

## Movimento Retilíneo Uniformemente Variado

### 1- Movimento retilíneo uniformemente variado

Quando se viaja de São Paulo ao Rio de Janeiro em 5 horas, dizemos que a velocidade média foi de aproximadamente 80km/h (a distância entre as cidades é de aproximadamente 400km). A velocidade instantânea passa por diferentes valores, desde zero até velocidades maiores que 80km/h. Hoje em dia, com a implantação de uma fiscalização mais acirrada do trânsito, dentro do perímetro urbano, você certamente já viu placas indicando a velocidade máxima permitida em cada trecho de grandes avenidas. É a velocidade máxima e não a velocidade média, cuidado.

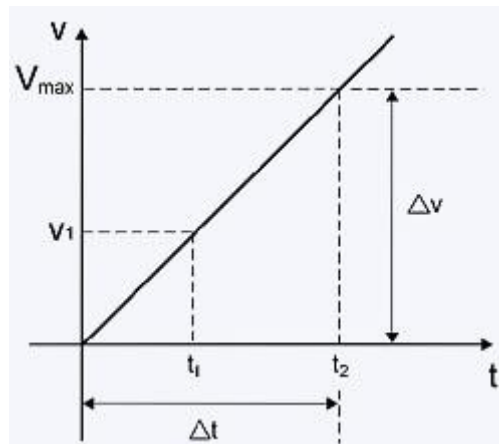
Então, qual a diferença entre velocidade média, instantânea e máxima?

Como os próprios nomes indicam, a velocidade instantânea é aquela indicada a cada instante no velocímetro do carro; a velocidade máxima corresponde à maior marcação e a média é um valor intermediário entre zero (que é a mínima) e a máxima. O veículo parte do repouso, a sua velocidade instantânea vai aumentando gradativamente, conforme você acelera, e vai diminuindo, conforme você tira o pé do acelerador ou freia. Em cada intervalo de tempo, existe um valor mínimo e um valor máximo da velocidade. Se a velocidade variar linearmente com o tempo, isto é, se o gráfico da velocidade em função do tempo for uma reta, a velocidade média é a média da velocidade mínima com a máxima em cada intervalo de tempo escolhido. A velocidade média do intervalo é a velocidade instantânea do instante intermediário. Somente no caso de a velocidade ser uma função linear do tempo, a velocidade média do intervalo coincide com a velocidade instantânea do instante intermediário. Se não for linear, sempre é possível escolher um intervalo tão pequeno de tal forma que, nesse intervalinho, pode-se dizer que a variação é praticamente linear. Assim, podemos obter a velocidade média e associá-la à velocidade instantânea no instante intermediário desse intervalinho.

Dado um sistema de referência, o movimento é chamado retilíneo uniformemente variado (MRUV) quando a trajetória é uma reta e a velocidade varia linearmente com o tempo, isto é, a aceleração é constante.

A representação de um movimento pode ser feita através de fórmulas ou através de gráficos. Os gráficos, embora não sejam muito comuns, mostram claramente tendências. Em anos eleitorais vemos com frequência gráficos, mostrando a variação da preferência do povo por um ou por outro candidato

em função do tempo. Seria possível mostrar essa mesma variação através de fórmulas! Uma equação, até complicada, pode representar qualquer curva, de uma forma aproximada. Vamos ver os gráficos abaixo, começando do gráfico da velocidade em função do tempo. Vamos supor que a velocidade do veículo varie de zero até a velocidade máxima, linearmente, isto é, a função é uma reta, que passa pelo zero.



$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

A aceleração é constante e igual a  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ . Entre os instantes

0 e  $t_1$ ,  $a = \frac{v_1}{t_1}$ , já que, para  $t=0, v_0 = 0$ .

Num movimento uniformemente variado,  $v = a.t$  quando a velocidade inicial é nula.

