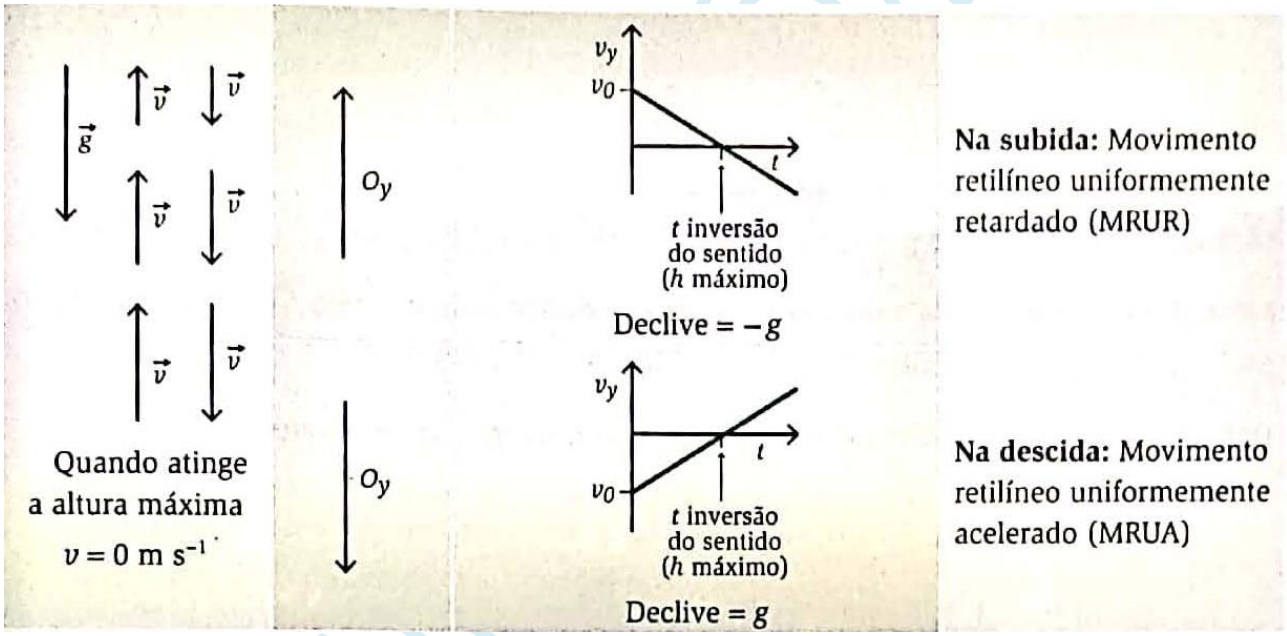
- Quando um corpo é deixado cair (v_{0y} = 0 m s^{-1});



- Quando um corpo é lançado para baixo ($v_{0y} \neq 0$ m s^{-1});



- Quando um corpo é lançado verticalmente para cima ($v_{0y} \neq 0$ m s^{-1});



Os movimentos retilíneos em que a aceleração é constante denominam-se por movimentos retilíneos uniformemente variados e são descritos pelas leis seguintes:

Equação das velocidades

$$v_y = v_{0y} + at$$

Equação das posições

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

(onde $a = g$ ou $a = -g$)

Num movimento de queda livre, o tempo de queda corresponde ao tempo decorrido entre o instante em que o corpo é largado e o instante em que atinge o solo, ou seja, quando y = 0 m. É dado pela expressão:

