

1 Introdução a Cinemática

A cinemática é a parte da mecânica que estuda e descreve os movimentos, sem se preocupar com as suas causas. Seu objetivo é descrever apenas como se movem os corpos. A parte da mecânica que se preocupa com as causas do movimento é a dinâmica, que será estudada somente mais a diante nesta apostila.

Em geral, na cinemática, estudamos o movimento de um corpo qualquer, tratando o mesmo como uma partícula ou um ponto material. Esta representação é possível devido às dimensões do corpo em movimento, considerado nestes estudos, serem desprezíveis em comparação com as demais dimensões que participam do fenômeno. Por exemplo, um automóvel de 3,5 metros de comprimento, se desloca por cerca de 200 quilômetros, na cinemática consideramos o comprimento do carro desprezível em relação à distância percorrida, logo tratamos o mesmo como uma partícula ou um ponto material.

Outro conceito importante que deve ser ressaltado é o de movimento. No dia-a-dia costumamos associar a idéia de movimento a tudo que esteja em constante mudança, atividade, animação, agitação, evolução, desenvolvimento e etc. Entretanto, na física, a idéia de movimento assume um significado restrito:

A variação, em função do tempo, da posição de um corpo em relação a outro corpo que serve de referência.

Considerando isto, o conceito de movimento de um corpo está associado a outro corpo que serve de referência.

1.1 Sistema de referência

Quando dizemos que um corpo está em movimento, devemos explicitar em relação a que outro corpo, sua posição se altera em função do tempo. Vejamos um exemplo. Imagine um trem que se aproxima de uma estação onde alguns passageiros aguardam sentados. Em

relação à estação, o trem está em movimento e os passageiros estão em repouso. Já em relação ao trem, tanto a estação quanto os passageiros estão em movimento. Neste sentido, o conceito de movimento é relativo, ou seja, depende do corpo de referência adotado.

Sendo assim, na cinemática, iremos sempre associar o movimento de um corpo a um referencial, cuja definição pode ser dada por:

Referencial é todo corpo ou ponto em relação ao qual se verifica a variação de posição de um outro corpo.

1.2 Movimento, repouso e trajetória

Quando a posição de um corpo varia, em relação a um dado referencial, durante um intervalo de tempo qualquer, diz-se que há **movimento**. Por outro lado, se a posição do corpo não varia, em relação a um referencial, durante um intervalo de tempo, diz-se que esse corpo está em **repouso**.

Outro conceito que depende fundamentalmente do referencial adotado é o de **trajetória**. A trajetória de um corpo pode ser entendida como o caminho que ele percorreu durante sucessivos instantes de tempo, ao longo de seu movimento. Por exemplo, imagine um pacote de mantimentos arremessado de um avião. Do ponto de vista do piloto do avião, a trajetória do pacote é aproximadamente retilínea e vertical. Já para um observador na Terra, a trajetória descrita pelo pacote será parabólica. Assim, os conceitos de movimento, repouso e trajetória dependem do referencial adotado.

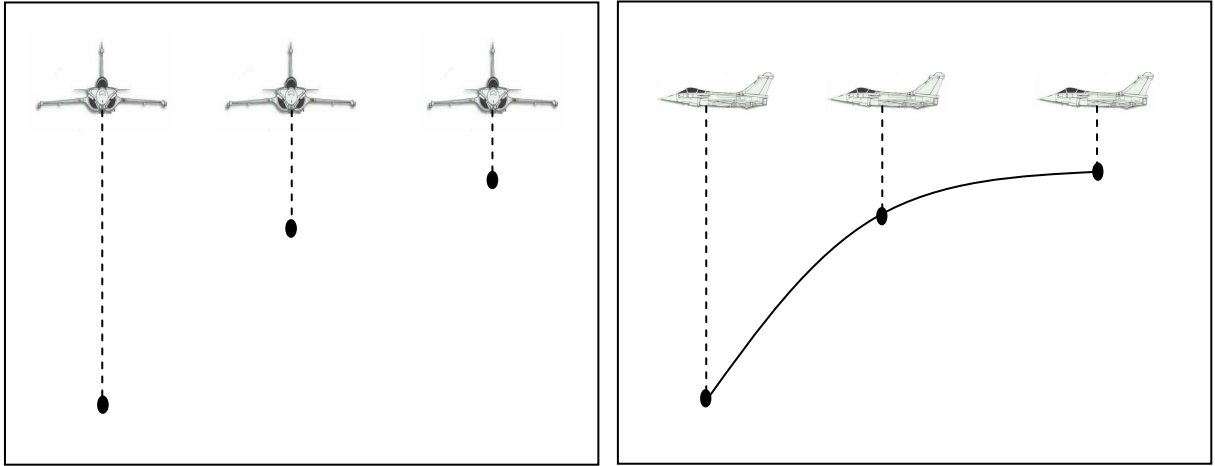


Figura 1. Trajetória de um pacote de mantimentos arremessado de um avião.

1.3 Deslocamento e distância percorrida

O conceito de **deslocamento** decorre da definição de movimento. Já o conceito de **distância percorrida**, decorre da definição de trajetória. Observe o conceito de cada um deles através da figura abaixo.

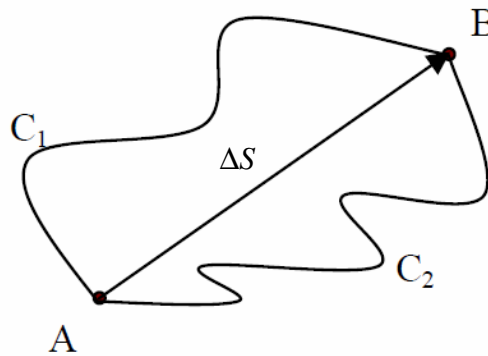


Figura 2. Deslocamento e distância percorrida do ponto A ao ponto B.

