

GETEF

VENDA PROIBIDA
OFERTA GRATUITA DO
AUTOR E DA EDITORA

FÍSICA FAI 2

AUTO-INSTRUTIVO

- VETORES
- FORÇA E MOVIMENTO

TEXTO PROGRAMADO
PARA 2º GRAU

edição SARAIVA

1974

FICHA CATALOGRÁFICA

(Preparada pelo Centro de Catalogação-na-fonte,
Câmara Brasileira do Livro, SP)

G941f Grupo de Estudos em Tecnologia de Ensino de Física.
2º Física auto-instrutivo, FAI 2: vetores, força e movimento; texto programado para o 2º grau. 5.ed. São Paulo, Saraiva, 1974.
5.ed. p. ilustr.

1. Física (2º grau) – Instrução programada I. Título.
II. Título: FAI 2.

CDD-530.77

74-0632

Índice para catálogo sistemático:

1. Instrução programada: Física 530.77

A| *Composição, ilustrações e artes:*

AM PRODUÇÕES GRÁFICAS LTDA.

Av. Brigadeiro Luís Antonio, 1892

10º andar – conjunto 103

Telefone: 288-1639

São Paulo – SP

SARAIVA S.A. – LIVREIROS EDITORES

RUA FORTALEZA, 53 • CAIXA POSTAL: 2362

TELEFONES: 32-1149 • 32-2534 • 34-9503 • 34-9685

END. TELEGRÁFICO: ACADÊMICA • SÃO PAULO

ÍNDICE

IV – VETORES

1 – Grandeza escalar e grandeza vetorial	7
2 – Representação de grandezas vetoriais: vetores	11
3 – Operações com vetores: método gráfico	13
A – Adição de vetores de mesma direção	
B – Adição de vetores de direções diferentes	
C – Componentes de um vetor	
D – Subtração de vetores	
4 – Adição de dois vetores: resolução analítica	34
5 – Problemas	35

V – FORÇA E MOVIMENTO

1 – Estado de movimento – força	39
2 – Força: grandeza vetorial – força resultante	43
3 – 1ª Lei de Newton – Condições de equilíbrio de um objeto	54
4 – Tipos de força (força elástica restauradora; peso ou força gravitacional; empuxo; forças magnéticas e elétricas)	63
5 – Medida de força; $F = k \cdot \Delta x$; unidade de força; campo gravitacional: $g = \text{peso/massa}$	72
EXPERIÊNCIAS	81
6 – Força constante	84
7 – Massa inercial; formulação matemática da 2ª Lei de Newton: $\vec{F}_R = m \cdot \vec{a}$	93
8 – Aplicações da 2ª Lei de Newton	98
9 – Problemas	126
10 – Galileu e a Cinemática – Histórico	127

CAPÍTULO IV

Vetores

OBJETIVOS: Ao final deste capítulo, o estudante deve estar apto para:

- definir grandezas vetoriais e escalares.
- operar graficamente com vetores.
- operar analiticamente com vetores.

Observar e analisar fenômenos naturais envolve a identificação de grandezas físicas pertinentes, através de suas múltiplas variações.

A fim de caracterizar as grandezas físicas, segundo definição matemática, define-se um elemento numérico dimensional.

Assim, grandezas como massa, comprimento, intervalo de tempo, volume, densidade, etc. são caracterizadas por meio de um número e a respectiva unidade de medida. Um número vezes a unidade é suficiente para identificar totalmente as grandezas acima, qualitativa e quantitativamente.

Entretanto, uma grandeza como a força não será possível ser identificada através de um simples número e uma unidade. Ela requer, além disso, uma direção, bem como um sentido, pelo qual atua sobre um objeto. Tais grandezas são denominadas **vetoriais**; são aquelas cujas operações entre as mesmas requer, além do uso das propriedades analíticas, as propriedades geométricas.

Grandezas como velocidade, aceleração, campo gravitacional e elétrico, momento magnético, etc. são do tipo vetorial.

Vemos, então, que para o estudo de diversos fenômenos físicos, o **vetor** (elemento fundamental de grandezas vetoriais) é essencial.

Desenvolveremos aqui, sem preocupações de análises matemáticas mais profundas, os conceitos e propriedades operacionais relativos a grandezas vetoriais, suficientes para o entendimento e a análise dos tópicos que desenvolveremos.

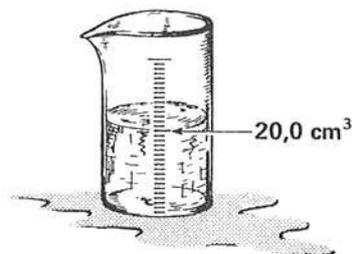
SEÇÃO 1 – GRANDEZA ESCALAR E GRANDEZA VETORIAL

- 1 ■ O frasco ao lado indica que em seu interior existe $20,0 \text{ cm}^3$ de um determinado líquido. Sempre que efetuamos a medida de uma grandeza física, encontramos seu valor. A grandeza a que nos referimos neste exemplo é o volume ocupado pelo líquido. O valor dessa _____ é $20,0 \text{ cm}^3$.

grandeza

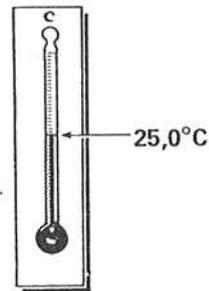
- 2 ■ A medida da grandeza citada no item anterior ($20,0 \text{ cm}^3$) é expressa por um número (20,0) vezes a unidade de medida (cm^3). Portanto, para especificar uma grandeza física, necessitamos de um número que expresse a quantidade medida e a correspondente _____.

unidade de medida



- 3 ■ O termômetro ao lado indica a temperatura de $25,0^{\circ}\text{C}$. A temperatura é uma grandeza expressa por um _____ ($25,0$) vezes a _____ (graus Celsius).

número; unidade de medida



- 4 ■ As grandezas físicas são sempre expressas por um _____ multiplicado pela correspondente _____.

número; unidade de medida

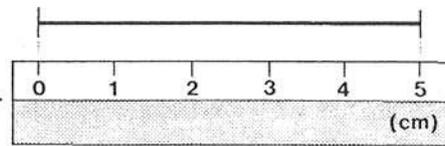
- 5 ■ O relógio ao lado indica $5,0$ h. A grandeza associada ao tempo é expressa pelo _____ ($5,0$) multiplicado pela unidade de tempo (hora).

número



- 6 ■ $5,0$ cm representa a medida do comprimento do segmento ao lado. A correspondente unidade de medida é o _____.

centímetro ou cm

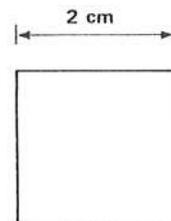


- 7 ■ A velocidade de um carro é de $40,0$ km/h. A grandeza associada à velocidade é expressa por um _____ ($40,0$) vezes a _____.

número; unidade de medida km/h

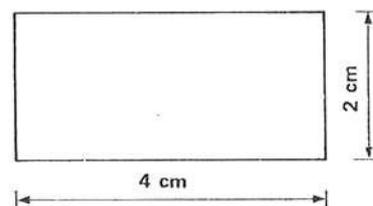
- 8 ■ A medida da área ao lado é _____. Ela é expressa por um _____ ($4,0$) vezes a unidade de medida (cm^2).

$4,0 \text{ cm}^2$; número



- 9 ■ A área do retângulo ao lado é _____. A unidade de medida é o _____.

8 cm^2 ; cm^2

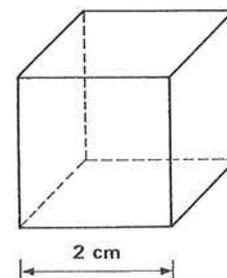


- 10 ■ Grandezas físicas, tais como: volume, temperatura, massa, comprimento, intervalo de tempo, velocidade, etc., devem ser medidas sempre que quisermos determinar seus _____.

valores

- 11 ■ Determine o volume do cubo ao lado. Seu valor é _____. Portanto, para determinarmos o valor de uma _____ física, devemos _____ e exprimi-la por um _____ vezes _____.

8 cm^3 ; grandeza; medi-la; número; a unidade de medida



12 ■ “Moro a 200 metros do Colégio.” 200 metros é a distância ou o valor do comprimento de minha casa ao Colégio.

“Moro 200 metros ao norte do Colégio.” 200 metros ao norte caracteriza a posição de minha casa em relação ao Colégio.

Em ambos os casos temos uma mesma _____ (200 metros), contudo, na segunda afirmação, além da distância, está caracterizada uma direção e um _____.

distância; sentido

13 ■ Examine as afirmações: “Um barco desloca-se com velocidade de 20,0 km/h.” e “Um barco desloca-se com velocidade de 20,0 km/h para leste.” A segunda afirmação acrescenta duas informações a mais. São elas: a _____ (leste-oeste) ou (oeste-leste) e o _____ (leste) do deslocamento do barco.

direção; sentido

14 ■ Dois carros “cruzam-se” defronte à escola com velocidade de 20,0 km/h. Ambos os veículos (possuem; não possuem) velocidades de mesmo valor (20,0 km/h), a mesma direção, mas sentidos _____.

possuem; contrários

15 ■ Examine as afirmações: “Um trem percorre 2,0 km.” e “Um trem percorre 2,0 km para sudeste.” O primeiro caso refere-se a uma distância e o segundo a um deslocamento. Ambos possuem o mesmo valor. A qual dos dois associamos direção e sentido? (distância; deslocamento)

deslocamento

16 ■ “2,0 km” é um comprimento ou uma distância. “2,0 km ao norte” é um deslocamento. “400 m ao norte” é (um comprimento; um deslocamento).

um deslocamento

17 ■ Correlacione as colunas:

- | | |
|------------------------|---------------------------------------|
| 1. posição | () a. 6,0 km |
| 2. distância (somente) | () b. sudeste |
| 3. deslocamento | () c. 4,0 km a nordeste de São Paulo |
| 4. direção e sentido | () d. 4,0 km para nordeste |

(2) a; (4) b; (1) c; (3) d

18 ■ “300 metros para o norte” é um deslocamento. “300 metros ao norte de minha casa” caracteriza uma posição. Para especificar uma posição é necessário um valor ou distância a uma _____ (minha casa), uma direção e um _____. O deslocamento é caracterizado por um valor ou distância, uma _____ e um _____. (É; Não é) necessário uma origem para caracterizar um deslocamento.

origem; sentido; direção; sentido; Não é

19 ■ Para caracterizar certas grandezas físicas, basta um número multiplicado pela correspondente unidade de medida. Exemplos: comprimento, área, temperatura, volume, massa, etc. Afirmar que o comprimento de uma estrada é igual a 60 km (é; não é) suficiente para especificar a grandeza comprimento da estrada.

é

20 ■ Ao afirmarmos que o comprimento de uma estrada é de 60 km, fornecemos seu _____.

valor

21 ■ Para darmos a posição de um objeto, devemos estabelecer um ponto de referência. Feito isso, precisamos fornecer a direção, o sentido e um número multiplicado pela unidade de comprimento. Portanto, apenas o número multiplicado por uma unidade de comprimento (basta; não basta) para localizar um objeto.

não basta

22 ■ As grandezas que necessitam apenas de um número e da correspondente unidade de medida para caracterizá-las, são denominadas **grandezas escalares**. As grandezas que exigem, além do número e da unidade, uma direção e um sentido são chamadas **grandezas vetoriais**. O volume de um corpo representa uma grandeza _____. Um automóvel se desloca 20 km para o norte da cidade. O deslocamento é uma grandeza _____.

escalar; vetorial

23 ■ Uma grandeza que necessita apenas de um número e da correspondente unidade de medida para caracterizá-la é chamada _____.

grandeza escalar

24 ■ Uma grandeza vetorial, além do número e da correspondente unidade de medida, possui _____ e _____.

direção; sentido

25 ■ Classifique as seguintes grandezas em escalares ou vetoriais:

- | | |
|-------------------------------|---|
| a) 3 km _____ | e) 2 kg _____ |
| b) 12,0 cm ² _____ | f) 20 km para o norte _____ |
| c) 10 m/s para leste _____ | g) 9,8 m/s ² na direção do centro da Terra _____ |
| d) 42° C _____ | |

grandezas escalares: a, b, d, e; grandezas vetoriais: c, f, g

26 ■ As grandezas escalares necessitam apenas de _____ para caracterizá-las.

um número vezes a correspondente unidade de medida

27 ■ Grandezas que necessitam, além de um número e da correspondente unidade de medida, também de uma direção e um sentido são chamadas _____.

grandezas vetoriais

28 ■ Em Física, existem duas espécies de grandezas: as _____ e as _____.

escalares; vetoriais

SEÇÃO 2 – REPRESENTAÇÃO DE GRANDEZAS VETORIAIS: VETORES

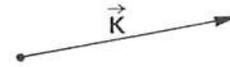
1 ■ Representa-se geometricamente uma grandeza vetorial através de um segmento orientado, que denominamos vetor.

Portanto, um _____, que é chamado de _____, é utilizado para representar uma grandeza _____.

segmento orientado; vetor; vetorial

2 ■ Existem várias notações para indicar um vetor. A mais freqüente utiliza letras maiúsculas ou minúsculas, sobre as quais se coloca uma seta. Exemplos: \vec{A} , \vec{b} , \vec{F} , \vec{v} , etc. O vetor indicado ao lado é representado por _____.

\vec{K}



3 ■ Podemos, também, usar duas letras maiúsculas encimadas por uma seta. A primeira letra corresponde à origem do vetor e a segunda à sua extremidade. Exemplos: \vec{AB} ; \vec{BC} ; \vec{MN} , etc. O vetor \vec{AB} tem sua origem no ponto _____ e sua extremidade no ponto _____.

A; B



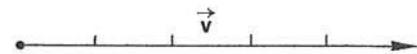
4 ■ Qual a notação correta para o vetor representado ao lado? (\vec{CD} ; \vec{DC})

\vec{CD}



5 ■ Em muitos casos, a representação de um vetor por meio de escalas é conveniente. Ao lado, o vetor \vec{v} representa a velocidade de uma partícula que se desloca a 50 km/h. Tomamos a escala 1,0 cm : 10 km/h. O vetor tem um comprimento igual a _____ cm. Se a partícula estivesse animada da velocidade de 40 km/h, o vetor deveria ter um comprimento de _____.

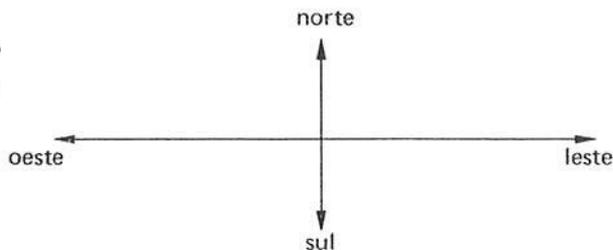
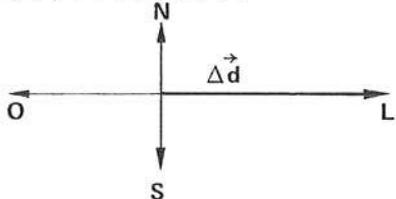
5,0; 4,0 cm



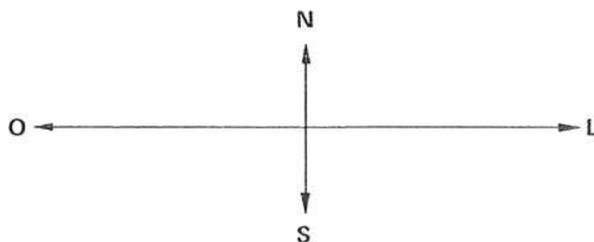
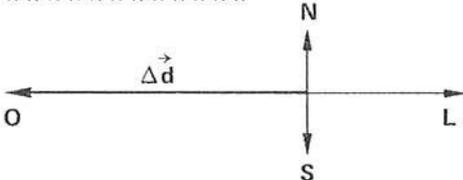
6 ■ Para representarmos um deslocamento de 6 km para leste, construímos, em escala, um vetor de 2 cm; isto significa que cada _____ está representado por 1 cm.

3 km

7 ■ Represente, na figura ao lado, o vetor deslocamento mencionado no item 6. Utilize uma escala 1 cm : 2 km e a simbologia $\vec{\Delta d}$.

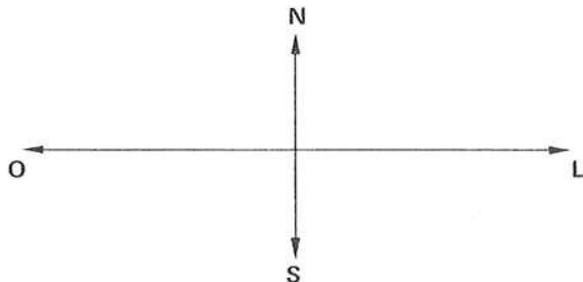
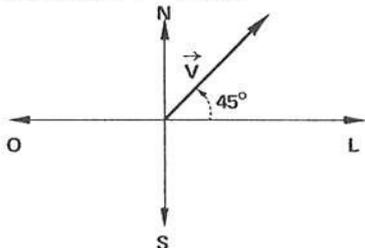


8 ■ Você realiza um deslocamento de 100 metros para oeste. Represente vetorialmente, na figura ao lado, seu deslocamento.



escala : 1 cm : 25 m

9 ■ Um avião movimenta-se à razão de 200 km/h para nordeste, fazendo um ângulo de 45° com o norte. Utilizando uma escala 1 cm : 100 km/h, construa, no espaço ao lado, o vetor que representa a velocidade do avião.



10 ■ O objeto desenhado na figura ao lado movimenta-se para a direita em movimento acelerado. O vetor sobre o objeto representa sua aceleração. A escala utilizada foi 1 cm : $1,0 \text{ m/s}^2$. O valor da aceleração do objeto é de _____, para a direita.

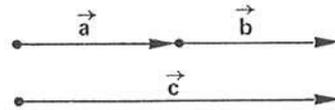
$2,0 \text{ m/s}^2$



SEÇÃO 3 – OPERAÇÕES COM VETORES: MÉTODO GRÁFICO

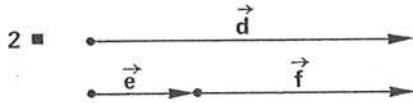
A – ADIÇÃO DE VETORES DE MESMA DIREÇÃO

- 1 ■ Os vetores \vec{a} e \vec{b} representam dois deslocamentos sucessivos na mesma direção e mesmo sentido. O vetor \vec{c} representa o deslocamento resultante. Logo,



$$\vec{c} = \underline{\hspace{2cm}} + \underline{\hspace{2cm}}$$

$\vec{a}; \vec{b}$



$$\underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} + \underline{\hspace{2cm}}$$

$\vec{d}; \vec{e}; \vec{f}$

- 3 ■ Uma pessoa caminha para noroeste com a velocidade de 0,5 m/s. Podemos representar esta grandeza vetorial (velocidade) através de um . O número multiplicado pela correspondente unidade de medida, ou seja, o valor da grandeza, é chamado **módulo** do vetor. Podemos representar o módulo do vetor velocidade citado neste item de duas maneiras:

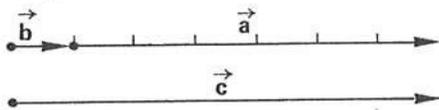
$$|\vec{v}| = 0,5 \text{ m/s (a letra que representa o vetor é colocada entre barras)}$$

ou

$$v = 0,5 \text{ m/s (neste caso a seta é omitida da letra v).}$$

vetor

- 4 ■ Um barco que possui a velocidade de 6 m/s em águas tranquilas, desce um rio cuja correnteza possui a velocidade de 1 m/s. Podemos representar o vetor velocidade do barco por \vec{a} e o vetor velocidade da correnteza do rio por \vec{b} . A velocidade resultante do barco será representada pelo vetor \vec{c} .



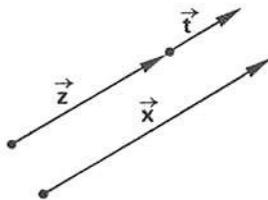
$$\vec{a} + \vec{b} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$\text{em módulo: } |\vec{a}| + |\vec{b}| = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$\text{ou } 6 \text{ m/s} + \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$\vec{c}; |\vec{c}|; 1 \text{ m/s}; 7 \text{ m/s}$

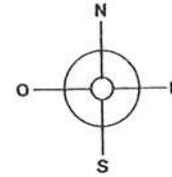
- 5 ■

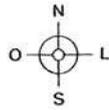
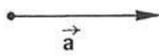


O vetor \vec{x} representa o vetor soma ou resultante dos vetores \vec{z} e .

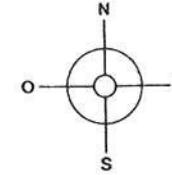
\vec{t}

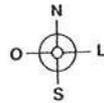
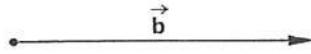
- 6 ■ Um garoto caminha 50 metros para leste e, em seguida, mais 100 metros para leste. Represente vetorialmente o deslocamento de 50 metros. Chame-o de \vec{a} e utilize a escala 1 cm : 25 m.





- 7 ■ Represente agora o deslocamento de 100 metros realizado pelo garoto, mencionado no item 6. Utilize a mesma escala e represente-o por \vec{b} .

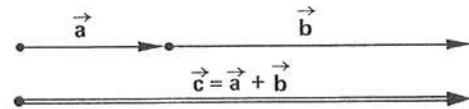




- 8 ■ Evidentemente, o deslocamento resultante do garoto foi de _____ para leste, pois ele realizou deslocamentos consecutivos de mesma direção e mesmo _____. O deslocamento resultante é a soma vetorial dos deslocamentos. Para determinar o vetor que representa o deslocamento resultante, devemos construir cada vetor em seguida a outro e o vetor que representa a soma é aquele que vai do início do primeiro até a extremidade do último vetor.

150 m; sentido

- 9 ■ Represente graficamente a soma dos deslocamentos \vec{a} e \vec{b} realizados pelo garoto, utilizando a mesma escala. Represente a soma por \vec{c} .



- 10 ■ O vetor \vec{c} tem comprimento igual a _____. Logo, o módulo de \vec{c} será $|\vec{c}| = c =$ _____, pois cada centímetro equivale a _____.

6 cm; 150 m; 25 m

- 11 ■ Como, no exemplo acima, \vec{a} e \vec{b} possuem mesma direção e mesmo _____, o módulo de \vec{c} pode ser calculado pela expressão:

$$|\vec{c}| = c = |\vec{a}| + |\vec{b}|$$

Substituindo os valores, teremos: $c =$ _____

sentido; $c = 50 \text{ m} + 100 \text{ m} = 150 \text{ m}$

- 12 ■ O garoto caminha 50 metros para leste e, em seguida, 100 metros para oeste. Agora, o segundo deslocamento realizado pelo garoto (é; não é) oposto ao primeiro.

é

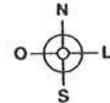
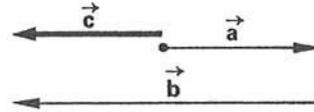
13 ■ Não será difícil determinar o deslocamento resultante. Este terá módulo ou valor igual a _____ dirigido para (leste; oeste).

50 m; oeste

14 ■ Vamos determinar o deslocamento resultante, utilizando vetores. Chame o primeiro de \vec{a} , o segundo de \vec{b} e a soma ou o _____ de \vec{c} . Logo ($\vec{c} = \vec{a} + \vec{b}$; $\vec{c} = \vec{a} - \vec{b}$).

deslocamento resultante; $\vec{c} = \vec{a} + \vec{b}$ (Apesar do segundo deslocamento ser contrário ao primeiro, o deslocamento resultante ou a soma é sempre representada, vetorialmente, pela soma.)

15 ■ A representação vetorial de $\vec{c} = \vec{a} + \vec{b}$ está indicada ao lado. A escala utilizada foi 1 cm : 25 m. O sentido do deslocamento resultante é para _____



oeste

16 ■ A soma \vec{c} tem módulo _____, pois seu comprimento é _____ e a escala utilizada foi 1 cm: _____. Seu sentido é para _____ e sua direção é (igual às; diferente das) direções de \vec{a} e de \vec{b} .

50 m; 2 cm; 25 m; oeste; igual às

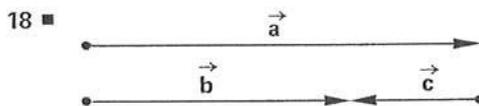
17 ■ No exemplo acima, os vetores \vec{a} e \vec{b} são diretamente opostos. Neste caso, podemos calcular o módulo da soma da seguinte forma:

$$|\vec{c}| = c = |\vec{a}| - |\vec{b}|$$

Substituindo os valores, teremos:

$$c = \underline{\hspace{2cm}}$$

$c = 50\text{m} - 100\text{m} = -50\text{m}$ (O sinal negativo significa que o vetor soma \vec{c} é de sentido oposto ao vetor de módulo 50 m ou de mesmo sentido que o vetor de módulo 100 m.)



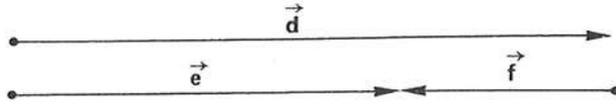
\vec{b} é o _____ ou resultante de \vec{a} e \vec{c} .

vetor soma

19 ■ Indique graficamente a seguinte soma vetorial:

$$\vec{e} = \vec{d} + \vec{f}, \text{ onde: } d = 80 \text{ m; } e = 50 \text{ m; } f = 30 \text{ m.}$$

(Especifique a escala usada.)



Neste caso, a escala é 1 cm:10 m

20 ■ O módulo do vetor soma do item anterior é $|\vec{e}| =$ _____.

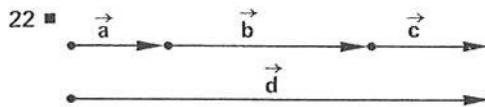
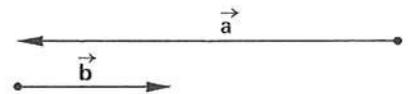
50 m

21 ■ Desenhe o vetor soma e escreva a igualdade correspondente à operação realizada:

$$\underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} + \underline{\hspace{2cm}}$$



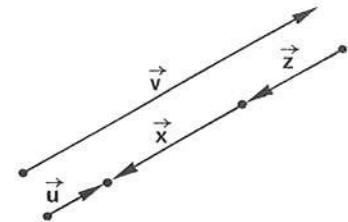
$$\vec{a} + \vec{b} = \vec{c}$$



$$\vec{d} = \vec{a} + \underline{\hspace{2cm}} + \underline{\hspace{2cm}}$$

$\vec{b}; \vec{c}$

23 ■



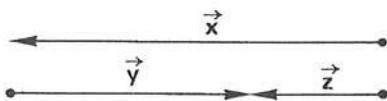
$$\vec{u} = \underline{\hspace{2cm}} + \underline{\hspace{2cm}} + \underline{\hspace{2cm}}$$

$\vec{v}; \vec{x}; \vec{z}$

24 ■ O vetor resultante, ou vetor soma, de dois ou mais vetores é um único vetor que produz o mesmo resultado desses vetores juntos. Portanto, um único vetor que produz o mesmo resultado de dois ou mais vetores é chamado _____ ou _____.

vetor soma; vetor resultante

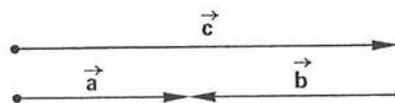
25 ■ Escolha a equação que descreve a situação abaixo:



- a) $\vec{x} = \vec{z} + \vec{y}$
- b) $\vec{y} = \vec{z} + \vec{x}$
- c) $\vec{z} = \vec{x} + \vec{y}$
- d) $z = x + y$

$$\vec{z} = \vec{x} + \vec{y}$$

26 ■ O vetor \vec{a} produz o mesmo resultado que _____ e _____ conjuntamente. Chamamos \vec{a} de vetor resultante de _____ e _____.



\vec{c} ; \vec{b} ; \vec{c} ; \vec{b}

27 ■ Em todas as operações de adição vetorial realizadas até aqui, os vetores sempre possuíam a mesma direção, ou seja, o ângulo formado por eles era ou de 0° ou de _____. Vamos operar, a seguir, com vetores que formam entre si ângulos quaisquer.

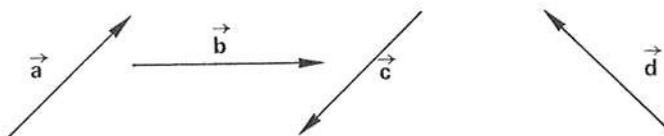
180°

B – ADIÇÃO DE VETORES DE DIREÇÕES DIFERENTES

1 ■ Dois vetores possuem a mesma direção quando o ângulo formado por eles é igual a 0° ou 180° , isto é, quando possuem mesmo sentido ou sentidos opostos. Dois vetores possuem direções diferentes quando o ângulo formado por eles é (igual a; diferente de) 0° ou 180° .

diferente de

2 ■ Quais os vetores que possuem a mesma direção?



\vec{a} e \vec{c}

3 ■ Uma pessoa caminha duas quadras para leste e, em seguida, três quadras para norte. Os vetores \vec{a} e \vec{b} representam tais deslocamentos. O deslocamento resultante é a soma vetorial de _____ e _____. Se simbolizarmos o vetor soma por \vec{c} , podemos escrever

$$\vec{c} = \underline{\hspace{2cm}} + \underline{\hspace{2cm}}$$

\vec{a} ; \vec{b} ; (\vec{a} ; \vec{b}) ou (\vec{b} ; \vec{a})

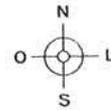
4 ■ No item 3 acima, se cada quadra corresponder a 100 metros, a pessoa terá se deslocado _____ para leste e _____ para norte.

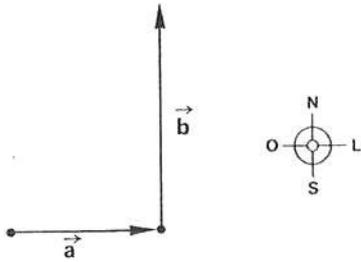
200 m; 300 m

5 ■ O valor do deslocamento resultante é igual à distância do ponto origem ao ponto final. A distância é (sempre; às vezes) o comprimento da linha reta que une dois pontos.

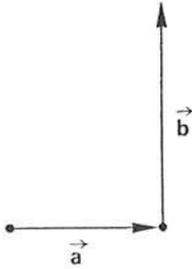
sempre

- 6 ■ Construa ao lado os deslocamentos \vec{a} e \vec{b} , um em seguida ao outro, mantendo, para cada um, sua direção e seu sentido. Utilize uma escala 1 cm : 100 m





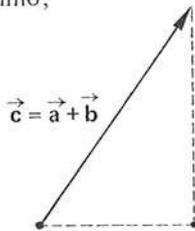
- 7 ■



O vetor soma \vec{c} dos deslocamentos \vec{a} e \vec{b} é aquele cuja origem é a origem do primeiro vetor e cuja extremidade coincide com a extremidade do (primeiro; último) vetor.

Trace o vetor $\vec{c} = \vec{a} + \vec{b}$ no diagrama ao lado.

último;



- 8 ■ O valor ou o módulo do vetor que representa o deslocamento resultante é aproximadamente _____, pois o comprimento, em escala, do vetor \vec{c} é aproximadamente 3,6 cm e cada 1 cm equivale a 100 m. Logo, $|\vec{c}| = c =$ _____.

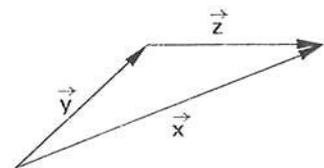
360 m; 360 m

- 9 ■ No exemplo visto acima, $\vec{c} = \vec{a} + \vec{b}$ (vetorialmente) mas o módulo de \vec{c} (pode; não pode) ser calculado pela expressão $c = a + b$ porque os vetores \vec{a} e \vec{b} _____.

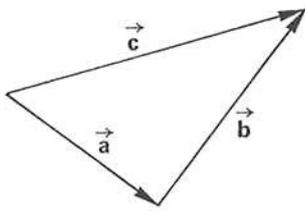
não pode; não possuem mesma direção

- 10 ■ \vec{x} é a soma dos vetores _____ e _____ e produz o mesmo efeito dos dois vetores (\vec{y} e \vec{z}) combinados.

$\vec{y}; \vec{z}$



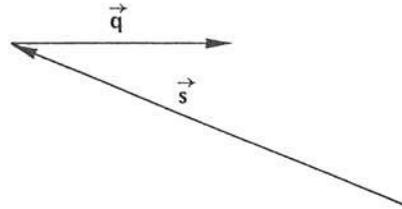
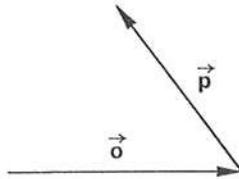
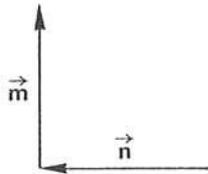
11 ■



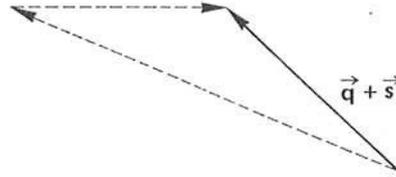
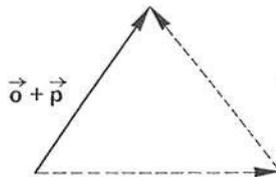
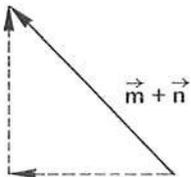
O vetor soma de \vec{a} e \vec{c} _____ é _____.

\vec{b} ; \vec{c}

12 ■



Desenhe os vetores resultantes das somas indicadas.

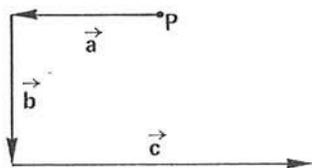


13 ■ Um garoto realiza os seguintes deslocamentos sucessivos: a) 100 metros para oeste; b) 100 metros para o sul; c) 200 metros para leste. O deslocamento resultante é representado pelo vetor que une o ponto de partida ao _____.

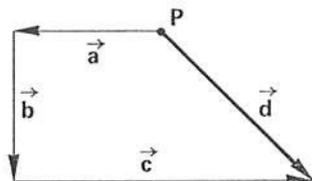
ponto de chegada

14 ■ A partir do ponto P ao lado, construa os vetores que representam os deslocamentos. Não se esqueça de que eles devem ser construídos um em seguida ao outro, mantendo, para cada um, sua direção e seu sentido. Utilize 1 cm : 50 m (Dados do item 13).

•P



15 ■ Volte ao diagrama vetorial que você acabou de construir no item 14 e construa o vetor que representa a soma dos 3 deslocamentos; represente-o por \vec{d} e indique seu módulo.



$|\vec{d}| \cong 140 \text{ m}$ ou $d \cong 140 \text{ m}$

16 ■ Represente \vec{d} em função de \vec{a} , \vec{b} e \vec{c} (item 15).

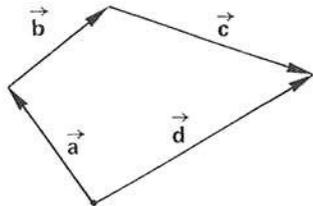
$$\vec{d} = \vec{a} + \vec{b} + \vec{c}$$

17 ■ O módulo do deslocamento resultante (é; não é) igual à soma dos módulos de cada deslocamento. Então, neste caso, (podemos; não podemos) calcular o valor da soma vetorial pela expressão:

$$d = a + b + c$$

não é; não podemos (pois os vetores possuem diferentes direções)

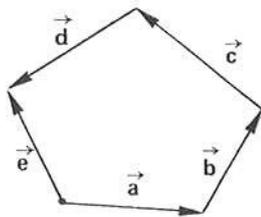
18 ■



O vetor soma de \vec{a} , \vec{b} e \vec{c} é _____.

