CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS

OBJETIVO

FRENTE 1

FÍSICA

Cinemática – Módulos

Módulo 1

Conceito de função

Palavra-chave:

• Função

1. Um exemplo para você entender a necessidade da ideia de função

Admita que você queira calcular o custo de uma corrida de táxi ao se percorrer uma certa distância.

Para tanto, você é informado de que a "bandeirada" custa R$ 4,00 e, para cada quilômetro rodado, o preço adicional é de R$ 1,50.

Vamos chamar de **y** o preço total da corrida (em reais) e de **x** a distância percorrida pelo táxi (em km) no percurso realizado.

Devemos encontrar uma igualdade matemática que nos permita, para cada valor da distância x, calcular o respectivo valor do custo y.

Dizemos então que **y será uma função de x**, isto é, para cada valor da distância x, existe, em correspondência, um único valor do custo y.

A expressão matemática que relaciona y e x, no exemplo mencionado, será:

$$y = 4{,}00 + 1{,}50x$$

em que **x** é a distância percorrida medida em quilômetros (km) e y é o preço da corrida calculado em reais.

Exemplificando

1) Se o percurso do carro for de 4km, teremos:

$x = 4\text{km} \Rightarrow y = 4{,}00 + 1{,}50 \;.\; 4$ (em reais)

$y = 4{,}00 + 6{,}00$ (reais) $\Rightarrow$ ***y = 10,00 reais***

2) Se o percurso do carro for de 10km, teremos:

$x = 10\text{km} \Rightarrow y = 4{,}00 + 1{,}50 \;.\; 10$ (em reais)

$y = 4{,}00 + 15{,}00$ (reais) $\Rightarrow$ ***y = 19,00 reais***

2. Generalizando o conceito de função

Imagine dois conjuntos, A e B.

Vamos indicar pela letra **x** um elemento pertencente ao conjunto A e pela letra **y** um elemento pertencente ao conjunto B.

Em linguagem matemática, escrevemos:

$x \in A$ (x pertence ao conjunto A)

$y \in B$ (y pertence ao conjunto B)

O símbolo $\in$ significa **pertence**.

Por um critério bem determinado (expressão matemática), vamos associar a cada valor de **x** um único valor de **y**.

Por exemplo: o critério a ser adotado (expressão matemática) é $y = x^2$, em que x e y são números inteiros.

Para x = 1, temos $y = 1^2 = 1$

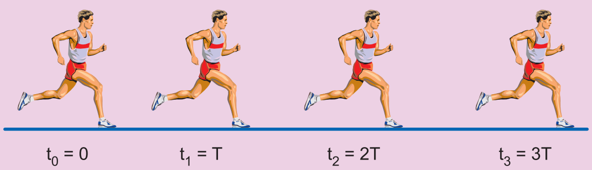
Para x = 2, temos $y = 2^2 = 4$

Para x = 3, temos $y = 3^2 = 9$

⋮

Dizemos então que **y é função de x** e representamos **y = f(x)**.

Saiba mais



A posição do corredor é uma função do tempo. As posições estão intercaladas em intervalos de tempo iguais e, como as distâncias entre posições sucessivas estão aumentando, dizemos que o deslocamento do atleta é uma função crescente do tempo e a rapidez de seu movimento está aumentando.

No Portal Objetivo

Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO** (**www.portal.objetivo.br**) e, em "localizar", digite **FIS1M101**

Exercícios Resolvidos

1 Sabe-se que a posição S varia com o tempo t para o movimento de um carro conforme a relação

S = A + Bt

Os valores de t e S são dados pela tabela

t(h)	1,0	2,0
S(km)	140	220

Determine

a) os valores de A e B

b) o valor de S para t = 0,5h

c) o valor de t para S = 80km

Resolução

a) $t_1 = 1{,}0h \Leftrightarrow S_1 = 140km$

$S = A + Bt \Rightarrow 140 = A + B \cdot 1{,}0$ (1)

$t_2 = 2{,}0h \Leftrightarrow S_2 = 220km$

$S = A + Bt \Rightarrow 220 = A + B\ 2{,}0$ (2)

Fazendo-se (2) – (1), vem: 220 – 140 = B

$\boxed{B = 80}$

Em (1): $140 = A + 80 \cdot 1{,}0$

$A = 140 - 80 \Rightarrow \boxed{A = 60}$

A é medido em km e B é medido em km/h

b) S = 60 + 80t

$t_3 = 0{,}5h \Rightarrow S_3 = 60 + 80 \cdot 0{,}5$ (km)

$S_3 = 60 + 40$ (km) $\Rightarrow \boxed{S_3 = 100km}$

c) S = 60 + 80t

$S_4 = 80km \Rightarrow 80 = 60 + 80t_4$

$80 - 60 = 80t_4$

$20 = 80t_4$

$t_4 = \dfrac{20}{80}$ (h)

$\boxed{t_4 = 0{,}25h}$

Respostas: **a) A = 60km e B = 80km/h**
b) 100km
c) 0,25h

2 A altura h de um projétil em relação ao solo terrestre varia com o tempo t segundo a relação:

$h = 10{,}0 + 20{,}0t - 5{,}0t^2$

t é medido em segundos e h é medido em metros.

O projétil foi lançado no instante $t_1 = 0$ e atinge sua altura máxima no instante $t_2 = 2{,}0s$.

Determine

a) a altura do projétil no instante em que ele foi lançado.

b) a altura máxima atingida pelo projétil.

c) o que ocorre no instante $t_3 = 4{,}0s$

Resolução

a) o projétil foi lançado no instante $t_1 = 0$ e portanto sua altura h_1 será dada por:

$h_1 = 10{,}0 + 20{,}0 \cdot 0 - 5{,}0 \cdot 0^2$ (m)

$\boxed{h_1 = 10{,}0m}$

b) A altura máxima é atingida no instante $t_2 = 2{,}0s$ e portanto:

$h_2 = 10{,}0 + 20{,}0 \cdot 2{,}0 - 5{,}0\ (2{,}0)^2$ (m)

$h_2 = 10{,}0 + 40{,}0 - 20{,}0$ (m)

$\boxed{h_2 = 30{,}0m}$

c) Para $t_3 = 4{,}0s$, temos:

$h_3 = 10{,}0 + 20{,}0 \cdot 4{,}0 - 5{,}0 \cdot (4{,}0)^2$ (m)

$h_3 = 10{,}0 + 80{,}0 - 80{,}0$ (m)

$\boxed{h_3 = 10{,}0m}$

Isto significa que o projétil voltou ao ponto de onde foi lançado.

Respostas: **a) 10,0m**
b) 30,0m
c) o projétil retornou à posição de lançamento.

3 **(MODELO ENEM)** – Já são comercializados no Brasil veículos com motores que podem funcionar com o chamado combustível flexível, ou seja, com gasolina ou álcool em qualquer proporção.

Sabe-se que, para percorrer uma mesma distância o consumo de álcool é 25% maior que o consumo de gasolina.

Para que haja equivalência entre o uso dos dois combustíveis, deve haver igualdade entre os produtos do custo do litro de combustível pelo volume gasto do combustível, isto é:

$$P_AV_A = P_GV_G$$

P_A = preço de litro de álcool

V_A = volume de álcool gasto

P_G = preço do litro de gasolina

V_G = volume de gasolina gasto

Determine, para a equivalência do uso dos combustíveis, qual a relação percentual entre o preço do álcool e o preço da gasolina.

Resolução

De acordo com o texto: $V_A = 1{,}25V_G$ (25% maior)

Substituindo-se na equação dada:

$P_A \cdot 1{,}25\ V_G = P_G \cdot V_G$

$P_A = \dfrac{1}{1{,}25}\ P_G = \dfrac{4}{5}\ P_G$

$\boxed{P_A = 80\%\ P_G}$

4 **(PISA-MODELO ENEM)** – O processo mais rigoroso para determinar a frequência cardíaca máxima (número máximo de batimentos por minuto) é realizar um teste de esforço. Mas, pela fórmula indicada, qualquer pessoa pode estimar a sua frequência cardíaca máxima (FCMáx) a partir da sua idade:

FCMáx = 220 – Idade

Quando realizamos esforço físico, para não termos dores (musculares e/ou articulares) nem problemas cardíacos, a frequência cardíaca não deve ultrapassar 85% da nossa **FCMáx**.

Para um jovem de 20 anos participando de um jogo de futebol, para não ter problemas cardíacos nem dores musculares ou articulares, sua frequência cardíaca não deve ultrapassar, em batimentos por minuto:

a) 160 b) 170 c) 200
d) 220 e) 240

Resolução

1) Para um jovem de 20 anos, a FCMáx é dada por:

FCMáx = 220 – idade

FCMáx = 220 – 20 (batimentos/min)

FCMáx = 200 batimentos/min

2) A frequência cardíaca não deve ultrapassar 85% da frequência máxima. Para obtermos 85% de um valor, basta multiplicá-lo por 0,85.

FC = 0,85 FCMáx

FC = 0,85 . 200 (batimentos/min)

FC = 170 batimentos/min

Resposta: B

Exercícios Propostos

1 Dada a função s = 2t + 1, complete a tabela a seguir:

t	s
0	
1	
2	
	11
	17

RESOLUÇÃO:
Para t = 0: s = 2 . 0 + 1 ⇒ s = 1
t = 1: s = 2 . 1 + 1 ⇒ s = 3
t = 2: s = 2 . 2 + 1 ⇒ s = 5
Se s = 11: 11 = 2t + 1 ⇒ t = 5
Se s = 17: 17 = 2t + 1 ⇒ t = 8

2 Dada a função s = $3t^2 + 2t$, complete a tabela a seguir:

t	s
0	
1	
2	
3	

RESOLUÇÃO:
Por substituição da variável t, a partir da função dada, obtemos:
Se t = 0 : s = 0
para t = 1 : s = 5
quando t = 2 : s = 16
Se t = 3 : s = 33

3 **(PISA-MODELO ENEM)** – Não é possível determinarmos exatamente a área A da superfície corporal de uma pessoa; no entanto, é necessário conhecer o seu valor aproximado para proceder a alguns tratamentos médicos.

Vários cientistas têm desenvolvido fórmulas, mais ou mesmos simples, para calcular um valor aproximado dessa área.
Uma das fórmulas é a seguinte:

$$A^2 = \frac{m \cdot h}{3600}$$

em que
h é a altura da pessoa medida em centímetros;
m é a massa da pessoa medida em quilogramas;
A é a área da superfície do corpo medida em m^2.
Considere uma pessoa de massa m = 80kg com altura h = 1,8m.
A área da superfície corporal desta pessoa será de:

a) $1{,}0m^2$ b) $1{,}5m^2$ c) $2{,}0m^2$
d) $2{,}5m^2$ e) $3{,}0m^2$

RESOLUÇÃO:

$$A^2 = \frac{80 \cdot 180}{3600} \ (m^4)$$

$$A^2 = 4{,}0 \ (m^4)$$

$$\boxed{A = 2{,}0m^2}$$

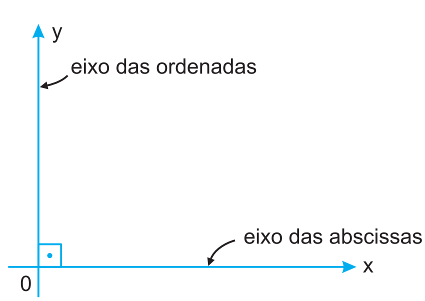
Resposta: C

Módulo 2 – Como representar uma função em um gráfico

Palavras-chave:
- Função do 1º grau
- Gráfico cartesiano

1. Coordenadas cartesianas

Uma reta com um ponto escolhido como origem **O** e com uma orientação positiva é denominada **eixo**.
Consideremos dois eixos perpendiculares entre si, Ox e Oy, com a mesma origem O.



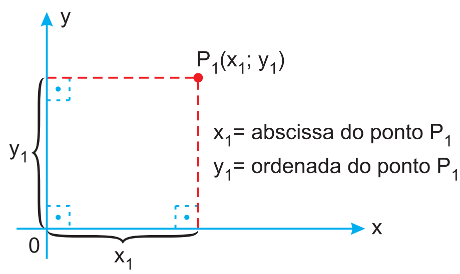
O eixo Ox é chamado **eixo das abscissas** e o eixo Oy é chamado **eixo das ordenadas**.

Este conjunto de eixos perpendiculares é chamado **sistema de coordenadas cartesianas**.

Para localizarmos um ponto P_1, no sistema de coordenadas cartesianas, devemos conhecer o valor de suas coordenadas cartesianas: a **abscissa** x_1 e a **ordenada** y_1.

Dizemos que a posição do ponto P_1 fica definida pelas coordenadas cartesianas x_1 e y_1 e escrevemos:

$$P_1 \equiv (x_1; y_1)$$



2. Função do 1º grau

No estudo da Física, é comum encontrarmos grandezas que se relacionam entre si por uma função bastante simples que é chamada função do 1º grau. Se indicarmos uma das grandezas por y e a outra por x, a função y = f(x) será do 1º grau se for tipo:

$$y = ax + b$$

em que **a** e **b** são constantes chamadas **coeficientes** ou **parâmetros** e o valor de **a** deve ser diferente de zero ($a \neq 0$). O parâmetro **b** pode ser zero ou não.

Quando b = 0, a função do 1º grau assume a forma:

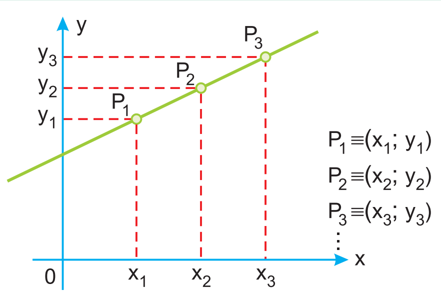
$$y = ax$$

e passa a ser chamada função proporcional

3. Representação gráfica da função do 1º grau

Quando a função y = f(x) é do 1º grau e representamos os valores de x e y em um sistema cartesiano, os pontos obtidos estarão alinhados, caracterizando que:

O gráfico de uma função do 1º grau é uma reta não paralela aos eixos cartesianos.



Exemplificando

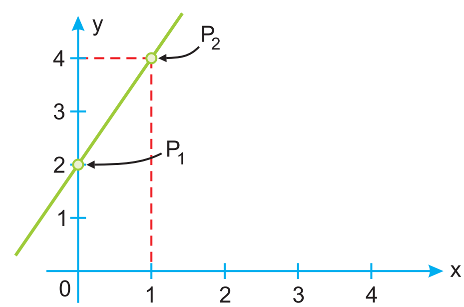
Considere a função: y = 2x + 2

Para obtermos uma reta, precisamos apenas de dois pontos arbitrários:

P_1: $x_1 = 0 \Rightarrow y_1 = 2 \cdot 0 + 2 \Rightarrow y_1 = 2$

P_2: $x_1 = 1 \Rightarrow y_1 = 2 \cdot 1 + 2 \Rightarrow y_1 = 4$

Portanto: $P_1 \equiv (0; 2)$ e $P_2 \equiv (1;4)$

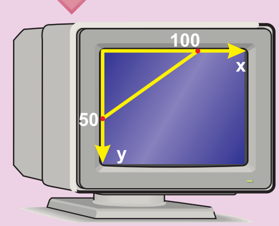


4. Coeficientes da função do 1º grau

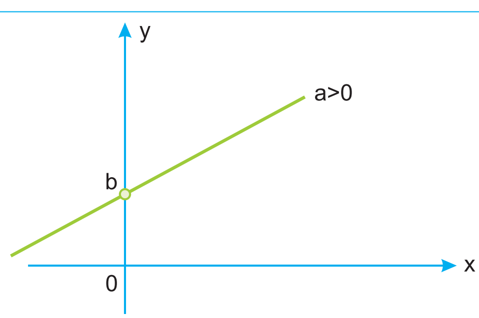
Seja a função do 1º grau: **y = ax + b**

A constante **b** é chamada **coeficiente linear** da reta e indica a ordenada **y** do ponto onde a reta encontra o eixo das ordenadas Oy. A constante **a** é chamada coeficiente angular ou declividade da reta e indica se a reta é crescente (a > 0) ou decrescente (a < 0).

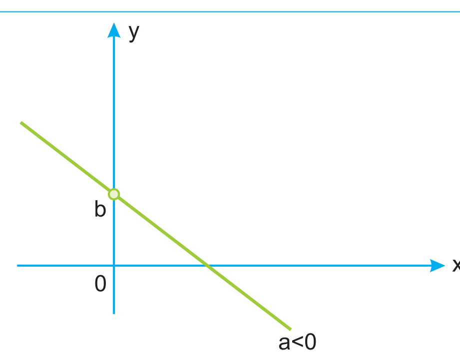
Saiba mais



Na tela do monitor de vídeo de um computador, os eixos cartesianos Ox e Oy são orientados da forma indicada. A reta indicada tem por equação: $y = -0,5x + 50$.



Quando o coeficiente angular **a** é positivo, a reta y = f(x) é crescente.



Quando o coeficiente angular **a** é negativo, a reta y = f(x) é decrescente.

1 A velocidade V de um carro de corrida varia com o tempo t segundo uma relação do tipo:

$$V = 20 + 4t$$

t é medido em segundos e V é medido em m/s. Esta relação é válida para t variando entre 0 e 10s.

Calcule

a a velocidade do carro nos instantes $t_1 = 0$ e $t_2 = 10s$;

b) construa o gráfico da função V = f(t) no referido intervalo de tempo.

Resolução

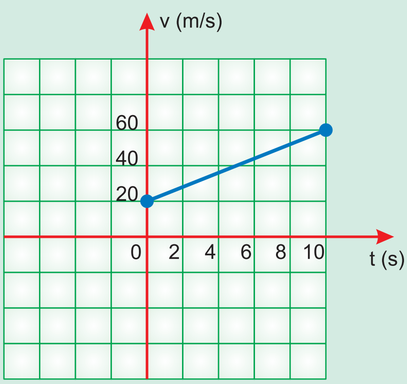
a) $t_1 = 0 \Rightarrow V_1 = 20 + 4 \cdot 0$ (m/s)

$\boxed{V_1 = 20 m/s}$

$t_2 = 10s \Rightarrow V_2 = 20 + 4 \cdot 10$ (m/s)

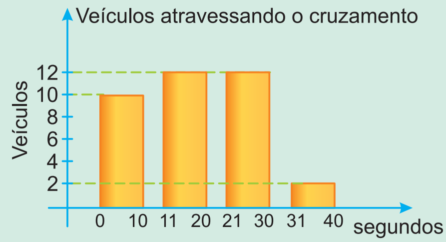
$\boxed{V_2 = 60 m/s}$

b)



$t_1 = 0$ $V_1 = 20 m/s$	$t_2 = 10s$ $V_2 = 60 m/s$

2 **(UEPA-MODELO ENEM)** – No mês de setembro, aconteceu em todo Brasil a Semana do Trânsito. Levantamentos diversos foram apresentados à sociedade. Os números do trânsito são alarmantes. De 1980 a 2000 foram registradas mais de 600.000 mortes no trânsito, devido a ruas mal conservadas, sinalizações deficientes e motoristas embriagados. Preocupado com os constantes problemas, um técnico do Detran fez uma verificação em um semáforo de um cruzamento de vias. Após contar várias vezes a quantidade de veículos que atravessaram o cruzamento com o sinal aberto, registrou esses dados no gráfico a seguir:



Com base no gráfico, é correto afirmar que

a) nos 10 primeiros segundos, 12 carros atravessaram o sinal.

b) nos 20 primeiros segundos, 12 carros atravessaram o sinal.

c) nos 30 primeiros segundos, 24 carros atravessaram o sinal.

d) nos 30 primeiros segundos, 34 carros atravessaram o sinal.

e) até o sinal fechar, 34 carros haviam atravessado o sinal.

Resolução

Nos 10s iniciais: 10 carros

Nos 20s iniciais: 10 + 12 = 22 carros

Nos 30s iniciais: 10 + 12 + 12 = 34 carros

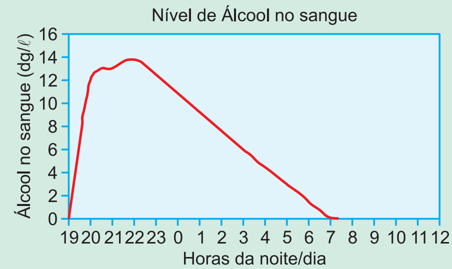
Nos 40s iniciais: 10 + 12 + 12 + 2 = 36 carros

Resposta: D

3 **(CESGRANRIO-MODELO ENEM)** – A nova lei de trânsito, datada de junho de 2008, foi batizada de Lei Seca, por aumentar a vigilância na condução de veículos.

Assim, o Art. 306 da referida lei torna crime: "conduzir veículo automotor, na via pública, estando com concentração de álcool por litro de sangue igual ou superior a 6 (seis) decigramas, ou sob a influência de qualquer outra substância psicoativa que determine dependência".

Um homem de 70kg vai a um bar à noite e, entre 20 e 22h, consome uma dose de uísque e dois copos de chope. O gráfico abaixo representa a quantidade de álcool no sangue desse indivíduo (em dg/ℓ) ao longo das horas do dia, e a tabela apresenta informações sobre os sintomas de intoxicação por álcool com a correspondente quantidade de álcool no sangue (g/ℓ). Esses sintomas variam de indivíduo para indivíduo.



O homem citado estará, possivelmente, com descoordenação motora, e novamente sóbrio para dirigir, respectivamente, a partir de

a) 19h e 2h.

b) 20h e 4h.

c) 22h e 6h.

d) 23h e 7h.

e) 0h e 8h.

Resolução

1) De acordo com a tabela, na coluna de sintomas, na 3.ª linha, encontramos **descoordenação motora**, que corresponde na 1.ª coluna a uma taxa de etanol no sangue de 1,0 a 2,4g/ℓ ou ainda 10 a 24 dg/ℓ, em que dg significa decigrama. No gráfico dado, para 10 dg/ℓ, o horário correspondente é o intervalo entre 20h e 0,5h (da manhã), aproximadamente.

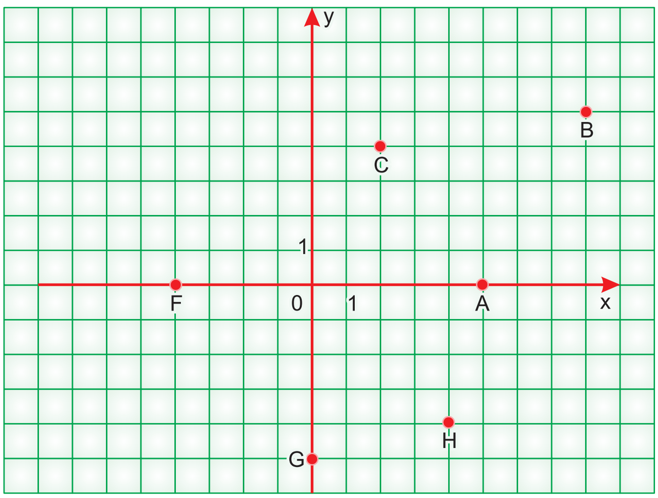
2) De acordo com a tabela, na coluna estágio (1ª linha), encontramos **sobriedade**, que corresponde na 1.ª coluna a uma taxa de etanol no sangue de 0,1 a 0,4 g/ℓ ou ainda de 1 a 4 dg/ℓ. No gráfico dado, abaixo de 4 dg/ℓ, temos um horário entre 19h e 19h e 30 min ou então após 4h da manhã.

Resposta: B

Etanol no sangue (g/ℓ)	Estágio	Sintomas
0,1 a 0,4	Sobriedade	Nenhuma influência aparente.
0,5 a 0,9	Euforia	Perda de eficiência, diminuição da atenção, do julgamento e do controle.
1,0 a 2,4	Excitação	Instabilidade das emoções, descoordenação motora. Menor inibição. Perda do julgamento crítico.
2,5 a 3,0	Confusão	Vertigens, desequilíbrio, dificuldade na fala e distúrbios da sensação.
3,1 a 4,0	Estupor	Apatia e inércia geral. Vômitos, incontinência urinária e fecal.
4,1 a 5,0	Coma	Inconsciência, anestesia. Morte.
Acima de 5,0	Morte	Parada respiratória.

Exercícios Propostos

1 Dar as coordenadas cartesianas dos pontos indicados no gráfico.



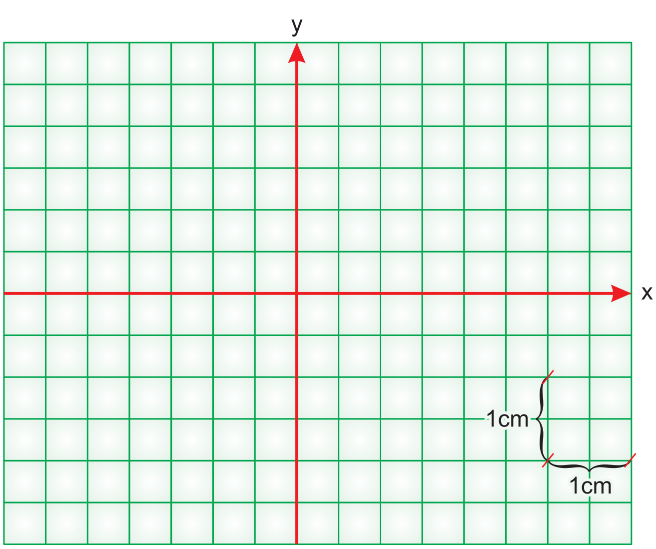
A (;) B (;) C (;)
F (;) G (;) H (;)

RESOLUÇÃO:

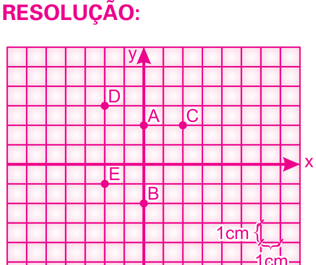
A (5; 0) **B (8; 5)** **C (2; 4)**
F (– 4; 0) **G (0; –5)** **H (4, –4)**

2 Localize, no gráfico, os pontos cujas coordenadas cartesianas são indicadas a seguir, medidas em centímetros.

A (0; 2) B (0; –2) C (2; 2)
D (–2; 3) E (–2; –1)

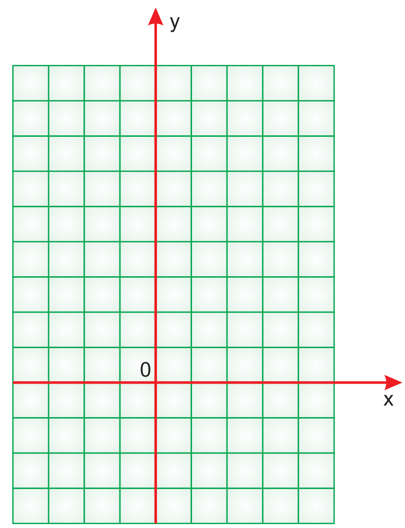


RESOLUÇÃO:

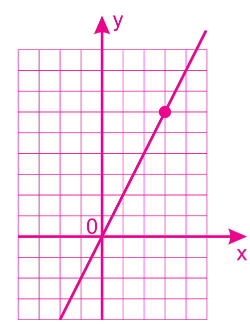


Nas questões **3** e **4**, construa os gráficos das funções indicadas, utilizando os eixos cartesianos Ox e Oy das figuras.

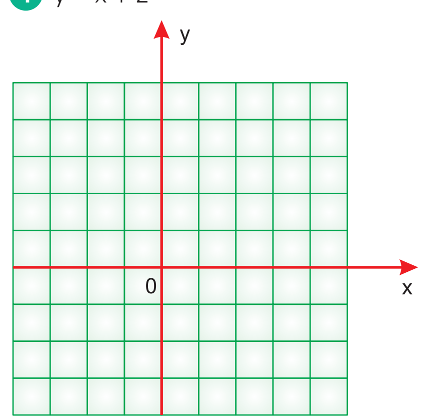
3 $y = 2x$



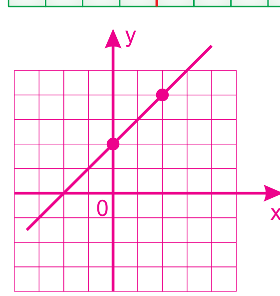
x	y
0	0
3	6



4 $y = x + 2$



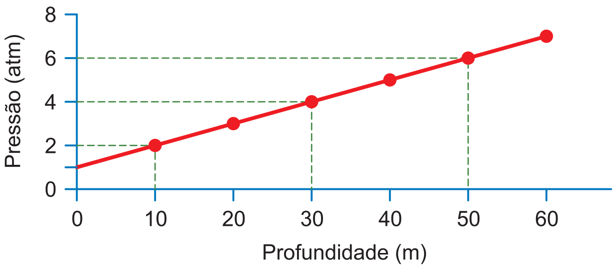
x	y
0	2
2	4



No Portal Objetivo

Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO** **(www.portal.objetivo.br)** e, em "localizar", digite **FIS1M102**

5 **(PISA-MODELO ENEM)** – O gráfico seguinte estabelece a relação entre a pressão, em atmosferas (atm), a que está sujeito um corpo imerso em água e a profundidade, em metros, na qual o corpo se encontra. Sabe-se que, dentro da água, a pressão aumenta 1atm por cada 10m de aumento de profundidade.



Analise as proposições que se seguem:

(I) A pressão e a profundidade são diretamente proporcionais.

(II) Se uma pessoa estiver na superfície da água, a pressão exercida sobre ela é de 1 atm.

(II) Um navio afundado a 3 800m de profundidade suporta uma pressão de 380 atm.

Responda mediante o código:

a) apenas I está correta.
b) apenas II está correta.
c) apenas III está correta.
d) apenas I e II estão corretas.
e) apenas II e III estão corretas.

RESOLUÇÃO:

I. FALSA. Se p fosse diretamente proporcional a h, o gráfico seria uma semirreta passando pela origem.

II. VERDADEIRA. Para h = 0, resulta p = 1 atm.

III. FALSA. A pressão é dada por:

p = 1 atm + 380 atm

$\boxed{p = 381 \text{ atm}}$

Resposta: B

Módulo 3 – Proporcionalidade entre duas grandezas

Palavras-chave:
- Inversamente proporcional
- Diretamente proporcional

1. Proporção direta

Imaginemos duas grandezas que estejam relacionadas de tal maneira que, dobrando-se o valor de uma delas, o valor da outra também dobra; triplicando-se a primeira, a outra também fica multiplicada por três, reduzindo-se uma à metade, a outra também se reduz à metade; dividindo-se uma por três, a outra também fica dividida por três e assim por diante.

Nesse caso, dizemos que existe entre essas duas grandezas uma **proporção direta** ou que uma delas é **proporcional** (ou diretamente proporcional) à outra.

Chamando uma das grandezas de **y** e a outra de **x**, escrevemos:

$y = kx$ k é uma constante diferente de zero.

As expressões **y é proporcional a x** e **y é diretamente proporcional a x** são equivalentes.

Exemplo

V_1 = 1 litro de água ⇒ m_1 = 1 quilograma de água

V_2 = 2 litros de água ⇒ m_2 = 2 quilogramas de água

Podemos relacionar matematicamente essas grandezas pela expressão: $\dfrac{m}{V} = k$ (constante não nula).

No caso, a constante $k = \dfrac{m}{V}$ (razão entre a massa e o volume) recebe o nome de **densidade da água**.

2. Proporção inversa

Imaginemos que um carro em uma primeira viagem entre duas cidades, A e B, tem uma velocidade média de 50km/h e faz o trajeto em um intervalo de tempo de 6h.

Se o carro fizer uma segunda viagem entre as cidades A e B com uma velocidade média de 100km/h, o tempo gasto na viagem será de 3h. Se o carro fizer uma terceira viagem entre as cidades A e B com uma velocidade média de 150km/h, o tempo gasto na viagem será de 2h.

V_1 = 50km/h ⇔ T_1 = 6h

V_2 = 100km/h ⇔ T_2 = 3h

V_3 = 150km/h ⇔ T_3 = 2h

Nesse caso, dizemos que existe entre a velocidade média e o tempo gasto na viagem uma **proporção inversa** ou que **a velocidade média é inversamente proporcional ao tempo gasto**.

Podemos então escrever:

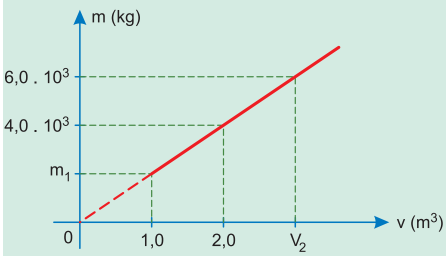
$V_m = \dfrac{k}{T}$ k é uma constante não nula.

No caso, a constante $k = V_m \cdot T$ (produto da velocidade média pelo tempo) corresponde à distância percorrida pelo carro entre as cidades A e B

Exercícios Resolvidos

(MODELO ENEM) – Texto para as questões 1 e 2.

Considere esferas maciças feitas de mesmo material (mesma densidade), porém com raios diferentes e, portanto, massas e volumes diferentes.
O gráfico a seguir representa as massas dessas esferas em função de seus volumes.



1 Qual o valor da densidade do material das esferas, a qual é a razão entre a sua massa e o seu volume?

a) $1,0 \cdot 10^3$ kg/m³ b) $2,0 \cdot 10^3$ kg/m³
c) $3,0 \cdot 10^3$ kg/m³ d) $4,0 \cdot 10^3$ kg/m³
e) $5,0 \cdot 10^3$ kg/m³

Resolução

A densidade **μ** é dada por:

$$\mu = \frac{m}{v} = \frac{4,0 \cdot 10^3\ \text{kg}}{2,0\text{m}^3} \quad \boxed{\mu = 2,0 \cdot 10^3\ \text{kg/m}^3}$$

Resposta: B

2 Quais os valores de m_1 e V_2 indicados no gráfico, em unidades do SI?

a) $m_1 = 2,0$ e $V_2 = 3,0$
b) $m_1 = 2,0$ e $V_2 = 4,0$
c) $m_1 = 3,0$ e $V_2 = 3,0$
d) $m_1 = 3,0$ e $V_2 = 4,0$
e) $m_1 = 2,5$ e $V_2 = 5,0$

Resolução

1) Para $V_1 = 1,0\text{m}^3$, temos:

$$\mu = \frac{m_1}{V_1} \Rightarrow m_1 = \mu \cdot V_1$$

$$m_1 = 2,0 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 1,0\text{m}^3$$

$$\boxed{m_1 = 2,0 \cdot 10^3\ \text{kg}}$$

2) Para $m_2 = 6,0 \cdot 10^3$ kg, temos:

$$\mu = \frac{m_2}{V_2} \Rightarrow V_2 = \frac{m_2}{\mu}$$

$$V_2 = \frac{6,0 \cdot 10^3}{2,0 \cdot 10^3} \ (\text{m}^3)$$

$$\boxed{V_2 = 3,0\text{m}^3}$$

Resposta: A

3 Um carro vai de uma cidade A até uma cidade B percorrendo uma distância **d**.
Sendo **V** a velocidade escalar média nesta viagem, o tempo gasto **T** é dado pela relação:

$$\boxed{T = \frac{d}{V_m}}$$

a) Qual a relação que existe entre os valores de T e de V_m?
b) Sabendo-se que quando V_m = 80km/h o valor de T é 1,5h, determine o valor de d.
c) Calcule o valor de V_m quando T = 1,0h.
d) Calcule o valor de T quando V_m = 100km/h.
e) Esboce o gráfico de V_m em função de T.