Suponha que um corpo partindo do ponto A alcance o ponto B ora pelo caminho C_1 , ora pelo caminho C_2 . O deslocamento do corpo, em ambos os casos, é ΔS que une os dois pontos. Assim, dado um sistema de referência, a partir do qual se possa determinar a posição S_i do ponto A e a posição S_f do ponto B , definimos o deslocamento ΔS como sendo:

$$\Delta S = S_f - S_i$$

Entretanto, as distâncias percorridas dependerão do comprimento de cada uma das trajetórias (caminhos 1 e 2).

1.4 Velocidade média e velocidade instantânea

A **velocidade média** é definida a partir do conceito de deslocamento. Ela informa a rapidez com que o corpo se desloca entre duas posições. Como exemplo, suponha que você caminhe uma quadra com 60 metros de extensão, em linha reta, em 1 minuto. Logo, terá sofrido um deslocamento, em média, de 1 m a cada 1 s de caminhada. Diz-se, então, que sua velocidade média foi de 1 m/s. Isso não quer dizer que você tenha mantido esta velocidade ao longo de toda a quadra. Essa velocidade indica, apenas, que a cada 1 s de caminhada, você variou sua posição em 1m. Logo, define-se a velocidade média como sendo a razão entre o deslocamento ΔS e o intervalo de tempo Δt associado a este deslocamento:

$$\Delta V = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

A definição de **velocidade instantânea**, ou simplesmente velocidade, é similar a da velocidade média. A diferença está no fato de que Δt é tomado como sendo infinitamente pequeno, isto é, o intervalo de tempo reduz-se a um instante de tempo. Portanto, pode-se dizer que a velocidade média torna-se a velocidade naquele instante.

1.5 Unidades de medida

As grandezas físicas podem ser medidas usando-se diversas unidades. Por exemplo, o comprimento pode ser medido em metros, centímetro, quilômetros, pés e etc.

A medição das grandezas físicas deve ser feita de forma coerente. Para isso, foram estabelecidos alguns sistemas de unidades físicas, dos quais os mais usados são dois: O Sistema Internacional (SI), também conhecido como Sistema MKS e o Sistema CGS. Veja

como as grandezas apresentadas anteriormente são representadas em cada um desses sistemas na tabela abaixo:

Tabela 1: Unidades.

Grandezas	SI	CGS
Comprimento	M	cm
Tempo	s (ou seg)	s (ou seg)
Velocidade	m/s	cm/s

Considere, por exemplo, que um móvel se desloca com velocidade igual a 90 km/h. Para transformarmos o valor da velocidade desse móvel para o sistema SI e CGS temos que considerar o seguinte algebrismo:

- 1) Transformando para o sistema SI, temos:

$$90 \text{ km} / h = \frac{90 \text{ km}}{1 \text{ hora}} = \frac{90000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = 25 \text{ m} / s$$

- 2) Transformando para o sistema CGS, temos:

$$90 \text{ km} / h = \frac{90 \text{ km}}{1 \text{ hora}} = \frac{9000000 \text{ cm}}{3600 \text{ s}} = 2500 \text{ cm} / s$$

2 Movimento Retilíneo Uniforme (MRU)

Foi visto na seção anterior que a velocidade de um corpo é relacionada à rapidez com que um determinado corpo muda de posição. Essa mudança de posição pode ser efetuada de diferentes maneiras, e por sua vez, cada maneira caracteriza um determinado tipo de movimento. Vejamos um desses tipos: o movimento retilíneo uniforme (MRU).

Chamamos de **MRU** àquele em que o deslocamento do corpo (em relação a um referencial) se dá em uma trajetória retilínea (em linha reta) com o valor de **velocidade constante**.

Assim, quando afirmamos que um móvel executa movimento retilíneo uniforme com velocidade de 10 m/s, isto significa que em qualquer instante o valor da velocidade deste móvel será de 10 m/s, ou seja, não haverá variação na velocidade do móvel.

Sabemos que todo corpo em movimento sofre uma variação de posição. Para indicar a posição de um corpo em um determinado instante, usamos a equação denominada Equação Horária:

$$S = S_0 + V.t$$

Onde S é a posição final, S_0 é a posição inicial, V é a velocidade e t é o tempo.

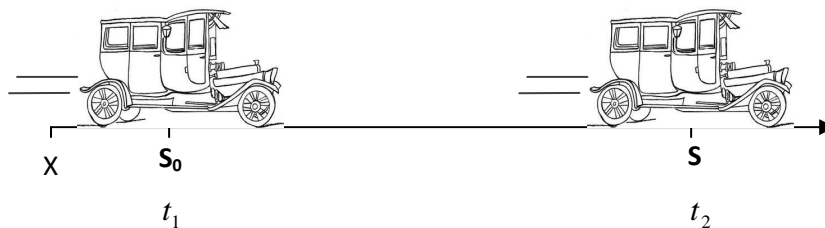


Figura 3. Móvel em movimento retilíneo uniforme.