\vec{d}

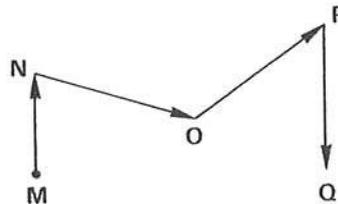
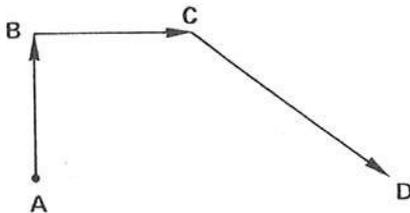
19 ■



$\vec{e} =$ _____

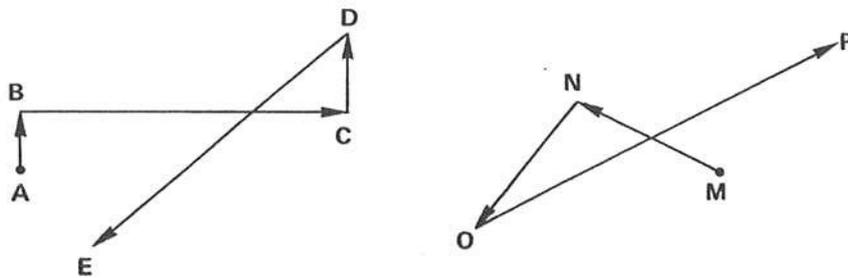
$$\vec{a} + \vec{b} + \vec{c} + \vec{d}$$

20 ■ Desenhe o vetor soma nos casos abaixo e escreva as equações correspondentes:



$$\vec{AD} = \vec{AB} + \vec{BC} + \vec{CD}; \quad \vec{MQ} = \vec{MN} + \vec{NO} + \vec{OP} + \vec{PQ}$$

21 ■ Desenhe o vetor soma nos casos abaixo e escreva as equações correspondentes:

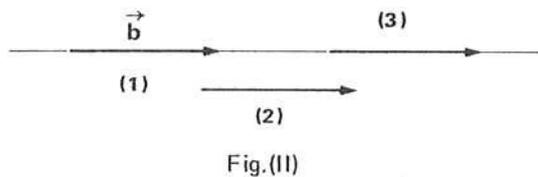
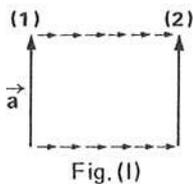


$$\vec{AE} = \vec{AB} + \vec{BC} + \vec{CD} + \vec{DE} ; \vec{MP} = \vec{MN} + \vec{NO} + \vec{OP}$$

22 ■ Portanto, para representar o vetor soma de vários vetores consecutivos, basta desenhar a seta a partir da origem do primeiro vetor ao término do _____.

último vetor

23 ■ Um vetor pode ser deslocado ao longo de sua direção ou paralelamente a si mesmo, sem sofrer alteração.



Na figura (I), o vetor \vec{a} foi deslocado de uma posição (1) para outra (2). O vetor da posição (1) e o vetor da posição (2) (representam; não representam) um mesmo vetor.

representam

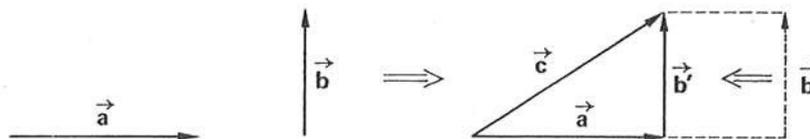
24 ■ Na figura (II) do item 23, o vetor \vec{b} foi deslocado ao longo de sua direção e na direção paralela. Tanto o vetor da posição (2) como o da posição (3) (representam; não representam) o mesmo vetor da posição (1).

representam

25 ■ (Podemos; Não podemos) deslocar um vetor ao longo de sua direção ou paralelamente a si mesmo, sem alterá-lo.

Podemos

26 ■ A propriedade enunciada no item anterior é útil para a realização de operações com vetores. Vamos efetuar a adição dos vetores \vec{a} e \vec{b} .



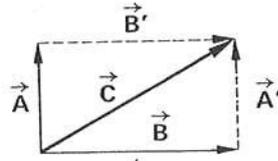
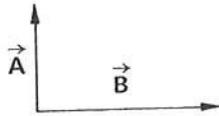
Deslocamos \vec{b} paralelamente a si mesmo

$$\vec{b} = \vec{b}'$$

$$\vec{a} + \vec{b}' = \vec{c} \quad \therefore \vec{a} + \underline{\hspace{2cm}} = \vec{c}$$

\vec{b}

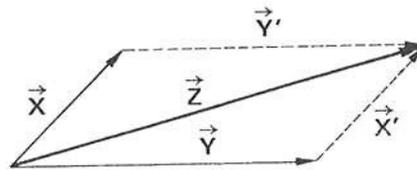
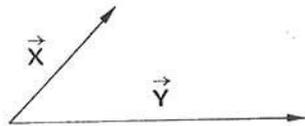
27 ■ Efetue a adição dos vetores \vec{A} e \vec{B} :



$$\vec{A} = \vec{A}' \quad \text{e} \quad \vec{B} = \vec{B}', \quad \text{logo,} \quad \vec{B} + \vec{A}' = \vec{A} + \vec{B}' = \vec{A} + \vec{B} = \underline{\hspace{2cm}}$$

\vec{C}

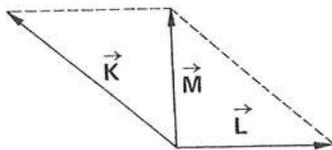
28 ■



$$\underline{\hspace{2cm}} = \vec{Z}$$

$\vec{X} + \vec{Y}$

29 ■



$$\vec{M} = \vec{K} + \underline{\hspace{2cm}}$$

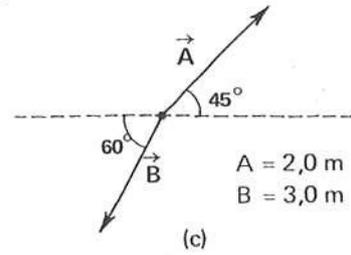
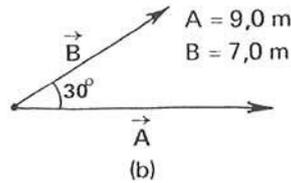
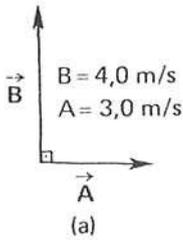
\vec{L}

EXERCÍCIOS DE REVISÃO

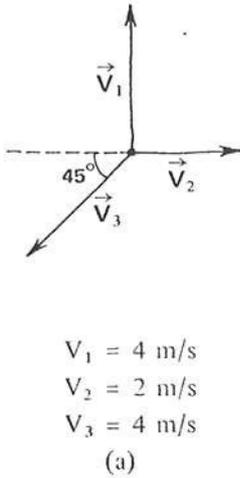
- 1 ■ Um homem caminha 300 metros para o sul e, em seguida, 600 metros para o norte. Represente graficamente, por meio de vetores, os deslocamentos e determine o módulo do deslocamento resultante. Utilize uma escala conveniente.
- 2 ■ Um garoto caminha 300 metros para leste; em seguida, orienta-se para norte e caminha mais 600 metros. Deste ponto, ele segue 200 metros para oeste. Determine o módulo do deslocamento resultante. Utilize uma escala conveniente.
- 3 ■ Qual é a quantidade mínima de vetores para que sua soma seja zero?

4 ■ Dois vetores de módulos 10 e 8 podem dar uma soma cujo módulo seja 2? Explique.

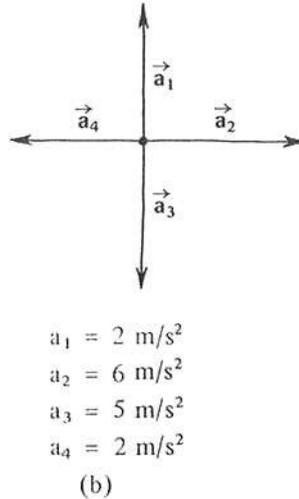
5 ■ Construa diagramas, em escala, para determinar o módulo da soma $\vec{A} + \vec{B}$ para cada par de vetores abaixo. Como os vetores não estão em escala, resolva-os em papel à parte, onde você poderá utilizar uma escala adequada.



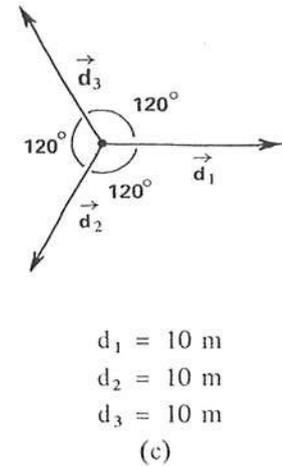
6 ■ Construa diagramas para determinar o vetor resultante em cada conjunto de vetores abaixo. (Os vetores e os ângulos não estão em escala.)



$V_1 = 4 \text{ m/s}$
 $V_2 = 2 \text{ m/s}$
 $V_3 = 4 \text{ m/s}$



$a_1 = 2 \text{ m/s}^2$
 $a_2 = 6 \text{ m/s}^2$
 $a_3 = 5 \text{ m/s}^2$
 $a_4 = 2 \text{ m/s}^2$



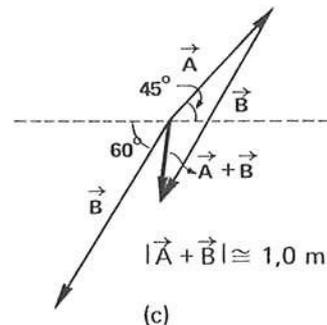
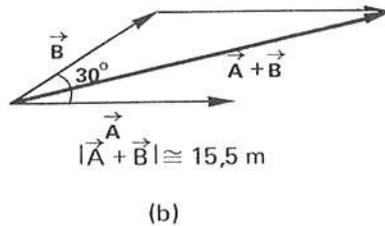
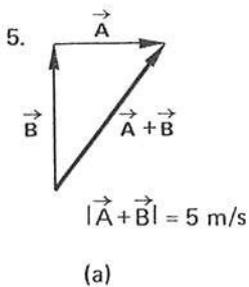
$d_1 = 10 \text{ m}$
 $d_2 = 10 \text{ m}$
 $d_3 = 10 \text{ m}$

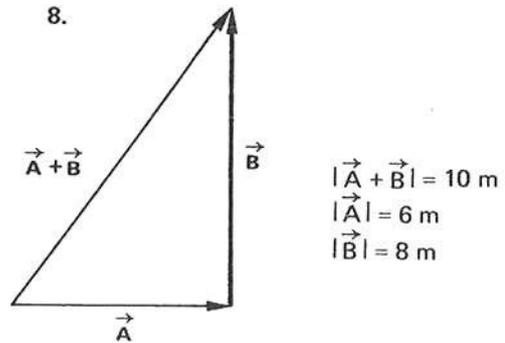
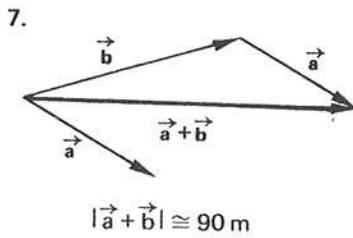
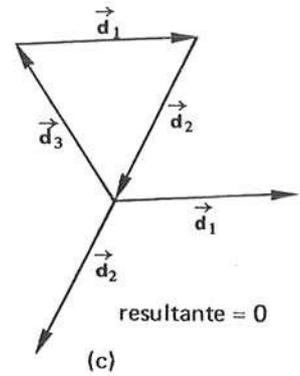
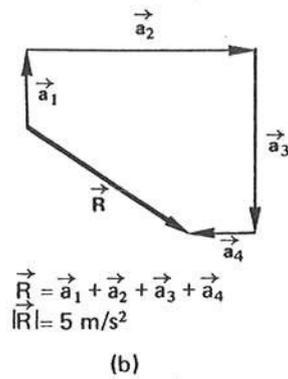
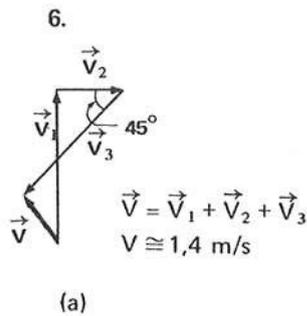
7 ■ Dois vetores, \vec{a} e \vec{b} , fazem um ângulo de 45° entre si e possuem módulos respectivamente iguais a 40 e 60 m. Determine um terceiro vetor, \vec{c} , tal que somado com \vec{a} e \vec{b} resulte uma soma igual a 0. Construa o diagrama e forneça o módulo de \vec{c} .

8 ■ A soma de dois vetores, \vec{A} e \vec{B} , possui módulo 10 metros. Sabe-se que \vec{A} e \vec{B} são perpendiculares entre si e que o módulo de \vec{A} é igual a 6 metros. Construa um diagrama em escala e determine o módulo de \vec{B} .

RESPOSTAS

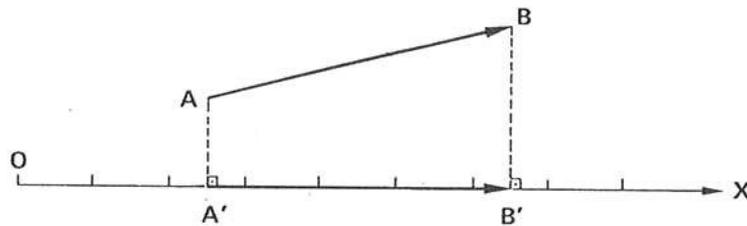
- 1. 300 m(para o norte); 2. $\cong 610 \text{ m}$
- 3. dois (mesmo módulo, sentidos diretamente opostos)
- 4. sim; quando forem diretamente opostos.





C – COMPONENTES DE UM VETOR

1 ■



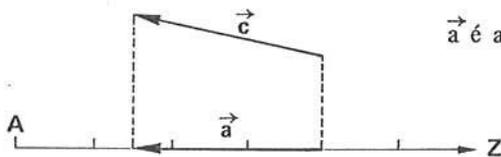
AA' e BB' são perpendiculares traçadas a partir das extremidades do vetor \vec{AB} sobre o eixo OX. Dizemos que o vetor $\vec{A'B'}$ é a componente do vetor \vec{AB} ao longo do eixo _____.

OX

2 ■ Dado um eixo qualquer e um vetor, para se determinar a componente do vetor sobre o eixo, basta traçarmos as _____ a partir das extremidades do vetor sobre o _____. O vetor obtido sobre o eixo é chamado de componente do vetor sobre o eixo.

perpendiculares; eixo

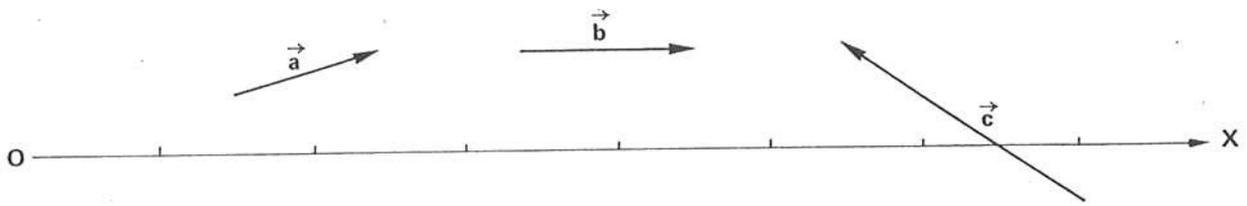
3 ■

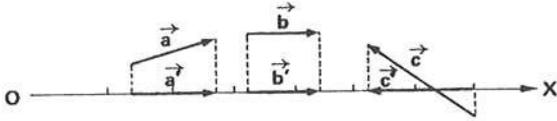


\vec{a} é a componente do vetor _____ sobre o eixo _____.

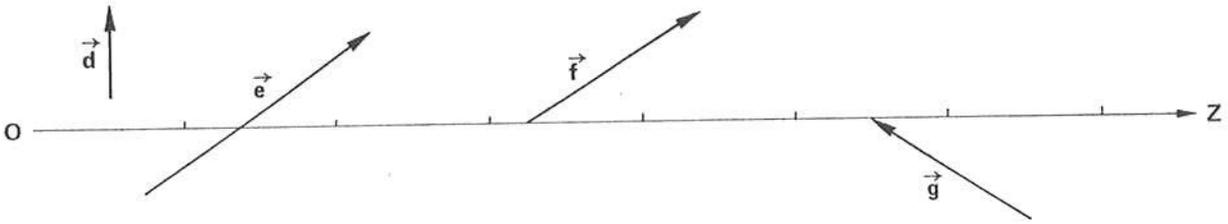
\vec{c} ; AZ

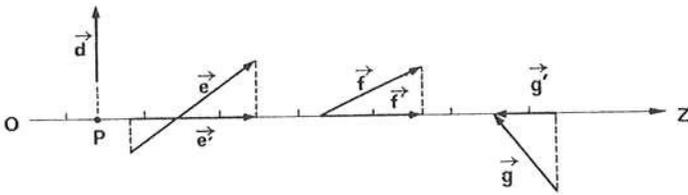
4 ■ Construa as componentes dos vetores sobre o eixo dado:



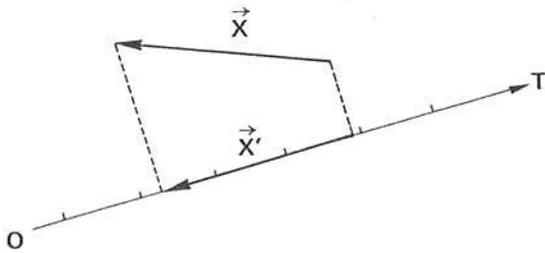


5 ■ Construa as componentes dos vetores sobre o eixo dado:





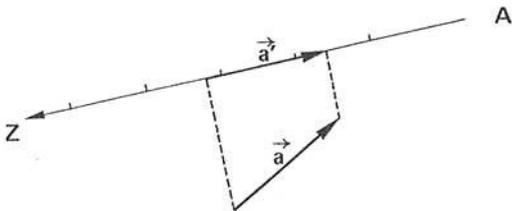
6 ■



A componente do vetor \vec{X} sobre o eixo OT é _____.

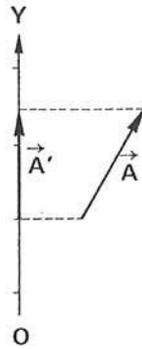
\vec{X}'

7 ■ A componente do vetor \vec{a} sobre o eixo _____ é _____.



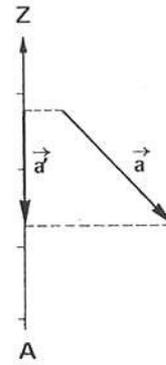
AZ; \vec{a}'

8 ■ A componente do vetor \vec{A} sobre OY é _____.



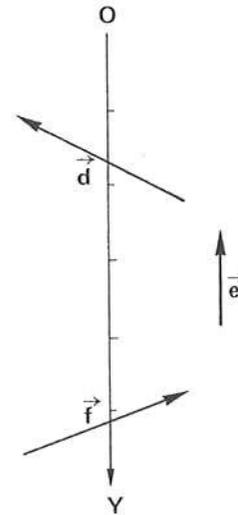
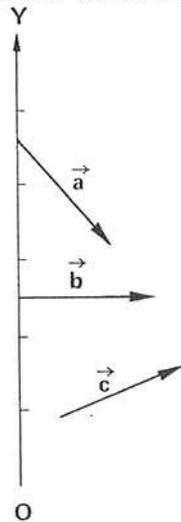
\vec{A}'

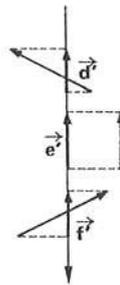
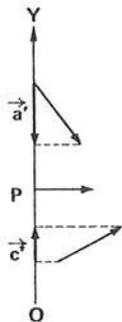
9 ■ \vec{a} é a componente do vetor _____ sobre o eixo _____.



\vec{a} ; AZ

10 ■ Construa as componentes dos vetores sobre os eixos dados:





11 ■ Se a componente de um vetor sobre um eixo tiver módulo igual ao do vetor, este será _____ ao eixo.

paralelo

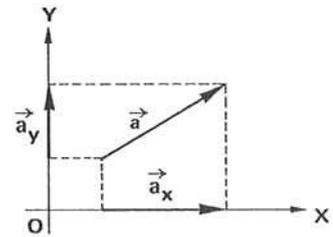
12 ■ Se a componente de um vetor sobre um eixo for _____, o vetor será perpendicular ao referido eixo.

nula

13 ■ Quando um vetor é projetado simultaneamente sobre dois eixos perpendiculares entre si (plano cartesiano), suas componentes são denominadas retangulares.

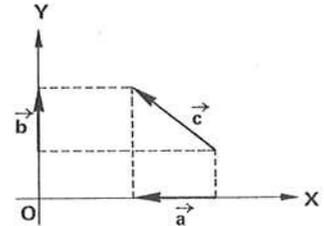
Os eixos OX e OY são _____ entre si; \vec{a}_x e \vec{a}_y são as _____ de \vec{a} .

perpendiculares; componentes retangulares



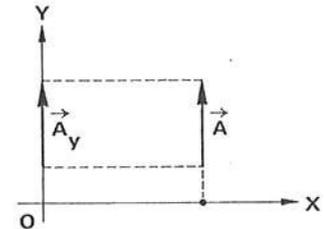
14 ■ \vec{a} é a componente do vetor \vec{c} segundo o eixo _____ e _____ é a componente do mesmo vetor segundo o eixo _____.

OX; \vec{b} ; OY

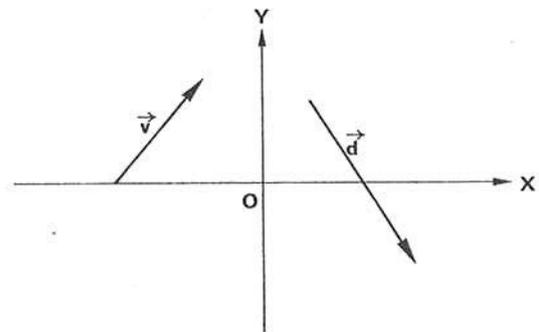
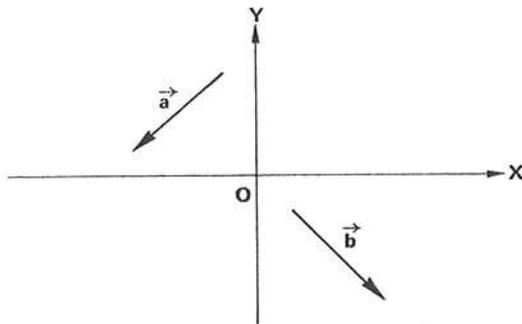


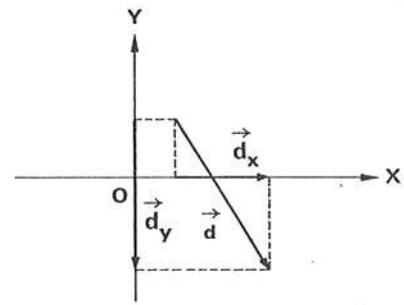
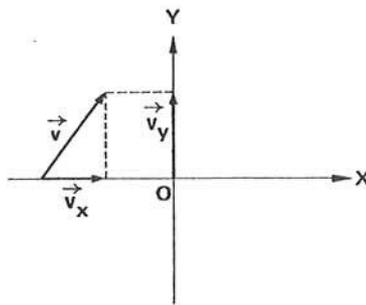
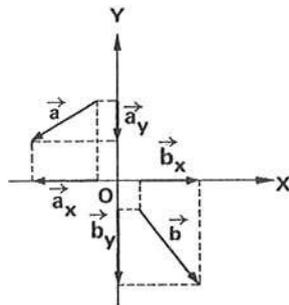
15 ■ A componente retangular do vetor \vec{A} sobre o eixo OX é _____.
A componente de \vec{A} sobre OY é _____. Podemos afirmar que $\vec{A}_y =$ _____.

nula; \vec{A}_y ; \vec{A}

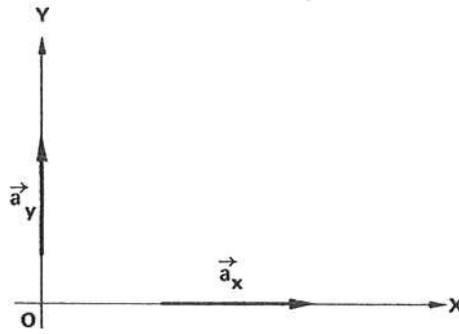


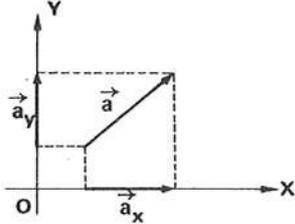
16 ■ Determinar as componentes retangulares dos vetores:



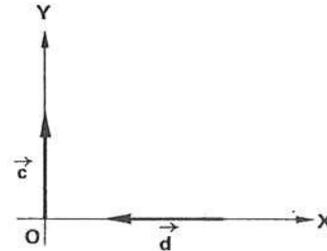
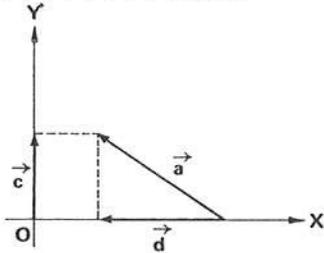


17 ■ \vec{a}_x e \vec{a}_y são componentes retangulares do vetor \vec{a} ; construa o vetor \vec{a} .



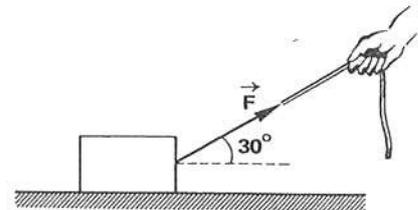


18 ■ \vec{c} e \vec{d} são as componentes retangulares do vetor \vec{a} ; construa-o.



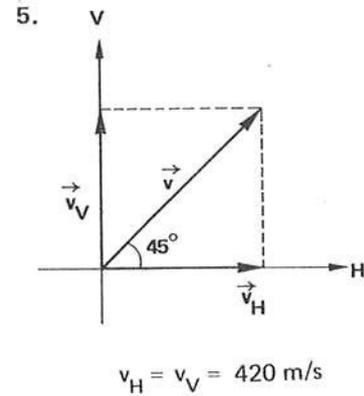
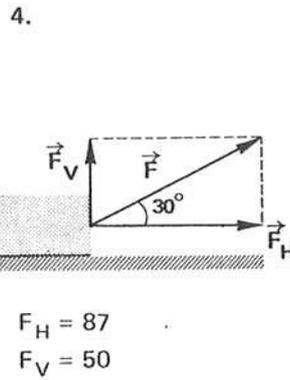
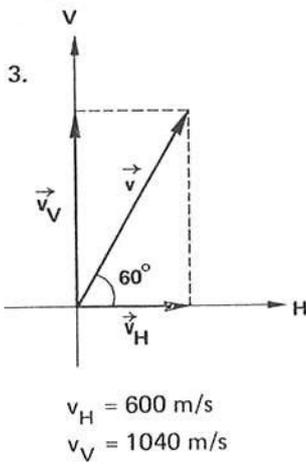
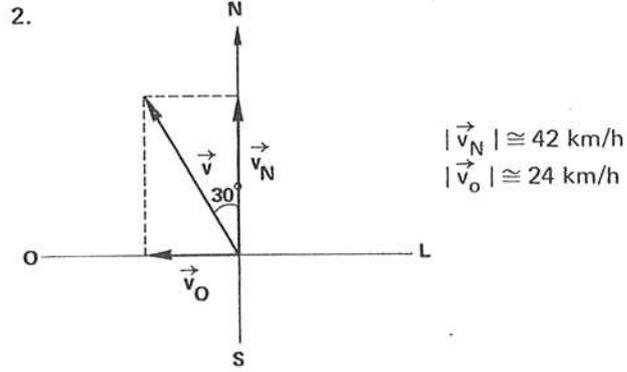
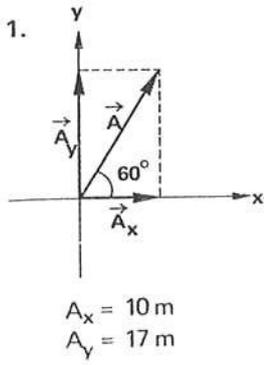
EXERCÍCIOS DE REVISÃO

- 1 ■ Determine as componentes de um vetor \vec{A} , de módulo 20 m, que faz um ângulo de 60° com o eixo dos x.
- 2 ■ Um trem movimenta-se com uma velocidade de 50 km/h, numa direção que faz um ângulo de 30° com o norte, e dirige-se para noroeste. Determine graficamente as componentes retangulares da velocidade do trem.
- 3 ■ Um foguete é lançado com uma velocidade de 1 200 m/s, fazendo um ângulo de 60° com a horizontal. Determine as componentes retangulares, vertical e horizontal, da velocidade do foguete.
- 4 ■ Um garoto puxa um caixote, conforme mostra a figura ao lado, com uma força \vec{F} cujo módulo é 100 unidades de força. Determine a componente da força na direção horizontal e na vertical.



- 5 ■ Um projétil é atirado com velocidade de 600 m/s, fazendo um ângulo de 45° com a horizontal. Determine as componentes vertical e horizontal da velocidade do projétil.

RESPOSTAS:



D – SUBTRAÇÃO DE VETORES

1 ■ O negativo de um vetor \vec{a} é definido por:

$$\vec{a} + (-\vec{a}) = 0$$

Em outras palavras, o negativo de um vetor \vec{a} é um vetor (oposto; não-oposto) a \vec{a} .

oposto

2 ■ O oposto de um vetor \vec{a} é um outro vetor de (mesmo; diferente) módulo, mesma direção e sentido _____.

mesmo; contrário

3 ■ Logo, se somarmos, vetorialmente, um vetor \vec{a} com seu oposto, resultará uma soma _____.

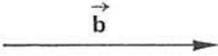
nula

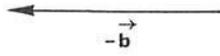
4 ■ A única maneira de se conseguir um deslocamento zero, realizando dois trajetos, é retornar ao ponto de partida na mesma direção, porém em sentido oposto, percorrendo uma mesma _____.

distância

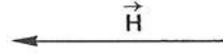
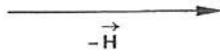
5 ■ Então, o negativo de um vetor é o vetor de mesmo _____, mesma _____, porém de _____.

módulo ou comprimento; direção; sentido contrário

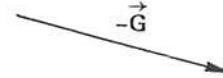
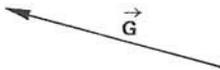
6 ■ Dado o vetor \vec{b} (figura ao lado), construa o negativo ou o oposto de \vec{b} . 



7 ■ Dado o vetor \vec{H} (figura ao lado), construa o vetor $-\vec{H}$.



8 ■ Dado o vetor $-\vec{G}$ (figura ao lado), construa o vetor \vec{G} .



9 ■ A subtração de vetores é agora uma operação fácil. Se quisermos o resultado de $\vec{A} - \vec{B}$, podemos determinar a soma do vetor \vec{A} com o _____ ou _____ do vetor \vec{B} .

negativo; oposto

10 ■ Em outras palavras, $\vec{A} - \vec{B} = \vec{A} + (\text{_____})$

$-\vec{B}$

11 ■ Logo, para subtrair do vetor \vec{A} um outro \vec{B} , somamos ao vetor \vec{A} o _____ ou o _____ do vetor _____.

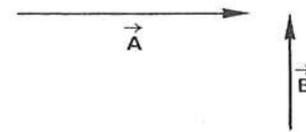
negativo; oposto; \vec{B}

12 ■ Dados os vetores \vec{A} e \vec{B} ao lado, faça a subtração $\vec{A} - \vec{B}$.

$$\vec{A} - \vec{B} = \vec{A} + (-\vec{B})$$

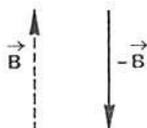
Devemos, então, determinar o vetor oposto de _____.

\vec{B}

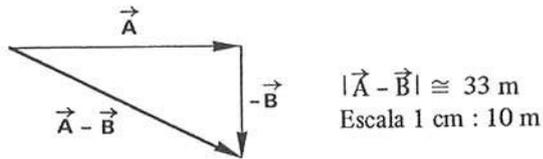


Escala 1 cm : 10 m

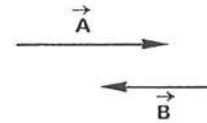
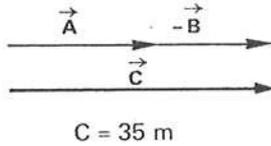
13 ■ Construa, ao lado do vetor \vec{B} , no item 12, o vetor oposto de \vec{B} .



- 14 ■ Construa agora, no espaço ao lado, a subtração $\vec{A} - \vec{B}$. Para tal, devemos somar a \vec{A} o negativo de \vec{B} .

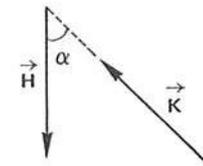
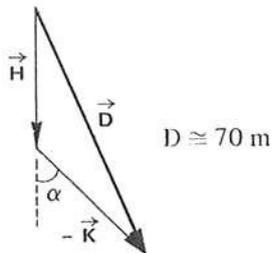


- 15 ■ Sejam os vetores \vec{A} e \vec{B} , mostrados na figura ao lado. Determine o vetor \vec{C} , que é a diferença entre \vec{A} e \vec{B} , isto é, $\vec{C} = \vec{A} - \vec{B}$.



Escala: 1 cm : 10 m

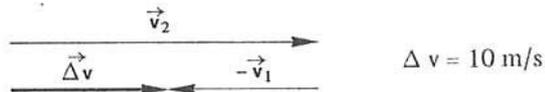
- 16 ■ Dados os vetores da figura ao lado, determine o vetor diferença \vec{D} , tal que $\vec{D} = \vec{H} - \vec{K}$.



Escala: 1 cm : 20 m

- 17 ■ Os vetores \vec{v}_1 e \vec{v}_2 dados ao lado representam a velocidade de um objeto em dois instantes. Determine a variação de velocidade

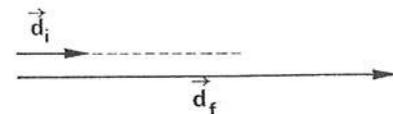
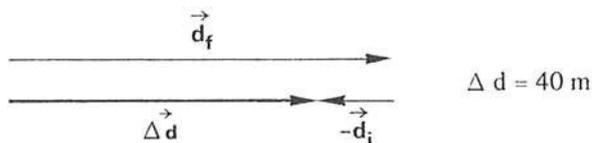
$$\Delta \vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$$



Escala: 1 cm : 5,0 m/s

- 18 ■ Os vetores ao lado representam a posição de um objeto em dois instantes. Determine o vetor deslocamento

$$\Delta \vec{d} = \vec{d}_f - \vec{d}_i$$

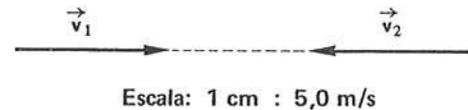


Escala: 1 cm : 10 m

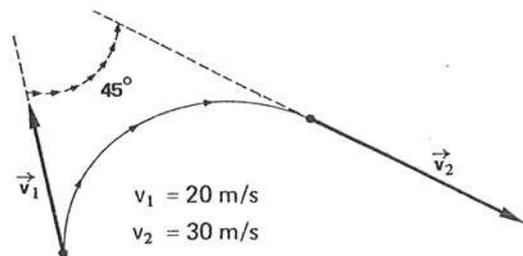
EXERCÍCIOS DE REVISÃO

- 1 ■ Uma força de 10 unidades atua horizontalmente para a direita. Qual é o oposto dessa força? (Dê o módulo, direção e sentido)
- 2 ■ Dois vetores de mesmo módulo e mesma direção possuem sentidos contrários. Se o módulo valer 20 m, quanto valerá o vetor diferença entre os dois?
- 3 ■ Uma bola bate em uma parede com velocidade $|\vec{v}_1| = 20$ m/s e retorna na mesma direção, mas em sentido contrário, com velocidade $|\vec{v}_2| = 15$ m/s. Determine graficamente o vetor diferença $\Delta \vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$.

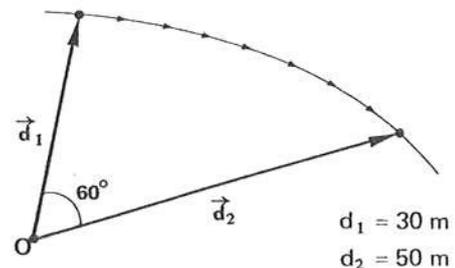
- 4 ■ Na figura ao lado está representado o movimento de um objeto, focalizando dois instantes. Se $v_1 = 10$ m/s e $v_2 = 10$ m/s, determine graficamente o módulo de $\Delta \vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$.



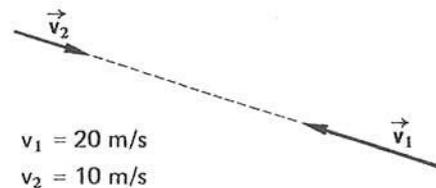
- 5 ■ Os vetores \vec{v}_1 e \vec{v}_2 representam as velocidades de um objeto em dois instantes. Determine o módulo do vetor variação de velocidade $\Delta \vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$.



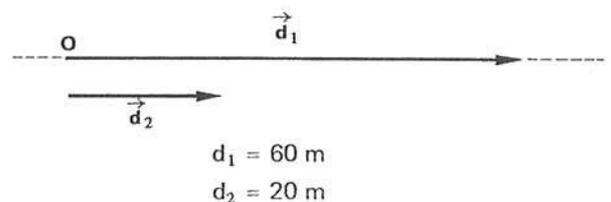
- 6 ■ Os vetores \vec{d}_1 e \vec{d}_2 representam a posição, com relação à origem O, de um objeto que se movimenta em trajetória curvilínea. Determine o módulo do vetor deslocamento $\Delta \vec{d} = \vec{d}_2 - \vec{d}_1$.