Resolução

a) Como d é constante, então T e V_m são inversamente proporcionais.

b) V_m = 80km/h e T = 1,5h

$$d = V_m \cdot T = 80 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot 1,5\text{h} \Rightarrow \boxed{d = 120\text{km}}$$

c) Para d = 120km e T = 1,0h, temos:

$$\boxed{V_m = \frac{d}{T} = \frac{120\text{km}}{\text{h}}}$$

d) Para d = 120km e V_m = 100km/h, temos:

$$T = \frac{d}{V_m} = \frac{120}{100}\ \text{h}$$

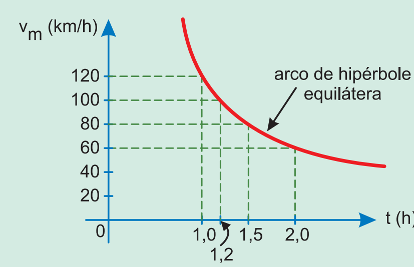
T = 1,2h

T = 1,0h +0,2h

T = 1,0h + 0,2 . 60 min

$$\boxed{T = 1,0\text{h} + 12\ \text{min}}$$

e)



Exercícios Propostos

1 **(FEI-SP-MODELO ENEM)** – Um estádio de futebol com capacidade para 150 000 espectadores possui 10 saídas, por onde passam em média 500 pessoas por minuto. Qual é o tempo mínimo para esvaziar o estádio em um dia em que $\frac{2}{3}$ de seus lugares estão ocupados?

a) $\frac{1}{4}$ h b) $\frac{1}{3}$ h c) $\frac{1}{2}$ h d) $\frac{3}{4}$ h e) 1h

RESOLUÇÃO:

$$\frac{2}{3} \cdot 150\,000 = 100\,000$$

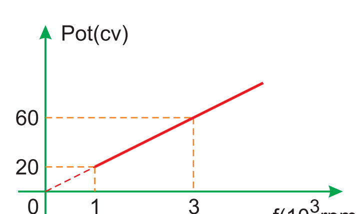
Em um minuto, saem 500 pessoas por saída e como existem 10 saídas o total é de 5000 pessoas por minuto:

5000 .... 1min
100 000 ....Δt

$$\Delta t = \frac{100\,000}{5000}\ (\text{min}) \Rightarrow \Delta t = 20\text{min} = \frac{1}{3}\ \text{h}$$

Resposta: B

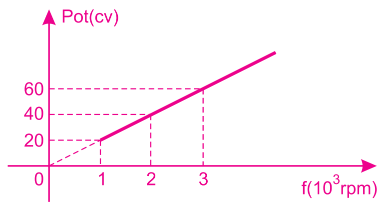
2 **(MODELO ENEM)** – A figura abaixo nos mostra a relação entre a potência de um motor de automóvel em função da frequência de rotação do motor.



Se a frequência de rotação é 2 . 10^3rpm, a potência do motor é, em cv:

a) 20 b) 30 c) 40 d) 50 e) 60

RESOLUÇÃO:



f (10^3rpm)	Pot (cv)
0	0
1	20
3	60

$$a = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{40}{2} \Rightarrow a = 20$$

b = 0 (A reta passa pela origem do sistema de coordenadas)
y = ax + b ⇒ Pot = 20 . f + 0 ⇒ Pot = 20f, com Pot em cv e f em 10^3 rpm.
Para f = 2 . 10^3 rpm:
Pot = 20 . 2 (cv) ⇒ Pot = 40cv
Resposta: C

3 Considere uma mangueira que esguicha um volume de água **V** em um intervalo de tempo **T**.

Define-se vazão da mangueira, representada por **Z**, como sendo a razão (quociente) entre o volume **V** e o tempo **T**, isto é:

$$Z = \frac{V}{T}$$

Com esta mangueira, pretende-se encher um reservatório cujo volume total vale V_1 (valor mantido constante).

A mangueira tem uma regulagem que permite variar o valor de sua vazão **Z** e, portanto, varia também o tempo **T** gasto para encher o reservatório.

a) Qual a relação que existe entre os valores de **Z** e de **T**?

b) Sabendo-se que quando a vazão Z vale $2m^3/s$, o reservatório é enchido em 10s, determine o valor de V_1.

c) Se a vazão for de $1m^3/s$, em quanto tempo o reservatório será enchido?

d) Se o tempo gasto para encher o reservatório for de 5s, qual será a vazão da mangueira?

e) Esboce um gráfico da função Z = f(T).

RESOLUÇÃO:

a) Sendo o volume constante, então a vazão Z e o tempo T são inversamente proporcionais.

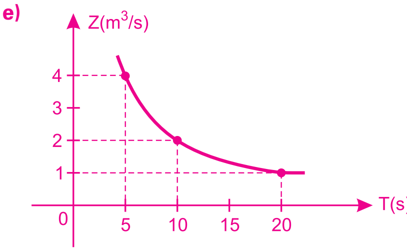
b) $Z = \frac{V_1}{T} \Rightarrow V_1 = Z \,.\, T$

$$V_1 = \frac{2m^3}{s} \,.\, 10s \Rightarrow \boxed{V_1 = 20m^3}$$

c) Se a vazão se reduzir à metade, o tempo gasto será duplicado e passará a valer 20s.

d) Se o tempo gasto se reduziu à metade, é porque a vazão foi duplicada e passou a valer $4m^3/s$.

e)



No Portal Objetivo

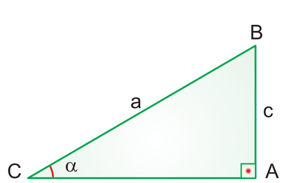
Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO (www.portal.objetivo.br)** e, em "localizar", digite **FIS1M103**

Módulo 4 – Trigonometria no triângulo retângulo

Palavras-chave:
- Triângulo retângulo
- Funções trigonométricas

1. Grandezas trigonométricas: seno; cosseno; tangente

Consideremos o triângulo retângulo ABC da figura:



Teorema de Pitágoras

$$a^2 = b^2 + c^2$$

Para o ângulo α da figura, o cateto oposto é o lado AB = c e o cateto adjacente é o lado CA = b.

O lado BC = a é a hipotenusa.

Definem-se para o ângulo α as seguintes funções trigonométricas:

1)

$$\text{seno de } \alpha = \frac{\text{cateto oposto}}{\text{hipotenusa}}$$

$$\text{sen } \alpha = \frac{c}{a}$$

2)

$$\textit{cosseno de } \alpha = \frac{\textit{cateto adjacente}}{\textit{hipotenusa}}$$

$$\cos \alpha = \frac{b}{a}$$

3)

$$\textit{tangente de } \alpha = \frac{\textit{cateto oposto}}{\textit{cateto adjacente}}$$

$$tg\ \alpha = \frac{c}{b}$$

Apresentamos a seguir os valores do seno, cosseno e tangente para os ângulos mais importantes:

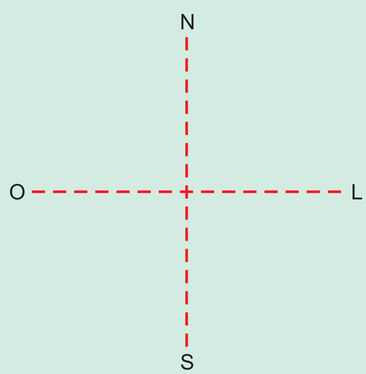
	0°	30°	45°	60°	90°
sen	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	1
cos	1	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{1}{2}$	0
tg	0	$\frac{\sqrt{3}}{3}$	1	$\sqrt{3}$	–

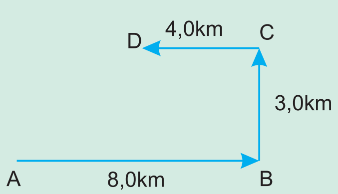
Observação: Não se define tg 90°.

Exercícios Resolvidos

1 Um atleta, treinando para a corrida de São Silvestre, faz uma série de percursos retilíneos conforme descrito a seguir:
1) 8,0km para leste
2) 3,0km para norte
3) 4,0km para oeste

Determine
a) a distância total que o atleta percorreu;
b) a distância entre sua posição inicial e sua posição final.





Resolução

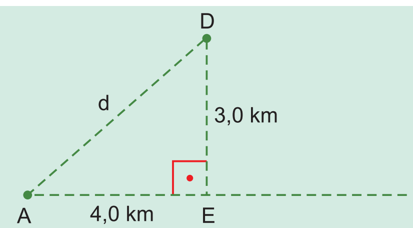
a) A distância total percorrida é dada por:

D = AB + BC + CD

D = 8,0km + 3,0km + 4,0km

$$\boxed{D = 15{,}0\text{km}}$$

b) A distância entre a posição inicial A e a posição final D é dada pela aplicação do Teorema de Pitágoras:



$d^2 = (AE)^2 + (ED)^2$

$d^2 = (4{,}0)^2 + (3{,}0)^2\ (km)^2$

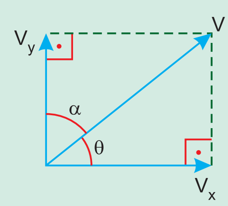
$d^2 = 16{,}0 + 9{,}0\ (km)^2$

$d^2 = 25{,}0\ (km)^2$

$$\boxed{d = 5{,}0\text{km}}$$

Respostas: a) 15,0km
b) 5,0km

2 Considere uma bola de futebol descrevendo uma trajetória parabólica.
Num dado instante, a velocidade da bola tem uma componente horizontal V_x e uma componente vertical V_y, conforme mostrado na figura.



São dados:
V = 20km/h e V_x = 12km/h
Determine
a) o valor de V_y
b) o seno, o cosseno e a tangente dos ângulos θ e α.

Resolução

a) Teorema de Pitágoras:
$V^2 = V_x^2 + V_y^2$

$(20)^2 = (12)^2 + V_y^2$

$400 = 144 + V_y^2$

$V_y^2 = 256 \Rightarrow \boxed{V_y = 16\text{km/h}}$

b) 1) $\text{sen}\ \theta = \frac{V_y}{V} = \frac{16}{20} = 0{,}8$

2) $\cos \theta = \frac{V_x}{V} = \frac{12}{20} = 0{,}6$

3) $\text{sen}\ \alpha = \frac{V_x}{V} = 0{,}6$

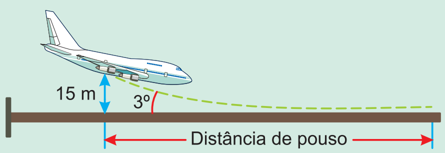
4) $\cos \alpha = \frac{V_y}{V} = 0{,}8$

Observe que: sen θ = cos α
sen α = cos θ

Isto nos mostra que quando dois ângulos são complementares (somam 90°), o seno de um é igual ao cosseno do outro.

(VUNESP-MODELO ENEM) – Texto para as questões 3 e 4.

A partir do instante em que uma aeronave atinge a altura de 50 pés (aproximadamente 15 m) sobre a pista, ela deve manter um ângulo de 3° até tocar a pista. Chama-se distância de pouso o comprimento correspondente a 60% do comprimento total da pista disponível para aterrizagem.



(*Aero Magazine*, n.° 159 . Adaptado)

3 Se a distância de pouso necessária para uma aeronave é de 1800m, o comprimento total da pista disponível para aterrizagem, em quilômetros, é igual a

a) 2,6 b) 2,7 c) 2,8
d) 2,9 e) 3,0

Resolução

De acordo com o texto, a distância de pouso (d_P) corresponde a 60% do comprimento total da pista (L_P).

60% equivale a multiplicar por 0,6.

Assim, temos:

$d_P = 0{,}6\ L_P$

Como d_P = 1800m, resulta:

$1800 = 0{,}6 \ .\ L_P$

$$L_P = \frac{1800}{0{,}6}\ (m)$$

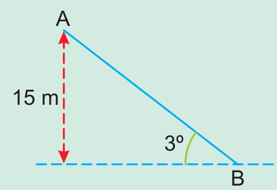
$$\boxed{L_P = 3{,}0 \ .\ 10^3 m = 3{,}0km}$$

Resposta: E

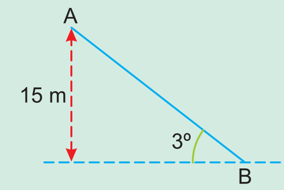
4 A partir do instante em que a aeronave atinge a altura de 15m sobre a pista, se o pouso for realizado de acordo com os parâmetros indicados no texto e na figura, ela percorrerá, até tocar o solo, a distância AB, em metros, de

a) 260 b) 280 c) 290
d) 300 e) 310

Adote: sen 3° = 0,05



Resolução



Da figura, temos:

$$\text{sen } 3° = \frac{\text{cateto oposto}}{\text{hipotenusa}} = \frac{15m}{AB}$$

Porém, sen 3° = 0,05

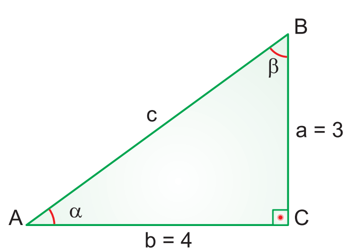
$$0{,}05 = \frac{15m}{AB}$$

$$AB = \frac{15m}{0{,}05} \Rightarrow \boxed{AB = 300m}$$

Resposta: D

Exercícios Propostos

É dado o triângulo retângulo ABC. Resolva as questões de 1 a 4.



1 Aplicando o Teorema de Pitágoras, calcule a hipotenusa (c).

RESOLUÇÃO:

$c^2 = a^2 + b^2 \Rightarrow c^2 = (3)^2 + (4)^2 \Rightarrow c^2 = 25 \Rightarrow c = 5$

2 Calcule o seno dos ângulos α e β.

RESOLUÇÃO:

$$\text{sen } \alpha = \frac{a}{c} \Rightarrow \text{sen } \alpha = \frac{3}{5} \Rightarrow \text{sen } \alpha = 0{,}6$$

$$\text{sen } \beta = \frac{b}{c} \Rightarrow \text{sen } \beta = \frac{4}{5} \Rightarrow \text{sen } \beta = 0{,}8$$

3 Calcule o cosseno dos ângulos α e β.

RESOLUÇÃO:

$$\cos \alpha = \frac{b}{c} \Rightarrow \cos \alpha = \frac{4}{5} \Rightarrow \cos \alpha = 0{,}8$$

$$\cos \beta = \frac{a}{c} \Rightarrow \cos \beta = \frac{3}{5} \Rightarrow \cos \beta = 0{,}6$$

4 Calcule a tangente dos ângulos α e β.

RESOLUÇÃO:

$$\text{tg } \alpha = \frac{a}{b} = \frac{3}{4} \Rightarrow \text{tg } \alpha = 0{,}75$$

$$\text{tg } \beta = \frac{b}{a} = \frac{4}{3} \Rightarrow \text{tg } \beta = \frac{4}{3}$$

5 **(ETEC-MODELO ENEM)** – Sobre o vôo do 14-Bis realizado em 23 de outubro de 1906, o Professor Charly Künzi, ex-reitor do ITA e membro da Associação Brasileira de Cultura Aeroespacial, escreveu:

"... O Aeroclube da França oferecia um prêmio para quem conseguisse voar pela primeira vez com um aparelho 'mais pesado que o ar'. Era a Taça Archdeacon, acompanhada da quantia de 3 000 francos, que seriam entregues para 'quem conseguisse construir um aparelho capaz de decolar por seus próprios meios e voar por uma distância de 25 metros sem exceder o ângulo de descida de 25%'.

...Chegou então a vez de Santos Dumont. Ele subiu no seu 14-Bis, elegantíssimo, de paletó, gravata e chapéu, cumprimentou o público com uma reverência, fez o motor dar a sua força máxima, começou a rolar devagar, mais rapidamente, mais rapidamente ainda e decolou. Ele voou 60 metros a uma altura de 3 metros."

(Fonte: http://www.ita.cta.br/online/2005)

Para calcular, aproximadamente, a distância percorrida por Santos Dumont do início da descida do 14-Bis até o momento em que ele atingiu o solo, deve-se considerar que

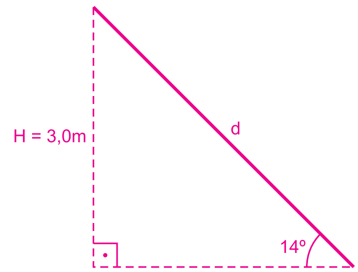
- a trajetória da descida foi retilínea;
- a inclinação da trajetória da descida do 14-Bis manteve-se constante;
- o ângulo de descida do avião é formado pela trajetória de descida do avião e o horizonte;
- um ângulo de descida de 25% equivale, aproximadamente, a um ângulo de 14°.

Logo, essa distância em metros, é

a) 3,1 b) 5,6 c) 7,3 d) 10,2 e) 12,5

Dados: sen 14° = 0,24; cos 14° = 0,97 e tg 14° = 0,25

RESOLUÇÃO:



$$\text{sen } 14° = \frac{H}{d}$$

$$d = \frac{H}{\text{sen } 14°} = \frac{3{,}0\text{m}}{0{,}24} = 12{,}5\text{m}$$

Resposta: E

No Portal Objetivo

Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO** **(www.portal.objetivo.br)** e, em "localizar", digite **FIS1M104**

Módulo 5

O que é uma grandeza física vetorial?

Palavras-chave:

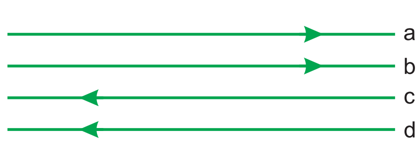
• Escalar • Vetor

1. Direção e sentido

Consideremos duas retas paralelas, (a) e (b).

Elas têm a mesma direção.

Vamos, agora, orientar quatro retas paralelas, (a), (b), (c) e (d), conforme indica a figura ao lado.



Apesar de possuírem orientações diferentes, continuam com a mesma direção. No entanto, observemos que:

1.º) **a** e **b** têm a mesma orientação e, portanto, têm o **mesmo sentido**;

2.º) **c** e **d** têm a mesma orientação e, portanto, têm o **mesmo sentido**;

3.º) **b** e **c** têm orientações opostas e, portanto, têm **sentidos opostos**.

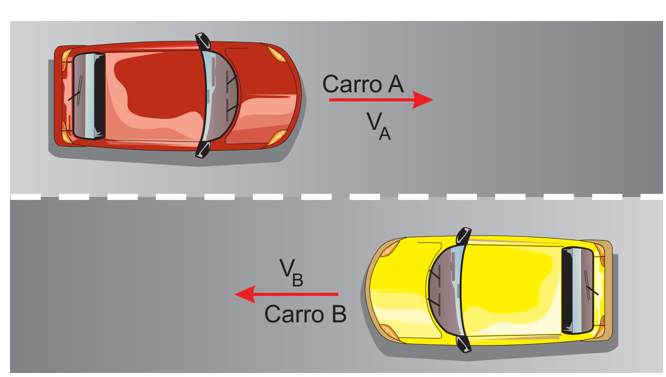
Isto posto, podemos **definir**:

Direção é a propriedade comum às retas paralelas, isto é, um conjunto de retas paralelas define uma direção.

Sentido é a orientação sobre a direção.

Assim, falamos em direção vertical e sentido para cima ou para baixo; direção horizontal e sentido para a direita ou para a esquerda.

Uma rua reta define uma direção; nesta rua, podemos caminhar para um lado ou para o outro, isto é, em dois sentidos.



Na figura, os carros A e B possuem velocidades de mesma direção (paralela à pista), porém com sentidos opostos.

Quando dois carros trafegam em uma mesma rua reta, um de encontro ao outro, dizemos que eles se movem na **mesma direção**, porém, em **sentidos opostos**.

2. Grandezas físicas escalares e vetoriais

As grandezas físicas podem ser classificadas em dois grupos: as grandezas **escalares** e as grandezas **vetoriais** (também chamadas de grandezas **orientadas** ou **dirigidas**).

Uma grandeza é **escalar** quando tem apenas **intensidade,** isto é, fica perfeitamente definida e caracterizada pelo seu valor numérico, traduzido por um número real e uma unidade.

São grandezas escalares: comprimento, área, volume, temperatura, densidade, massa, tempo, energia etc.

Assim, quando dizemos que a massa de uma pessoa vale 50kg, esgotamos o assunto, não cabendo mais nenhuma indagação sobre a massa.

Uma grandeza é **vetorial** quando exige, para sua completa caracterização, além de sua intensidade, também a sua **orientação**, isto é, a sua **direção** e **sentido.**

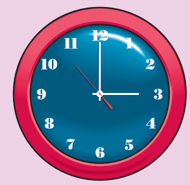
Para caracterizarmos o efeito da **aceleração da gravidade**, por exemplo, devemos informar qual a sua **intensidade**, que sua **direção** é vertical e que seu **sentido** é dirigido para baixo.

O efeito produzido por uma força não depende apenas de sua **intensidade**, mas também da **direção** e do **sentido** em que ela atua.

São grandezas vetoriais: deslocamento, velocidade, aceleração, força etc.

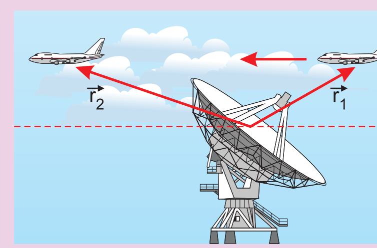
A grandeza vetorial é indicada por uma pequena seta colocada em cima do símbolo da grandeza: deslocamento ($\vec{d}$), velocidade ($\vec{V}$), aceleração ($\vec{a}$), força ($\vec{F}$) etc.

Saiba mais



O tempo é uma grandeza escalar, pois fica perfeitamente definido por um número real e a respectiva unidade.

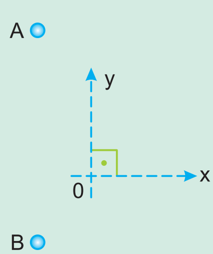
A posição de um avião num dado instante pode ser determinada por um vetor.



Exercícios Resolvidos

(MODELO ENEM) – Enunciado para as questões 1 e 2.

Um carro se move da posição A para a posição B, indicadas na figura.



Define-se deslocamento do carro $\vec{d}$ como sendo um vetor que tem origem na posição inicial e extremidade na posição final.

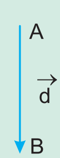
1 O deslocamento do carro $\vec{d}$ tem orientação mais bem representada pelo segmento:

a) ↖ b) ↗ c) ←

d) ↑ e) ↓

Resolução

De acordo com a definição, o deslocamento $\vec{d}$ é um vetor de origem em A e extremidade em B:

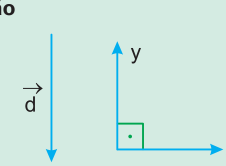


Resposta: E

2 O deslocamento vetorial $\vec{d}$, entre as posições A e B, tem

a) a mesma direção e o mesmo sentido do eixo y.
b) a mesma orientação do eixo y.
c) sentido perpendicular ao do eixo x.
d) a mesma direção e sentido oposto ao eixo y.
e) direção perpendicular e o mesmo sentido do eixo x.

Resolução



O vetor deslocamento $\vec{d}$ tem a mesma direção e sentido oposto ao do eixo y.

O vetor deslocamento $\vec{d}$ tem direção perpendicular à do eixo x.

Só podemos comparar os sentidos em uma mesma direção.

Resposta: D

No Portal Objetivo

Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO** (**www.portal.objetivo.br**) e, em "localizar", digite **FIS1M105**

Exercícios Propostos

1 A **massa** de um corpo é grandeza escalar ou vetorial? Justifique sua resposta.

RESOLUÇÃO:
Grandeza escalar, pois fica perfeitamente caracterizada por um número real e uma unidade.

2 A grandeza física **força** é escalar ou vetorial? Justifique sua resposta.

RESOLUÇÃO:
Grandeza vetorial, pois, para ser perfeitamente caracterizada, são necessárias as seguintes informações: módulo, direção e sentido.

3 Entre as grandezas indicadas abaixo, assinale aquelas que são vetoriais.

a) massa e tempo;
b) volume e área;
c) força e deslocamento;
d) energia potencial e cinética;
e) massa e aceleração.

Resposta: C

4 Considere as grandezas físicas:

I. Velocidade   II. Temperatura
III. Deslocamento   IV. Força

Dessas, a grandeza escalar é:

a) I   b) II   c) III   d) IV

Resposta: B

5 **(MODELO ENEM)** – Quando uma grandeza física tem natureza escalar, ela não envolve o conceito de direção e fica perfeitamente caracterizada por seu valor numérico associado a uma unidade.
Para somarmos duas grandezas escalares, basta somar seus valores numéricos.
Quando uma grandeza tem natureza vetorial, ela envolve o conceito de direção e vai ser representada por um elemento matemático denominado vetor ao qual associamos um módulo, uma direção e um sentido.
Para somarmos duas grandezas vetoriais, não basta conhecer suas intensidades: devemos conhecer também o ângulo formado entre suas direções.
A um corpo em movimento, associamos duas grandezas físicas importantes: velocidade $\vec{V}$ e energia cinética E_c.
A velocidade tem como unidade metro por segundo (m/s) e a energia cinética tem como unidade o joule (J).
Considere duas velocidades, $\vec{V}_1$ e $\vec{V}_2$, com módulos 10,0m/s e 20,0m/s, respectivamente.
Considere duas energias cinéticas, E_1 e E_2, com valores 10,0J e 20,0J, respectivamente.

Analise as proposições a seguir:

I) A soma $\vec{V}_1 + \vec{V}_2$ tem módulo necessariamente igual a 30,0m/s.
II) A soma $E_1 + E_2$ vale necessariamente 30,0J.
III) Não podemos somar $\vec{V}_1$ com $\vec{V}_2$ porque não existe soma de grandezas vetoriais.
IV) A soma $\vec{V}_1 + \vec{V}_2$ poderá ter módulo igual a 30,0m/s

Somente está correto que se afirma em:

a) I e III   b) II e IV   c) II e III
d) I e IV   e) I, II e III

RESOLUÇÃO:
1) FALSA. A soma $\vec{V}_1 + \vec{V}_2$ vai depender do ângulo formado entre $\vec{V}_1$ e $\vec{V}_2$.
2) VERDADEIRA. A energia cinética é grandeza escalar e os valores numéricos são somados.
3) FALSA. Tanto as grandezas escalares como as vetoriais podem ser somadas.
4) VERDADEIRA. Quando as velocidades $\vec{V}_1$ e $\vec{V}_2$ tiverem a mesma direção e o mesmo sentido, as suas intensidades se somam.
Resposta: B

Módulo 6

Introdução à Física

Palavras-chave:
• Método científico
• Massa • Sistema Internacional

1. Astrologia: ciência ou crença?

(1) Quando um ramo do conhecimento é considerado uma ciência?

(2) Será que a Física sempre foi uma ciência?

(3) Kepler, grande físico e astrônomo, também foi um astrólogo?

(4) Ufologia pode ser considerada uma ciência?

Quais são as respostas para essas quatro perguntas?

(1) Qualquer estudo ou ramo de conhecimento só poderá ser considerado uma ciência se as suas afirmações ou leis puderem ser verificadas experimentalmente, isto é, se os estudiosos puderem "inventar" uma experiência capaz de comprovar aquela afirmação ou lei.

(2) A Física nem sempre foi uma ciência. A Física de **Aristóteles**, que prevaleceu antes de **Galileu**, não era uma ciência, pois as afirmações de Aristóteles não eram comprovadas experimentalmente. Quando **Einstein** apresentou sua teoria da Relatividade, que revolucionou a Física, ela não foi aceita de imediato e Einstein não ganhou o prêmio Nobel por ela e uma das razões é que ela foi apresentada sem comprovação experimental. Somente mais tarde os cientistas, realizando experiências para tentar provar que Einstein estava errado, puderam na realidade comprovar que ele estava certo e a teoria da Relatividade pôde ser aceita pela comunidade científica.

(3) É verdade que Kepler foi um astrólogo, mas será que a Astrologia, influência dos astros na vida das pessoas, é uma ciência? A resposta categórica é não!!!, pois as afirmações da Astrologia não têm nenhuma comprovação experimental.

Em realidade, Kepler foi astrólogo para ganhar dinheiro e teve sucesso até um dia em que previu que um nobre poderoso iria ganhar uma certa batalha e a fragorosa derrota deste encerrou a carreira de astrólogo de Kepler.

(4) A Ufologia, embora encante milhões de pessoas, não pode ser considerada ciência porque não há evidência experimental de que seres extraterrestres nos tenham visitado. Qualquer cientista sabe que por questões estatísticas é extremamente provável, dir-se-ia mesmo quase uma certeza, que existe vida inteligente fora da Terra, porém, em virtude das fantásticas distâncias que nos separam de outros planetas habitados por seres inteligentes, com os conhecimentos físicos atuais, o contato é muito pouco provável, quase impossível.

2. Método científico de Galileu

Foi Galileu Galilei quem deu à Física um caráter de ciência, com a introdução do chamado "método experimental".

O método experimental baseia-se em quatro etapas:

1) **Observação** de um fenômeno que ocorre na natureza;

2) **Reprodução** do fenômeno em laboratório, com a pesquisa dos fatores que são relevantes em seu estudo;

3) **Elaboração** de leis físicas que possam explicar o fenômeno qualitativamente e de equações que possam traduzi-lo quantitativamente;

4) **Comprovação** experimental das leis enunciadas com a variação dos fatores considerados relevantes no estudo do fenômeno observado.

Exemplificando:

1) **Fenômeno observado**: queda livre de um corpo;

2) **Estudo da queda livre** em laboratório, pesquisando os fatores que podem influir no tempo de queda: altura de queda (H) e valor da aceleração da gravidade (g);

3) **A equação que traduz o tempo de queda**:

$$t_q = \sqrt{\frac{2H}{g}}$$

Esta equação é obtida sabendo-se que, durante a queda, a aceleração é constante (aceleração da gravidade g) e usando-se a lei física que estuda os movimentos com aceleração constante;

4) **Comprovação** da validade da equação do tempo de queda com medidas feitas em laboratório, variando-se o valor da altura de queda H.

O tempo de queda é medido com um cronômetro para diferentes valores da altura H. Em seguida, calculamos o valor teórico do tempo de queda utilizando a equação apresentada.

Se os valores experimentais (medidos no cronômetro) coincidirem (pelo menos aproximadamente) com os valores teóricos (calculados pela equação dada), então a lei física foi comprovada experimentalmente e pode ser considerada verdadeira.

Quando os astronautas estiveram na Lua, eles fizeram a chamada "experiência de Galileu": abandonaram um martelo e uma pluma de uma mesma altura e eles chagaram juntos ao solo lunar. Uma questão de vestibular perguntou se era correto dizer que os astronautas **observaram** que o martelo e a pluma caíram na Lua com a mesma aceleração. A resposta da questão era que a frase estava errada, pois não se pode observar (ver, enxergar) uma aceleração: os astronautas **observaram** que o martelo e a pluma chegaram juntos ao solo lunar e **concluíram**, com seus conhecimentos de Cinemática, que, para isto ocorrer, eles caíram com a mesma aceleração.

No Portal Objetivo

Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO** (**www.portal.objetivo.br**) e, em "localizar", digite **FIS1M106**

3. Grandezas fundamentais e grandezas derivadas

De um modo geral, chamamos de **grandeza física** toda grandeza que pode ser medida.

Distância, tempo, massa, velocidade, aceleração, força etc. são grandezas físicas.

Algumas dessas grandezas podem ser medidas diretamente.

No entanto, uma medida direta da aceleração, por exemplo, é impossível.

Um método de medida da aceleração da gravidade é o uso de um pêndulo. Você pode amarrar um barbante a uma pedra, prendê-lo no teto e fazer a pedra oscilar.

O tempo gasto pela pedra para ir e voltar é chamado período de oscilação (T).

Demonstra-se, usando-se leis físicas, que o período T, para oscilações com pequena abertura angular, é dado pela equação:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$$

Portanto, podemos medir o valor da aceleração da gravidade **g**, medindo-se o comprimento **L** do barbante (com uma régua), o período de oscilação **T** (com um cronômetro) e, em seguida, aplicando-se a equação que relaciona as três grandezas: T, L e g.

As grandezas que podem ser medidas diretamente são chamadas de **grandezas fundamentais ou primitivas**.

As grandezas que são medidas a partir das grandezas fundamentais (por meio de equações) são chamadas de **grandezas derivadas**.

Na Mecânica, há três grandezas fundamentais:

Comprimento, Massa e Tempo

Quando dizemos que as grandezas fundamentais ou primitivas da Mecânica são **comprimento** (L), **massa** (M) e **tempo** (T), isto significa que a partir dessas três grandezas podemos definir todas as demais grandezas da Mecânica, as quais são, então, chamadas de grandezas derivadas.

Em outras palavras: qualquer grandeza derivada da Mecânica resulta de uma combinação adequada das três grandezas fundamentais. **Exemplificando**: a grandeza **velocidade** é obtida dividindo-se uma **distância** por um **intervalo de tempo**, isto é, a velocidade é definida a partir de uma combinação das grandezas fundamentais **comprimento** (L) e **tempo** (T).

$$\text{Velocidade (grandeza derivada)} = \frac{L \text{ (grandeza fundamental)}}{T \text{ (grandeza fundamental)}}$$

4. Conceito da grandeza fundamental massa

Conceito de inércia

Inércia é uma propriedade da matéria que consiste na dificuldade que um corpo oferece à mudança de sua velocidade.

Por exemplo, quando você chuta com a mesma força uma bola de borracha, uma bola de futebol de campo e uma bola de futebol de salão, você verifica que as velocidades adquiridas serão diferentes:

$$V_{\text{bola de borracha}} > V_{\text{bola de campo}} > V_{\text{bola de salão}}$$

Isso significa que a bola de futebol de salão tem mais inércia que a bola de futebol de campo que, por sua vez, tem mais inércia que a bola de borracha.

Uma das famosas leis de Newton afirma que:

Um corpo, livre da ação de forças, mantém sua velocidade constante graças à propriedade chamada inércia.

Conceito de atratibilidade

Todo corpo cria em torno de si o que chamamos de um campo gravitacional, isto é, todo corpo é capaz de atrair outros com forças chamadas gravitacionais.

Newton traduziu esse fato dizendo que "matéria atrai matéria".

Essa capacidade de um corpo de atrair outros corpos por meio de forças gravitacionais é chamada de **atratibilidade**.

Conceito de massa

Tanto a inércia como a atratibilidade são medidas por uma propriedade associada ao corpo que se convencionou chamar de **massa**.

