Complemento de Cinemática – METRÔ/SP

1. Introdução

Cinemática: É a parte da mecânica que estuda os movimentos dos corpos ou partículas sem se levar em conta o que os causou.

2. Unidades de Medidas

Grandeza é a denominação dada a tudo que pode ser medido. Exemplo: comprimento, massa, tempo, velocidade.

Para comparar as medidas das grandezas da mesma espécie utilizamos as unidades de medidas.

Por exemplo: todos sabemos que 2kg expressa uma quantidade maior do que 500g de um mesmo produto, apesar do número 2 ser menor do que o número 500. É que as unidades de medida de massa (kg e g) são diferentes. Para compararmos as quantidades devemos utilizar unidades de medidas iguais.

Atualmente o sistema de unidades oficial adota como medida de comprimento, o metro (m), como unidade de medida de massa o quilograma (kg) e como unidade de medida de tempo o segundo(s) que fazem parte do Sistema Internacional de Unidades (SI).

3. Conceito de Referencial, Movimento, Repouso e Trajetória

Iremos estudar os movimentos dos corpos e para isso precisamos de alguns conceitos tais como:

1) Ponto Material

Um corpo é chamado de ponto material quando suas dimensões não interferem no estudo de um determinado fenômeno.

Exemplo: Quando estudamos o movimento de um caminhão trafegando em uma autoestrada, suas dimensões não são relevantes, podendo ser associado a um ponto. Todavia se formos estudar o movimento do mesmo caminhão atravessando uma ponte de tamanho pequeno, devemos levar em conta pelo menos uma das dimensões (comprimento).

2) Movimento e Repouso:

Chamamos de observador àquele que analisa o movimento de um determinado corpo e de referencial o local onde esse observador se encontra.

Para um observador o seu referencial se encontra em repouso.

Para saber se um veículo está em movimento ou repouso são usados referenciais ligados à Terra (um poste, uma edificação, por exemplo), mas, podemos adotar um referencial que esteja em movimento com relação à Terra (interior de um veículo percorrendo uma via).

Um ponto material está em movimento em relação a um referencial quando sua posição em relação a esse referencial se altera ao longo do tempo.

Quando a posição do ponto material não se altera ao longo do tempo com relação ao referencial adotado dizemos que está em repouso com relação a esse referencial.

Por exemplo:
Uma pessoa sentada na beira da estrada observa o passageiro de um ônibus que trafega pela via. Para essa pessoa o passageiro se encontra em movimento enquanto que para um outro passageiro do mesmo ônibus se encontra em repouso.

Movimento e repouso são conceitos relativos pois dependem do referencial adotado.

3) Trajetória:

São as posições sucessivas ocupadas por um ponto material durante o movimento.

Dependendo do formato da trajetória o movimento é classificado em: retilíneo, curvilíneo, circular, elíptico etc.

O formato da trajetória de um corpo em movimento depende do referencial adotado.

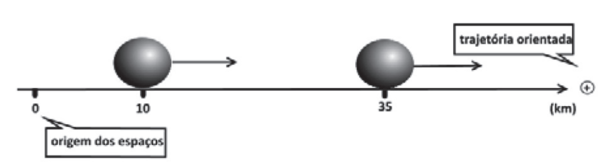
Exemplo:
Considere um corpo abandonado de um avião voando a uma certa altura. Despreze a resistência do ar.

Para um observador no interior do avião a trajetória do corpo é retilíneo (queda livre). Para um observador na Terra a trajetória é um arco de parábola.

4) Espaço ou Posição:

Para localizarmos um ponto material em uma trajetória definimos uma origem, chamada origem das posições ou origem dos espaços. A posição ou espaço ocupado por um corpo em uma trajetória é a medida da distância do ponto ocupado pelo ponto material até a origem, obedecendo o sentido da trajetória.

Representaremos a posição, usando a letra S ou **x**.



Espaço 1 igual 10km **(S_1 = 10km)**
Espaço 2 igual 35km **(S_2 = 35km)**

Atenção!

O espaço apenas indica a posição de um ponto material. Não indica quanto ele andou, nem de onde vem ou para onde vai.

5) Deslocamento △S.

É a variação da posição do ponto material em um referido intervalo de tempo

$$\triangle S = S - S_0$$

Onde **S** é a posição final e $\mathbf{S_0}$ a posição inicial.

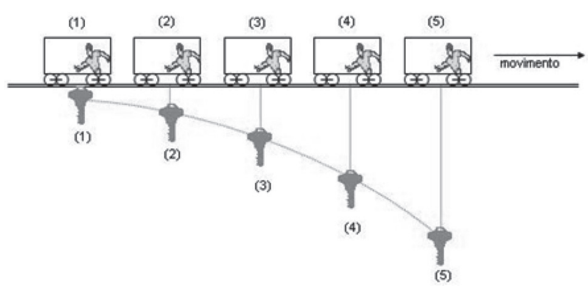
Quando o ponto material se movimentar no sentido positivo da trajetória o sinal do **△S** será positivo, quando se deslocar no sentido contrário da trajetória o **△S** será negativo.

Obs.: O deslocamento mede a variação da posição ou espaço. Se um móvel partir de uma determinada posição e retornar à posição de onde partiu em um certo intervalo de tempo, seu deslocamento será igual a zero.

Nesse caso, para determinarmos a “distância percorrida pelo ponto material” devemos somar o deslocamento em módulo (valor sem o sinal negativo) para ir e para retornar ao ponto de partida.

Exercícios resolvidos

01. Um homem, ao inclinar-se sobre uma janela do vagão de um trem que se move com velocidade constante, deixa cair a chave do portão de sua casa. Qual a trajetória da chave vista pelo homem do trem?

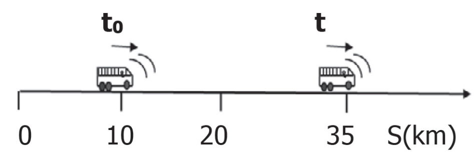


Resolução:
Para um referencial ligado ao homem o movimento é de queda vertical devido à força gravitacional. A cada instante o homem e a chave estão em uma mesma vertical. Portanto, para o referencial ligado ao homem, a trajetória da chave será retilínea e vertical. Todavia para um observador na terra a trajetória é um arco de parábola.

02. De um avião que voa de leste para oeste abandona-se uma bomba. Em relação a um observador fixo no solo, como será a trajetória da bomba?

Resolução:
A bomba, para um observador preso ao solo, tem dois movimentos simultâneos: queda livre (vertical) e horizontal (de leste para oeste) que sobrepostos dão origem a um arco de parábola.

1) Calcular o deslocamento do veículo em uma rodovia conforme a figura abaixo, do instante t_0 (tempo inicial) ao instante t (tempo final).



$\triangle S = S - S_0$
$\triangle S = 35 - 10 = 25km$

2) Calcular o deslocamento do veículo em uma rodovia conforme a figura abaixo, do instante t_0 (tempo inicial) ao instante t (tempo final).

$\triangle S = S - S_0$
$\triangle S = 10 - 35 = -25$ km

Exercícios Propostos

01. Desprezando a Resistência do ar, em relação a um avião que voa horizontalmente com velocidade constante, a trajetória das bombas por ele abandonadas é:
a) uma reta inclinada.
b) uma parábola de concavidade para baixo.
c) uma reta vertical.
d) uma parábola de concavidade para cima.
e) um arco de circunferência.

02. Considerando o enunciado anterior, em relação a um referencial preso ao solo, a trajetória das bombas será:
a) uma reta inclinada.
b) uma parábola de concavidade para baixo.
c) uma reta vertical.
d) uma parábola de concavidade para cima.
e) um arco de circunferência.

03. Considere a seguinte situação: um ônibus movendo-se numa estrada e duas pessoas: Uma (A) sentada no ônibus e outra (B) parada na estrada, ambas observando uma lâmpada instalada no teto do ônibus.
“A” diz: A lâmpada não se move em relação a mim, uma vez que a distância que nos separa permanece constante.
“B” diz: A lâmpada está em movimento uma vez que ela está se afastando de mim.
a) “A” está errada e “B” está certa.
b) “A” está certa e “B” está errada.
c) Ambas estão erradas.
d) Cada uma, dentro do seu ponto de observação, está certa.