Quando a velocidade aumenta de zero até  $v_1$ , durante o intervalo de tempo de zero até  $t_1$ , vamos ver qual é o espaço percorrido medido a partir do ponto onde o móvel está em repouso inicialmente. A velocidade média entre os instantes 0 e  $t_1$  é  $\frac{v_1}{2}$  e o espaço percorrido é a velocidade média vezes o

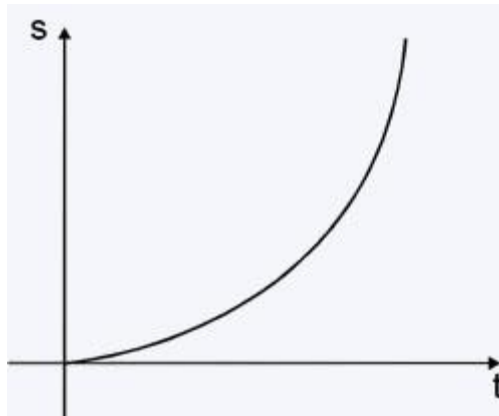
intervalo de tempo. Portanto:  $s_1 = \left(\frac{v_1}{2}\right)t_1$ . Agora veja:  $v_1 \frac{t_1}{2}$  é a área do

triângulo indicado na figura. O espaço percorrido é a área sob a curva que dá a variação da velocidade em função do tempo. Vocês vão estudar em matemática que isso representa a **integral** da função velocidade. Mas note que:

$v_1 = at_1$	$x_1 = \frac{at_1^2}{2}$
$v_2 = at_2$	$x_2 = \frac{at_2^2}{2}$
$v_n = at_n$	$x_n = \frac{at_n^2}{2}$

que é a fórmula usada para espaço percorrido por um móvel em MRUA em função do tempo.

O gráfico correspondente aos espaços em função do tempo está mostrado abaixo.



Quando a velocidade não varia linearmente com o tempo, o espaço pode ser calculado por somas sucessivas de áreas, só tendo o cuidado de escolher convenientemente os intervalos de tempo. Devem ser bem pequenos de modo que as aproximações feitas não resultem em erros muito grandes.

Propomos, na parte experimental, o estudo de um movimento retilíneo uniformemente variado partindo de medições de espaços percorridos em função do tempo. Uma vez obtidos os dados dos espaços em função do tempo, vamos obter as velocidades correspondentes e as acelerações em função do tempo.

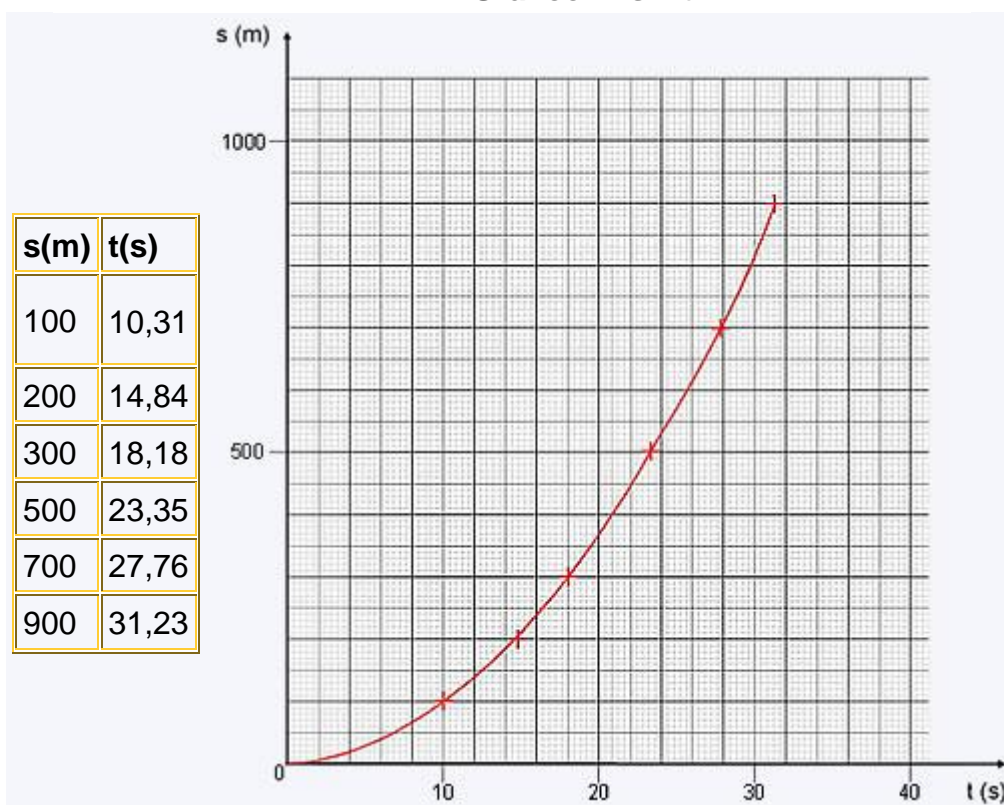
Como exemplo de procedimento de análise, veja o exemplo abaixo. Suponha um veículo que parte do repouso em  $t = 0$  e percorre uma pista retilínea. Foram medidos os instantes correspondentes à passagem desse veículo por marcos