Quanto maior a massa de um corpo, maior é a sua inércia.

Quanto maior a massa de um corpo, maior é sua atratibilidade.

A rigor, existem dois conceitos de massa:

1) Massa inercial: medida da inércia.
2) Massa gravitacional: medida da atratibilidade.

Porém, verificou-se que as duas massas (inercial e gravitacional) associadas a um corpo eram diretamente proporcionais.

Isto significa que, se a massa inercial de um corpo A era o dobro da massa inercial de um corpo B, então a massa gravitacional de A também era o dobro da massa gravitacional de B.

Matematicamente: $m_{inercial} = k \, m_{gravitacional}$

k = constante de proporcionalidade

Para não complicar as equações da Física, adotou-se para k o valor 1 e admitiu-se que as duas massas (inercial e gravitacional) teriam o mesmo valor.

Portanto:

Massa é uma propriedade associada a um corpo que mede a sua inércia e a sua atratibilidade.

5. Sistema Internacional de Unidades (SIU)

Para medirmos as grandezas físicas, devemos adotar padrões que são chamados de unidades de medidas.

O sistema de unidades adotado praticamente no mundo todo é o Sistema Internacional de Unidades, representado pela sigla **SI** ou **SIU**, que adota para as grandezas fundamentais as seguintes unidades:

Massa: **quilograma** (símbolo: kg)

Comprimento: **metro** (símbolo: m)

Tempo: **segundo** (símbolo: s)

Exercícios Resolvidos

1 **(MODELO ENEM)** – Define-se ano-luz como sendo a distância que a luz percorre, no vácuo, em um ano. A estrela mais próxima da Terra, excluindo o Sol, está a uma distância de 4,5 anos-luz. Isto significa que a luz da estrela gasta 4,5 anos para chegar até nós. A nebulosa de Caranguejo está a cerca de 6500 anos-luz e resultou da explosão de uma estrela classificada como supernova. Esta explosão foi registrada por astrônomos chineses em 1054 dC (depois de Cristo).
A explosão ocorreu em

a) 1054 aC b) 1054 dC c) 6500 aC
d) 6500 dC e) 5446 aC

Resolução

Como a distância da nebulosa até a Terra é de 6500 anos-luz, a explosão ocorreu 6500 anos antes de ser detectada na Terra, isto é, 6500 anos antes do ano de 1054:

T = 1054 – 6500

T = –5446, isto é, no ano 5446 aC (antes de Cristo).

Resposta: E

2 **(VUNESP-MODELO ENEM)** – Parsec é uma unidade de medida frequentemente usada na Astronomia, correspondente a 3,26 anos-luz. Define-se ano-luz como sendo a distância que a luz percorre, no vácuo, em um ano. Portanto, o parsec é uma unidade de medida de

a) brilho.
b) velocidade.
c) tempo.
d) distância.
e) magnitude.

Resolução

Ano-luz é a *distância* que a luz percorre no vácuo em um ano e o parsec tem as mesmas dimensões do ano-luz.

Resposta: D

Exercícios Propostos

1 Analise as proposições a seguir e assinale a correta.

a) A Física sempre foi uma ciência.
b) A Física de Aristóteles, que viveu antes de Cristo, era uma ciência.
c) A Astrologia é uma ciência.
d) Somente a partir de Einstein a Física tornou-se uma ciência.
e) A Física tornou-se uma ciência quando Galileu introduziu a comprovação experimental para a validade das leis físicas.

RESOLUÇÃO:
Qualquer ramo do conhecimento só pode ser considerado uma ciência se tiver comprovação experimental.
Resposta: E

2 Imagine que um cientista louco propusesse definir massa como sendo o número total de átomos de um corpo. Qual seria sua maior crítica a esta definição?

RESOLUÇÃO:
Não existe um critério para contarmos quantos átomos existem em um corpo.

3 **(INEP-MODELO ENEM)** – No fim do século XVIII, algumas unidades de medida na Europa eram definidas a partir das partes do corpo do rei de cada país: palmo, pé e polegada. Em 1875, foi criado o Sistema Métrico Decimal: centímetro, metro, quilômetro. Este sistema hoje é utilizado em grande parte dos países.

A criação desse novo sistema de medidas ocorreu, principalmente, por causa da

a) ausência de reis em vários países.
b) necessidade de um padrão mundial de medidas.
c) procura constante por revoluções tecnológicas.
d) escassez de novos conhecimentos científicos.
e) necessidade de padrões de unidades ligados ao cotidiano.

RESOLUÇÃO:
A universalização da unidade de medida feita com o sistema internacional de medidas (SI) é uma necessidade.
Resposta: B

Módulo 7 – Você sabe medir?

Palavras-chave:
• Algarismos significativos
• Medidas

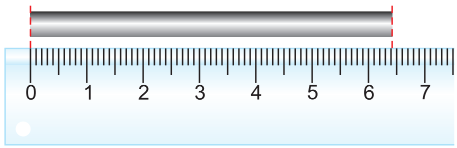
1. Algarismos significativos

Qualquer medida de uma grandeza física está sujeita a erros.

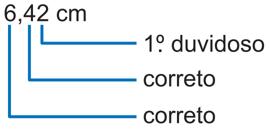
Tais erros estão ligados ao limite de precisão da aparelhagem utilizada e à perícia do operador.

Exemplificando: se medirmos um comprimento com uma régua graduada em centímetros, podemos afirmar que os algarismos que medem centímetros estão **corretos**; o algarismo que mede décimo de centímetro será apenas uma avaliação e, portanto, é um algarismo **duvidoso**; o algarismo que mede centésimo de centímetro não terá nenhum significado na medida feita.

Os algarismos corretos e o primeiro algarismo duvidoso são chamados de **algarismos significativos**.



A figura mostra uma régua milimetrada e um objeto (reduzidos na mesma proporção). Qual o comprimento real do objeto?



No Portal Objetivo

Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO** (**www.portal.objetivo.br**) e, em "localizar", digite **FIS1M107**

2. Múltiplos e submúltiplos das unidades

Para a obtenção de múltiplos e submúltiplos das unidades de medida, usamos os prefixos indicados na tabela a seguir:

Prefixo	Símbolo	Fator de Multiplicação
tera	T	10^{12}
giga	G	10^{9}
mega	M	10^{6}
quilo	k	10^{3}
hecto	h	10^{2}
deca	da	10^{1}
deci	d	10^{-1}

Prefixo	Símbolo	Fator de Multiplicação
centi	c	10^{-2}
mili	m	10^{-3}
micro	μ	10^{-6}
nano	n	10^{-9}
pico	p	10^{-12}
femto	f	10^{-15}
atto	a	10^{-18}

Entenda as potências de 10
$10^{-3} = 0,001$
$10^{-2} = 0,01$
$10^{-1} = 0,1$
$10^{0} = 1$
$10^{2} = 100$
$10^{3} = 1000$
⋮
$10^{6} = 1\,000\,000$

3. Notação científica

É a representação de um número N com o uso de uma potência de 10 acompanhada de um número n tal que $1 \leq n < 10$.

$N = n \,.\, 10^{x}$

Veja alguns exemplos na tabela ao lado.

N	Notação Científica
343	$3,43 \,.\, 10^{2}$
0,0010	$1,0 \,.\, 10^{-3}$
0,07	$7 \,.\, 10^{-2}$
35,80	$3,580 \,.\, 10^{1}$

Saiba mais

Nas calculadoras científicas, quando a notação científica é utilizada, omite-se a base 10.

Na figura, temos o número $2,58 \,.\, 10^{12}$.

Exercícios Resolvidos

1 Na medida de um comprimento **L**, usamos uma régua graduada em centímetros. A medida de L foi apresentada da seguinte forma:

L = 2,5789m

Responda aos quesitos a seguir:

a) Nesta medida, quais são os algarismos corretos, o primeiro duvidoso e quais são os algarismos significativos?

b) Como seria a medida de **L** expressa em milímetros (mm) com notação científica e com dois algarismos significativos?

Resolução

a) Se colocarmos a medida em centímetros, teremos:

L = 257,89cm

Os algarismos 2, 5 e 7 medem a quantidade de centímetros e, portanto, são corretos.

O algarismo 8 mede décimo de centímetro e, portanto, é o 1.° duvidoso.

O algarismo 9 não tem significado nesta medida e deve ser eliminado.

Portanto, os algarismos significativos são os corretos: 2, 5 e 7 e o 1.° duvidoso, 8.

b) Como $1m = 10^{3}$ mm, temos:

$L = 2,578 \,.\, 10^{3}$ mm

Como queremos apenas dois algarismos significativos, aproximamos para:

$\boxed{\mathbf{L = 2,6 \,.\, 10^{3}\ mm}}$

Na aproximação, quando o primeiro algarismo eliminado (7) for superior a 5, o anterior (5) é acrescido de uma unidade (passa a ser 6).

(MODELO ENEM) – Enunciado para os exercícios 2 e 3.

Considere a seguinte tabela com valores aproximados de algumas massas.

	Massa (kg)
Avião comercial grande	$1,0 \,.\, 10^{5}$
Carro pequeno	1000
Ser humano grande	100
Cachorro médio	10
Livro didático	1,0
Maçã	0,1
Lápis	0,01
Uva passa	$1 \,.\, 10^{-3}$
Mosca	$1,0 \,.\, 10^{-4}$

2 O número de algarismos significativos das massas do avião, do carro pequeno e do lápis são, respectivamente:

a) 2 – 4 – 1

b) 1 – 4 – 1

c) 2 – 4 – 2

d) 1 – 3 – 2

e) 2 – 4 – 4

Resolução

1) Para o avião: $1,0 \cdot 10^5$ kg

Temos dois algarismos significativos: 1 e 0; a potência de 10 não interfere na quantidade de algarismos significativos.

2) Para o carro pequeno: 1000kg

Os quatro algarismos são significativos.

3) Para o lápis: 0,01kg

Apenas o 1 é significativo; 0 à esquerda não é algarismo significativo.

Resposta: A

3 A razão entre a massa do avião comercial grande e da mosca é mais bem expressa por:

a) $1,0 \cdot 10^{-9}$ b) $1,0 \cdot 10^9$ c) $1,0 \cdot 10^{-9}$. kg
d) $0,1 \cdot 10^9$ e) $0,1 \cdot 10^{10}$

Resolução

$M_A = 1,0 \cdot 10^5$kg

$M_M = 1,0 \cdot 10^{-4}$kg

$$\frac{M_A}{M_M} = \frac{1,0}{1,0} \cdot \frac{10^5}{10^{-4}} \Rightarrow \boxed{\frac{M_A}{M_M} = 1,0 \cdot 10^9}$$

Observe que a razão não tem unidades e a opção *e* é falsa porque apresenta apenas 1 algarismo significativo.

Resposta: B

Exercícios Propostos

1 Um estudante mediu um comprimento com uma régua graduada em milímetros e apresentou o seguinte resultado:
L = 2,30456m
Nesta medida:
a) quais são os algarismos corretos?
b) qual o primeiro algarismo duvidoso?
c) quais são os algarismos significativos?

RESOLUÇÃO:
a) 2 3 0 4
m dm cm mm
b) 5
c) 2 3 0 4 5
Observação: No item “a”, se interpretarmos que algarismos corretos seriam aqueles obtidos de uma leitura correta, a resposta seria: 2 3 0 4 5
O algarismo “6” não pode ser obtido numa régua milimetrada e foi inserto incorretamente. Trata-se de um segundo algarismo duvidoso.

2 Qual o número de algarismos significativos nas seguintes medidas?
a) 4,80kg b) 3,4g
c) 0,03040kg d) 80,4kg
e) 3,00kg f) $4,732 \cdot 10^{-3}$kg
g) $6,0130 \cdot 10^3$ kg h) $4 \cdot 10^{-3}$kg

RESOLUÇÃO:
a) 3 b) 2 c) 4 d) 3
e) 3 f) 4 g) 5 h) 1

3 Ache as relações entre as seguintes unidades:
a) km e mm b) m^2 e $(cm)^2$

RESOLUÇÃO:
a) $1km = 1 \cdot 10^3 m = 1 \cdot 10^3 \cdot 10^3\ mm \Rightarrow 1km = 1 \cdot 10^6\ mm$
b) $1\ m^2 = 1 \cdot (10^2 cm)^2$
$1\ m^2 = 1 \cdot 10^4\ cm^2$

4 A velocidade da luz no vácuo é expressa por:
$c = 2,99792458 \cdot 10^8$m/s
Exprimir o valor c em km/s e com dois algarismos significativos:

RESOLUÇÃO:
$c = 3,0 \cdot 10^5$km/s

5 **(FATEC-SP-MODELO ENEM)** – César Cielo se tornou o maior nadador brasileiro na história dos Jogos Olímpicos ao conquistar a medalha de ouro na prova dos 50 m livres. Primeiro ouro da natação brasileira em Jogos Olímpicos, Cielo quebrou o recorde olímpico com o tempo de 21s30'', ficando a apenas dois centésimos de segundo do recorde mundial conquistado pelo australiano Eamon Sullivan num tempo igual a
a) 19s28''. b) 19s30''. c) 21s10''.
d) 21s28''. e) 21s32''.

RESOLUÇÃO:
O tempo do recorde mundial é de:
T = 21s + 0,30s – 0,02s
T = 21s + 0,28s
T = 21s28”
Resposta: D

Módulo 8

Fundamentos da Cinemática I

Palavras-chave:

• Posição • Referencial

Operação de abastecimento de um caça em pleno voo. Embora os aviões estejam em movimento em relação à Terra, não há movimento relativo entre eles.

1. O que é Mecânica?

Mecânica é a ciência que estuda os movimentos.

Por razões didáticas, a Mecânica costuma ser dividida em três capítulos:

I. Cinemática

II. Dinâmica

III . Estática

A **Cinemática** é a descrição geométrica do movimento, por meio de funções matemáticas, isto é, é o equacionamento do movimento.

Na **Cinemática**, usamos apenas os conceitos da Geometria associados à ideia de tempo; as grandezas fundamentais utilizadas são apenas o comprimento (L) e o tempo (T).

A **Dinâmica** investiga os fatores que produzem ou alteram os movimentos; traduz as leis que explicam os movimentos.

Na **Dinâmica**, utilizamos como grandezas fundamentais o comprimento (L), o tempo (T) e a massa (M).

A **Estática** é o estudo das condições de equilíbrio de um corpo.

2. Ponto material ou partícula

Ponto material (ou **partícula**) é um corpo de tamanho desprezível em comparação com as distâncias envolvidas no fenômeno estudado.

Quando as dimensões do corpo são relevantes para o equacionamento de seu movimento, ele é chamado de **corpo extenso**.

Exemplificando:

(I) Um automóvel em uma viagem de São Paulo ao Rio de Janeiro (distância de 400km) é tratado como **ponto material**, isto é, o seu tamanho não é importante no equacionamento de seu movimento.

(II) Um automóvel fazendo manobras em uma garagem é tratado como **corpo extenso**.

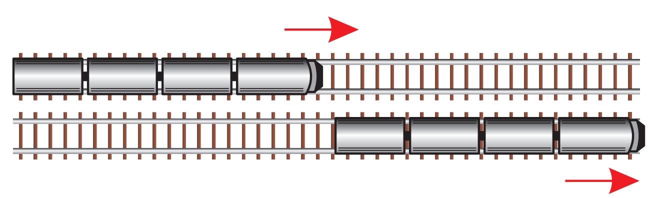
*Quando o automóvel é manobrado em uma garagem, o seu tamanho é relevante e ele é tratado como **corpo extenso**.*

*Quando o automóvel está percorrendo uma estrada, o seu tamanho é irrelevante e ele é tratado como **ponto material**.*

(III) Um atleta disputando a corrida de São Silvestre (extensão de 15km) é tratado como **ponto material**.

(IV) O planeta Terra em seu movimento de **translação** em torno do Sol é tratado como **ponto material**.

(V) O planeta Terra em seu movimento de **rotação** é tratado como **corpo extenso**.



*Quando vamos calcular quanto tempo um trem gasta para ultrapassar o outro, os tamanhos dos trens são relevantes e eles são tratados como **corpos extensos**.*
*Quando calculamos quanto tempo um trem gasta entre duas estações, o tamanho do trem é irrelevante e ele é tratado como **ponto material**.*

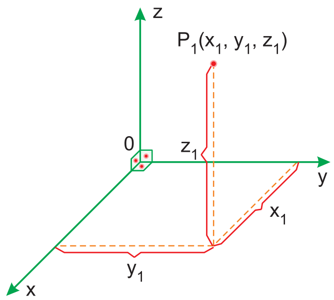
Quando se estuda a rotação de um corpo, suas dimensões não são desprezíveis; e o corpo é sempre tratado como corpo extenso.

Ponto material tem tamanho desprezível, porém sua massa não é desprezível.

3. Posição de um ponto material

A posição de um ponto material é definida pelas suas coordenadas cartesianas (x, y, z) (figura a seguir).

O conjunto de eixos Ox, Oy e Oz, de mesma origem O e perpendiculares entre si, é chamado **sistema cartesiano triortogonal**.



Se o ponto material estiver sempre no mesmo plano, sua posição pode ser definida por apenas duas coordenadas cartesianas: x e y.

Se o ponto material estiver sempre na mesma reta, sua posição pode ser definida por uma única coordenada cartesiana: x.

4. Referencial ou sistema de referência

O sistema cartesiano triortogonal deve ser fixado em um local, em relação ao qual pretendemos estudar a posição do ponto material.

Esse local é chamado **sistema de referência** ou **referencial.**

Quando o referencial for omitido, vamos assumi-lo como sendo a superfície terrestre.

5. Repouso – Movimento

Repouso e movimento são conceitos relativos, isto é, dependem do referencial adotado.

Não existe repouso absoluto nem movimento absoluto.

Uma partícula está em repouso, para um dado referencial, quando sua posição permanece invariável, isto é, as três coordenadas cartesianas (x, y e z) permanecem constantes no decurso do tempo.

Uma partícula está em movimento, para um dado referencial, quando sua posição varia no decurso do tempo, isto é, pelo menos uma das coordenadas cartesianas está variando.

Exemplos

(I) Considere um carro em uma rua e um poste. O velocímetro do carro marca 100km/h. O motorista do carro está em repouso ou em movimento? A resposta correta é: **depende do referencial**.

Se o referencial for a superfície terrestre, o poste está em repouso e o motorista está em movimento a 100km/h.

Se o referencial for o carro, o motorista está em repouso e o poste está em movimento a 100km/h.

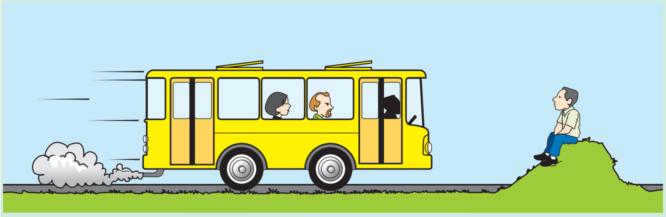
(II) Considere um avião em pleno voo e um passageiro dormindo em uma poltrona.

Se o referencial for o avião, o passageiro está em repouso e se o referencial for a superfície terrestre, o passageiro está em movimento.

A ideia de movimento está associada à mudança de posição. Uma pessoa sentada no banco de um ônibus, que trafega em uma rodovia, está sempre na mesma posição em relação ao ônibus, isto é, está em repouso em relação ao ônibus. Porém, esta pessoa está mudando de posição em relação à rodovia, isto é, está em movimento em relação à rodovia.

Exercícios Resolvidos

1 **(UFRJ)** – Heloísa, sentada na poltrona de um ônibus, afirma que o passageiro sentado à sua frente não se move, ou seja, está em repouso. Ao mesmo tempo, Abelardo, sentado à margem da rodovia, vê o ônibus passar e afirma que o referido passageiro está em movimento.



De acordo com os conceitos de movimento e repouso usados em Mecânica, explique de que maneira devemos interpretar as afirmações de Heloísa e Abelardo para dizer que ambas estão corretas.

Resolução
Os conceitos de repouso e movimento são relativos, isto é, dependem do referencial adotado. Para o referencial fixo no ônibus (Heloísa), o passageiro está em repouso.
Para o referencial fixo na superfície terrestre (Abelardo), o passageiro está em movimento.

2 **(GAVE-MODELO ENEM)** – No Campeonato da Europa de Atletismo em 2006, na Alemanha, Francis Obikwelu, atleta de nacionalidade portuguesa, ganhou a medalha de ouro nas corridas de 100 e de 200 metros.
As tabelas referem as marcas alcançadas, na prova final da corrida de 100 metros, pelos atletas masculinos e femininos que ficaram nos quatro primeiros lugares. Numa corrida, considera-se tempo de reação o intervalo de tempo entre o tiro de partida e o momento em que o atleta sai dos blocos de partida. O tempo final inclui o tempo de reação e o tempo de corrida.

100m MASCULINOS (PROVA FINAL)			
Lugar	**Nome**	**Tempo de reação (segundo)**	**Tempo final (segundos)**
1º	Francis Obikwelu	0,183	9,99
2º	Andrey Yepishin	0,148	10,10
3º	Matic Osovnikar	0,167	10,14
4º	Ronald Pognon	0,184	10,16

100m FEMININOS (PROVA FINAL)			
Lugar	**Nome**	**Tempo de reação (segundo)**	**Tempo final (segundos)**
1º	Kim Gevaert	0,144	11,00
2º	Yekaterina Grigoryva	0,150	11,22
3º	Irina Khabarova	0,144	11,22
4º	Joice Maduaka	0,164	11,24

Considere as proposições a seguir:

(I) Na prova de 100m masculinos, o atleta Francis Obikwelu partiu antes que os outros e por isso ganhou a corrida.

(II) O tempo de corrida da atleta Irina Khabarova foi maior que da atleta Yekaterina Grigoryva.

(III) O tempo médio de reação das mulheres é menor que o dos homens.

(IV) O tempo médio de corrida dos homens é menor que o das mulheres.

Somente está correto o que se afirma em:

a) I e III b) I e IV c) II e III
d) II e IV e) II, III e IV

Resolução

I. (F) O atleta Andrey teve o menor tempo de reação e, portanto, partiu antes dos outros.

II. (V) O tempo de corrida é a diferença entre o tempo final e o tempo de reação:

Para Irina:

$t_C = 11{,}22s - 0{,}144s = 11{,}076s$

Para Yekaterina:

$t_C = 11{,}22s - 0{,}150s = 11{,}070s$

III. (V) Os dados da tabela confirmam esta proposição.

IV. (V) Como o tempo final dos homens é menor e o tempo de reação é maior, então o tempo médio de corrida é menor para os homens.

Resposta: E

3 **(MODELO ENEM)** – Os conceitos de repouso e movimento são relativos, pois dependem do referencial adotado.

Dona Gertrudes, em seu carro novo, se projeta em cima de um poste a 100km/h.

Tendo resistido ao evento, ela foi prestar depoimento na delegacia e afirmou que o poste estava com velocidade de 100km/h. Do ponto de vista exclusivamente da Física, podemos afirmar que

a) o argumento de Gertrudes é absurdo
b) para um referencial no solo terrestre, o poste tem velocidade de 100km/h.
c) para um referencial no carro, Gertrudes está com velocidade de 100km/h.
d) para um referencial no carro, o poste está com velocidade de 100km/h.
e) em relação a qualquer referencial, o poste está com velocidade de 100km/h.

Resolução

Para um referencial no solo terrestre, o carro e dona Gertrudes estão em movimento com velocidade de 100km/h e o poste está em repouso.

Para um referencial no carro, dona Gertrudes está em repouso e o poste está em movimento a 100km/h.

Repouso e movimento são conceitos relativos que dependem do referencial adotado.

Resposta: D

Exercícios Propostos

1 **(MODELO ENEM)** – Considere o seguinte texto, extraído de um Manual de Física:

"O objetivo da .... circunscreve-se, fundamentalmente, ao problema seguinte: partindo da **posição presente** do móvel, num dado referencial, determinar a sua **posição futura** no mesmo referencial; ou em outras palavras: dado o **aqui** e **agora** do móvel – posição e instante iniciais para um determinado observador –, prever o **ali** e **depois** do móvel em relação ao mesmo observador."

O espaço pontilhado no texto é mais bem preenchido pela palavra:

a) Mecânica; b) Cinemática; c) Estática;
d) Dinâmica; e) Hidrostática.

Resposta: B

Responda às questões de **2** a **8** de acordo com o seguinte código:

a) O corpo em estudo é considerado um **ponto material**.
b) O corpo em estudo é considerado um **corpo extenso**.
c) Não há dados suficientes para julgarmos se o corpo é **ponto material** ou **corpo extenso**.

2 Um atleta praticando judô.

Resposta: B

3 Um atleta disputando a corrida de São Silvestre.

Resposta: A

4 A Terra, em movimento de translação.

Resposta: A

5 A Terra, em movimento de rotação.

Resposta: B

6 Um carro, viajando de São Paulo para o Rio de Janeiro.

Resposta: A

7 Um elefante.

Resposta: C

8 Uma pulga.

Resposta: C

No Portal Objetivo

Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO** (**www.portal.objetivo.br**) e, em "localizar", digite **FIS1M108**

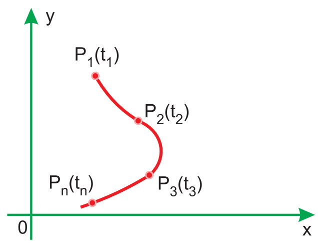
Módulo 9

Fundamentos da Cinemática II

Palavras-chave:
- Trajetória
- Equação da trajetória

1. Trajetória

Trajetória de um ponto material é o conjunto das posições ocupadas pelo ponto material no decurso do tempo, isto é, é a união de todas as posições por onde o ponto material passou.



P_1 : posição no instante t_1

P_2 : posição no instante t_2

⋮

P_n : posição no instante t_n

A linha geométrica P_1, P_2, …, P_n (união de todas as posições por onde o ponto material passou) é a trajetória do ponto material.

Para uma trajetória plana, a equação da trajetória é a equação que relaciona as coordenadas cartesianas de posição **x** e **y** entre si.

Se o ponto material estiver em repouso, ele ocupa uma única posição no espaço, e a sua trajetória se reduz a um ponto.

Como a trajetória está ligada ao conceito de posição, concluímos que:

A trajetória depende do referencial.

Exemplificando

Considere um avião voando em linha reta, paralela ao solo horizontal, com velocidade constante de valor 500km/h, em um local onde o efeito do ar é desprezível.

Num dado instante, o avião abandona uma bomba.

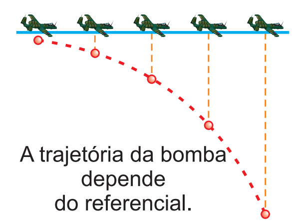
Qual a trajetória descrita pela bomba? (veja a figura)

A) Para um referencial ligado ao avião, a bomba terá apenas a queda vertical provocada pela ação da gravidade e sua trajetória será um **segmento de reta vertical**.

B) Para um referencial ligado à superfície terrestre, a bomba terá **dois movimentos simultâneos**:

(1) movimento horizontal para frente com a mesma velocidade do avião (500km/h), mantido graças à propriedade chamada inércia;

(2) movimento de queda vertical provocado pela ação da gravidade.



A superposição destes dois movimentos origina uma trajetória **parabólica**.

C) Para um referencial ligado à própria bomba, ela está em repouso e sua trajetória será um **ponto**.

2. Equação da trajetória

Consideremos uma partícula movendo-se ao longo de um plano. A posição da partícula é definida pelas suas coordenadas cartesianas **x** e **y**.

A **equação da trajetória** relaciona as coordenadas cartesianas **x** e **y** entre si.

Se conhecermos como **x** e **y** variam com o tempo **t**, para obter a equação da trajetória, basta eliminar a variável **t**.

Exemplo 1

$x = 2{,}0t^2$ (SI) e $y = 4{,}0t^2$ (SI)

Dividindo-se membro a membro:

$$\frac{y}{x} = \frac{4{,}0t^2}{2{,}0t^2} = 2{,}0 \Rightarrow \boxed{y = 2{,}0x} \quad \text{(SI)}$$

Como a relação y = f(x) é do **1.º grau**, concluímos que a trajetória é **retilínea**.

Exemplo 2

$x = 2{,}0t$ (SI) e $y = 4{,}0t^2$ (SI)

Isolando-se o tempo na relação x = f(t), vem: $t = \dfrac{x}{2{,}0}$

Substituindo-se o valor de **t** na relação y = f(t), vem:

$$y = 4{,}0\left(\frac{x}{2{,}0}\right)^2 \Rightarrow y = 4{,}0\,\frac{x^2}{4{,}0}$$

$$\boxed{y = 1{,}0x^2} \quad \text{(SI)}$$

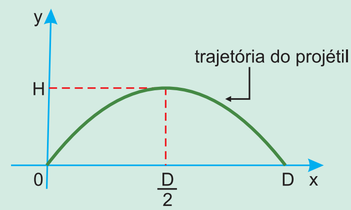
Como a relação y = f(x) é do **2.º grau**, concluímos que a trajetória é **parabólica**.

Cada **forma de trajetória**: retilínea, parabólica, circular, elíptica etc. é traduzida por uma determinada **equação da trajetória**.

1 Um projétil foi lançado obliquamente a partir do solo terrestre. Seu movimento é descrito por suas coordenadas cartesianas de posição x (horizontal) e y (vertical), que variam com o tempo conforme as relações:

$x = 20{,}0\ t$ (SI)

$y = 20{,}0\ t - 5{,}0\ t^2$ (SI)



Determine

a) o instante T (tempo de voo) em que o projétil chega ao solo (y = 0).

b) o valor da distância D (alcance do projétil) indicada no gráfico.

c) o instante em que o projétil atinge sua altura máxima, sabendo-se que o tempo de subida é igual ao tempo de queda.

d) o valor da altura máxima H atingida pelo projétil.

e) a equação da trajetória do projétil: y = f(x).

Resolução

a) Para obtermos o tempo de voo, basta procurar o instante T em que a coordenada vertical y, que representa a altura do projétil, se anula:

$y = 20{,}0\ t - 5{,}0\ t^2$ (SI)

$20{,}0\ T - 5{,}0\ T^2 = 0$

$5{,}0\ T\ (4{,}0 - T) = 0$

Soluções da equação do 2.° grau:

T = 0 (instante de lançamento)

$\boxed{T = 4{,}0s}$ (tempo de voo pedido)

b) O alcance D indicado no gráfico representa o valor da coordenada x quando o projétil volta ao solo, isto é, o valor de x quando t = T = 4,0s.

$x = 20{,}0\ t$ (SI)

$D = 20{,}0 \ .\ 4{,}0\ (m) \Rightarrow \boxed{D = 80{,}0m}$

c) O tempo de voo T é a soma do tempo de subida T_S com o tempo de queda T_Q.

De acordo com o enunciado, $T_S = T_Q$.

Portanto: $T = T_S + T_Q = 2T_S$

$$T_S = \frac{T}{2} = \frac{4{,}0s}{2} \Rightarrow \boxed{\mathbf{T_S = 2{,}0s}}$$

d) O valor da altura máxima H é o valor da coordenada vertical y quando $t = T_S = 2{,}0s$.

$y = 20{,}0\ t - 5{,}0\ t^2$ (SI)

$H = 20{,}0\ .\ 2{,}0 - 5{,}0\ (2{,}0)^2$ (m)

$H = 40{,}0 - 20{,}0$ (m)

$\boxed{\mathbf{H = 20{,}0m}}$

e) Para obter a equação da trajetória, devemos eliminar a variável tempo t nas relações:

x = f(t) e y = f(t).

$x = 20{,}0\ t$ (SI) (1)

$y = 20{,}0\ t - 5{,}0\ t^2$ (SI) (2)

Em (1): $t = \dfrac{x}{20{,}0}$

Em (2): $y = x - 5{,}0 \left(\dfrac{x}{20{,}0}\right)^2$

$$y = x - 5{,}0\ \frac{x^2}{400}$$

$$\boxed{\mathbf{y = x - \frac{x^2}{80{,}0}}} \text{ (SI)}$$

Como a função y = f(x), que traduz a trajetória, é do 2.° grau, concluímos que a trajetória é parabólica.

Observe que, na equação da trajetória, se fizermos x = D = 80,0m, resultará y = 0.

De fato:

$$y = 80{,}0 - \frac{(80{,}0)^2}{80{,}0} = 80{,}0 - 80{,}0 = 0$$

Observe ainda que, se fizermos

$x = \dfrac{D}{2} = 40{,}0m$, resultará y = H = 20,0m.

De fato:

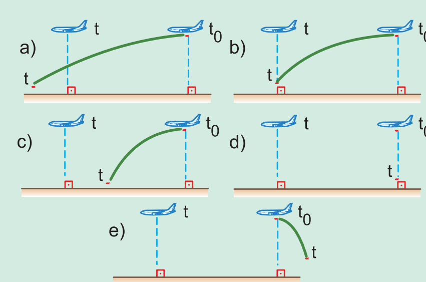
$$y = 40{,}0 - \frac{(40{,}0)^2}{80{,}0} \text{ (m)}$$

$$y = 40{,}0 - \frac{1600}{80{,}0} \text{ (m)}$$

$$y = 40{,}0 - 20{,}0 \text{ (m)} \Rightarrow \boxed{\mathbf{y = H = 20{,}0m}}$$

2 **(UFABC-MODELO ENEM)** – Era 6 de agosto de 1945, 8h15min da manhã, no Japão, quando o Enola Gay, um bombardeiro B-29 norteamericano, lançou, contra a cidade de Hiroxima, o primeiro ataque atômico da história da humanidade, despejando sobre a cidade uma bomba atômica de 4500kg. A cidade foi arrasada, e 70 mil pessoas morreram nos primeiros segundos após a explosão. Até hoje, o número de mortos decorrentes dessa operação está sendo contabilizado, e já ultrapassou 250 mil. Lançada a bomba, a tripulação do B-29 assume tática evasiva, que permite seu retorno à base.

Supondo-se que a tripulação não realizasse a manobra evasiva e mantivesse o voo em trajetória reta e horizontal com velocidade constante e, levando-se em conta a resistência do ar sobre o artefato nuclear, bem como o fato de que essa bomba não possuía sistema próprio de propulsão, a situação que melhor descreve a trajetória da bomba entre os instantes t_0 (lançamento) e t (momento da explosão) é:



Resolução

Levando-se em conta a resistência do ar, a velocidade horizontal da bomba vai diminuir e vai ficar menor que a velocidade horizontal do avião. Isto significa que, em relação ao avião, a bomba cai verticalmente e desloca-se para trás em uma trajetória curva que não é uma parábola.

Resposta: C

3 **(MODELO ENEM)** – Se o efeito do ar fosse desprezível, a trajetória da bomba seria descrita por qual opção?

Resolução

Se o efeito do ar fosse desprezível, a bomba conservaria uma velocidade horizontal igual à do avião, isto é, o avião e a bomba estariam sempre na mesma vertical.