4. Velocidade Escalar Média

Considere que um ponto material tenha se movimentado sobre uma trajetória efetuando um deslocamento ΔS em um intervalo de tempo Δt, então a velocidade média do ponto material será o quociente (divisão) entre o deslocamento e o intervalo de tempo, ou seja:

$$V_m = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{S - S_0}{t - t_0}$$

A velocidade é a grandeza que mede a taxa de variação da posição de um corpo com relação ao tempo.

Como, no Sistema Internacional, o deslocamento é medido em metros e o intervalo de tempo é medido em segundos a velocidade média é expressa em metros por segundo (m/s).

É de uso corrente a velocidade média medida em km/h.

Para transformarmos **km/h** em **m/s** basta multiplicarmos o valor que temos em **m/s** por **3,6** e o resultado estará em **km/h**.

De forma inversa se multiplicarmos o valor da velocidade em **km/h** por **3,6** o resultado estará em **m/s**.

Exemplo:
Se dividirmos o deslocamento de 100m pelo intervalo de tempo de 10s temos a velocidade média igual a 10m/s

Assim, para uma velocidade de 10m/s temos:
10 X 3,6 = 36km/h

Uma velocidade média de 10 m/s corresponde a **36km/h.**

Exercício resolvido

03. Um móvel percorre uma distância de 200km em 2,4h e em seguida percorre mais 232km em 1,6h. Qual a velocidade média, em m/s, no percurso total?

ΔS = 200km+ 232km = 432km
Δt = 2,4h + 1,6h = 4h

$$V_m = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{432}{4} = 108 km/h$$

$$\frac{108 k/h}{3,6} = 30 m/s$$

Exercícios Propostos

04. Uma partícula percorre 30 m com velocidade escalar media de 36km/h. Em quanto tempo faz este percurso?
a) 5s b) 4s c) 3s
d) 10s e) 2s.

05. Um automóvel viaja a 20Km/h durante a primeira hora e a 30Km/h nas duas horas seguintes. Sua velocidade média durante as três primeiras horas, em km/h, é:
a) 20 b) 30 c) 31
d) 25 e) 27

06. Um automóvel cobriu uma distância de 100Km, percorrendo nas três primeiras horas 60Km e na hora seguinte, os restantes 40Km. A velocidade do automóvel foi, em Km/h:
a) 20 b) 30 c) 50
d) 25 e) 100

07. Uma escola de samba, ao se movimentar numa rua reta e muito extensa, mantém um comprimento constante de 2Km. Se ela gasta 90 minutos para passar por uma arquibancada de 1Km de comprimento, sua velocidade deve ser:
a) 2/3 Km/h b) 1 Km/h c) 4/3 Km/h
d) 2 Km/h e) 3 Km/h

08. O corredor Joaquim Cruz, ganhador da medalha de ouro nas olimpíadas de Los Angeles, fez o percurso de 800m em aproximadamente 1min e 40s. A velocidade média, em Km/h, nesse trajeto, foi de aproximadamente:
a) 14 b) 23 c) 29
d) 32 e) 37

09. Um percurso de 310km deve ser feito por um ônibus em 5h. O primeiro trecho de 100km é percorrido com velocidade media de 50km/h, e o segundo trecho de 90km, com velocidade média de 60km/h. Que velocidade media, em km/h, deve ter o ônibus no trecho restante para que a viagem se efetue no tempo previsto?
a) 70 b) 80 c) 50
d) 90 e) 60

10. Diante de uma agência do INSS há uma fila de aproximadamente 100m de comprimento, ao longo da qual se distribuem de maneira uniforme 200 pessoas. Aberta a porta, as pessoas entram, durante 30s, com uma velocidade média de 1m/s. O número de pessoas que entraram na agência e o comprimento, em metros, da fila que restou ao lado de fora são, respectivamente:
a) 70 e 60 b) 50 e 60 c) 60 e 70
d) 60 e 70 e) 60 e 50

11. Um automóvel se move com velocidade constante igual a 112km/h, numa estrada plana e reta. Uma cerca longa, com postes espaçados de 4m, margeia esta estrada. Considerando o referencial no automóvel, pode-se afirmar que o número de postes que passam pelo carro, por segundo, é de:
a) 3 a 4 b) 5 a 6 c) 7 a 8
d) 20 a 21 e) 72 a 73

12. Um automóvel trafega a 40Km/h durante 3min; em seguida vai a 80Km/h durante 9min; ao final, desloca-se a 100Km/h por mais 3min. Sua velocidade média no trecho foi de
a) 74Km/h. b) 75Km/h. c) 76Km/h.
d) 77Km/h. e) 78Km/h

5. Velocidade Instantânea

É velocidade marcada no velocímetro do carro, mostra a velocidade em cada instante (podemos pensar que é a velocidade medida para cada giro do pneu do veículo).

Conceitualmente a velocidade instantânea é aquela medida para um intervalo de tempo Δt extremamente pequeno, ou seja, quando tende a zero.

$$v = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

Representação matemática que diz: a velocidade instantânea V é o valor limite para o qual tende a velocidade média quando o intervalo de tempo Δt tende a zero.

6. Sinais da Velocidade Instantânea

a) Quanto ao sentido percorrido sobre a trajetória, temos dois tipos de movimentos.

i. Progressivo (Δs > 0) e (v > 0)

Num movimento progressivo o corpo se desloca a favor da orientação positiva.

Num movimento retrógrado o corpo se desloca contrário ao da orientação positiva.

7. Movimento Retilíneo Uniforme (MRU) – Função Horária

É o movimento onde o ponto material percorre uma trajetória retilínea efetuando deslocamentos iguais em intervalos de tempos iguais, ou seja a velocidade escalar instantânea é constante e diferente de zero.

Chamamos de velocidade escalar ao valor numérico da velocidade (módulo ou intensidade), sem nos preocuparmos com a sua direção e o seu sentido.

No MRU o valor da velocidade escalar é igual à velocidade média em qualquer intervalo de tempo considerado.

A tabela seguinte mostra as posições de um ponto material em MRU em relação ao tempo:

t(s)	0	2	4	6	8	10	12
s(m)	-10	0	10	20	30	40	50

Observe que para intervalos de tempo iguais a 2s ocorrem deslocamentos de 10m, como

$$V = V_m = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{10}{2} = 5m/s$$

Dada uma tabela do espaço pelo tempo, toda vez que precisarmos calcular a velocidade de um ponto material em MRU basta calcularmos a velocidade média para qualquer intervalo de tempo considerado.

Função Horária do Movimento Retilíneo Uniforme

Considere um móvel em MRU, com velocidade V, que no instante t_0 = 0 ocupa a posição S_0 e num determinado instante t ocupa a posição S.

Podemos escrever que

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \qquad v = \frac{s - s_0}{t - t_0} \qquad \text{Considerando } t_0 = 0s$$

$$v = \frac{s - s_0}{t - 0} \qquad \cancel{v = \frac{s - s_0}{t}} \qquad S - S_0 = v.t_0$$

que é chamada de função horária do MRU.

Exercício resolvido

04. Numa experiência sobre o movimento retilíneo e uniforme de um móvel obteve-se a seguinte tabela:

t(s)	0	1	2	3	4
s(m)	5	9	13	17	21

A equação horária s(t) para os dados apresentados será:

a) s(t) = 5 + 9t
b) s(t) = 5 + 4t
c) s(t) = 0,25t
d) s(t) = 5 – 4t
e) s(t) = 4 + 5t

Resolução:
Para determinar a velocidade basta pegarmos dois instantes quaisquer e suas respectivas posições. Por exemplo:
Para t = 0 s→ S = 5m e
Para t = 4 s→ S = 21m

$$V = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{21 - 5}{4 - 0} = \frac{16}{4} = 4m/s$$

S_0 = 5m

Então S = 5 + 4t , alternativa b.

Exercícios Propostos

13. Um automóvel percorre uma estrada com função horária s = - 40 + 80t, onde s é dado em km e t em horas. O automóvel passa pelo km zero após:

a) 1,0h. b) 1,5h. c) 0,5h.
d) 2,0h. e) 2,5h.

14. A tabela fornece, em vários instantes, a posição s de um automóvel em relação ao km zero da estrada em que se movimenta.