Vejamos um exemplo:

1. A posição de um móvel em Movimento Retilíneo Uniforme é representada pela equação $S = 2 + 5t$. Usando as unidades do sistema internacional. Calcule :

a) a posição inicial do móvel:

$$s = 2 + 5t : (\text{para } t = 0) s = 2 + 5 \cdot 0$$

$$s = 2 + 0 : (s = 2)$$

Resposta: A posição inicial do móvel é 2 metros.

b) A posição do móvel no instante $t = 3$:

$$s = 2 + 5t$$

$$s = 2 + (5 \cdot 3)$$

$$s = 2 + 15$$

$$S = 17$$

Resposta: A posição do móvel no instante $t = 3$ é 17 metros.

c) O deslocamento do móvel no instante $t = 10$:

$$s = 2 + 5t$$

$$s = 2 + (5 \cdot 10)$$

$$s = 2 + 50$$

$$s = 52 (\text{posição do móvel em } t = 10)$$

$$\Delta s = s - s_j$$

$$\Delta s = 52 - 2$$

$$\Delta s = 50$$

Resposta: o deslocamento do móvel é de 50 metros.

d) a velocidade do móvel:

$V_m = \Delta S / \Delta t$ tomando $t = 10$ e $\Delta s = 50$ m temos:

$V_m = 50 \text{ m} / 10 \text{ s} : V_m = 5 \text{ m/s}$

Resposta: A velocidade do móvel é de 5 m/s

Quando a velocidade do móvel está a favor do sentido da trajetória, sua velocidade é positiva e seu movimento é chamado **progressivo**; quando ele está se deslocando em sentido contrário ao da trajetória, temos que a velocidade é negativa e o movimento é **retrógrado**.

Exercícios:

1. Um carro se desloca de Florianópolis–SC a Curitiba–PR. Sabendo que a distância entre as duas cidades é de 300 km e que o percurso iniciou às 7 horas e terminou ao meio dia, calcule a velocidade média do carro durante a viagem em m/s.
2. Uma patrulha rodoviária mede o tempo que cada veículo leva para percorrer um trecho de 400m da estrada. Um automóvel percorre a primeira metade do trecho com velocidade de 140Km/h. Sendo de 80Km/h a velocidade máxima permitida, qual deve ser a maior velocidade média do carro na segunda metade do trecho para evitar a multa?
3. Um carro desloca-se em uma trajetória retilínea descrita pela função $S=20+5t$ (no SI). Determine:
 - a) a posição inicial;
 - b) a velocidade;
 - c) a posição no instante 4s;
 - d) o espaço percorrido após 8s;
 - e) o instante em que o carro passa pela posição 80m;
 - f) o instante em que o carro passa pela posição 20m.

4. Um tiro é disparado contra um alvo preso a uma grande parede capaz de refletir o som. O eco do disparo é ouvido 2,5 segundos depois do momento do golpe. Considerando a velocidade do som 340m/s, qual deve ser a distância entre o atirador e a parede?

2.1 Gráficos do Movimento Uniforme

A utilização de gráficos é uma poderosa arma para interpretação de dados. Em física, utilizaremos os gráficos para mostrar a evolução no tempo de grandezas como espaço, velocidade e aceleração.

2.1.1 Gráficos do Espaço em Função do Tempo (S x t) no MRU

Como já apresentado, temos no MRU a função horária:

$$S = S_0 + V.t$$

Como esta função é do 1º grau, podemos ter os seguintes gráficos S x t para o MRU:



Figura 4. Gráfico do espaço em função do tempo.

2.1.2 Gráficos da Velocidade em Função do Tempo (V x t) no MRU

Para o MRU, a velocidade é constante e diferente de zero. Nesse caso a função será uma reta paralela ao eixo dos tempos.

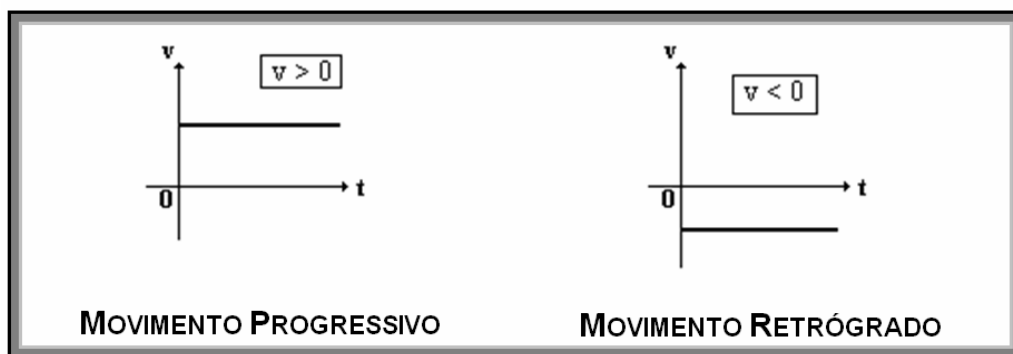


Figura 5. Gráfico da velocidade em função do tempo.

2.1.3 Propriedades dos Gráficos do MRU

No Gráfico $S \times t$ temos:

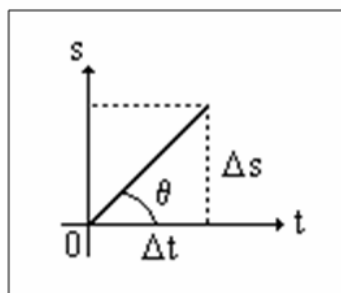


Figura 5. Gráfico do espaço em função do tempo.

Pois veja:

Tabela 2. Definições.

A definição de tangente:	$\operatorname{tg}\theta = \frac{\text{cateto oposto}}{\text{cateto adjacente}}$
$\operatorname{tg}\theta = \frac{\Delta S}{\Delta t}$ Aplicando a definição de tangente no nosso caso, temos:	$\operatorname{tg}\theta = \frac{\Delta S}{\Delta t}$
Sabendo que $v = \frac{\Delta S}{\Delta t}$, temos então:	$V \equiv \operatorname{tg}\theta$

No Gráfico $V \times t$ temos:

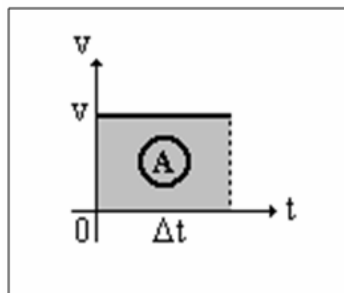


Figura 6. Gráfico da velocidade em função do tempo.