Em relação ao solo terrestre, a trajetória da bomba seria parabólica e, em relação a piloto, a trajetória seria vertical.

Resposta: B

1 Considere um carro e um helicóptero. O carro movimenta-se em uma estrada reta horizontal com velocidade constante de valor 100km/h. O helicóptero, voando sempre à mesma altura, acompanha o movimento do carro, exatamente na mesma vertical, com a mesma velocidade horizontal de valor 100km/h.

Num dado instante, o motorista do carro aponta um revólver para o helicóptero, e dispara verticalmente.
Admita que o ar não afeta o movimento do projétil.
Qual a trajetória do projétil
a) para um observador no carro?
b) para um observador no helicóptero?
c) para um observador fixo na superfície terrestre?

RESOLUÇÃO:
a) Segmento de reta vertical ao solo;
b) Segmento de reta vertical ao solo;
c) Arco de parábola.

2 A lei de movimento de uma partícula, relativamente a um referencial cartesiano, é dada pelas equações $x = 1{,}0t$ e $y = 2{,}0t^2 + 1{,}0$ em unidades do SI.
A trajetória da partícula é uma
a) circunferência; b) elipse; c) hipérbole;
d) parábola; e) reta.

RESOLUÇÃO:

$$t = \frac{x}{1{,}0}$$

$$y = 2{,}0\left(\frac{x}{1{,}0}\right)^2 + 1{,}0$$

$y = 2{,}0x^2 + 1{,}0$ (parábola)

Resposta: D

3 Uma partícula está em movimento em um plano de modo que suas coordenadas cartesianas de posição x e y variam com o tempo **t**, segundo as relações:
$x = 2{,}0t^2$ (SI) $y = 8{,}0t^2$ (SI)
a) Obter a equação da trajetória y = f(x);
b) Especificar, justificando, qual a forma da trajetória.

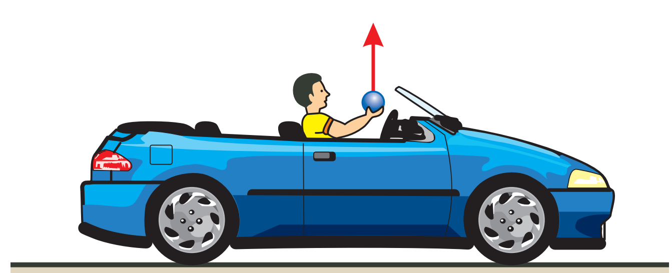
RESOLUÇÃO:

a) $t^2 = \dfrac{x}{2{,}0}$

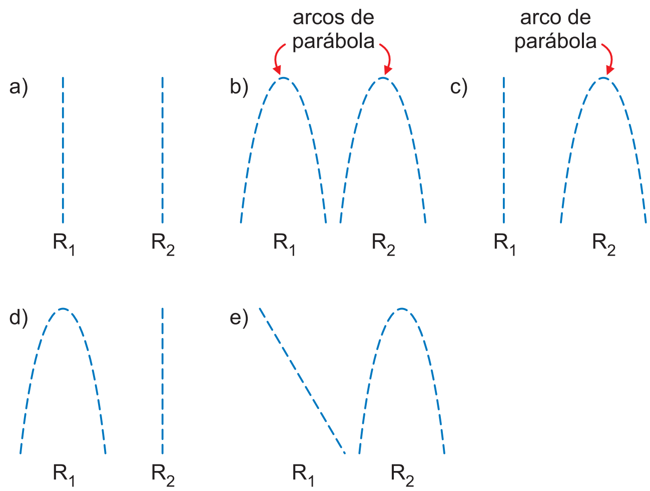
$$y = 8{,}0 \cdot \frac{x}{2{,}0} \Rightarrow y = 4{,}0x$$

b) A função que relaciona as coordenadas cartesianas é do 1.º grau, logo, a trajetória é retilínea.

4 **(MODELO ENEM)** – Um jovem, em um carro conversível, se movimenta em linha reta em um plano horizontal com velocidade constante.
Num dado instante, o jovem lança verticalmente para cima uma bola. Despreze o efeito do ar.



Assinale a opção que representa corretamente a trajetória descrita pela bola para um referencial no carro (R_1) e para um referencial no solo terrestre (R_2).



RESOLUÇÃO:
A trajetória depende do referencial adotado. Em relação ao carro (R_1), a trajetória é um segmento de reta vertical.
Em relação ao solo terrestre (R_2), a trajetória é um arco de parábola.
Resposta: C

No Portal Objetivo

Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO (www.portal.objetivo.br)** e, em "localizar", digite **FIS1M109**

Módulo 10

Fundamentos da Cinemática III

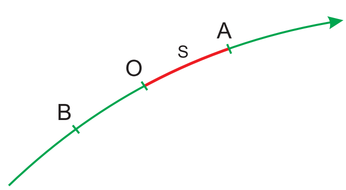
Palavras-chave:

• Espaço • Equação horária

1. Espaço

Considere uma trajetória orientada e um ponto O escolhido arbitrariamente como referência (vide figura).

Seja A a posição do ponto material em um instante t.



Define-se espaço (s), no instante t, como sendo a medida algébrica (leva em conta o sinal) do arco de trajetória OA.

O espaço (s) indica apenas onde está o móvel na trajetória, isto é, o espaço é um indicador da posição do móvel.

O espaço não indica a distância que o móvel percorreu, mas apenas o local onde ele se encontra.

O espaço pode ser positivo (ponto A), negativo (ponto B) ou nulo (ponto O).

O ponto de referência (O) é denominado origem dos espaços.

Dizer que o espaço (s) é nulo, num dado instante, significa apenas que, naquele instante, o móvel está posicionado na **origem dos espaços**.

Exemplifiquemos

Consideremos um carro em movimento de São Paulo para Campinas.

Admitamos que a distância entre São Paulo e Jundiaí seja 60km e de Jundiaí a Campinas, 30km, medidas ao longo da estrada.

Tomemos Jundiaí como sendo a origem dos espaços e orientemos a trajetória de São Paulo para Campinas.

Quando o carro parte de São Paulo, o seu espaço vale – 60km; ao passar por Jundiaí, o espaço vale **zero** e, ao chegar a Campinas, o espaço vale + 30km.

Se tomássemos São Paulo como origem (marco zero da estrada), o valor do espaço seria dado pela "quilometragem" marcada à beira da estrada.

Assim, por exemplo, quando o carro passa pelo "km 20", significa que o espaço vale 20km, isto é, o carro está a 20km da origem dos espaços (a 20km de São Paulo).

Se adotarmos Campinas como origem dos espaços, quando o carro partir de São Paulo, ele terá um espaço inicial igual a – 90km (s_0 = –90km); ao passar por Jundiaí, o seu espaço valerá –30km (s_J = –30km) e, ao chegar a Campinas, o seu espaço valerá zero.

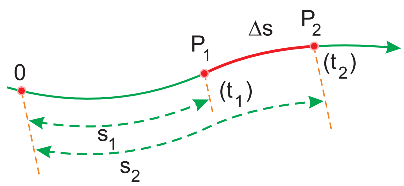
2. Variação de espaço e distância percorrida

O **espaço (s)** é um indicador da posição (local) do móvel em cada instante (t).

A **variação de espaço** ou **deslocamento escalar** indicado por Δs é a diferença entre o espaço final (s_2) e o espaço inicial (s_1) num dado intervalo de tempo.

$$\Delta s = s_2 - s_1$$

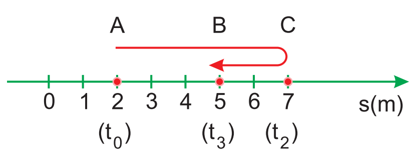
A distância percorrida (d) somente coincidirá com o valor absoluto de Δs quando o móvel caminhar sempre no mesmo sentido, isto é, quando não houver inversão no sentido do movimento.



Exemplificando

Consideremos um móvel descrevendo a trajetória retilínea indicada a seguir.

O móvel passa por A no instante $t_0 = 0$, passa por B no instante t_1, para no ponto C no instante t_2, inverte o sentido de seu movimento e chega a B no instante t_3.



A variação de espaço (Δs), entre os instantes t_0 e t_3, é dada por:

$\Delta s = s_B - s_A = 5m - 2m \Rightarrow$ $\boxed{\Delta s = 3m}$

A distância percorrida, entre os instantes t_0 e t_3, é dada por:

$d = AC + CB = 5m + 2m \Rightarrow$ $\boxed{d = 7m}$

3. Função horária do espaço: s = f(t)

Quando um ponto material está em repouso, o seu espaço permanece constante, podendo ser igual a zero (parado na origem dos espaços) ou diferente de zero (parado fora da origem dos espaços).

Quando um ponto material está em movimento, o seu espaço (s) varia com o tempo (t).

A função que relaciona o espaço (s) com o tempo (t) é denominada função horária do espaço.

A função horária do espaço é também chamada de **equação horária** do movimento. Esta denominação é equivocada, pois, na realidade, trata-se de uma **função** e não de uma **equação**.

Quando a equação horária é do 1º grau, temos o movimento chamado **uniforme.**

Quando a equação horária é do 2º grau, temos o movimento chamado **uniformemente variado**.

Exemplos

Movimentos uniformes

(1) $s = 2,0 + 5,0\,t$ (SI)

(2) $s = 4,0t$ (SI)

Movimentos uniformemente variados

(3) $s = -3,0 + 8,0t - 5,0t^2$ (SI)

(4) $s = 4,0 + 2,0t^2$ (SI)

(SI) significa Sistema Internacional de Unidades; o tempo (t) é medido em segundos e o espaço (s) é medido em metros.

4. Espaço inicial (s_0)

Denomina-se origem dos tempos, instante inicial ou instante de referência o instante $t = 0$.

Na origem dos tempos, o móvel ocupa uma posição (P_0) que é definida por um espaço (s_0) denominado espaço inicial.

Observe que o espaço inicial (s_0) indica apenas onde está o móvel no instante $t = 0$.

Nas equações de (1) a (4), citadas no item 3, o espaço inicial vale, respectivamente:

(1) $s_0 = 2,0m$; (2) $s_0 = 0$;
(3) $s_0 = -3,0m$; (4) $s_0 = 4,0m$.

Um instante t positivo significa posterior à origem dos tempos e um instante t negativo significa anterior à origem dos tempos.

Não se pode confundir a origem dos tempos (instante $t = 0$) com a origem dos espaços (posição em que $s = 0$).

Quando o espaço inicial é nulo ($s_0 = 0$), então, na origem dos tempos ($t = 0$), o móvel está posicionado na origem dos espaços ($s = 0$).

Saiba mais

O **espaço (s)** é um indicador da posição do móvel ao longo da trajetória.

Em uma estrada, o marco "zero" corresponde à **origem dos espaços** e a quilometragem marcada à beira da estrada indica o valor do **espaço**.

Quando um guarda rodoviário descreve em seu relatório que um acidente ocorreu no km 70 da rodovia, ele está indicando apenas o "local", isto é, a posição onde aconteceu o acidente. Isto **não significa** que o carro percorreu 70km, mas apenas que, no momento do acidente, ele estava posicionado a 70km do marco zero da rodovia.

Exercícios Resolvidos

1 Um carro tem equação horária dos espaços dada por:

$s = 20{,}0t$ (SI), válida para $t \geq 0$

Responda aos quesitos a seguir:

a) Construa o gráfico espaço x tempo.

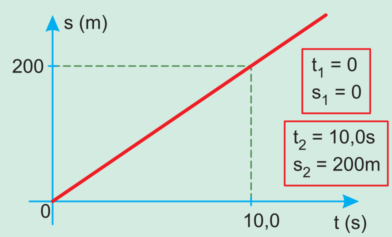
b) Qual a trajetória descrita pelo móvel?

c) Qual a posição do móvel na origem dos tempos ($t = 0$)?

d) Se a trajetória for uma circunferência de comprimento c = 200m, em que instantes o móvel passará pela origem dos espaços?

Resolução

a)



b) A trajetória não está determinada; a equação horária não tem nada que ver com a trajetória.

c) $t = 0 \Rightarrow s = 0$: o carro está na origem dos espaços.

d) Toda vez que o espaço for múltiplo de c

$s = 0$ ...... $t_0 = 0$

$s = c = 200m$ .... $t_1 = 10{,}0s$ (1 volta)

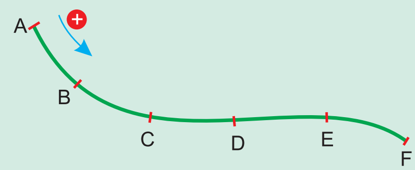
$s = 2c = 400m$ .... $t_2 = 20{,}0s$ (2 voltas)

.
.
.

$s = nc = n \, . \, 400m$ ..... $t_n = n \, . \, 10{,}0s$ (n voltas)

(MODELO ENEM) – Texto para as questões de 2 a 5.

O esquema a seguir representa o perfil de uma estrada, que vai ser percorrida por um carro.



O ponto A corresponde ao marco zero da estrada e é adotado como origem dos espaços. A convenção de sinais para a medida do espaço é indicada no desenho (de A para F). A medida dos arcos entre os pontos sucessivos é sempre de 50km (AB = BC = CD = DE = EF = 50km).

No instante t = 0, denominado origem dos tempos, o carro inicia seu movimento, obedecendo à seguinte lei horária:

$\boxed{s = 50 + 50t^2}$ (**t** em **h**; **s** em **km**)

Depois de uma hora de viagem, o movimento do carro passou a obedecer à seguinte lei horária:

$\boxed{s = 100t}$ ($t \geq 1{,}0h$)
(**t** em **h**; **s** em **km**)

Nota: o tempo t é medido desde a partida do carro.

2 O ponto de partida do carro é o ponto:

a) A b) B c) C
d) D e) E

Resolução

Como a partida se dá no instante t = 0, temos:

$s_0 = 50 + 50 \, . \, 0^2$ (km) $\Rightarrow$ $\boxed{s_0 = 50km}$

Esta posição corresponde, na figura, ao ponto B.

Resposta: B

3 O carro mudou o tipo de movimento (a lei horária) no ponto:

a) A b) B c) C
d) D e) E

Resolução

Como a mudança do tipo de movimento se dá no instante t = 1,0h, temos:

$s_1 = 50 + 50 \, . \, (1{,}0)^2$ (km) $\Rightarrow$ $\boxed{s_1 = 100km}$

Esta posição corresponde, na figura, ao ponto C.

Resposta: C

4 Após meia hora do início da viagem, o carro se encontra em uma posição na estrada entre

a) o quilômetro 12 e o quilômetro 13.

b) o quilômetro 50 e o quilômetro 60.

c) o quilômetro 62 e o quilômetro 63.

d) o quilômetro 0 e o quilômetro 1.

e) o quilômetro 30 e o quilômetro 31.

Resolução

Para t = 0,5h, ainda é válida a primeira função horária. Assim:

$s_2 = 50 + 50 \, . \, (0{,}5)^2$ (km) $\Rightarrow$ $\boxed{s_2 = 62{,}5km}$

Resposta: C

5 O carro passa pelo ponto E da estrada após um tempo de viagem de:

a) 1,0h b) 2,0h c) 3,0h
d) 4,0h e) 5,0h

Resolução

O ponto E da estrada está numa posição tal que é válida a segunda função horária (ela é válida a partir do ponto C). Como o arco AE mede 200km, temos:

$200 = 100t_E$ $\Rightarrow$ $\boxed{t_E = 2{,}0h}$

Resposta: B

Exercícios Propostos

1 Podemos definir o **espaço** como sendo a distância do móvel até a origem dos espaços? Justifique.

RESOLUÇÃO:
O espaço é medido ao longo da trajetória: é o comprimento do arco de trajetória entre a origem e a posição do móvel, associado a um sinal.
Distância é definida, em Matemática, sempre em linha reta.
Se a trajetória for retilínea, então a distância entre o móvel e a origem dos espaços coincidirá com o valor absoluto do espaço.

No Portal Objetivo

Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO** (**www.portal.objetivo.br**) e, em "localizar", digite **FIS1M110**

2 Complete as lacunas:

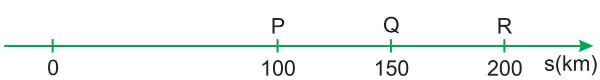
I) Se um corpo está em repouso, o seu espaço é ______________ e sua velocidade é ______________.

II) Se um corpo está em movimento, o seu espaço é ______________ e sua velocidade é ______________ .

III) Para um corpo em movimento, a relação entre o espaço (s) e o tempo (t) é chamada ________________ .

RESOLUÇÃO:
(I) constante; nula **(II) variável; diferente de zero**
(III) função horária dos espaços (eq. horária)

3 Um carro desenvolve, em uma trajetória reta, um movimento descrito pela seguinte função horária do espaço:
$s = 200 - 50t$ (para **s** em km e **t** em h)



O ponto "0" representa a origem dos espaços.

a) Qual a posição do carro no instante $t = 1{,}0h$?

b) Em que instante o carro passa pela origem dos espaços?

RESOLUÇÃO:
a) Para t = 1,0h, da função horária dos espaços, obtemos:
$s = 200 - 50 \cdot (1{,}0)$ (km) $\Rightarrow$ $s = 150$km (Ponto Q)
b) Quando o carro passar pela origem dos espaços, teremos s = 0
Substituindo-se na função horária, teremos
$0 = 200 - 50\,t \Rightarrow t = 4{,}0h$

4 **(MODELO ENEM)** – Participar de uma maratona, corrida de longa distância, é uma atividade que não está ao alcance de qualquer pessoa, mesmo sendo um atleta treinado.
A *Folha de São Paulo* publicou um texto sobre o assunto, que está parcialmente reproduzido a seguir.

Com base no exposto no texto e usando seus conhecimentos, analise as proposições a seguir:

(I) O atleta deve ingerir muito líquido e carboidratos (bananas, batatas ou barras de cereais) durante a prova para evitar hipoglicemia e desidratação.

(II) Um atleta amador com massa de 70kg pode perder 3,5kg ao disputar uma maratona.

(III) Os diabéticos não podem participar de corridas de longo alcance em virtude de seu baixo teor de açúcar no sangue.

(IV) Um atleta amador com 1,80m de altura pode perder 9cm de altura ao disputar uma maratona.

Estão corretas apenas as proposições:

a) III e IV b) II e III c) I e III
d) I, II e III e) I e II

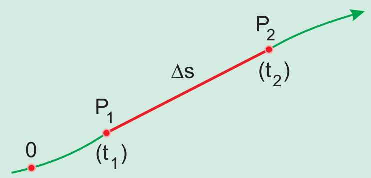
RESOLUÇÃO:
(I) C
(II) C: 3,5kg correspondem a 5% de 70kg.
(III) F: os diabéticos têm alto teor de açúcar no sangue.
(IV) F: a perda de altura não foi quantificada no texto e certamente não corresponde a 5% da altura total.
Resposta: E

Módulos 11 e 12 — Velocidade escalar média

Palavras-chave:
- Velocidade média
- Relação entre unidades

1. Definição

P_1 = posição no instante t_1, definida pelo espaço s_1.
P_2 = posição no instante t_2, definida pelo espaço s_2.
$\Delta s = s_2 - s_1$ = variação de espaço.
$\Delta t = t_2 - t_1$ = intervalo de tempo.



Define-se velocidade escalar média (V_m), entre os instantes t_1 e t_2 (ou entre as posições P_1 e P_2), pela relação:

$$V_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1}$$

Notas

(1) se o móvel avançar e, em seguida, recuar, voltando ao ponto de partida, seguindo a mesma trajetória, então $\Delta s = 0$ e $V_m = 0$.

(2) a velocidade escalar média traduz a velocidade escalar constante que o móvel deveria ter para partir da mesma posição inicial e chegar à mesma posição final, no mesmo intervalo de tempo Δt, seguindo a mesma trajetória.

2. Unidades de velocidade

Representemos por: u(L) = unidade de comprimento
u(T) = unidade de tempo

a) No Sistema Internacional, temos:

u(L) = metro (m)

u(T) = segundo (s)

$$u(V) = \frac{m}{s} = m \cdot s^{-1}$$

b) No Sistema CGS (centímetro-grama-segundo), temos:

u(L) = centímetro (cm)

u(T) = segundo (s)

$$u(V) = \frac{cm}{s} = cm \cdot s^{-1}$$

c) Unidade prática:

u(L) = quilômetro (km)

u(T) = hora (h)

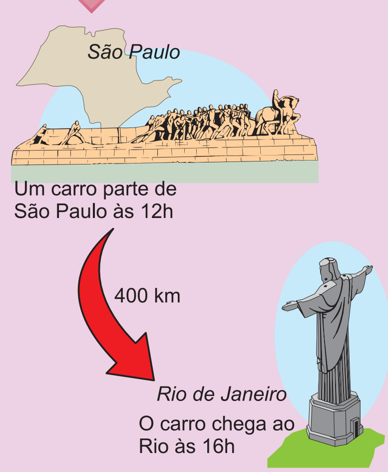
$$u(V) = \frac{km}{h} = km \cdot h^{-1}$$

d) Relações:

$$1\ \frac{km}{h} = \frac{1000m}{3600s} = \frac{1}{3{,}6}\ \frac{m}{s}$$

$$\frac{1m}{s} = \frac{10^2 cm}{s}$$

Saiba mais



Se o carro percorreu 400km em 4,0h, sua velocidade escalar média foi de 100km/h.

Porém, durante a viagem, a velocidade do carro não permaneceu constante: há trechos em que a velocidade diminui ou, até mesmo, situações em que o carro para.

Quando dizemos que a velocidade escalar média foi de 100km/h, isto significa que, se o carro **pudesse** realizar a viagem com velocidade escalar constante, o seu valor deveria ser de 100km/h para percorrer a distância de 400km no intervalo de tempo de 4,0h.

No Portal Objetivo

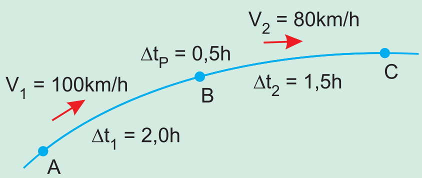
Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO** (**www.portal.objetivo.br**) e, em "localizar", digite **FIS1M111**

Exercícios Resolvidos – Módulo 11

1 **(MODELO ENEM)** – Uma família viaja de carro com velocidade escalar constante de 100km/h, durante 2,0h. Após parar em um posto de gasolina por 30 min, continua sua viagem por mais 1h 30 min com velocidade escalar constante de 80km/h. A velocidade escalar média do carro durante toda a viagem foi de:

a) 80km/h b) 100km/h
c) 120km/h d) 140km/h
e) 150km/h

Resolução



$\Delta s_1 = V_1 \Delta t_1 = 100 \,.\, 2,0 \text{ (km)} = 200\text{km}$

$\Delta s_2 = V_2 \Delta t_2 = 80 \,.\, 1,5 \text{ (km)} = 120\text{km}$

$\Delta s = \Delta s_1 + \Delta s_2 = 320\text{km}$

$\Delta t = \Delta t_1 + \Delta t_P + \Delta t_2 = 4,0\text{h}$

$$\boxed{V_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{320\text{km}}{4,0\text{h}} = 80\text{km/h}}$$

Resposta: A

2 **(ENEM)** – As cidades de Quito e Cingapura encontram-se próximas à linha do Equador e em pontos diametralmente opostos no globo terrestre. Considerando-se o raio da Terra igual a 6400 km, pode-se afirmar que um avião saindo de Quito, voando em média 800 km/h, chega a Cingapura em aproximadamente

a) 16 horas. b) 20 horas.
c) 24 horas. d) 32 horas.
e) 36 horas.

Note e adote
1) O comprimento C de uma circunferência de raio R é dado por:
C = 2πR
2) Adote π = 3

Resolução

A distância percorrida entre dois pontos da linha do Equador, diametralmente opostos, corresponde à metade da circunferência terrestre:

$$\Delta s = \frac{2\pi R}{2} = 3 \,.\, 6400\text{km} = 19\,200\text{km}$$

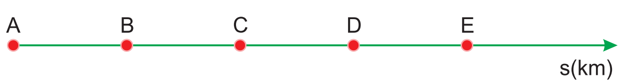
Sendo $V_m = \dfrac{\Delta s}{\Delta t}$, vem:

$$\Delta t = \frac{\Delta s}{V_m} = \frac{19200}{800} \text{ (h)} \Rightarrow \boxed{\Delta t = 24\text{h}}$$

Resposta: C

Exercícios Propostos – Módulo 11

1 Um ponto material percorre a trajetória representada a seguir, na qual AB = BC = CD = DE = 10km.



A posição do ponto material varia com o tempo, de acordo com a tabela:

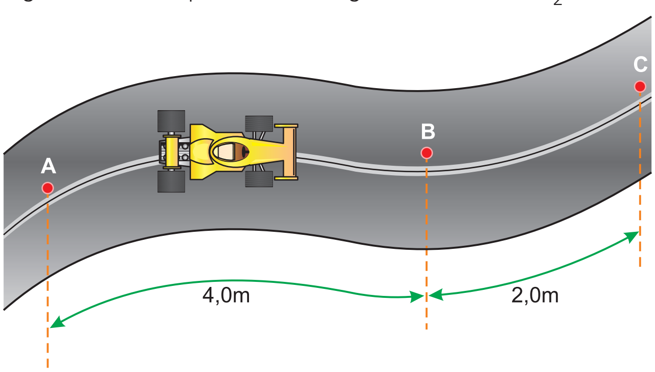
Posição	A	B	C	D	E
Tempo	0	1,0h	3,0h	5,0h	6,0h

Determine a velocidade escalar média do móvel entre as posições B e D.

RESOLUÇÃO:

$$V_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{20 \text{ (km)}}{4,0 \text{ (h)}} \Rightarrow V_m = 5,0\text{km/h}$$

2 Um carrinho de autorama passa pelo ponto A da pista no instante t_1 = 3,0s, vai até B, onde permanece parado 5,0s. Em seguida, vai até o ponto C, aí chegando no instante t_2 = 13,0s.



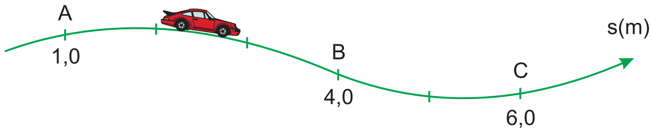
Admitindo-se que o carrinho seja um ponto material, determine sua velocidade escalar média no percurso AC.

RESOLUÇÃO:

$$V_{AC} = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{6,0\text{(m)}}{10,0\text{(s)}}$$

$V_{AC} = 0,60\text{m/s}$

3 Na trajetória escalonada da figura abaixo, o carrinho que a percorre pode ser considerado um ponto material.



O carrinho parte do ponto A no instante $t_0 = 0$, vai até o ponto C e retorna ao ponto B, onde chega no instante $t_1 = 3,0s$.

Calcule

a) a distância percorrida pelo carrinho, entre os instantes t_0 e t_1.

b) a velocidade escalar média entre os instantes t_0 e t_1.

RESOLUÇÃO:

a) $d = |\Delta s_{AC}| + |\Delta s_{CB}|$

$d = 5,0 + 2,0 \text{ (m)} \Rightarrow d = 7,0m$

b) $V_m = \dfrac{\Delta s}{\Delta t} = \dfrac{4,0 - 1,0}{3,0} \left(\dfrac{m}{s}\right) \Rightarrow V_m = 1,0m/s$

4 **(MODELO ENEM)** – Num campeonato mundial de atletismo, realizado em Tóquio, os atletas Leroy Burrel e Carl Lewis ganharam as medalhas de ouro e prata na corrida de 100m rasos. Os desempenhos dos atletas a cada intervalo de 10m estão descritos na tabela a seguir.

Assinale a proposição correta.

a) Burrel ganhou a medalha de ouro.

b) Os atletas tiveram velocidade escalar constante em todo o percurso.

c) Lewis ultrapassou Burrel após a marca de 80m.

d) Para os dois atletas, a velocidade escalar média nos últimos 50m é menor do que nos primeiros 50m.

e) A velocidade escalar média de Lewis, nos 100m, foi menor que a de Burrel.

Distância em metros	Tempo em segundos	
	Lewis	Burrel
10	1,88	1,83
20	2,96	2,89
30	3,88	3,79
40	4,77	4,68
50	5,61	5,55
60	6,46	6,41
70	7,30	7,28
80	8,13	8,12
90	9,00	9,01
100	9,86	9,88

RESOLUÇÃO:

a) Falsa: Lewis venceu porque completou os 100m em um tempo menor.

b) Falsa: Os intervalos de tempo para percorrer a mesma distância são diferentes.

c) Correta: Até 80m, o tempo gasto por Burrel era menor e, portanto, ele estava à frente.

d) Falsa: Os últimos 50m foram percorridos em um intervalo de tempo menor.

e) Falsa: Lewis gastou menos tempo e, portanto, tem velocidade escalar média maior.

Resposta: C

Exercícios Resolvidos – Módulo 12

1 **(VUNESP-MODELO ENEM)** – O crescente aumento do número de veículos automotores e o consequente aumento de engarrafamentos têm levado a Prefeitura do Município de São Paulo a um monitoramento intensivo das condições de circulação nas vias da cidade. Em uma sondagem, um funcionário da companhia de trânsito deslocou seu veículo, constatando que

- permaneceu parado, durante 30 minutos;
- movimentou-se com velocidade de módulo 20km/h, durante 12 minutos;
- movimentou-se com velocidade de módulo 45km/h, durante 6 minutos.

Da análise de seus movimentos, pôde-se constatar que, para o deslocamento realizado, a velocidade escalar média desenvolvida foi, em km/h,

a) de 10,6 b) de 12,0 c) de 13,5

d) de 15,0 e) de 17,5

Resolução

1) $\Delta s = V \cdot \Delta t$

$\Delta s_1 = 20 \cdot \dfrac{12}{60} \text{ (km)} = 4,0km$

$\Delta s_2 = 45 \cdot \dfrac{6}{60} \text{ (km)} = 4,5km$

$\Delta s = \Delta s_1 + \Delta s_2 = 8,5km$

$\Delta t = \Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_P = 48 \text{ min} = \dfrac{48}{60} h = 0,8h$

2) $V_m = \dfrac{\Delta s}{\Delta t} = \dfrac{8,5km}{0,8 h} \cong 10,6 \dfrac{km}{h}$

Resposta: A

2 **(MODELO ENEM)** – Durante a fase de treinos e testes de fórmula 1, foi feito um estudo do desempenho médio **D** de um combustível (medido em km rodados para cada litro do combustível) em função da velocidade escalar média V_m para um novo modelo de carro.

O gráfico de D em função de V_m é apresentado a seguir.

A pista de provas tem um comprimento total de 24,0km e formato circular.

Considere as proposições a seguir:

I) Se a velocidade escalar média for de 96km/h, o carro consumirá 4,0 litros de combustível para dar uma volta completa na pista.

II) Nas condições de desempenho máximo, o carro consumirá 3,0 litros de combustível para dar uma volta completa na pista.

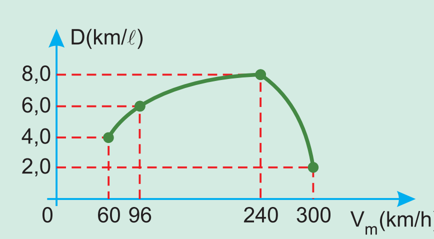
III) Nas condições de desempenho máximo, o carro levará 6,0 min para dar uma volta completa na pista.

IV) Se o carro estiver com velocidade escalar média de 300km/h para realizar 10 voltas na pista, o consumo de combustível será de 480 litros.

Somente está correto o que se afirma em:

a) I b) I e II c) I, II e III

d) IV e) III e IV



Resolução

I. (V) Para $V_m = 96km/h$, o desempenho D é de 6,0km/ℓ

6,0km ———— 1ℓ
24,0km ———— V
$\boxed{V = 4,0\ell}$

II. (V) Para o desempenho máximo D = 8,0km/ℓ, temos:
8,0km ———— 1ℓ
24,0km ———— V
$\boxed{V = 3,0\ell}$

III. (V) Para o desempenho máximo D = 8,0km/ℓ, a velocidade escalar média vale 240km/h.

$$V_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow 240 = \frac{24,0}{\Delta t}$$

$\Delta t = 0,1h = 6,0min$

IV. (F) Para $V_m = 300km/h$, temos D = 2,0km/ℓ
2,0km ———— 1ℓ
240km ———— V
$\boxed{V = 120\ell}$

Resposta: C

Exercícios Propostos – Módulo 12

1 **(OLIMPÍADA PAULISTA DE FÍSICA-MODELO ENEM)** – Oscar, de 2,05m de altura, e seu amigo João, de apenas 1,60m, partem juntos para uma caminhada de 5,0km ao longo de uma pista de preparação física. Com passadas que medem o dobro das de João, Oscar caminhou os primeiros 2,0km, tendo sempre ao seu lado seu companheiro João, quando teve de parar por um momento, mas pediu que João seguisse em frente. João manteve o seu ritmo e depois de certo tempo Oscar o alcança, completando a caminhada lado a lado. Podemos afirmar que

a) nos primeiros 2,0km, a velocidade de Oscar é o dobro da de João.
b) nos primeiros 2,0km, a velocidade de João foi o dobro da de Oscar.
c) ambos completaram a caminhada de 5,0km com a mesma velocidade escalar média.
d) ao longo dos 5,0km, a velocidade escalar média de Oscar foi maior que a de João.
e) como as passadas de Oscar medem o dobro das de João, a velocidade de Oscar sempre foi maior que a de João.

RESOLUÇÃO:
Ambos percorreram a mesma distância no mesmo intervalo de tempo, portanto

$$\boxed{V_{M_{João}} = V_{M_{Oscar}}}$$

Resposta: C

2 Em uma corrida de 800m, um atleta fez um tempo de 1 minuto e 40 segundos. Sabendo-se que a extensão do passo do atleta é de 80cm, pedem-se:

a) a velocidade escalar média do atleta nesta corrida, em km/h.
b) o número de passos que o atleta deu durante a corrida.

RESOLUÇÃO:

a) $V_m = \dfrac{\Delta s}{\Delta t} = \dfrac{800\ (m)}{100\ (s)} \Rightarrow V_m = 8,00m/s$ ou $V_m = 28,8km/h$

b) 800m ———— x
0,80m ———— 1 passo

$\boxed{x = 1,0 \cdot 10^3 \text{ passos}}$

3 **(FUVEST)** – Um ônibus sai de São Paulo às 8 horas e chega a Jaboticabal, que dista 350km da capital, às 11h e 30min. No trecho de Jundiaí a Campinas, de aproximadamente 45km, a sua velocidade escalar foi constante e igual a 90km/h.

a) Qual a velocidade escalar média, em km/h, no trajeto São Paulo-Jaboticabal?
b) Em quanto tempo o ônibus cumpre o trecho Jundiaí-Campinas?