$$\boldsymbol{y = y_0 + v_0\, t - \frac{1}{2} g t^2}$$

$$\Leftrightarrow 0 = y_0 + 0 - \frac{1}{2} g t_{queda}{}^2$$

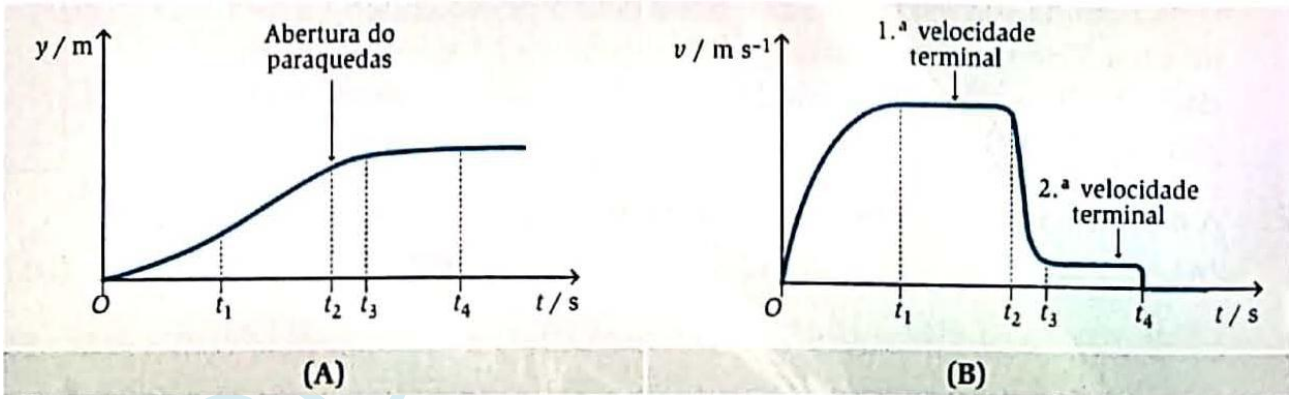
$$\Leftrightarrow \boldsymbol{t_{queda} = \sqrt{\frac{2\, y_0}{g}}}$$

Assim, o tempo de queda dos corpos em queda livre, nas mesmas condições, não depende da massa nem da forma dos corpos.

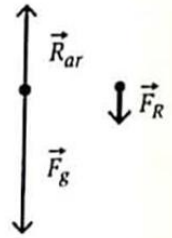
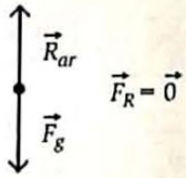
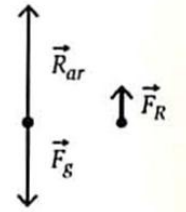
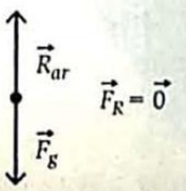
1.3.2. Movimento na vertical com efeito de resistência do ar apreciável.

A resistência do ar depende da forma e do tamanho do corpo, entre outros fatores, e aumenta com o aumento da velocidade. Como num movimento de queda, a velocidade varia, a resistência do ar também varia e consequentemente a força resultante e aceleração variam ao longo do movimento, por isso o movimento não será uniformemente variado, mas apenas variado. O movimento de queda de um paraquedista é um exemplo.

A seguir estão representados os gráficos posição-tempo (A) e velocidade-tempo (B) para o movimento do paraquedista. Considerou-se o eixo Oy dirigido para baixo e com origem na posição inicial do paraquedista.



Através da análise dos gráficos posição-tempo (A) e velocidade-tempo (B), verifica-se que:

Intervalo de tempo	Descrição	Tipo de movimento	Vetores
$[0; t_1[$	– o paraquedista inicia a queda com o paraquedas fechado; – como o módulo da velocidade é pequeno, a resistência do ar também é pequena: $\lvert\vec{F}_g\rvert > \lvert\vec{R}_{ar}\rvert$ – a resistência do ar está a aumentar com o aumento do módulo da velocidade do paraquedista, até igualar a força gravítica; – a força resultante tem a direção e sentido do movimento;	Retilíneo acelerado	
$[t_1; t_2[$	– a resistência do ar iguala a força gravítica; $\lvert\vec{F}_g\rvert = \lvert\vec{R}_{ar}\rvert$ – o módulo da velocidade é constante (1.ª velocidade terminal); – a força resultante é zero.	Retilíneo uniforme	
$[t_2; t_3[$	– em t_2 dá-se a abertura do paraquedas, levando a um aumento abrupto da resistência do ar, que passa a ser superior à força gravítica; $\lvert\vec{F}_g\rvert < \lvert\vec{R}_{ar}\rvert$ – a força resultante passa a ter sentido oposto ao do movimento, levando a uma diminuição do módulo da velocidade do paraquedista; – a resistência do ar vai diminuir e a força resultante e consequentemente a aceleração também; – o módulo da velocidade diminui cada vez mais lentamente.	Retilíneo retardado	
$[t_3; t_4[$	– a resistência do ar iguala a força gravítica; $\lvert\vec{F}_g\rvert = \lvert\vec{R}_{ar}\rvert$ – o módulo da velocidade é constante (2.ª velocidade terminal); – a força resultante é zero.	Retilíneo uniforme	