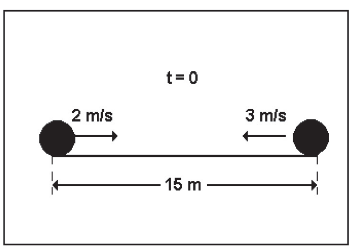
t(h)	0,0	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0
s(km)	200	170	140	110	80	50

A função horária que nos fornece a posição do automóvel, com as unidades fornecidas, é:

a) s = 200 + 30t b) s = 200 – 30t
c) s = 200 + 15t d) s = 200 – 15t
e) s = 200 – 15t^2

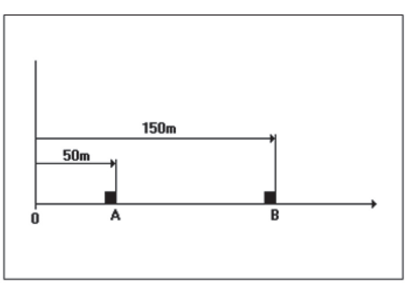
15. Duas bolas de dimensões desprezíveis se aproximam uma da outra, executando movimentos retilíneos e uniformes (veja a figura). Sabendo-se que as bolas possuem velocidades de 2m/s e 3m/s e que, no instante t = 0, a distância entre elas é de 15m, podemos afirmar que o instante da colisão é:

a) 1s b) 2s c) 3s
d) 4s e) 5s



Texto para as questões 16 e 17:

Dois móveis A e B, ambos com movimento uniforme percorrem uma trajetória retilínea conforme mostra a figura. Em t = 0, estes se encontram, respectivamente, nos pontos A e B na trajetória. As velocidades dos móveis são v_A= 50m/s e v_B= 30m/s no mesmo sentido.



16. Em qual ponto da trajetória ocorrerá o encontro dos móveis?

a) 200m b) 225m c) 250m
d) 300m e) 350m

17. Em que instante a distância entre os dois móveis será 50m?

a) 2,0s b) 2,5s c) 3,0s
d) 3,5s e) 4,0s

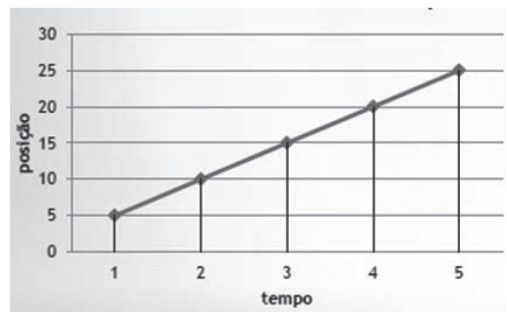
8. Gráficos do Movimento Retilíneo Uniforme

Além da função horária, o MRU pode ser estudado por meio de tabelas e gráficos.

Façamos uma análise do MRU utilizando a tabela abaixo.

S(m)	5	10	15	20	25	?	?
T(s)	0	1	2	3	4	5	10

Tomamos os dados da tabela acima para podemos analisar o MRU lançando os valores em um diagrama cartesiano de S x t obtendo o gráfico seguinte .



onde podemos fazer as seguintes observações:

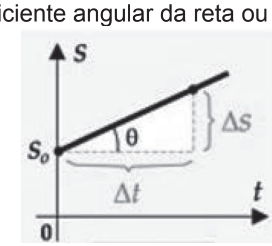
1) O conjunto dos pontos determinados pelos pares (t,S) é o gráfico da função S = f(t).

2) a função horária do espaço do MRU S = S_0 + vt, (v ≠ 0), é denominada função do 1º grau e o gráfico é uma reta.

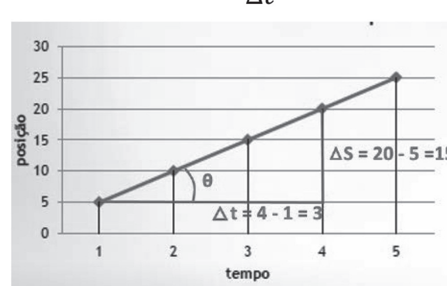
3) na referida função, a velocidade é o coeficiente angular da reta;

4) o coeficiente angular é igual à tangente do ângulo de inclinação da reta no gráfico S x t

Para determinarmos a velocidade num gráfico S x t basta calcular o coeficiente angular da reta ou seja:

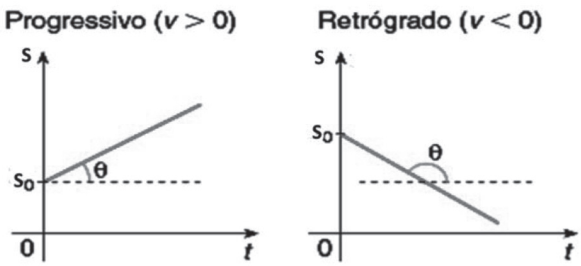


$$V = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

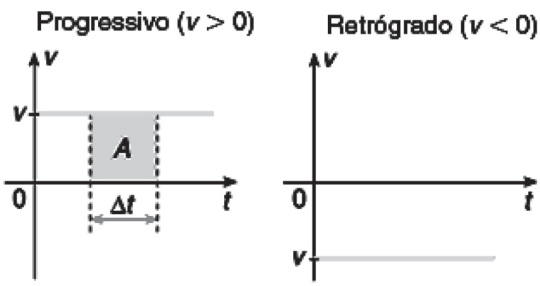


$$V = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{15}{3} = 5\,m/s$$

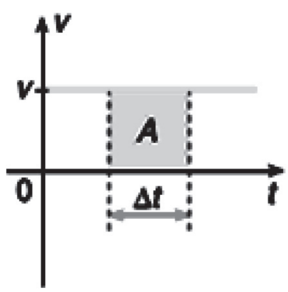
Verifica-se que para os movimentos: Progressivo (V > 0) e Retrógrado (V < 0) os gráficos S x t assumem os seguintes formatos



Enquanto que para os gráficos V x t assumem os seguintes formatos.



Consideremos um MRU qualquer com o gráfico da V x t representado abaixo:



A área demarcada no gráfico e representada por A é um quadrilátero de base Δt e altura v.

Sabemos que

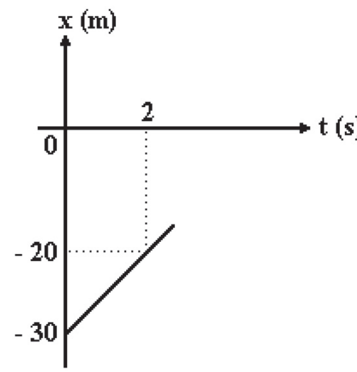
$$V = V_m = \frac{\Delta S}{\Delta t} \rightarrow \Delta S = V \times \Delta t$$

que corresponde, numericamente, à área A

Portanto, no gráfico da velocidade pelo tempo, para qualquer tipo de movimento de um móvel, a área entre a linha do gráfico e o eixo t num intervalo Δt, é igual, numericamente, ao deslocamento efetuado pelo móvel no intervalo Δt considerado.

Exercícios propostos

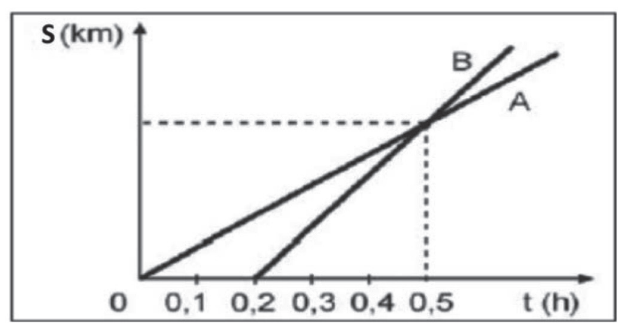
18. Um móvel se desloca sobre uma reta conforme o diagrama a seguir. O instante em que a posição do móvel é de +20m é:



a) 6s b) 8s c) 10s
d) 12s e) 14s

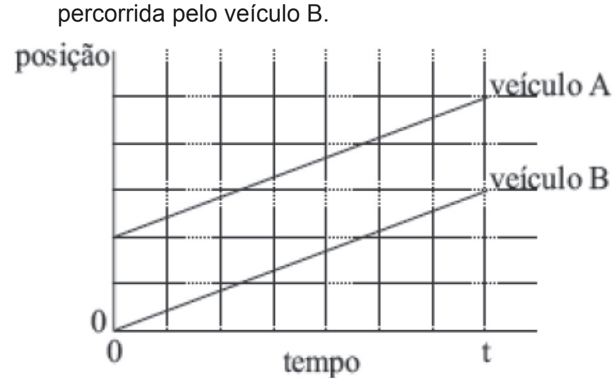
19. A figura mostra a variação da distância em função do tempo de dois carros A e B, em MRU. Sabendo que os carros saem do mesmo ponto, a razão V_A/V_B entre as velocidades dos carros no instante da ultrapassagem é:

a) 5/2 b) 2/5 c) 3/5
d) 5/3 e) 4/3



20. Os gráficos na figura representam as posições de dois veículos, A e deslocando-se sobre uma estrada retilínea, em função do tempo. A partir desses gráficos, e possível concluir que, no intervalo de 0 a t,

a) a velocidade do veículo A é maior que a do veículo B.
b) a aceleração do veículo A é maior que a do veículo B.
c) o veículo A esta se deslocando à frente do veículo B.
d) os veículos A e B estão se deslocando um ao lado do outro.
e) a distância percorrida pelo veículo A é maior que a percorrida pelo veículo B.