- 7 ■ Os vetores \vec{v}_1 e \vec{v}_2 representam as velocidades de um objeto em dois instantes. Determine o módulo do vetor variação de velocidade $\Delta \vec{v}$.

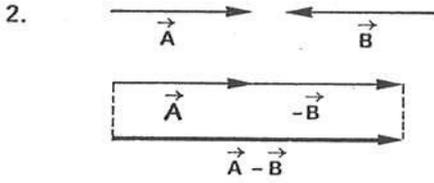


- 8 ■ \vec{d}_1 e \vec{d}_2 são os vetores posição de um objeto em dois instantes. Determine o módulo do vetor deslocamento $\Delta \vec{d} = \vec{d}_2 - \vec{d}_1$.

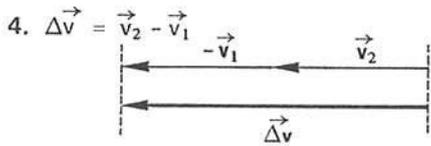
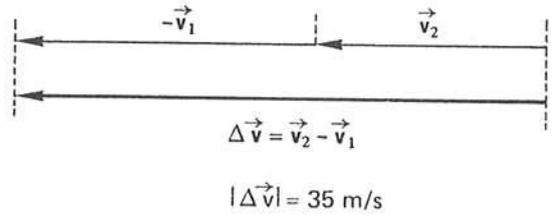
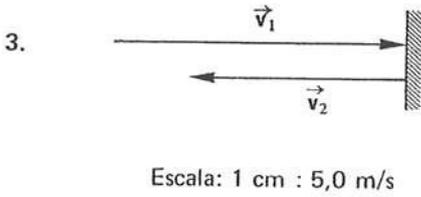


RESPOSTAS

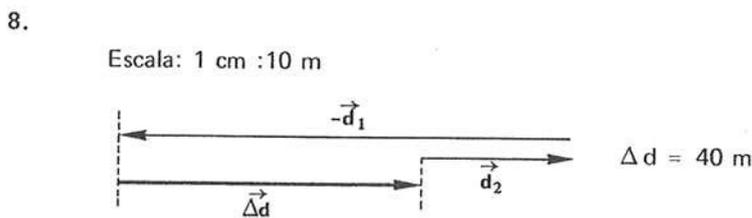
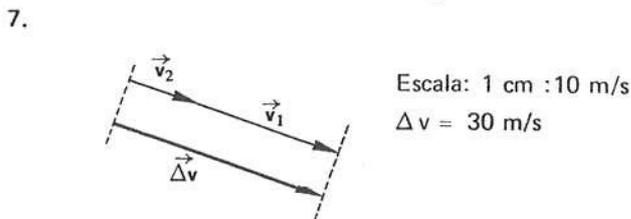
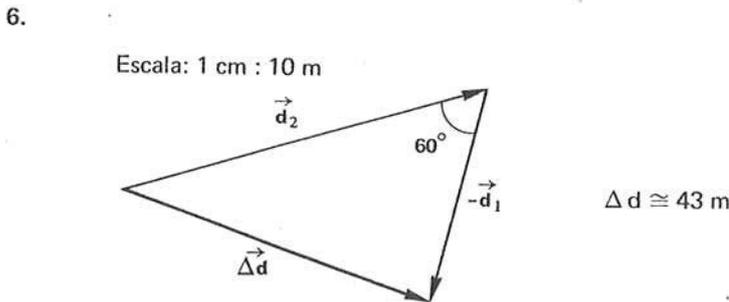
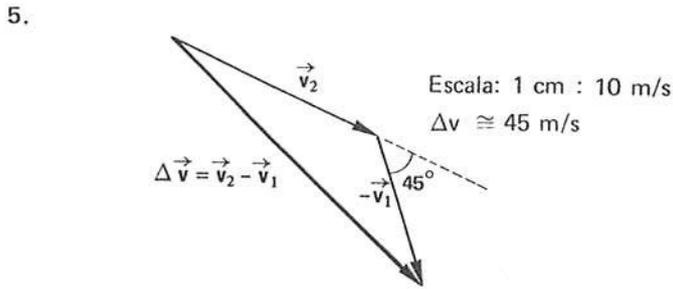
1. Uma força de 10 unidades, horizontal e para a esquerda.



$|\vec{A} - \vec{B}| = 40 \text{ m}$
Escala: 1 cm : 10 m



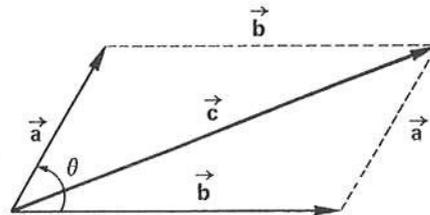
$\Delta v = 20 \text{ m/s}$



SEÇÃO 4 – ADIÇÃO DE DOIS VETORES: RESOLUÇÃO ANALÍTICA

Nos itens precedentes, os vetores eram representados geometricamente, em escalas adequadas. Esse procedimento nos possibilita determinar o módulo da resultante de dois ou mais vetores medindo seu comprimento e efetuando a seguir a conversão da escala usada. Tal método é cômodo e eficiente. Entretanto, devido a sua grande utilidade, vamos mostrar um processo algébrico através do qual pode-se obter o módulo da soma de dois vetores.

Para somarmos dois vetores \vec{a} e \vec{b} utilizando as regras já vistas, podemos construir sua resultante, que chamaremos de \vec{c} :



Demonstra-se, através da lei dos cossenos, que:

$$|\vec{c}|^2 = |\vec{a}|^2 + |\vec{b}|^2 + 2|\vec{a}||\vec{b}|\cos\theta \quad \text{onde } \theta \text{ é o ângulo formado pelos dois vetores: } \vec{a} \text{ e } \vec{b}$$

Portanto, através da expressão acima, podemos determinar o módulo da resultante dos vetores \vec{a} e \vec{b} , que fazem entre si um ângulo θ .

Admitindo-se que na figura acima $|\vec{a}| = 3 \text{ m}$, $|\vec{b}| = 5 \text{ m}$ e $\theta = 60^\circ$, podemos determinar o módulo do vetor soma:

$$|\vec{c}|^2 = 3^2 + 5^2 + 2 \cdot 3 \cdot 5 \cdot \cos 60^\circ \quad \text{sendo } \cos 60^\circ = \frac{1}{2}$$

$$|\vec{c}|^2 = 9 + 25 + 2 \cdot 3 \cdot 5 \cdot \frac{1}{2} = 49$$

$$|\vec{c}|^2 = 49 \quad \therefore \quad |\vec{c}| = \sqrt{49} = 7 \text{ m}$$

Compare o resultado obtido através do cálculo matemático com o resultado obtido através do método gráfico, ou seja, construa em escala os vetores e meça o valor da resultante.

- 1 ■ $|\vec{c}|^2 = |\vec{a}|^2 + |\vec{b}|^2 + 2|\vec{a}||\vec{b}|\cos\theta$. Quando $\theta = 90^\circ$, $\cos\theta = 0$, e podemos escrever a expressão anterior da seguinte forma: $|\vec{c}|^2 =$ _____.

$$|\vec{a}|^2 + |\vec{b}|^2$$

- 2 ■ $|\vec{c}|^2 = |\vec{a}|^2 + |\vec{b}|^2$. Esta relação é válida quando os vetores \vec{a} e \vec{b} forem perpendiculares entre si, ou seja, quando eles formarem um ângulo de _____. Neste caso, para o cálculo do módulo da resultante, recaímos na aplicação do teorema de _____.

90° ; Pitágoras

- 3 ■ Dados: $|\vec{a}| = 4 \text{ m}$, $|\vec{b}| = 3 \text{ m}$ e o ângulo formado pelos vetores: $\theta = 90^\circ$. O módulo da resultante será: _____.

5 m

- 4 ■ $|\vec{c}|^2 = |\vec{a}|^2 + |\vec{b}|^2 + 2 \cdot |\vec{a}||\vec{b}|\cos\theta$. Quando $\theta = 180^\circ$, $\cos\theta = -1$. Logo, $|\vec{c}|^2 =$ _____.

$$|\vec{a}|^2 + |\vec{b}|^2 - 2|\vec{a}||\vec{b}|$$

5 ■ $|\vec{c}|^2 = |\vec{a}|^2 + |\vec{b}|^2 - 2|\vec{a}||\vec{b}| = (|\vec{a}| - |\vec{b}|)^2$. Extraindo-se a raiz quadrada dos dois membros desta igualdade, podemos escrever: $|\vec{c}| =$ _____.

$$|\vec{a}| - |\vec{b}|$$

6 ■ Quando os dois vetores formarem entre si um ângulo de 180° , ou seja, forem de mesma direção mas de sentidos opostos, o módulo da resultante será igual à (soma; diferença) dos módulos dos vetores componentes.

diferença

7 ■ $|\vec{c}|^2 = |\vec{a}|^2 + |\vec{b}|^2 + 2|\vec{a}||\vec{b}|\cos\theta$. Quando os dois vetores (\vec{a} e \vec{b}) possuírem mesma direção e mesmo sentido, $\theta = 0^\circ$, ou seja, $\cos\theta = 1$, o módulo da resultante é: $|\vec{c}| =$ _____.

$$|\vec{a}| + |\vec{b}|$$

EXERCÍCIOS DE REVISÃO

- Dois vetores, \vec{F}_1 e \vec{F}_2 , formam entre si um ângulo de 60° . Se $\cos 60 = \frac{1}{2}$ e $F_1 = 10$ e $F_2 = 5,0$, calcule analiticamente o módulo da soma dos dois vetores.
- Um objeto está sujeito a duas velocidades: $v_1 = 20$ m/s e $v_2 = 40$ m/s. Se o ângulo entre elas for igual a 180° , determinar analiticamente a velocidade resultante do objeto.
- Calcule a resultante de dois vetores de módulos 50 e 80, sendo o ângulo entre eles igual a 120° .
Dado: $\cos 120^\circ = -0,5$.
- Duas forças, $F_1 = 3,0$ N e $F_2 = 4,0$ N, atuam sobre um objeto formando um ângulo de 90° . Determine a força resultante. (N é símbolo de newton, uma unidade de força que você irá conhecer, mais adiante.)
- Um objeto está sujeito simultaneamente a duas acelerações de valores iguais a $6,0$ m/s² e $8,0$ m/s², formando um ângulo de 90° entre si. Calcule o valor da aceleração resultante.
- Calcule o valor da velocidade resultante sobre um objeto que está sujeito a duas velocidades de módulos iguais a 60 m/s e 40 m/s, formando um ângulo de 180° entre si.

RESPOSTAS

1. $|\vec{F}_1 + \vec{F}_2| = \sqrt{175}$

2. $|\vec{v}_1 + \vec{v}_2| = 20$ m/s

3. vetor resultante terá módulo 70

4. $|\vec{F}_1 + \vec{F}_2| = 5,0$ N

5. $|\vec{a}_1 + \vec{a}_2| = 10$ m/s²

6. $|\vec{v}_1 + \vec{v}_2| = 20$ m/s

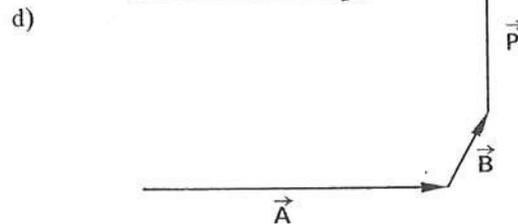
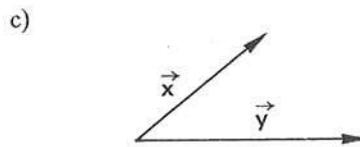
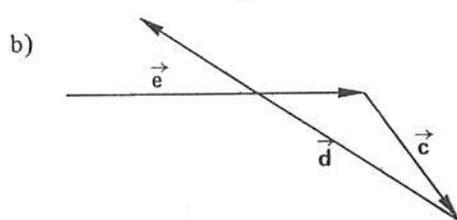
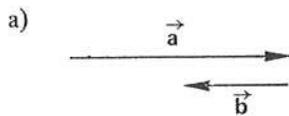
SEÇÃO 5 – PROBLEMAS

- Trace um diagrama para representar o deslocamento de 6 km para leste, seguido de 4 km para norte. Determine o vetor soma.
- Trace o diagrama correspondente aos seguintes deslocamentos sucessivos:
 \vec{M} : 5 m para leste
 \vec{N} : 6 m para o sul
 \vec{O} : 3 m para oeste

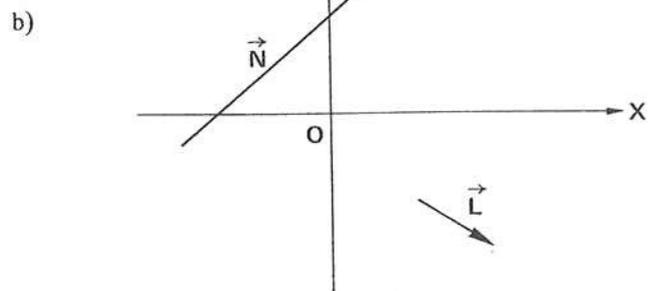
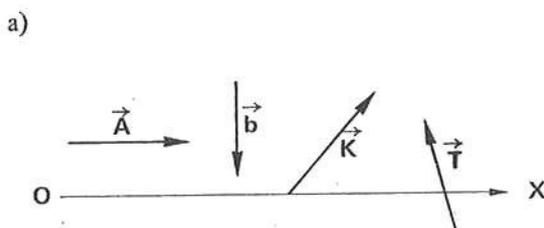
Determine o deslocamento total.

- 3 ■ Um veículo percorre 20 km para leste numa estrada retilínea. Desvia-se em seguida para o norte e percorre mais 30 km até parar. Qual o deslocamento resultante do veículo?
- 4 ■ Considere dois deslocamentos: um cujo módulo seja de 30 metros e outro de 40 metros. Como os vetores deslocamentos podem ser combinados para darem deslocamentos resultantes de módulo:
a) 70 metros b) 10 metros c) 50 metros
Faça os diagramas correspondentes.
- 5 ■ Um vetor de módulo igual a 6 metros é somado a outro, de módulo 8 metros, cuja direção faz um ângulo de 45° com o primeiro. Determine o módulo da resultante e o ângulo que ela forma com o primeiro vetor.
- 6 ■ A velocidade de um avião com relação ao ar é de 400 km/h. Qual é sua velocidade com relação ao solo: (a) com ventos favoráveis de 50 km/h; (b) com ventos contrários de 50 km/h? Faça os correspondentes diagramas vetoriais.
- 7 ■ Um avião desenvolve a velocidade de 300 km/h com relação ao ar. O piloto mantém o avião no sentido norte, ao mesmo tempo que sopram ventos para leste a 80 km/h. Qual a velocidade do avião com relação ao solo?
- 8 ■ Uma bola de futebol é chutada três vezes até atingir o gol: o primeiro chute desloca a bola 6 metros para o norte; o segundo 12 metros para leste e o terceiro 8 metros para sueste. Que deslocamento seria necessário para colocar a bola em gol com um só chute?
- 9 ■ Um barco desenvolve em águas tranquilas a velocidade de 5 m/s. A velocidade da correnteza de um rio é de 2 m/s. Determine a velocidade do barco com relação ao solo, quando percorre o rio nos seguintes casos:
a) descendo o rio; b) subindo o rio;
c) cruzando o rio numa direção perpendicular à direção da correnteza;
d) fazendo um ângulo de 60° com a direção da correnteza do rio.
Construa os correspondentes diagramas vetoriais.

10 ■ Determine a resultante dos vetores nos seguintes casos:

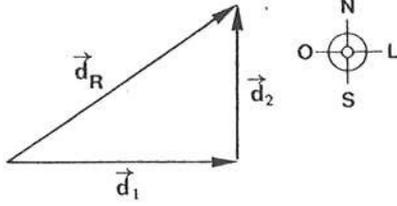


11 ■ Construa as componentes dos vetores abaixo:

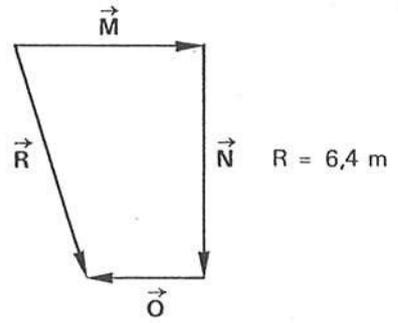


RESPOSTAS

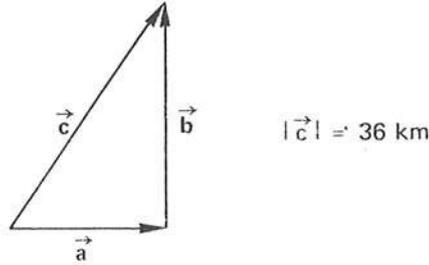
1. $|\vec{d}_1| = 6 \text{ km}$
 $|\vec{d}_2| = 4 \text{ km}$
 $|\vec{d}_R| = 7,2 \text{ km}$



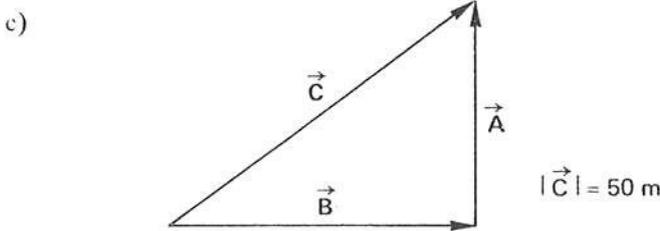
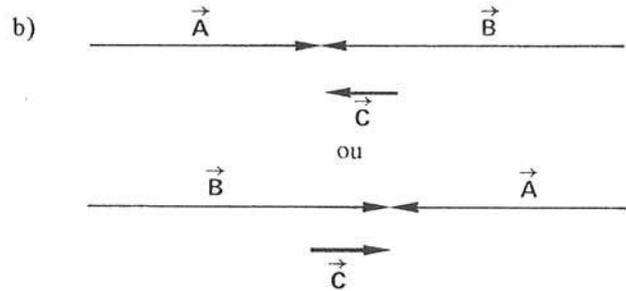
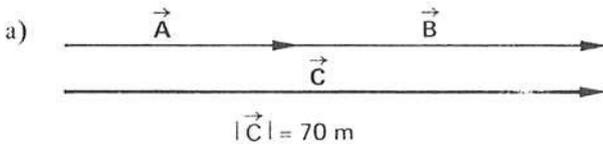
2. $M = 5 \text{ m}$
 $N = 6 \text{ m}$
 $O = 3 \text{ m}$



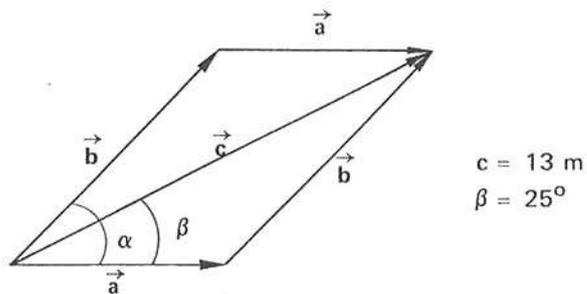
3. $|\vec{a}| = 20 \text{ km}$
 $|\vec{b}| = 30 \text{ km}$



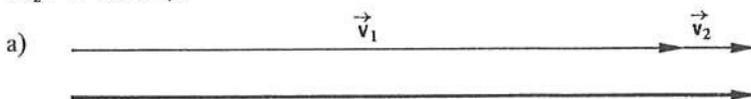
4. $|\vec{A}| = 30 \text{ m}$ $|\vec{B}| = 40 \text{ m}$



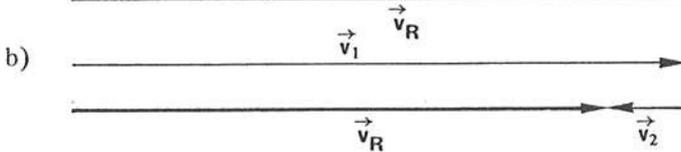
5. $a = 6 \text{ m}$
 $b = 8 \text{ m}$
 $\alpha = 45^\circ$



6. $|\vec{v}_1| = 400 \text{ km/h}$
 $|\vec{v}_2| = 50 \text{ km/h}$

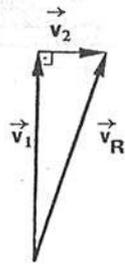


$|\vec{v}_R| = 450 \text{ km/h}$



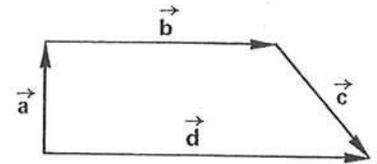
$|\vec{v}_R| = 350 \text{ km/h}$

7. $v_1 = 300 \text{ km/h}$
 $v_2 = 80 \text{ km/h}$



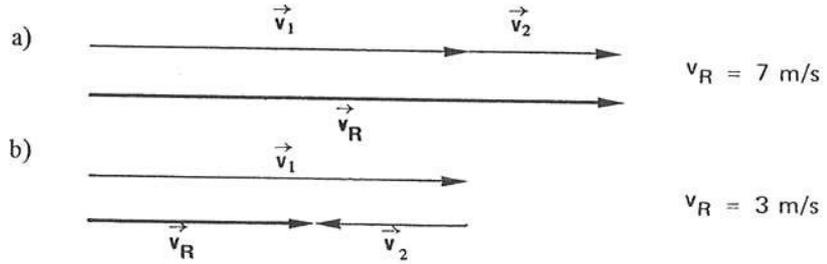
$v_R = 310 \text{ km/h}$

8. $a = 6 \text{ m}$
 $b = 12 \text{ m}$
 $c = 7 \text{ m}$

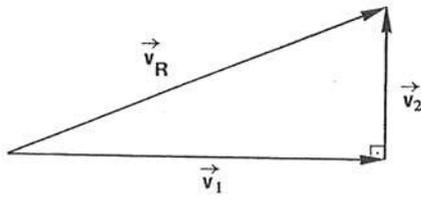


$d \cong 17 \text{ m}$

9. $v_1 = 5 \text{ m/s}$
 $v_2 = 2 \text{ m/s}$

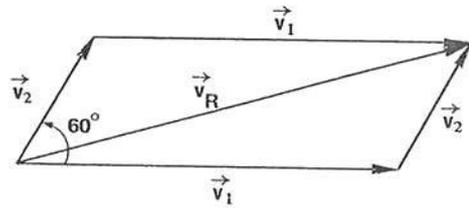


c)



$v_R = 5,3 \text{ m/s}$

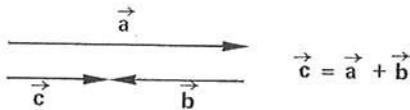
d)



$v_R \cong 6,2 \text{ m/s}$

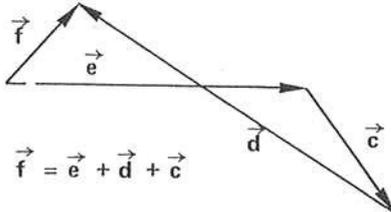
10.

a)



$$\vec{c} = \vec{a} + \vec{b}$$

b)



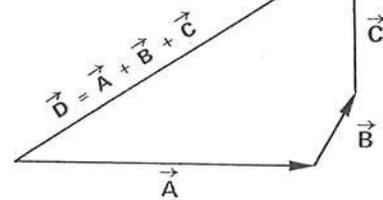
$$\vec{f} = \vec{e} + \vec{d} + \vec{c}$$

c)



$$\vec{z} = \vec{x} + \vec{y}$$

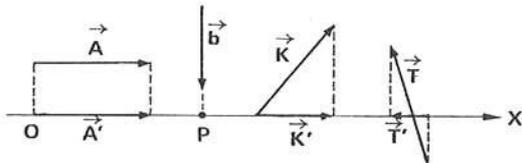
d)



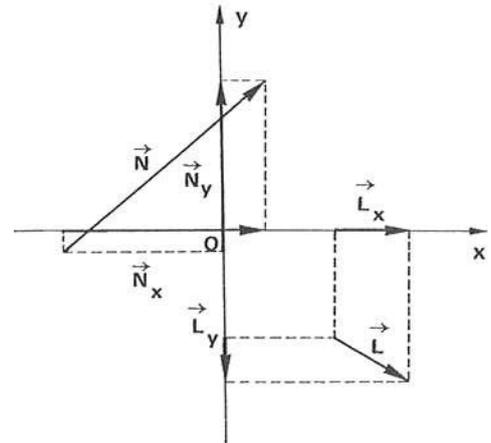
$$\vec{D} = \vec{A} + \vec{B} + \vec{C}$$

11.

a)



b)



CAPÍTULO V

Força e Movimento

OBJETIVOS: Ao final deste capítulo, o estudante deve estar apto para:

- a. conceituar força.
- b. operar com forças; calcular a força resultante.
- c. descrever a 1ª Lei de Newton.
- d. descrever as diversas formas em que as forças se manifestam.
- e. medir forças.
- f. descrever a 2ª Lei de Newton.
- g. resolver problemas.

No Capítulo III, analisamos e descrevemos os diversos tipos de movimentos retilíneos. Não nos preocupamos com o objeto em movimento e nem com os agentes que produziam ou alteravam os movimentos. Um avião ou um pedaço de pedra foram tratados igualmente: seu tamanho ou sua massa não foram considerados. Neste capítulo, nos preocuparemos com os agentes que podem modificar o movimento e também a massa de objetos; estudaremos, então, as forças e consideraremos a massa dos objetos. Na Física, força é uma grandeza das mais importantes. Descrever e medir forças é uma necessidade em vários ramos da Física. Devemos, portanto, ter uma compreensão exata de como as forças atuam e saber resolver os diversos problemas a ela atinentes.

SEÇÃO 1 – ESTADO DE MOVIMENTO – FORÇA

- 1 ■ Se você “puxa” uma porta, inicialmente em repouso (fechada), a fim de abri-la, você está aplicando uma força sobre a porta. O “puxão” que a porta recebe faz com que ela, ao ser aberta, (fique parada; entre em movimento).

entre em movimento

- 2 ■ Um automóvel que se encontra enguiçado é “empurrado” por diversas pessoas. Enquanto é “empurrado” o automóvel sofre a ação de _____. Em virtude das ações das forças, o automóvel, que inicialmente se encontrava em repouso, entrará em _____.

forças; movimento

- 3 ■ Um goleiro, ao “encaixar” uma bola, impede seu movimento, e a bola, inicialmente em movimento, entrará em _____. A bola, que possuía uma velocidade diferente de zero, sob a ação de uma _____ aplicada contra seu movimento, ficou com velocidade igual a _____.

repouso; força; 0 ou zero

- 4 ■ Uma bola de bilhar encontra-se em movimento sobre uma mesa e recebe um “empurrão” no sentido de seu movimento por um dos participantes do jogo. Durante o “empurrão”, a bola recebe a ação de uma _____ e em consequência a sua velocidade (aumenta; diminui).

força; aumenta

5 ■ Uma bola é cruzada horizontalmente em frente ao gol, durante uma partida de futebol. O goleiro, com um soco, aplica-lhe um “empurrão” perpendicularmente. A trajetória da bola será (inalterada; alterada) em consequência da ação de uma _____ durante o “empurrão”.

alterada; força

6 ■ Um objeto movimenta-se em linha reta com velocidade constante. Se o objeto não sofrer nenhum “puxão” ou “empurrão”, ele (continuará em linha reta com a mesma velocidade; aumentará sua velocidade; diminuirá sua velocidade; sofrerá um desvio em sua trajetória). Nesta situação, o objeto parece não sofrer a ação de nenhuma _____.

continuará em linha reta com a mesma velocidade; força

7 ■ Nós exercemos um “puxão” ou “empurrão” sobre um objeto para:

a) a partir do repouso, colocá-lo em _____.

b) diminuir ou _____ sua _____, se ele já estiver em movimento.

c) trazê-lo ao _____, se ele estiver em movimento.

d) modificar sua _____.

movimento; aumentar; velocidade; repouso; trajetória

8 ■ Um objeto movimenta-se em linha reta com velocidade constante. Se ele continuar em linha reta e com a mesma velocidade, dizemos que o objeto não variou seu estado de movimento. Podemos afirmar que o objeto em questão (conservou; não conservou) seu estado de _____.

conservou; movimento

9 ■ Um automóvel com velocidade constante de 50 km/h realiza uma curva na Via Anchieta. Durante a curva, o automóvel (mantém; não mantém) seu estado de movimento, porque, apesar da velocidade ser conservada a 50 km/h, sua _____ não se manteve retilínea.

não mantém; trajetória

10 ■ Uma pedra que cai de uma altura de 2 metros em linha reta (aumenta; diminui; conserva) sua velocidade à medida que se aproxima do solo. O estado de movimento desta pedra (mantém-se; não se mantém) constante. Justifique.

aumenta; não se mantém (Apesar da trajetória ser retilínea, a velocidade da pedra aumenta à medida que cai em queda livre.)

11 ■ Quando puxamos ou empurramos um objeto, nossa intenção é _____ seu estado de movimento.

alterar, modificar, variar ou mudar

12 ■ Os físicos consideram o repouso como um tipo de movimento. Se você analisar o movimento em termos de velocidade, o repouso é um movimento com velocidade _____.

zero

13 ■ Para simplificar o estudo de certos princípios, os físicos consideram o repouso como um tipo de _____, isto é, um movimento com _____ igual a zero.

movimento; velocidade

14 ■ Um objeto que está em repouso, e assim permanece, (conserva; não conserva) seu estado de movimento.

conserva

15 ■ Os físicos chamam um “empurrão” ou “puxão” de _____. Quando aplicamos uma força a um objeto, a tendência é (modificar; não modificar) o estado de _____ do objeto.

força; modificar; movimento

16 ■ A tendência de uma força, quando aplicada a um objeto, é _____ do objeto.

alterar, modificar, variar ou mudar o estado de movimento

17 ■ Assinale as alternativas que completam corretamente a frase:
Um objeto não modifica seu estado de movimento quando:

- a) estiver em movimento retilíneo uniforme.
- b) estiver em repouso.
- c) estiver em MRUV.
- d) estiver em queda livre.

a; b

18 ■ Um objeto que pode se mover livremente, inicialmente em repouso, sob a ação de uma força entrará em _____ e a velocidade (aumentará; diminuirá; permanecerá a mesma).

movimento; aumentará

19 ■ Um avião está com velocidade de 200 km/h. Ele é acelerado até atingir a velocidade de 500 km/h, mantendo-se, no entanto, sua trajetória, retilínea. Enquanto o avião modifica seu estado de _____, sobre ele atua uma _____.

movimento; força

20 ■ Um automóvel que está a 50 km/h é freado e pára após percorrer certa distância. Durante a frenada, o automóvel (modifica; não modifica) seu _____. Até entrar em repouso, sobre o automóvel atua _____.

modifica; estado de movimento; uma força

21 ■ A Lua movimenta-se em torno da Terra em trajetória aproximadamente circular. Ela, apesar de possuir uma velocidade com valor aproximadamente constante, não conserva seu estado de movimento, porque _____. Portanto, sobre a Lua (atua; não atua) _____.

a trajetória não se mantém em linha reta; atua; uma força

- 22 ■ Uma força aplicada tem a tendência de:
a) a partir do repouso, colocar objetos em _____ .
b) acelerar ou desacelerar objetos já em _____ .
c) modificar a _____ dos objetos já em movimento.
d) _____ a trajetória do movimento de objetos.

movimento; movimento; velocidade; modificar ou alterar

- 23 ■ Uma força produz uma _____ no estado de movimento quando o objeto sobre o qual ela age tiver sua velocidade _____ ou diminuída, ou ainda _____ .

alteração; aumentada; quando houver modificação na trajetória do movimento do objeto

- 24 ■ Se você aplica uma força sobre a parede da sala de aula, a parede certamente não modificará seu estado de movimento. Entretanto, a força aplicada _____ a modificar o estado de movimento da parede.

tende

- 25 ■ Se a força aplicada na parede for suficientemente grande (intensa), a parede se romperá e então teremos modificado o _____ .

estado de movimento da parede

- 26 ■ Uma força produzirá uma variação no estado de movimento de um objeto se ele, sob a ação desta força, (tiver liberdade de movimento; não tiver liberdade de movimento).

tiver liberdade de movimento

- 27 ■ A frase “tem tendência” quer dizer que certos fatos aconteceriam se existissem outras condições. Se você empurrar um carro freado, dificilmente o colocará em movimento em virtude da ação dos _____. Se anularmos a ação dos freios, possivelmente o carro entrará em _____. Podemos definir também força como algo que _____ a produzir _____ de um objeto.

freios; movimento; tem tendência; uma alteração no estado de movimento

- 28 ■ Toda força aplicada a qualquer objeto produzirá uma alteração em seu estado de movimento. (sim; não)

não

- 29 ■ Qualquer força aplicada a qualquer objeto possui a tendência de produzir uma alteração em seu estado de movimento. (sim; não)

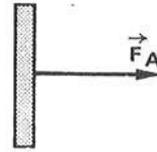
sim

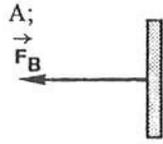
- 30 ■ Podemos definir força, de maneira geral, como sendo algo que, ao agir sobre um objeto, _____ .

tende a alterar o estado de movimento do objeto

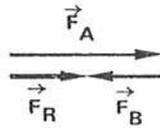
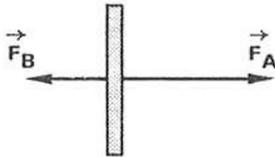
- 1 ■ O desenho mostra a ação de dois _____ sobre uma porta (em repouso; em movimento). As forças são exercidas em pontos _____
- *****
- garotos; em repouso; diretamente opostos
- 2 ■ Se o garoto B exercer uma força de intensidade maior que aquela exercida por A, a porta movimentar-se-á para _____, modificando seu estado de _____
- *****
- a esquerda; movimento
- 3 ■ Se o garoto A exercer uma força de intensidade (maior; menor) que a _____ exercida por B, então a porta _____ para a direita, modificando _____
- *****
- maior; força; movimentar-se-á; seu estado de movimento
- 4 ■ Se A e B exercerem forças de mesma intensidade, a porta (modificará; não alterará) seu estado de movimento, permanecendo, neste caso, em _____
- *****
- não alterará; repouso
- 5 ■ Se ambas as forças possuírem a mesma intensidade, a porta (manter-se-á; não se manterá) em repouso. A ação conjunta das duas forças (modifica; não modifica) o estado de movimento da porta. No caso, uma força (anula; não anula) a outra.
- *****
- manter-se-á; não modifica; anula
- 6 ■ Se ambas as forças forem iguais em intensidade, elas se _____, porque elas (possuem mesma direção e mesmo sentido; possuem a mesma direção e sentidos opostos). Neste caso, a ação resultante das forças é (manter a porta em repouso; movimentar a porta). O mesmo (aconteceria; não aconteceria) se nenhuma força atuasse sobre a porta.
- *****
- anulam; possuem a mesma direção e sentidos opostos; manter a porta em repouso; aconteceria
- 7 ■ Quando as forças forem iguais em intensidade e diretamente opostas, a força efetiva ou a força resultante das duas é (zero; diferente de zero) e a porta mantém seu _____
- *****
- zero; estado de movimento (no caso, o repouso)
- 8 ■ O fato de as duas forças opostas e de mesma intensidade se anularem, resultando uma força zero, sugere que as forças (podem; não podem) ser representadas vetorialmente.
- *****
- podem

- 9 ■ Se ambos os garotos exercerem forças de mesma intensidade, a figura ao lado esquematiza vetorialmente a força exercida pelo garoto (A; B). Desenhe ou esquematize a força do outro garoto.





- 10 ■ Se o garoto A exercer uma força de intensidade igual a 10 unidades de força e o outro, uma de 5 unidades de força, construa abaixo o esquema vetorial das duas forças e determine a força resultante.



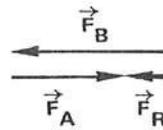
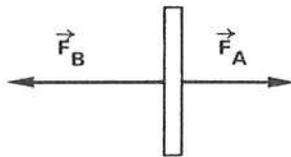
$$\vec{F}_R = \vec{F}_A + \vec{F}_B$$

$$|\vec{F}_R| = 5 \text{ unidades de força}$$

- 11 ■ Em relação ao item anterior. Sob a ação de uma força de _____ unidades de força, a porta movimentar-se-á para a(direita; esquerda).

5; direita

- 12 ■ O garoto da direita exerce agora uma força de intensidade 8 unidades, enquanto que o outro exerce uma de 6 unidades de força. Esquematize, vetorialmente, estas forças e determine a resultante.



$$\vec{F}_R = \vec{F}_B + \vec{F}_A$$

$$|\vec{F}_R| = 2 \text{ unidades de força}$$

- 13 ■ A força resultante de duas outras (é; não é) igual à soma vetorial das duas forças.