Velocidade terminal – velocidade que um corpo atinge quando a intensidade da resistência do ar iguala a intensidade da força gravítica.

1.3.3. Movimento retilíneo.

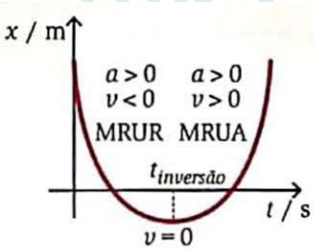
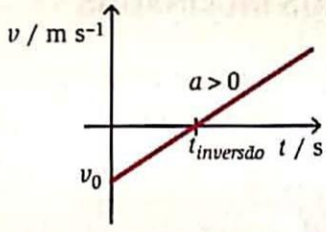
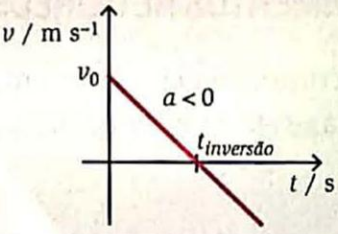
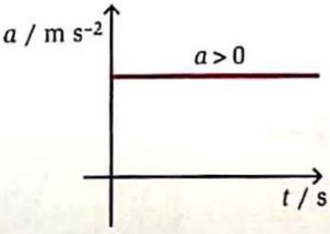
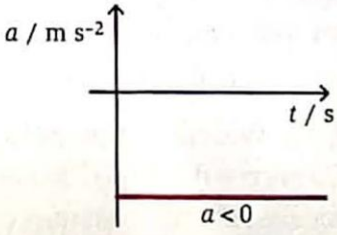
MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORMEMENTE VARIADO

Os movimentos retilíneos em pianos horizontais e inclinados, quando atua uma força constante, também correspondem a movimentos retilíneos uniformemente variados. Assim, as equações do movimento aplicadas a corpos em queda livre podem ser igualmente usadas. Contudo, o modulo da aceleração não coincide com o módulo da aceleração gravítica.

Assim, para um qualquer movimento uniformemente variado definem-se as equações do movimento:

Equação das velocidades	$v(t) = v_0 + at$	Tipo de gráfico: reta
Equação das posições	$x(t) = x_0 + v_0\, t + \frac{1}{2}at^2$	Tipo de gráfico: parábola
	Onde: x, x_0, v_0, v e a são componentes escalares, por isso, podem apresentar valores positivos ou negativos.	

No quadro seguinte encontram-se relacionados os gráficos posição-tempo, velocidade-tempo e aceleração-tempo para este tipo de movimentos retilíneos.