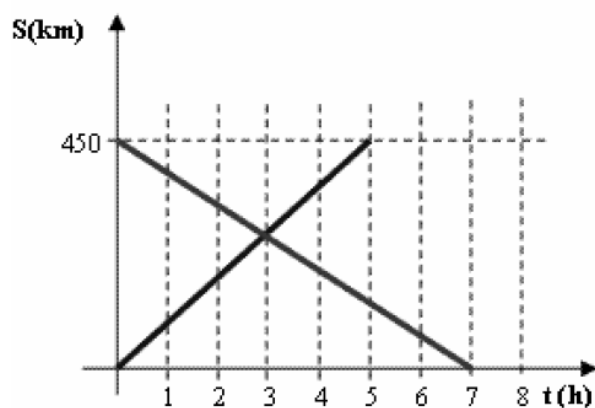
Pois veja:

Tabela 3. Definições.

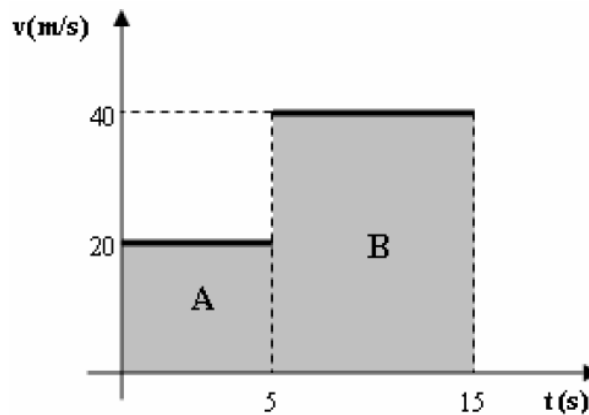
A área de um retângulo:	$A = B.h$
Aplicando em nosso caso, temos:	$A = \Delta t.V$
Sabendo que $V \Delta t = \Delta S$, temos então:	$\Delta S \equiv A$

Exercícios:

1. O gráfico a seguir mostra as posições em função do tempo de dois ônibus. Um parte de uma cidade A em direção a uma cidade B, e o outro da cidade B para a cidade A. As distâncias são medidas a partir da cidade A. A que distância os ônibus vão se encontrar?



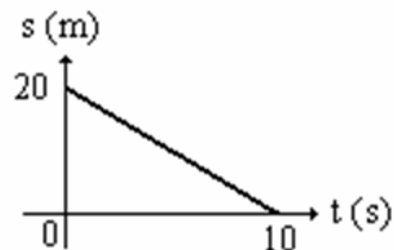
2. Um carro se desloca a uma velocidade de 20m/s em um primeiro momento, logo após passa a se deslocar com velocidade igual a 40m/s, assim como mostra o gráfico abaixo. Qual foi a distância percorrida pelo carro?



3. Dois trens partem simultaneamente de um mesmo local e percorrem a mesma trajetória retilínea com velocidades, respectivamente, iguais a 300km/h e 250km/h. Há comunicação entre os dois trens se a distância entre eles não ultrapassar 10km. Depois de quanto tempo após a saída os trens perderão a comunicação via rádio?

4. Considerando que um móvel se desloca segundo o gráfico a seguir, determine:

- a) A função horária do movimento.
- b) A posição do móvel no instante $t=30s$.



3 Movimento Uniformemente Variado (MUV)

No dia-a-dia, entretanto, o MRU é pouco comum. Se entrarmos em um ônibus ou em um carro e observarmos o ponteiro do velocímetro, veremos que a velocidade raramente será constante. Ela aumenta e diminui várias vezes.

Assim, um ônibus ou automóvel no trânsito de uma cidade, um jogador de futebol durante uma partida, uma criança brincando são exemplos típicos de movimento uniformemente variado (MUV).

O MUV é aquele que se realiza em uma trajetória retilínea e que o valor numérico da sua velocidade varia com o decorrer do tempo. A variação da velocidade com o decorrer do tempo é também conhecida como **aceleração**. Logo, no MUV a aceleração será constante e diferente de zero. No MRU, que vimos anteriormente a aceleração é igual a zero.

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

No MUV quando a velocidade e a aceleração têm mesmo sinal (ambas são positivas ou ambas são negativas) o movimento é dito **acelerado**. Quando a velocidade e a aceleração possuem sinais diferentes, o movimento é **retardado**.

O MUV pode ser descrito por três Equações:

$$v = v_0 + a.t$$

$$s = s_0 + v_0.t + \frac{1}{2}at^2$$

$$v^2 = v_0^2 + 2.a.\Delta S$$

3.1 Gráficos do Movimento Uniformemente Variado

Vamos analisar os gráficos que descrevem o MUV.

3.1.1 Gráficos da Velocidade em Função do Tempo (V x t) no MUV

No caso do MUV a função da velocidade é:

$$v = v_0 + a.t$$

Observando que a função é do 1º grau, portanto o gráfico será uma reta crescente ou decrescente.

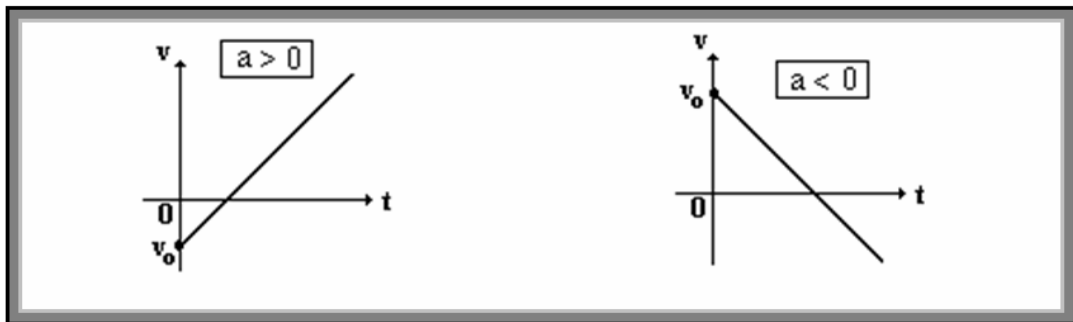


Figura 7. Gráfico da velocidade em função do tempo.