RESOLUÇÃO:

a) $V_m = \dfrac{\Delta s}{\Delta t} = \dfrac{350\ (km)}{3,5(h)} \Rightarrow V_m = 100km/h$

b) $\Delta t = \dfrac{\Delta s}{V}$ $\quad \Delta t = \dfrac{45}{90}(h)$ $\quad \Delta t = 0,50h$

4 Um automóvel viaja a uma velocidade escalar média de 50km/h durante 10min e a 80km/h durante os 20min seguintes. Qual é a velocidade escalar média no intervalo de 30min?

RESOLUÇÃO:

$$V_m = \frac{V_1\Delta t_1 + V_2\Delta t_2}{\Delta t_1 + \Delta t_2} \Rightarrow V_m = \frac{50 \cdot 10 + 80 \cdot 20}{10 + 20}(km/h)$$

$V_m = 70km/h$

Módulos **13 e 14**

Velocidade escalar instantânea

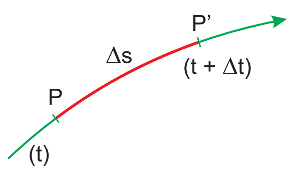
Palavras-chave:

• Velocidade • Derivação

1. Definição

A velocidade escalar instantânea traduz a rapidez de movimento, isto é, a rapidez com que a posição (espaço) varia no decurso do tempo.

Uma grande velocidade significa movimento rápido; pequena velocidade significa movimento lento e velocidade nula significa que não há movimento.



Admitamos que se pretenda calcular a velocidade escalar de um móvel em um instante **t** em que ele passa por uma posição **P** de sua trajetória.

Para tanto, calculamos sua velocidade escalar média entre a posição P (instante t) e a posição P' (instante t +Δt).

Se fizermos o intervalo de tempoΔt ir diminuindo e tendendo a zero ($\Delta t \to 0$), o valor da velocidade escalar média $\left(V_m = \dfrac{\Delta s}{\Delta t}\right)$ vai tender para o valor da velocidade escalar no instante **t**, isto é:

A velocidade escalar instantânea é o limite para o qual tende a velocidade escalar média, quando o intervalo de tempo considerado tende a zero.

A velocidade escalar instantânea corresponde à velocidade escalar média calculada em um intervalo de tempo extremamente pequeno. Para um automóvel, a velocidade escalar instantânea é indicada em seu velocímetro.

$$V = \lim_{\Delta t \to 0} V_m = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

O cálculo desse limite é uma operação matemática chamada derivação.

Escreve-se $V = \dfrac{ds}{dt}$ e lê-se: **a velocidade escalar é a derivada do espaço em relação ao tempo**.

Em nosso estudo de Cinemática, só nos interessa a derivação da função polinomial

$$s = at^n + bt + c$$

$$V = \frac{ds}{dt} = na\,t^{n-1} + b$$

Nota: a, b, c e n são constantes.

Exemplos

(I) $s = 5{,}0\,t^3 + 8{,}0\,t^2 - 9{,}0\,t + 10{,}0$ (SI)

$V = \dfrac{ds}{dt} = 15{,}0\,t^2 + 16{,}0\,t - 9{,}0$ (SI)

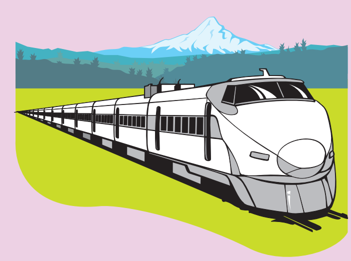
(II) $s = -3{,}0\,t^2 + 1{,}0\,t - 8{,}0$ (SI)

$V = \dfrac{ds}{dt} = -6{,}0t + 1{,}0$ (SI)

(III) $s = -4{,}0 + 2{,}0\,t$ (SI)

$V = \dfrac{ds}{dt} = 2{,}0$m/s (constante)

?



O trem-bala, no Japão, atinge a fantástica velocidade escalar de 500km/h.

Apresentamos, a seguir, as velocidades escalares médias do movimento de alguns corpos, bem como do som e da luz, medidas em m/s e km/h:

1) Lesma: 0,0014m/s – 0,0050km/h
2) Tartaruga: 0,02m/s – 0,072km/h
3) Pedestre: 1,4m/s – 5,0km/h
4) Atleta recordista dos 100m: 10m/s – 36km/h
5) Atleta em corrida de 1 500m: 7,0m/s – 25km/h
6) Atleta em corrida de 10 000m: 5,5m/s – 20km/h
7) Galgo: 17m/s – 61km/h
8) Pombo-correio: 18m/s – 65km/h
9) Lebre: 19m/s – 68km/h
10) Avestruz – Gazela: 22m/s – 79km/h
11) Chita (o mais rápido dos mamíferos): 28m/s – 101km/h
12) Automóvel de passeio: 30m/s – 108km/h
13) Esquiador em competição: 32m/s – 115km/h
14) Carro de corridas: 100m/s – 360km/h
15) Trem-bala: 140m/s – 504km/h
16) Aviões turboélices: 200m/s – 720km/h
17) Som no ar: 340m/s – 1224km/h
18) Aviões supersônicos: 555m/s – 1998km/h
19) Bala de metralhadora: 715m/s – 2574km/h
20) Lua em torno da Terra: $1{,}0.10^3$m/s – $3{,}6.10^3$km/h
21) Satélite estacionário da Terra: $3{,}0.10^3$m/s – $1{,}08.10^4$km/h
22) Terra em torno do Sol: $3{,}0.10^4$m/s – $1{,}08.10^5$km/h
23) Luz no vácuo: $3{,}0.10^8$m/s – $1{,}08.10^9$km/h

Exercícios Resolvidos – Módulo 13

1 Um projétil é lançado verticalmente para cima a partir do solo terrestre. A altura h do projétil (espaço) varia com o tempo t, segundo a relação:

$$h = 20{,}0t - 5{,}0t^2 \text{ (SI)}$$

Determine

a) o instante t_1 em que o projétil atinge sua altura máxima.

b) a altura máxima atingida pelo projétil.

Resolução

a) Atinge a altura máxima quando V = 0.

$$V = \frac{dh}{dt} = 20{,}0 - 10{,}0t \text{ (SI)}$$

$$20{,}0 - 10{,}0\,t_1 = 0 \Rightarrow \boxed{t_1 = 2{,}0s}$$

b) $t = t_1 = 2{,}0s$

$$h = h_{máx} = 20{,}0 \,.\, 2{,}0 - 5{,}0\,(2{,}0)^2 \text{ (m)}$$

$$h_{máx} = 40{,}0 - 20{,}0 \text{ (m)}$$

$$\boxed{h_{máx} = 20{,}0m}$$

Respostas: **a) 2,0s**
b) 20,0m

2 **(MODELO ENEM)** – Uma pessoa pretende ir de carro de uma cidade A até uma cidade B percorrendo uma distância de 120km com velocidade constante de módulo V, com menor gasto possível de combustível.

Despreze o tempo gasto pelo carro para acelerar de 0 a V e para frear de V até zero. Obviamente, o carro parte do repouso da cidade A e volta ao repouso ao chegar a cidade B.

O desempenho do combustível D corresponde à distância que o carro percorre para cada litro de combustível que é gasto.

Para velocidades no intervalo entre 20km/h e 120km/h, o desempenho D, medido em km/litro, em função de V, medida em km/h, é dada pela função:

$$D = -\frac{V^2}{320} + \frac{3}{8}V - \frac{5}{4}$$

Nas condições de desempenho máximo, isto é, menor consumo de combustível nesta viagem, o tempo de percurso entre A e B será de:

a) 1,0h b) 1,5h c) 2,0h
d) 2,5h e) 3,0h

Dado: Para uma função do 2.º grau do tipo $y = ax^2 + bx + c$, o valor de y será máximo (a < 0) ou mínimo (a > 0) para

$$x = -\frac{b}{2a}$$

Resolução

1) $$D = -\frac{V^2}{320} + \frac{3}{8}V - \frac{5}{4}$$

$$a = -\frac{1}{320} \text{ e } b = \frac{3}{8}$$

O desempenho será máximo para **V** dado por:

$$V = -\frac{b}{2a} = -\frac{3}{16} \,.\, (-320) \text{ (km/h)}$$

$$\boxed{V = 60km/h}$$

2) $$V = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow 60 = \frac{120}{\Delta t}$$

$$\boxed{\Delta t = 2{,}0h}$$

Resposta: C

3 **(OLIMPÍADA BRASILEIRA DE FÍSICA-MODELO ENEM)** – Para manter a segurança na estrada, recomenda-se que as velocidades dos veículos sejam tais que a distância entre um e outro seja vencida em no mínimo dois segundos. Considere uma situação ideal em que todos os motoristas respeitam esta recomendação, que os carros seguem em uma única fila a uma distância segura, que o tamanho dos automóveis sejam desconsiderados e que a velocidade dos veículos, 72km/h (20m/s), seja a máxima permitida para esta rodovia. Mantendo-se a recomendação de segurança, se a velocidade máxima permitida for alterada para 144km/h (40m/s), é correto afirmar que o fluxo de veículos (número de veículos que chegam ao destino por hora) _________, que a distância entre eles na rodovia _________ e que o tempo de percurso fique _________.

As expressões que completam corretamente as lacunas são, respectivamente:

a) não mude; não mude; reduzido à metade
b) dobre; dobre; reduzido à metade
c) dobre; não mude; o mesmo
d) dobre; não mude; reduzido à metade
e) não mude; dobre; reduzido à metade

Resolução

Quando a velocidade dos carros for duplicada, para que a distância entre eles seja percorrida em 2,0s, é preciso que essa distância duplique. O número de carros que chegam ao destino, por hora, é o mesmo porque a cada 2,0s, chega um carro. O tempo de percurso entre a origem e o destino vai reduzir-se à metade porque a velocidade escalar duplicou.

Resposta: E

Exercícios Propostos – Módulo 13

1 **(OLIMPÍADA DE FÍSICA)** – A equação horária de um móvel que se desloca numa trajetória retilínea é:
$s = 20{,}0 + 2{,}0t - 0{,}50t^2$. A equação da velocidade escalar deste móvel é:

a) $V = 2{,}0 - 1{,}0t$ b) $V = 2{,}0 - 0{,}50t$
c) $V = 20{,}0 - 0{,}50t$ d) $V = 20{,}0 + 2{,}0t$
e) $V = 20{,}0 - 1{,}0t$

RESOLUÇÃO:

$$V = \frac{ds}{dt} = 2{,}0 - 1{,}0t \quad \text{(SI)}$$

Resposta: A

2 Um ponto material em movimento obedece à seguinte função horária: $s = 20{,}0 - 2{,}0t + 4{,}0t^2$ (com o espaço em metros e o tempo em segundos).

a) Determine a função horária da velocidade escalar instantânea.

b) Determine o valor da velocidade escalar no instante $t_1 = 2{,}0s$.

RESOLUÇÃO:

a) $$V = \frac{ds}{dt} = -2{,}0 + 8{,}0t \quad \text{(SI)}$$

b) Para t = 2,0s:

$$V = -2{,}0 + 8{,}0 \,.\, 2{,}0 \text{ (m/s)} \Rightarrow V = 14{,}0m/s$$

3 **(FUVEST)** – Um corpo se movimenta sobre o eixo x, de acordo com a equação horária: $x = 2{,}0 + 2{,}0t - 2{,}0t^2$, em que t é dado em segundos e x em metros.

a) Qual a velocidade escalar média entre os instantes $t_1 = 0$ e $t_2 = 2{,}0s$?

b) Qual é a velocidade escalar nos instantes $t_1 = 0$ e $t_2 = 2{,}0s$?

RESOLUÇÃO:

a) $t_1 = 0 \Rightarrow S_1 = 2{,}0m$

$t_2 = 2{,}0s \Rightarrow S_2 = -2{,}0m$

$$V_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow V_m = \frac{-2{,}0 - 2{,}0}{2{,}0}\ (m/s) \qquad \boxed{V_m = -2{,}0m/s}$$

b) $V = \dfrac{ds}{dt} \Rightarrow V = 2{,}0 - 4{,}0t \quad (SI)$

$t_1 = 0 \Rightarrow V = 2{,}0m/s$

$t_2 = 2{,}0s \Rightarrow V = -6{,}0m/s$

4 **(MODELO ENEM)** – Um gato vai partir do repouso e descrever uma trajetória retilínea. Uma lata é amarrada ao rabo dele e cada vez que ouve a lata bater no solo, ele, instantaneamente, aumenta sua velocidade escalar de 10m/s. Esse é o único fato que o faz aumentar sua velocidade escalar. Considere os seguintes dados:

1) velocidade com que a luz se propaga no vácuo: $3{,}0 \cdot 10^8$m/s
2) velocidade com que o som se propaga no ar: $3{,}4 \cdot 10^2$m/s
3) velocidade da Terra em seu movimento orbital: 30km/s
4) velocidade da Lua em seu movimento orbital: 1,0km/s
5) velocidade de um satélite geoestacionário: 3,0km/s

A máxima velocidade teórica que o referido gato pode atingir é:

a) $3{,}0 \cdot 10^8$m/s b) $3{,}4 \cdot 10^2$m/s c) 30km/s
d) 1,0km/s e) 3,0km/s

RESOLUÇÃO:
Quando o gato atingir a velocidade do som, $3{,}4 \cdot 10^2$m/s, ele deixa de ouvir o som da lata batendo no chão e sua velocidade não aumenta mais, permanecendo igual a $3{,}4 \cdot 10^2$m/s.
Resposta: B

Exercícios Resolvidos – Módulo 14

1 Um carro movimenta-se ao longo de uma reta e sua posição é definida em função do tempo pela relação:

$$s = 20{,}0 + 30{,}0t - 1{,}0t^2\ (SI)$$

Esta relação vale desde o instante t = 0 até o instante t = T para o qual o carro para.

Determine

a) a função velocidade escalar – tempo: V = f(t).
b) a velocidade escalar do carro na origem dos tempos (v_0).
c) o instante T em que o carro para.
d) a velocidade escalar média entre os instantes t = 0 e t = T.
e) o gráfico da função V = f(t) entre os instantes t = 0 e t = T.

Resolução

a) A velocidade escalar é obtida derivando-se a equação horária:

$s = 20{,}0 + 30{,}0t - 1{,}0t^2$ (SI)

$$\boxed{V = \frac{ds}{dt} = 30{,}0 - 2{,}0t\ (SI)}$$

b) Para t = 0, temos $V = V_0$

$V_0 = 30{,}0 - 2{,}0 \cdot 0\ (m/s) \Rightarrow \boxed{V_0 = 30{,}0m/s}$

c) O carro para quando sua velocidade escalar V se anula:

$V = 30{,}0 - 2{,}0t$ (SI)

$30{,}0 - 2{,}0T = 0$

$30{,}0 = 2{,}0T \Rightarrow \boxed{T = 15{,}0s}$

d) $s = 20{,}0 + 30{,}0t - 1{,}0t^2$ (SI)

$t = 0 \Rightarrow s = s_0 = 20{,}0m$

$t = T = 15{,}0s$

$s = s_f = 20{,}0 + 30{,}0 \cdot 15{,}0 - 1{,}0\,(15{,}0)^2$ (m)

$s_f = 20{,}0 + 450 - 225$ (m)

$s_f = 245m$

$$V_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{s_f - s_0}{\Delta t} = \frac{245 - 20{,}0}{15{,}0}\ (m/s)$$

$$V_m = \frac{225}{15{,}0}\ (m/s) \Rightarrow \boxed{V_m = 15{,}0m/s}$$

Nota: Como a função V = f(t) é do 1.º grau, a velocidade escalar média pode ser calculada pela média aritmética entre a velocidade inicial ($V_0 = 30{,}0m/s$) e a velocidade final ($V_f = 0$)

$$V_m = \frac{V_0 + V_f}{2} = \frac{30{,}0 + 0}{2}\ (m/s)$$

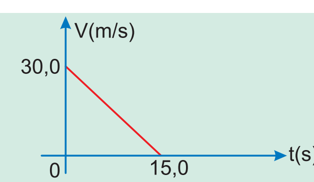
$$\boxed{V_m = 15{,}0m/s}$$

e) V = 30,0 – 2,0t (SI)

Como a função V = f(t) é do 1.º grau, o seu gráfico será um segmento de reta:

$t = 0 \Rightarrow V = V_0 = 30{,}0m/s$

$t = T = 15{,}0s \Rightarrow V = 0$



2 **(PUC-RS-MODELO ENEM)** – O eco é o fenômeno que ocorre quando um som emitido e seu reflexo em um anteparo são percebidos por uma pessoa com um intervalo de tempo que permite ao cérebro distingui-los como sons diferentes. Para que se perceba o eco de um som no ar, no qual a velocidade de propagação tem módulo de 340m/s, é necessário que haja uma distância de 17,0m entre a fonte e o anteparo. Na água, em que a velocidade de propagação do som tem módulo de 1.600m/s, essa distância precisa ser de

a) 34,0m b) 60,0m c) 80,0m
d) 160,0m e) 320,0m

Resolução

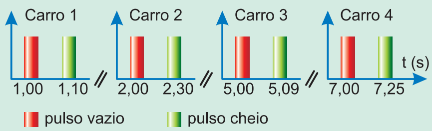
1) $V_S = \dfrac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow 340 = \dfrac{34{,}0}{T} \Rightarrow \boxed{T = 0{,}1s}$

2) $V'_S = \dfrac{2d}{T} \Rightarrow 1600 = \dfrac{2d}{0{,}1}$

$2d = 160 \Rightarrow \boxed{d = 80{,}0m}$

Resposta: C

3 **(UFMS-MODELO ENEM)** – O gráfico abaixo ilustra a marcação de um sinaleiro eletrônico. Nesse tipo de equipamento, dois sensores são ativados quando o carro passa. Na figura, os pulsos vazios correspondem à marcação do primeiro sensor, e os pulsos cheios à marcação do segundo sensor. Considere que a distância entre os dois sensores seja de 1,0m.



Qual(is) veículo(s) teria(m) sido multado(s), considerando-se que a velocidade máxima permitida no local seja de 30km/h?

a) Os carros 2 e 4, apenas.
b) Os carros 1 e 2, apenas.
c) Os carros 1 e 4, apenas.
d) Os carros 1 e 3, apenas.
e) Nenhum carro seria multado.

Resolução

$$V = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{\Delta s}{V}$$

$$V = 30km/h = \frac{30}{3,6}\ m/s$$

$$\Delta t = 1,0 \cdot \frac{3,6}{30}\ (s) = 0,12s$$

A velocidade do carro será maior que 30km/h e, portanto, será multado quando $\Delta t < 0,12s$.

$\Delta t_1 = 0,10s$

$\Delta t_2 = 0,30s$

$\Delta t_3 = 0,09s$

$\Delta t_4 = 0,25s$

Os carros (1) e (3) serão multados.

Resposta: D

Exercícios Propostos – Módulo 14

1 Um ponto material está em movimento obedecendo à seguinte função horária dos espaços:

$s = 2,0t^3 + 4,0t - 4,0$ (SI)

Calcule

a) a velocidade escalar média entre os instantes $t_1 = 0$ e $t_2 = 2,0s$;
b) a velocidade escalar nos instantes $t_1 = 0$ e $t_2 = 2,0s$.

RESOLUÇÃO:

a) $t_1 = 0 \Rightarrow s_1 = -4,0m$

$t_2 = 2,0s \Rightarrow s_2 = 20,0m$

$$V_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{24,0}{2,0}\ \frac{(m)}{(s)} \Rightarrow V_m = 12,0m/s$$

b) $$V = \frac{ds}{dt} \Rightarrow V = 6,0t^2 + 4,0\ \ (SI)$$

$t_1 = 0 \Rightarrow v_1 = 4,0m/s$

$t_2 = 2,0s \Rightarrow v_2 = 28,0m/s$

2 **(FUNDAÇÃO CARLOS CHAGAS)** – Uma partícula executa um movimento, em trajetória retilínea, obedecendo à função horária $s = 16,0 - 40,0t + 25,0t^2$, em que s é o espaço medido em metros e t é o tempo medido em segundos.

a) Qual a velocidade escalar média entre os instantes $t_1 = 2,0s$ e $t_2 = 6,0s$?
b) A partir de que instante a partícula inverte o sentido de seu movimento?

RESOLUÇÃO:

a) $t_1 = 2,0s \Rightarrow s_1 = 36,0m$

$t_2 = 6,0s \Rightarrow s_2 = 676,0m$

$$V_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{676,0 - 36,0}{4,0}\ (m/s) = \frac{640,0}{4,0}\ m/s$$

$$\boxed{V_m = 1,6 \cdot 10^2 m/s}$$

b) $$V = \frac{ds}{dt} \Rightarrow V = -40,0 + 50,0t \quad (SI)$$

$V = 0 \Rightarrow t = 0,80s$

3 Em uma corrida, em uma pista retilínea, com extensão de 50m, a função horária do espaço que descreve o movimento de um atleta é dada por:

$$s = 0,5t^2\ (SI)$$

Determine

a) o tempo gasto pelo atleta para completar a corrida.
b) a velocidade escalar com que o atleta cruza a linha de chegada, em km/h.
c) a velocidade escalar média nesta corrida.

RESOLUÇÃO:

a) $t = T \Leftrightarrow s = 50m$

$$50 = 0,5T^2 \Rightarrow T^2 = 100 \Rightarrow \boxed{T = 10s}$$

b) $$V = \frac{ds}{dt} = 1,0t \quad (SI)$$

$t = 10s \Rightarrow V = 10m/s = 36km/h$

c) $$V_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{50m}{10s} \Rightarrow \boxed{V_m = 5,0m/s}$$

4 Uma partícula, em trajetória retilínea, tem função horária do espaço dada por:

$s = 4{,}0t^2 - 8{,}0t$ (unidades do SI)

Determine

a) os instantes em que o móvel passa pela origem dos espaços;

b) o instante e a posição em que o móvel para.

RESOLUÇÃO:

a) Na origem dos espaços: $s = 0$

$0 = 4{,}0\,t^2 - 8{,}0t \Rightarrow t_1 = 0$ e $t_2 = 2{,}0s$

b) No instante da inversão do movimento: $V = 0$

$$V = \frac{ds}{dt} \Rightarrow V = 8{,}0t - 8{,}0 \text{ (SI)}$$

Quando $V = 0$: $t = 1{,}0s$ e $s = -4{,}0m$

5 **(UEM-PR-MODELO ENEM)** – Quanto tempo um carro, viajando com uma velocidade escalar de 15km/h, levará para percorrer um trajeto, em linha reta, correspondente a 3,0cm, em uma carta topográfica cuja escala é 1:100.000?

a) 10 minutos b) 12 minutos c) 15 minutos

d) 30 minutos e) 45 minutos

RESOLUÇÃO:

1) 1 .... 100 000

3,0cm .... d

$d = 3{,}0 \,.\, 10^5 cm = 3{,}0 \,.\, 10^3 m = 3{,}0km$

2) $V = \dfrac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow 15 = \dfrac{3{,}0}{\Delta t}$

$\Delta t = \dfrac{1}{5}\,h$

$\Delta t = \dfrac{1}{5}\,60 \text{ min} \Rightarrow \boxed{\Delta t = 12 \text{ min}}$

Resposta: B

No Portal Objetivo

Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO** (**www.portal.objetivo.br**) e, em "localizar", digite **FIS1M112**

Módulo 15

Aceleração escalar

Palavras-chave:

- Aceleração
- Mudança de velocidade

1. Aceleração escalar média (γ_m)

Sejam:

V_1 = velocidade escalar no instante t_1

V_2 = velocidade escalar no instante t_2

Define-se aceleração escalar média (γ_m), entre os instantes t_1 e t_2, pela relação:

$$\gamma_m = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{V_2 - V_1}{t_2 - t_1}$$

2. Unidades

a) No SI:

$$u(\gamma) = \frac{u(V)}{u(t)} = \frac{m/s}{s} \qquad u(\gamma) = \frac{m}{s^2} = m \,.\, s^{-2}$$

b) NO CGS:

$$u(\gamma) = \frac{u(V)}{u(t)} = \frac{cm/s}{s} \qquad u(\gamma) = \frac{cm}{s^2} = cm \,.\, s^{-2}$$

c) Relação entre as unidades:

$$1\,\frac{m}{s^2} = 10^2\,\frac{cm}{s^2}$$

3. Aceleração escalar instantânea

A aceleração escalar instantânea traduz a rapidez com que a velocidade escalar varia no decurso do tempo, isto é, traduz a velocidade da velocidade.

Uma grande aceleração escalar significa que a velocidade escalar varia rapidamente; uma pequena aceleração escalar significa que a velocidade escalar varia lentamente e aceleração escalar nula significa que a velocidade escalar não varia.

A aceleração escalar instantânea é o limite para o qual tende a aceleração escalar média, quando o intervalo de tempo considerado tende a zero.

$$\gamma = \lim_{\Delta t \to 0} \gamma_m = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

Portanto: $\gamma = \dfrac{dV}{dt}$

Quando um carro tem uma grande aceleração escalar, sua velocidade escalar está variando rapidamente.

A aceleração escalar (instantânea) é a derivada da velocidade escalar (instantânea) em relação ao tempo.

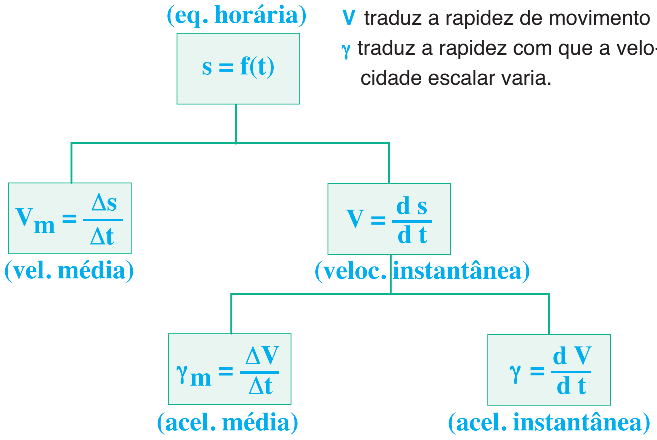
Exemplos

$$s = 2{,}0t^3 + 4{,}0t^2 - 7{,}0\,t + 10{,}0\ (SI)$$
$$V = \frac{ds}{dt} = 6{,}0t^2 + 8{,}0t - 7{,}0\ (SI)$$
$$\gamma = \frac{dV}{dt} = 12{,}0t + 8{,}0\ (SI)$$

$$s = 10{,}0 + 20{,}0t - 3{,}0t^2\ (SI)$$
$$V = \frac{ds}{dt} = 20{,}0 - 6{,}0t\ (SI)$$
$$\gamma = \frac{dV}{dt} = -6{,}0m/s^2\ (constante)$$

$$s = 10{,}0 - 4{,}0t\ \ (SI)$$
$$V = \frac{ds}{dt} = -\,4{,}0m/s\ (constante)$$
$$\gamma = \frac{dV}{dt} = 0\ (constante)$$

4. Relações entre as grandezas cinemáticas



s indica a posição do móvel (local)
V traduz a rapidez de movimento
γ traduz a rapidez com que a velocidade escalar varia.

Saiba mais

Os *"dragsters"* são veículos destinados a atingir velocidades fantásticas em uma corrida de pequena extensão (da ordem de 400m) e de pequena duração (da ordem de 8,0s).

O *"dragster"*, partindo do repouso, percorre os 400m em um intervalo de tempo de 8,0s, atingindo a incrível velocidade escalar de 140m/s (504km/h).

Sua aceleração escalar média, nesta fase, foi de:

$$\gamma_m = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{140}{8{,}0}\ (m/s^2)$$

$$\gamma_m = 17{,}5m/s^2$$

Como os freios são insuficientes para deter o "dragster", na fase de retardamento, é acionado um sistema de paraquedas que permite uma desaceleração em um pequeno intervalo de tempo.

Exercícios Resolvidos

1 Consideremos uma partícula em movimento com função horária do espaço dada por

$$s = 3{,}0t^3 - 4{,}0t^2 + 10{,}0 \text{ (SI)}$$

a) Cálculo da **velocidade escalar média** entre os instantes $t_1 = 0$ e $t_2 = 2{,}0s$.

Para $t_1 = 0$, temos $s_1 = 10{,}0m$

Para $t_2 = 2{,}0s$, temos

$s_2 = 3{,}0 \,.\, (2{,}0)^3 - 4{,}0(2{,}0)^2 + 10{,}0(m)$

$s_2 = 3{,}0 \,.\, 8{,}0 - 4{,}0 \,.\, 4{,}0 + 10{,}0 \text{ (m)}$

$s_2 = 24{,}0 - 16{,}0 + 10{,}0 \text{ (m)} \Rightarrow s_2 = 18{,}0m$

$$V_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1} = \frac{18{,}0 - 10{,}0}{2{,}0 - 0} \text{ (m/s)}$$

$$\boxed{V_m = 4{,}0m/s}$$

b) Cálculo da **velocidade escalar instantânea** nos instantes $t_1 = 0$ e $t_2 = 2{,}0s$.
Para obtermos a relação $V = f(t)$, basta derivar o espaço em relação ao tempo.

$$V = \frac{ds}{dt} = 9{,}0t^2 - 8{,}0t \text{ (SI)}$$

Para $t_1 = 0$, temos $\boxed{V_1 = 0}$

Para $t_2 = 2{,}0s$, temos

$V_2 = 9{,}0(2{,}0)^2 - 8{,}0 \,.\, 2{,}0 \text{ (m/s)}$

$V_2 = 9{,}0 \,.\, 4{,}0 - 16{,}0 \text{ (m/s)}$

$$\boxed{V_2 = 20{,}0m/s}$$

c) Cálculo da **aceleração escalar média** entre os instantes $t_1 = 0$ e $t_2 = 2{,}0s$
Para $t_1 = 0$, temos $V_1 = 0$
Para $t_2 = 2{,}0s$, temos $V_2 = 20{,}0m/s$

$$\gamma_m = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{20{,}0 - 0}{2{,}0 - 0} \text{ (m/s}^2\text{)}$$

$$\boxed{\gamma_m = 10{,}0m/s^2}$$

d) Cálculo da **aceleração escalar instantânea** nos instantes $t_1 = 0$ e $t_2 = 2{,}0s$.
Para obtermos a relação $\gamma = f(t)$, basta derivar a velocidade escalar em relação ao tempo.

$$\gamma = \frac{dV}{dt} = 18{,}0t - 8{,}0 \text{ (SI)}$$

Para $t_1 = 0$, temos $\boxed{\gamma_1 = -8{,}0m/s^2}$

Para $t_2 = 2{,}0s$, temos

$\gamma_2 = 18{,}0 \,.\, 2{,}0 - 8{,}0 \text{(m/s}^2\text{)}$

$$\boxed{\gamma_2 = 28{,}0m/s^2}$$

2 Durante um teste de aceleração, um carro parte do repouso e sua posição, medida a partir da origem dos espaços, varia com o tempo conforme a relação:

$$s = 2{,}0t^2 \text{ (SI) válida para } 0 \le t \le 10{,}0s$$

Determine
a) a função velocidade escalar – tempo: $V = f(t)$.
b) a aceleração escalar do carro.
c) a velocidade escalar atingida no instante $t = 10{,}0s$.
d) a distância percorrida pelo carro no intervalo de $t = 0$ até $t = 10{,}0s$.

Resolução
a) A função $V = f(t)$ é obtida derivando-se a equação horária:

$$V = \frac{ds}{dt} = 4{,}0t \text{ (SI)}$$

b) A aceleração escalar do carro é obtida derivando-se a função $V = f(t)$:

$$\gamma = \frac{dV}{dt} \Rightarrow \boxed{\gamma = 4{,}0m/s^2} \text{ (constante)}$$

c) Para $t = 10{,}0s$, temos:

$$V_f = 4{,}0 \,.\, 10{,}0 \text{ (m/s)} \Rightarrow \boxed{V_f = 40{,}0m/s}$$

d) A distância percorrida pelo carro é dada por:

$s = 2{,}0t^2$ (SI)

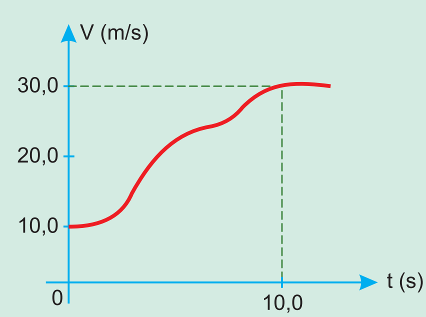
$t_1 = 0 \Rightarrow s_1 = 0$

$t_2 = 10{,}0s \Rightarrow s_2 = 2{,}0\,(10{,}0)^2 \text{ (m)} = 200m$

$$\boxed{\Delta s = s_2 - s_1 = 200m}$$

Respostas: **a) $V = 4{,}0t$ (SI)**
b) $\gamma = 4{,}0m/s^2$
c) $V_f = 40{,}0m/s$
d) $\Delta s = 200m$

3 **(UEL-PR-MODELO ENEM)** – A velocidade escalar de um carro está representada em função do tempo na figura abaixo.



Podemos concluir que a aceleração escalar média entre $t_1 = 0$ e $t_2 = 10{,}0s$ é
a) nula b) $1{,}0m/s^2$ c) $1{,}5m/s^2$
d) $2{,}0m/s^2$ e) $3{,}0m/s^2$

Resolução
$t_1 = 0 \Rightarrow V_1 = 10{,}0m/s$
$t_2 = 10{,}0s \Rightarrow V_2 = 30{,}0m/s$

$$\gamma_m = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{30{,}0 - 10{,}0}{10{,}0 - 0} \text{ (m/s}^2\text{)}$$

$$\boxed{\gamma_m = 2{,}0m/s^2}$$

Resposta: D

(MODELO ENEM) – Observe o texto e a tabela para responder às questões de 4 a 6.

Em um teste de retomada de velocidade de um automóvel, foram anotados os seguintes dados:

Marcha	Variação de velocidade (em km/h)	Tempo gasto (em s)	Distância percorrida (em metros)
3.ª	36 a 72	8,0	120
4.ª	72 a 108	10,0	?

Sabe-se que, quando a aceleração escalar é constante, a velocidade escalar média entre dois instantes é dada pela média aritmética entre as velocidades escalares nos referidos instantes.

4 As acelerações escalares médias na 3.ª e na 4.ª marcha são, respectivamente, iguais a:
a) $1{,}25m/s^2$ e $1{,}0m/s^2$
b) $1{,}0m/s^2$ e $1{,}0m/s^2$
c) $1{,}25m/s^2$ e $1{,}25m/s^2$
d) $1{,}5m/s^2$ e $1{,}0m/s^2$
e) $1{,}0m/s^2$ e $1{,}25m/s^2$

Resolução

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

3.ª marcha:
$\Delta V = 72km/h - 36km/h = 36km/h = 10m/s$
$\Delta t = 8{,}0s$

$$\gamma_m = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{10}{8{,}0} \text{ m/s}^2 \Rightarrow \boxed{\gamma_m = 1{,}25m/s^2}$$

4.ª marcha:
$\Delta V = 108km/h - 72km/h = 36km/h = 10m/s$
$\Delta t = 10{,}0s$

$$\gamma_m = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{10}{10{,}0} \text{ (m/s}^2\text{)}$$

$$\boxed{\gamma_m = 1{,}0m/s^2}$$

Resposta: A

5 Na 3.ª marcha, podemos afirmar que
a) a aceleração escalar se manteve, necessariamente, constante.

b) a aceleração escalar pode ter-se mantido constante.
c) a aceleração escalar certamente aumentou.
d) a aceleração escalar certamente diminuiu.
e) a aceleração escalar variou, podendo ter aumentado ou diminuído.