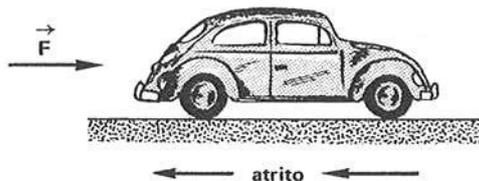
é

- 14 ■ \vec{F}_R é a força resultante de duas outras: \vec{F}_A e \vec{F}_B . Portanto, $\vec{F}_R = \underline{\quad} + \underline{\quad}$.

\vec{F}_A ; \vec{F}_B

Leia e observe atentamente o quadro abaixo. Ele se refere aos itens 15 a 26.

QUADRO B



A figura mostra um Volkswagen em repouso sobre o asfalto de uma rua horizontal e plana.

- 15 ■ Esta figura nos mostra um “fusca” (em repouso; em movimento) sobre o asfalto de uma rua (horizontal e plana; inclinada e plana).

em repouso; horizontal e plana

- 16 ■ Se o “fusca” estiver freado e você não dispuser de nenhuma maquinária, provavelmente você (será; não será) capaz de movê-lo.

não será

- 17 ■ Se o carro não estiver freado, provavelmente você (será; não será) capaz de movê-lo.

será

- 18 ■ Quando freado, a roda do carro (move-se; não se move) livremente e o atrito entre os pneus e o asfalto é (grande; pequeno).

não se move; grande

- 19 ■ Quando o carro está freado, o atrito entre os _____ e o asfalto é grande; a força que você pode aplicar não é suficiente para vencer o _____ e colocar o carro em _____.

pneus; atrito; movimento

- 20 ■ Se você aplica uma força da esquerda para a direita, o atrito entre os pneus e o asfalto atua (para a esquerda; para a direita).

para a esquerda

- 21 ■ Se você aplica uma força \vec{F} da esquerda para a direita, a tendência de movimento do “fusca” é (para a direita; para a esquerda).

para a direita

22 ■ A tendência do carro é movimentar-se para a _____. O atrito entre os pneus e o asfalto atua (a favor; contra) a tendência de movimento. Portanto, o atrito é (da esquerda para a direita; da direita para a esquerda).

direita; contra; da direita para a esquerda

23 ■ O atrito (é; não é) uma força.

é

24 ■ O atrito atua sempre no sentido da tendência do movimento. (sim; não)

não

25 ■ O atrito atua sempre no sentido oposto à _____ do movimento ou no sentido oposto ao _____.

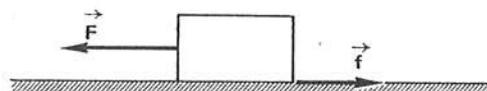
tendência; movimento

26 ■ O volks freado somente entrará em movimento, isto é, alterará seu _____ quando a força F tiver intensidade (maior que; igual a; menor que) a da força de atrito.

estado de movimento; maior que

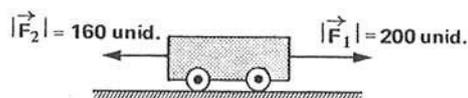
27 ■ A figura ao lado mostra uma caixa sobre o assoalho. \vec{F} representa uma força que você aplica a fim de movê-la.

\vec{f} representa a força de atrito entre a caixa e o assoalho. A caixa sairá do repouso se \vec{F} tiver intensidade (menor que; maior que; igual a) a de \vec{f} . A força de atrito apenas (opõe-se a; ajuda) o movimento da caixa. Se \vec{F} tiver intensidade menor que a de \vec{f} , a caixa movimentar-se-á para a direita. (sim; não)



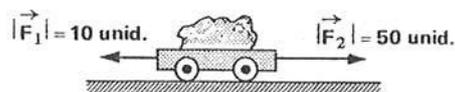
maior que; opõe-se a; não

28 ■ A força resultante ou força efetiva sobre o objeto indicado na figura ao lado é de 40 unidades, isto é, $200 - 160$, para a _____. Se você substituir a força de 160 por uma de 250 unidades, a força _____ será de _____ unidades para a _____.



direita; resultante; 50; esquerda

29 ■ No caso representado na figura ao lado, a força resultante será de _____ unidades para a (direita; esquerda).



40; direita

30 ■ No caso ao lado, a força líquida ou resultante que atua sobre o objeto será de _____ para _____.

10 unidades; cima

31 ■ A força _____ (\vec{F}_R) sobre M tem intensidade _____ para a _____.

resultante; 30 unidades; direita

32 ■ Na figura ao lado, M está sujeito a duas forças: \vec{F}_1 e \vec{F}_2 . A força resultante (\vec{F}_R) sobre M tem intensidade _____ para a _____.

12 unidades; direita

33 ■ A força resultante (\vec{F}_R) sobre N tem intensidade _____.

20 unidades para baixo

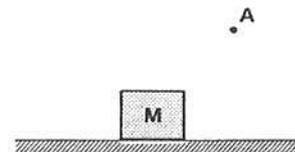
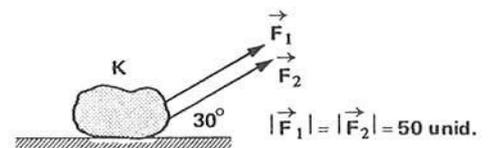
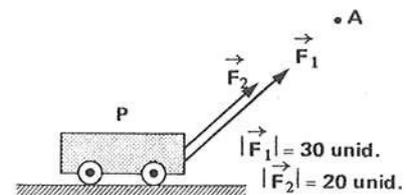
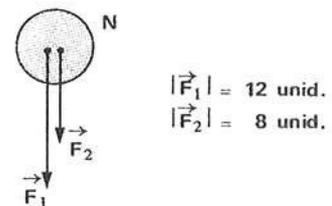
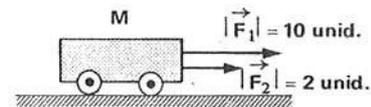
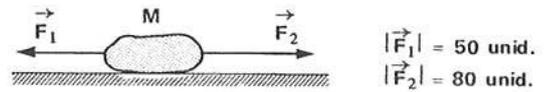
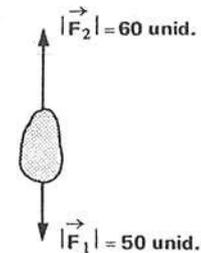
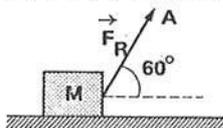
34 ■ A força resultante \vec{F}_R sobre o corpo P tem intensidade $|\vec{F}_R| =$ _____ dirigida para _____.

50 unidades; A

35 ■ A força _____, \vec{F}_R , sobre K tem intensidade $|\vec{F}_R| =$ _____ e faz um ângulo de _____ com a (horizontal; vertical).

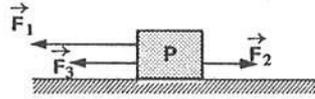
resultante; 100 unidades; 30° ; horizontal

36 ■ Uma força resultante, $|\vec{F}_R| = 20$ unidades, atua sobre o objeto M, da figura ao lado. Ela faz um ângulo de 60° com a horizontal e é dirigida para o ponto A. Esquematize na figura a força resultante citada.



37 ■ A força resultante sobre P tem intensidade $|\vec{F}_R| =$ _____ unidades e está dirigida para a _____

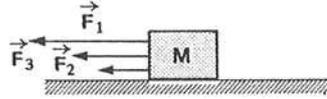
60; esquerda



$|\vec{F}_1| = 50$ unid.
 $|\vec{F}_2| = 20$ unid.
 $|\vec{F}_3| = 30$ unid.

38 ■ A força resultante sobre M tem intensidade $|\vec{F}_R| =$ _____ unidades e está dirigida para a _____

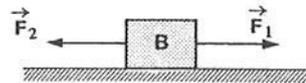
100; esquerda



$|\vec{F}_1| = 50$ unid.
 $|\vec{F}_2| = 20$ unid.
 $|\vec{F}_3| = 30$ unid.

39 ■ A força resultante sobre B tem intensidade _____

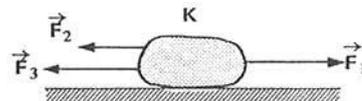
0 (zero)



$|\vec{F}_1| = 50$ unid.
 $|\vec{F}_2| = 50$ unid.

40 ■ A força resultante sobre K tem intensidade _____

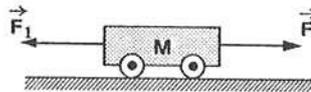
0 ou zero



$|\vec{F}_1| = 50$ unid.
 $|\vec{F}_2| = 20$ unid.
 $|\vec{F}_3| = 30$ unid.

41 ■ Se você fosse movimentar o objeto M, da figura ao lado, para a direita, você deveria aplicar uma força \vec{F} de intensidade maior que _____ a fim de produzir uma variação na _____ do objeto.

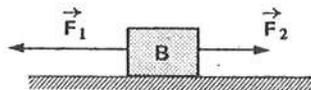
200 unidades; velocidade



$|\vec{F}_1| = 200$ unid.

42 ■ No objeto B, da figura ao lado, a força resultante sobre ele tem intensidade 60 unidades e está dirigida para a esquerda. A intensidade da força \vec{F}_1 é _____

80 unidades



$|\vec{F}_2| = 20$ unid.
 $|\vec{F}_1| = ?$

43 ■ Um objeto A está sujeito a duas forças horizontais. Uma delas $|\vec{F}_1| = 50$ unidades e está dirigida para a direita. Se a força líquida sobre A tem intensidade 50 unidades e está dirigida para a esquerda, então a outra força tem a intensidade $|\vec{F}_2| =$ _____ unidades, dirigida para a _____

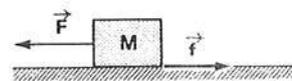
100; esquerda

- 44 ■ Um objeto M encontra-se em repouso sobre uma superfície horizontal. O atrito entre a superfície e o objeto, quando este estiver em movimento, tem intensidade 50 unidades de força. O atrito é uma força que aparece entre as superfícies em contato e tende sempre a (colocar objetos em movimento; atuar no sentido de impedir o movimento de objetos). Para colocar o objeto M em movimento para a direita é necessário aplicar uma força (para a direita; para a esquerda) de intensidade (maior que; menor que; igual a) 50 unidades de força.



atuar no sentido de impedir o movimento de objetos; para a direita; maior que

- 45 ■ \vec{F} é uma força que você aplica e \vec{f} é a força de atrito entre as superfícies. Se o valor de \vec{F} é maior que o de \vec{f} , então existirá uma força _____ sobre a caixa, dirigida para a _____.



resultante ou líquida; esquerda

- 46 ■ Em relação à figura do item 45. Se \vec{F} tiver intensidade maior que a de \vec{f} , haverá força resultante sobre a caixa para a (esquerda; direita) e então (haverá; não haverá) variação na velocidade ou no estado de movimento da caixa.

esquerda; haverá

- 47 ■ Em relação à figura do item 45. Se \vec{F} tiver intensidade igual a de \vec{f} , $|\vec{F}| = |\vec{f}|$, a força resultante terá intensidade $|\vec{F}_R|$ _____ e a caixa (apresentará; não apresentará) variação em sua velocidade ou estado de movimento.

nula; não apresentará

- 48 ■ Você empurra um carrinho para a direita e seu amigo para a esquerda e as forças exercidas são de mesma intensidade; a força resultante terá intensidade $|\vec{F}_R| =$ _____ e o carrinho (apresentará; não apresentará) variação em _____.

zero; não apresentará; sua velocidade ou estado de movimento

- 49 ■ Para que um objeto apresente variação em sua velocidade ou estado de movimento, é necessário que o objeto esteja sujeito a uma força _____ de módulo (maior que; igual a; menor que) zero.

resultante; maior que

- 50 ■ Um objeto está sujeito a diversas forças ao mesmo tempo. Ele somente apresentará variação em seu estado de movimento se a força _____.

resultante tiver intensidade maior que zero

- 51 ■ Um objeto está sujeito a diversas forças ao mesmo tempo. Verifica-se, entretanto, que sua velocidade se mantém a mesma, bem como sua trajetória. Verifica-se alguma alteração em seu estado de movimento. (sim; não). Então, a força resultante ou líquida sobre o objeto é _____.

não; nula

52 ■ Você aplica uma força \vec{F} sobre um objeto. Nota-se que não há variação em seu estado de movimento. Então, sobre o objeto deve atuar uma outra força, pelo menos, que (anule; não anule) a ação da força que você aplica. Se a força que você exerce é para a direita e horizontal, a outra necessariamente deve ser para _____ e (vertical; horizontal).

anule; a esquerda; horizontal

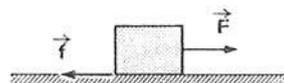
53 ■ Você aplica uma força na parede de um prédio. A parede não modifica seu estado de movimento, isto é, continua em repouso. Logo, a força resultante sobre a parede tem intensidade $|\vec{F}_R| =$ _____. Existe pelo menos uma outra força sobre a parede que tem (a mesma; diferente) intensidade da força que você exerce e sentido _____.

zero; a mesma; oposto ou contrário

54 ■ Forças, quando aplicadas sobre objetos, (sempre; nem sempre) alteram o estado de movimento dos objetos. Para que exista alteração no estado de movimento dos objetos, é necessário que a força _____ sobre os objetos seja (igual a; diferente de) zero.

nem sempre; resultante; diferente de

55 ■ Uma caixa encontra-se em repouso sobre uma superfície rugosa. Você aplica uma força \vec{F} horizontal para a direita (figura ao lado) e a caixa permanece em repouso. Nesta situação, a $|\vec{F}_R| =$ _____ e a força de atrito, \vec{f} , (impede o; não exerce influência no) movimento da caixa.



zero; impede o

56 ■ A presença de forças, como o atrito, a gravidade (que analisaremos mais adiante), etc., muitas vezes (impedem; não impedem) que uma força \vec{F} aplicada (altere; não altere) o estado de movimento dos objetos.

impedem; altere

57 ■ Força deve ser definida de modo a considerar o fato de que elas podem não produzir alteração no estado de movimento de um objeto. Portanto, de um modo geral, definimos força como sendo algo que possui a _____

tendência de alterar o estado de movimento de um objeto

58 ■ As forças estudadas em Física são sempre aplicadas sobre objetos por agentes externos aos mesmos. Quando você puxa um caixote, a força que você aplica sobre o mesmo (é; não é) uma força externa ao caixote. Se existe atrito entre o caixote e a superfície onde ele se encontra, a força de atrito é uma força (interna; externa) ao caixote.

é; externa

59 ■ Em Física, as forças são (externas; internas) aos objetos cujo estado de movimento elas têm a _____ de modificar.

externas; tendência

60 ■ Podemos agora definir de maneira mais complexa uma força. Força é qualquer coisa que, aplicada (internamente; externamente) a um objeto, possui a _____ de produzir uma _____

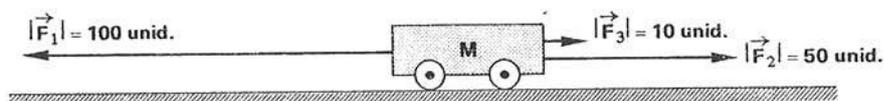
externamente; tendência; alteração no estado de movimento do objeto.

61 ■ Defina força: _____

qualquer coisa que, agindo externamente sobre um objeto, tem a tendência de modificar seu estado de movimento

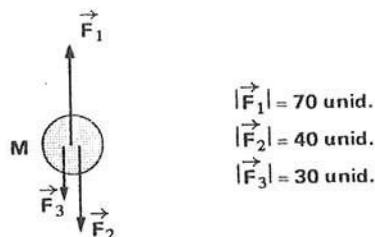
EXERCÍCIOS DE REVISÃO

1 ■

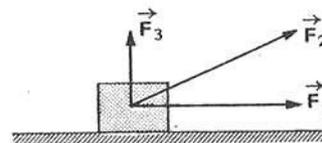


- a) a soma vetorial de todas as forças aplicadas ao objeto tem intensidade $|\vec{F}_R| =$ _____ e está dirigida _____.
- b) a força resultante de todas as forças aplicadas ao objeto tem intensidade _____ e é igual ao módulo da soma vetorial de todas as forças que atuam sobre o corpo.
- c) o estado de movimento ou a velocidade do objeto _____ alteração.

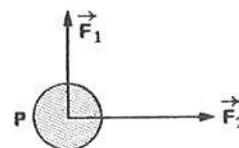
- 2 ■ A soma _____ de todas as forças atuando sobre M tem intensidade _____. Então, (haverá; não haverá) alteração na velocidade do objeto.



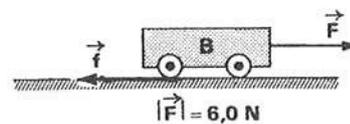
- 3 ■ Quais das forças representadas na figura ao lado corresponde à força resultante sobre o objeto? _____



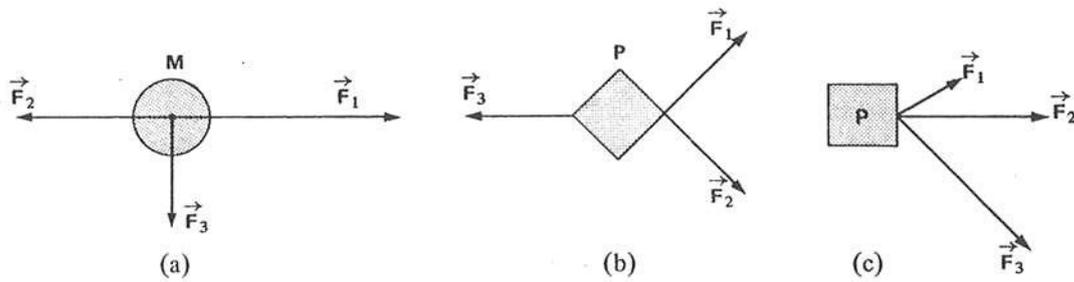
- 4 ■ Na figura ao lado, as forças \vec{F}_1 e \vec{F}_2 têm intensidades iguais a 30 e 40 unidades. Elas são as únicas forças que atuam sobre o objeto P. A força resultante sobre P terá a intensidade _____. (Sugestão: Resolva graficamente.)



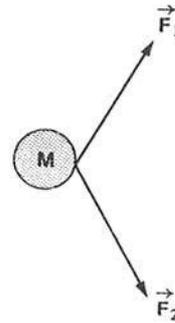
- 5 ■ O carrinho B, na figura ao lado, movimenta-se para a direita com velocidade constante, mantendo-se em linha reta. Calcule:
- a) a força resultante sobre B: _____
- b) a intensidade da força de atrito entre as rodas e o plano: _____



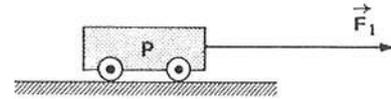
6 ■ Nos casos apresentados nas figuras a, b e c abaixo, determine para cada caso a força resultante.
Escala: 1 cm : 20 unidades de força



7 ■ Um objeto M está sob a ação de 3 forças coplanares. Observa-se que o seu estado de movimento não apresenta variações. Determine a intensidade ou módulo, a direção e o sentido da força \vec{F}_3 ; represente-a na figura ao lado. Escala: 1 cm : 10 unidades



8 ■ O objeto P está sujeito à ação de 2 forças: \vec{F}_1 e \vec{F}_2 . Sabe-se que a força resultante sobre P tem intensidade 10 unidades, é horizontal e para a direita. Determine a outra força.



Escala: 1 cm : 20 unidades

RESPOSTAS

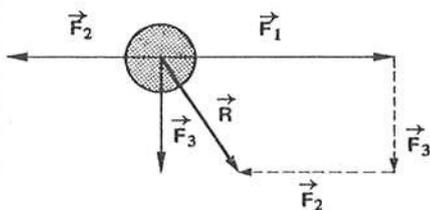
1 ■ a) 40 unid.; para a esquerda
b) 40 unid.
c) sofre

3 ■ \vec{F}_2
4 ■ 50 unid.

2 ■ vetorial; nula; não haverá

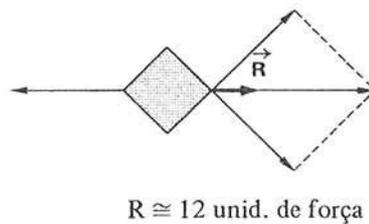
5 ■ a) zero; b) $f = 6,0 \text{ N}$

6 ■ a)



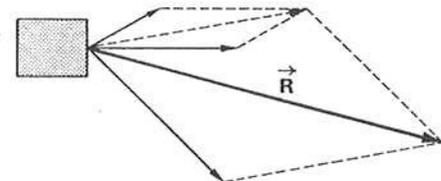
$R \cong 36$ unid. de força

b)



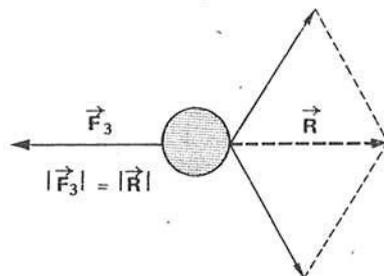
$R \cong 12$ unid. de força

c)



$R \cong 100$ unid. de força

7 ■ $R \cong 20$ unid. de força



8 ■ 40 unid.

SEÇÃO 3 – 1ª LEI DE NEWTON CONDIÇÕES DE EQUILÍBRIO DE UM OBJETO

De maneira geral, a mecânica de Newton nos diz que “um objeto estará em equilíbrio desde que não haja uma força resultante agindo sobre ele”.

Nesta seção, trataremos, particularmente, das condições de equilíbrio de um objeto com movimento de translação.

- 1 ■ Um objeto, um livro por exemplo, encontra-se em repouso sobre a superfície horizontal de uma mesa. Enquanto a força resultante de todas as forças que atuam sobre ele for igual a zero, o livro _____ seu estado de movimento e portanto continuará em _____ sobre a superfície da mesa.

não modificará; repouso

- 2 ■ O repouso (é; não é) um estado de movimento.

é

- 3 ■ O repouso é um estado de movimento com _____ igual a zero.

velocidade

- 4 ■ Em relação ao item 1. Se você exercer sobre o livro uma força horizontal e para a direita, de intensidade (maior; menor) que a da força de atrito entre o _____ e a _____ da mesa, o livro sairá do _____.

maior; livro; superfície; repouso, adquirindo velocidade, modificando então seu estado de movimento

- 5 ■ Se a força resultante sobre o livro, nas condições descritas no item 1, for igual a zero, _____ . (complete)

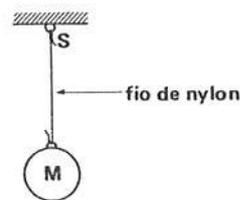
o livro permanecerá em repouso, não modificando, portanto, seu estado de movimento

- 6 ■ Um objeto encontra-se em repouso e assim permanece indefinidamente. Então, a força _____ de todas as forças que atuam sobre ele é _____.

resultante; nula

- 7 ■ Na figura ao lado, a esfera M é maciça e feita de chumbo. Ela se encontra suspensa por um _____ preso a um suporte fixo em S. Ela se encontra em (repouso; movimento).

fio de nylon; repouso



- 8 ■ Em relação à figura do item 7. A soma vetorial ou a _____ de todas as forças sobre a esfera é (nula; diferente de 0), porque (sua velocidade está variando; sua velocidade não está variando).

resultante; nula; sua velocidade não está variando

9 ■ Em relação à figura do item 7. Se você aplica uma força \vec{F} na horizontal que passa pelo centro da esfera, ela (modificará; não modificará) seu estado de movimento. Estamos supondo que a força de atrito entre a esfera e as moléculas do ar seja muito (pequena; grande).

modificará; pequena

10 ■ Em relação ao item anterior. Enquanto você aplica a força \vec{F} , a força resultante sobre a esfera é (zero; diferente de zero).

diferente de zero

11 ■ A esfera representada no item 7 somente modificou seu estado de movimento quando a _____ sobre ela tornou-se diferente de zero.

força resultante

12 ■ Enquanto a força resultante sobre a esfera é zero, ela (modifica) seu estado de movimento. No caso, o estado de movimento da esfera é o de _____.

não modifica; repouso

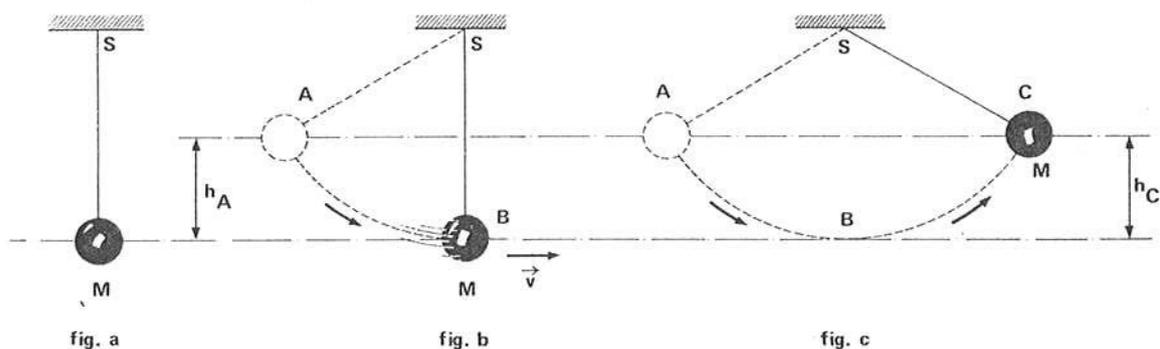
13 ■ Considere diversos objetos em repouso. A tendência de todos eles é (conservar; não conservar) seu estado de movimento. Justifique.

conservar (Porque, enquanto a força resultante sobre os objetos for nula, seu estado de movimento não se modifica. Quando um objeto está em repouso e assim permanece, a força resultante é nula.)

Leia e observe atentamente o quadro abaixo. Ele se refere aos itens 14 a 28.

QUADRO C

Na figura a, uma esfera maciça M encontra-se em repouso no ar, suspensa por um fio que está preso a um suporte em S. A esfera é erguida até a posição A (fig. b) e em seguida é abandonada, a partir do repouso (velocidade inicial igual a zero). A esfera movimentar-se e atinge a posição mais baixa (ponto B) e sobe até parar,



momentaneamente, em C (fig. c). Em seguida ela faz o percurso de volta até a posição inicial e novamente retorna a C, e assim sucessivamente.

14 ■ Fig. a: A esfera encontra-se em _____ e portanto com velocidade igual a _____. A esfera continuará nesta posição enquanto a _____ sobre ela for igual a zero.

repouso; zero; força resultante

15 ■ Fig. b: A esfera é abandonada de uma altura _____, relativamente ao nível que passa pelo centro da esfera quando na posição mais baixa.

h_A

16 ■ Fig. b: A esfera é abandonada na posição A com velocidade igual a _____ e atinge a posição B (com velocidade diferente de zero; com velocidade nula).

zero; com velocidade diferente de movimento.

17 ■ Fig. b: Ao se movimentar de A para B, a esfera (conserva; não conserva) seu estado de movimento. O módulo de sua velocidade (aumenta; diminui). Sua trajetória (é; não é) _____.

não conserva; aumenta; retilínea

18 ■ Fig. b: Ao se movimentar de A para B, a esfera não conserva _____, porque _____.

seu estado de movimento; a velocidade aumenta de valor e a trajetória não é em linha reta

19 ■ Fig. c: A esfera passa por B com velocidade máxima. Até atingir a posição C, o valor da velocidade (aumenta; diminui; é constante) e a trajetória (é; não é) em linha reta. Portanto, durante o trajeto, o estado de _____.

diminui; não é; movimento da esfera não é conservado

20 ■ Fig. c: Ao atingir o ponto C, a esfera apresentará velocidade _____. A altura na posição C é _____.

zero; h_C

21 ■ À medida que a esfera se movimenta de A para C, colide com as moléculas do ar. Então, durante esse movimento, (existe; não existe) atrito entre a esfera e as moléculas do ar. O atrito (sempre; nunca) tende a dificultar o movimento.

existe; sempre

22 ■ Enquanto a esfera se movimenta, o fio que a mantém suspensa também (colide; não colide) com as moléculas do ar. Sobre o fio, (atua; não atua) força de atrito.

colide; atua

23 ■ No ponto onde o fio se encontra fixo no suporte, (existe; não existe) atrito.

existe

24 ■ Neste movimento, as fontes de atrito são:

- a) _____
- b) _____
- c) _____

colisão da esfera com as moléculas do ar; colisão do fio com as moléculas do ar; o ponto S, onde o fio se encontra fixo no suporte.

25 ■ Fig. c: Em virtude do atrito, a altura h_C , correspondente à posição C, é ligeiramente (menor; maior) que h_A , altura correspondente à posição _____.

menor; A

26 ■ h_C é (maior que; menor que; igual a) h_A em virtude do _____.

menor que; atrito

27 ■ Se as forças de atrito não existissem, a altura correspondente à posição C seria (igual a; maior que; menor que) aquela correspondente à posição A.

igual a

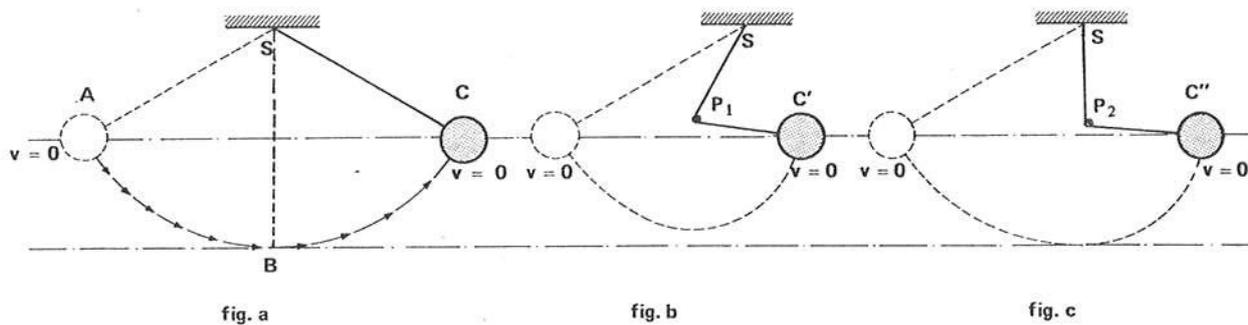
28 ■ Num caso ideal, se: $\vec{f}_{\text{atrito}} = 0$ e $h_A = 10$ cm, então $h_C =$ _____.

10 cm

Leia e observe atentamente o quadro abaixo. Ele se refere aos itens 29 a 33.

QUADRO D

Na figura a, a esfera é abandonada a partir do repouso na posição A e atinge o ponto C, onde momentaneamente entra em repouso. Nas figuras b e c, P_1 e P_2 são dois pregos que interceptam o fio durante o movimento da esfera. Observa-se que a esfera atinge as posições C' e C'' , cujas alturas são praticamente iguais.



29 ■ Se as forças de atrito forem iguais a _____, a altura da posição C, na fig. a, será (igual à; diferente da) altura da posição A.

zero; igual à

30 ■ Fig. b: P_1 representa _____ que intercepta o fio durante o movimento.

o prego

31 ■ Fig. b: Se as forças de atrito forem nulas, a esfera atinge a posição C' , cuja altura é (a mesma; maior; menor) que a altura da posição em que ela foi abandonada.

a mesma

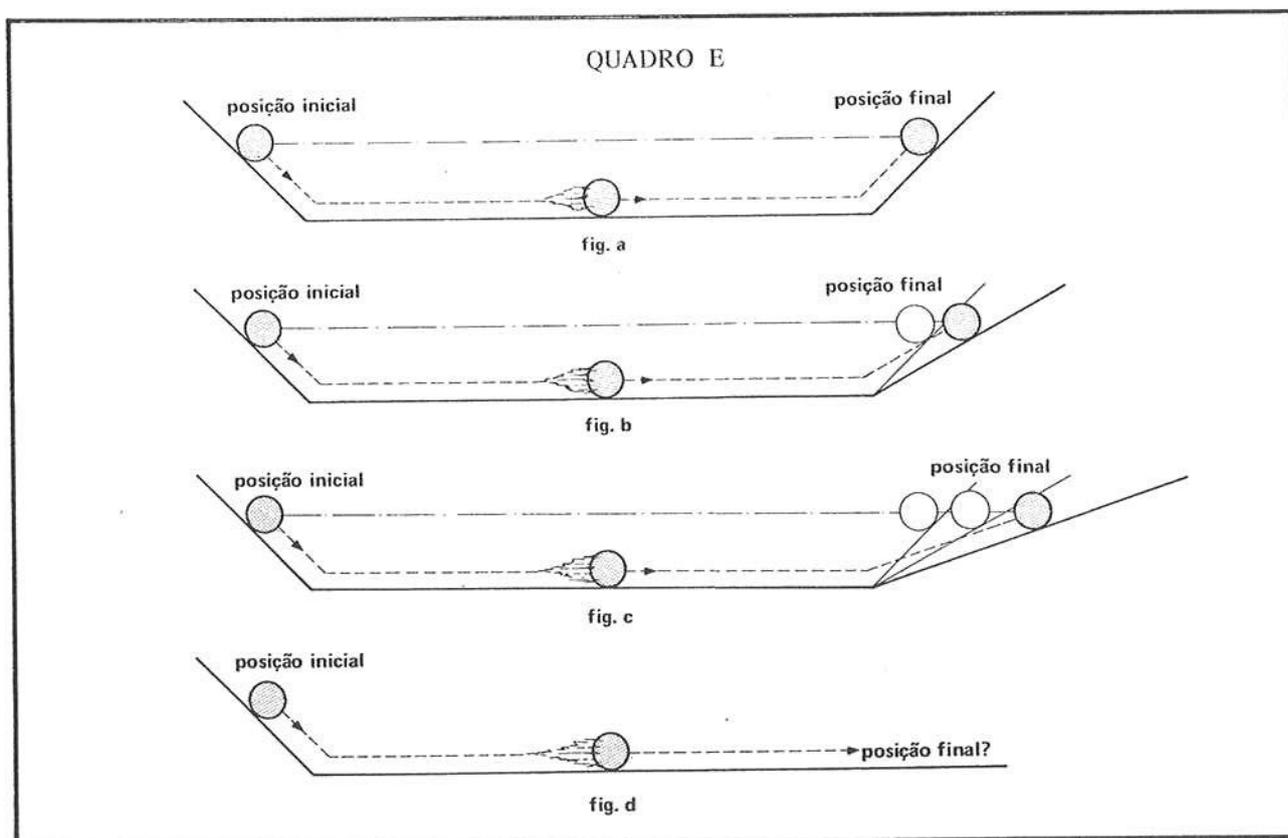
32 ■ Fig. c: P_2 é um _____ que intercepta o fio durante o movimento. A presença do prego P_2 não impede que a esfera atinja o ponto C'' , cuja altura é (igual a; maior que; menor que) a altura da posição A em que ela foi abandonada. Estamos considerando que as _____ sejam nulas.

prego, igual a; forças de atrito

33 ■ Qualquer que seja a posição do prego que intercepta o fio durante o movimento da esfera, ela atinge sempre (a mesma; diferente) altura em que foi abandonada, se _____ . (complete)

a mesma; as forças de atrito forem iguais a zero

Observe atentamente o quadro abaixo. Ele se refere aos itens 34 a 48.



