Movimento curvilíneo

Flaviano Williams Fernandes

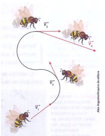
Instituto Federal do Paraná
Campus Irati

19 de outubro de 2022

Sumário

Introdução

Nas aulas anteriores, estudamos movimentos retilíneos, porém existem movimentos mais complexos que esse. Como exemplo podemos citar o movimento aleatório de uma abelha, ou de um barco tentando atravessar a margem de um Rio. Esta aula será dedicada a tais movimentos que já não são mais considerados como retilíneos.



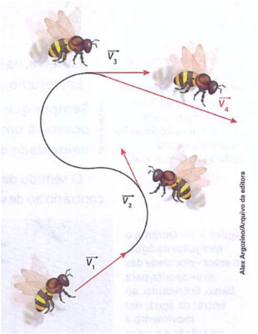
Movimento de uma abelha.

Movimento em uma rotatória.

Movimento de um barco.

Velocidade instantânea

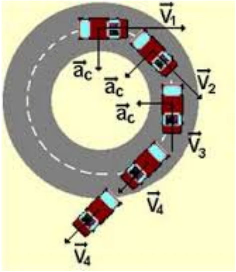
Considere o movimento abelha ao longo de uma trajetória, como mostra a figura ao lado. A sua velocidade pode mudar de intensidade, direção e sentido, assim como mostra os vetores $\vec{v}_1$, $\vec{v}_2$, $\vec{v}_3$ e $\vec{v}_4$. Entretanto, apesar de mudar ao longo do tempo, a direção de cada velocidade será sempre tangente a trajetória.



Velocidade instantânea da abelha.

Aceleração instantânea

Uma análise parecida para a velocidade feita anteriormente, podemos dizer que a aceleração também pode mudar de intensidade, direção e sentido ao longo da trajetória. Além disso, a aceleração pode alterar a velocidade não somente sua intensidade, mas também a direção e sentido. Um exemplo seria a aceleração centrípeta, que não altera a intensidade da velocidade do automóvel, mas altera a sua direção e sentido (veja a figura ao lado).



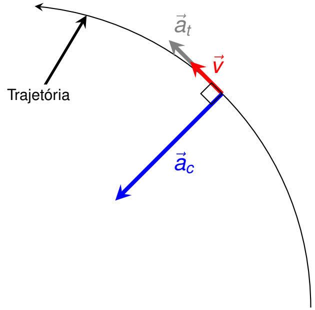
$$v_1 = v_2 = v_3 = \cdots$$
$$\vec{v}_1 \neq \vec{v}_2 \neq \vec{v}_3 \neq \cdots$$

Movimento circular em uma rotatória.

Aceleração centrípeta e tangencial

Corollary

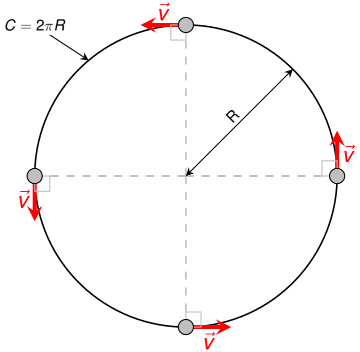
Sempre que variar a direção do vetor velocidade de um objeto, este possuirá uma aceleração centrípeta. Sempre que variar o módulo do vetor velocidade de um objeto, este possuirá uma aceleração tangencial.



Velocidade instantânea da abelha.

Período

Dizemos que uma partícula está em movimento circular quando sua trajetória é uma circunferência. Neste movimento, o vetor velocidade tem módulo constante, entretanto a sua direção e sentido muda ao longo da trajetória.
Assim, o tempo que a partícula gasta para percorrer uma trajetória de uma circunferência completa é chamada de período do movimento (T). O espaço percorrido seria o comprimento C da circunferência, onde $C = 2\pi R$, e R é o seu raio.



Direção e sentido da aceleração centrípeta e velocidade.

Período e frequência

Como o movimento é uniforme o valor da velocidade será dado por

$$v = \frac{\text{espaço percorrido}}{\text{período}},$$

$$v = \frac{2\pi R}{T}.$$

Agora, definimos a frequência como o número de voltas completas realizadas pela partícula por segundo

Assim, podemos imaginar que a frequência é o inverso do período, ou seja,

$$\text{frequência} = \frac{1}{\text{período}}.$$

Corollary

A frequência f de um movimento circular é definida por

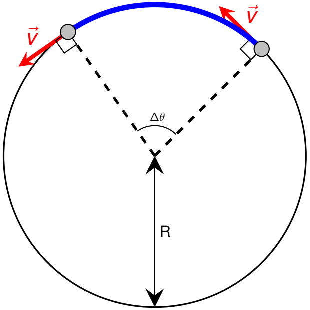
$$f = \frac{\textit{número de voltas efetuadas}}{\textit{tempo gasto para efetuá-las}}$$

Velocidade angular

Vamos supor que durante um intervalo de tempo Δt uma partícula realiza uma trajetória como mostra o arco azul da figura. A relação entre o ângulo descrito pela trajetória e o intervalo de tempo é denominado velocidade angular ω,

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}.$$

ω pode ser determinado com o ângulo medido em graus, porém é comum usar radianos, que seria o comprimento de um arco com o mesmo ângulo mas em uma circunferência de raio igual a 1.