3.1.2 Gráficos da Aceleração em Função do Tempo (a x t) no MUV

No MUV a aceleração é constante, e portanto o gráfico será uma reta paralela ao eixo t.

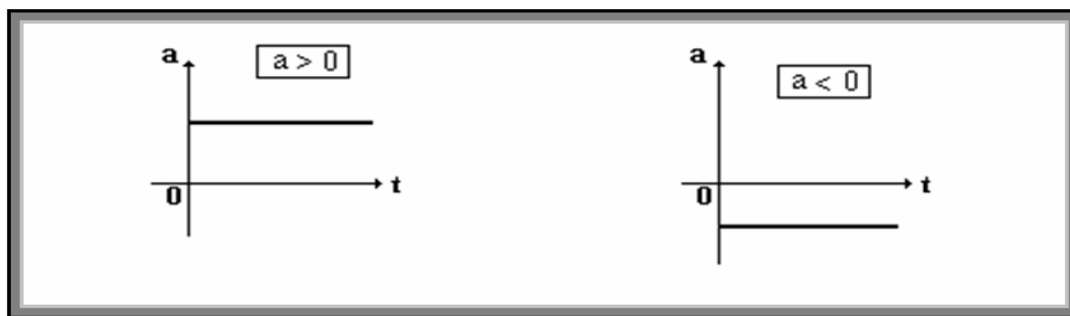


Figura 8. Gráfico da aceleração em função do tempo.

3.1.3 Gráficos da Posição em Função do Tempo (S x t) no MUV

No caso do MUV a função que descreve a posição em função do tempo é dada por:

$$s = s_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2}at^2$$

Como a função horária é do 2^o grau podemos ter os seguintes gráficos para o MUV:

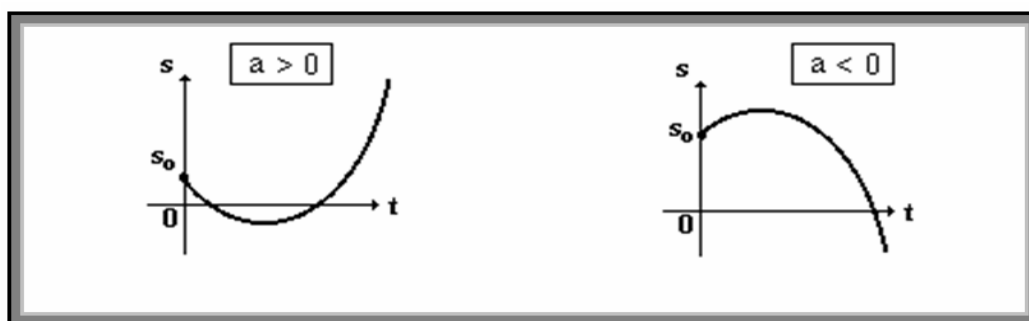


Figura 9. Gráfico da posição em função do tempo.

3.1.4 Propriedades dos Gráficos do MRU

No Gráfico $v \times t$ temos:

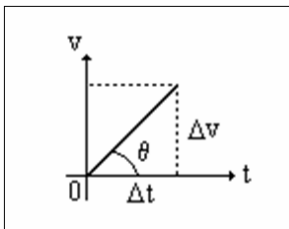


Figura 10. Gráfico da velocidade em função do tempo.

Pois veja:

Tabela 4. Definições.

A definição de tangente:	$\text{tg}\theta = \frac{\text{cateto oposto}}{\text{cateto adjacente}}$
Aplicando a definição de tangente no nosso caso, temos:	$\text{tg}\theta = \frac{\Delta V}{\Delta t}$
Sabendo que $a = \frac{\Delta V}{\Delta t}$, temos então:	$a \equiv \text{tg}\theta$

No Gráfico $a \times t$ temos:

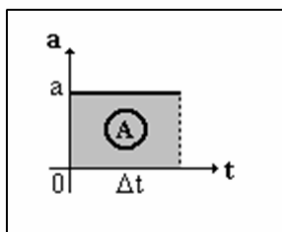


Figura 11. Gráfico da aceleração em função do tempo.

Pois veja:

Tabela 5. Definições.

Área de um retângulo:	$A = B.h$
Aplicando o nosso caso, temos:	$A = \Delta t.a$
Sabendo que $a.\Delta t = \Delta V$, temos então:	$\Delta V \equiv A$

Portanto, se tivermos um gráfico $a \times t$ no MUV, a área abaixo da curva, nos fornecerá o valor do deslocamento.

Exercícios:

1. Um móvel realiza um MUV regido pela equação horária no SI:

$$s = 3 + 2t - t^2$$

Determine:

- a) O espaço inicial, a velocidade inicial e a aceleração;
- b) A função velocidade;
- c) O espaço e a velocidade do móvel no instante 2s;
- d) O instante em que o móvel inverte o sentido do movimento;
- e) O instante em que o móvel passa pela origem dos espaços.

2. Um veículo parte do repouso em movimento retilíneo e acelera a 2m/s^2 . Pode-se dizer que sua velocidade e a distância percorrida, após 3 segundos, valem respectivamente:

- a) 6m/s e 9m ; b) 6m/s e 18m ; c) 3m/s e 12m ;
- d) 12m/s e 36m ; e) 2m/s e 12m .