Resolução

$$V_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{120m}{8,0s} = 15m/s$$

$$MA = \frac{V_1 + V_2}{2} = \frac{10 + 20}{2} (m/s) = 15m/s$$

Como V_m = MA, a aceleração escalar pode ter-se mantido constante, porém tal condição, verificada apenas para dois instantes, é condição necessária mas não suficiente para a aceleração escalar ser constante.

Resposta: B

6 Admitindo-se que, na 4.ª marcha, a aceleração escalar se manteve constante, a distância percorrida nos 10,0s de movimento será igual a:
a) 10m b) 120m c) 150m
d) 250m e) 500m

Resolução
Se a aceleração escalar for constante, temos:

$$V_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{V_1 + V_2}{2}$$

$$\frac{\Delta s}{10,0} = \frac{20 + 30}{2}$$

$$\boxed{\Delta s = 250m}$$

Resposta: D

Exercícios Propostos

1 Partindo do repouso, um avião percorre a pista e atinge a velocidade escalar de 360km/h, em 25 segundos. Qual o valor da aceleração escalar média em m/s²?
a) 2,0 b) 4,0 c) 6,0 d) 7,2 e) 9,8

RESOLUÇÃO:

$$\gamma = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{100}{25} (m/s^2) \Rightarrow \boxed{\gamma = 4,0m/s^2}$$

Resposta: B

2 Um trem está com velocidade escalar de 72km/h quando freia com aceleração escalar constante de módulo igual a 0,40m/s². Calcule o intervalo de tempo que o trem gasta para parar.

RESOLUÇÃO:

$$\Delta t = \frac{\Delta v}{\gamma} = \frac{-20}{-0,40} (s) \Rightarrow \boxed{\Delta t = 50s}$$

3 Um móvel percorre uma trajetória retilínea com um movimento descrito pela equação horária:
$s = 2,0 + 4,0t + 3,0t^2$ (SI)
Calcule
a) a velocidade escalar no instante $t_1 = 2,0s$.
b) a aceleração escalar.

RESOLUÇÃO:

$$V = \frac{ds}{dt} \Rightarrow V = 4,0 + 6,0t \quad (SI)$$

Para t = 2,0s: V = 16,0m/s

$$\gamma = \frac{dv}{dt} \Rightarrow \gamma = 6,0m/s^2$$

4 Uma partícula desloca-se, em trajetória retilínea, com equação horária dos espaços dada por:

$$s = 2,0t^3 - 16,0 \text{ (SI)}$$

No instante t_1, a partícula passa pela origem dos espaços.
No instante t_1, a velocidade escalar vale V_1 e a aceleração escalar vale γ_1.
Os valores de V_1 e γ_1 são dados por:
a) $V_1 = 24,0m/s$ e $\gamma_1 = 12,0m/s^2$.
b) $V_1 = 6,0m/s$ e $\gamma_1 = 24,0m/s^2$.
c) $V_1 = 6,0m/s$ e $\gamma_1 = 12,0m/s^2$.
d) $V_1 = 12,0m/s$ e $\gamma_1 = 12,0m/s^2$.
e) $V_1 = 24,0m/s$ e $\gamma_1 = 24,0m/s^2$.

RESOLUÇÃO:

1) $t = t_1 \Rightarrow s = s_1 = 0$

$2,0\,t_1^3 - 16,0 = 0$

$t_1^3 = 8,0 \Rightarrow \boxed{t_1 = 2,0s}$

2) $V = \frac{ds}{dt} = 6,0t^2$ (SI)

$t_1 = 2,0s \Rightarrow \boxed{V_1 = 24,0m/s}$

3) $\gamma = \frac{dV}{dt} = 12{,}0t$ (SI)

$t_1 = 2{,}0s \Rightarrow \boxed{\gamma_1 = 24{,}0m/s^2}$

Resposta: E

No Portal Objetivo

Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO** **(www.portal.objetivo.br)** e, em "localizar", digite **FIS1M113**

5 **(MODELO ENEM)** – Num jogo do Brasil, o tira-teima mostrou que o jogador brasileiro chutou a bola diretamente contra o goleiro do time adversário. A bola atingiu o goleiro com velocidade de módulo igual a 108km/h e este conseguiu imobilizá-la em 0,10s, com um movimento de recuo dos braços. O módulo da aceleração escalar média da bola, durante a ação do goleiro, foi, em m/s^2, igual a:

a) $3{,}0 \cdot 10^3$ b) $1{,}1 \cdot 10^3$ c) $3{,}0 \cdot 10^2$
d) $1{,}1 \cdot 10^2$ e) 3,0

RESOLUÇÃO:
v = 108km/h = 30m/s

$\gamma_m = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{30}{0{,}10} (m/s^2) \Rightarrow \boxed{\gamma_m = 3{,}0 \cdot 10^2 m/s^2}$

Resposta: C

Módulos 16 e 17 – Classificação dos movimentos

Palavras-chave:
• Progressivo – Retrógrado
• Acelerado – Retardado

1. Quanto à equação horária

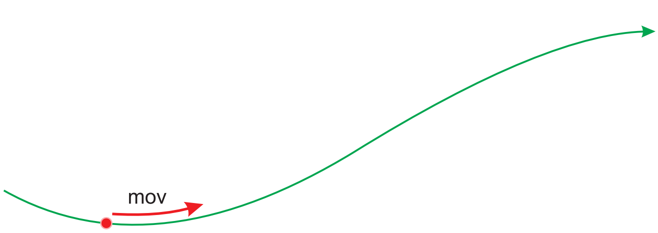
a) Quando a relação s = f(t) é do 1.º grau, o movimento é chamado uniforme.

b) Quando a relação s = f(t) é do 2.º grau, o movimento é chamado uniformemente variado.

2. Quanto ao sentido do movimento

Movimento Progressivo: o sentido do movimento coincide com o sentido positivo da trajetória.

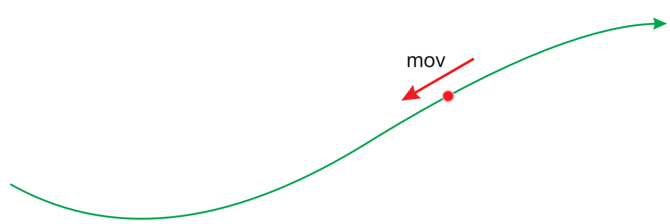
Neste caso, **o espaço (s) é crescente e a velocidade escalar (V) é positiva.**



MOVIMENTO PROGRESSIVO ⇔ s crescente ⇔ V > 0

Movimento Retrógrado: o sentido do movimento é oposto ao sentido positivo da trajetória.

Neste caso, o **espaço (s) é decrescente e a velocidade escalar (V) é negativa**.



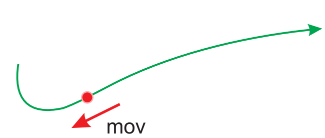
MOVIMENTO RETRÓGRADO ⇔ s decrescente ⇔ V < 0

3. Quanto ao módulo da velocidade

Movimento Acelerado: o módulo da velocidade aumenta.

Neste caso, a velocidade escalar (V) e a aceleração escalar (γ) têm mesmo sinal.

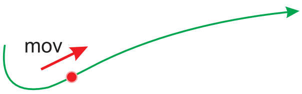
$V > 0$ e $\gamma > 0$

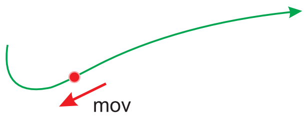


$V < 0$ e $\gamma < 0$

Movimento Retardado: *o módulo da velocidade diminui.*

Neste caso, a velocidade escalar (V) e a aceleração escalar (γ) têm sinais opostos.





$V > 0$ e $\gamma < 0$ $\qquad$ $V < 0$ e $\gamma > 0$

Movimento Uniforme: *o módulo da velocidade permanece constante.*

Neste caso, a aceleração escalar (γ) será nula.

Movimento Uniforme $\Leftrightarrow$ | V | constante $\Leftrightarrow \gamma = 0$

Saiba mais

A classificação de um movimento, quanto ao sinal da velocidade escalar (V), está relacionada ao sentido do movimento.

O ônibus, ao aproximar-se do ponto para deixar o passageiro, efetua um movimento retardado até parar.

Na largada de uma corrida, os automóveis descrevem movimentos acelerados.

Exercícios Resolvidos – Módulo 16

1 Uma partícula está em movimento com equação horária dos espaços dada, em unidades do SI, por:

$$s = 4{,}0t^2 - 10{,}0t + 7{,}0$$

a) Qual a trajetória da partícula?

b) Calcule, no instante t = 1,0s, os valores da velocidade escalar e da aceleração escalar.

c) Classifique o movimento (progressivo ou retrógrado e acelerado ou retardado) no instante t = 1,0s.

Resolução

a) A trajetória não está determinada, pois a equação horária dos espaços não indica a trajetória do móvel.

b) $V = 8{,}0t - 10{,}0$ (SI)

$\gamma = 8{,}0\text{m/s}^2$ (constante)

$$t = 1{,}0\text{s} \begin{cases} V_1 = -2{,}0\text{m/s} \\ \gamma_1 = 8{,}0\text{m/s}^2 \end{cases}$$

c) O movimento é retrógrado, porque a velocidade escalar é negativa, e é retardado, porque a velocidade escalar e a aceleração escalar têm sinais opostos.

Respostas: a) Não está definida.
b) $-2{,}0\text{m/s}$ e $8{,}0\text{m/s}^2$.
c) Retrógrado e retardado.

2 **(MODELO ENEM)** – Uma bola foi abandonada na Lua, a partir do repouso, de uma altura H acima do solo lunar. Durante a queda da bola,

a) sua aceleração é nula.

b) seu movimento é progressivo e acelerado.

c) seu movimento é retrógrado e acelerado.

d) seu movimento é acelerado, podendo ser progressivo ou retrógrado.

e) seu movimento é progressivo e retardado.

Resolução

Durante a queda, a velocidade da bola terá módulo crescente e seu movimento será, certamente, acelerado.

O sinal de sua velocidade escalar, que definirá se o movimento é progressivo (V > 0) ou retrógrado (V < 0) não está determinado, pois dependerá da orientação da trajetória.

Se a trajetória foi orientada para baixo, teremos V > 0 e o movimento será progressivo. Se a trajetória foi orientada para cima, teremos V < 0 e o movimento será retrógrado.

Resposta: D

3 **(MODELO ENEM)** – Um revólver dispara um projétil verticalmente para cima e sua velocidade escalar **V** varia com o tempo **t** segundo a relação:

$$V = 200 - 10t \text{ (SI)}$$

O movimento do projétil será retardado durante o intervalo de tempo que vai do instante $t_1 = 0$ até o instante:

a) $t_2 = 5\text{s}$ $\quad$ b) $t_2 = 10\text{s}$ $\quad$ c) $t_2 = 20\text{s}$

d) $t_2 = 40\text{s}$ $\quad$ e) $t_2 = 50\text{s}$

Resolução

O projétil terá movimento retardado enquanto estiver subindo (V > 0), isto é, até o instante t_2 em que sua velocidade escalar vai anular-se:

$V = 0$

$200 - 10\,t_2 = 0 \Rightarrow 10\,t_2 = 200$

$$\boxed{t_2 = 20\text{s}}$$

Resposta: C

1 Complete as lacunas:

(I) Quando o móvel caminha no sentido positivo da trajetória, sua velocidade escalar é ____________ e o movimento é chamado____________.

(II) Quando o móvel caminha no sentido negativo da trajetória, sua velocidade escalar é ____________ e o movimento é chamado____________.

(III) Quando o valor absoluto da velocidade escalar aumenta, o movimento é ____________ e, neste caso, a velocidade escalar e a aceleração escalar têm ____________.

(IV) Quando o valor absoluto da velocidade escalar diminui, o movimento é ____________ e, neste caso, a velocidade escalar e a aceleração escalar têm ____________.

RESOLUÇÃO:
(I) positiva – progressivo **(II) negativa – retrógrado**
(III) acelerado – sinais iguais **(IV) retardado – sinais opostos**

2 Um móvel desloca-se em uma trajetória retilínea com equação horária do espaço dada por:

$$x = 4{,}0 + 2{,}0t - 2{,}0t^2 \quad \text{(SI)}$$

No instante t = 1,0s, o movimento é

a) uniforme e retrógrado;
b) progressivo e acelerado;
c) retrógrado e acelerado;
d) progressivo e retardado;
e) retrógrado e retardado.

RESOLUÇÃO:
$V = 2{,}0 - 4{,}0t$
$\gamma = -4{,}0\text{m/s}^2$ (constante)
$t = 1{,}0\text{s} \Rightarrow V = -2{,}0\text{m/s}$ e $\gamma = -4{,}0\text{m/s}^2$
movimento retrógrado (V < 0) e acelerado (V e γ com sinais iguais)
Resposta: C

3 Um ponto material está-se movendo, em uma trajetória retilínea, com equação horária do espaço dada por:

$$s = 2{,}0t^3 - 5{,}0t^2 + 2{,}0t - 10{,}0 \quad \text{(SI)}$$

Na origem dos tempos, o movimento é

a) progressivo e acelerado;
b) progressivo e retardado;
c) retrógrado e acelerado;
d) retrógrado e retardado;
e) uniformemente variado.

RESOLUÇÃO:
$V = 6{,}0t^2 - 10{,}0t + 2{,}0$ (SI)
$\gamma = 12{,}0t - 10{,}0$
$t = 0 \Rightarrow V = 2{,}0\text{m/s}$ e $\gamma = -10{,}0\text{m/s}^2$
Movimento progressivo e retardado.
Resposta: B

4 A velocidade escalar de uma partícula é dada pela expressão:

$$V = 3{,}0 - 1{,}5t \text{ (em unidades do SI)}$$

a) Determine o instante em que ela para e a partir do qual inverte o sentido de seu movimento.
b) Classifique seu movimento nos instantes $t_1 = 1{,}0\text{s}$ e $t_2 = 3{,}0\text{s}$.

RESOLUÇÃO:

a) t = 2,0s
b) $V = 3{,}0 - 1{,}5t$ (SI)
$\gamma = -1{,}5\text{m/s}^2$ (constante)

$$t_1 = 1{,}0\text{s}\begin{cases} V = 1{,}5\text{m/s} \\ \gamma = -1{,}5\text{m/s}^2 \end{cases} \quad \textbf{Mov. progressivo retardado}$$

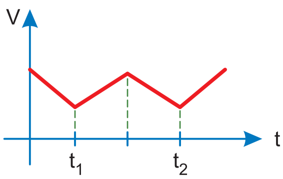
$$t_2 = 3{,}0\text{s}\begin{cases} V = -1{,}5\text{m/s} \\ \gamma = -1{,}5\text{m/s}^2 \end{cases} \quad \textbf{Mov. retrógrado e acelerado}$$

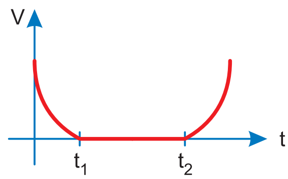
No Portal Objetivo

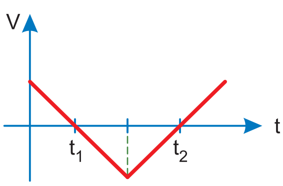
Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO** (**www.portal.objetivo.br**) e, em "localizar", digite **FIS1M114**

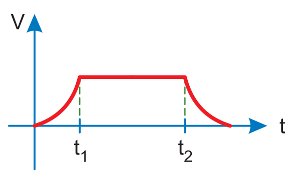
5 **(USS-RJ-MODELO ENEM)**

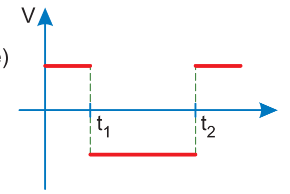
Com relação à historinha acima, digamos que a limusine passe por dois quebra-molas seguidos, nos instantes t_1 e t_2. Qual é o gráfico que melhor descreve a velocidade do veículo no trecho considerado?

a) 

b) 

c) 

d) 

e) 

RESOLUÇÃO

Antes de chegar ao primeiro quebra-molas (instante t_1), o carro deve frear e o módulo de sua velocidade vai diminuir.
Imediatamente após passar o primeiro quebra-molas, o carro acelera e o módulo de sua velocidade aumenta.
Antes de chegar ao segundo quebra-molas (instante t_2), o carro volta a frear e o módulo de sua velocidade volta a diminuir. Imediatamente após passar o segundo quebra-molas, o carro volta a acelerar e o módulo de sua velocidade volta a aumentar.
Esta sequência de eventos ocorre na opção A.
Resposta: A

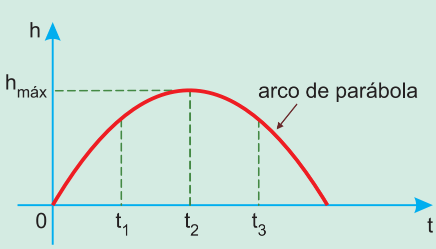
Exercícios Resolvidos – Módulo 17

1 O gráfico a seguir representa a altura h em função do tempo t para um projétil lançado verticalmente para cima a partir do solo terrestre, que é tomado como referencial.

O gráfico tem a forma de um arco de parábola.

a) O que ocorre no instante $t = t_2$?

b) Classifique o movimento nos instantes t_1 e t_3 como progressivo ou retrógrado e acelerado ou retardado.



Resolução

a) No instante $t = t_2$ (vértice da parábola), temos o ponto de inversão do movimento e a velocidade é nula.

b) 1) No gráfico espaço x tempo, a aceleração escalar será positiva ou negativa conforme a parábola tenha concavidade para cima ou para baixo, respectivamente.

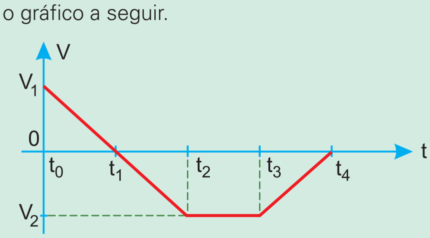
2) No gráfico espaço x tempo, a velocidade escalar será positiva ou negativa conforme o espaço seja crescente ou decrescente, respectivamente.

3) instante t_1 $\left\{ \begin{array}{l} V > 0 \\ \gamma < 0 \end{array} \right\}$ progressivo e retardado

instante t_3 $\left\{ \begin{array}{l} V < 0 \\ \gamma < 0 \end{array} \right\}$ retrógrado e acelerado

Respostas: a) velocidade nula
b) t_1: progressivo e retardado
t_3: retrógrado e acelerado

2 **(MODELO ENEM)** – A velocidade escalar de um carro varia com o tempo de acordo com o gráfico a seguir.



O movimento é

a) retardado no intervalo de tempo de t_1 a t_4.

b) retardado no intervalo de tempo de t_0 a t_2.

c) retardado somente no intervalo de tempo de t_3 a t_4.

d) acelerado no intervalo de tempo de t_2 a t_3.

e) acelerado no intervalo de tempo de t_1 a t_2.

Resolução

1) A velocidade escalar é positiva quando o gráfico $V = f(t)$ estiver acima do eixo dos tempos.

2) A velocidade escalar é negativa quando o gráfico $V = f(t)$ estiver abaixo do eixo dos tempos.

3) A aceleração escalar é positiva quando a função $V = f(t)$ for crescente.

4) A aceleração escalar é negativa quando a função $V = f(t)$ for decrescente.

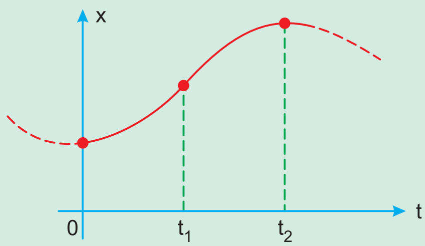
$t_0 \to t_1$ $\left\{ \begin{array}{l} V > 0 \\ \gamma < 0 \end{array} \right\}$ progressivo e retardado

$t_1 \to t_2$ $\left\{ \begin{array}{l} V < 0 \\ \gamma < 0 \end{array} \right\}$ retrógrado e acelerado

$t_3 \to t_4$ $\left\{ \begin{array}{l} V < 0 \\ \gamma > 0 \end{array} \right\}$ retrógrado e retardado

Resposta: E

3 **(MODELO ENEM)** – Um carro está-se movimentando em uma rodovia retilínea e sua posição **x** determinada pelo marco quilométrico da estrada, num certo intervalo de tempo, é definida pelo gráfico a seguir, formado por dois arcos de parábola com vértices nos instantes $t = 0$ e $t = t_2$.



A análise do gráfico nos permite concluir:

a) No intervalo de tempo de 0 a t_1, o movimento do carro é progressivo e retardado.

b) No intervalo de tempo de 0 a t_1, o movimento do carro é retrógrado e acelerado.

c) No intervalo de tempo entre t_1 e t_2, o movimento do carro é progressivo e acelerado.

d) No intervalo de tempo entre t_1 e t_2, o movimento do carro é progressivo e retardado.

e) No intervalo de tempo entre t_1 e t_2, o movimento do carro é retrógrado e acelerado.

Resolução

1) O sinal da velocidade escalar **V** será positivo ou negativo conforme o espaço seja crescente ou decrescente, respectivamente.

2) O sinal de aceleração escalar γ será positivo ou negativo conforme o arco de parábola tenha concavidade para cima (0 a t_1) ou para baixo (t_1 a t_2), respectivamente.

3) Intervalo de 0 e t_1:

Espaço crescente: $V > 0$

Arco de parábola com concavidade para cima: $\gamma > 0$

Sendo $V > 0$, o movimento é progressivo:

Como V e γ têm o mesmo sinal, o movimento é acelerado.

4) Intervalo de t_1 a t_2:

Espaço crescente: $V > 0$

arco de parábola com concavidade para baixo: $\gamma < 0$

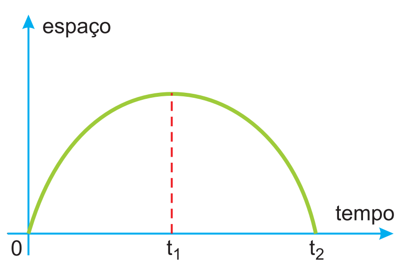
Sendo $V > 0$, o movimento é progressivo.

Como V e γ têm sinais opostos, o movimento é retardado.

Resposta: D

Exercícios Propostos – Módulo 17

1 O gráfico a seguir representa o espaço em função do tempo para o movimento de uma partícula que descreve uma trajetória retilínea.



O gráfico tem a forma de um arco de parábola com vértice correspondente ao instante $t = t_1$.

Classifique o movimento como progressivo ou retrógrado e acelerado ou retardado

a) para $0 < t < t_1$

b) para $t_1 < t < t_2$

RESOLUÇÃO:

a) De 0 a t_1

1) Espaço crescente $\Rightarrow V > 0$

2) Parábola com concavidade para baixo $\Rightarrow \gamma < 0$
Movimento progressivo ($V > 0$) e retardado ($V \cdot \gamma < 0$)

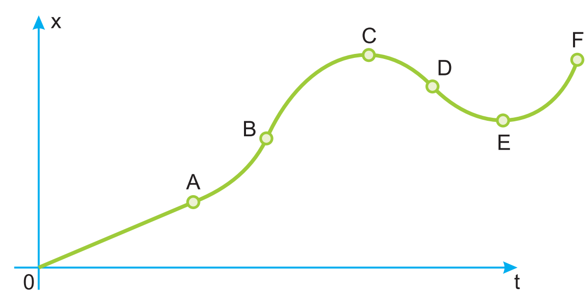
b) De t_1 a t_2

1) Espaço decrescente $\Rightarrow V < 0$

2) Parábola com concavidade para baixo, $\gamma < 0$
Movimento retrógrado ($V < 0$) e acelerado ($V \cdot \gamma > 0$)

Respostas: a) progressivo e retardado
b) retrógrado e acelerado

2 O gráfico representa o espaço em função do tempo para uma partícula que se desloca ao longo de uma trajetória retilínea. O trecho OA é retilíneo e os trechos AB, BCD e DEF são arcos de parábola com eixos de simetria paralelos ao eixo Ox.



Classifique os movimentos nos trechos:

a) OA b) AB c) BC
d) CD e) DE f) EF

RESOLUÇÃO:

a) OA: Movimento uniforme e progressivo ($V > 0$)

b) AB: MUV (arco de parábola)
progressivo (espaço crescente)
acelerado ($V > 0$ e $\gamma > 0$)

c) BC: MUV; progressivo ($V > 0$) e retardado ($V > 0$ e $\gamma < 0$)

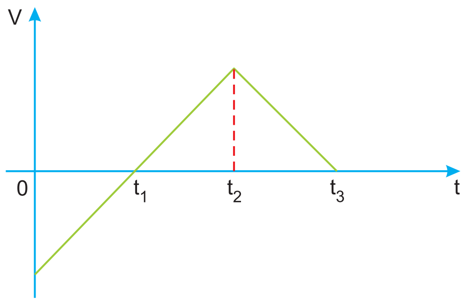
d) CD: MUV; retrógrado ($V < 0$) e acelerado ($V < 0$ e $\gamma < 0$)

e) DE: MUV; retrógrado ($V < 0$) e retardado ($V < 0$ e $\gamma > 0$)

f) EF: MUV; progressivo ($V > 0$) e acelerado ($V > 0$ e $\gamma > 0$)

3 **(MODELO ENEM)** – A seguir, está representado o gráfico da velocidade escalar (V) de um carro em função do tempo (t). A respeito desse movimento, é correto afirmar que

a) entre 0 e t_3 é sempre acelerado.
b) entre 0 e t_3 é sempre retardado.
c) entre 0 e t_1 é retardado.
d) entre t_1 e t_2 é retardado.
e) entre t_2 e t_3 é retrógrado.



RESOLUÇÃO:

1) A velocidade escalar será positiva ou negativa conforme o gráfico V = f(t) esteja acima ou abaixo do eixo dos tempos.

2) A aceleração escalar será positiva ou negativa conforme a velocidade escalar seja crescente ou decrescente.

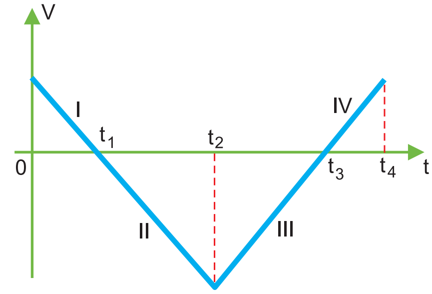
$$0 \to t_1 \begin{cases} \text{1) retrógrado porque } V < 0 \\ \text{2) retardado porque } |V| \text{ diminui} \end{cases}$$

$$t_1 \to t_2 \begin{cases} \text{1) progressivo porque } V > 0 \\ \text{2) acelerado porque } |V| \text{ aumenta} \end{cases}$$

$$t_2 \to t_3 \begin{cases} \text{1) progressivo porque } V > 0 \\ \text{2) retardado porque } |V| \text{ diminui} \end{cases}$$

Resposta: C

4 A velocidade escalar de uma partícula varia com o tempo, conforme o gráfico apresentado a seguir.



No gráfico, destacamos quatro secções distintas indicadas por I ($0 \leq t < t_1$), II ($t_1 < t < t_2$), III ($t_2 < t < t_3$) e IV ($t_3 < t < t_4$). Classifique, em cada secção, o movimento como progressivo ou retrógrado; acelerado ou retardado.

RESOLUÇÃO:

(I) O movimento é progressivo porque a velocidade escalar é positiva e é retardado porque |V| está diminuindo.

(II) O movimento é retrógrado porque a velocidade escalar é negativa e é acelerado porque |V| está aumentando.

(III) O movimento é retrógrado porque a velocidade escalar é negativa e é retardado porque |V| está diminuindo.

(IV) O movimento é progressivo porque a velocidade escalar é positiva e é acelerado porque |V| está aumentando.

Módulos 18 a 23

Movimento uniforme

Palavras-chave:
- Velocidade contante
- Aceleração nula

1. Definição

Um movimento é chamado **uniforme** quando a relação espaço-tempo é do 1º grau, isto é, da forma:

$$s = A + Bt$$

em que A e B são parâmetros constantes com $B \neq 0$.

2. Parâmetro A

Para t = 0 (origem dos tempos), temos $s_0 = A$ e, portanto:

O parâmetro A representa o espaço inicial.

$$A = s_0$$

3. Parâmetro B

A velocidade escalar V é dada por:

$$V = \frac{ds}{dt} = 0 + B \Rightarrow \quad B = V$$

O parâmetro B representa a velocidade escalar.

4. Propriedades do movimento uniforme

a) Equação horária do espaço:

$$s = s_0 + Vt$$

b) A velocidade escalar média é igual à velocidade escalar instantânea, é constante e diferente de zero.

$$V_m = V = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \text{constante} \neq 0$$

c) A aceleração escalar média é igual à aceleração escalar instantânea, é constante e igual a zero.

$$\gamma_m = \gamma = \text{constante} = 0$$

d) O movimento pode ser progressivo ($V > 0$) ou retrógrado ($V < 0$), porém não é nem acelerado nem retardado, pois a velocidade escalar é constante ($\gamma = 0$).

5. A denominação **uniforme** deriva do fato de a velocidade escalar ser constante, isto é, é um movimento que se processa sempre da mesma forma, com o móvel percorrendo distâncias iguais em intervalos de tempo iguais.

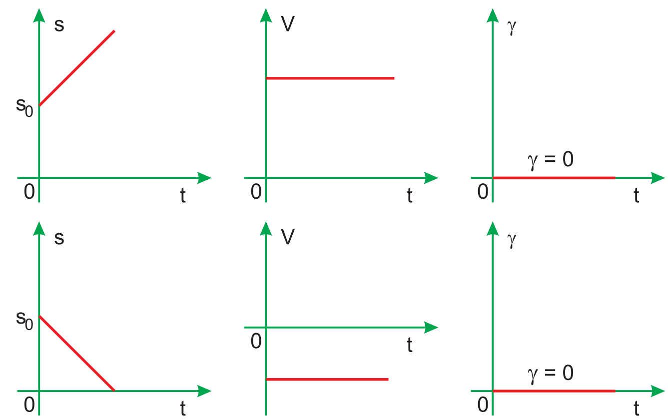
6. Podemos ter movimento uniforme em qualquer trajetória.

Saiba mais

Um paraquedista, partindo do repouso e em trajetória vertical, tem uma fase inicial de movimento acelerado (praticamente uma queda livre) com o paraquedas fechado; em seguida, uma fase de movimento retardado, com a abertura do paraquedas, e finalmente atinge uma velocidade escalar limite da ordem de 5,0m/s (18km/h) que é mantida constante. Assim, após atingir a velocidade escalar limite, o paraquedista assume um **movimento uniforme**.

Uma nave espacial, com o sistema de jatos desligados e afastada de outros corpos celestes, desloca-se em linha reta com velocidade escalar constante, isto é, em **movimento uniforme**.

7. Gráficos do movimento uniforme



8. Interpretações gráficas

a) Gráfico espaço x tempo:

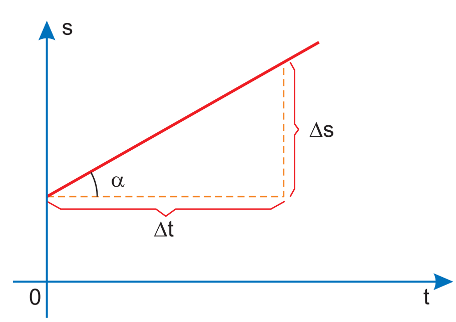
$$tg\ \alpha \stackrel{N}{=} \frac{\Delta s}{\Delta t} = V$$

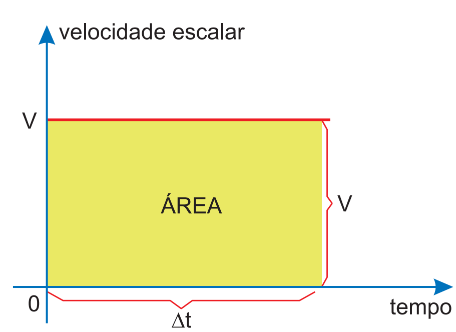
No gráfico espaço x tempo, a declividade da reta s = f(t) mede a velocidade escalar.

b) Gráfico velocidade escalar x tempo:

$$\text{Área} \stackrel{N}{=} V \cdot \Delta t = \Delta s$$

No gráfico velocidade escalar x tempo, a área sob o gráfico mede a variação de espaço Δs.





Exercícios Resolvidos – Módulo 18

1 Um carro descreve uma trajetória retilínea com movimento uniforme.
No instante $t_1 = 10,0s$, a posição do carro é definida por um espaço $s_1 = 250m$.
No instante $t_2 = 20,0s$, a posição do carro é definida por um espaço $s_2 = 450m$.
Determine
a) a velocidade escalar do carro em km/h.
b) a posição do carro na origem dos tempos (t = 0).

Resolução

a) $V = \dfrac{\Delta s}{\Delta t} = \dfrac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1} = \dfrac{450 - 250}{20,0 - 10,0}$ (m/s)

$V = 20,0m/s = 20,0 \,.\, 3,6km/h$

$\boxed{V = 72,0km/h}$

b) $s = s_0 + V\,t$

$t_1 = 10,0s$

$s_1 = 250m$

$250 = s_0 + 20,0 \,.\, 10,0 \Rightarrow \boxed{s_0 = 50,0m}$

Respostas: **a) 72,0km/h**
b) 50,0m

(PISA-MODELO ENEM) – VOO ESPACIAL
Questões de 2 a 4.

A estação espacial Mir permaneceu em órbita por 15 anos e deu cerca de 87 600 voltas em torno da Terra, durante o tempo em que esteve no espaço.
A permanência mais longa de um astronauta na Mir foi de, aproximadamente, 680 dias.