9. Aceleração Média

Um movimento é chamado variado quando sua velocidade varia no decorrer do tempo.

Chamamos de aceleração à grandeza física que mede a rapidez com que a velocidade varia.

Para um determinado intervalo de tempo a aceleração média mede a variação da velocidade na unidade de tempo, ou seja:

$$a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v - v_0}{t - t_0}$$

Exemplo: Um veículo percorre uma via e sua velocidade varia com relação ao tempo de acordo com a tabela seguinte:

t (s)	15	40
v (m/s)	40	85

Considerando
t = 15s → v = 40m/s
t = 30s → v = 85m/s

$$a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{85 - 30}{30 - 15} = \frac{45}{15}$$

$$a_m = 3 m/s^2$$

Verifique que na fórmula estamos dividindo **m/s** por **s** ou seja:

$$\frac{m/s}{s} = \frac{m}{s} \times \frac{1}{s} = \frac{m}{s^2}$$

Daí a unidade de aceleração no Sistema Internacional ser m/s^2.

Exercício resolvido

05. Um automóvel percorrendo uma estrada a 90 km/h é freado e para em 5s. A aceleração média introduzida pelos freios, em módulo e em m/s^2 é:

a) 1 b) 2 c) 4
d) 5 e) 10

Resolução:

$$\frac{90\ k/h}{3,6} = 25 m/s$$

$$a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{0 - 25}{5 - 0} = \frac{-25}{5} = -5 m/s^2$$

Como o valor da aceleração deve ser dado em módulo, então a resposta é a alternativa d.

10. Movimento Acelerado e Movimento Retardado

Se você observar o velocímetro de um carro que está sendo acelerado verá que ele apresenta sucessivas leituras crescentes.

Esse veículo, nesta situação, está em movimento acelerado. Um movimento é acelerado quando o módulo da velocidade cresce num determinado intervalo de tempo.

Por outro lado, se você observar o velocímetro de um veículo que está sendo freado, verá que ele apresenta sucessivas leituras decrescentes.

Nessa situação, o veículo está em movimento retardado.

O movimento é retardado quando o módulo da velocidade decresce num dado intervalo de tempo.

Observe, agora, os quadros que apresentam situações onde o movimento é acelerado e retardado.

Quadro 1: Movimento acelerado

1) Movimento a favor da orientação da trajetória:

t(s)	0	5
v(m/s)	+40	+60

$$a = \frac{v - v_0}{t - t_0} = \frac{60 - 40}{5 - 0} = \frac{20}{5} = +4\ m/s^2$$

2) Movimento contra a orientação da trajetória:

t(s)	0	5
v(m/s)	- 40	- 60

$$a = \frac{v - v_0}{t - t_0} = \frac{-60 - (-40)}{5 - 0} = = \frac{-20}{5}$$
$$= -4 m/s^2$$

O sinal da velocidade só indica o sentido do movimento.

Movimento acelerado: velocidade e aceleração têm o mesmo sinal!

Quadro 1: Movimento retardado

1) Movimento a favor da orientação da trajetória:

t(s)	0	5
v(m/s)	+80	+40

$$a = \frac{v - v_0}{t - t_0} = \frac{40 - 80}{5 - 0} = \frac{-40}{5} = -8\ m/s^2$$

2) Movimento contra a orientação da trajetória:

t(s)	0	5
v(m/s)	- 40	- 80

$$a = \frac{v - v_0}{t - t_0} = \frac{-40 - (-80)}{5 - 0} = = \frac{40}{5}$$
$$= 8\ m/s^2$$

O sinal da velocidade só indica o sentido do movimento.

Movimento retardado: velocidade e aceleração têm sinais opostos!

11. Aceleração Instantânea

Assim como foi dito para a velocidade instantânea, a aceleração instantânea é aquela medida para um intervalo de tempo Δt extremamente pequeno, ou seja, quando tende a zero.

$$a = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Representação matemática que diz: a aceleração instantânea **a** é o valor limite para o qual tende a aceleração média quando o intervalo de tempo Δt tende a zero.

12. Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV) – Função Horária da Velocidade

O movimento é uniformemente variado quando sua aceleração instantânea é constante e não-nula em todos os instantes.

Se em todos os instantes a aceleração é constante, decorre que o valor da aceleração instantânea coincide com o da aceleração média.

13. Função Horária da Velocidade

Considere um móvel em MRUV, com velocidade V_0 no instante t_0 = 0 e velocidade V no instante t.

teremos então que:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v - v_0}{t - 0} = \frac{v - v_0}{t} \rightarrow$$

$$\rightarrow at = v - v_0 = \Rightarrow$$

$$v = v_0 + at$$

(função horária da velocidade para o MRUV)

Observe que essa equação faz corresponder a cada instante t uma única velocidade v, com isso, dada a velocidade inicial e a aceleração de um móvel em MRUV é possível determinarmos a sua velocidade em cada instante.

Exercício resolvido

06. Um ponto material realiza um movimento uniformemente variado cuja velocidade varia no decorrer do tempo de acordo com a função v = 10 – 4t, onde v é medido em metros por segundo e t é medido em segundos. Determine:
a) A velocidade inicial e a aceleração do ponto material;
b) velocidade nos instantes t = 2s e t= 7s;
c) Se o movimento é acelerado ou retardado nos instantes do item anterior;
d) O instante em que a velocidade se anula (instante em que ocorre mudança no sentido do movimento).

Resolução:

a) No MRUV a função horária da velocidade é v = v_0 + at, como a função dada é v = 10 – 4t, por comparação temos que:
v_0 = 10m/s e a = -4m/s^2

b) Para t = 2s temos:
V = 10 – 4 x 2 = 10 – 8 = 2m/s

Para t = 7s temos:
V = 10 – 4 x 7 = -18m/s

No instante t = 2s temos:
V = 2m/s (velocidade positiva)
a = -4m/s^2 (aceleração negativa)

Logo a velocidade e a aceleração têm sinais contrários e o movimento é retardado.

c) No instante t = 7s temos:
V = -18m/s (velocidade negativa)
a = -4m/s^2 (aceleração negativa)

Logo, a velocidade e a aceleração têm sinais iguais e o movimento é acelerado.

d) Instante em que v = 0
Substituindo na função horária da velocidade temos:
0 = 10 – 4t $\rightarrow$ 4t = 10$\rightarrow$t = 2,5s
(instante em que ocorre mudança no sentido do movimento)

Verifique que o móvel partiu com movimento retardado (velocidade diminuindo em módulo), parando no instante t = 2,5s (instante em que muda o sentido do movimento) para seguir, agora, em sentido contrário com movimento acelerado (movimento aumentando em módulo indefinidamente).

A tendência do móvel é a de se movimentar no sentido da aceleração.

Toda vez que o movimento for retardado no início, o móvel irá parar e inverter o sentido do movimento.

Exercícios propostos

21. Um jovem, partindo do repouso, acelera em linha reta sua moto a 2,5m/s^2. Após 4s, a distância percorrida e a velocidade do conjunto é de:
a) 2m e 8m/s
b) 5m e 10m/s
c) 6,5m e 5m/s
d) 20m e 10m/s
e) 40m e 20m/s

O enunciado seguinte se refere aos exercícios números 22 e 23:
A posição de um móvel em movimento retilíneo é dada pela função horária S = 4 + 2t – 2t^2 , onde S está em metros e t em segundos.

