

FISICA.NET

O CANAL DA FÍSICA NA INTERNET

Prof. Alberto Ricardo Präss

A VELOCIDADE ESCALAR

O conceito de velocidade. Imaginemos que um jornal tenha enviado um correspondente especial à selva amazônica a fim de fazer uma reportagem sobre o Pico da Neblina, e suponhamos que após várias semanas de penosas marchas através da floresta tropical o correspondente faça chegar à redação do jornal a informação de que localizou uma tribo extraordinária, da qual até mesmo as crianças de mais de 10 anos são capazes de percorrer, a pé, 5 km em apenas 10 s.

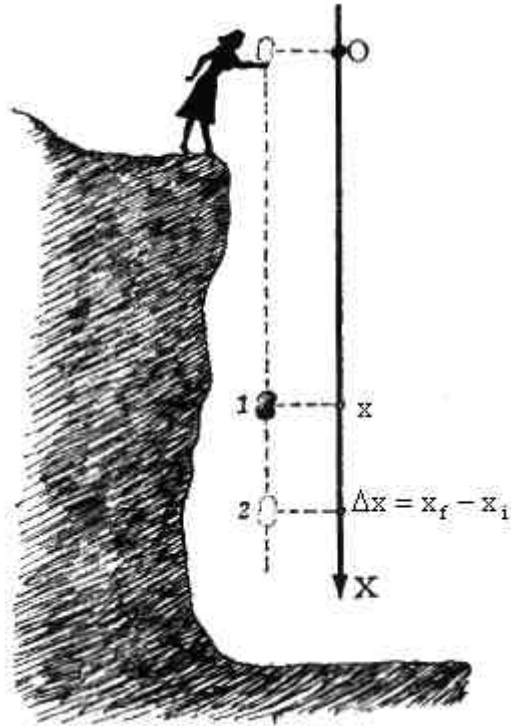
Julgamos que dificilmente a redação do jornal autorizaria, sem maiores investigações e reservas, a publicação da notícia. Provavelmente julgaria que as condições adversas reinantes na selva amazônica haviam provocado um desequilíbrio nervoso em seu enviado... No entanto, se a informação deste fosse a de que havia descoberto uma tribo da qual até mesmo as crianças de mais de 10 anos eram capazes de percorrer, a pé, 5 km, ou de andar a pé durante 10 s, a redação do jornal não teria ficado escandalizada, se bem que julgamos que também não publicariam a notícia, agora por um motivo oposto ao primeiro: é demasiado banal o fato de que alguém seja capaz de percorrer, a pé 5 km, ou de que alguém seja capaz de andar a pé durante 10 s.

O fato de não despertar interesse algum a notícia de que uma certa pessoa é capaz de percorrer, a pé, 5 km, ou de andar a pé durante 10 s, enquanto que despertaria interesse extraordinário a notícia de que existem pessoas capazes de percorrer, a pé, 5 km em 10 s, mostra-nos objetivamente que existem situações nas quais não interessa tanto saber qual a distância que um certo corpo, pode percorrer, ou durante quanto tempo ele pode se mover, mas sim que importa saber qual a relação existente entre a distância percorrida e o tempo durante o qual ela foi percorrida. No caso da tribo amazonense relatado pela enviado especial do jornal carioca, a experiência do pessoal da redação determinaria a não publicação do informe, uma vez que tal experiência lhes ensinou que é praticamente impossível existir seres humanos capazes de se moverem, por seus próprios meios, com uma velocidade (supersônica) de 0,5 km/s, ou seja, com uma velocidade de 1.800 km/h. Foi então a grandeza física denominada velocidade o índice utilizado pelo pessoal da redação do jornal para rejeitar a probabilidade de ser verídica a informação do seu enviado. Como tal índice desempenha um papel importante na teoria da Mecânica, vamos, a seguir, examinar cuidadosamente como ele é construído.