3. Um móvel realiza um MUV e sua velocidade varia com o tempo de acordo com a função:

$$v = -20 + 4t$$

Determine:

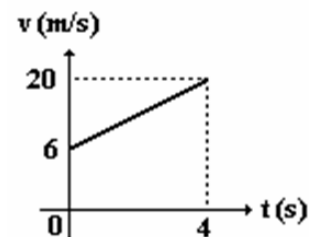
- a) a velocidade inicial e a aceleração escalar;

- b) sua velocidade no instante $t=4s$.
- c) o instante em que atingirá a velocidade de 20 m/s;
- d) o instante em que ocorrerá a inversão no sentido do movimento.

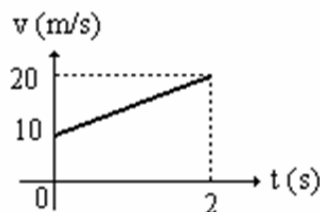
4. Um ponto material parte do repouso com aceleração constante e 4 s depois tem velocidade de 108 km/h. Determine sua velocidade 10 s após a partida.

5. O gráfico a seguir fornece a velocidade de um corpo no decorrer do tempo.

- a) Qual a aceleração do corpo?
- b) Qual a função horária da velocidade?
- c) Qual a velocidade do corpo no instante 20 s?



6. A posição inicial para o móvel que descreve o MUV, cujo gráfico $v \times t$ é o representado abaixo, vale 5m. Quais são as equações horárias para o movimento considerado?



7. Um móvel descreve um movimento em que sua velocidade escalar varia com o tempo de acordo com o gráfico ao lado.

Calcule:

- a) a aceleração escalar desse móvel no instante $t=3$ s;
- b) seu deslocamento entre os instantes $t=2$ s e $t=12$ s.

8. Um móvel em MUV parte do repouso e atinge a velocidade de 20 m/s. Se a aceleração do móvel é 2m/s, determine a distância percorrida por esse móvel.

9. A equação horária do movimento de um ponto material P é:

$$s = 400 - 20t - 4t^2$$

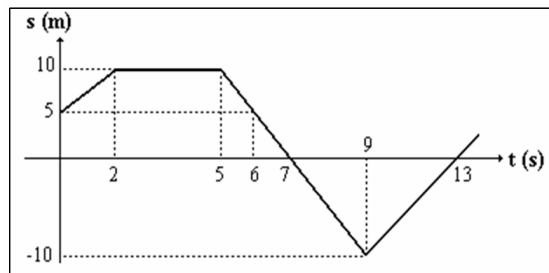
Onde o espaço s é dado em metros e o tempo t em segundos. A velocidade média de P no intervalo de 0 a 5 s é, em m/s:

- a) -40; b) -25 c) 120; d)60; e)-30.

10. O espaço de um ponto material varia no decurso de tempo de acordo com o gráfico.

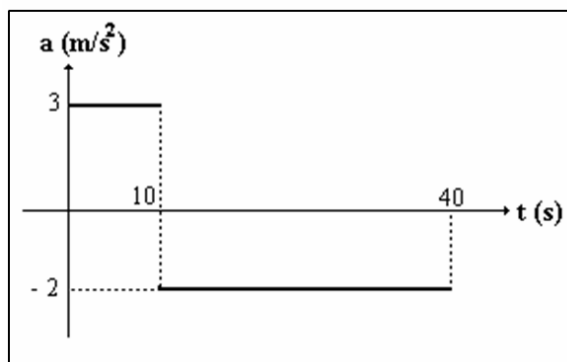
Determine:

- o espaço inicial do movimento;
- o que acontece com o ponto material no intervalo de tempo de 2 s a 5 s;
- em que instantes o móvel passa pela origem;
- a velocidade escalar no instante 1,5 s.



11. O gráfico da aceleração escalar de um móvel, em movimento retilíneo, em função do tempo é dado na figura abaixo. Determine:

- a aceleração escalar média no intervalo de 0 a 40s;
- o gráfico da velocidade escalar em função do tempo. Sabe-se que a velocidade inicial é nula.



12. Um automóvel encontra-se parado diante de um semáforo. Logo quando o sinal abre, ele arranca com aceleração 5m/s^2 , enquanto isso, um caminhão passa por ele com velocidade constante igual a 10m/s .

- Depois de quanto tempo o carro alcança o caminhão?
- Qual a distância percorrida até o encontro.

13. Um corredor chega a linha de chegada em uma corrida com velocidade igual a 18m/s . Após a chegada ele anda mais 6 metros até parar completamente. Qual o valor de sua aceleração?

14. Um trem parte do repouso, da origem das posições de uma trajetória retilínea, com aceleração de 4 m/s^2 ?

a) Que velocidade tem após 10s ?

b) Que distancia percorreu em 10s ?

c) Qual a distancia percorrida até o instante em que sua velocidade atinge 60 m/s ?

d) Qual é sua velocidade média no instante de 0 a 10s ?

15. Uma motocicleta se desloca com velocidade constante igual a 30m/s . Quando o motociclista vê uma pessoa atravessar a rua freia a moto até parar. Sabendo que a aceleração máxima para frear a moto tem valor absoluto igual a 8m/s^2 , e que a pessoa se encontra 50m distante da motocicleta. O motociclista conseguirá frear totalmente a motocicleta antes de alcançar a pessoa?

4 Movimento Vertical

Desde a antiguidade o estudo dos movimentos verticais era de grande importância para alguns cientistas conceituados como, por exemplo, Galileu Galilei que realizou um estudo minucioso da queda livre.

Note que embora o movimento que será introduzido seja vertical ele ficará sujeito as leis de movimento que já estudamos anteriormente. Outro fato importante é que estaremos desprezando a resistência do ar.