Gráfico posição-tempo		
Gráfico velocidade-tempo		
Gráfico aceleração-tempo		

MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORME

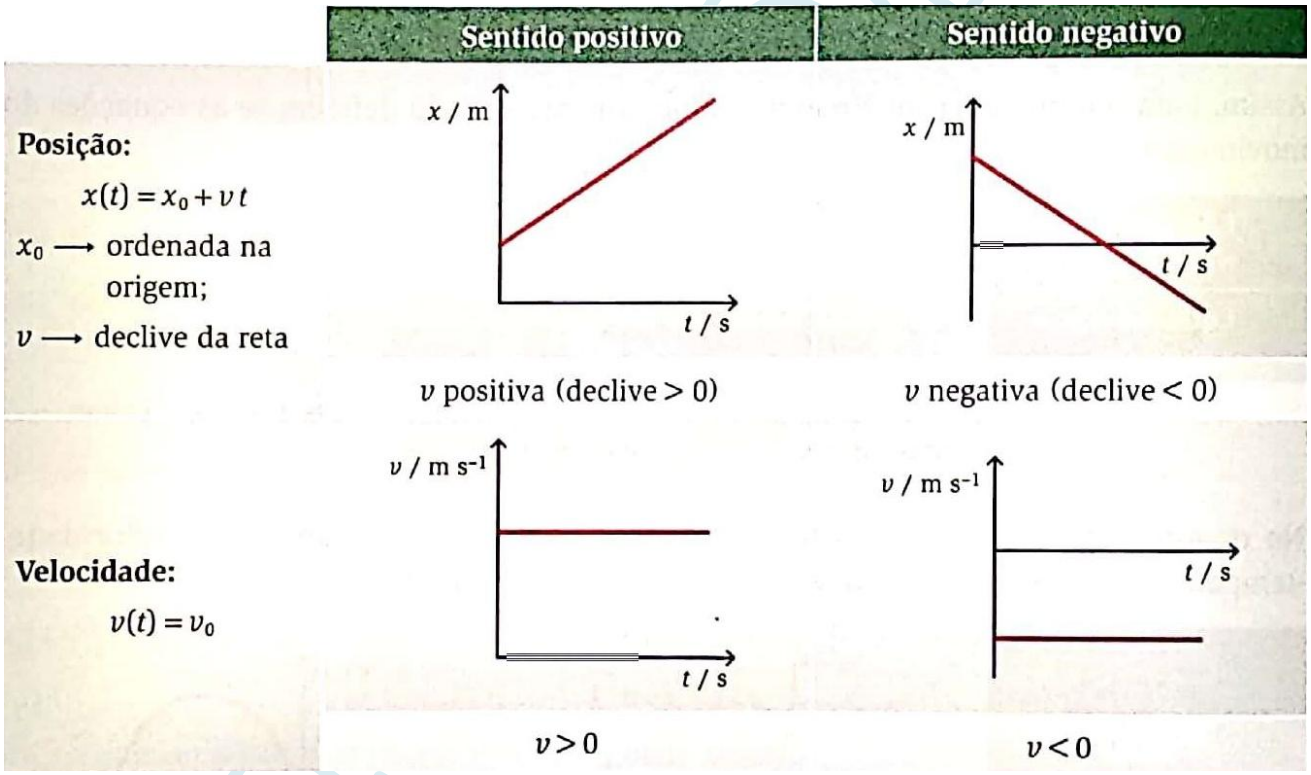
Num movimento retilíneo uniforme, a intensidade da força resultante é zero. De acordo com a 2.ª Lei de Newton (F_R = m a), a aceleração a que o corpo está sujeito também é zero, mantendo o módulo da velocidade constante em todo o movimento.

As equações do movimento para este tipo de movimento são deduzidas a partir das expressões do movimento uniformemente variado, considerando a componente escalar da aceleração nula.

Assim:

- Equação das velocidades: $v(t) = v_0 + at$ como $a = 0\ m\ s^{-2} \Rightarrow \boldsymbol{v(t) = v_0}$
- Equação das posições: $x(t) = x_0 + v_0\ t + \frac{1}{2}at^2$ como $a = 0\ m\ s^{-2} \Rightarrow \boldsymbol{x(t) = x_0 + v_0\ t}$

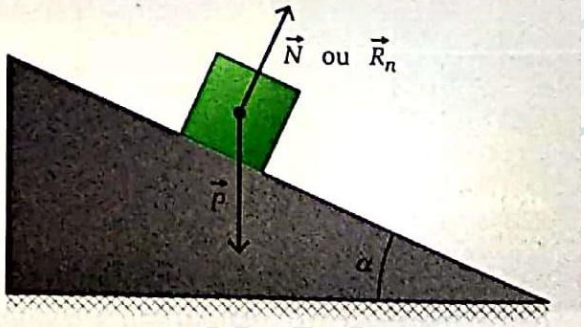
Na tabela seguinte encontram-se representadas as formas dos gráficos v(t) e x(t) para este tipo de movimento.