Suponhamos, para isto, que uma pedra largada de um certo ponto passou, num determinado instante t , por um ponto 1, e algum tempo após, isto é, no instante $t_f = t_i + \Delta t$, a pedra passou por um outro ponto, 2. Conseqüentemente a pedra, durante o Intervalo de tempo Δt compreendido entre os Instantes t_i e t_f , sofreu um deslocamento

$$\Delta x = x_f - x_i$$

Chamaremos, por convenção, **velocidade escalar média da pedra** ou **rapidez** (**speed** em inglês), ou simplesmente, velocidade média da pedra, entre os instantes t_i e $t_f = t_i + \Delta t$, a razão entre o deslocamento Δx e o intervalo de tempo Δt o durante o qual ele ocorreu.



Representando-se por $\langle v \rangle$ a velocidade média da pedra, entre os instantes t_i e $t_f = t_i + \Delta t$, poderemos escrever então, por definição, que:

$$\langle v \rangle = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

Por exemplo: se um automóvel foi do Rio a São Paulo em 6,0 h, viajou com uma velocidade média de 72 km/h, pois que sendo de 432 km a distância entre essas duas cidades (distância esta contada sobre a rodovia), vem, da definição de velocidade média, que:

$$\langle v \rangle = 432 \text{ km} / 6,0 \text{ h} = 72 \text{ km/h} .$$

Geralmente estaremos interessados, no entanto, não na velocidade média $\langle v \rangle$ de um corpo, entre os instantes t_i e t_f , mas na sua velocidade v exatamente no Instante t . Muito grosseiramente poderemos dizer que a velocidade v de uma partícula, no instante t , é igual à sua velocidade média $\langle v \rangle$ entre os instantes t_i e $t_f = t_i + \Delta t$, instantes estes separados por um intervalo de tempo Δt . O erro cometido nessa aproximação, no entanto, será tanto menor quanto menor for o Intervalo de tempo Δt , Isto é, o erro cometido na aproximação considerada tende para zero com Δt . Diremos então, por convenção, que a **velocidade**, v , de uma partícula, num instante t , é o limite para o qual tende a sua velocidade média, $\langle v \rangle$, correspondente ao intervalo de tempo Δt compreendido entre os instantes

t_i e $t_f = t + \Delta t$, quando Δt tende para zero. Para indicar isto usaremos a seguinte notação:

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \langle \mathbf{V} \rangle$$

ou seja, tendo-se em conta que $\langle v \rangle = \frac{\Delta x}{\Delta t}$:

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

sendo esta, então, a fórmula de definição de velocidade escalar instantânea. (Quando se fala em velocidade escalar, sem maiores especificações, quer-se dizer velocidade escalar instantânea).

Observações:

1) Por uma questão de comodidade de linguagem usa-se frequentemente a expressão velocidade, em vez da expressão mais longa (porém mais precisa) velocidade escalar. Também nós, neste curso, conformando-nos ao hábito internacional, usaremos frequentemente a expressão velocidade, simplesmente, significando velocidade escalar, quando julgarmos que não haverá possibilidade de confusão.

2) Sendo velocidade, por convenção, uma razão entre o deslocamento de uma partícula e o Intervalo de tempo durante o qual ele ocorreu, é claro que a sua unidade ficará perfeitamente determinada após escolhermos uma unidade de deslocamento e uma de tempo, de vez que, logicamente, a unidade de velocidade deverá ser a velocidade de uma partícula que sofra um deslocamento unitário num intervalo de tempo unitário. A unidade de velocidade do Sistema Internacional de Unidades, onde se tem que $U(\Delta x) = 1\text{m}$ e $U(\Delta t) = 1\text{s}$, será, portanto, a velocidade de uma partícula tal que sofra um deslocamento de um metro cada segundo. Tal unidade não tem nome especial; para designá-la dizemos: velocidade de um metro por segundo. O seu símbolo é m/s, ou qualquer outro algebricamente equivalente (por exemplo: $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$).