4.1 Queda livre

O movimento de queda livre é caracterizado pelo abandono de um corpo a uma certa altura em relação ao solo.

Considere a seguinte situação:

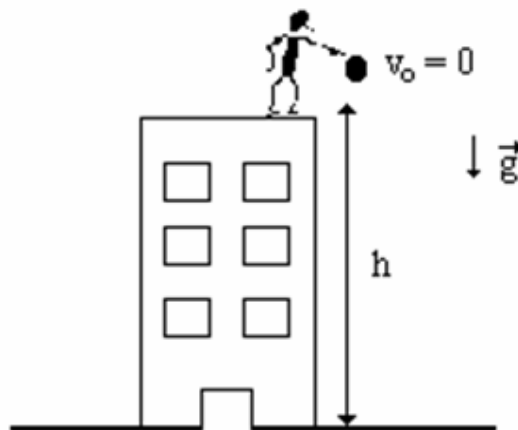




Figura 12. Queda livre.

O que sei desse movimento?

Tabela 6. Queda livre.

	
Um garoto do alto do prédio abandona uma pedra. O que eu sei a respeito?	Sua velocidade inicial é $v_0 = 0$
Observa-se que a medida que a pedra vai caindo sua velocidade aumenta.	Para velocidade aumentar é necessário que exista aceleração com o mesmo sentido da trajetória (para baixo).
Se a pedra não possui motor de onde vem esta aceleração?	É a aceleração da gravidade, g . A aceleração é constante.

Importante: A aceleração da gravidade possui as seguintes características:

Módulo: $g \cong 9,8 \text{ m/s}^2$;

Direção: Vertical;

Sentido: Orientação para o centro da Terra.

4.2 Lançamento Vertical

O que difere o lançamento vertical da queda livre é o fato da velocidade inicial no primeiro ser diferente de zero. No caso da queda livre só poderemos ter movimentos no sentido de cima para baixo, no caso do lançamento vertical poderemos ter movimentos em ambos os sentidos, ou seja, de cima para baixo ou de baixo para cima.

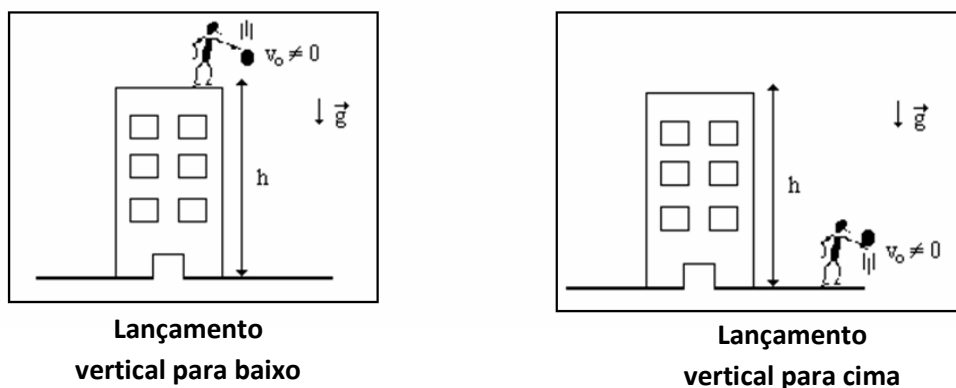


Figura 13. Lançamento vertical.

O que sei do lançamento vertical para cima?

Tabela 7. Lançamento vertical.

Qual a velocidade, no ponto mais alto de um lançamento vertical para cima?	A velocidade é igual a zero.
Qual o tipo de movimento na subida.	Movimento Retardado.
Qual o tipo de movimento na descida?	Movimento Acelerado.

4.3 Descrição Matemática dos Movimentos Verticais

As equações que descrevem os movimentos verticais são as mesmas que foram apresentadas para o MUV, devido à presença da aceleração da gravidade. Portanto as equações que regem esses movimentos são:

Tabela 8. Equações.

Queda Livre	Lançamento Vertical
$v = g.t$	$v = v_0 + g.t$
$s = \frac{1}{2} g.t^2$	$s = s_0 + v_0 t + \frac{1}{2} g t^2$
$v^2 = 2.g.\Delta S$	$v^2 = v_0^2 + 2.g.\Delta S$

É importante notar que para facilitar a resolução dos problemas, utilizaremos $s_0=0$ no caso da queda livre, ou seja, colocaremos nosso referencial de origem no início do movimento.

4.4 Estudo dos Sinais da Aceleração da Gravidade

O sinal da aceleração da gravidade é adotado a partir do início do movimento. Caso o início seja de cima para baixo teremos g positivo (pois o corpo estará descendo auxiliado pela gravidade). Caso o início seja de baixo para cima, teremos g negativo (pois o corpo estará sendo lançado contra a gravidade).

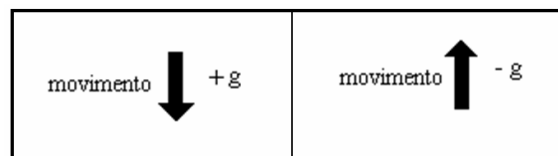


Figura 14. Aceleração da gravidade.

Exercícios:

1. Uma pedra é lançada do solo, verticalmente para cima, com velocidade de 18 m/s. Desprezando a resistência do ar e adotando $g=10 \text{ m/s}^2$, determine:
 - a) as funções horárias do movimento;
 - b) o tempo de subida;
 - c) a altura máxima;

d) em $t=3$ s, contados a partir do lançamento, qual a posição da pedra e o sentido do movimento;

e) o instante e a velocidade escalar quando o móvel atinge o solo.