MOVIMENTOS RETILÍNEOS EM PLANOS INCLINADOS

Um corpo, inicialmente em repouso, que desliza ao longo de um plano inclinado, está apenas sujeito a duas forças, como se ilustra na figura seguinte:

- **reação normal** $(\vec{R}_n)$ ou **força normal** $(\vec{N})$: força que o plano exerce no corpo, perpendicular à superfície de contacto;
- **força gravítica** $(\vec{F}_g)$ ou **peso** $(\vec{P})$: força que a Terra exerce no corpo, que atua verticalmente para baixo.



Como as forças têm direções diferentes devem ser decompostas de acordo com um referencial bidimensional com o eixo Ox coincidente com a direção do movimento e o eixo Oy perpendicular ao eixo Ox. Assim a força gravítica tem duas componentes segundo estes eixos, F_{gx} e F_{gy}, de módulo igual a:

$$|\vec{F}_{gy}| = |\vec{N}| = m\ g \cos\alpha$$
$$|\vec{F}_{gx}| = m\ g\ \text{sen}\ \alpha$$

Como a força normal e a componente segundo o eixo Oy da força gravítica têm a mesma intensidade e direção, mas sentido opostos, anulam-se. Então, e aplicando a 2.ª Lei de Newton vem:

$$\vec{F}_R = \vec{N} + \vec{F}_{gy} + \vec{F}_{gx} <=> \boldsymbol{\vec{F}_R = \vec{F}_{gx}}$$
$$F_R = m\ a <=> m\ g\ \text{sen}\ \alpha = m\ a <=> \boldsymbol{a = g\ \text{sen}\ \alpha}$$

Concluindo:

A componente escalar da aceleração só depende do valor da aceleração gravítica no local e da inclinação do plano. Aumenta com o aumento da inclinação do plano.

Como o movimento de um corpo abandonado de um plano inclinado, sem atrito, tem aceleração constante trata-se de um movimento retilíneo uniformemente acelerado.

1.3.4. Movimento circular uniforme.

Um corpo apresenta movimento circular (m.c.u.) quando a resultante das forças é, em cada instante, perpendicular à velocidade do corpo. Assim, este executa uma trajetória circular com velocidade de módulo constante.

Na figura abaixo representam-se os vetores aceleração, velocidade e força resultante de uma partícula animada com movimento circular uniforme.



Grandeza	Direção	Sentido	Módulo
Velocidade ($\vec{v}$)	Tangente à trajetória em cada ponto	Sentido do movimento	Constante
Aceleração centrípeta ($\vec{a}_c$)	Radial (perpendicular ao vetor $\vec{v}$)	Aponta para o centro da trajetória (centrípeta)	
Força centrípeta ($\vec{F}_c$)			

O m.c.u. é um movimento periódico, uma vez que repete as suas características em intervalos de tempo iguais.

Período (T) – Intervalo de tempo que corresponde a uma repetição (rotação completa). **Unidade do SI: segundo, s.**