Relação entre v e ω

Uma maneira de calcular a velocidade angular é considerar uma partícula efetuando uma volta completa em uma circunferência de raio 1, pois a sua velocidade angular será a mesma independente do raio da trajetória. Assim, o tempo gasto seria o período do movimento e o espaço percorrido o comprimento da circunferência $C = 2\pi rad$,

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \text{ rad/s.}$$

Além disso, no movimento circular, a velocidade é definida como $v = 2\pi R/T$ (veja o slide anterior), ou

$$v = \overbrace{\left(\frac{2\pi}{T}\right)}^{\omega} R, \; v = \omega R.$$

Corollary

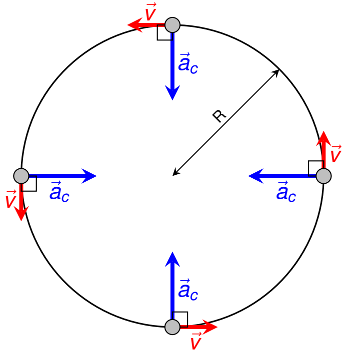
Lembrando que no SI, a unidade de medida da velocidade angular é radiano por segundo (rad/s).

Aceleração centrípeta e velocidade tangencial

No movimento circular uniforme, consideramos que a aceleração tangencial é zero. Assim, a única aceleração que existe neste movimento é a aceleração centrípeta, e sua relação com a velocidade é dado por

$$a_c = \frac{v^2}{R}.$$

A aceleração centrípeta não altera o módulo da velocidade, somente a sua direção e sentido. Isso acontece porque a sua direção é perpendicular a direção da velocidade.



Direção e sentido da aceleração centrípeta e da velocidade.

Velocidade resultante

Consideremos um barco tentando ir de uma margem a outra de um rio. Se não houver correntezas, o barco seguirá uma trajetória em linha reta, e será perpendicular ao rio. No entanto, se houver correnteza, ele seguirá uma trajetória em diagonal. Isso acontece porque a velocidade do barco observada por alguém na margem será a resultante das velocidades que ele possui, ou seja, a combinação da sua velocidade somado a velocidade da correnteza do rio.

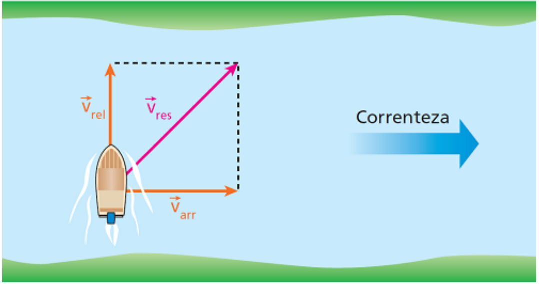
Barco tentando atravessar um rio com correnteza.

Independência das velocidades

Na figura ao lado podemos imaginar que o seu movimento será determinado pela sua velocidade resultante $\vec{v}_{res}$.

Corollary

Quando um objeto está animado, simultaneamente, por dois movimentos perpendiculares entre si, o deslocamento na direção de um deles é determinado apenas pela velocidade naquela direção.

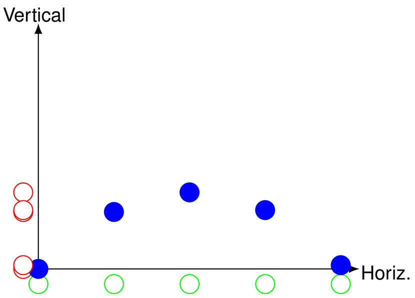


Movimento resultante do barco no rio.

Lançamento de projéteis

No caso de um lançamento oblíquo de um objeto, podemos considerar que o seu movimento resultante (que no caso é parabólico), é a combinação de dois movimentos perpendiculares:

- ✓ Um movimento em queda livre na vertical;
- ✓ Um movimento retilíneo e uniforme na horizontal.



Movimento balístico da bolinha azul.

Alfabeto grego

Alfa	A	α	Ni	N	ν
Beta	B	β	Csi	Ξ	ξ
Gama	Γ	γ	ômicron	O	o
Delta	Δ	δ	Pi	Π	π
Epsílon	E	ϵ,ε	Rô	P	ρ
Zeta	Z	ζ	Sigma	Σ	σ
Eta	H	η	Tau	T	τ
Teta	Θ	θ	Ípsilon	Υ	υ
Iota	I	ι	Fi	Φ	ϕ,φ
Capa	K	κ	Qui	X	χ
Lambda	Λ	λ	Psi	Ψ	ψ
Mi	M	μ	Ômega	Ω	ω

Referências e observações[1]

- A. Máximo, B. Alvarenga, C. Guimarães, Física. Contexto e aplicações, v.1, 2.ed., São Paulo, Scipione (2016)
- https://brasilescola.uol.com.br/fisica/movimento-uniforme.htm
- https://br.freepik.com/fotos-premium/rodovia-suburbana-no-final-da-noite-vestigios-de-farois-e-lan
20424758.htm

Esta apresentação está disponível para download no endereço
https://flavianowilliams.github.io/education

[1] Este material está sujeito a modificações. Recomenda-se acompanhamento permanente.