2 Aproximadamente, quantas voltas este astronauta deu ao redor da Terra?
a) 110 b) 1100 c) 11000
d) 110 000 e) 1100 000

Resolução

87 600 ———— 15 . 365
x ———— 680

$x = \dfrac{680 \,.\, 87\,600}{15 \,.\, 365} = 10880$

Resposta: C

3 A massa total da Mir é de 143 000kg. Quando a Mir retornou à Terra, cerca de 80% da estação queimou-se ao atravessar a atmosfera. O restante quebrou-se em aproximadamente 1500 pedaços e caiu no Oceano Pacífico.
Qual é a massa média dos pedaços que caíram no Oceano Pacífico?
a) 19kg b) 76kg c) 95kg
d) 480kg e) 500kg

Resolução

$M' = 0,20M = 0,20 \,.\, 143\,000kg = 28\,600kg$

$m = \dfrac{M'}{1500} = \dfrac{28\,600}{1500}\,kg \cong 19kg$

Resposta: A

4 A Mir girou ao redor da Terra a uma altura de, aproximadamente, 400 quilômetros. O diâmetro da Terra mede cerca de 12 700km e sua circunferência, cerca de 40 000km.
Estime a distância total que a Mir percorreu durante as 87 600 voltas realizadas enquanto estava em órbita. Adote $\pi = 3$
Dê a resposta em km, com notação científica e com dois algarismos significativos.
a) $3,1 \,.\, 10^9km$ b) $3,5 \,.\, 10^9km$
c) $3,7 \,.\, 10^9km$ d) $4,2 \,.\, 10^9km$
e) $3,5 \,.\, 10^{10}km$

Resolução

$R = R_T + h = 6350km + 400km = 6750km$

$C = 2\pi R = 6 \,.\, 6750km = 40500km$

$\Delta s = n\,C = 87600 \,.\, 40500km$

$\Delta s = 3548.10^5km$

$\Delta s = 3548.10^6km$

$\boxed{\Delta s = 3,5 \,.\, 10^9km}$

Resposta: B

Exercícios Propostos – Módulo 18

1 A função horária do espaço, para o movimento de um ponto material, é dada por:

$$s = (a - 5,0)t^2 + (b - 3,0)\,t + 7,0 \text{ (SI)}$$

Que valores devem assumir os parâmetros a e b para que o movimento seja uniforme e retrógrado?

RESOLUÇÃO:
No movimento uniforme, a função horária dos espaços é do 1º grau, logo: $a - 5,0 = 0 \Rightarrow a = 5,0$.
No movimento retrógrado, V < 0, assim:

$$\left.\begin{array}{l} S = S_0 + V\,.\,t \\ S = (b - 3,0)t + 7,0 \end{array}\right\} V = b - 3,0 < 0$$

b < 3,0

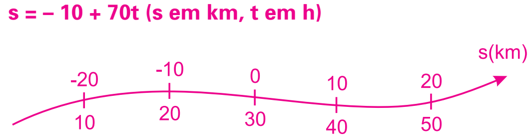
Respostas: a = 5,0   b < 3,0

2 Um automóvel desloca-se em uma estrada com movimento uniforme. No instante inicial ($t_0 = 0$), o automóvel passa pelo km 20 e duas horas depois passa pelo km 160.
a) Determine a velocidade escalar do automóvel.
b) Determine a função que relaciona a posição do automóvel com o tempo. Adote para origem dos espaços o marco km 30.

RESOLUÇÃO:

a) $V = \dfrac{\Delta s}{\Delta t} = \dfrac{140\text{ (km)}}{2\text{ (h)}} \Rightarrow V = 70km/h$

b) **s = – 10 + 70t (s em km, t em h)**



3 **(VUNESP-MODELO ENEM)** – Conhecida pelo nome de seu idealizador, a sonda de Behm determinava com precisão a profundidade do leito oceânico. Consistia em um cartucho explosivo que era detonado na água, em um dos lados do casco do navio. O abalo produzido, propagando-se na água, atingia o leito do mar e refletia-se para a superfície, onde, do outro lado da embarcação, um microfone protegido do som inicial pelo casco do navio recolhia o eco proveniente do fundo. Um navio em águas oceânicas, após detonar uma sonda, registra o eco 1,2s após a detonação. Sabendo-se que o módulo da velocidade de propagação do som na água do mar é $1,4 \cdot 10^3$m/s, a profundidade local do leito é, aproximadamente,

a) 260m b) 420m c) 840m
d) 1 260m e) 1 680m

RESOLUÇÃO:

1) O intervalo de tempo dado (1,2s) é o tempo gasto pelo abalo para ir até o fundo do mar e voltar.
Portanto, o tempo gasto para percorrer a profundidade *d* do oceano é apenas a metade, 0,60s.

2) $\Delta s = Vt$ (MU)

$d = 1,4 \cdot 10^3 \cdot 0,60(m)$ $\boxed{d = 8,4 \cdot 10^2 m}$

Resposta: C

Exercícios Resolvidos – Módulo 19

1 Um carro move-se com velocidade escalar constante de 100km/h sobre uma estrada retilínea, e seu movimento é acompanhado numa tela de radar. Um trecho de 5,0km de comprimento da estrada aparece na tela como tendo 10,0cm. Quando o carro está no marco zero da estrada, o ponto luminoso está na origem do sistema de coordenadas na tela do radar. Sabendo-se que no instante $t_0 = 0$ (origem dos tempos) o carro está em um ponto da estrada que dista 10,0km do marco zero, obtenha

a) a velocidade escalar do ponto luminoso na tela do radar, em m/h;
b) a equação horária para o movimento do ponto luminoso, com **s** em centímetros e **t** em horas.

Resolução

a) A escala que relaciona as distâncias na tela do radar e na estrada é dada por uma regra de três:

5,0km ———————— 10,0cm
D km ———————— d cm

$5,0\, d = 10,0\, D \Rightarrow d = 2,0\, D$ $\left\{ \begin{array}{l} D \text{ em km} \\ d \text{ em cm} \end{array} \right\}$

Para D = 100km, temos d = 200cm = 2,0m.

A velocidade do carro de 100km/h corresponde na tela do radar a uma velocidade de 2,0m/h.

b) De acordo com o texto, s_0 = 10,0km para o carro e s_0 = 20,0cm na tela do radar.

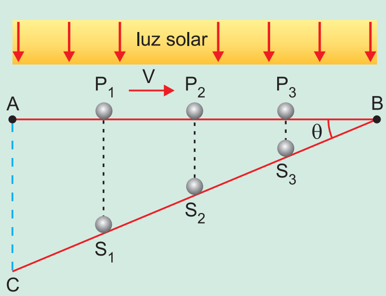
V_{tela} = 2,0m/h = 200cm/h

Portanto: $s = s_0 + V\,t$

$\boxed{s = 20,0 + 200\,t}$ $\left\{ \begin{array}{l} t \text{ em horas} \\ s \text{ em centímetros} \end{array} \right.$

Respostas: a) V = 2,0m/h
b) s = 20,0 + 200t

2 **(MODELO ENEM)** – Uma bolinha está-se deslocando com velocidade constante de módulo V ao longo da reta AB indicada na figura. A luz solar incide perpendicularmente à sua trajetória, provocando o aparecimento de uma sombra no plano inclinado CB.



O ângulo θ indicado na figura é um ângulo agudo (menor que 90°).

$P_1, P_2, P_3, \ldots$ posições da bolinha ao longo da reta AB.

$S_1, S_2, S_3, \ldots$ posições da sombra da bolinha ao longo da reta CB.

A velocidade da sombra da bolinha tem módulo

a) igual a V para qualquer valor de θ.
b) maior que V.
c) menor que V.
d) maior ou menor que V, dependendo do ângulo θ.
e) igual a V somente se θ = 45°.

Resolução

No mesmo intervalo de tempo, a bolinha vai de A para B e a sombra vai de C para B.

Como a sombra percorre distância maior que a bolinha, no mesmo intervalo de tempo, concluímos que a velocidade da sombra é maior que a da bolinha.

Resposta: B

3 **(UFT-MODELO ENEM)** – Em uma tempestade, o som da descarga atmosférica é observado depois de seu respectivo clarão, que acontece quase que instantaneamente. Foi observado inicialmente que havia um tempo médio de 7s de atraso entre os clarões e seus respectivos sons. Após 1 minuto, o tempo médio de atraso passou a ser de 13s. Considerando-se que o módulo da velocidade de propagação do som na atmosfera é de aproximadamente 340m/s, podemos afirmar:

a) A tempestade está-se aproximando do observador com uma velocidade de módulo 22m/s.
b) A tempestade está parada com relação ao observador.
c) A tempestade está-se afastando do observador com uma velocidade de módulo 22m/s.
d) A tempestade está-se afastando do observador com uma velocidade de módulo 34m/s.

Resolução

1) Distância inicial do local do raio ao observador: $d_1 = V_{som} \cdot T_1$

2) Distância final do local do raio ao observador: $d_2 = V_{som} \cdot T_2$

3) Velocidade com que a tempestade se afasta do observador:

$$V = \frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{d_2 - d_1}{\Delta t}$$

$$V = \frac{V_{som}\,(T_2 - T_1)}{\Delta t}$$

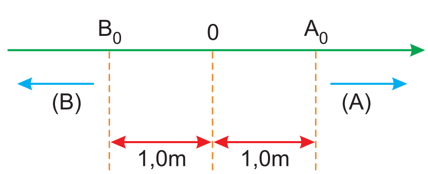
$$V = \frac{340 \,.\, (13 - 7)}{60} \text{ (m/s)}$$

$$\boxed{V = 34\text{m/s}}$$

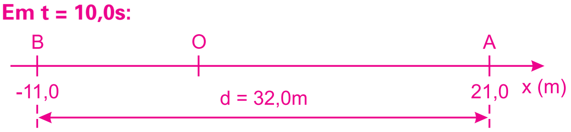
Resposta: D

Exercícios Propostos – Módulo 19

1 Dois móveis, A e B, percorrem uma mesma trajetória retilínea com movimentos uniformes e velocidades com intensidades respectivamente iguais a 2,0m/s e 1,0m/s e sentidos indicados na figura. No instante t_0, o móvel A está posicionado em A_0 e o móvel B em B_0.
Adotando-se o ponto 0 como origem dos espaços e o instante t_0 como origem dos tempos, determine
a) as equações horárias para os movimentos de A e B;
b) a distância entre os móveis A e B no instante t_1 = 10,0s.



RESOLUÇÃO:
a) $s_A = 1{,}0 + 2{,}0\,t$ **(SI)**
$s_B = -1{,}0 - 1{,}0\,t$ **(SI)**
b) Em t = 10,0s:



d = 21,0 – (–11,0) ⇒ d = 32,0m

2 Um cidadão ouve o trovão 4,0s após ter visto o relâmpago. A velocidade do som no ar é praticamente constante e tem módulo igual a 340m/s. Determine a distância entre o cidadão e o local onde foi produzido o relâmpago.

RESOLUÇÃO:
$\Delta s = V\,.\Delta t \Rightarrow \Delta s = 340 \,.\, 4{,}0 \text{ (m)} \Rightarrow \Delta s = 1360\text{m}$

3 Considere o seguinte texto:
"Podemos medir o tempo de reação de uma pessoa usando o seguinte processo: a pessoa fica com a mão próxima de uma campainha enquanto observa uma lâmpada que deverá acender-se subitamente; quando a luz aparece, a pessoa aciona a campainha rapidamente. O tempo de reação da pessoa, para as mãos, é o intervalo de tempo decorrido entre a luz aparecer e a campainha tocar; esse tempo é medido por um cronômetro eletrônico ligado entre a lâmpada e a campainha e é da ordem de 0,20s.
Para os pés, o tempo de reação é, aproximadamente, 0,40s, pois os impulsos nervosos que comandam o movimento dos pés, a partir do cérebro, devem percorrer uma distância de, aproximadamente o dobro da distância do cérebro às mãos."
Com base neste texto, responda às questões que se seguem:
a) Estime o valor do módulo da velocidade de transmissão dos impulsos nervosos;
b) Considere um carro a 72km/h quando o motorista vê um obstáculo à frente. Qual a distância percorrida pelo carro desde a visão do obstáculo até o motorista acionar o freio?

RESOLUÇÃO:

a) $V = \dfrac{\Delta s}{\Delta t} = \dfrac{1{,}0\text{ (m)}}{0{,}20\text{ (s)}} \Rightarrow \boxed{V = 5{,}0\text{m/s}}$

b) $\Delta s = V\Delta t \Rightarrow \Delta s = 20 \,.\, 0{,}40 \text{ (m)} \Rightarrow \boxed{\Delta s = 8{,}0\text{m}}$

4 **(INEP-MODELO ENEM)** – Sabe-se que o tempo que um motorista leva para pôr os pés no freio, a partir do instante em que ele vê um acontecimento (tempo de reação), é de, aproximadamente, 0,70 segundo. Se um carro está trafegando numa avenida a 108km/h (igual a 30,0m/s), apenas nesse intervalo de tempo de reação do motorista o carro percorrerá uma distância de, aproximadamente,

a) 2,0m b) 10,0m c) 21,0m
d) 40,0m e) 50,0m

RESOLUÇÃO:
$\Delta s = V\,t$ (MU)
$D = 30{,}0 \cdot 0{,}70$ (m)

$\boxed{D = 21{,}0\text{m}}$

Resposta: C

Exercícios Resolvidos – Módulo 20

1 Um trem possui 12 vagões de 10m de comprimento cada um e uma locomotiva de 15m de comprimento. Sua velocidade escalar é constante e igual a 45m/s. Determine em quanto tempo o trem ultrapassa completamente

a) um poste ao lado da ferrovia;
b) a plataforma de 90m de comprimento de uma estação ferroviária.

Resolução

$L_{TREM} = 12 \cdot 10 + 15 \text{ (m)} \Rightarrow L_{TREM} = 135\text{m}$

a) Para ultrapassar um poste:

$\Delta s_{TREM} = L_{TREM} + L_{poste}$

Como $L_{poste} << L_{TREM}$

$\Delta s_{TREM} \cong L_{TREM} = 135\text{m}$

$$\Delta t = \frac{\Delta s_{TREM}}{V} \cong \frac{135}{45} \text{ (s)}$$

$\boxed{\Delta t \cong 3{,}0\text{s}}$

b) $\Delta s_{TREM} = L_{TREM} + L_{plataforma} = 225\text{m}$

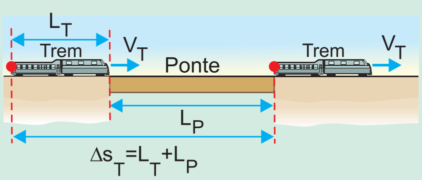
$$\Delta t = \frac{\Delta s_{TREM}}{V} = \frac{225}{45} \text{ (s)}$$

$\boxed{\Delta t = 5{,}0\text{s}}$

2 **(UFSC-MODELO ENEM)** – Um trem A, de 150m de comprimento, deslocando-se de Sul para Norte, começa a atravessar uma ponte férrea de pista dupla com trilhos retilíneos, no mesmo instante em que outro trem, B, de 500m de comprimento, que se desloca de Norte para Sul, inicia a travessia da mesma ponte.
O maquinista do trem A observa que seu trem se desloca com velocidade constante de módulo 36km/h, enquanto o maquinista do trem B verifica que seu trem está com velocidade constante de módulo 72km/h, ambas as velocidades medidas em relação ao solo. Um observador, situado em uma das extremidades da ponte, observa que os trens completam a travessia da ponte no mesmo intervalo de tempo. Assinale a proposição correta.

a) Como o trem B tem uma velocidade, em módulo, igual ao dobro da velocidade do trem A, é impossível que gastem o mesmo tempo para atravessar a ponte.
b) Não podemos calcular o comprimento da ponte, pois não foi dado o tempo gasto pelos trens para atravessá-la.
c) O comprimento da ponte é de 125m.
d) O tempo gasto pelos trens para atravessar a ponte é de 15s.
e) O comprimento da ponte é de 200m e o tempo gasto pelos trens para atravessá-la é de 35s.

Resolução



O trem começa a atravessar a ponte quando sua dianteira está no início da ponte e termina de atravessá-la quando sua traseira está no final da ponte.
A distância total percorrida pelo trem na travessia da ponte é a soma de seu comprimento com o da ponte.

$$V_T = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{L_T + L_P}{\Delta t} \Rightarrow \boxed{\Delta t = \frac{L_T + L_P}{V_T}}$$

De acordo com o enunciado temos: $\Delta t_A = \Delta t_B$

$$\frac{L_A + L_P}{V_A} = \frac{L_B + L_P}{V_B}$$

$$\frac{150 + L_P}{10} = \frac{500 + L_P}{20}$$

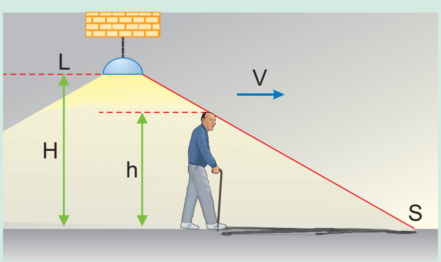
$300 + 2L_P = 500 + L_P$

$\boxed{L_P = 200\text{m}}$ e $\Delta t = \dfrac{150 + 200}{10}$ (s)

$\boxed{\Delta t = 35\text{s}}$

Resposta: E

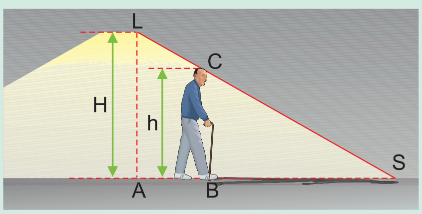
3 **(MODELO ENEM)** – Em uma rua escura, está acesa uma única lâmpada L a uma altura H do solo horizontal.
Uma pessoa de altura h caminha em trajetória retilínea com velocidade constante de módulo V, em relação ao solo.
Seja S a sombra de sua cabeça projetada no solo.



A velocidade de S, em relação ao solo, tem módulo

a) variável.
b) igual a $\dfrac{H}{H-h}$ V.
c) igual a $\dfrac{H}{h}$ V.
d) igual a V.
e) igual a $\dfrac{(H-h)}{H}$.

Resolução



Tomando-se o ponto A como origem dos espaços e orientando-se a trajetória de A para S, temos:

$\overline{AB}$ = espaço no movimento da pessoa: s_P
$\overline{AS}$ = espaço no movimento da sombra da cabeça: s_S

Da semelhança dos triângulos ALS e BCS, vem:

$$\frac{\overline{LA}}{\overline{CB}} = \frac{\overline{AS}}{\overline{BS}}$$

Porém : $\overline{LA} = H$; $\overline{CB} = h$; $\overline{AS} = s_S$;

$\overline{BS} = s_S - s_P$

Portanto : $\frac{H}{h} = \frac{s_S}{s_S - s_P}$

$H\,(s_S - s_P) = h\,s_S$

$H\,s_S - Hs_p = hs_S$

$s_S\,(H - h) = Hs_P$

$s_S = \frac{H}{H-h}\,s_P$

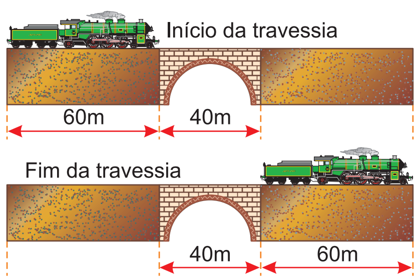
Dividindo-se os dois membros pelo intervalo de tempo Δt, vem:

$$\boxed{V_s = \frac{H}{H-h}\,V}$$

Resposta: B

Exercícios Propostos – Módulo 20

1 Quantos segundos gasta um trem de 60m de comprimento e com velocidade escalar constante de 36km/h, para atravessar uma ponte de 40m de comprimento?



RESOLUÇÃO:

$$\Delta t = \frac{\Delta s}{V} = \frac{L_p + L_t}{V} \Rightarrow \Delta t = \frac{100m}{10m/s} \Rightarrow \boxed{\Delta t = 10s}$$

2 (**UFCE**) – Determine o intervalo de tempo para que um trem de 240m, com velocidade escalar constante de 108km/h, atravesse completamente um túnel de comprimento 1980m.

RESOLUÇÃO:

$\Delta s_T = L_{TR} + L_{TU} = 2220m$

$$\Delta t = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{2220}{30}\,(s) \Rightarrow \boxed{\Delta t = 74s}$$

3 Um automóvel de 5,0m de comprimento está em movimento uniforme com velocidade escalar de 54,0km/h. A circunferência externa do pneu do automóvel tem raio de 50cm.

Adotando-se $\pi \cong 3$, pedem-se:

a) o intervalo de tempo para que o carro atravesse completamente um túnel de 40,0m de comprimento;

b) o número de voltas dadas pelo pneu do carro durante essa travessia.

RESOLUÇÃO:

a) $\Delta s_A = L_A + L_T = 5{,}0 + 40{,}0\,(m) \Rightarrow \Delta s_A = 45{,}0m$

$$\Delta t = \frac{\Delta s}{V} = \frac{45{,}0}{15{,}0}\,(s) \Rightarrow \boxed{\Delta t = 3{,}0s}$$

b) $L = 2\pi R$ $\quad L = 2 \,.\, 3 \,.\, 0{,}50(m)$ $\quad L = 3{,}0m$

$$N = \frac{\Delta s}{L} = \frac{45{,}0\,(m)}{3{,}0\,(m)} \Rightarrow \boxed{N = 15 \text{ voltas}}$$

4 **(MODELO ENEM)** – Num relógio convencional, que funciona corretamente, o ponteiro dos minutos tem 1,00cm de comprimento e o das horas, 0,80cm. Entre o meio-dia e a meia-noite, a diferença entre a distância percorrida pela ponta do ponteiro dos minutos e a distância percorrida pela ponta do ponteiro das horas é aproximadamente igual a:

a) 35,2cm b) 70,3cm c) 75,4cm
d) 140,8cm e) 145,4cm

Dados:

1) O comprimento de uma circunferência de raio R vale $2\pi R$.
2) O período do ponteiro das horas vale 12h.
3) O período do ponteiro dos minutos vale 1h.
4) O valor de π a ser usado é 3,14.

RESOLUÇÃO:

As distâncias percorridas pelas extremidades dos ponteiros dos minutos e das horas, no intervalo de tempo considerado, são, respectivamente, Δs_M e Δs_H.

$\Delta s_M = 12 \,.\, 2\pi\,R_M$ e $\Delta s_H = 2\pi\,R_H$

Sendo D a diferença pedida, temos:

$D = \Delta s_M - \Delta s_H \Rightarrow D = 12 \,.\, 2\pi\,R_M - 2\pi\,R_H$

$D = 2\pi\,(12R_M - R_H) \Rightarrow D = 2 \,.\, 3{,}14\,(12 \,.\, 1{,}0 - 0{,}80)$ cm

Da qual: $\boxed{D \cong 70{,}3cm}$

Resposta: B

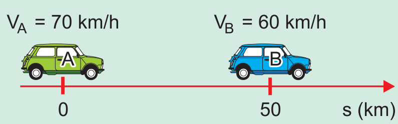
1 A distância que separa dois automóveis, num dado instante (t_0), é 50km. Ambos percorrem a mesma estrada retilínea, no mesmo sentido com movimentos uniformes. O carro da frente tem velocidade escalar de 60km/h e o de trás, 70km/h.

a) Determine após quanto tempo o de trás alcançará o da frente.

b) Quantos quilômetros deverá andar o de trás até alcançar o da frente?

Resolução

a)



Adotando-se como origem dos espaços a posição do corpo A no instante t_0:

$S_A = S_0 + V_A t \Rightarrow S_A = 70t$ (S em km; t em h)

$S_B = S_0 + V_B t \Rightarrow S_B = 50 + 60t$ (S em km; t em h)

No encontro: $S_A = S_B$

$70t_E = 50 + 60 \,.\, t_E \Rightarrow 10t_E = 50$

$t_E = 5{,}0h$

b) $\Delta s_A = V_A\, t_E$

$\Delta s_A = 70 \,.\, 5{,}0$ (km)

$\boxed{\Delta s_A = 350km}$

(PISA-MODELO ENEM) – Texto para as questões de 2 a 4.

À VOLTA DA MONTANHA

Desde sempre que os textos de matemática incluem problemas para os leitores resolverem. O problema seguinte é adaptado de um problema de um livro de matemática de um autor chinês do século V. O li é uma antiga unidade de medida de comprimento chinesa. Cada li equivalia a, aproximadamente, 500 metros.

2 Uma estrada circular à volta de uma montanha tem 300 li de comprimento. Três pessoas, A, B e C, percorrem a estrada. A pessoa A caminha a 150 li por dia, a pessoa B, a 120 li por dia e a pessoa C, a 90 li por dia. Se partirem todas do mesmo ponto, ao mesmo tempo, e caminharem no mesmo sentido, ao fim de quantos dias voltarão a encontrar-se no ponto de partida pela primeira vez?

a) 5d b) 8d c) 10d
d) 12d e) 15d

Resolução

$$V = \frac{C}{T}$$

$$150 = \frac{300}{T_A} \Rightarrow \boxed{T_A = 2d}$$

$$120 = \frac{300}{T_B} \Rightarrow \boxed{T_B = 2{,}5d}$$

$$90 = \frac{300}{T_C} \Rightarrow \boxed{T_C = \frac{10d}{3}}$$

Para que as três pessoas se encontrem, no ponto de partida, o intervalo de tempo deve ser múltiplo dos três períodos.

Isto ocorre paraΔt = 10d

A pessoa A terá dado 5 voltas, a pessoa B, 4 voltas e a pessoa C, 3 voltas.

Resposta: C

3 Imagine que existisse uma quarta pessoa, **D**, que partisse do mesmo ponto, ao mesmo tempo, caminhando por dia sempre a mesma distância, mas em sentido contrário. **D** encontraria **C** ao fim de dois dias.

A velocidade escalar de D, medida em li por dia, seria de:

a) 150 b) 90 c) 60
d) 40 e) 30

Resolução

Para o encontro, devemos ter

$|\Delta s_D| + |\Delta s_C| = C$

$V_D \Delta t + V_C\, \Delta t = C$

$$V_D + V_C = \frac{C}{\Delta t}$$

$$V_D + 90 = \frac{300}{2}$$

$\boxed{V_D = 60li/d}$

Resposta: C

4 As pessoas B e D partindo juntas de uma mesma posição X, em sentidos opostos, com as velocidades anteriormente citadas, voltarão a se encontrar na mesma posição X após:

a) 2d b) 3d c)5d
d) 6d e) 8d

Resolução

$$V_D = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow 60 = \frac{300}{T_D} \Rightarrow \boxed{T_D = 5d}$$

T_E = mmc (T_B e T_D) = mmc (2,5d; 5d) = 5d

Resposta: C

Exercícios Propostos – Módulo 21

1 Dois móveis, A e B, deslocam-se sobre uma mesma reta, segundo as equações horárias:

$x_A = -40 + 5{,}0t$ e $x_B = 100 - 2{,}0t$,

com as abscissas medidas em metros e os instantes em segundos.

a) Calcule o instante e o local de encontro entre A e B.

b) Calcule a distância percorrida por cada móvel, desde a origem dos tempos até o instante de encontro.

RESOLUÇÃO:

a) No encontro: $x_A = x_B$

$-40 + 5{,}0\, t_E = 100 - 2{,}0\, t_E \Rightarrow 7{,}0\, t_E = 140 \Rightarrow \boxed{t_E = 20s}$

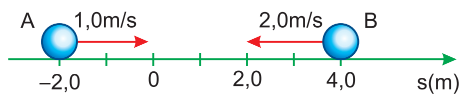
$t = t_E = 20s$

$x_A = x_E = 60m$

b) $|\Delta x_A| = |V_A|\ t_E = 5{,}0\ .\ 20\ (m) = 100m$

$|\Delta x_B| = |V_B|\ t_E = 2{,}0\ .\ 20\ (m) = 40m$

2 As velocidades escalares de dois pontos materiais, A e B, são constantes. A figura os representa no instante t = 0 e as setas indicam o sentido de cada movimento. Também estão indicados os módulos das suas velocidades escalares.



a) Escreva a função horária dos espaços de cada um e determine o instante de encontro.
b) Determine o local de encontro.

RESOLUÇÃO:

a) Como os movimentos são uniformes, as funções horárias são do tipo: $s = s_0 + V\ .\ t$

$s_A = -2{,}0 + 1{,}0t\ (SI) \Rightarrow s_B = 4{,}0 - 2{,}0\ t\ (SI)$

No encontro: $s_A = s_B$

$-2{,}0 + 1{,}0t_E = 4{,}0 - 2{,}0\ t_E \Rightarrow \boxed{t_E = 2{,}0s}$

b) No instante $t_E = 2{,}0s$**:**

$s_A = -2{,}0 + 1{,}0\ (2{,}0)\ (m) \Rightarrow s_A = 0$

Assim, concluímos que os corpos encontram-se na origem dos espaços.

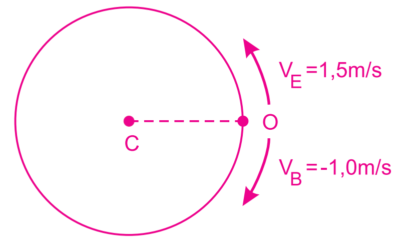
3 Eduardo e Bena, um jovem casal, costumam fazer caminhadas matinais em torno de um lago percorrendo uma circunferência de comprimento 600m.

Os dois partem de uma mesma posição, no mesmo instante, com movimentos uniformes em sentidos opostos. Eduardo tem velocidade escalar com módulo 1,5m/s e Bena tem velocidade escalar com módulo 1,0m/s.

Determine

a) o tempo gasto por cada um para completar uma volta.
b) o intervalo de tempo desde a partida para que se encontrem pela primeira vez.

RESOLUÇÃO:



a) $\Delta s = Vt$ **(MU)**

$|\Delta s| = |V|\ t$

1) $600 = 1{,}5\ t_1$

$\boxed{t_1 = 400s}$

2) $600 = 1{,}0t_2$

$\boxed{t_2 = 600s}$

b) Para o encontro:

$|\Delta s_E| + |\Delta s_B| = 600$

$1{,}5t_E + 1{,}0t_E = 600$

$2{,}5t_E = 600 \Rightarrow \boxed{t_E = 240s}$

Respostas: a) Eduardo: 400s   Bena: 600s
b) 240s

4 **(MACKENZIE-SP-MODELO ENEM)** – O sr. José sai de sua casa caminhando com velocidade escalar constante de 3,6km/h, dirigindo-se para o supermercado que está a 1,5km. Seu filho Fernão, 5 minutos após, corre ao encontro do pai, levando a carteira que ele havia esquecido. Sabendo-se que o rapaz encontra o pai no instante em que este chega ao supermercado, podemos afirmar que a velocidade escalar média de Fernão foi igual a:

a) 5,4km/h   b) 5,0km/h   c) 4,5km/h
d) 4,0km/h   e) 3,8km/h

RESOLUÇÃO:

1) Tempo gasto pelo sr. José:

$\Delta s = V\ t$ **(MU)**

$1500 = \frac{3{,}6}{3{,}6}\ t_1 \Rightarrow \boxed{t_1 = 1500s}$

2) Tempo gasto pelo filho:

$t_2 = t_1 - 300s$

$t_2 = 1500s - 300s \Rightarrow \boxed{t_2 = 1200s}$

3) Velocidade escalar média do filho:

$$V_m = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

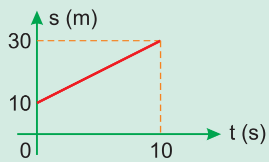
$$V_m = \frac{1500m}{1200s} = 1{,}25\ \frac{m}{s}$$

$$V_m = 1{,}25 \,.\, 3{,}6\ \frac{km}{h} = 4{,}5km/h$$

Resposta: C

Exercícios Resolvidos – Módulo 22

1 O gráfico a seguir representa o espaço (s) de um atleta em função do tempo de trajeto (t).



Assinale a opção correta:

a) a trajetória descrita pelo atleta é retilínea;

b) a velocidade escalar do atleta é crescente;

c) o atleta partiu da origem dos espaços;

d) a velocidade escalar do atleta, no instante t = 5s, vale 2m/s;

e) a distância percorrida pelo atleta, no intervalo de 0 a 10s, vale 30m.

Resolução

a) Falsa, pois com os dados fornecidos a trajetória está indeterminada.

b) Falsa. Sendo o movimento uniforme (diagrama s x t é constituído de uma reta inclinada), a velocidade escalar é constante.

c) Falsa. A posição inicial do atleta é tal que $s_0 = 10m$.

d) Verdadeira.

$$V = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{30-10}{10-0}\ (m/s) \qquad \boxed{V = 2m/s}$$

e) Falsa. No movimento progressivo:

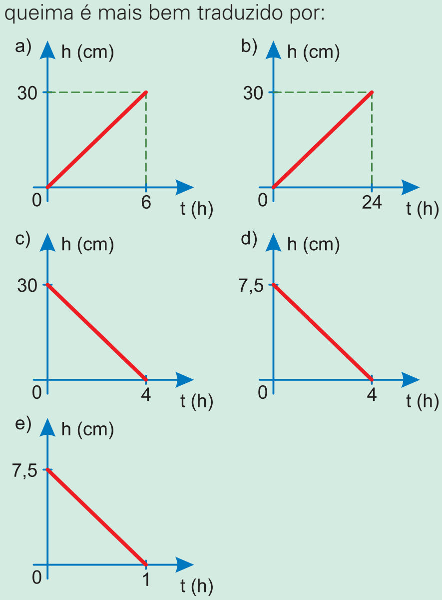
$d = \Delta s = V \,.\Delta t = 2 \,.\, 10\ (m) \ \Rightarrow\ d = 20m$

Resposta: D

2 **(PISA-MODELO ENEM)**
MEDINDO O TEMPO COM VELAS

Tanto quanto se sabe, no século IX, o rei de Inglaterra, Alfred, o Grande, inventou um processo de medir o tempo com velas. Utilizou 6 velas cilíndricas, todas com o mesmo diâmetro e mesma altura, e graduou cada uma delas ao longo da sua altura, colocando marcas de 2,5cm em 2,5cm. As velas eram colocadas dentro de uma proteção, como a da fotografia, para evitar o contato com o vento. As 6 velas queimavam sucessivamente e, quando a última se apagava, tinham passado as 24 horas do dia. Verificou que uma vela ardia 2,5cm em 20 minutos, de um modo uniforme.

O gráfico que melhor representa a altura **h** de cada vela em função do tempo t em que a vela queima é mais bem traduzido por:



Resolução

Em 1d = 24h, as seis velas vão queimar totalmente, uma em sequência da outra.

Cada vela queima em $\frac{24h}{6} = 4h$.

A velocidade com que a vela queima vale:

$$V = \frac{2{,}5cm}{20\ min} = \frac{2{,}5cm}{\frac{1}{3}h} = 7{,}5cm/h$$

Como a vela queima em 4h, sua altura inicial H_0 é dada por:

$$H_0 = V\Delta t = 7{,}5\ \frac{cm}{h}\ .\ 4h = 30cm$$

Resposta: C

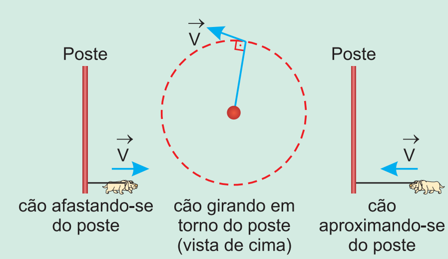
3 **(MODELO ENEM)** – Eduardo foi com seu cachorro ao supermercado. O cachorro tem uma coleira com uma guia com um extenso fio. Na impossibilidade de entrar no supermercado com seu cachorro, Eduardo amarra a extremidade do fio em um poste e vai fazer compras.