- 34 ■ Fig. a: No plano inclinado da esquerda, a esfera é abandonada com velocidade _____ de uma altura inicial. Enquanto ela desce o plano, sua velocidade (aumenta; diminui), porque a força resultante sobre a esfera é (igual a; diferente de) zero.
 ★★★★★★★★★★
 zero; aumenta; diferente de
- 35 ■ Fig. a: Ao atingir o plano horizontal, a esfera possui uma velocidade (diferente de; igual a) zero. Logo, a variação de velocidade até atingir o plano horizontal é ($\Delta \vec{v} = 0$; $\Delta \vec{v} \neq 0$).
 ★★★★★★★★★★
 diferente de; $\Delta \vec{v} \neq 0$
- 36 ■ $\Delta \vec{v}$ significa _____ de velocidade, e é igual à velocidade final (menos; mais) a velocidade _____.
 ★★★★★★★★★★
 variação; menos; inicial
- 37 ■ Fig. a: Até atingir o plano horizontal, a esfera movimenta-se em linha reta, porém sua velocidade (aumenta; diminui). Portanto, $\Delta \vec{v}$ é (maior que; menor que; igual a) zero.
 ★★★★★★★★★★
 aumenta; maior que
- 38 ■ Fig. a: Enquanto a esfera desce o plano inclinado da esquerda, uma força resultante atua efetivamente sobre ela a fim de _____ sua velocidade. Durante o movimento da esfera no plano horizontal, sua velocidade (aumenta; diminui; permanece a mesma) se considerarmos o atrito.
 ★★★★★★★★★★
 variar ou modificar; diminui
- 39 ■ Fig. a: No plano inclinado da direita, quando a esfera sobe, sua velocidade (diminui; aumenta). Portanto, $\Delta \vec{v}$ é (maior que; menor que; igual a) zero. No plano inclinado da direita, uma força resultante (igual a; diferente de) zero atua efetivamente sobre a esfera.
 ★★★★★★★★★★
 diminui; menor que; diferente de
- 40 ■ Fig. a: A esfera atinge uma posição final cuja altura é (a mesma; ligeiramente menor; ligeiramente maior) que a altura da posição inicial, se levarmos em conta o atrito entre a esfera e o _____ e as _____ do ar.
 ★★★★★★★★★★
 ligeiramente menor; plano; moléculas
- 41 ■ Fig. a: Se $f_{at} = 0$, a altura da posição inicial será _____. (complete)
 ★★★★★★★★★★
 igual a altura da posição final
- 42 ■ Fig. a: Se $f_{at} = 0$, então, durante o movimento da esfera no plano horizontal, sua velocidade (aumenta; diminui; permanece constante) e sua trajetória é retilínea. Isso porque, no plano horizontal, a _____ sobre a esfera é igual a zero.
 ★★★★★★★★★★
 permanece constante; força resultante

43 ■ Fig. b: Nesta figura, a inclinação do plano da direita foi (aumentada; diminuída). Admitindo-se a inexistência de atrito, a altura da posição final é (igual à; diferente da) altura da posição inicial. Durante o movimento da esfera no plano horizontal, $\Delta \vec{v}$ é (igual a; maior que; menor que) zero.

diminuída; igual à; igual a

44 ■ Fig. c: A inclinação do plano da direita foi _____ mais ainda. Admitindo-se que $f_{at} = 0$, a esfera atinge uma posição final cuja altura _____. No plano horizontal, $\Delta \vec{v} =$ _____.

diminuída; é igual à da posição inicial; 0

45 ■ Figs. a, b e c: A esfera sempre atinge uma posição final cuja altura é (igual à; diferente da) altura da posição inicial. No plano inclinado da esquerda, a força resultante atua efetivamente no sentido de _____ a velocidade, e, no plano inclinado da direita, a força resultante atua efetivamente no sentido de _____ a velocidade. No plano horizontal, a força resultante é igual a _____ e portanto a esfera tem trajetória _____ e velocidade constante. Estamos admitindo que (existe; não existe) força de atrito.

igual à; aumentar; diminuir; zero; retilínea; não existe

46 ■ Fig. d: Nesta figura, ao plano da direita foi dada uma inclinação (zero; diferente de zero) relativamente ao plano horizontal. Admitindo-se a inexistência de atrito, as figs. a, b e c sugerem que a esfera, no plano da fig. d, (parará; continuará movimentando-se em linha reta e com velocidade constante).

zero; continuará movimentando-se em linha reta e com velocidade constante

47 ■ Fig. d: Enquanto a esfera movimenta-se no plano horizontal, admitindo-se a inexistência de atrito, a força resultante sobre a esfera é (igual a; diferente de) zero e ela (conservará; não conservará) seu estado de movimento, isto é, movimentar-se-á em linha reta e com a mesma _____.

igual a; conservará; velocidade

48 ■ Fig. d: Admita a inexistência de atrito. Se o plano horizontal fosse infinitamente comprido, a esfera continuaria indefinidamente em linha _____ e com _____ constante.

reta; velocidade

49 ■ Um objeto encontra-se com velocidade v e em linha reta. Se $\vec{F}_R = 0$ (a força resultante sobre o objeto), então ele (continuará; não continuará) com a mesma velocidade e em linha reta.

continuará

50 ■ Um objeto encontra-se em repouso sobre uma plataforma. Portanto, $\vec{F}_R =$ _____. O objeto, então, (continuará; não continuará) em repouso.

0; continuará

51 ■ Podemos generalizar nossas conclusões: Se $\vec{F}_R = 0$, então $\Delta\vec{v} =$ _____, isto é: se a força resultante de todas as _____ que atuam sobre o objeto for igual a _____, ele continuará em repouso; se ele já estiver em movimento, continuará movimentando-se em _____ e com velocidade _____.

0; forças; 0; linha reta; constante

52 ■ As conclusões do item anterior constituem uma importante lei da Mecânica e é denominada 1ª Lei de Newton (Isaac Newton). Escreva tal lei:

Se a força resultante sobre um objeto for igual a zero, o objeto conservará seu estado de movimento. Em outras palavras, se a força resultante sobre um objeto for igual a zero, o objeto permanece em repouso (se já estiver) ou continua movimentando-se em linha reta e com velocidade constante (se já estiver animado de MRU).

53 ■ Imagine que você empurra um objeto sobre um plano horizontal e sem atrito. Enquanto você exerce a força, a força resultante sobre o objeto é (igual a; diferente de) zero e o objeto (modifica; não modifica) seu estado de movimento. Depois que você deixar de exercer a força sobre o objeto, ele movimentar-se-á em _____ com _____ constante, porque a força resultante é _____.

diferente de; modifica; linha reta; velocidade; nula

54 ■ A 1ª Lei de Newton descreve uma situação em que a força resultante sobre um objeto é _____.

zero

55 ■ Se a força resultante sobre um objeto for nula, então o objeto não modifica seu estado de movimento. Simbolicamente, quando $\vec{F}_R =$ _____ $\Delta\vec{v} =$ _____.

0; 0

56 ■ Um objeto movimenta-se para o norte com velocidade igual a 20 m/s. Se a força efetiva sobre ele for nula, ele continuará _____ . (complete)

a se movimentar para o norte, em linha reta e com velocidade igual a 20 m/s

57 ■ Um automóvel acelera numa estrada retilínea, passando sua velocidade de 20 m/s para 30 m/s. Logo, $\Delta\vec{v}$ é (igual a; diferente de) zero.

diferente de

58 ■ A Lua movimenta-se em torno da Terra em órbita aproximadamente circular. De acordo com a 1ª Lei de Newton, a força resultante sobre a Lua é _____.

diferente de zero

- 59 ■ Se não existir modificação na velocidade e nem na direção na qual um objeto se movimenta, a _____ sobre o objeto é _____, de acordo com a _____.
- *****
- força resultante; zero; 1ª Lei de Newton
- 60 ■ Um objeto está em equilíbrio quando a soma vetorial ou a resultante de todas as forças que atuam sobre ele for (igual a; diferente de) zero.
- *****
- igual a
- 61 ■ Uma esfera movimenta-se sobre um plano horizontal com velocidade constante e em linha reta. A esfera (está; não está) em repouso. A esfera (encontra-se; não se encontra) em equilíbrio.
- *****
- não está; encontra-se
- 62 ■ Um carro encontra-se parado numa rua. Ele (encontra-se; não se encontra) em equilíbrio, pois a soma das forças que atuam sobre ele é _____.
- *****
- encontra-se; zero
- 63 ■ Reveja o Quadro C, fig. a: A esfera (encontra-se; não se encontra) em equilíbrio e portanto a soma vetorial de todas as forças que atuam sobre ela (é; não é) igual a zero.
- *****
- encontra-se; é
- 64 ■ Um objeto movimenta-se em linha reta. Desde que ele sempre se desloca 5 metros em cada 1 s, podemos afirmar que o objeto (encontra-se; não se encontra) em equilíbrio.
- *****
- encontra-se
- 65 ■ A condição de equilíbrio de um objeto é que a resultante das forças que atuam sobre ele seja _____.
- *****
- igual a zero
- 66 ■ Um objeto em equilíbrio (tende; não tende) a se manter em equilíbrio.
- *****
- tende
- 67 ■ O movimento retilíneo uniforme (caracteriza; não caracteriza) um estado de equilíbrio de um objeto.
- *****
- caracteriza
- 68 ■ A 1ª Lei de Newton (descreve; não descreve) uma situação de equilíbrio.
- *****
- descreve

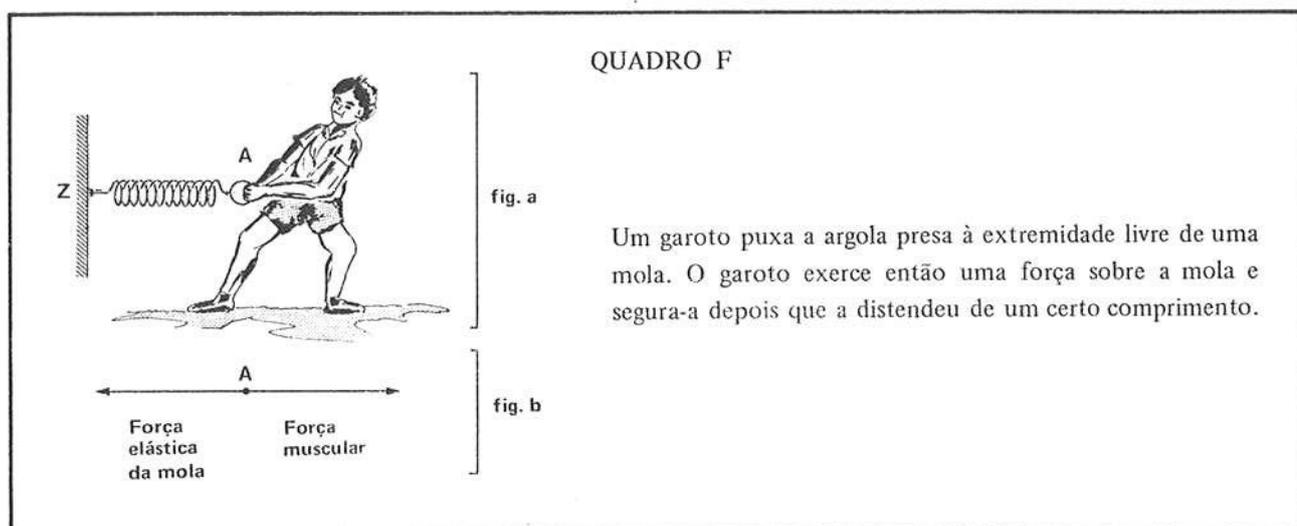
SEÇÃO 4 – TIPOS DE FORÇA:

- FORÇA ELÁSTICA RESTAURADORA
- PESO OU FORÇA GRAVITACIONAL
- EMPUXO
- FORÇAS MAGNÉTICAS E ELÉTRICAS

Os físicos acreditam que existem, basicamente, somente 3 tipos de forças: forças de origem gravitacional (atração entre as massas); forças de origem eletromagnética (devido às cargas elétricas em repouso e em movimento) e forças de origem nuclear (que aparecem nas interações do núcleo atômico).

Entretanto, agora iremos apresentar certos exemplos de forças dentro de uma divisão didática, deixando para mais adiante uma discussão enquadrada nos tipos acima mencionados.

Leia e observe atentamente o quadro abaixo. Ele se refere aos itens 1 a 25.



Um garoto puxa a argola presa à extremidade livre de uma mola. O garoto exerce então uma força sobre a mola e segura-a depois que a distendeu de um certo comprimento.

- 1 ■ Fig. a: Enquanto o garoto distende a mola, ele exerce uma _____ sobre ela.

força

- 2 ■ Fig. a: O garoto exerce a força numa argola presa à extremidade livre da mola. Na figura, esta argola está representada pela letra _____.

A

- 3 ■ Fig. a: Depois que a mola foi distendida de um certo comprimento, o garoto a mantém nesta posição. Enquanto o garoto mantém a mola distendida, ele (exerce; não exerce) uma força e a argola (apresenta; não apresenta) modificação em seu estado de movimento.

exerce; não apresenta

- 4 ■ Fig. a: A argola A, nesta situação, (encontra-se; não se encontra) em equilíbrio.

encontra-se

5 ■ Fig. a: Como a argola A encontra-se em equilíbrio, a força exercida pelo garoto sobre a argola (é; não é) anulada por uma outra força de (mesma; diferente) intensidade, porém de _____.

é; mesma; sentido oposto

6 ■ Fig. a: A força que anula aquela exercida pelo garoto sobre a argola é exercida pela _____.

mola

7 ■ Enquanto a mola se encontra no seu comprimento normal ela (exerce; não exerce) força sobre a argola.

não exerce

8 ■ Se, ao invés de distender, comprimirmos a mola, ela (exerceria; não exerceria) uma força sobre a argola.

exerceria

9 ■ Quando a mola é distendida, a força exercida por ela é no sentido de (aumentar; restaurar) seu comprimento normal.

restaurar

10 ■ Quando a mola é comprimida, a força exercida por ela é no sentido de _____.

restaurar seu comprimento normal

11 ■ A mola (apresenta; não apresenta) elasticidade e ela sempre irá produzir uma força quando for deformada.

apresenta

12 ■ A força exercida pela mola a fim de restaurar seu comprimento normal é denominada força elástica restauradora ou simplesmente força elástica. Essa é a _____ responsável pela volta da mola ao comprimento original, quando cessada a ação sobre ela.

força

13 ■ Fig. b: Nesta figura está representado o esquema vetorial das forças que atuam sobre a argola. Ela está representada por um ponto marcado pela letra _____.

A

14 ■ Fig. b: Esta figura (representa; não representa) uma situação de equilíbrio. A força muscular exercida pelo _____ sobre a argola tem a mesma intensidade da _____ exercida pela mola.

representa; garoto; força elástica restauradora

la 15 ■ Corpo rígido é qualquer objeto sólido que não apresenta deformação quando submetido a uma força. Tal corpo na realidade não existe. "Corpo rígido" é uma simplificação que os físicos utilizam para designar objetos sólidos que apresentam (grande; pouquíssima) deformação quando submetidos a ação de uma força.

pouquíssima

16 ■ Qualquer objeto, seja de madeira, aço, ferro, concreto, etc., apresenta _____ quando submetido à ação de forças de intensidade conveniente. A deformação será maior ou menor, dependendo do material e, muitas vezes, do formato do objeto.

deformação

17 ■ Você exerce uma força sobre a tábua da mesa. A tábua sofrerá uma pequena _____. Como resultado da deformação, a tábua exercerá uma _____ que tende a restaurar a forma original dela. A tábua exercerá tal força sobre sua mão, em sentido _____ ao da força que sua mão exerceu.

deformação; força restauradora; oposto

or- 18 ■ As forças produzidas como resultado de deformação não-permanente ou mudança de forma não-definitiva de um objeto são denominadas _____.

forças elásticas restauradoras

19 ■ Todos os objetos sólidos, em geral, (resistem; não resistem) à mudança de forma. Através de uma força denominada _____, o sólido retorna a sua forma original, se a força deformadora não for suficientemente intensa para lhe produzir uma deformação permanente.

resistem; força elástica restauradora

do- 20 ■ Você exerce uma força sobre uma mola a fim de aumentar seu comprimento. Uma vez cessada a ação da força, a mola (volta; não volta) a sua forma original, se a força aplicada por você não for suficientemente intensa a fim de produzir uma deformação _____.

volta; permanente

ien- 21 ■ Toda vez que a força aplicada sobre um objeto sólido ultrapassar determinado ponto chamado **limite de elasticidade**, a deformação será permanente. Uma mola voltará a sua forma original se a força aplicada sobre ela não ultrapassar o _____.

limite de elasticidade

nta- 22 ■ Fig. a: Uma extremidade da mola encontra-se fixa. O ponto onde ela está fixa está marcado com a letra _____.

Z

pele 23 ■ Fig. a: Na argola A, o garoto exerce uma força de 20 unidades da esquerda para a direita. Logo, como a situação é de equilíbrio, a mola exerce, sobre a argola, uma força de _____ no sentido _____.

20 unidades; oposto

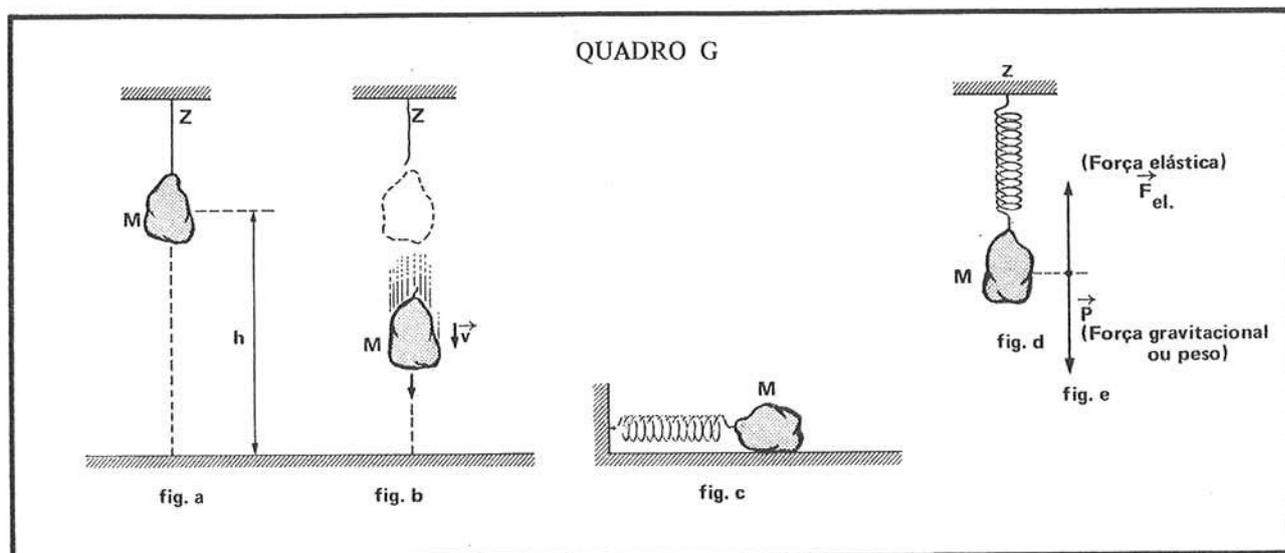
24 ■ Fig. a: No ponto Z, a mola também exercerá uma força de _____ (da esquerda para a direita; da direita para a esquerda).

20 unidades; da esquerda para a direita

25 ■ Fig. a: Como a mola exerce, em Z, uma força da esquerda para a direita, o anteparo (sofre; tende a sofrer) uma _____. Logo, em virtude da deformação, ele exercerá sobre a mola, em Z, uma força de (mesma; diferente) intensidade (da esquerda para a direita; da direita para a esquerda).

sofre; deformação; mesma; da direita para a esquerda

Observe atentamente o quadro abaixo. Ele se refere aos itens 26 a 46.



26 ■ Fig. a: A pedra M encontra-se suspensa por um fio; nesta situação ela (se encontra; não se encontra) em equilíbrio.

se encontra

27 ■ Fig. b: O fio é rompido e a pedra cai em queda livre de uma altura _____ do solo. Enquanto ela cai, seu movimento (é; não é) acelerado e portanto, sua velocidade (aumenta; diminui; permanece constante) à medida que ela se aproxima do solo.

h; é; aumenta

28 ■ Fig. b: Durante a queda, a pedra (apresentará; não apresentará) variação em sua velocidade, apesar de cair em linha reta. Portanto, ($\Delta v = 0$; $\Delta v \neq 0$).

apresentará; $\Delta v \neq 0$

29 ■ Fig. b: Durante a queda, $\Delta v \neq 0$, portanto F_R é (= ; \neq) zero. Simbolicamente, F_R _____.

\neq ; $\neq 0$

30 ■ Fig. c: A pedra M é agora presa à extremidade livre de uma mola que se encontra apoiada num plano (vertical; horizontal). Observamos que a mola (sofre; não sofre) deformação.

horizontal; não sofre

31 ■ Fig. c: A pedra M (possui; não possui) a propriedade de exercer força sobre a mola.

não possui

32 ■ Fig. d: O conjunto, pedra e mola, é agora colocado numa posição (horizontal; vertical) e uma das extremidades da mola é presa num suporte, num ponto marcado com a letra _____.

vertical; Z

33 ■ Fig. d: Nesta situação, a mola sofre uma _____. Desde que a mola sofre uma deformação, ela deve exercer uma força _____ sobre a pedra, para (baixo; cima).

deformação; elástica restauradora; cima

34 ■ Fig. d: A pedra, por si só, (é; não é) capaz de exercer força, conforme foi observado na fig. c do Quadro G.

não é

35 ■ Fig. d: A força que puxa a pedra para baixo, ou melhor, em direção ao centro da Terra, é denominada força gravitacional ou força da gravidade terrestre. A força da gravidade é uma força que atua a (distância, sem necessidade de um meio material entre a Terra e a pedra; distância, mas necessita de um meio material).

distância, sem necessidade de um meio material entre a Terra e a pedra

36 ■ Fig. d: Se a experiência fosse dentro de um tubo de onde se retirasse todo o ar, a pedra (seria; não seria) atraída para o centro da Terra, porque a força gravitacional (necessita; não necessita) de um meio material para atuar.

seria; não necessita

37 ■ A força gravitacional sobre um objeto é a força de (atração; repulsão) que a Terra exerce sobre o objeto, e tem sempre direção (horizontal; vertical) e sentido para o centro da Terra.

atração; vertical

38 ■ Comumente, a medida da força gravitacional sobre um objeto é denominada peso do objeto. Peso de um objeto (é; não é) uma força.

é

39 ■ Todos os objetos têm peso. Isto significa que todos os objetos (são; não são) atraídos pela Terra por uma força denominada _____.

são; força gravitacional terrestre

- 40 ■ Fig. d: Nesta situação, a pedra M encontra-se em equilíbrio, isto é, a força resultante sobre M é (igual a; diferente de) zero. Portanto, a força restauradora, exercida pela mola sobre a pedra M, possui intensidade (igual a; diferente do) peso da pedra M, porém sentido _____.

igual a; igual ao; oposto

- 41 ■ Fig. e: Nesta figura, a intensidade de P é (maior que; igual a; menor que) a intensidade da força elástica.

igual a

- 42 ■ Fig. e: O ponto M representa a pedra M; \vec{P} representa o _____ ou a força _____ sobre a pedra; $\vec{F}_{\text{elast.}}$ representa a _____.

peso; gravitacional; força elástica restauradora da mola.

- 43 ■ Suponha um livro sobre a tábua da mesa. O livro possui um peso porque ele é atraído pela _____ para seu centro. Em virtude de seu peso, o livro “empurra” a mesa para (baixo; cima) e deforma-a. Devido à deformação, a mesa exerce uma _____ para (cima; baixo), sobre o livro, de (mesma; diferente) intensidade que o peso do livro. Portanto, o livro fica em _____.

Terra; baixo; força; cima; mesma; equilíbrio

- 44 ■ Um objeto simplesmente apoiado num plano horizontal tem seu peso anulado por _____ (complete).

uma força do plano sobre o objeto

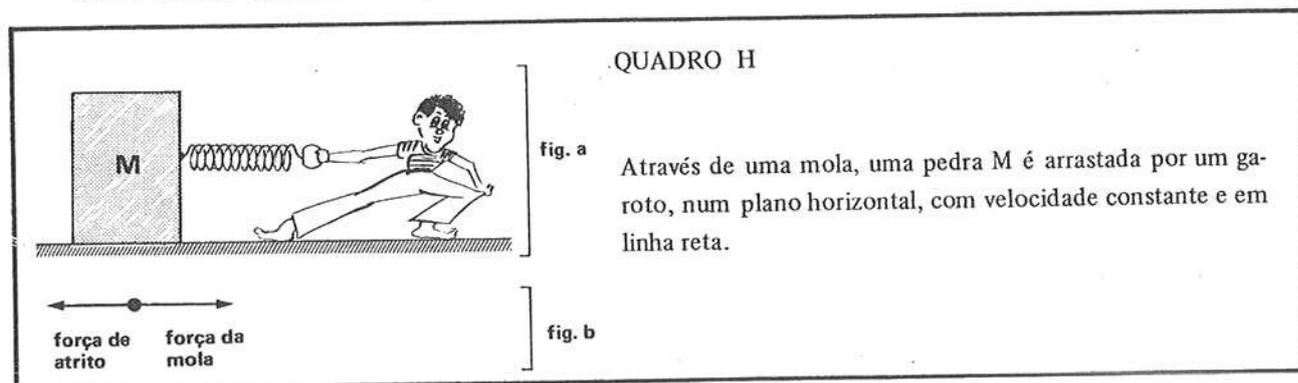
- 45 ■ Fig. b: A pedra, durante a queda, apresenta variação em sua velocidade porque seu _____ ou sua força gravitacional é (maior; menor) que a força de atrito entre a pedra e as moléculas do ar.

peso; maior

- 46 ■ Fig. b: A força de atrito entre as moléculas do ar e a pedra é dirigida para (baixo; cima) e, como ela é de valor (maior; menor) que o peso da pedra, a força resultante será de intensidade (menor que; maior que; igual a) zero e dirigida para baixo.

cima; menor; maior que

Leia e observe atentamente o quadro abaixo. Ele se refere aos itens 47 a 56.



- 47 ■ Fig. a: Enquanto o garoto puxa a pedra M, a mola permanece distendida, portanto, a mola exerce _____ sobre a pedra.
 ★★★★★★★★★★
 força
- 48 ■ Fig. a: Como a pedra movimenta-se com velocidade constante e em linha reta, seu estado de movimento permanece inalterado, o que caracteriza o equilíbrio do objeto. A força resultante sobre o objeto é (igual a; diferente de) zero.
 ★★★★★★★★★★
 igual a
- 49 ■ Fig. a: Como a _____ sobre o objeto é igual a zero, a força elástica exercida pela mola sobre a pedra (é; não é) anulada pela força da gravidade ou pelo _____ da pedra, porque o peso é sempre (horizontal; vertical).
 ★★★★★★★★★★
 força resultante; não é; peso; vertical
- 50 ■ Fig. a: A força que anula a força elástica da mola sobre a pedra é (horizontal; vertical).
 ★★★★★★★★★★
 horizontal
- 51 ■ Fig. a: A força horizontal que anula a força elástica da mola é denominada força de _____ e ela sempre aparece quando um objeto está se movendo em contato com outro.
 ★★★★★★★★★★
 atrito
- 52 ■ A força de atrito atua sempre (no sentido do movimento; contra o sentido do movimento).
 ★★★★★★★★★★
 contra o sentido do movimento
- 53 ■ A força de atrito é uma força que tende a impedir o movimento de um corpo. (sim; não)
 ★★★★★★★★★★
 sim
- 54 ■ Lançamos uma pedra verticalmente para cima. (Existe; Não existe) contato entre a pedra e as moléculas do ar.
 ★★★★★★★★★★
 Existe
- 55 ■ A força de atrito entre a pedra e as moléculas do ar, enquanto ela sobe, no caso do item anterior, é (para cima; para baixo), porque _____.
 ★★★★★★★★★★
 para baixo; ela atua sempre no sentido oposto ao do movimento
- 56 ■ Fig. b: Nesta figura, o ponto M representa a _____ e, como ela se encontra em equilíbrio, o vetor que representa a força elástica da mola sobre a pedra (deve; não deve) ser de mesmo comprimento que o vetor que representa _____. (complete)
 ★★★★★★★★★★
 pedra; deve; a força de atrito entre a pedra e a superfície

Leia e observe atentamente o quadro abaixo. Ele se refere aos itens 57 a 66.

QUADRO I

Um bloco de isopor, material leve, está preso a uma extremidade de uma mola. A outra extremidade da mola encontra-se fixa em um suporte no fundo de um recipiente. O conjunto fica imerso dentro do líquido que o recipiente contém.

Observa-se que a mola é distendida.

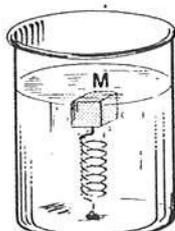


fig. a

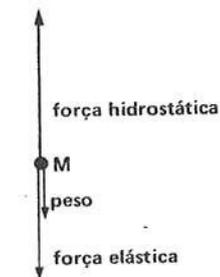


fig. c

A figura ao lado mostra as forças de origem hidrostática que agem sobre a superfície do bloco da figura a.

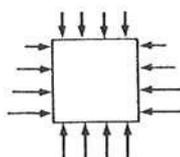


fig. b

57 ■ Fig. a: Um bloco de isopor é imerso dentro de um líquido preso à extremidade de uma mola. O isopor, como é menos denso que o líquido, tende a subir. O bloco é equilibrado pela força adicional da _____, exercida de (baixo para cima; cima para baixo).

mola; cima para baixo

58 ■ Fig. a: Como a mola se distende, isto significa que o líquido (exerce; não exerce) força sobre o bloco, de (cima para baixo; baixo para cima).

exerce; baixo para cima

59 ■ Fig. b: A força que o líquido exerce sobre o corpo é denominada empuxo. Esta força é a resultante das forças que agem sobre toda a superfície do corpo. Na fig. b evidenciamos que a força hidrostática na superfície inferior é (maior; menor) que a força na superfície superior.

maior

60 ■ Fig. a: As forças exercidas pelo líquido nas superfícies laterais são equilibradas, pois em cada superfície lateral as forças (são; não são) iguais em módulo e opostas em sentido.

são

61 ■ O bloco de isopor (possui; não possui) peso.

possui

62 ■ O peso do bloco de isopor atua de (baixo para cima; cima para baixo).

cima para baixo

63 ■ A força elástica da mola atua de (cima para baixo; baixo para cima).

cima para baixo

64 ■ O empuxo atua _____

de baixo para cima

65 ■ Como o bloco está em equilíbrio (fig. a), o empuxo é anulado pela força da mola e pelo _____

peso do bloco

66 ■ Fig. c: Nesta figura, M representa o _____ e o empuxo é anulado _____

bloco; pelo peso do bloco e pela força da mola sobre o bloco

67 ■ O empuxo é também exercido pelos gases contra a superfície dos objetos. Um balão de borracha, cheio de gás mais leve que o ar, sobe porque _____

o empuxo do ar é maior que o peso do balão cheio de gás

68 ■ Quando você mergulha numa piscina, você se sente (mais leve; mais pesado) devido ao _____ que a água exerce sobre seu corpo.

mais leve; empuxo

69 ■ Quando um ímã é aproximado de um pedaço de ferro, o ímã (atrai; não atrai) o ferro. A força que o ímã exerce sobre o ferro é denominada força magnética.

atrai

70 ■ A força magnética, assim como a força gravitacional, (necessita; não necessita) de contato material para sua ação.

não necessita

71 ■ Quando você atrita seu pente em seus cabelos (secos), ele adquire a propriedade de atrair pequenos pedaços de papel, cortiça, pó de giz, etc. Após ser atritado, o pente (exerce; não exerce) força sobre objetos. Esta força é denominada força eletrostática.

exerce

72 ■ Com o atrito, o pente fica carregado, isto é, adquire cargas elétricas. Daí o nome de força _____.

eletrostática

73 ■ A força eletrostática, assim como a gravitacional e a magnética, (necessitam; não necessitam) de um meio material para sua ação.

não necessitam

74 ■ Se você aproximar o pólo norte de um ímã a outro pólo norte de outro ímã, ocorrerá uma (atração; repulsão).

repulsão

75 ■ Se você aproximar o pólo norte de um ímã ao pólo sul de outro ímã, ocorrerá uma _____.

atração

76 ■ A força magnética pode ser de repulsão ou de _____, ao passo que a gravitacional é sempre de _____.

atração; atração

77 ■ Se você atritar o pente nos cabelos e pendurá-lo por um fio, ao aproximar deste um outro pente atritado com cabelo, observará uma repulsão. Se você colocar um tubo de vidro atritado com seda nas proximidades do pente suspenso, observará uma atração. A experiência mostra que a força eletrostática pode ser de _____ ou de _____.

atração; repulsão

78 ■ A força de natureza elétrica pode ser tanto de _____ como de repulsão, ao passo que a gravitacional é de _____.

atração; atração

SEÇÃO 5 — MEDIDA DE FORÇA

$$F = k \cdot \Delta x$$

UNIDADE DE FORÇA

CAMPO GRAVITACIONAL: $g = \text{peso/massa}$

A Física é denominada, também, a ciência das medidas. Lord Kelvin (1824–1907) já afirmava: “Sempre digo que, quando você pode medir aquilo acerca do qual está falando, e expressá-lo em números, você conhecerá algo a seu respeito, mas, se você não puder expressá-lo em números, seu conhecimento é débil e insatisfatório”.

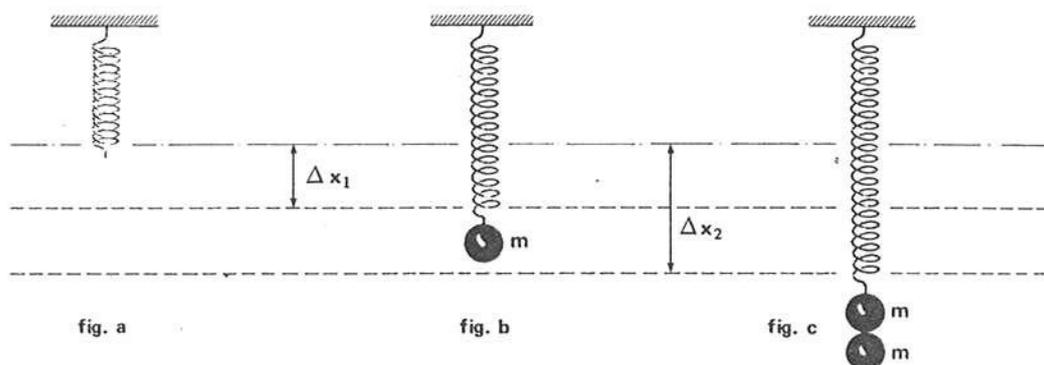
Nada do que foi dito acerca de força trará uma real compreensão da mecânica dos movimentos dos objetos se não for possível tratar as forças de uma maneira quantitativa e ao mesmo tempo desenvolver um método de medir forças.

Leia e observe atentamente o quadro abaixo. Ele se refere aos itens 1 a 15.

QUADRO J

As figs. a, b e c representam uma experiência realizada num mesmo local e com uma mesma mola. Cada massa pendurada na extremidade livre da mola tem massa de 1,0 kg.

As situações ilustradas nas figs. b e c correspondem a situações de equilíbrio. As molas sofrem deformações respectivas de Δx_1 e Δx_2 . Observamos que Δx_2 é duas vezes maior que Δx_1 .



- 1 ■ Fig. b: Um objeto de massa 1,0 kg foi pendurado na extremidade da mola. A mola apresenta uma _____.

 deformação
- 2 ■ Fig. b: A mola se deforma de um comprimento _____ em virtude do _____ do objeto.

 Δx_1 ; peso
- 3 ■ Fig. b: O peso do objeto é a força de atração da Terra sobre o objeto e é denominada _____.

 força gravitacional
- 4 ■ Fig. b: A mola é deformada pelo peso do objeto. Em virtude dessa deformação, a mola _____ sobre o objeto, verticalmente (para cima; para baixo).

 exercerá uma força elástica; para cima
- 5 ■ Fig. b: Esta figura mostra uma situação de equilíbrio, porque a _____ de todas as _____ sobre o objeto é nula.

 resultante; forças
- 6 ■ Fig. b: Desprezando-se a ação das moléculas do ar, as únicas forças sobre o objeto são a _____ da mola e o _____ do objeto.

 força elástica; peso

- 7 ■ Fig. b: A força exercida pela mola (\vec{F}_{e1}), em intensidade, é (igual a; maior que; menor que) o peso (\vec{P}) do objeto. Simbolicamente, $\vec{F}_{e1} =$ _____.
- *****
- igual a; \vec{P}
- 8 ■ Fig. c: A mola suporta agora um peso correspondente a uma massa de _____
- *****
- 2,0 kg
- 9 ■ Fig. c: A deformação da mola é agora _____
- *****
- Δx_2
- 10 ■ Fig. c: O peso correspondente a uma massa de 2,0 kg é duas vezes maior que aquele correspondente à massa de 1,0 kg. Logo, a força exercida pela mola é agora _____ que aquela exercida nas condições da fig. b.
- *****
- duas vezes maior
- 11 ■ Fig. c: A deformação Δx_2 é _____ vezes maior que a deformação Δx_1 , devido ao peso da massa de 1,0 kg.
- *****
- duas
- 12 ■ Fig. c: Quando a mola sofre uma deformação duas vezes maior, ela exerce _____
- *****
- uma força duas vezes maior
- 13 ■ Realizando-se diversas experiências, com a utilização de diferentes massas, verifica-se que a força exercida pela mola é proporcional a sua _____
- *****
- deformação
- 14 ■ A proporcionalidade entre a força \vec{F} exercida pela mola e sua deformação Δx é válida desde que o limite da elasticidade da mola (seja; não seja) excedido.
- *****
- não seja
- 15 ■ Como a força \vec{F} exercida pela mola é proporcional à deformação Δx , podemos escrever esta relação da seguinte forma:
- $$|\vec{F}| = k \cdot \Delta x$$
- onde k é denominada “constante da mola” e depende de cada mola. Uma mola “rígida”, como as utilizadas nos amortecedores de carros e caminhões, apresenta uma constante grande; então, nestes casos, uma deformação pequena corresponde a uma força (pequena; grande) em intensidade.
- *****
- grande

16 ■ Estamos em condições, portanto, de construir um instrumento para medirmos a _____ utilizando uma mola calibrada. Para tal, devemos medir a _____ correspondente a cada força.

intensidade de uma força; deformação

17 ■ Uma mola sob a ação de uma força F_1 sofre uma deformação de 0,01 m. Uma força $|\vec{F}_2| = 2 |\vec{F}_1|$ produzirá uma deformação igual a _____ m.