3) Dissemos, na seção anterior, que a velocidade, v , de uma partícula, num instante t , é o valor para o qual tende a sua velocidade média, $\langle v \rangle$, correspondente aos instantes t_i e $t_f = t + \Delta t$, quando se consideram valores de t_f tão próximos de t quanto se queira imaginar, ou seja, usando-se uma linguagem científica, dissemos que:

a velocidade v de uma partícula é o limite para o qual tende a sua velocidade média, $\langle v \rangle = \frac{\Delta x}{\Delta t}$, quando o intervalo de tempo Δt tende para zero:

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

<i>em</i>	<i>percorre</i>	<i>sendo a sua velocidade média</i>
2h	160 km	$\frac{160\text{km}}{2\text{h}} = 80\text{km/h}$
1h	80 km	$\frac{80\text{km}}{1\text{h}} = 80\text{km/h}$
30min	40 km	$\frac{40\text{km}}{1/2\text{h}} = 80\text{km/h}$
15min	20 km	$\frac{20\text{km}}{1/4\text{h}} = 80\text{km/h}$
7min30s	10 km	$\frac{10\text{km}}{450/3600\text{h}} = 80\text{km/h}$
3min45s	5 km	$\frac{5\text{km}}{225/3600\text{h}} = 80\text{km/h}$
↓	↓	↓
0	0	80km/h

Ora, quanto menor for o intervalo de tempo Δt que se considere, menor será, geralmente, o correspondente deslocamento Δx sofrido pela partícula considerada, isto é, Δx tende para zero quando Δt tende para zero. No entanto, o quociente $\frac{\Delta x}{\Delta t}$ não tenderá, obrigatória mente, para zero, apesar de Δx e Δt tenderem simultaneamente para zero. Para verificar isto, de forma objetiva, basta se considerar que um automóvel que esteja viajando à razão de 80km por hora:

Neste caso, em que o corpo considerado se move com velocidade invariável (movimento uniforme, como é usualmente denominada tal forma de movimento), a velocidade média do corpo é constante, isto é, é independente do intervalo de tempo Δt correspondente. Numa situação na qual a velocidade média do corpo considerado for variável, isto é, depender do intervalo de tempo Δt correspondente, a seqüência de valores $\frac{\Delta x}{\Delta t}$ deverá ir se aproximando de um valor bem determinado, quando considerarmos valores de Δt cada vez mais próximos de zero. Por exemplo, suponhamos que de um certo ponto se deixe cair uma pedra e que 3,000 s após o instante em que ela foi largada (isto é, no instante $t = 3,000$ s) ela esteja passando precisamente no ponto 1.

Suponhamos mais que estejamos interessados na velocidade v da pedra no instante exato em que ela estiver passando no ponto 1, isto é, no instante $t = 3,000$ s. Para calcular tal velocidade vamos calcular as velocidades médias da pedra entre os

instantes $t = 3,000 \text{ s}$ e $t_f = t + \Delta t$, para valores de Δt arbitrariamente escolhidos. Efetuemos então uma série de experimentações, medindo em cada uma delas a distância Δx percorrida pela pedra em intervalos de tempo Δt consecutivos ao instante $t = 3,000 \text{ s}$, isto é, a contar do instante em que a pedra passa pelo ponto 1, e cada um deles menor que o anterior. No quadro abaixo estão tabelados os resultados encontrados.

Δt	Δx
2,000 s	78,400000 m
1,000s	34,300000 m
0,100 s	2,989000 m
0,010 s	0,294500 m
0,001 s	0,294450 m

Dos valores tabelados acima podemos calcular as velocidades médias da pedra, correspondentes a diversos intervalos de tempo consecutivos ao instante $t = 3,000 \text{ s}$ e cada um deles menor que o anterior. No quadro abaixo estamos apresentando tais valores.

Δt	Δx	$\langle v \rangle = \frac{\Delta x}{\Delta t}$
2,000 s	78,400000 m	39,200 m/s
1,000 s	34,300000 m	34,300 m/s
0,100 s	2,989000 m	29,890 m/s
0,010 s	0,294500 m	29,450 m/s
0,001 s	0,294450 m	29,050 m/s

Da observação do quadro acima vemos que à proporção que vamos reduzindo o intervalo de tempo Δt ao qual a velocidade média $\langle v \rangle$ é relativa, o valor de tal velocidade média vai se aproximando de 29,4 m/s, ou seja: 29,4 m/s é o limite para o qual tende a velocidade média da pedra, $\langle v \rangle = \frac{\Delta x}{\Delta t}$, quando Δt tende para zero:

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \langle v \rangle = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = 29,4 \text{ m/s} \neq 0$$

Adaptado de "Mecânica" do Prof. L. P. Maia