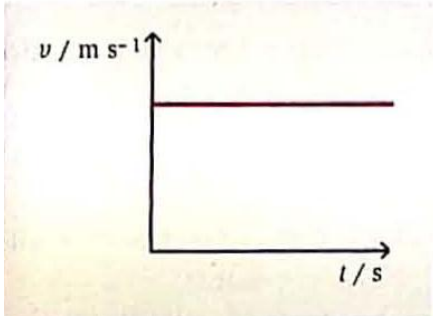
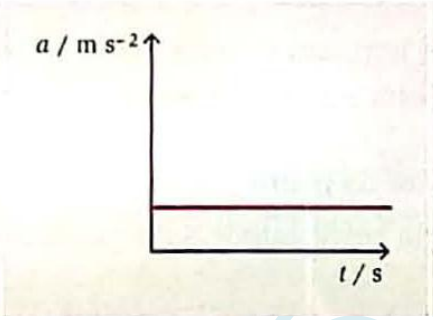
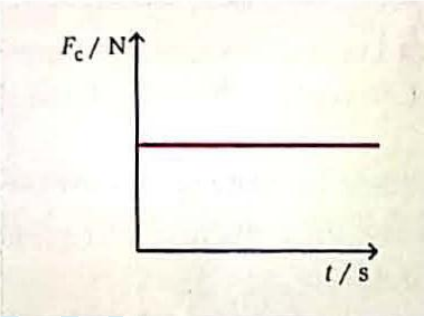
Frequência (f) – número de repetições realizadas por unidade de tempo. **Unidade do SI: hertz, Hz;**

Período e frequência são grandezas inversas: $\boldsymbol{f = \frac{1}{T}}$

VELOCIDADE ANGULAR E VELOCIDADE LINEAR

Velocidade angular (ω)	Ângulo descrito (θ) pela partícula sobre a trajetória durante um intervalo de tempo. **Unidade do SI: rad s^{-1}**	$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$
Velocidade linear (v)	Distância percorrida (s) sobre a trajetória durante um intervalo de tempo. **Unidade do SI: m s^{-1}**	$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$

A partir do módulo das velocidades linear e angular calcula-se o módulo da aceleração da força centrípeta. Na tabela seguinte encontram-se as expressões que permitem determinar o módulo destas grandezas e a sua representação gráfica em função do tempo.

Velocidade linear (v)	Aceleração centrípeta (a_c)	Força centrípeta ou resultante das forças (F_c)
$v = \omega r$	$a_c = \frac{v^2}{r}$	$F_c = m\frac{v^2}{r}$
		

SATÉLITES

O movimento da Lua e dos satélites artificiais em torno da Terra, bem como os movimentos dos planetas em torno do Sol são exemplos de movimento circular uniforme. O movimento destes corpos em torno de um outro é possível devido a dois fatores:

- Existência de força gravítica;
- Velocidade inicial adequada que lhe permita orbitar o outro corpo com um determinado valor de velocidade (**velocidade orbital**).

Se o módulo da velocidade de um satélite artificial da Terra ou da Lua diminuísse, este colidira com a Terra.

Velocidade orbital (v) – velocidade adequada para que um satélite descreva uma trajetória circular com um determinado raio. Deduz-se da seguinte forma:

$$F_R = m\,a <=> F_g = m\,a_c <=> G\frac{m_T\,m}{r^2} = m\frac{v^2}{r} <=> v = \sqrt{\frac{G\,m_T}{r}}$$

Em que: m_T = massa da Terra

$r = R_T + h$ sendo R_T= Raio da Terra e **h = altitude do satélite**.

O **período de rotação** de um satélite pode ser calculado a partir do raio da sua órbita, de acordo com a dedução seguinte:

$$F_R = m\,a <=> F_g = m\,a_c <=> G\frac{m_T\,m}{r^2} = m\frac{v^2}{r} <=> G\frac{m_T}{r} = v^2 <=>$$

$$<=> G\frac{m_T}{r} = (\omega\,r)^2 <=> G\frac{m_T}{r} = \omega^2\,r^2 <=> \frac{G\,m_T}{r^3} = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 <=>$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{G\, m_T}}$$

Nota:

A **velocidade orbital** e o **período de rotação** não dependem da massa do satélite, dependendo apenas do raio da trajetória. No entanto, quando maior for a massa do satélite, mais energia será necessária para o colocar em órbita.

O uso de satélites tem uma variedade de aplicações. São usados em estudos científicos, meteorologia, espionagem militar, navegação terrestre, marítima e aérea, etc.

Satélite geostacionário – satélite que permanece sobre um local fixo da Terra, uma vez que tem um período igual ao período de rotação da Terra, ou seja, de 24 horas.

EstudaFQ.pt