0,02

18 ■ No Sistema Internacional de Unidades, a unidade de força é 1 newton. O peso de uma massa de 1,0 kg corresponde a uma força de intensidade 9,80 newtons, quando ao nível do mar e à latitude de 45° . Para calibrarmos uma mola, a fim de a utilizarmos como um instrumento para medir intensidade de força, basta pendurar uma massa de 1,0 kg e associar à deformação produzida na mola o valor _____.

9,80 newtons

19 ■ A calibração deve ser realizada ao nível do mar e à _____.

latitude 45°

20 ■ A força de atração da Terra sobre uma massa de 1,0 kg, ao nível do _____ e à latitude de 45° , é de _____. O peso de 1,0 kg de água, nas mesmas condições, é de aproximadamente _____ newtons.

mar; 9,80 newtons; 9,80

21 ■ Durante a calibração, ao pendurarmos uma massa de 1,0 kg na extremidade de uma mola, mediu-se uma deformação de 0,20 m, ou seja, _____ cm. Quando a deformação for igual a 0,10 m, a força terá intensidade igual a _____.

20 cm; 4,90 newtons

22 ■ Na mola mencionada no item 21, se $\Delta x = 0,05$ m, $|\vec{F}| =$ _____.

2,45 newtons ou 2,45 N (símbolo de newton)

23 ■ No item 15, foi desenvolvida uma relação entre a força \vec{F} exercida pela mola e sua deformação. Tal relação é $|\vec{F}| =$ _____, onde _____ representa a constante da mola. Determine a constante da mola mencionada no item 21.

$$k = \frac{|\vec{F}|}{\Delta x} = \frac{\quad}{0,20 \text{ m}} = \quad$$

$k \cdot \Delta x$; k ; Δx ; 9,80 N; 49,0 N/m

24 ■ Uma mola é calibrada em newtons e sua constante vale 50,0 N/m. Quando a deformação for igual a 2,00 cm, a força será igual a _____ (transforme em m).

$$|\vec{F}| = k \cdot \Delta x = 50 \text{ N/m} \cdot 0,02 \text{ m} = 50 \cdot 0,02 \text{ (N/m)} \cdot \text{(m)} = 1,0 \text{ N}$$

25 ■ Quando uma mola sofre a ação de uma força de 10,0 N e sua deformação é de 0,05 m, a sua constante elástica $k =$ _____.

$$k = |\vec{F}|/\Delta x = 10 \text{ N}/0,05 \text{ m} = 200 \text{ N/m}$$

26 ■ Uma mola tem 6,0 cm de comprimento. Quando ela é suspensa verticalmente e uma massa que pesa 1,96 N é presa à extremidade livre, seu comprimento aumenta para 7,5 cm. A constante elástica desta mola vale: $k =$ _____.

$$\Delta x = 7,5 \text{ cm} - 6,0 \text{ cm} = 1,5 \text{ cm} = 1,5 \times 10^{-2} \text{ m}$$
$$k = |\vec{F}|/\Delta x = 1,96 \text{ N}/1,5 \times 10^{-2} \text{ m} \cong 1,3 \times 10^2 \text{ N/m}$$

27 ■ Em relação ao problema anterior. Qual seria a força exercida pela mola quando seu comprimento for igual a 8,7 cm? (Lembre-se que já determinamos a constante elástica da mola k).

$$\Delta x = 8,7 \text{ cm} - 6,0 \text{ cm} = 2,7 \text{ cm} = 2,7 \times 10^{-2} \text{ m}$$
$$|\vec{F}| = k \cdot \Delta x = 1,3 \times 10^2 \text{ (N/m)} \cdot 2,7 \times 10^{-2} \text{ m} = 3,5 \text{ N}$$

28 ■ Item 27. Se a força de 3,5 N fosse exercida pelo peso de um objeto de massa m , qual seria o valor de m , sabendo-se que 1 kg pesa 9,80 N?

Aplica-se regra de três:

$$\text{Se 1 kg pesa 9,80 N, } m \text{ kg pesará 3,5 N: } \frac{1 \text{ kg}}{m} = \frac{9,80 \text{ N}}{3,5 \text{ N}}$$

∴ m será de aproximadamente 0,36 kg

29 ■ Utilizaremos agora o nosso instrumento de medir intensidade de força para analisar a força gravitacional. Ao nível do mar e à latitude 45° , uma massa de 1,0 kg acusará, numa mola calibrada, um peso de 9,80 N. Neste local, a força gravitacional da Terra sobre a massa de 1,0 kg tem intensidade _____.

9,80 N

30 ■ Neste mesmo local, quando uma massa de 2,0 kg é pendurada na mola, esta acusará uma força de _____ newtons. Então, a força gravitacional da _____ sobre a massa de 2,0 kg terá intensidade igual a _____. O peso da massa de 2,0 kg é de _____.

19,6; Terra; 19,6 N; 19,6 N

31 ■ Da mesma forma, no mesmo local, isto é, ao nível _____ e à _____, uma massa de 3,0 kg pesará _____.

do mar; latitude 45° ; 29,4 N

32 ■ Com a mola calibrada em newtons, vamos investigar a força gravitacional sobre objetos de diversas massas em um local qualquer. Observou-se que para uma massa de 1,0 kg, pendurada na extremidade da mola, esta acusou uma força de 9,5 N. Uma massa de 2,0 kg correspondeu a um peso de _____. E, quando a mola acusou uma força de 28,5 N, a massa pendurada foi de _____.

19,0 N; 3,0 kg

33 ■ A experiência indica que o peso de um objeto em Porto Alegre ao nível do mar não é o mesmo que o peso do mesmo objeto em Belém do Pará. Assim, o peso de um objeto (varia; não varia) com o local, apesar de sua massa (variar; permanecer constante).

varia; permanecer constante

34 ■ Demonstra-se e pode-se verificar experimentalmente que o peso de um objeto diminui a medida que se afasta do solo. O peso de um quilograma a 300 km de altura será (maior; menor) que 9,80 N.

menor

35 ■ Um astronauta tem massa de 70 kg e seu peso é cerca de 686 newtons, ao nível do mar e à 45° de latitude. Quando à altura de 150 km da superfície da Terra, a força de atração da Terra sobre o astronauta será (maior; menor) que 686 N e sua massa será (maior que; igual a; menor que) 70 kg. Explique.

menor; igual a (A massa é constante, não dependendo do local onde se encontra. O peso ou a força de atração gravitacional varia com o local e com a distância do corpo à Terra. Quanto maior a distância, menor a força.)

36 ■ A experiência mostra que, numa mesma localidade, o peso ou a força gravitacional da Terra sobre objetos é (diretamente; inversamente) proporcional à massa dos objetos.

diretamente

37 ■ Se, num determinado local, como nesta sala, o peso de 1,0 kg for igual a 9,70 newtons, o peso de 2,0 kg será igual a _____ e o peso de um objeto de massa m será _____.

19,4 N; $m \cdot 9,70$ N

38 ■ O peso de um kg de açúcar é de 9,80 N. O peso de m quilogramas de açúcar será igual a _____.

$9,80 \cdot m$ N

39 ■ Uma experiência realizada na Lua mostrou que uma massa de 1,0 kg pesava, lá, apenas 1,67 N, ao invés de 9,80 N. Isto porque a força de atração gravitacional da Lua é (menor; maior) que a _____ da Terra sobre os objetos.

menor; força gravitacional

40 ■ Da mesma forma, na Lua, uma massa de 2,0 kg terá um peso igual a _____ e uma massa de m quilogramas terá um peso igual a _____.

3,34 N; $1,67 \cdot m$ N

41 ■ A força gravitacional sobre um objeto (depende; não depende) da posição do objeto no espaço.

depende

- 42 ■ Para uma mesma localidade e mesma altura do solo, o peso de um objeto é _____ à massa do objeto. Portanto, podemos escrever, matematicamente, peso ou força gravitacional = (constante) \times X(massa) ou, simbolicamente, $|\vec{P}| = g \cdot m$ ou $|\vec{F}_{\text{grav}}| = g \cdot m$, onde g é uma (constante; variável) para uma determinada localidade do espaço.

diretamente proporcional; constante

- 43 ■ A constante g é denominada Campo Gravitacional e seu valor (depende; não depende) do local considerado. Podemos determinar seu valor, uma vez conhecido o peso P de uma massa m pela equação: $g = \frac{P}{m}$.

depende; $\frac{|\vec{P}|}{m}$

- 44 ■ $g = \frac{|\vec{P}|}{m} = \frac{19,6 \text{ N}}{2,0 \text{ kg}}$. Num determinado local, o peso ou a força gravitacional sobre um objeto de massa 2,0 kg é de 19,6 N. Calcule o campo gravitacional nesta localidade. _____

$|\vec{F}_{\text{grav}}|$; $g = 19,6 \text{ N}/2,0 \text{ kg} = 9,80 \text{ N/kg}$

- 45 ■ $g = P/m$. A unidade de medida de peso é _____ e a unidade de medida de massa é kg. Portanto, a unidade de medida de campo gravitacional é _____.

N; N/quilograma ou N/kg

- 46 ■ $P = m \cdot g$. Calcule o peso de 10,0 kg na superfície da Lua, onde o campo gravitacional tem intensidade 1,67 N/kg.

$|\vec{P}| = 10 \text{ kg} \cdot 1,67 \text{ N/kg} = 16,7 \text{ N}$

- 47 ■ O campo gravitacional g depende do local considerado. Quanto maior a altura, relativamente à superfície da Terra, (maior; menor) será sua intensidade.

menor

- 48 ■ $g_0 = 9,80 \text{ N/kg}$. Usaremos o índice zero (g_0) para representar o campo gravitacional na superfície da Terra. Calcule o peso de uma pessoa de 60,0 kg de massa na superfície da Terra: $P = \frac{|\vec{P}|}{g_0}$.

$|\vec{P}| = 60,0 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ N/kg} = 588,0 \text{ N}$

- 49 ■ Calcule a massa de um objeto cujo peso na superfície da Terra é de 858 newtons.

$m = \frac{|\vec{P}|}{g_0} = \frac{858 \text{ N}}{9,8 \text{ N/kg}} \cong 87 \text{ kg}$

- 50 ■ Qualquer objeto localizado ao redor da Terra (é; não é) atraído para o centro do planeta. Ao redor da Terra, (existe; não existe) campo gravitacional.

é; existe

51 ■ Qualquer outro planeta também é envolvido por um campo gravitacional. Qualquer objeto nas proximidades da Lua (é; não é) atraído por ela. A Lua (está; não está) envolvida por um campo gravitacional.

é; está

52 ■ Um astronauta desce num planeta. Sua massa é de 75 kg e ele verifica que, nesse planeta, seu peso é de 300 N. (a) Calcule, a partir das informações dadas, o campo gravitacional na superfície do planeta. (b) Se seu capacete pesa, nesse planeta, 12,0 N, qual será seu peso aqui na Terra.

a) $g = 4,00 \text{ N/kg}$; b) $P = 29,4 \text{ N}$

53 ■ Uma pessoa pesa, aqui na superfície da Terra, 490 N.

a) Calcule sua massa: _____.

b) Calcule seu peso na Lua, onde $g_0 = 1,67 \text{ N/kg}$: _____.

c) Qual seria sua massa na Lua? _____ Explique: _____.

a) 50,0 kg; b) 83,5 N; c) 50,0 kg; A massa é constante, portanto não depende do local considerado.

54 ■ Aproximadamente, quantas vezes o campo gravitacional na superfície da Terra é mais intenso que o campo gravitacional na superfície da Lua? _____

6

55 ■ Uma força de intensidade igual a 20 N deforma uma mola de 0,01 m. Qual será a intensidade da força quando a deformação da mesma mola for igual a 0,05 m? _____

100 N

56 ■ A constante de uma mola tem valor $2,5 \times 10^3 \text{ N/m}$. Qual a intensidade da força exercida sobre a mola quando ela for deformada de 10 cm? _____

$$\begin{aligned} |\vec{F}| &= k \cdot \Delta x & k &= 2,5 \cdot 10^3 \text{ N/m} & e & \Delta x = 10 \cdot 10^{-2} \text{ m} \\ |\vec{F}| &= 250 \text{ N} \end{aligned}$$

PROBLEMAS A RESOLVER

1 ■ Num local onde o campo gravitacional possui módulo 9,6 N/kg, qual seria o peso de um corpo cuja massa é de 10 kg?

2 ■ Calcule a massa de um objeto cujo peso num campo gravitacional de módulo 9,0 N/kg fosse 81 newtons?

3 ■ Supondo que o campo gravitacional na superfície da Terra fosse $|g_0| = 10,0 \text{ N/kg}$, qual seria o peso de um objeto de 2,56 g?

4 ■ Num determinado planeta, uma massa de $4,5 \times 10^3 \text{ g}$ pesa 90 N. Calcule o módulo do campo gravitacional no local onde se encontra a massa em tal planeta.

5 ■ Quando uma força de intensidade 100 N atua sobre uma determinada mola, verificamos que ela se distende de 2 cm. Calcule a constante de tal mola.

- 6 ■ Uma mola cuja constante elástica vale $4,0 \times 10^3 \text{ N/m}$ apresenta uma deformação $\Delta x = 2,0 \text{ cm}$. Calcule a intensidade da força deformadora.
- 7 ■ Uma massa de $10,0 \text{ kg}$ é pendurada na extremidade de uma mola cujo comprimento é 20 cm e observa-se que seu comprimento final atinge um valor igual a 22 cm . Supondo que $|g_0| = 10,0 \text{ N/kg}$, calcule a constante da mola.
- 8 ■ Uma mola possui $k = 1,0 \times 10^3 \text{ N/m}$. Uma massa de 10 kg é pendurada na extremidade da mola e verifica-se que ela apresenta uma deformação $\Delta x = 10 \text{ cm}$. Calcule o módulo do campo gravitacional no local onde foi realizada a experiência.

RESPOSTAS

- | | | | |
|----------------------|-------------------------------------|---|---------------------------------------|
| 1 ■ 96 N | 3 ■ $2,56 \times 10^{-2} \text{ N}$ | 5 ■ $5 \times 10^3 \text{ N/m}$ | 7 ■ $k = 5,0 \times 10^3 \text{ N/m}$ |
| 2 ■ $9,0 \text{ kg}$ | 4 ■ $g = 20 \text{ N/kg}$ | 6 ■ $ \vec{F} = 8,0 \times 10 \text{ N}$ | 8 ■ $g = 10 \text{ N/kg}$ |

EXPERIÊNCIA 1.

- OBJETIVOS:** a) Determinar a constante de uma mola
b) Calibrar a mola para medir forças em newtons.

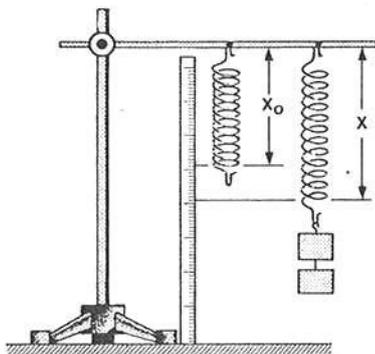
CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS: A deformação sofrida por uma mola sob a ação de uma força é diretamente proporcional à intensidade da força deformadora, desde que não se ultrapasse o limite elástico da mola. Esta lei é conhecida como **Lei de Hooke** e sua formulação matemática é:

$$|\vec{F}| = k \cdot \Delta x$$

onde k é a constante da mola (cada mola possui k diferente) e Δx é a deformação.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL: Utilização de pesos aferidos, como força deformadora, e molas.

- PROCEDIMENTO OPERACIONAL:** a) Monte o esquema experimental mostrado na figura ao lado.
b) Meça o comprimento inicial da mola x_0
c) Pendure massas aferidas de 50 g cada uma. O peso de cada massa é então:
 $P = m \cdot g = 50 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ N/kg} = 4,9 \cdot 10^{-1} \text{ N}$
d) Meça o comprimento final quando a mola suportar pesos correspondentes às massas de 50, 100, 150, 200, 250 g. Chame-os de x_1, x_2 , etc.
e) Construa uma tabela de dados, conforme exemplo abaixo.



$ \vec{F} = P(\text{N})$	$x_0(\text{m})$	$x(\text{m})$	$\Delta x(\text{m})$
$4,9 \cdot 10^{-1}$	$20 \cdot 10^{-2}$	$22 \cdot 10^{-2}$	$2,0 \cdot 10^{-2}$

- f) Construa um gráfico, colocando F nas ordenadas e x nas abscissas.
g) Determine a declividade da reta.

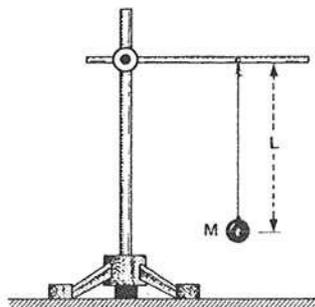
- QUESTÕES:** a) Qual é o valor da constante da mola?
b) Qual será a força aplicada à mola quando a deformação for $\Delta x = 8 \text{ cm}$?
c) Se você pendurar uma massa desconhecida e verificar que a deformação for igual a 15 cm, qual é o peso da massa?
d) Qual é o valor da massa?
A lei é válida para qualquer deformação Δx ? Explique.

RELATÓRIO: Você deverá apresentar um relatório desenvolvendo: a) objetivo da experiência; b) parte teórica e experimental e c) respostas às questões. O gráfico deverá acompanhar o relatório.

EXPERIÊNCIA 2.

OBJETIVO: Determinar o módulo do campo gravitacional $|\vec{g}_0|$ ou da aceleração da gravidade $|\vec{g}_0|$.

CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS:



A duração do intervalo de tempo que uma massa pendular M gasta para realizar um vaivém completo e denominado **período**, que simbolizaremos com a letra T . O período T depende do comprimento L do fio que prende a massa M e da aceleração ou campo gravitacional no local onde é realizada a experiência. A relação entre tais variáveis é dada pela expressão:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{|\vec{g}_0|}}$$

Se medirmos o período em segundos e o comprimento em metros, $|\vec{g}_0|$ será dado em N/kg ou m/s^2 .

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL: Utilização de um pêndulo simples.

- PROCEDIMENTO OPERACIONAL:**
- Monte um pêndulo simples, conforme mostra a figura acima.
 - Faça o pêndulo oscilar com **pequena amplitude**.
 - Meça com um cronômetro o tempo de 10 oscilações (10 vaivéns completos), para 5 diferentes comprimentos L , começando com $L = 60 \cdot 10^{-2}$ m e variando L de 10 em 10 cm.
Observação: Na falta de um cronômetro, você poderá utilizar um relógio, porém, para diminuir o erro, deverá contar o tempo de 50 oscilações.
 - O comprimento L deve ser medido do centro da massa M até o ponto de suspensão do fio.
 - Construa uma tabela de dados que contenha: tempo de 10 oscilações, o período T , o comprimento L , os respectivos valores de g_0 e finalmente uma coluna onde você colocará o valor médio de g_0 (média aritmética).

Exemplo:

Tempo de 10 oscilações	$T(s)$	$L(m)$	$ \vec{g}_0 (m/s^2)$	valor médio de g_0
16 s	1,6 s	$70 \cdot 10^{-2}$ m		

- QUESTÕES:**
- Qual é o peso de um objeto de massa 5,0 kg no local onde foi realizada a experiência?
 - Qual é o peso de seu colega de turma neste local?
 - Qual seria o período de um pêndulo cujo comprimento fosse de 2,0 metros?
 - Mostre que $m/s^2 = N/kg$.

RELATÓRIO: Como no caso anterior, você deverá apresentar um relatório do trabalho desenvolvido.

EXPERIÊNCIA 3.

OBJETIVO: Determinar a intensidade da força hidrostática (empuxo) sobre um objeto imerso num líquido.

CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS: O empuxo que um corpo imerso num líquido recebe é igual ao peso do volume do líquido que o corpo desloca quando imerso. Se o líquido possui uma densidade ρ , então

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \text{onde } V \text{ é o volume do líquido deslocado e } m \text{ é a massa respectiva.}$$

Logo, $m = \rho \cdot V$. Então, como o peso é dado por $P = mg$, o peso do volume de líquido deslocado será dado por:

$$(I) \left(\begin{array}{l} \text{peso do volume de} \\ \text{líquido deslocado} \end{array} \right) = \rho \cdot g \cdot V = \text{Empuxo}$$

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL: Utilização de uma mola calibrada em newtons e cálculo do empuxo pela diferença de peso do objeto fora e dentro do líquido.

PROCEDIMENTO OPERACIONAL: a) calibre uma mola em newtons, utilizando o valor de g_0 determinado na Exp. 2. Para tal, proceda como na Exp. 1.

b) Meça o peso do objeto, com a mola já calibrada, fora e dentro da água.

c) Repita a operação para objetos de mesmo material e volume diferente.

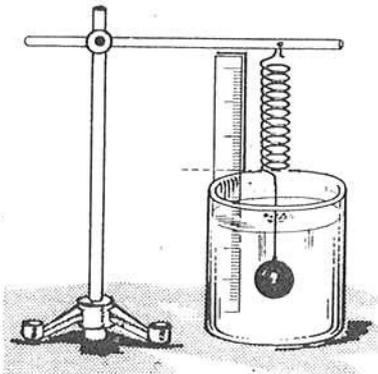
d) Para cada operação anote o volume de água deslocado.

e) Utilize o esquema mostrado na figura ao lado.

f) Pela diferença entre o peso fora e o peso dentro da água, calcule o empuxo ou a força hidrostática.

g) Para cada valor do empuxo, verifique sua igualdade com o peso do volume de água deslocado. Para tal, utilize a expressão (I), dada acima, e a densidade da água igual a $1,0 \text{ g/cm}^3$. (Não esqueça de transformar em kg/m^3 .)

h) Construa uma tabela de valores que contenha: peso fora da água, peso dentro da água, empuxo, e peso do volume de água deslocado.



RELATÓRIO: Você deverá fazer um relatório da experiência desenvolvendo: a) objetivo da experiência; b) parte teórica; c) procedimentos experimental e operacional e d) suas conclusões.

SEÇÃO 6 – FORÇA CONSTANTE

Uma força constante produz num objeto uma aceleração constante. O sentido e a direção da aceleração resultante num objeto são os mesmos da força resultante aplicada. A aceleração resultante é diretamente proporcional à força resultante aplicada no objeto.

Leia e observe atentamente o quadro abaixo. Ele se refere aos itens 1 a 19.

QUADRO L

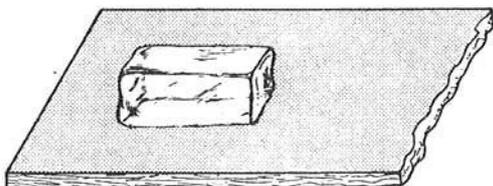


Fig. a – Ao lado, temos o desenho de um bloco de gelo seco – CO_2 no estado sólido (temperatura $\cong -75^\circ\text{C}$) – sobre uma plataforma horizontal e lisa. Na temperatura ambiente, o CO_2 passa do estado sólido para o gasoso e em consequência forma-se, entre o bloco e a plataforma, uma camada de gás.

Fig. b – O bloco recebe um impulso e começa a se movimentar em linha reta no sentido do impulso recebido. O impulso é aplicado momentaneamente.

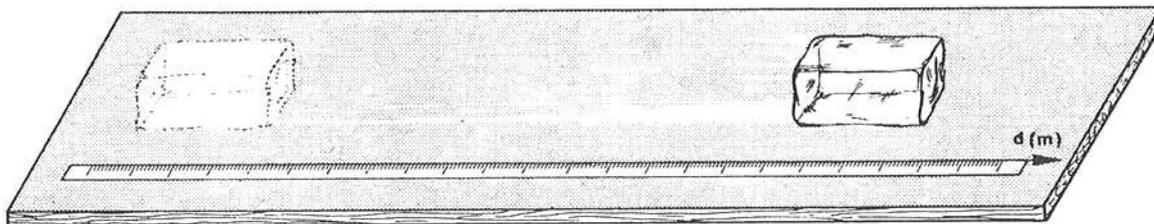


Fig. c – As posições ocupadas pelo bloco após entrar em movimento foram anotadas no decorrer do tempo e expressas na tabela abaixo.

1	2	3	4	5	6	7	8
instante t (s)	posição d (m)	intervalo de tempo	duração do intervalo de tempo Δt (s)	deslocamento no intervalo de tempo Δd (m)	velocidade média no intervalo de tempo $v_m = \frac{\Delta d}{\Delta t}$ (m/s)	variação da v_m no intervalo de tempo Δv_m (m/s)	aceleração no intervalo de tempo $a = \frac{\Delta v_m}{\Delta t}$ (m/s^2)
0,0	$1,0 \cdot 10^{-1}$	1º 0 à 1,0 s	1,0				
1,0	$1,5 \cdot 10^{-1}$	2º 1,0 à 2,0 s	1,0				
2,0	$2,0 \cdot 10^{-1}$	3º 2,0 à 3,0 s	1,0				
3,0	$2,5 \cdot 10^{-1}$	4º 3,0 à 4,0 s	1,0				
4,0	$3,0 \cdot 10^{-1}$	5º 4,0 à 5,0 s	1,0				
5,0	$3,5 \cdot 10^{-1}$						

1 ■ Fig. a: Nesta figura está representado um bloco de _____. À temperatura ambiente, o dióxido de carbono (CO_2) sólido passa para o estado _____.

gelo seco ou dióxido de carbono (CO_2) sólido; de vapor

2 ■ Fig. a: À medida que o gelo seco passa para o estado de vapor, forma-se entre o bloco e a plataforma uma camada de _____. A camada de vapor que se forma entre a plataforma e o bloco de gelo seco (aumenta; elimina completamente; diminui enormemente) o atrito existente entre o bloco e a plataforma.

vapor de CO_2 ; diminui enormemente

3 ■ Fig. b: O bloco recebe um impulso e se movimenta sobre a plataforma. Seu movimento é praticamente livre porque a camada de vapor que se forma entre o bloco e a plataforma _____.

elimina praticamente o atrito

4 ■ Fig. b: De acordo com a 1ª Lei de Newton, ignorando-se o atrito existente com o ar, o bloco movimentar-se-á em linha _____ e com velocidade _____.

reta; constante

5 ■ Fig. c: Nas colunas 1 e 2 estão anotados os instantes e as posições ocupadas pelo bloco após ter recebido o impulso. A posição inicial corresponde a _____.

$1,0 \times 10^{-1}$ m ou 10 cm

6 ■ Fig. c: Na coluna 3 estão marcados os intervalos de tempo. Cada intervalo tem duração de _____.

1,0 s

7 ■ Fig. c: A coluna 4 corresponde às _____; a coluna 5 corresponde aos _____ e a coluna 6 às respectivas _____.

durações dos intervalos de tempo; deslocamentos nos intervalos considerados na coluna 3; velocidades médias

8 ■ Fig. c: Preencha a coluna 5.

5×10^{-2} m; 5×10^{-2} m; 5×10^{-2} m; 5×10^{-2} m; 5×10^{-2} m

9 ■ Fig. c: Preencha a coluna das velocidades médias.

5×10^{-2} m/s; 5×10^{-2} m/s; 5×10^{-2} m/s; 5×10^{-2} m/s; 5×10^{-2} m/s

10 ■ Fig. c: A coluna 7 corresponde à variação de _____. No primeiro intervalo de tempo (0 a 1,0 s) a velocidade média é _____ e no segundo intervalo de tempo (1,0 s a 2,0 s) a velocidade média é _____. A variação da velocidade média entre o primeiro e o segundo intervalo de tempo é $\Delta v_m = v_{m2} - v_{m1} =$ _____.

velocidade média; 5×10^{-2} m/s; 5×10^{-2} m/s; zero

11 ■ Fig. c: Preencha as colunas 7 e 8.

coluna 7: 0; 0; 0; 0

coluna 8: 0; 0; 0; 0

12 ■ Fig. c: A coluna 8 indica que a aceleração do bloco no intervalo considerado é _____.

zero

13 ■ Fig. c: A aceleração é uma grandeza que representa a variação da velocidade na _____.
O bloco em estudo possui velocidade (variável; constante).

unidade de tempo; constante

14 ■ O movimento do bloco se dá na (vertical; horizontal). O peso do bloco é uma força que atua na (vertical; horizontal) e ele é equilibrado por uma outra força dirigida verticalmente para (cima; baixo), devida à plataforma. A força da plataforma no bloco é uma força de intensidade (igual a; maior que; menor que) o peso do bloco.

horizontal; vertical; cima; igual a

15 ■ A força resultante na direção vertical é (zero; diferente de zero). Simbolicamente: F_R (vertical) = _____.
Na direção horizontal, a força resultante, depois que o bloco recebeu o impulso, é (zero; diferente de zero), porque o bloco (apresenta; não apresenta) variação de velocidade igual a zero. Simbolicamente: F_R (horiz.) = _____.

zero; 0; zero; apresenta; 0

16 ■ A 1ª Lei de Newton do movimento afirma que: "A tendência de um objeto (é; não é) manter seu estado de movimento quando a força resultante sobre ele é _____."

é; zero

17 ■ $F_R = 0$; $\Delta v = 0$. Essa é a representação simbólica da _____ de Newton.

1ª Lei

18 ■ Quando $F_R = 0$, de acordo com a 1ª Lei de Newton, podemos afirmar que $\Delta v =$ _____.

0 (zero)

19 ■ Figs. a e b: Nesta experiência foi utilizado um bloco de gelo seco a fim de se eliminar, o máximo possível, a força de _____, que é indesejável para se demonstrar a validade da 1ª Lei de Newton.

atrito

Leia e observe atentamente o quadro abaixo. Ele se refere aos itens 20 a 48.

QUADRO M

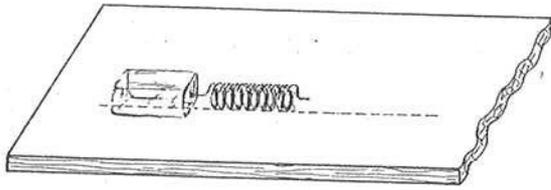


Fig. a – Ao lado, o bloco de gelo seco é amarrado a uma mola.

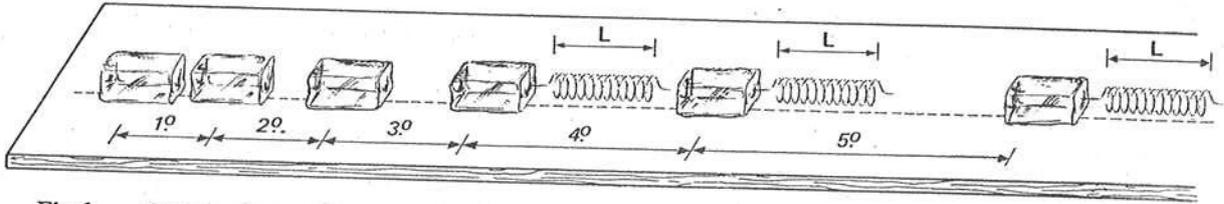


Fig. b – O bloco é puxado com uma força constante, aplicada através da mola, e as suas posições foram anotadas em intervalos de tempo iguais a $1/5$ s.

Intervalo de tempo $\Delta t = 1/5$ s	Deslocamento no intervalo de tempo $\Delta d(m)$	Velocidade média no intervalo de tempo $v_m = \frac{\Delta d}{\Delta t}$ (m/s)	Aceleração $a = \frac{\Delta v_m}{\Delta t}$ (m/s ²)
1º	$7,90 \times 10^{-2}$		
2º	$24,00 \times 10^{-2}$		
3º	$39,80 \times 10^{-2}$		
4º	$56,00 \times 10^{-2}$		
5º	$71,80 \times 10^{-2}$		

Fig. c – Na tabela acima, estão anotados os deslocamentos realizados pelo bloco nos intervalos de tempo iguais a $1/5$ s.

Intervalo de tempo $\Delta t = 1/5$ s	Deslocamento no intervalo de tempo $\Delta d(m)$	Velocidade média no intervalo de tempo $v_m = \frac{\Delta d}{\Delta t}$ (m/s)	Aceleração $a = \frac{\Delta v_m}{\Delta t}$ (m/s ²)
1º	$16,00 \times 10^{-2}$		
2º	$48,20 \times 10^{-2}$		
3º	$80,00 \times 10^{-2}$		
4º	$111,80 \times 10^{-2}$		
5º	$144,30 \times 10^{-2}$		

Fig. d – Deslocamentos em função dos intervalos de tempo do mesmo bloco, sendo solicitado agora por uma força duas vezes mais intensa que no caso anterior. (A mola foi deformada duas vezes mais.)