22. Podemos afirmar que a velocidade do corpo é igual a zero no instante:
a) 0,5s
b) 1,5s
c) 2s
d) 3s
e) 5,5s.

23. O instante em que o móvel passará pela origem das posições será:
a) 0,5s
b) 1,5s
c) 2 s
d) 3s
e) 5,5s.

24. Um veículo parte do repouso em movimento retilíneo e acelera com aceleração escalar constante e igual a 2,0m/s². Pode-se dizer que sua velocidade escalar e a distância percorrida após 3,0 segundos, valem, respectivamente:

a) 6,0 m/s e 9,0m;
b) 6,0m/s e 18m;
c) 3,0 m/s e 12m;
d) 12 m/s e 35m;
e) 2,0m/s e 12m

25. Dois móveis A e B movimentam-se ao longo de uma trajetória , obedecendo às equações móvel A: S_A = 100 + 5,0t e móvel B: S_B = 5,0t², onde S_A e S_B são medidos em m e t em s. Pode-se afirmar que:

a) A e B possuem a mesma velocidade;
b) A e B possuem a mesma aceleração;
c) o movimento de B é uniforme e o de A é acelerado;
d) entre t = 0 e t = 2,0s ambos percorrem a mesma distância;
e) a aceleração de A é nula e a de B tem intensidade igual a 10m/s².

26. Um móvel parte do repouso com aceleração constante de intensidade igual a 2,0m/s² em uma trajetória retilínea. Após 20s, começa a frear uniformemente até parar a 500m do ponto de partida. Em valor absoluto, a aceleração de freada foi:

a) 8,0m/s²
b) 6,0m/s²
c) 4,0m/s²
d) 2,0m/s²
e) 1,6m/s²

27. Uma motocicleta pode manter uma aceleração constante de intensidade 10m/s². A velocidade inicial de um motociclista, com esta motocicleta, que deseja percorrer uma distância de 500m, em linha reta, chegando ao final desta com uma velocidade de intensidade 100m/s é:

a) zero
b) 5,0m/s
c) 10m/s
d) 15m/s
e) 20m/s

28. Um automóvel a 108Km/h aciona os freios e para após percorrer 60m. Considerando a aceleração escalar constante, determine o seu valor em m/s².

a) -7,5
b) 7,5
c) 4,0
d) -4,0

29. Uma bala perdida, a 350m/s, atinge uma árvore e nela penetra a uma distância de 12cm antes de parar. Pode-se afirmar que, aproximadamente:

a) a aceleração da bala, em módulo, é de 5104,2m/s².
b) a aceleração da bala, em módulo, é de 51041m/s².
c) a aceleração da bala, em módulo, é de 51 x 103km/s².
d) a bala leva 0,0685s para parar.
e) a bala leva 0,685 mile segundos para parar.

30. Partindo do repouso, um avião percorre a pista, com aceleração constante, e atinge a velocidade de 360 Km/h, em 25 segundos. Qual o valor da aceleração em m/s⁻²?

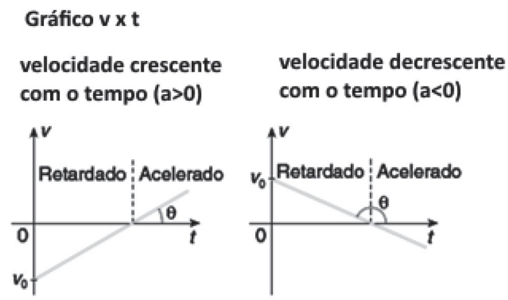
a) 9,8
b) 7,2
c) 6,0
d) 4,0

14. Gráfico da Velocidade e Aceleração para o MRUV

A função horária da velocidade do MRUV é dada pela relação $v = v_0 + at$ (com $a \neq 0$) que é uma função do 1º grau.

Ao estudarmos os gráficos do movimento retilíneo uniforme (item 6), observamos que o gráfico de uma função do 1º grau é uma reta.

Assim de acordo com o sinal da aceleração (a), podemos ter dois tipos básicos de gráfico:



tgθ = aceleração

onde podemos observar:

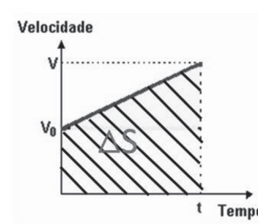
1) O conjunto dos pontos determinados pelos pares (t,v) é o gráfico da função v = f(t).

2) a função horária da velocidade do MRUV $v = v_0 + at$, ($a \neq 0$), é denominada função do 1º grau e o gráfico é uma reta.

3) na referida função a aceleração é o coeficiente angular da reta.

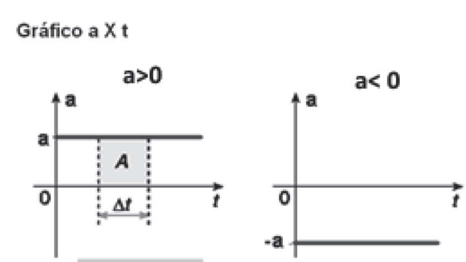
4) o coeficiente angular é igual à tangente do ângulo de inclinação da reta no gráfico v x t.

v x t



Área $\overset{N}{=} \Delta S$

Nos correspondentes gráficos a x t

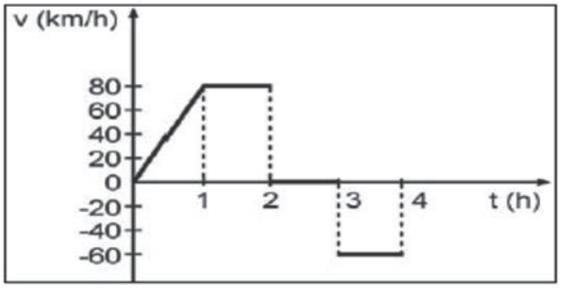


Área $\overset{N}{=} \Delta v$

Vale a propriedade acima ou seja a área entre a linha do gráfico e o eixo t no intervalo de tempo considerado é, numericamente igual à variação da velocidade no referido intervalo.

Exercício resolvido

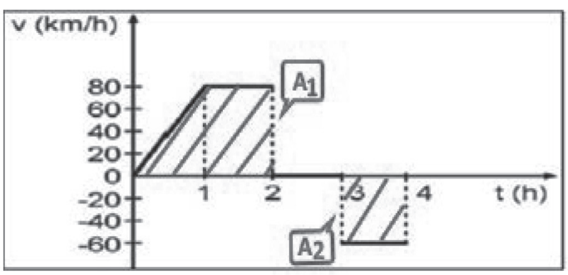
07. Um carro faz um trajeto realizando movimentos retilíneos como mostrado no gráfico da velocidade em função do tempo da figura abaixo.



A sua velocidade média entre os instantes t = 0h e t = 4h em km/h será:

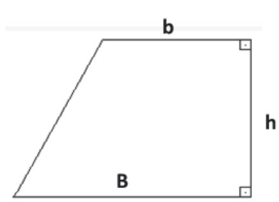
a) 15 b) 20 c) 25
d) 30 e) 35

Resolver



Lembrar que a área do trapézio é dada pela fórmula:

$$A = \frac{B+b}{2} . h$$



Utilizando a propriedade do gráfico V x t:

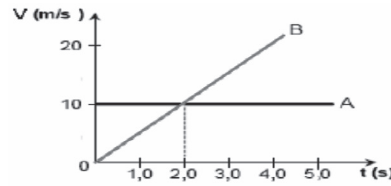
$$A_1 = \frac{2+1}{2} . 80 = 120\ km$$

$A_2 = 1 . -(60) = -60$km
$\Delta S = 120 + (-60) = 60$
$V = 60/4 = 15$km/h

Portanto alternativa a.

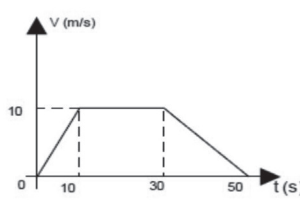
Exercícios propostos

31. O gráfico seguinte mostra as velocidades de dois carros, A e B que trafegam no mesmo sentido ao longo de uma via plana e reta. No instante t = 0 os carros estão alinhados num mesmo semáforo. Após quanto tempo o carro B alcançará o carro A?