O cachorro, inicialmente parado junto ao poste, corre com velocidade constante, em linha reta, afastando-se do poste até o fio ficar completamente esticado.

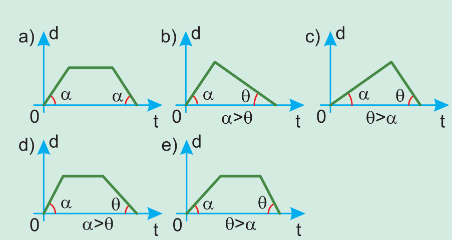
Em seguida, o cachorro descreve uma trajetória circular em torno do poste com o fio esticado em seu comprimento máximo e sem enrolar no poste.

Depois de um certo tempo, já muito cansado, o cão se dirige lentamente rumo ao poste, com velocidade constante, em linha reta, parando junto ao poste.

Despreze o intervalo de tempo gasto pelo cão para acelerar e para frear.



Assinale a opção que representa como a distância **d** entre o cão e o poste varia com o tempo **t**



Resolução

1) Inicialmente o cão se afasta do poste com velocidade constante (movimento uniforme). A distância **d** cresce com o tempo **t** e o gráfico da função d = f(t) é um segmento de reta crescente a partir da origem. O ângulo α é função crescente da velocidade do cão.

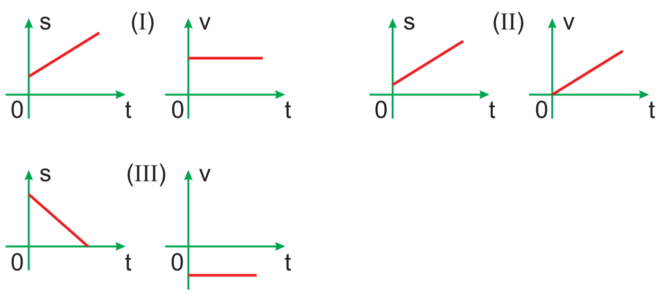
2) Quando o cão descreve uma trajetória circular em torno do poste, a distância **d** permanece constante e o gráfico da função d = f(t) será um segmento de reta paralela ao eixo dos tempos.

3) Quando o cão volta a se aproximar do poste com velocidade constante, a função d = f(t) passa a ser um segmento de reta com **d** decrescente e, como o ângulo θ é função crescente da velocidade do cão e este está cansado, a sua velocidade é menor e resulta $\theta < \alpha$.

Resposta: D

Exercícios Propostos – Módulo 22

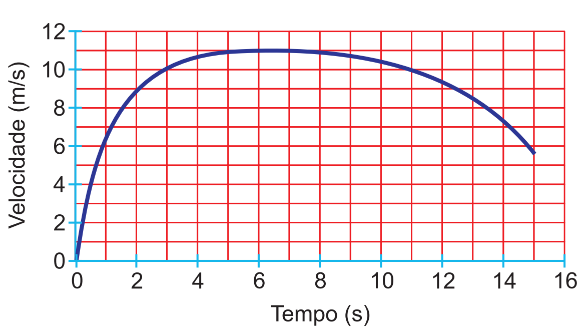
1 Assinale a opção que indica a associação de gráficos que representam corretamente um mesmo movimento uniforme.



a) apenas (I) b) apenas (II) c) apenas (III)
d) apenas (I) e (III) e) todos os três

RESOLUÇÃO:
A função horária dos espaços de um móvel em movimento uniforme é de 1.º grau em t, assim o respectivo diagrama horário dos espaços é constituído de uma reta oblíqua em relação ao eixo dos tempos.
A referida função é crescente se o movimento for progressivo (V > 0) e decrescente se o movimento for retrógrado (V < 0). Em ambos os casos, a velocidade escalar é constante.
Resposta: D

2 **(ENEM)** – Em uma prova de 100m rasos, o desempenho típico de um corredor padrão é representado pelo gráfico a seguir:

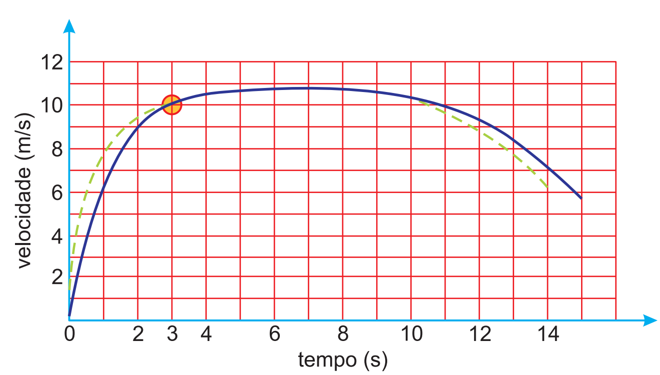


Baseado no gráfico, em que intervalo de tempo a **velocidade** do corredor é aproximadamente constante?

a) Entre 0 e 1 segundo. b) Entre 1 e 5 segundos.
c) Entre 5 e 8 segundos. d) Entre 8 e 11 segundos.
e) Entre 12 e 15 segundos.

RESOLUÇÃO:
Por simples leitura do gráfico, observamos que a velocidade escalar é constante entre os instantes t_1 = 5s e t_2 = 8s.
Resposta: C

3 **(UELON-PR-MODELO ENEM)** – O atletismo moderno teve início em meados do século XIX, e muitas de suas provas atuais foram disputadas já na Olimpíada de Atenas (Grécia) em 1896. É nesse esporte que o Brasil tem o maior número de medalhas ganhas, seja em Olimpíadas e Campeonatos Mundiais, seja em Jogos Pan-Americanos. O gráfico a seguir, velocidade escalar *versus* tempo, corresponde à prova, fictícia, de 100 metros rasos entre dois dos melhores atletas brasileiros. Vamos supor que cada uma das curvas represente o desempenho de um dos atletas. Por exemplo, a Robson Caetano da Silva (medalha de bronze nas Olimpíadas de Seul, em 1988) associamos a linha pontilhada, enquanto a linha cheia corresponde ao desempenho do atleta Joaquim Cruz (medalha de ouro nas Olimpíadas de Los Angeles, em 1984).



Sabendo-se que a prova foi concluída pelo vencedor em 10 segundos, é correto afirmar:

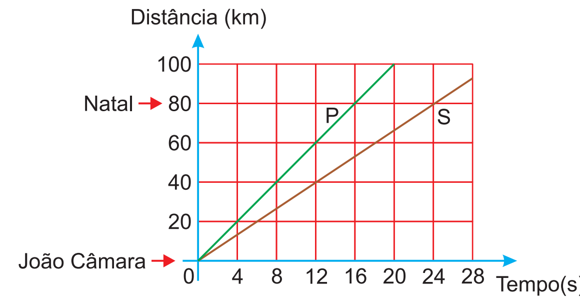
a) Robson Caetano da Silva venceu a prova, e sua aceleração escalar no intervalo entre 0 e 3 segundos é menor que a de Joaquim Cruz.
b) No intervalo entre 0 e 3 segundos, os corredores têm a mesma velocidade escalar e a mesma aceleração escalar.
c) Robson Caetano da Silva venceu a prova, e no intervalo entre 3 e 10 segundos ele e Joaquim Cruz têm a mesma velocidade escalar.

d) Joaquim Cruz venceu a prova, e sua aceleração escalar no intervalo entre 0 e 3 segundos é maior que a de Robson Caetano da Silva.

e) Joaquim Cruz venceu a prova, e sua aceleração escalar no intervalo entre 10 e 14 segundos é maior que a de Robson Caetano da Silva.

RESOLUÇÃO:
Entre t = 3s e t = 10s, os dois gráficos estão superpostos evidenciando que as velocidades escalares de Robson e Joaquim são iguais.
Até o instante t = 3s, a velocidade escalar de Robson é maior (pontilhado acima da linha cheia) e por isso Robson venceu a corrida.
Resposta: C

4 **(UFRN-MODELO ENEM)** – A cidade de João Câmara, a 80km de Natal, no Rio Grande do Norte (RN), tem sido o epicentro (ponto da superfície terrestre atingido em primeiro lugar, e com mais intensidade, pelas ondas sísmicas) de alguns terremotos ocorridos nesse estado. O departamento de Física da UFRN tem um grupo de pesquisadores que trabalha na área de sismologia utilizando um sismógrafo instalado nas suas dependências, para detecção de terremotos. Num terremoto, em geral, duas ondas, denominadas de primária (P) e secundária (S), percorrem o interior da Terra com velocidades diferentes.



Dados referentes às ondas P e S, associadas a um terremoto ocorrido no Rio Grande do Norte.

Admita que as informações contidas no gráfico anterior são referentes a um dos terremotos ocorridos no RN. Considere ainda que a origem dos eixos da figura é coincidente com a posição da cidade de João Câmara.

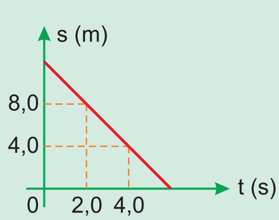
Diante das informações contidas no gráfico, é correto afirmar que a onda mais rápida e a diferença de tempo de chegada das ondas P e S ao sismógrafo da UFRN, em Natal, correspondem, respectivamente,

a) a onda S e 4 segundos. b) a onda P e 8 segundos.
c) a onda P e 16 segundos. d) a onda S e 24 segundos.

RESOLUÇÃO:
De acordo com o gráfico, a onda P chegou a Natal (80km) em 16s, e a onda S, em 24s. Portanto, a onda P é mais rápida eΔt = 8s.
Resposta: B

Exercícios Resolvidos – Módulo 23

1 O gráfico abaixo representa o espaço (s) em função do tempo (t) para o movimento de um ponto material.



a) Calcule a velocidade escalar e o espaço inicial.

b) Classifique o movimento e escreva a equação horária do espaço.

c) Determine o instante t_1 em que o ponto material passa pela origem dos espaços.

Resolução

a) I. Do diagrama, sabemos que, para t_1 = 2,0s, tem-se s_1 = 8,0m e para t_2 = 4,0s, s_2 = 4,0m.
Sendo o movimento uniforme, a função horária dos espaços é do tipo:
$s = s_0 + V\ .\ t$.
Substituindo-se nessa expressão os valores conhecidos, obtemos o sistema:

$$\begin{cases} 8,0 = s_0 + V\ .\ 2,0 \\ 4,0 = s_0 + V\ .\ 4,0 \end{cases}$$

Resolvendo-se o sistema de equações, vem:
s_0 = 12,0m e
V = –2,0 m/s

II. $$V = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{4,0 - 8,0}{4,0 - 2,0}\ \text{(m/s)}$$

$$\boxed{V = -2,0\ m/s}$$

$s = s_0 + V\ .\ t$
$8,0 = s_0 - 2,0\ .\ 2,0$ (m)

$$\boxed{s_0 = 12,0m}$$

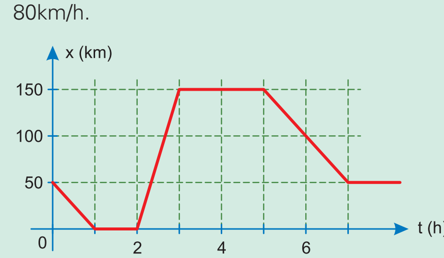
b) O movimento é uniforme e retrógrado (V < 0) e sua equação horária é:
$s = s_0 + V\ .\ t$

$$\boxed{s = 12,0 - 2,0\ .\ t\ (SI)}$$

c) Na origem dos espaços, s = 0, e no instante t_1, teremos:
$0 = 12,0 - 2,0\ .\ t_1$ (SI)

Portanto: $\boxed{t_1 = 6,0s}$

2 **(MODELO ENEM)** – Considere o gráfico posição x tempo para um carro que se desloca ao longo de uma estrada retilínea (eixo Ox) onde a velocidade máxima permitida é de 80km/h.



Tendo como base o gráfico acima, considere as afirmações:

I. O carro partiu da origem.
II. O carro nunca se afastou mais do que 100km do seu ponto de partida.
III. O carro excedeu o limite de velocidade entre a 2ª e a 3ª hora.
IV. O carro deslocou-se sempre afastando-se da origem.
V. O carro esteve sempre em movimento entre t = 0 e t = 7h.
VI. A distância entre o ponto de partida e a posição em t = 7h é de 30km.

Somente está correto o que se afirma em:

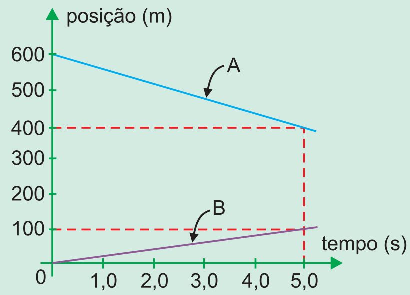
a) II e III b) II e IV
c) I e III d) V e VI
e) IV, V e VI

Resolução

I. (F) Para t = 0 ⇒ x_0 = 50km
II. (V) O afastamento máximo é de 100km
III. (V) $V = \dfrac{\Delta x}{\Delta t} = \dfrac{150\text{km}}{1\text{h}} = 150\text{km/h}$
IV. (F) Quando x aumentou, o móvel se afastou da origem e quando x diminuiu, o móvel se aproximou da origem.
V. (F) Nos intervalos entre 1h e 2h e entre 3h e 5h, o móvel permaneceu parado.
VI. (F) É nula.

Resposta: A

3 **(FMTM-MG-MODELO ENEM)** – Na figura, estão representados, num plano cartesiano, os gráficos posição x tempo do movimento de dois carros, A e B, que percorrem uma mesma reta.



Se esses carros se mantiverem em movimento com as mesmas características, durante o tempo suficiente, eles deverão cruzar-se no instante e na posição iguais, respectivamente, a

a) 10s; 200m. b) 10s; 300m.
c) 20s; 400m. d) 25s; 400m.
e) 20s; 200m.

Resolução

1) Cálculo das velocidades escalares de A e B.

$$\boxed{V = \frac{\Delta s}{\Delta t}}$$

$$V_A = \frac{400 - 600}{5{,}0}\ (\text{m/s}) = -40\text{m/s}$$

$$V_B = \frac{100 - 0}{5{,}0}\ (\text{m/s}) = 20\text{m/s}$$

2) Equações horárias para os movimentos de A e B.
MU: $s = s_0 + Vt$
$s_A = 600 - 40t$ (SI)
$s_B = 20t$ (SI)

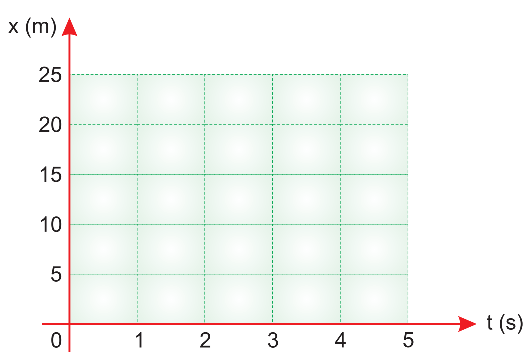
3) Cálculo do instante de encontro.
No instante de encontro $t = t_E$, os espaços de A e B são iguais:
$s_A = s_B$
$600 - 40t_E = 20t_E$
$60t_E = 600 \Rightarrow \boxed{t_E = 10\text{s}}$

4) A posição de encontro $s = s_E$ é obtida substituindo-se o tempo de encontro t_E = 10s em uma das equações horárias (A ou B):
$s_B = 20t$ (SI)
$s_E = 20 \cdot 10$ (m)
$\boxed{s_E = 200\text{m}}$

Resposta: A

Exercícios Propostos – Módulo 23

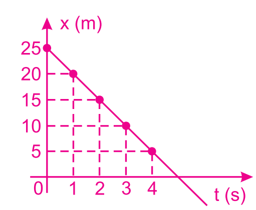
1 **(VUNESP)** – O movimento de uma partícula efetua-se ao longo do eixo x. Num gráfico (x,t) desse movimento, podemos localizar os pontos $P_0(25;0)$, $P_1(20;1)$, $P_2(15;2)$, $P_3(10;3)$ e $P_4(5;4)$, com x em metros e t em segundos.



a) Represente no gráfico (x, t) os pontos dados;
b) Identifique o tipo de movimento;
c) Deduza a equação horária do movimento;
d) Qual a distância percorrida entre os instantes 0 e 5s?

RESOLUÇÃO:

a)



b) Movimento uniforme e retrógrado.

c) Do diagrama, conclui-se que no instante t = 0s o espaço do móvel é s_0 = 25m. Sendo o movimento uniforme:

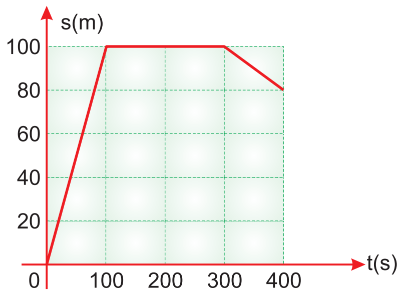
$$V = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{5 - 25}{4 - 0}\ (\text{m/s}) \Rightarrow V = -5\text{m/s}$$

A função horária dos espaços é do tipo $s = s_0 + V \cdot t$, então:

$s = 25 - 5 \cdot t$ (SI).

d) $d = |\Delta S| = |V| \cdot \Delta t \Rightarrow d = 5 \cdot 5\ (\text{m}) \Rightarrow d = 25\text{m}$

2 **(FUVEST-MODELO ENEM)** – O gráfico ilustra a posição s, em função do tempo t, de uma pessoa caminhando em linha reta durante 400 segundos. Assinale a alternativa correta.



a) A velocidade escalar no instante t = 200s vale 0,50m/s.
b) Em nenhum instante a pessoa parou.
c) A distância total percorrida durante os 400 segundos foi 120m.
d) O deslocamento escalar durante os 400 segundos foi 180m.
e) O módulo de sua velocidade escalar no instante t = 50s é menor do que no instante t = 350s.

RESOLUÇÃO:
a) Falsa, pois, no intervalo de tempo 100s < t < 300s, o móvel encontra-se em repouso.

b) Falsa.

c) Verdadeira:
$d = |\Delta s_{ida}| + |\Delta s_{volta}|$
$d = 100m + 20m \Rightarrow d = 120m$

d) Falsa. **$\Delta s = s_2 - s_1 \Rightarrow \Delta s = 80 - 0\ (m) \Rightarrow \Delta s = 80m$**

e) Falsa. No intervalo de tempo $0 \le t < 100s$:

$$V_1 = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{100 - 0}{100 - 0}\ (m/s) \Rightarrow v_1 = 1{,}0 m/s$$

No intervalo de tempo 300s < t < 400s:

$$V_2 = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{80 - 100}{400 - 300}\ (m/s) \Rightarrow v_2 = -0{,}20 m/s$$

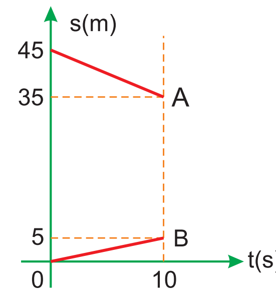
Assim, sendo $|v_1| > |v_2|$, concluímos que a afirmação é falsa.

Resposta: C

No Portal Objetivo

Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO** (**www.portal.objetivo.br**) e, em "localizar", digite **FIS1M115**

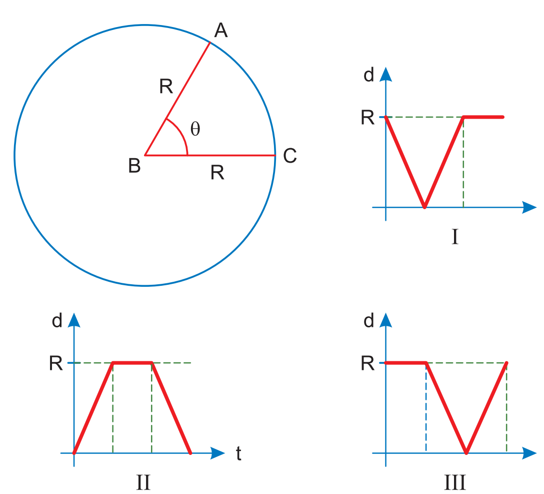
3 **(PUCC)** – O movimento dos corpos A e B é representado pelo gráfico posição x tempo.



Supondo-se que os móveis permaneçam em seus estados de movimento, pode-se afirmar que os corpos se encontram no instante:
a) 40s b) 30s c) 20s d) 10s e) 0

RESOLUÇÃO:
Os movimentos dos corpos A e B são uniformes e suas funções horárias dos espaços são do tipo $s = s_0 + V\ .\ t$.
Assim, de acordo com o diagrama:
$s_A = 45 - 1{,}0t$ (SI) e $s_B = 0{,}50\ t$ (SI)
No instante do encontro: $s_B = s_A$
$0{,}50\ t_E = 45 - 1{,}0\ t_E \Rightarrow 1{,}5\ t_E = 45 \Rightarrow \boxed{t_E = 30s}$
Resposta: B

4 **(FFFCMPA-RS-MODELO ENEM)** – Para responder à questão, considere a figura a seguir, que representa uma circunferência na qual θ = 1 rad. Um inseto pode andar de diversas maneiras sobre os raios AB e BC e sobre o arco AC sempre com velocidade escalar constante. Os gráficos relacionam a distância **d**, do inseto ao centro da circunferência, em função do tempo.



Os gráficos I, II e III podem referir-se, respectivamente, aos trajetos:

a) ABCA, BCAB, ACBA. b) CBAC, BACB, ABCA.
c) CBCA, BACB, BCAB. d) ABAC, BACB, BCAB.
e) ABCA, BCAB, CAAC.

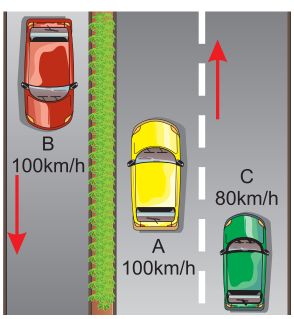
RESOLUÇÃO:
Se θ = 1 rad, então med(AC) = R e o tempo gasto para percorrer cada trecho (AB, BC e CA) é o mesmo.
De A para B, d varia de R para zero.
De B para C, d aumenta de zero para R.
De C para A, d permanece constante.
Resposta: A

Módulo 24 — Velocidade relativa

Palavras-chave:
- Movimento relativo
- Diferença de velocidades

1. Definição

Consideremos dois móveis, A e B, percorrendo uma mesma trajetória retilínea, com **velocidades escalares** respectivamente iguais a V_A e V_B.



A velocidade do carro A em relação ao carro B tem módulo de 200km/h e em relação ao carro C tem módulo de 20km/h.

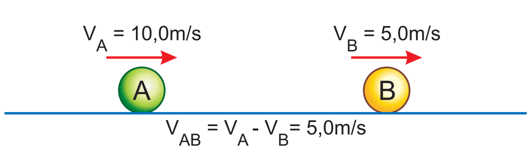
Define-se **velocidade escalar relativa** do móvel B, em relação ao móvel A, como sendo a grandeza V_{BA} dada por:

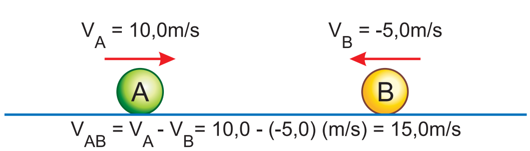
$$V_{BA} = V_B - V_A$$

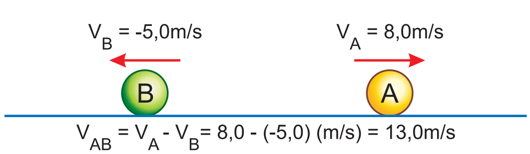
Segue-se imediatamente que:

$$V_{AB} = V_A - V_B \text{ e } V_{BA} = -V_{AB}$$

2. Exemplos







3. Regra prática

Para obter o módulo da velocidade escalar relativa entre dois corpos, A e B, utilizamos a seguinte regra prática, que decorre imediatamente da definição de velocidade escalar relativa:

Quando os móveis caminham no mesmo sentido, o módulo da velocidade escalar relativa é dado pela diferença entre os módulos das velocidades escalares de A e B.

$$|V_{rel}| = |V_A| - |V_B|$$

(com $|V_A| > |V_B|$)

Quando os móveis caminham em sentidos opostos, o módulo da velocidade relativa é dado pela soma dos módulos das velocidades escalares de A e B.

$$|V_{rel}| = |V_A| + |V_B|$$

Saiba mais

VOANDO EM FORMAÇÃO

Na formação abaixo, um caça está em repouso em relação ao outro, pois todos têm a mesma velocidade em relação ao solo.

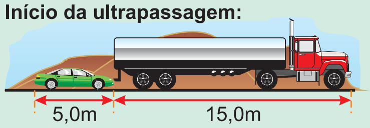
A velocidade resultante do míssil é a soma da velocidade do avião com a velocidade própria do míssil (velocidade do míssil em relação ao avião).

Exercícios Resolvidos

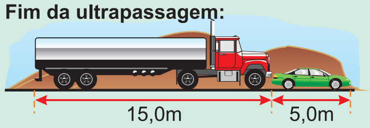
1 Determine o intervalo de tempo que um automóvel, de 5,0m de comprimento, gasta para ultrapassar um caminhão de 15,0m de comprimento.
O automóvel e o caminhão estão em movimento, no mesmo sentido, com velocidades escalares constantes de 72,0km/h e 36,0km/h, respectivamente.

Resolução

Início da ultrapassagem:



Fim da ultrapassagem:



Em relação ao caminhão:

$V_{rel} = V_A - V_C \Rightarrow V_{rel} = 72,0 - 36,0$ (km/h)

$V_{rel} = 36,0\text{km/h} = 10,0\text{m/s}$

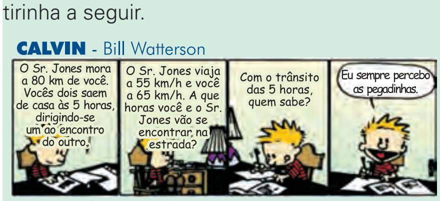
Para efetuar a travessia, o automóvel deverá deslocar-se:

$\Delta S_{rel} = L_C + L_A \Rightarrow \Delta S_{rel} = 15,0 + 5,0$ (m)

$\Delta S_{rel} = 20,0\text{m}$

$$\Delta t = \frac{\Delta S_{rel}}{V_{rel}} = \frac{20,0}{10,0} \text{ (s)} \Rightarrow \boxed{\Delta t = 2,0\text{s}}$$

2 **(VUNESP-MODELO ENEM)** – Leia a tirinha a seguir.

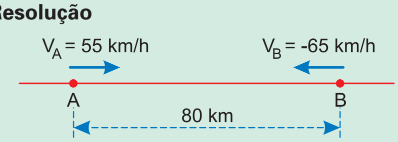


(Bill Watterson, *As Aventuras de Calvin e Haroldo*)

Considerando-se as informações da tirinha e admitindo-se que a sua velocidade escalar e a do Sr. Jones sejam constantes, ou seja, não se levando em conta os prováveis problemas de trânsito das 5 horas, o encontro entre vocês na estrada, suposta retilínea, ocorreria às

a) 5h 20min b) 5h 30min c) 5h 40min
d) 12h 40min e) 13h

Resolução



$$V_{rel} = \frac{\Delta s_{rel}}{\Delta t} \Rightarrow 120 = \frac{80}{\Delta t}$$

$$\Delta t = \frac{80}{120} \text{ h} = \frac{2}{3} \text{ h}$$

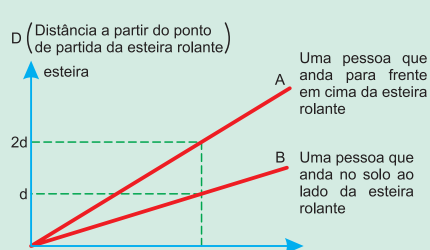
$$\Delta t = \frac{2}{3} \text{ . 60 min} = 40 \text{ min}$$

Horário de encontro: T_E = 5h + 40 min

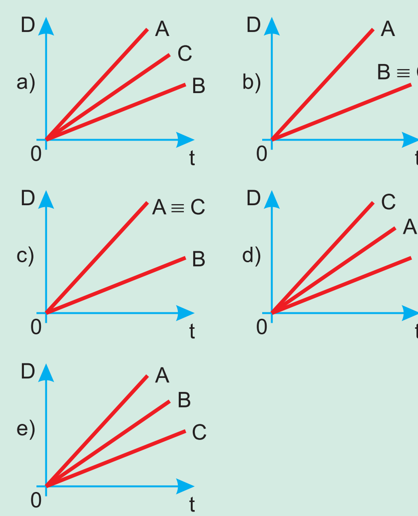
Resposta: C

3 **(PISA-MODELO ENEM)** – A fotografia abaixo é de esteiras rolantes.

O gráfico distância-tempo, apresentado abaixo, permite comparar a marcha em cima da esteira rolante com a marcha ao lado da esteira rolante.



Supondo-se que, no gráfico anterior, a velocidade com que as duas pessoas andam é aproximadamente a mesma, acrescente ao gráfico uma semirreta (indicada pela letra C) que corresponda a uma pessoa que permaneça imóvel na esteira rolante.



Resolução

Para o gráfico A, temos: $V_A = V_E + V_B$ (1)

V_E = velocidade da esteira

V_B = velocidade da pessoa

De acordo com os dados do gráfico:

$$V_A = \frac{2d}{T} \text{ e } V_B = \frac{d}{T} \Rightarrow V_A = 2V_B \text{ (2)}$$

Substituindo-se (2) em (1): $2V_B = V_E + V_B$

$$\boxed{V_E = V_B}$$

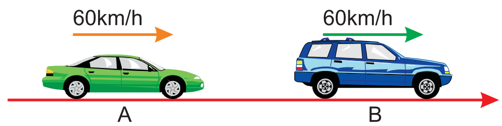
Quando a pessoa está imóvel em relação à esteira, sua velocidade é igual à da esteira e o gráfico C vai coincidir com o gráfico B.

Resposta: B

Exercícios Propostos

Nas questões **1** e **2**, temos dois automóveis, A e B, em uma mesma estrada retilínea, orientada. Estão indicados os módulos das velocidades escalares dos carros bem como os sentidos dos movimentos. Calcule, em cada caso, a velocidade escalar de A em relação a B.

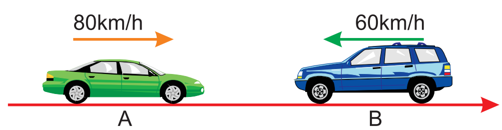
1



RESOLUÇÃO:

$V_{AB} = V_A - V_B$ $\qquad$ $V_{AB} = 60 - 60$ (km/h) $\qquad$ $V_{AB} = 0$

2



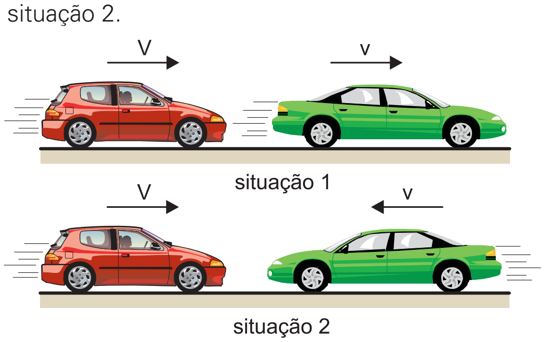
RESOLUÇÃO:

$V_{AB} = V_A - V_B$ $\qquad$ $V_{AB} = 80 - (-60)$ (km/h) $\qquad$ $V_{AB} = 140$km/h

3 **(OLIMPÍADA BRASILEIRA DE FÍSICA)** – Dois automóveis trafegam ao longo de uma estrada horizontal e retilínea. Sejam **L** e **λ** os comprimentos dos automóveis, com velocidades de módulos constantes respectivamente iguais a **V** e **v**. Na situação **1** (ver figura), os automóveis movem-se no mesmo sentido. Na situação **2**, os automóveis movem-se em sentidos opostos. Supondo-se que **V** > **v**, calcule quanto tempo dura a passagem de um automóvel pelo outro:

a) na situação 1;

b) na situação 2.

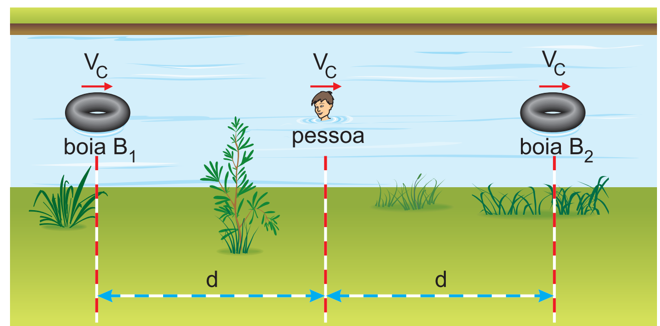


RESOLUÇÃO:

a) $V_{rel} = \dfrac{\Delta S_{rel}}{\Delta t} \Rightarrow V - v = \dfrac{L + \lambda}{\Delta t} \Rightarrow \boxed{\Delta t = \dfrac{L + \lambda}{V - v}}$

b) $\Delta t' = \dfrac{L + \lambda}{V + v}$

4 **(MODELO ENEM)** – Considere um rio retilíneo com uma correnteza muito forte e com velocidade constante. Duas boias e uma pessoa estão sendo arrastados pela correnteza, isto é, deslocam-se com a mesma velocidade da correnteza. A pessoa está equidistante das boias, como indica a figura.



De repente, a pessoa começa a se afogar e para salvar-se deve agarrar-se em uma das boias. A pessoa consegue nadar com a mesma velocidade constante, relativa às águas (em módulo), tanto a favor como contra a correnteza.

Para chegar no menor tempo possível a uma das boias, a pessoa

a) deve dirigir-se para a boia B_1.

b) deve dirigir-se para boia B_2.

c) pode dirigir-se para qualquer uma das boias, pois o tempo gasto para atingi-las será o mesmo.

d) deve dirigir-se para a boia B_2 somente se sua velocidade própria (relativa às águas) for maior que a da correnteza.

e) deve dirigir-se para a boia B_2 somente se sua velocidade própria (relativa às águas) for menor que a da correnteza.

RESOLUÇÃO:

Para resolvermos esta questão, basta colocarmos o referencial na água, isto é, a água é suposta parada, o mesmo ocorrendo com as boias B_1 e B_2.

Como a pessoa está exatamente no ponto médio entre as boias e sua velocidade relativa às águas tem o mesmo valor, quando nada rumo à boia B_1 ou rumo à boia B_2, o tempo gasto será exatamente o mesmo e dado por:

$V_{relativa} = \dfrac{d}{T} \Rightarrow \boxed{T = \dfrac{d}{V_{relativa}}}$

Resposta: C

No Portal Objetivo

Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO** (**www.portal.objetivo.br**) e, em "localizar", digite **FIS1M116**