previamente fixados ao lado da pista. Os dados obtidos estão na Tabela 1 e no Gráfico 1.

**Tabela 1 - Espaços em MRUV**

s(m)	t(s)
100	10,31
200	14,84
300	18,18
500	23,35
700	27,76
900	31,23

**Gráfico 1: s x t**



Note que foi traçada uma curva média pelos pontos. NÃO LIGUE OS PONTOS OBTIDOS COM SEGMENTOS DE RETA. TRACE A CURVA MÉDIA.

Em cada intervalo de tempo  $\Delta t$ , calcula-se o incremento  $\Delta s$  do espaço para obter a velocidade média nesse intervalo  $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ . Esta velocidade é a

velocidade instantânea no instante intermediário do intervalo considerado. Veja no Gráfico 2 e na Tabela 2 os valores correspondentes das velocidades. Escolhemos o intervalo de tempo  $\Delta t = 5s$ . Observe especialmente os intervalos de tempo escolhidos no Gráfico 1 e no Gráfico 2. Calcule e confira com os valores indicados.

Tabela 2- Velocidades			Gráfico 2: v x t
<b>s(m)</b>	<b>t(s)</b>	<b>v(m/s)</b>	
0 a 5	27	5,4	
5 a 10	95-27=68	13,6	
10 a 15	207-95=112	22,4	
15 a 20	357-207=150	30,0	
20 a 25	567-357=210	42,0	
25 a 30	825-567=258	51,6	

Novamente traçamos uma curva média pelos pontos. Como mostram os dados, a curva é nada mais que uma reta. Note como a reta é traçada. Não devemos desprezar pontos sem critério, mas, levando em consideração as precisões das medições, não podemos ligar simplesmente os pontos em ziguezague.

Da mesma forma, podemos calcular as acelerações correspondentes às velocidades em diferentes intervalos de tempo e, assim, obter o gráfico da aceleração em função do tempo.

Agora vocês já têm as informações necessárias para realizar a experiência proposta!

## 2-MRUV no cotidiano

### 1. A queda livre no ar

Todo objeto cai diretamente se solto no espaço com velocidade inicial zero, desde que não tenha um formato que o faça flutuar no ar. A Terra atrai os objetos através da aceleração da gravidade.

## 2. Queda livre no vácuo

Num ambiente sem ar, não há a resistência do ar e os objetos são apenas atraídos pela aceleração da gravidade.

## 3. Avião decolando

Na cabeceira da pista, o avião inicia um movimento acelerado de modo a vencer a atração que a Terra exerce, flutuando no ar usando as suas linhas aerodinâmicas.



## 4. Um carro de corrida

Nos trechos reto, um carro de corrida locomove-se em movimento retilíneo acelerado até atingir altas velocidades, mas precisa de aerofólios para mantê-lo no solo, ao contrário dos aviões. Nem sempre a aceleração é constante.