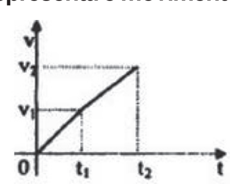
a) 1s b) 2s c) 3s
d) 4s e) 5s

32. O gráfico a seguir representa um automóvel que parte do repouso, se desloca em um intervalo de tempo igual a 50s e para. Analise o gráfico ao lado e assinale a alternativa que indica a distância percorrida pelo automóvel no intervalo de tempo considerado.

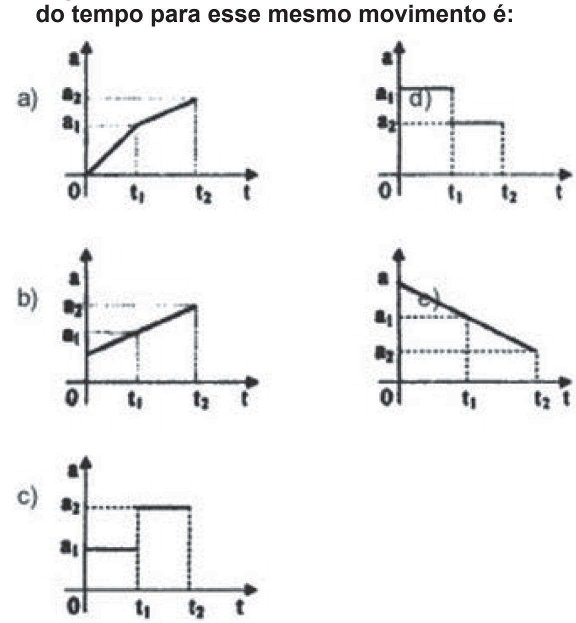


a) 250m b) 300m c) 350m
d) 400m e) 500m

33. O gráfico da velocidade e função do tempo, apresentado a seguir, representa o movimento de uma partícula.



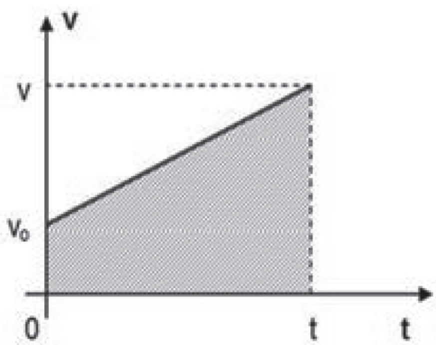
O gráfico que representa a aceleração em função do tempo para esse mesmo movimento é:



15. Função Horária do Espaço do Movimento Retilíneo Uniformemente Variado

Como sabemos o gráfico v x t para o MRUV é uma reta inclinada em relação ao eixo t.

A área sob esse gráfico entre os instantes 0s e t nos dá, numericamente, o deslocamento ΔS efetuado pelo móvel.



$\Delta S = \text{Área}$

$$\Delta S = \frac{(B+b).h}{2}$$

$$\Delta S = \frac{(v+v_0).t}{2}$$

Sabendo que $v = v_0 + a.t$, substitui-se na equação anterior:

$$\Delta S = \frac{(v_0 + a.t + v_0).t}{2}$$

$$\Delta S = \frac{(2v_0 + a.t).t}{2}$$

$$\Delta S = \frac{2v_0t + a.t^2}{2}$$

$$\Delta S = v_0t + \frac{a.t^2}{2}$$

Como $\Delta S = S - S_0$, tem-se:

$$S - S_0 = v_0t + \frac{a.t^2}{2}$$

$$S = S_0 + v_0t + \frac{a.t^2}{2}$$

que é a função horária do espaço para o MRUV

Esta expressão descreve o MRUV de um ponto material, pois cada instante de tempo t ela faz corresponder uma única posição indicada pelo espaço S.

Exercício resolvido

Um ponto material executa um MRUV. A função horária do espaço que descreve o movimento é $S = 4 – 5t + t^2$ (S medido em quilômetros e t, em horas). Determine:

a) o espaço inicial S_0, a velocidade inicial v_0 e a aceleração a do ponto material;

b) o espaço do ponto material no instante t = 2 h;

c) o instante em que o ponto material passa pelo espaço S = 10km;

d) o instante em que o ponto material atinge o marco zero, ou seja, S = 0km;

e) a função horária da velocidade do ponto material;

f) o instante e a posição em que o ponto material muda o sentido do movimento.

Resolução:
a) comparando a função dada com a função horária do espaço do MRUV, temos:

$S = 4 – 5t + t^2$
$S = S_0 + v_0t + a/2\ t^2$

$S_0 = 4km$
$v_0 = 5km/h$
$a = 2km/h^2$

b) Substituindo t = 2h na função horária do espaço, temos;
$S = 4 – 5 . 2 + 2^2$
$S = - 2km$

c) Substituindo o valor S = 10 km na função horária do espaço, temos:
$10 = 4 – 5t + t^2 \rightarrow t^2 – 5t – 6 = 0$

Trata-se de resolver uma equação do 2º grau em t. Para resolvê-la temos que aplicar a fórmula geral

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

onde a = 1; b = -5 ; c = -6

logo,

$$t = \frac{-(-5) \pm \sqrt{(-5)^2 - 4.1.(-6)}}{2.1}$$

que fornece os seguintes resultados:
t = 6h e t = -1h

Somente a primeira solução (6h) é fisicamente adequada, pois t ≥ 0. Portanto o ponto material passará pela posição 10km no instante 6h.

d) substituindo o valor S = 0 km na função horária dos espaços, temos:
$0 = 4 – 5t + t^2 \rightarrow t^2 – 5t + 4 = 0$
Onde a = 1; b - -5; c = 4

Logo

$$t = \frac{-(-5) \pm \sqrt{(-5)^2 - 4.1.4}}{2.1}$$

que fornece os seguintes resultados:
t = 4h e t = 1h

As duas soluções são fisicamente adequadas. Isso significa que o ponto material passa pelo marco zero em dois instantes diferentes, quando percorre a trajetória no sentido negativo e depois no sentido positivo.

e) a função horária do MRUV é
$v = v_0 + at$, logo
$v = -5 + 2t$

f) no instante em que ocorre o sentido do movimento temos v = 0km. Substituindo esse valor na função horária da velocidade vem:
$0 = -5 + 2t \rightarrow 2t = 5$
$t = 5/2 = 2{,}5h$

a posição em que inverte o sentido se obtém substituindo t = 2,5h na equação horária dos espaços:

$$S = 4 - 5.2{,}5 + (2{,}5)^2$$
$$S = -2{,}25km.$$

16. Equação de Torricelli

A equação de Torricelli se obtém a partir das equações horárias da velocidade e do espaço. Ela nos fornece a velocidade de um ponto material em MRUV em função do deslocamento.

A dedução da equação de Torricelli se inicia a partir das equações 1 e 2.

$$(1)\quad v = v_0 + at$$

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

Isolando-se t em (1):

$$t = \frac{v - v_0}{a}$$

Substituindo t em (2) teremos:

$$s = s_0 + v_0 \cdot \frac{v - v_0}{a} + \frac{1}{2} \cdot a \cdot \left(\frac{v - v_o}{a}\right)^2$$

$$s - s_0 = \frac{v_0 v - v_0{}^2}{a} + \cancel{a} \cdot \frac{v^2 - 2vv_o + v_0{}^2}{2\cancel{a}^2}$$

$$s - s_0 = \frac{v_0 v - v_0{}^2}{a} + \frac{v^2 - 2vv_o + v_0{}^2}{2a}$$

Reduzindo-se a um denominador comum:

$$2a(s - s_0) = \cancel{2v_0 v} - 2v_0{}^2 + v^2 - \cancel{2vv_o} + v_0{}^2$$

$$2a\Delta s = \left(-2v_0{}^2 + v_0{}^2\right) + v^2$$

$$2a\Delta s = -v_0{}^2 + v^2$$

$$v^2 = v_0{}^2 + 2a\Delta s$$

Exercício resolvido

08. Um automóvel entra em uma ponte com velocidade de 36km/h e, após percorrê-la com MRUV de aceleração igual a $2m/s^2$, atinge a outra extremidade com velocidade de 72km/h. Determine o comprimento da ponte em metros.