2. Um corpo é lançado verticalmente para cima, com velocidade de 20 m/s, de um ponto situado a 160m do solo. Despreze a resistência do ar e adote $g=10 \text{ m/s}^2$.

a) Qual o tempo gasto pelo corpo para atingir o solo?

b) Qual a velocidade do corpo no instante 5 s?

3. Uma pedra é abandonada do topo de um prédio e gasta exatamente 4 segundos para atingir o solo. Despreze a resistência do ar e adote $g= 10 \text{ m/s}^2$. Determine:

a) a altura do prédio;

b) o módulo da velocidade da pedra ao atingir o solo.

4. Uma bola de futebol é chutada para cima com velocidade igual a 20m/s.

(a) Calcule quanto tempo a bola vai demorar para retornar ao solo.

(b) Qual a altura máxima atingida pela bola? Dado $g=10\text{m/s}^2$.

5. Uma pedra é abandonada de um penhasco de 100m de altura. Com que velocidade ela chega ao solo? Quanto tempo demora para chegar?

6. Um fazendeiro precisa saber a profundidade de um poço em suas terras. Então, ele abandona uma pedra na boca do poço e cronometra o tempo que leva para ouvir o som da pedra no fundo. Ele observa que o tempo cronometrado é 5 segundos. Qual a altura do poço?

7. Durante a gravação de um filme, um dublê deve cair de um penhasco de 30m de altura e cair sobre um colchão. Quando ele chega ao colchão, este sofre uma deformação de 1m. Qual é a desaceleração que o dublê sofre até parar quando chega colchão?

5 Movimento Oblíquo

Um movimento oblíquo é um movimento parte vertical e parte horizontal. Por exemplo, o movimento de uma pedra sendo arremessada em um certo ângulo com a horizontal, ou uma bola sendo chutada formando um ângulo com a horizontal.

Com os fundamentos do movimento vertical, sabe-se que, quando a resistência do ar é desprezada, o corpo sofre apenas a aceleração da gravidade. O móvel se deslocará para frente em uma trajetória que vai até uma altura máxima e depois volta a descer, formando uma trajetória parabólica.

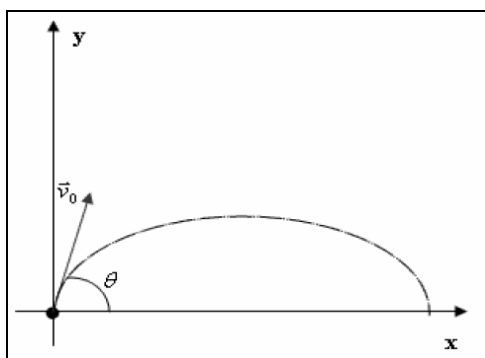

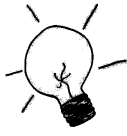


Figura 15. Movimento oblíquo.

Para estudar este movimento, deve-se considerar o movimento oblíquo como sendo o resultante entre o movimento vertical (y) e o movimento horizontal (x). Na direção vertical o corpo realiza movimento uniformemente variado (MUV), com velocidade igual a $\vec{v}_{o,y}$ e aceleração da gravidade (g). Na direção horizontal o corpo realiza um movimento uniforme com velocidade igual a $\vec{v}_{o,x}$.

O que sei do movimento oblíquo?

Tabela 9. Movimento oblíquo.

	
<p>O que acontece com a velocidade vertical durante a subida?</p>	<p>Durante a subida a velocidade vertical diminui, chega a um ponto (altura máxima) onde $\vec{v}_y = 0$, e desce aumentando a velocidade.</p>
<p>Qual o alcance máximo?</p>	<p>O alcance máximo é a distância entre o ponto do lançamento e o ponto da queda do corpo, ou seja, onde $y=0$.</p>
<p>Velocidade instantânea?</p>	<p>A velocidade instantânea é dada pela soma vetorial das velocidades horizontal e vertical, ou seja, $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$. O Vetor velocidade é tangente à trajetória em cada momento.</p> <p>No sentido horizontal:</p> $v_{o,x} = \vec{v}_0 \cos \theta$ <p>No sentido vertical:</p> $v_{o,y} = \vec{v}_0 \sen \theta$

Exercícios:

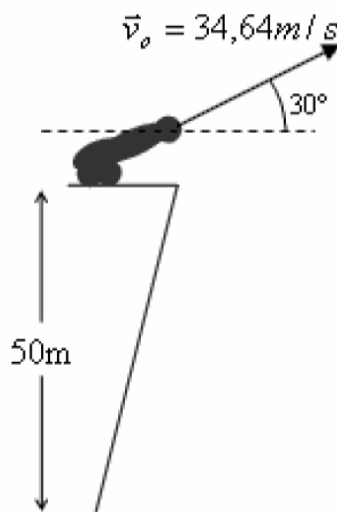
1. Um dardo é lançado com uma velocidade inicial $v_0 = 25m/s$, formando um ângulo de 45° com a horizontal.

a) Qual o alcance máximo?

b) Qual a altura máxima atingida?

2. Durante uma partida de futebol, um goleiro chuta uma bola com velocidade inicial igual a 25 m/s, formando um ângulo de 45^0 com a horizontal. Qual a distância que a bola alcançará?

3. Um tiro de canhão é lançado formando um ângulo de 30^0 com a horizontal, conforme a figura abaixo:



Então a altura que o tiro do canhão alcançará é igual a?

4. Suponha que você precise jogar um livro, do segundo andar de um prédio, para um amigo que esteja a 10 m de distância de você. Qual deve ser a velocidade inicial com que você deverá lançá-lo? Sabendo que você vai realizar o lançamento verticalmente e que a janela de um segundo andar está a 4 metros de altura do chão.

Responsáveis:

Prof. Dr. Edmilson Monteiro de Souza

Profa. Dra. Samanda C. Arruda Correa (CNEN/MCT)