- 20 ■ Fig. a: Se a mola não estiver distendida, a força resultante sobre o bloco (é; não é) zero e portanto $\Delta v = 0$. Logo, pela 1ª Lei de Newton, o bloco (entrará em movimento; permanecerá em repouso).
- *****
- é; permanecerá em repouso
- 21 ■ Fig. b: A mola é agora puxada para a direita com uma força (constante; variável). A sua deformação será (constante; variável).
- *****
- constante; constante
- 22 ■ Fig. b: Enquanto a mola apresentar a mesma deformação Δx , a força que ela aplica sobre o bloco será (constante; variável).
- *****
- constante
- 23 ■ Fig. b: Uma vez que o atrito entre o bloco e a plataforma é desprezível, a força resultante sobre o bloco é de intensidade (igual a; menor que; maior que) a da força exercida pela mola sobre o bloco.
- *****
- igual a
- 24 ■ Fig. b: Observando-se os deslocamentos nos sucessivos intervalos de tempo que são (iguais; desiguais), podemos concluir que o bloco, sob a ação da força, apresenta deslocamentos (iguais; desiguais) nos sucessivos intervalos de tempo.
- *****
- iguais; desiguais
- 25 ■ Fig. c: Observe a tabela. O primeiro intervalo de tempo é aquele que vai de $t = 0$ até $t =$ _____ s. O deslocamento neste intervalo de tempo, cuja duração é $\Delta t =$ _____, é $\Delta d =$ _____ m.
- *****
- 1/5 s ou 0,2 s; 1/5 s ou 0,2 s; $7,90 \times 10^{-2}$ m
- 26 ■ Fig. c: A terceira coluna desta tabela corresponde à _____.
- Calcule a velocidade média no primeiro intervalo de tempo: $v_{m1} =$ _____ m/s.
- *****
- velocidade média no intervalo de tempo; $39,5 \times 10^{-2}$ m/s
- 27 ■ Fig. c: Preencha a coluna 3 desta tabela. (Ao preencher a coluna, lembre-se dos algarismos significativos.)
- *****
- $39,5 \times 10^{-2}$ m/s; 120×10^{-2} m/s; 199×10^{-2} m/s; 280×10^{-2} m/s; 359×10^{-2} m/s
- 28 ■ Fig. c: A coluna 4 desta tabela é da _____. A velocidade média no 1º intervalo de tempo é _____ e no 2º intervalo de tempo é _____.
- *****
- aceleração; $39,5 \times 10^{-2}$ m/s; 120×10^{-2} m/s
- 29 ■ Fig. c: $v_{m2} =$ _____ e $v_{m1} =$ _____ portanto $\Delta v_{m(2 e 1)} =$ _____.
- *****
- 120×10^{-2} m/s; $39,5 \times 10^{-2}$ m/s; $80,5 \times 10^{-2}$ m/s

- 30 ■ Fig. c: Entre o 1º e o 2º intervalos de tempo, a variação de velocidade média é $\Delta v = \underline{\hspace{2cm}} \times 10^{-2}$ m/s, e a duração do intervalo de tempo correspondente é $\Delta t = \underline{\hspace{2cm}}$ s. Logo, a aceleração neste intervalo é $a = \underline{\hspace{2cm}}$ m/s².
- *****
- 80,5; 1/5 s ou 0,2 s; 403×10^{-2} m/s²
- 31 ■ Fig. c: Preencha agora a coluna 4 das acelerações. (Lembre-se dos algarismos significativos.)
- *****
- 403×10^{-2} ; 395×10^{-2} ; 405×10^{-2} ; 395×10^{-2} m/s²
- 32 ■ Fig. c: Analisando a coluna 4 e levando em consideração os erros experimentais, podemos concluir que a mola, sob a ação de uma força constante, manteve uma deformação (constante; variável). A aceleração do bloco (foi; não foi) constante e seu valor é praticamente igual a: $|\vec{a}| = \underline{\hspace{2cm}}$ m/s².
- *****
- constante; foi; 400×10^{-2} m/s² ou 4,00 m/s²
- 33 ■ Fig. c: O bloco, sob a ação de uma força constante, (executa; não executa) movimento com aceleração (constante; não constante).
- *****
- executa; constante
- 34 ■ Fig. d: Nesta tabela estão anotados os dados de uma experiência feita com o mesmo bloco, nas mesmas condições iniciais, sob a ação de uma força \vec{F}_2 de intensidade (duas vezes maior; duas vezes menor) que a de \vec{F}_1 . Portanto, com a mola deformada, $\Delta x_2 = \underline{\hspace{2cm}} \Delta x_1$.
- *****
- duas vezes maior; 2
- 35 ■ Fig. d: Preencha a coluna das velocidades médias.
- *****
- 80×10^{-2} m/s; 241×10^{-2} m/s; 400×10^{-2} m/s; 559×10^{-2} m/s; 722×10^{-2} m/s.
- 36 ■ Fig. d: Preencha agora a coluna das acelerações.
- *****
- 805×10^{-2} m/s²; 795×10^{-2} m/s²; 795×10^{-2} m/s²; 813×10^{-2} m/s²
- 37 ■ Fig. d: A força \vec{F}_2 que atuou agora sobre o mesmo bloco (manteve-se; não se manteve) constante e ela (corresponde; não corresponde) à força resultante sobre o bloco, porque ela (é; não é) a única força que atua efetivamente na direção do movimento.
- *****
- manteve-se; corresponde; é
- 38 ■ Fig. d: Analisando a coluna das acelerações, podemos concluir, levando em consideração os possíveis erros experimentais, que a aceleração do bloco (foi; não foi) constante. Seu valor é $|\vec{a}_2| \cong \underline{\hspace{2cm}}$ m/s².
- *****
- foi; 800×10^{-2} m/s² ou 8,00 m/s²

39 ■ A aceleração é a grandeza que mede a variação de _____ ocorrida na _____ de tempo. Simbolicamente: $\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$.

velocidade; unidade; $\frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$

40 ■ As experiências descritas nas figs. c e d nos permitem afirmar que um objeto sob a ação de uma força resultante (constante; variável; nula) sofre variações de velocidade (iguais; desiguais) em intervalos de tempo (iguais; desiguais) ou em outras palavras _____ constante.

constante; iguais; iguais; aceleração

41 ■ Fig. d: A força resultante constante \vec{F}_1 produz no bloco uma _____ igual a _____ m/s^2 .

aceleração constante; 4,00

42 ■ Fig. d: A força resultante constante \vec{F}_2 produz no bloco uma _____ igual a _____ m/s^2 .

aceleração constante; 8,00

43 ■ As experiências descritas nas figs. c e d nos permitem tirar certas conclusões quantitativas. A força resultante sobre o bloco na segunda experiência descrita foi _____ vezes mais intensa que a força resultante sobre o mesmo bloco na primeira experiência descrita. A aceleração resultante na segunda experiência foi _____.

duas; duas vezes mais intensa que a aceleração resultante na primeira experiência

44 ■ Suponhamos o mesmo bloco nas mesmas condições. Se $|\vec{F}_2| = 3|\vec{F}_1|$ então a aceleração resultante seria _____ vezes maior.

três

45 ■ Uma força resultante de 50 newtons atua sobre um objeto e comunica-lhe uma aceleração de 2 m/s^2 . Se a força resultante tivesse intensidade 25 newtons, a aceleração seria igual a _____ m/s^2 .

1

46 ■ A aceleração é uma grandeza (escalar; vetorial), pois, para ser completamente especificada, ela necessita, além do módulo ou valor, de uma _____ e de um _____.

vetorial; direção; sentido

47 ■ As experiências descritas no Quadro M nos indicam que a aceleração possui uma direção (igual \hat{a} ; diferente da) da força resultante e sentido (igual; oposto) ao da força, pois o bloco movimenta-se na direção e sentido da força resultante e a velocidade varia no mesmo sentido da força.

igual \hat{a} ; igual

48 ■ Quando uma força resultante é aplicada sobre um objeto, ela produz uma _____ cujo módulo é (diretamente; inversamente) proporcional à intensidade da força resultante e na direção e sentido dessa força.

aceleração; diretamente

EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

1 ■ Um objeto movimenta-se no sentido sul com velocidade constante. Então: $\Delta v =$ _____ e $F_R =$ _____.

0; 0

2 ■ Quando $F_R = 0$ e $\Delta v = 0$ o objeto (mantém; não mantém) seu estado de movimento.

mantém

3 ■ A velocidade (é; não é) uma grandeza vetorial. Portanto, ela é uma grandeza que deve possuir: a) _____
_____; b) _____ e c) _____.

é; módulo ou valor ou intensidade; direção; sentido

4 ■ Assinale a(s) alternativa(s) correta(s): Para que a velocidade varie é preciso que:

a) o módulo varie.

b) a direção varie.

c) o sentido varie.

d) somente o módulo varie.

e) somente o sentido varie.

a); b); c)

5 ■ Quando um objeto realiza uma curva com velocidade de módulo constante, Δv é (igual a; diferente de) zero, porque, apesar do módulo não variar, sua direção e seu sentido variam.

diferente de

6 ■ Para um objeto realizando uma curva, mesmo que o módulo da velocidade seja constante, ($F_R = 0$; $F_R \neq 0$) pois ($\Delta v = 0$; $\Delta v \neq 0$).

$F_R \neq 0$; $\Delta v \neq 0$

7 ■ Uma força resultante atua sobre um objeto e lhe imprime uma aceleração resultante de módulo igual a 5 m/s^2 , dirigida horizontalmente para a esquerda. A direção e o sentido da força é _____.

horizontal e para a esquerda, isto é, os mesmos da aceleração

- 8 ■ Uma força resultante de 10 newtons atua sobre um carrinho que está sobre uma mesa. Observa-se que em cada 2,0 s sua velocidade aumenta 10,0 m/s e o carrinho movimenta-se para a esquerda, sobre a mesa. A aceleração do objeto tem módulo igual a _____ e sua direção é (horizontal; vertical) e seu sentido é (da esquerda para a direita; da direita para a esquerda).

5,0 m/s²; horizontal; da direita para a esquerda

- 9 ■ Se sobre o carrinho mencionado na questão anterior fosse aplicada uma força resultante de 40 newtons, horizontal e da esquerda para a direita, a aceleração teria: módulo: _____, direção: _____ e sentido: _____.

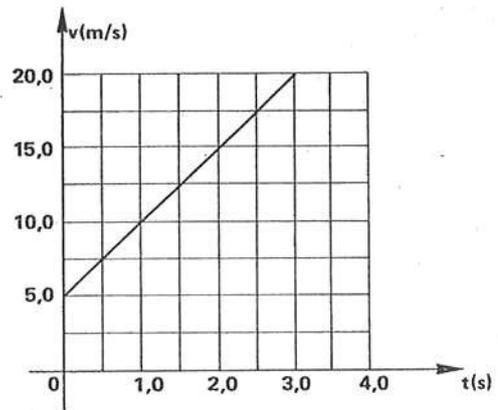
20 m/s² (força resultante 4 vezes maior, aceleração 4 vezes maior); horizontal; para a direita

- 10 ■ Um objeto sob ação de uma força resultante de 20 newtons é acelerado na razão de 1,0 m/s². Qual seria a aceleração resultante se sobre o mesmo objeto fosse aplicada uma força resultante de 10 newtons? _____

0,5 m/s²

- 11 ■ Sob a ação de uma força resultante, a velocidade de um objeto varia de acordo com o gráfico ao lado. O objeto movimenta-se ao longo de uma trajetória horizontal e para a direita. Qual é o módulo, a direção e o sentido da aceleração do objeto? _____

5,0 m/s²; horizontal; para a direita



- 12 ■ Se a força aplicada sobre o objeto do item anterior duplicasse, qual seria a aceleração resultante? _____

10,0 m/s²

- 13 ■ A 2ª Lei de Newton diz que a aceleração produzida num objeto por uma força resultante constante _____

tem módulo diretamente proporcional à intensidade da força resultante e tem a direção e o sentido da força

- 14 ■ Um objeto de massa 5,0 kg sob a ação de uma força constante de módulo 10,0 newtons apresenta uma aceleração de módulo 2,0 m/s², horizontal e para a esquerda. Se esta mesma força fosse aplicada a um objeto de massa 2,5 kg, qual seria a aceleração resultante? (Suponha que ela foi aplicada nas mesmas condições.) _____

4,0 m/s², horizontal e para a esquerda

- 15 ■ Um objeto de massa m_1 sob a ação de uma força de módulo F_1 apresenta uma aceleração resultante de 2,0 m/s². Se esta mesma força fosse aplicada a um objeto de massa $0,1 m_1$, qual seria a nova aceleração? _____

20,0 m/s²

- 16 ■ Considere a mesma situação do enunciado do item 11 acima. Se a força que atuou entre os instantes considerados no problema foi de 10,0 newtons, qual seria a nova intensidade de força se a massa do objeto fosse duplicado?

20,0 newtons, porque a aceleração de qualquer forma é a mesma, mas como a massa aumentou, ou melhor, duplicou, a força necessariamente terá que ser duas vezes maior.

SEÇÃO 7 — MASSA INERCIAL

Formulação matemática da 2ª Lei de Newton: $\vec{F}_R = m \cdot \vec{a}$

- 1 ■ Retome o quadro M. Na experiência descrita na fig. c, determinamos que a aceleração possui módulo igual a _____ sob a ação de uma força resultante \vec{F}_1 . Na experiência descrita na fig. d, a força resultante \vec{F}_2 possui módulo _____ vezes maior que \vec{F}_1 e a aceleração possui agora módulo igual a: _____.
- *****
- 4,00 m/s²; duas; 8,00 m/s²
- 2 ■ Portanto, para um mesmo objeto, dobrando-se a intensidade da força resultante, dobra-se a _____.
- *****
- a intensidade da aceleração
- 3 ■ Podemos generalizar, a partir desta experiência, que o módulo da força resultante é (diretamente; inversamente) proporcional ao módulo da aceleração resultante.
- *****
- diretamente
- 4 ■ Se uma grandeza é diretamente proporcional a outra, sabemos da Matemática que sua razão (é constante; não é constante).
- *****
- é constante
- 5 ■ X e Y são diretamente proporcionais, logo $X/Y =$ _____.
- *****
- k ou constante
- 6 ■ Podemos escrever a equação do item 5 como: $X = k \cdot$ _____.
- *****
- Y
- 7 ■ Concluímos acima que \vec{F}_R é diretamente proporcional à aceleração \vec{a} . Logo, podemos escrever que: $\vec{F}_R = m \cdot \vec{a}$, onde m é uma (constante; variável).
- *****
- constante
- 8 ■ A constante m é denominada massa inercial e depende de cada objeto em particular. A massa inercial de um objeto pode ser determinada (dividindo-se; multiplicando-se) o módulo da força resultante pelo módulo da aceleração do objeto produzida pela força.
- *****
- dividindo-se

9 ■ Se você aplica uma força resultante sobre um elefante e a mesma força resultante sobre uma formiga, o elefante oferecerá (maior; menor) resistência para mudar sua velocidade.

maior

10 ■ Se o elefante oferece maior resistência para mudar sua velocidade, sob a ação de uma mesma força resultante, a aceleração resultante no elefante será (maior; menor) que a aceleração resultante na formiga.

menor

11 ■ O elefante ficará sujeito a uma aceleração menor porque sua massa inercial é maior. A formiga possui, então, massa inercial (maior que; menor que; igual a) a do elefante.

menor

12 ■ Se um trem e uma bola de futebol possuíssem uma mesma velocidade, é mais difícil parar o trem porque ele possui uma _____ maior que a da bola. Portanto, para frear o trem até parar, é necessário uma força resultante (maior; menor) que para parar a bola. O trem apresenta (maior; menor; igual) tendência que a bola para manter seu estado de movimento, porque possui maior massa _____.

massa inercial; maior; maior; inercial

13 ■ Se você estiver de pé dentro de um ônibus em movimento e o motorista pisar nos freios bruscamente, você será "lançado" para (frente; trás).

frente

14 ■ Na realidade, nada o lançará para a frente; você simplesmente conservará _____ até que agarre em alguma coisa para alterá-lo (parar).

seu estado de movimento

15 ■ Se o ônibus der uma partida brusca, você será "lançado" para _____. Na realidade, seu corpo simplesmente tende a ficar em _____, mantendo assim seu estado de movimento.

trás; repouso

16 ■ O termo inércia está relacionado com a resistência à mudança do estado de movimento. O objeto que resistir mais à mudança de seu estado de movimento possuirá (maior; menor) inércia ou massa inercial.

maior

17 ■ A massa inercial é uma propriedade intrínseca de cada objeto. Uma bola de futebol x possui uma determinada massa inercial m_x . A massa inercial desta mesma bola, quando levada para a Lua, será _____, porque _____.

m_x ; a massa inercial é uma propriedade intrínseca do objeto e não depende do local onde se encontra.

OBSERVAÇÃO:

Einstein deduziu, em sua teoria da relatividade, que a massa inercial de um objeto, quando alcança velocidades elevadas, próximas à da luz (300 000 km/s), sofre um aumento, ou seja, varia. Isto já foi comprovado experimentalmente. Mas, para velocidades bem inferiores à da luz, podemos considerar que a massa inercial de um objeto é constante. A Física que estamos estudando só é válida, então, para velocidades bem inferiores a 300 000 km/s.

- 18 ■ A massa inercial de um objeto é numericamente igual à massa do objeto e, portanto, no Sistema Internacional, ela é medida em (kg; m; cm; g).

kg (A grama é uma unidade derivada do padrão kg.)

- 19 ■ Se um bloco de chumbo possui uma massa de 20 kg aqui na Terra, qual será sua massa inercial na Lua? _____
Explique:

20 kg; Porque a massa é uma propriedade invariável da matéria, pelo menos a velocidades bem menores que a da luz.

- 20 ■ Portanto, matematicamente, a 2ª Lei de Newton é escrita:

$$\vec{F}_R = \underline{\hspace{2cm}} \cdot \vec{a}$$

m

- 21 ■ $\vec{F}_R = m \cdot \vec{a}$, onde m é uma constante característica (invariável; variável) do objeto, que é denominada _____ e é medida em _____ no Sistema Internacional de Unidades.

invariável; massa inercial ou massa; kg

- 22 ■ $\vec{F}_R = m \cdot \vec{a}$. Na Cinemática, definimos que $\vec{a} = \underline{\hspace{2cm}}$ e portanto podemos escrever, $\vec{F}_R = m \cdot \underline{\hspace{2cm}}$ (em função de $\Delta \vec{v}$ e Δt).

$$\frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} ; \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

- 23 ■ No SI a força é uma grandeza (derivada; padrão) e a unidade de força é 1 _____

derivada; newton

- 24 ■ $|\vec{F}_R| = m \cdot |\vec{a}|$. Nesta equação, $|\vec{F}_R|$ é medido em _____; m em _____ e $|\vec{a}|$ em _____, no SI.

newtons; kg, m/s²

- 25 ■ 1 newton é portanto a força que, atuando sobre uma massa de 1 kg, imprime sobre ela uma aceleração de _____

1 m/s²

26 ■ $|\vec{F}_R| = m \cdot |\vec{a}|$. $1 \text{ N} = (1 \text{ kg})(1 \text{ m/s}^2) = 1$ (_____) (unidades).

$\text{kg} \cdot \text{m/s}^2$

27 ■ $10 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2 =$ _____

10 newtons

EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

- 1 ■ A aceleração produzida por uma força resultante aplicada a um objeto tem a direção e o sentido da força e módulo (diretamente; inversamente) proporcional à intensidade da força resultante e (diretamente; inversamente) proporcional à massa do objeto. Este enunciado corresponde à _____ Lei de _____.

diretamente; inversamente; segunda; Newton

- 2 ■ A formulação matemática da 2ª Lei de Newton é: _____.

$$\vec{F}_R = m \cdot \vec{a}$$

- 3 ■ A força resultante e a aceleração resultante possuem (mesmo sentido e direção; mesmo sentido e intensidade; mesmos módulos).

mesmo sentido e direção

- 4 ■ Um objeto está se movimentando em linha reta e com velocidade constante. Então $F_R =$ _____ necessariamente. Se de repente o objeto começa a aumentar sua velocidade de 2,0 m/s em cada 0,1 s, então a força resultante necessariamente deve ser _____.

0; diferente de zero

- 5 ■ Um objeto de massa igual a 10 kg movimenta-se ao longo de uma trajetória retilínea, numa direção norte-sul para o norte, com aceleração de $2,0 \text{ m/s}^2$. A força resultante sobre o objeto possui intensidade _____; sua direção é _____ e seu sentido é _____.

20 N; norte-sul; norte

- 6 ■ Uma força resultante de módulo 5,0 N é aplicada a um objeto de massa 2,0 kg. A aceleração resultante terá módulo _____.

$2,5 \text{ m/s}^2$

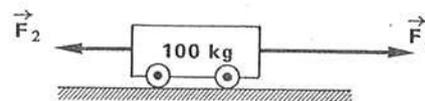
- 7 ■ A massa de 100 g é submetida a uma força resultante de módulo 20 N. A aceleração resultante terá módulo _____.

$2,0 \times 10^2 \text{ m/s}^2$

8 ■ $|\vec{F}_R| = 0$ e portanto $\Delta v =$ _____. Estas equações representam a (1ª; 2ª) Lei de Newton.

0; 1ª

9 ■ Na figura ao lado, o carrinho desloca-se para a direita com aceleração constante de módulo $2,0 \text{ m/s}^2$. A força resultante terá módulo _____.



$$\vec{F}_R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = m \cdot \vec{a}$$

$$|\vec{F}_R| = m \cdot |\vec{a}| \therefore |\vec{F}_R| = (100 \text{ kg}) (2,0 \text{ m/s}^2) = 2,0 \times 10^2 \text{ N}$$

10 ■ Na questão anterior, se $|\vec{F}_1| = 280 \text{ N}$, $|\vec{F}_2| =$ _____.

$$|\vec{F}_R| = |\vec{F}_1| - |\vec{F}_2| \text{ (mesma direção e sentidos opostos)}$$

$$200 \text{ N} = 280 \text{ N} - |\vec{F}_2| \therefore |\vec{F}_2| = 8 \times 10 \text{ N}$$

11 ■ $F_R \neq 0$ e portanto $\vec{a} = \frac{\vec{F}_R}{m}$. Esta equação representa a (1ª, 2ª) Lei de Newton.

2ª

12 ■ Uma força \vec{F}_1 produz, num objeto de massa m_1 , uma aceleração de módulo 2 m/s^2 e, num outro de massa m_2 , uma aceleração de módulo 4 m/s^2 . Quantas vezes a massa m_1 é maior que m_2 .

$$|\vec{F}_1| = 2 \cdot m_1 \text{ e } |\vec{F}_1| = 4 \cdot m_2$$

$$\frac{|\vec{F}_1|}{|\vec{F}_1|} = \frac{2 \cdot m_1}{4 \cdot m_2} \therefore m_1 = 2 \cdot m_2$$

13 ■ Uma força resultante constante de módulo 50 N é aplicada a um carrinho de massa 5 kg , inicialmente em repouso. A aceleração resultante no carrinho terá módulo _____.

$$1 \times 10 \text{ m/s}^2$$

14 ■ No problema do item anterior, qual a velocidade do carrinho depois de $2,0 \text{ s}$.

$$v_f = v_i + a\Delta t ; v = 0 + 10 \cdot 2 = 20 \text{ m/s}$$

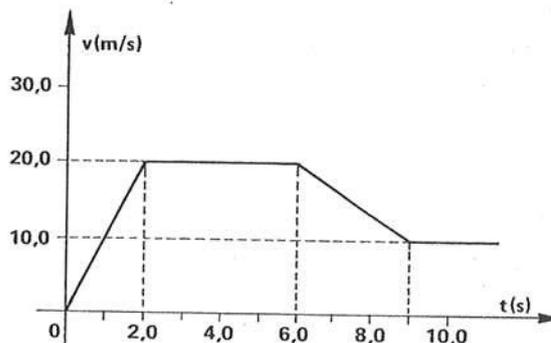
15 ■ No problema do item 13, qual o deslocamento do carrinho nos 2 primeiros segundos.

$$\Delta d = v_m \cdot \Delta t ; \Delta d = \frac{0 + 20}{2} \cdot 2 = 20,0 \text{ m}$$

16 ■ Na figura ao lado está representado o gráfico velocidade-tempo de um objeto de massa $3,0 \text{ kg}$ que se movimenta em linha reta.

Qual é a intensidade da força resultante entre 0 e $2,0 \text{ s}$; $2,0$ e $6,0 \text{ s}$; $6,0$ e $9,0 \text{ s}$?

30 N ; 0 N ; -10 N (sentido oposto ao do movimento)



SEÇÃO 8 – APLICAÇÕES DA 2ª LEI DE NEWTON

Nesta seção resolveremos alguns problemas básicos. Serão ressaltados aspectos fundamentais, que servirão de modelos na resolução de outros problemas. Os estudantes aplicarão nesta seção, além da 1ª e 2ª Lei de Newton, os conhecimentos acerca da cinemática dos movimentos.

PROBLEMA 1:

Um carrinho de brinquedo tem massa igual a 1,0 kg e encontra-se em repouso apoiado sobre uma superfície horizontal. Você é solicitado a fornecer-lhe uma velocidade cujo valor é 10 m/s, na direção horizontal, em um intervalo de tempo cuja duração seja igual a 5,0 s. Qual é a intensidade da força resultante sobre o carrinho?

- 1 ■ Inicialmente, o carrinho encontra-se em (repouso; movimento) sobre uma _____ horizontal. Portanto, sua velocidade inicial é _____. Num intervalo de tempo cuja duração é _____, sua velocidade deve atingir o valor de _____ na direção _____.
- *****
- repouso; superfície; zero; 5,0 s; 10 m/s; horizontal
- 2 ■ A força resultante deve ser aplicada (horizontalmente; verticalmente; numa direção inclinada).
- *****
- horizontalmente
- 3 ■ Para se calcular a intensidade da força resultante, devemos aplicar a equação que simboliza a (1ª; 2ª) Lei de Newton. Deve-se conhecer então a massa e a _____ do objeto.
- *****
- 2ª; aceleração
- 4 ■ A aceleração (é; não é) dada diretamente no enunciado do problema. Para se calcular a aceleração, devemos conhecer a _____ de velocidade ($\Delta \vec{v}$) e a duração do _____.
- *****
- não é; variação; intervalo de tempo (Δt) em que tal variação ocorreu
- 5 ■ Matematicamente, $\vec{a} =$ _____. Quais das variáveis são dadas diretamente no problema? ($\Delta \vec{v}$; Δt ; m ; \vec{F}_R ; \vec{a})
- *****
- $\frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$; $\Delta \vec{v}$; Δt ; m
- 6 ■ As variáveis conhecidas diretamente relacionam-se com a força resultante \vec{F}_R pela expressão: _____. Portanto, a intensidade da força resultante será _____ (valor e unidades).
- *****
- $\vec{F}_R = m \cdot \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$; $2,0 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$
- 7 ■ A unidade $\text{kg} \cdot \text{m/s}^2$ é denominada _____.
- *****
- newton

8 ■ Portanto, a força resultante que em 5,0 s imprimirá uma velocidade de 10,0 m/s sobre o carrinho, a partir do repouso, deverá possuir uma intensidade de _____ numa direção _____.

2,0 newtons; horizontal

RESOLVA:

A ■ Um objeto de massa 5,00 kg varia sua velocidade de 10,0 m/s para 5,00 m/s, em um intervalo de tempo cuja duração é de 2,00 s. Calcule:

- a) a variação de velocidade Δv (interpretar o sinal); b) o módulo da aceleração resultante;
c) o módulo da força resultante.

a) $\Delta v = -5,00$ m/s; b) $a = -2,50$ m/s² c) $F_R = -12,5$ N

O sinal negativo indica que tanto a força como a aceleração são opostos à velocidade.

B ■ O projétil de uma arma de fogo é acelerado enquanto percorre o cano da arma. Supondo que ele saia do cano com uma velocidade de módulo $5,0 \cdot 10^2$ m/s; que ele fique dentro do cano, enquanto acelerado, por um intervalo de tempo de $1,0 \cdot 10^{-3}$ s e que sua massa seja de $2,0 \cdot 10^2$ gramas, calcule a força resultante sobre o projétil.

$|\vec{F}_R| = 1,0 \times 10^5$ newtons

PROBLEMA 2: Qual é a intensidade, a direção e o sentido da força resultante constante necessária para fornecer a uma massa de 500,0 g uma aceleração de 4,0 m/s² horizontalmente para a direita?

1 ■ Qual das variáveis possuem valores dados no problema? (\vec{F}_R ; m; Δv ; Δt ; \vec{a})

m; \vec{a}

2 ■ De que maneira tais variáveis estão relacionadas com a força resultante? _____

$\vec{F}_R = m \cdot \vec{a}$

3 ■ No enunciado do problema, a massa m = _____. Devemos transformá-la em (kg; toneladas), pois na aplicação da Lei de Newton a massa (sempre; às vezes; nunca) deve ser dada em kg quando a aceleração for dada em m/s². Portanto, 500,0 g = _____ kg.

500,0 g; kg; sempre, 0,5000 kg ou $5,000 \times 10^{-1}$ kg

4 ■ A força resultante terá portanto intensidade $|\vec{F}_R| =$ _____, direção _____ e sentido (para a esquerda; para a direita).

2,0 N; horizontal; para a direita

- 5 ■ A direção e o sentido da força resultante sempre (coincidem; não coincidem) com a direção e o sentido da aceleração.

coincidem

RESOLVA:

- A ■ Qual deve ser a intensidade, a direção e o sentido da força resultante sobre um objeto de massa 3,5 kg, para que adquira uma aceleração resultante de módulo 20 m/s^2 , horizontal e para a direita?

$|\vec{F}_R| = 70 \text{ N}$; horizontal e para a direita.

- B ■ Uma massa de 800 g é acelerada à razão de $4,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$. Qual é a intensidade da força resultante sobre o objeto?

$|\vec{F}_R| = 3,2 \text{ N}$

PROBLEMA 3: Uma força resultante horizontal, de intensidade igual a 10,0 N, atua sobre um carrinho que inicialmente se encontra em repouso apoiado sobre uma superfície horizontal. Após um intervalo de tempo cuja duração é de 5,0 s, sua velocidade atinge um valor de 20,0 m/s. Calcular a massa do carrinho.

- 1 ■ Para se calcular a massa podemos utilizar a 2ª Lei de Newton. A sua formulação matemática é: $\vec{F}_R =$ _____
ou $\vec{F}_R =$ _____.

$m \cdot \vec{a}$; $m \cdot \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$

- 2 ■ O problema (fornece; não fornece) diretamente o valor da aceleração resultante. Para calculá-la devemos utilizar a expressão: $|\vec{a}| =$ _____.

não fornece; $\frac{|\Delta \vec{v}|}{\Delta t}$

- 3 ■ $\Delta \vec{v}$ representa a _____ da _____ e Δt a duração do _____ no qual ela ocorreu.

variação; velocidade; intervalo de tempo

- 4 ■ Quando a força resultante começou a sua ação, o carrinho possuía a velocidade _____, pois estava em _____. Portanto, $v_i =$ _____.

zero; repouso; 0

- 5 ■ Portanto, $|\Delta \vec{v}| =$ _____ e $\Delta t =$ _____, logo $|\vec{a}| =$ _____.

20,0 m/s; 5,0 s; $4,0 \text{ m/s}^2$

6 ■ Como a força resultante tem intensidade $|\vec{F}_R| =$ _____ e a aceleração é de _____, a massa $m =$ _____.

10,0 N; 4,0 m/s²; 2,5 kg

7 ■ A resposta ao problema é portanto: $m =$ _____.

2,5 kg

RESOLVA:

A ■ Uma força de $5,0 \times 10^2$ newtons atua durante 50,0 s sobre um objeto. Se a aceleração resultante tiver intensidade $10,0 \cdot 10^2$ m · s, qual é a massa do objeto?

$m = 0,50$ kg

B ■ A ação de uma força resultante de módulo sempre igual a $8,0 \cdot 10^3$ N aumenta a velocidade de um objeto de $2,0$ m · s⁻¹ para 10 m · s⁻¹ em um intervalo de tempo cuja duração é de 0,40 s. Calcule, a partir dos dados acima, a massa do objeto.

$m = 4,0 \times 10^2$ kg

PROBLEMA 4: Qual o módulo da variação de velocidade que uma força resultante de 5,0 N produzirá quando for aplicada a uma massa de 4,0 kg durante 8,0 s?

1 ■ Quais das variáveis são dadas diretamente no problema? _____

\vec{F}_R ; Δt ; m

2 ■ Qual é a expressão que relaciona a grandeza desconhecida com as que são conhecidas? _____

$\vec{F}_R = m \cdot \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$

3 ■ Portanto, a variação de velocidade $\Delta \vec{v}$ em módulo vale: $|\Delta \vec{v}| =$ _____

10 m/s

RESOLVA:

A ■ Um objeto de massa 40,0 kg recebe uma força resultante constante de módulo $2,0 \cdot 10^2$ N durante 10,0 s. Neste intervalo de tempo, qual foi o valor da variação de velocidade apresentada pelo objeto?

$|\Delta \vec{v}| = 5,0 \times 10$ m/s

- B ■ Uma força resultante de 45 N atua durante 5,0 s num objeto de massa $9,0 \cdot 10^2$ gramas. Qual foi o valor da variação de velocidade apresentada pelo objeto?

$$|\Delta \vec{v}| = 250 \text{ m/s}$$

PROBLEMA 5: Durante quanto tempo uma força resultante de 50 N deve atuar sobre uma massa de 10 kg para aumentar sua velocidade de 10 m/s para 30 m/s?

- 1 ■ A variável desconhecida é _____.

Δt

- 2 ■ Para determinar o valor de Δt , podemos utilizar as expressões:

a) $|\vec{F}_R| =$ _____ b) $|\vec{a}| =$ _____

$$m \cdot \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}; \quad \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

- 3 ■ Dos dados do problema: $|\Delta \vec{v}| =$ _____

$$m =$$

$$|\vec{F}_R| =$$

$$|\vec{a}| =$$

20 m/s; 10 kg; 50 N; 5,0 m/s²

- 4 ■ Portanto, $\Delta t =$ _____.

4,0 s

RESOLVA:

- A ■ Quer-se aumentar a velocidade de um objeto de $1,0 \cdot 10^2$ m/s para $1,5 \times 10^2$ m · s⁻¹ aplicando-lhe uma força constante de 250 N. Se a massa tiver um valor de 10,0 kg, durante quanto tempo devemos aplicar a força? Em que direção e sentido devemos aplicá-la?

$\Delta t = 2,0$ s. A força deve ser aplicada no sentido do movimento.

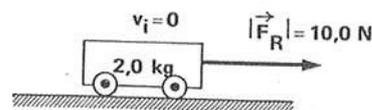
- B ■ Uma força de 10,0 N atua sobre uma massa de 2,0 kg de tal modo que a sua velocidade varie de 20,0 para 10,0 m · s⁻¹. Durante quanto tempo devemos aplicar a força? Qual sua direção e seu sentido?

$\Delta t = 2,0$ s. A força deve ser aplicada em sentido contrário ao do movimento, portanto $|\vec{F}| = -10,0$ N.

- C ■ Um automóvel de massa 800 kg é freado quando está com uma velocidade de 20,0 m/s. Se os freios introduzem uma força de atrito de módulo 8000 N, quanto tempo após a freada o automóvel irá parar?

$\Delta t = 2,0$ s

PROBLEMA 6: Uma força resultante constante (figura ao lado) passa a atuar sobre um carrinho de massa 2,0 kg, inicialmente em repouso. Depois de 2,0 s, qual é o deslocamento Δd do carrinho?



1 ■ Uma força resultante constante que atua sobre o carrinho produz neste uma _____ constante (2ª Lei de Newton).

aceleração

2 ■ Se o objeto fica sujeito a uma aceleração constante, ele ficará animado de um movimento _____.

retilíneo uniformemente acelerado ou variado

3 ■ O deslocamento de um objeto em MRUV é dado pela expressão: $\Delta d =$ _____.

$$v_i \cdot \Delta t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot (\Delta t)^2$$

4 ■ Para calcularmos o deslocamento Δd no intervalo de tempo $\Delta t =$ _____, necessitamos conhecer a velocidade inicial e a _____.

2,0 s; aceleração

5 ■ $v_i =$ _____; $a =$ _____; logo, $\Delta d =$ _____.

0; 5,0 m/s²; 10 m

RESOLVA:

A ■ Qual é o deslocamento de um objeto de massa 2,0 kg que fica sujeito a uma força resultante de módulo 50,0 N durante um intervalo de tempo cuja duração é de 10,0 s? Suponha a velocidade inicial zero.

$$\Delta d = 1,25 \times 10^3 \text{ m}$$

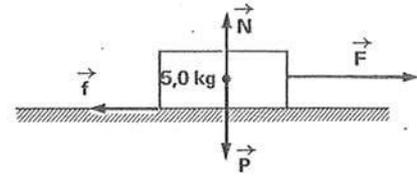
B ■ Um objeto de massa 2,0 kg, inicialmente em MRU, com velocidade cujo valor é 10,0 m/s, recebe num determinado instante uma força resultante de módulo 80 N no mesmo sentido do movimento. Se a força atuar durante 5,0 s, determine: a) a velocidade ao findar os 5,0 s; b) o deslocamento ao findar os 5,0 s.

$$v_f = 2,1 \times 10^2 \text{ m/s}; \Delta d = 5,5 \times 10^2 \text{ m}$$

C ■ Determine a força resultante necessária para acelerar um carro especial a jato de massa 800 kg, do repouso até a uma velocidade de 100 m/s, numa extensão de 200 m sobre uma rodovia horizontal.

$$|\vec{F}_R| = 200 \times 10^2 \text{ N}$$

PROBLEMA 7: O bloco da figura ao lado está sob a ação de uma força $|\vec{F}| = 15 \text{ N}$ para a direita, enquanto a força de atrito $|\vec{f}| = 5 \text{ N}$. Calcular a aceleração resultante do bloco.

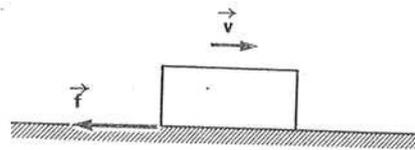


- 1 ■ A figura mostra que além das forças \vec{F} e \vec{f} atuam ainda a força _____ do bloco e a força apoio \vec{N} da superfície.
 ★★★★★★★★★★
 peso \vec{P}
- 2 ■ As forças \vec{F} e \vec{f} são (horizontais; verticais), enquanto \vec{P} e \vec{N} são _____.
 ★★★★★★★★★★
 horizontais; verticais
- 3 ■ As forças \vec{P} e \vec{N} (equilibram-se; não se equilibram), pois na direção vertical a aceleração resultante é zero.
 ★★★★★★★★★★
 equilibram-se
- 4 ■ Na direção horizontal, a força resultante é (igual a; diferente de) zero. Portanto $|\vec{F}_R| =$ _____ (em módulo).
 ★★★★★★★★★★
 diferente de; $|\vec{F}| - |\vec{f}|$
- 5 ■ A intensidade da força resultante $|\vec{F}_R| =$ _____, e ela está dirigida horizontalmente para a _____.
 ★★★★★★★★★★
 10 N; direita
- 6 ■ A aceleração resultante será: $|\vec{a}| =$ _____.
 ★★★★★★★★★★
 $|\vec{a}| = \frac{|\vec{F}_R|}{m} = \frac{10 \text{ N}}{5,0 \text{ kg}} = 2,0 \text{ m/s}^2$

RESOLVA:

- A ■ Um objeto de massa 10,0 kg encontra-se em repouso sobre uma superfície horizontal. Uma força de 50 N passa a atuar sobre ele horizontalmente e para a direita. Se a força de atrito tem intensidade 10,0 N, calcule a aceleração resultante da massa. Qual é seu deslocamento depois de 1,0 s? Qual é sua velocidade ao findar 1,0 s?
 ★★★★★★★★★★
 a) $|\vec{a}| = 4,0 \text{ m/s}^2$; b) $\Delta d = 2,0 \text{ m}$; c) $v_f = 4,0 \text{ m/s}$
- B ■ Um carrinho encontra-se sobre uma mesa. Uma força de intensidade 20,0 N passa a atuar sobre ele. Medindo a aceleração resultante, verificou-se ser igual a $30,0 \text{ m/s}^2$. Calcule, supondo a massa do carrinho igual a 0,500 kg:
 a) a força resultante; b) a intensidade da força de atrito;
 c) o deslocamento, num intervalo de tempo igual a 1,0 s, supondo que o carrinho partiu do repouso.
 ★★★★★★★★★★
 a) $|\vec{F}_R| = 15,0 \text{ N}$; b) $|\vec{f}| = 5,0 \text{ N}$; c) $\Delta d = 15,0 \text{ m}$

PROBLEMA 8: A figura ao lado representa um instante em que o bloco de massa 8,0 kg se movimenta para a direita em cima de um plano horizontal com uma velocidade de 10 m/s. A força de atrito entre o bloco e a superfície de apoio é constante e igual a 2,0 N.