Resolução:
Por questão de comodidade vamos transformar as velocidade de km/h para m/s, dividindo, ambas, por 3,6.

$$v_0 = \frac{36km/h}{3{,}6} = 10m/s$$

$$v = \frac{72km/h}{3{,}6} = 20m/s$$

Vamos orientar a trajetória no sentido do movimento do automóvel, sendo assim as velocidades são positivas e a aceleração, também, será positiva (movimento acelerado).

Substituindo os valores conhecidos na equação de Torricelli temos
$$20^2 = 10^2 + 2.\ 2.\ \Delta S$$
$$\rightarrow\ 4\ .\ \Delta S = 400 - 100$$
$$\Delta S = 300/4 = 75m$$

17. Queda Livre

Todo corpo que se encontra próximo da superfície da Terra está sujeito a uma força denominada força peso que é vertical e orientada de cima para baixo.

A queda livre é o movimento de um objeto que se desloca livremente, unicamente sob a influência da força peso.

Um corpo em queda livre que não está sujeito a forças de atrito (do ar, por exemplo) possui MRUV com aceleração denominada de aceleração da gravidade (g) cujo valor é de, aproximadamente, $9{,}8m/s^2$. Todavia para facilitar os cálculos, muitas vezes, esse valor é arredondado para $10m/s^2$

A aceleração da gravidade independe da massa de um corpo.

Exemplo: Se soltarmos dois corpos de massas diferentes da mesma altura do solo, eles irão cair com MRUV de aceleração g, e chegarão no mesmo instante e mesma velocidade no solo.

Para que isso aconteça é necessário que apenas os pesos dos corpor estejam atuando, ou seja, não atuem as forças de atrito do ar, por exemplo.
Para resolvermos problemas relacionados com queda livre utilizamos as equações do MRUV, orientando o eixo para baixo a partir do ponto de queda.

Exercícios resolvidos

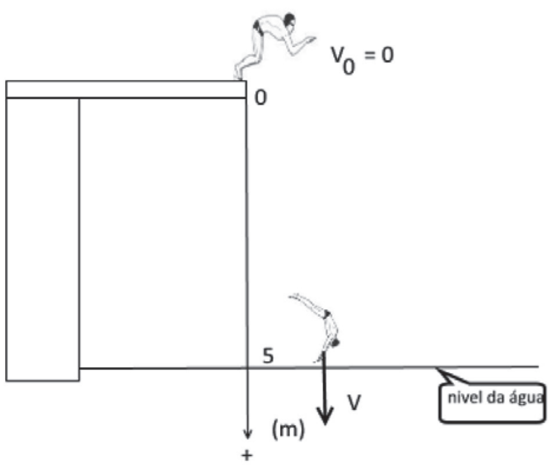
09. Um nadador abandona uma plataforma de 5m de altura, em queda livre:
a) quanto tempo após deixar a plataforma o nadador atinge o solo?
b) qual a velocidade do nadador ao atingir a superfície da água?
Considere $g = 10m/s^2$

Resolução:
Nos problemas de queda livre orientamos o eixo de cima para baixo com a origem coincidindo com o ponto de queda (S_0= 0) de tal forma que a velocidade de queda será positiva assim como g, pois o movimento é acelerado.

As equações que podemos utilizar são:
Equação horária da velocidade, do espaço e a equação de Torricelli.

Para os casos em que o móvel é abandonado (v_0 = 0) tais equações ficam, respectivamente da seguinte forma:
$V = gt$
$S = g/2\ t^2$
$V^2 = 2.g.\Delta h$

Onde S é o quanto foi percorrido na queda.



a) quando o nadador chega na superfície da água S = 5m, portanto
$S = g/2\ t^2 \rightarrow 5 = 10/2\ t^2 \rightarrow t^2 = 1$ logo temos duas respostas: t = 1 e t = -1 ,como t > 0 temos que t = 1s.

b) a velocidade do nadador ao chegar na superfície da água pode ser calculada pela equação de Torricelli
$V^2 = 2.g.\Delta h$ substituindo os valores temos:
$V^2 = 2.10.5 = 100$

Portanto v = 10m/s e v = -10m/s, sendo o resultado fisicamente aceitável de 10m/s pois o corpo, na queda, se movimenta a favor da trajetória.

18. Lançamento Vertical

No lançamento vertical o móvel sobe até parar, ao atingir a altura máxima, e depois volta em queda livre.

Para resolvermos problemas relacionados com lançamento vertical utilizamos as equações do MRUV, orientando o eixo de baixo para cima a partir do solo.

Exercícios resolvidos

10. Uma pessoa que se encontra sobre um edifício atira uma pedra verticalmente para cima, com velocidade de 20m/s. Considere que o ponto de lançamento da pedra se encontre a 60m do solo Despreze as influências do ar e admita que a aceleração da gravidade seja g = 10m/s². Determine:

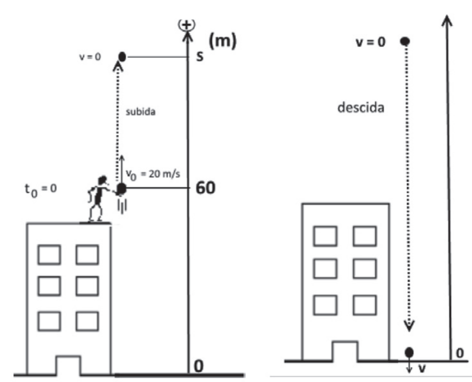
a) as funções horárias do espaço e da velocidade;
b) o tempo gasto para a pedra atingir sua altura máxima.
c) a altura máxima atingida pela pedra;
d) o tempo gasto para a pedra atingir o solo;
e) a velocidade da pedra ao chegar ao solo;
f) as velocidades e as posições da pedra nos instantes t = 1s e t = 3s;
g) os gráficos S x t, V x t e A x t, correspondentes ao movimento da pedra.

Resolução:
Nos problemas de lançamento vertical orientamos o eixo de baixo para cima com a origem no solo (S0= 0) de tal forma que a velocidade do móvel será positiva na subida e negativa na queda. A aceleração da gravidade g será negativa todo o tempo e o movimento será retardado na subida e acelerado na descida.

As equações que podemos utilizar são:

Equação horária da velocidade, do espaço e a equação de Torricelli.

Nesse caso $v_0 \neq 0$, tais equações ficam, respectivamente da seguinte forma:
$V = v_o - gt$
$S = S_0 + v_0 t - g/2\ t^2$
$V^2 = v_0^{\,2} - 2.g.\Delta h$



A partir do desenho podemos verificar que:
S_0 = 60m
v_0 = 20m/s
g = -10m/s²

a) as funções horárias do espaço e da velocidade ficaram:
$S = 60 + 20t - 10/2\ t^2$
$S = 60 + 20\ t - 5\ t^2$
$V = 20 - 10t$

b) quando a pedra atingir a altura máxima sua velocidade será igual a zero, instante em que irá parar para inverter o sentido do movimento.

Devemos fazer v = 0 na equação da velocidade:
$0 = 20 - 10t \rightarrow 10t = 20 \rightarrow t = 2s$

c) a altura máxima atingida pela pedra será o instante em que v = 0 podemos resolver o problema substituindo t = 2s na equação do espaço

fazendo t = 2 s na equação do espaço temos:
$S = 60 + 20 . 2 - 5 . 2^2$
$S = 60 + 40 - 20 = 80m$

d) o instante em que a pedra chega ao solo é o instante em que a pedra se encontra na origem (S = 0).

Fazendo S = 0 na equação do espaço podemos determinar o instante t correspondente.
$0 = 60 + 20t – 5t^2$
$5t^2 – 20t – 60 = 0$ dividindo todos os termos por 5 fica:
$t^{2-} 4t – 12=0$

Trata-se de resolver uma equação do 2º grau em t. Para resolvê-la temos que aplicar a fórmula geral

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

onde a = 1; b = -4 ; c =-12

logo,

$$t = \frac{-(-4) \pm \sqrt{(-4)^2 - 4.1.12)}}{2.1}$$

que fornece os seguintes resultados:
t = 6s e t = -2s

Somente a primeira solução (6s) é fisicamente adequada, pois t ≥0. Portanto o ponto material chegará ao solo no instante 6s.

e) para determinar a velocidade da pedra quando chega ao solo é só substituir o instante t = 6s na equação da velocidade:

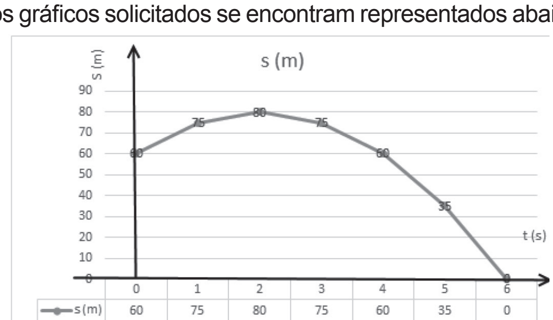
V = 20 – 10.6 = - 40m/s (o sinal negativo indica que a pedra se move no sentido contrário ao da trajetória).

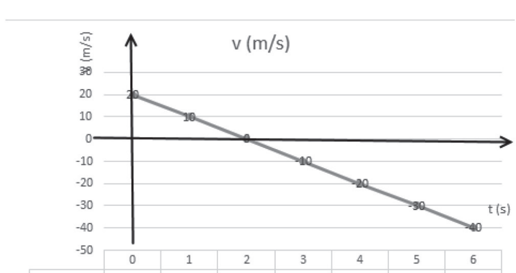
Para determinarmos as velocidades e posições nos instantes 1s e 3s baste substituirmos os valores dos tempos nas equações das posições e das velocidades.

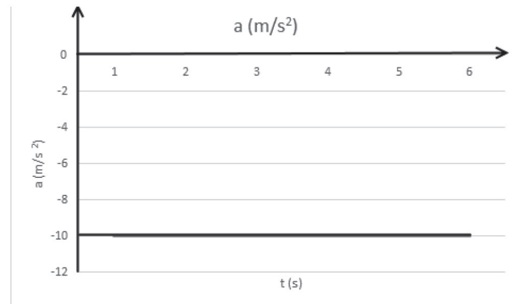
Para t = 1s
$S = 60 + 20.1 - 5 .1^2 = 75m$
V = 20 – 10.1 = 10m/s

Para t = 3s
V = 20 – 10.3 = -10m/s
$S = 60 + 20.3 – 5.3^2 = 75m$

f) os gráficos solicitados se encontram representados abaixo.







Exercícios propostos

34. Uma pedra largada (velocidade inicial igual a zero) do alto de um penhasco demora 3 segundos para percorrer a primeira metade do percurso. Desprezando a resistência do ar, pode-se afirmar que o tempo total da queda:
a) depende da altura do penhasco
b) depende da massa da pedra
c) depende da forma da pedra
d) é menor que 6 segundos
e) é igual a 6 segundos

35. Um jarro de flores cai do alto de um edifício de 30m. A sua velocidade quando ele se encontra a 10m do solo é: (despreze a resistência do ar)
a) 10m/s b) 20m/s c) 30m/s
d) 40m/s e) 50m/s

36. Um gato consegue sair ileso de muitas quedas. Suponha que a maior velocidade com a qual ele possa atingir o solo sem se machucar seja de 8m/s. Então, desprezando a resistência do ar, a altura máxima de queda, para que o gato nada sofra, deve ser:
a) 3,2m b) 6,4m c) 10m
d) 8m e) 4m

37. A velocidade de um objeto em queda livre aumenta continuamente enquanto cai de pequenas alturas com relação ao solo. Segundo Galileu, a aceleração é igual para todos os objetos e tem intensidade aproximada de 9,8m/s², desconsiderada a resistência do ar. Com base nessas afirmativas, assinale a opção correspondente ao valor da velocidade de um objeto, em m/s, após 5 segundos de queda livre.
a) 59 b) 49 c) 39
d) 19 e) 20

38. Um corpo é abandonado de uma certa altura, atingindo o solo depois de 5 segundos. A altura de onde o corpo foi abandonado é: (g = 10m/s²)
a) 12m b) 125m c) 18m
d) 90m e) 50m

39. De um aeromodelo voando horizontalmente a 30m/s e a 45m de altura em relação a um terreno piano e horizontal, escapa um parafuso. Qual o tempo de queda do parafuso, considerando g = 10m/s²?
a) 4,5s b) 3,5s c) 5,0s d) 3,0s

40. Em um local onde o efeito do ar é desprezível o $g = 10m/s^2$, um nadador salta de um trampolim de 12 metros de altura e atinge a água a uma distância de 6 metros, medida horizontalmente da borda do trampolim, em um intervalo de tempo de 2 segundos. A velocidade do nadador no instante do salto tem intensidade igual a:

a) 3m/s b) 4m/s c) 1m/s d) 5m/s

41. Uma pedra é lançada verticalmente para cima, no vácuo, onde a aceleração da gravidade é $g = 9,8m/s^2$. No ponto mais alto de sua trajetória, a velocidade é nula. Neste ponto a aceleração da pedra é:

a) também nula.
b) vertical para cima e vale $9,8m/s^2$.
c) vertical para baixo e vale $9,8m/s^2$.
d) vertical para baixo e maior que $9,8m/s^2$.
e) vertical para baixo e menor que $9,8m/s^2$.

42. Uma pessoa, de pé, à beira de um rochedo localizado a uma certa altura do chão, atira uma bola verticalmente para cima com velocidade inicial v. no mesmo instante, atira outra bola, verticalmente para baixo, com velocidade inicial igual à anterior, em módulo. Se as bolas estão em queda livre, pode-se afirmar que:

a) as duas bolas alcançarão o solo no mesmo instante.
b) quando a primeira alcançar o ponto mais alto de sua trajetória, a segunda bola tocará o solo.
c) as distâncias percorridas pelas duas bolas serão iguais.
d) as velocidade de ambas as bolas ao tocarem o solo serão iguais.
e) as acelerações das duas bolas serão sempre iguais em módulo e direção, porém terão sentidos contrários.

43. Um corpo é atirado verticalmente para cima com velocidade de 40m/s. Considerando a aceleração da gravidade igual a $10m/s^2$ a altura máxima que o corpo atinge a partir do ponto de lançamento é. Em metros:

a) 40 b) 80 c) 60 d) 160

44. Suponha que um atleta esteja treinando salto com vara. Partindo do repouso, ele percorre certa distância, ao fim da qual a sua velocidade vale 10m/s. Se nesse momento ele salta, a altura máxima que ele pode atingir, pelo menos teoricamente, é de:

a) 2,0m b) 3,5m c) 5,0m
d) 6,5m e) 7,0m

45. Um corpo A é abandonado de uma altura de 80m no mesmo instante em que um corpo B é lançado verticalmente para baixo com velocidade inicial de 10m/s, de uma altura de 120m. Desprezando a resistência do ar e considerando a aceleração da gravidade como sendo $10m/s^2$, e correto afirmar, sobre o movimento desses dois corpos, que

a) os dois chegam ao solo no mesmo instante.
b) o corpo B chega ao solo 2,0s antes que o corpo A.
c) o tempo gasto para o corpo A chegar ao solo e 2,0s menor que o tempo gasto pelo B.
d) o corpo A atinge o solo 4,0s antes que o corpo B.
e) o corpo B atinge o solo 4,0s antes que o corpo A.

46. Para deslocar tijolos, e comum vermos em obras de construção civil um operário no solo, lançando tijolos para outro que se encontra postado no piso superior. Considerando o lançamento vertical, a resistência do ar nula, a aceleração da gravidade igual a $10m/s^2$ e a distância entre a mão do lançador e a do receptor 3,2m, a velocidade com que cada tijolo deve ser lançado para que cheguem as mãos do receptor com velocidade nula deve ser de

a) 5,2m/s. b) 6,0m/s. c) 7,2m/s.
d) 8,0m/s. e) 9,0m/s.

Gabarito

01. C	02. B	03. D	04. C	05. E
06. D	07. D	08. C	09. B	10. C
11. C	12. C	13. C	14. D	15. C
16. D	17. B	18. C	19. C	20. C
21. D	22. E	23. C	24. A	25. E
26. A	27. A	28. B	29. E	30. D
31. D	32. C	33. B	34. D	35. B
36. A	37. B	38. B	39. D	40. D
41. C	42. D	43. B	44. C	45. A
46. D				