- Determine a intensidade da força resultante.
- Determine a aceleração resultante.
- Depois de quanto tempo o bloco irá parar?
- Quanto terá se deslocado até parar?

1 ■ A força de atrito atua sempre no sentido de (parar; acelerar) o movimento.

parar

2 ■ Na direção vertical, a força resultante é _____ porque _____.

zero; o peso é equilibrado pelo apoio da superfície

3 ■ Na direção horizontal, a única força é a força de _____ e está dirigida para a _____ (contra; a favor) o movimento. Portanto, a intensidade da força resultante é (igual à; diferente da) intensidade da força de atrito.

atrito; esquerda; contra; igual à

4 ■ No caso, portanto, a força resultante (coincide; não coincide) com a força de atrito porque esta é _____.

coincide; a única força que atua sobre o bloco na direção horizontal

5 ■ À medida que o tempo passa, a velocidade do bloco (aumenta; diminui). Portanto, até parar, o bloco apresentará uma variação de velocidade (negativa; positiva) porque a força resultante atua em sentido oposto ao do movimento.

diminui; negativa

6 ■ A força resultante, que no caso é _____ à força de atrito, (possui o mesmo sentido; possui sentido oposto) ao do movimento do bloco.

igual; possui sentido oposto

7 ■ A intensidade da força resultante é então $|\vec{F}_R| =$ _____. O sinal negativo quer dizer que _____.

-2,0 N; a força resultante possui sentido oposto ao do movimento

8 ■ Se $|\vec{F}_R| = -2,0 \text{ N}$, então $|\vec{a}| =$ _____.

$$|\vec{a}| = \frac{-2,0 \text{ N}}{8,0 \text{ kg}} = -2,5 \times 10^{-1} \text{ m/s}^2$$

9 ■ A aceleração do bloco é negativa porque (a velocidade está aumentando; a velocidade está diminuindo; a variação de velocidade é negativa; a força resultante é oposta ao movimento inicial).

a velocidade está diminuindo; a variação de velocidade é negativa; a força resultante é oposta ao movimento inicial

10 ■ A velocidade inicial do bloco é _____ m/s. Até parar, $|\Delta\vec{v}| =$ _____.

10; -10 m/s

11 ■ Para calcularmos a duração do intervalo de tempo que o bloco leva até parar, devemos utilizar a expressão da aceleração: $|\vec{a}| =$ _____ (em termos de $|\Delta\vec{v}|$ e Δt). Portanto, $\Delta t =$ _____.

$$\frac{|\Delta\vec{v}|}{\Delta t}; \quad \Delta t = \frac{|\Delta\vec{v}|}{|\vec{a}|} = \frac{-10 \text{ m/s}}{-2,5 \times 10^{-1} \text{ m/s}^2} = 40,0 \text{ s}$$

12 ■ A resposta ao item c será, portanto: o bloco irá parar depois de _____.

40,0 s

13 ■ O deslocamento $|\Delta\vec{d}|$ pode ser calculado pela expressão: $|\Delta\vec{d}| =$ _____ ou pela expressão $v_f^2 - v_i^2 =$ _____.

$$v_i \Delta t + \frac{1}{2} |\vec{a}| (\Delta t)^2; \quad 2 \cdot a \cdot |\Delta\vec{d}|$$

14 ■ Portanto, $|\Delta\vec{d}| =$ _____.

$2,0 \times 10^2 \text{ m}$

15 ■ A resposta ao item d é, portanto: até parar, o bloco se deslocará de _____.

$2,0 \times 10^2 \text{ m}$

RESOLVA:

A ■ Um objeto movimenta-se ao longo de uma superfície horizontal e sem atrito com uma velocidade de 10,0 m/s. De repente, ele penetra numa região com atrito e pára depois de 2,0 s. Supondo a massa do objeto igual a 2,0 kg, calcule: a) a intensidade da força de atrito; b) o deslocamento até parar.

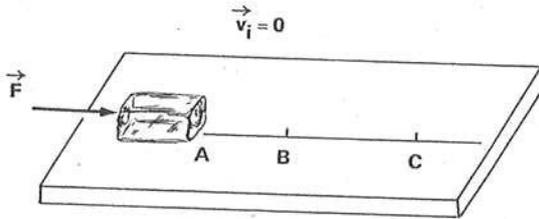
a) $|\vec{f}| = -1,0 \times 10 \text{ N}$ (O sinal negativo indica que ela é oposta ao movimento.)

b) $|\Delta\vec{d}| = 1,0 \times 10 \text{ m}$

- B ■ Um objeto movimenta-se sobre um plano horizontal e com atrito. Num determinado instante, sua velocidade é de 5,0 m/s e depois de 2,0 s ele pára. Se a massa do objeto for igual a 10 kg, calcule a intensidade da força de atrito e a distância que ele percorre até parar.

$$|\vec{f}| = -25 \text{ N}; \quad |\Delta\vec{d}| = 5,0 \text{ m}$$

PROBLEMA 9:



Um bloco de gelo seco de massa 2,0 kg encontra-se inicialmente em repouso no ponto A sobre uma superfície metálica horizontal.

Uma força de 2,0 N passa a atuar sobre ele até o ponto B, distante 4,5 m de A. Calcular a velocidade com que o bloco passa por C, distante 6,0 m de B.

- 1 ■ O atrito entre o bloco de gelo seco e a superfície metálica fica tremendamente (reduzido; aumentado). Podemos, pois, supor que a força de atrito seja _____.
- *****
- reduzido; nula
- 2 ■ A força \vec{F} atua até o ponto _____. Portanto, até este ponto, o movimento é _____.
- *****
- B; retilíneo uniformemente variado ou acelerado
- 3 ■ Do ponto B ao ponto C, a força resultante sobre o bloco é _____, uma vez que a força de atrito é _____ e não existe nenhuma outra que atue na horizontal. Portanto, de B até C, o movimento é _____.
- *****
- zero; zero; retilíneo e uniforme
- 4 ■ A velocidade com que o bloco atingirá C será (igual à; diferente da) velocidade que o bloco possuía em B.
- *****
- igual à
- 5 ■ Para se calcular a velocidade, devemos conhecer a aceleração no ponto B. No caso, $|\vec{a}| =$ _____.
- *****
- $$\frac{|\vec{F}_R|}{m} = \frac{2,0 \text{ N}}{2,0 \text{ kg}} = 1,0 \text{ m/s}^2$$
- 6 ■ Até o ponto B, $|\Delta\vec{d}| =$ _____; $|\vec{a}| =$ _____ e $|\vec{v}_i| =$ _____. Portanto, para calcular a velocidade em B, podemos utilizar a expressão que relaciona a velocidade em B (final) e a velocidade em A (inicial) com a aceleração e o deslocamento. Escreva tal expressão: _____.
- *****
- $$4,5 \text{ m}; \quad 1,0 \text{ m/s}^2; \quad 0; \quad 2a|\Delta\vec{d}| = v_f^2 - v_i^2$$

7 ■ Calcule o valor da velocidade em B: _____.

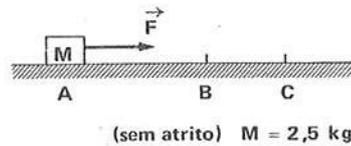
$$|\vec{v}_f| = |\vec{v}_B| = 3,0 \text{ m/s}$$

8 ■ Portanto, o bloco irá atingir o ponto C com velocidade igual a _____.

3,0 m/s

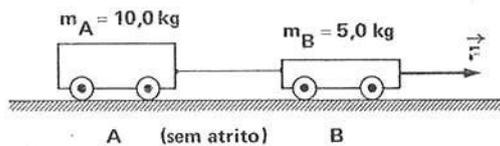
RESOLVA:

Na figura ao lado, a distância AB é de 5,0 m e a distância BC é de 2,0 m. O objeto M parte do repouso em A sob a ação de uma força \vec{F} , que atua sobre ele até o ponto B. Se o objeto atingir o ponto C com uma velocidade de 10 m/s, calcule a intensidade da força \vec{F} .



$$|\vec{F}| = |\vec{F}_R| = 25 \text{ N}$$

PROBLEMA 10:



Na figura ao lado, temos 2 carrinhos A e B unidos por um fio. Uma força de 30,0 N puxa o carrinho de menor massa. Calcular:

- a) a aceleração do conjunto;
- b) a tração do fio que os une.

1 ■ O fio (puxa; não puxa) o carrinho de massa maior. Se ele o puxa, o fio (exerce; não exerce) uma força sobre o carrinho.

puxa; exerce

2 ■ A força que atua ao longo do fio é denominada tração. É devido à _____ que o fio (fica; não fica) esticado.

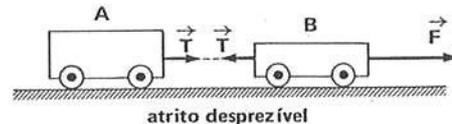
tração; fica

3 ■ A tração \vec{T} que atua ao longo do fio _____ o carrinho A e segura o carrinho B. Então, nos pontos onde as extremidades do fio estão ligados, em cada carrinho, atuam forças (iguais à; diferentes da) tração \vec{T} .

puxa; iguais à

4 ■ Observe a figura ao lado. Ela é a mesma que a de cima com a indicação da tração \vec{T} . A mesma tração \vec{T} puxa o carrinho _____ e _____.

A; segura o carrinho B

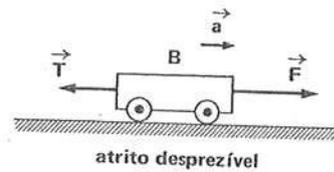


- 5 ■ Podemos analisar o problema separando-se os dois carrinhos. Como eles estão solidários, ambos (ficarão; não ficarão) sujeitos a uma mesma aceleração resultante. Portanto, se \vec{a} é a aceleração do carrinho B, a aceleração do carrinho A será _____.

ficarão; também \vec{a}

- 6 ■ Vamos analisar o carrinho B. Como ele se movimenta para a direita, com aceleração \vec{a} , a força \vec{F} é (maior que; menor que; igual) a tração \vec{T} . A força resultante sobre o carrinho B será então: _____.

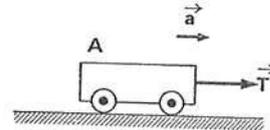
maior que; $\vec{F}_R = \vec{F} + \vec{T}$ ou $|\vec{F}_R| = |\vec{F}| - |\vec{T}|$



- 7 ■ Aplicando a 2ª Lei de Newton, temos então a Equação I: _____ = $m_B \cdot |\vec{a}|$ (em módulos).

$|\vec{F}| - |\vec{T}|$

- 8 ■ Analisaremos agora o carrinho A. Como o atrito é desprezível, este carrinho está sujeito a uma única força na direção do movimento. Tal força é _____. Portanto, a força resultante sobre o carrinho A será: _____.



Aplicando então a 2ª Lei de Newton, teremos a Equação II: _____ = $m_A \cdot |\vec{a}|$

a tração \vec{T} ; $\vec{F}_{R(A)} = \vec{T}$; $|\vec{T}|$

- 9 ■ Teremos então duas equações: I) : _____
II) : _____

$|\vec{F}| - |\vec{T}| = m_B \cdot |\vec{a}|$; $|\vec{T}| = m_A \cdot |\vec{a}|$

- 10 ■ Dessas equações, as variáveis conhecidas são: _____.

\vec{F} ; m_A e m_B

- 11 ■ Se substituirmos o valor de \vec{T} da equação II na equação I, teremos: $|\vec{F}| - \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}}$, logo $|\vec{a}| = \underline{\hspace{2cm}}$.

$m_A \cdot |\vec{a}| = m_B \cdot |\vec{a}|$; $\frac{|\vec{F}|}{m_A + m_B}$

- 12 ■ A aceleração do conjunto será, então: $|\vec{a}| = \underline{\hspace{2cm}}$.

2,0 m/s²

13 ■ Uma vez conhecido o valor da aceleração, para se determinar o valor da tração \vec{T} , basta _____

substituir o valor de \vec{a} ou na equação I ou na II e proceder os cálculos

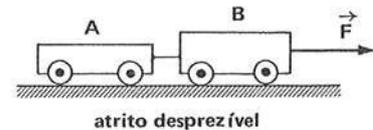
14 ■ O valor da tração $|\vec{T}|$ no fio é, portanto: _____

$$|\vec{T}| = 10,0 \text{ kg} \times 2,0 \text{ m/s}^2 = 20 \text{ N}$$

RESOLVA:

A ■ Na figura ao lado, o carrinho A possui massa 40 kg e B, 60 kg. Uma força de intensidade 200,0 N puxa B.

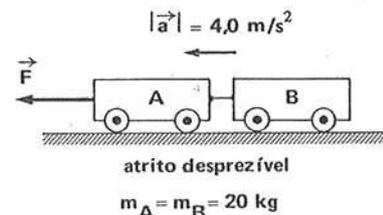
- Qual é a intensidade de \vec{F}_R sobre o sistema dos dois carrinhos?
- Qual é o módulo da aceleração resultante no sistema?
- Qual é a intensidade da tração no fio?



$$|\vec{F}_R| = |\vec{F}| = 200,0 \text{ N}; \quad |\vec{a}| = 2,0 \text{ m/s}^2; \quad |\vec{T}| = 80 \text{ N}$$

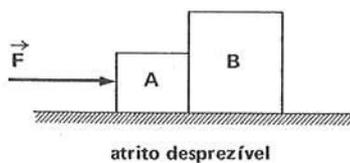
B ■ Uma força \vec{F} puxa o carrinho A (figura ao lado). Observe-se que a aceleração resultante é $4,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$. Calcule:

- a força resultante sobre A;
- a força resultante sobre B;
- a tração no fio;
- a intensidade de \vec{F} ;
- Se o fio suportar no máximo 60 N, ele se romperá?



$$|\vec{F}_{R(A)}| = 80 \text{ N}; \quad |\vec{F}_{R(B)}| = 80 \text{ N}; \quad |\vec{T}| = 80 \text{ N}; \quad |\vec{F}| = 1,6 \times 10^2 \text{ N}; \quad \text{sim}$$

PROBLEMA 11:



Os blocos A e B encontram-se apoiados sobre uma superfície horizontal onde o atrito é praticamente inexistente. Uma força constante de intensidade 40 N é exercida sobre A, conforme mostra a figura ao lado. Sendo:

$$m_A = 5,0 \text{ kg} \quad \text{e} \quad m_B = 15 \text{ kg}$$

- Qual é a aceleração do conjunto?
- Qual é a intensidade da força que A exerce em B?
- Qual é a intensidade da força que B exerce em A?

1 ■ Para calcular a aceleração do conjunto, podemos considerá-lo como se fosse um corpo único de massa $m =$ _____

20,0 kg

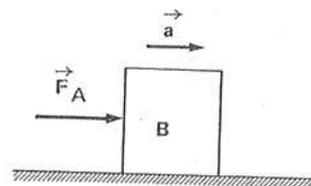
2 ■ Como o atrito é desprezível, $\vec{F}_R =$ _____

40 N

3 ■ Logo, a aceleração do conjunto será $|\vec{a}| =$ _____.

2,0 m/s²

4 ■ O bloco A (empurra; não empurra) o bloco B. Na figura ao lado, está representado o bloco _____ isoladamente. \vec{F}_A representa a _____



empurra; B; força que o bloco A exerce sobre B.

5 ■ Na direção do movimento, que é a _____, a única força que atua sobre o bloco B é \vec{F}_A , pois o atrito é _____. Portanto, a força resultante sobre B é $|\vec{F}_{R(B)}| =$ _____.

horizontal; desprezível; $|\vec{F}_A|$

6 ■ A força resultante pode ser calculada através da expressão: _____.

$$|\vec{F}_R| = m \cdot |\vec{a}|$$

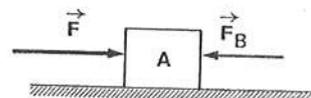
7 ■ Logo, a força resultante sobre B terá intensidade: _____.

$$|\vec{F}_{R(B)}| = 15 \text{ kg} \times 2,0 \text{ m/s}^2 = 30 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2 = 30 \text{ N}$$

8 ■ Portanto, como $\vec{F}_A = \vec{F}_{R(B)}$, a intensidade da força que A exerce sobre B será _____.

30 newtons

9 ■ O bloco B exercerá alguma força sobre A? (sim; não). Na figura ao lado, está esquematizado o bloco A sob a ação da força \vec{F} e da força _____ que B exerce sobre A.



sim; \vec{F}_B

10 ■ A função da força \vec{F}_B , que (A; B) exerce sobre _____, é de (facilitar; dificultar) o movimento do bloco A. Sobre A atuam, então, duas forças: _____ e _____, ambas na mesma _____, porém de _____.

B; A; dificultar; \vec{F} e \vec{F}_B ; direção; sentidos opostos

11 ■ Simbolicamente, a força resultante sobre A é: _____ = _____. (em termos das duas forças, em módulos)

$$|\vec{F}_{R(A)}| = |\vec{F}| - |\vec{F}_B|$$

12 ■ A intensidade da força resultante sobre A é _____.

$$|\vec{F}_{R(A)}| = m_A \cdot |\vec{a}| = 5,0 \text{ kg} \times 2,0 \text{ m/s}^2 = 10 \text{ N}$$

13 ■ $|\vec{F}_{R(A)}| = |\vec{F}| - |\vec{F}_B|$
 $|\vec{F}_{R(A)}| = 10 \text{ N}$ e $|\vec{F}| = 40 \text{ N}$
 Portanto, $|\vec{F}_B| =$ _____.

30 N

14 ■ Portanto, a força que A exerce sobre B é de _____ intensidade que a força que B exerce sobre A, porém de _____.

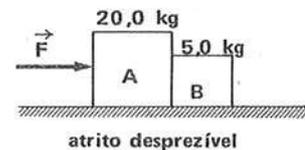
igual; sentido oposto

RESOLVA:

A ■ Na figura ao lado, a força \vec{F} possui intensidade 50 N. Determine:

- a) a aceleração de A e de B;
- b) a força resultante sobre A e sobre B;
- c) a força de B sobre A e a de A sobre B.

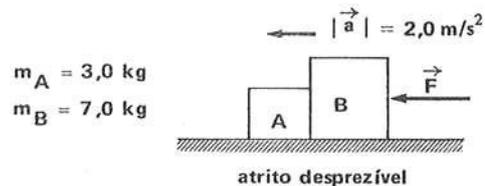
$|\vec{a}_A| = |\vec{a}_B| = 2,0 \text{ m/s}^2$; $|\vec{F}_{R(A)}| = 40 \text{ N}$ e $|\vec{F}_{R(B)}| = 10 \text{ N}$; $|\vec{F}_{BA}| = 10 \text{ N}$ e $|\vec{F}_{AB}| = 10 \text{ N}$



B ■ O sistema esquematizado na figura ao lado apresenta uma aceleração resultante de módulo $2,0 \text{ m/s}^2$. Calcule:

- a) a força resultante sobre B;
- b) a força que B exerce sobre A;
- c) a força resultante sobre A;
- d) a intensidade da força F.

$|\vec{F}_{R(B)}| = 14 \text{ N}$; $|\vec{F}_{BA}| = 6,0 \text{ N}$; $|\vec{F}_{R(A)}| = 6,0 \text{ N}$; $|\vec{F}| = 20 \text{ N}$



PROBLEMA 12: Um bloco de 8,0 kg, partindo do repouso, é puxado sobre uma mesa horizontal pela força constante de 2,0 N. Verifica-se que esse corpo percorre 3,0 m em 6,0 s.

- a) Qual é a aceleração resultante do corpo?
- b) Qual é a intensidade da força resultante sobre o corpo?

1 ■ A força constante de 2,0 N (é; pode ser; não é) igual à força resultante que atua sobre o corpo, pois as informações fornecidas (garantem; não garantem) que ela seja a única que atua na direção do movimento.

pode ser; não garantem

2 ■ Se não temos a certeza que ela seja igual à força resultante, (podemos; não podemos) utilizar a 2ª Lei de Newton para determinarmos a aceleração resultante.

não podemos

3 ■ Podemos sempre calcular a aceleração resultante utilizando as expressões que descrevem o movimento de objetos. Quais das variáveis são conhecidas: \vec{a} ; \vec{v}_i ; $\Delta\vec{d}$; Δt ; \vec{v}_F ?

\vec{v}_i ; $\Delta\vec{d}$; Δt

4 ■ A expressão que relaciona as grandezas conhecidas com a aceleração resultante é $|\Delta\vec{d}| =$ _____.

$$|\vec{v}_i| \Delta t + \frac{1}{2} \cdot |\vec{a}| \cdot (\Delta t)^2$$

5 ■ $|\vec{v}_i| =$ _____; $\Delta t =$ _____; $|\Delta\vec{d}| =$ _____.

Calcule a intensidade da aceleração: _____.

0; 6,0 s; 3,0 m; $|\vec{a}| = \frac{1}{6,0} \text{ m/s}^2$

6 ■ Calcule o valor da aceleração utilizando a 2ª Lei de Newton, admitindo que a força de 2,0 N seja a resultante: _____.

$$|\vec{a}| = \frac{|\vec{F}_R|}{m} = \frac{2,0 \text{ N}}{8,0 \text{ kg}} = 0,25 \text{ m/s}^2$$

7 ■ O resultado obtido para a aceleração pela aplicação da 2ª Lei de Newton nos informa que a força resultante tem intensidade (maior que; menor que; igual a) 2,0 N porque _____.

menor que; a aceleração é menor que $0,25 \text{ m/s}^2$

8 ■ A intensidade da força resultante será: _____.

$$|\vec{F}_R| = m \cdot |\vec{a}| = 8,0 \text{ kg} \cdot \frac{1}{6,0} \text{ m/s}^2 = 1,3 \text{ N}$$

9 ■ Portanto, em sentido contrário à força de 2,0 N, atua uma força de _____.

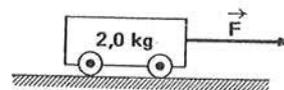
intensidade aproximadamente 0,7 N

RESOLVA:

A ■ Um carrinho é puxado por uma força constante cujo módulo é 10,0 N. O objeto apresenta uma variação de velocidade igual a $\Delta v = 5,0 \text{ m/s}$, enquanto a força atua por 2,0 s. Calcule:

- a) a aceleração resultante;
- b) a força resultante sobre o carrinho;
- c) a intensidade da força de atrito.

$$|\vec{a}| = 2,5 \text{ m/s}^2; \quad |\vec{F}_R| = 5,0 \text{ N}; \quad |\vec{F}| = 5,0 \text{ N}$$



- B ■ Um corpo de massa 2,0 kg encontra-se em repouso sobre uma plataforma horizontal e rugosa. Uma força de intensidade de 12 N, horizontal e para a direita, passa a agir sobre ele. Observa-se que o corpo percorre 10,0 m em 2,0 s. Calcule: a) a aceleração resultante; b) a velocidade final do corpo; c) a intensidade da força resultante; d) a intensidade da força de atrito.

$$|\vec{a}| = 5,0 \text{ m/s}^2; \quad |\vec{v}_f| = 10 \text{ m/s}; \quad |\vec{F}_R| = 10 \text{ N}; \quad |\vec{f}| = -2,0 \text{ N}$$

PROBLEMA 13: Determinar a intensidade da força resultante constante \vec{F} necessária para acelerar uma massa de 100 kg, a partir do repouso, até a velocidade de 60 m/s ao longo de 90 m sobre uma superfície horizontal, onde a força retardadora do atrito é de 500 N.

- 1 ■ Para se determinar a intensidade da força $|\vec{F}|$, devemos antes calcular a _____.

intensidade da força resultante

- 2 ■ A intensidade da força resultante $|\vec{F}_R| =$ _____, pois o sentido da força de atrito é _____.

$|\vec{F}| = 500$; contrário ao movimento

- 3 ■ O problema fornece os valores das seguintes variáveis cinemáticas:

_____ ; _____ ; _____.

$|\vec{v}_i|$; $|\vec{v}_f|$; $|\Delta d|$

- 4 ■ Para determinar a intensidade da força resultante, devemos calcular antes a _____. Escreva uma expressão que relacione estas variáveis (item 3) com a aceleração: _____.

aceleração; $v_f^2 - v_i^2 = 2 \cdot |\vec{a}| \cdot |\Delta d|$

- 5 ■ $|\vec{v}_i| =$ _____ $|\vec{v}_f| =$ _____ $|\Delta d| =$ _____.

Portanto, $|\vec{a}| =$ _____ e $|\vec{F}_R| =$ _____.

0; 60 m/s; 90 m; 20 m/s^2 ; $2,0 \times 10^3 \text{ N}$

- 6 ■ $|\vec{F}_R| = 2,0 \times 10^3 \text{ N}$ e $|\vec{F}_R| = |\vec{F}| - 500$; portanto, $|\vec{F}| =$ _____.

$2,5 \times 10^3 \text{ N}$

RESOLVA:

- A ■ Qual a intensidade da força necessária para acelerar um objeto de massa 5,00 kg de forma que ele percorra 15,0 m e ao fim deste deslocamento sua velocidade seja de 30,0 m/s, sabendo-se que a força retardadora do atrito possui intensidade $1,00 \times 10^3 \text{ N}$? Suponha que o objeto esteja inicialmente em repouso.

$|\vec{F}| = 1,15 \times 10^3 \text{ N}$

B ■ Um objeto de massa 5,0 kg percorre 12 m sobre uma superfície horizontal. A velocidade inicial é de 2,0 m/s e a final, 10 m/s. Qual foi a intensidade da força necessária para deslocá-lo, uma vez que a força retardadora do atrito tem intensidade 200 N?

$$|\vec{F}| = 2,2 \times 10^2 \text{ N}$$

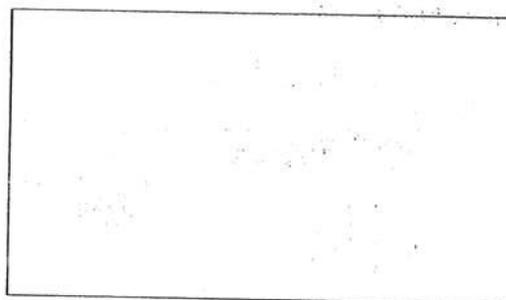
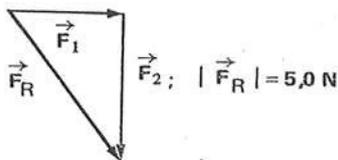
PROBLEMA 14: Sobre um corpo de massa 10,0 kg atuam apenas duas forças: $|\vec{F}_1| = 3,0 \text{ N}$ e $|\vec{F}_2| = 4,0 \text{ N}$, que fazem entre si um ângulo de 90° .

- Construa um diagrama esquemático.
- Calcule a intensidade da força resultante.
- Calcule o valor da aceleração resultante do corpo.

1 ■ Para calcular a intensidade da força resultante devemos primeiramente fazer a soma (escalar; vetorial) de _____ e _____

vetorial; \vec{F}_1 e \vec{F}_2

2 ■ Construa ao lado o diagrama vetorial das forças (em escala) e determine o módulo da força resultante.



Escala: 1,0 N = 5,0 mm

3 ■ A aceleração do corpo tem valor $|\vec{a}| =$ _____

$$|\vec{a}| = \frac{|\vec{F}_R|}{m} = \frac{5,0 \text{ N}}{10,0 \text{ kg}} = 5,0 \times 10^{-1} \text{ m/s}^2$$

4 ■ A direção e o sentido da aceleração resultante é _____

o mesmo da \vec{F}_R

RESOLVA:

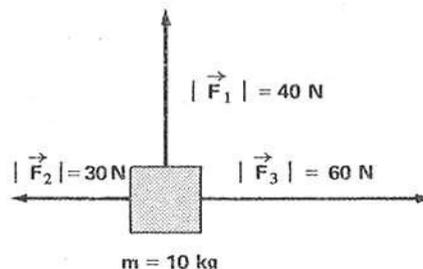
A ■ Sobre um corpo atuam duas forças perpendiculares entre si. Uma possui módulo 8,0 N e a outra, 6,0 N. Se a massa do objeto for igual a 10,0 kg, calcule: a) a intensidade da força resultante; b) o módulo da aceleração resultante do sistema.

a) $|\vec{F}_R| = 10 \text{ N};$ b) $|\vec{a}| = 1,0 \text{ m/s}^2$

B ■ Sobre um corpo atuam três forças coplanares, conforme mostra a figura ao lado. Determine:

- a) a intensidade da força resultante;
b) o módulo da aceleração resultante.

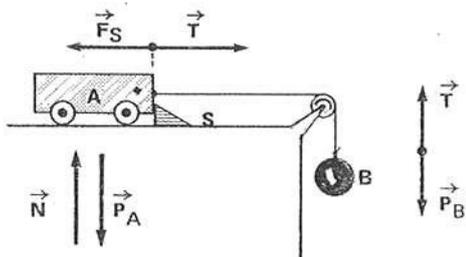
- a) $|\vec{F}_R| = 50 \text{ N}$; b) $|\vec{a}| = 5,0 \text{ m/s}^2$



Nos problemas analisados até então, a força de atração gravitacional sobre os objetos, isto é, o peso dos objetos, era equilibrada pela ação do apoio da superfície. Os objetos em análise apresentavam seu movimento na direção horizontal ou, melhor dizendo, **aceleração resultante na direção horizontal**.

Veremos agora problemas nos quais os pesos dos objetos são considerados. Analisaremos, então, problemas nos quais pelo menos um dos objetos apresenta movimento na direção vertical.

PROBLEMA 15:



Na figura ao lado, o carrinho A, de massa M_A , encontra-se ligado a B, de massa M_B , por intermédio de um fio que passa por uma roldana. O carrinho A é impedido de se movimentar pelo suporte S. O sistema encontra-se num local onde o campo gravitacional é g_0 .

Calcular:

- a) a intensidade da aceleração resultante do sistema;
b) a intensidade da tração \vec{T} no fio.

1 ■ O sistema encontra-se em _____ e portanto sua aceleração é (zero; diferente de zero).

repouso; zero

2 ■ A gravidade atrai o carrinho A para _____ com uma força denominada _____ ou _____. Seu valor é calculado pela expressão $\vec{P}_A =$ _____. Como o carrinho A (movimenta-se; não se movimenta) na direção vertical, o peso \vec{P}_A (é; não é) equilibrado pelo apoio da superfície. Na figura, o vetor \vec{N} representa a _____ do apoio e sua intensidade é _____, porém o sentido é _____ ao do peso \vec{P}_A .

baixo; força gravitacional; peso; $m_A \cdot g_0$; não se movimenta; é; força; igual; oposto.

3 ■ O fio que liga os dois corpos, sob a ação do _____ do corpo B fica sob tração, isto é, ao longo do fio atua uma força denominada _____, que na figura é simbolizada pelo vetor _____. A tração \vec{T} atua no sentido de puxar _____ e puxar o bloco B para (baixo; cima), isto é, segurá-lo.

peso; tração; \vec{T} ; o carrinho A para a direita; para cima

4 ■ Como o sistema encontra-se em _____, tanto a aceleração de A como a de B é _____.
Portanto, a força resultante sobre cada corpo é _____.

repouso; nula; nula

5 ■ Como a força resultante sobre B é _____, então a intensidade da tração \vec{T} deve ser (maior que; menor que; igual a) o peso do bloco B, porém, como mostra a figura, seu sentido é _____.
Em módulo: _____ = _____.

zero; igual a; oposto ao peso \vec{P}_B ; $|\vec{T}|$; $|\vec{P}_B|$

6 ■ Como $\vec{F}_{R(B)} = 0$, então ($\vec{T} = -\vec{P}_B$; $\vec{T} = +\vec{P}_B$); o sinal negativo significa que \vec{T} e \vec{P}_B possuem sentidos _____.

$\vec{T} = -\vec{P}_B$; opostos

7 ■ Em valor ou em módulo, $|\vec{T}| = |\vec{P}_B|$; como $|\vec{P}_B| =$ _____, logo, $|\vec{T}| =$ _____.

$M_B g_0$; $M_B g_0$

8 ■ Com relação ao carrinho A, $F_{R(A)} =$ _____. Portanto, para a direita atua uma força \vec{T} cuja intensidade é _____ e para a esquerda o suporte S exerce uma força que na figura é representada pelo vetor _____. A intensidade da força exercida pelo suporte S sobre o carrinho A é então $|\vec{F}_S| =$ _____.

0; $M_B g_0$; \vec{F}_S ; $M_B g_0$

9 ■ Resumindo, a resposta ao item a) é: _____

e ao item b) é: _____

a aceleração do sistema é zero, pois o carrinho A é impedido de se movimentar, tanto na horizontal como na vertical; a tração no fio possui intensidade igual a $M_B g_0$. (Se não fosse o suporte S a tração no fio seria menor que $M_B \cdot g_0$.)

RESOLVA:

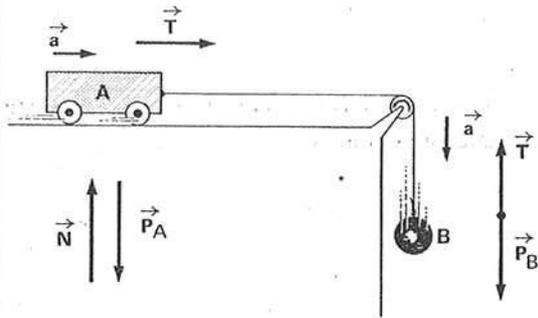
A ■ Um lustre de massa 10,0 kg encontra-se pendurado no teto de uma residência por intermédio de um fio. Se o campo gravitacional no local for igual a 10,0 N/kg, qual é a tração do fio?

$|\vec{T}| = 100 \text{ N}$

B ■ Considere o enunciado da questão anterior. Se o fio que o prende ao teto soltar-se, qual é, agora, a tração que ele suporta?

$|\vec{T}| = 0$ (o lustre está em queda livre)

PROBLEMA 16:



A figura ao lado representa o mesmo sistema apresentado no problema anterior. Agora, o suporte S foi retirado e o sistema entra em movimento. A massa de A é $m_A = 4,5 \text{ kg}$ e a de B, $m_B = 0,50 \text{ kg}$.

O campo gravitacional possui valor $|\vec{g}_0| = 9,8 \text{ N/kg}$ e, para simplificarmos o problema, o atrito é desprezado.

Calcular:

- o valor da aceleração resultante;
- a intensidade da tração T no fio.

- Já analisamos que na direção vertical o carrinho A apresenta força resultante _____, pois seu peso \vec{P}_A é _____.

zero; equilibrado pela força exercida pelo apoio
- Em virtude do atrito ser desprezível, o sistema possui livre movimento. O sistema sob a ação do peso do bloco _____ será acelerado. A aceleração é para a direita, com relação ao carrinho, e para (cima; baixo), com relação ao bloco B.

B; baixo
- Analisemos as forças sobre o carrinho A na direção do movimento. Em virtude da força do atrito ser _____, a única força que efetivamente atua sobre A é a _____. Portanto, de acordo com a _____, ele ficará com uma aceleração de tal forma que $\vec{F}_R =$ _____. Como a força resultante no caso é a própria tração \vec{T} , então $\vec{T} =$ _____.

nula; tração \vec{T} do fio; 2ª Lei de Newton; $m_A \cdot \vec{a}$; $m_A \cdot \vec{a}$
- A aplicação da 2ª Lei de Newton sobre o carrinho nos fornece uma primeira equação: $T =$ _____. Como nós não conhecemos a tração \vec{T} e a aceleração \vec{a} , necessitamos de mais uma equação, pois como temos duas incógnitas é necessário duas equações para sua solução.

$m_A \cdot |\vec{a}|$
- Analisemos agora o bloco B. O bloco está acelerado (para baixo; para cima); logo, o peso \vec{P}_B do bloco deve ser (maior que; menor que; igual a) a tração \vec{T} no fio.

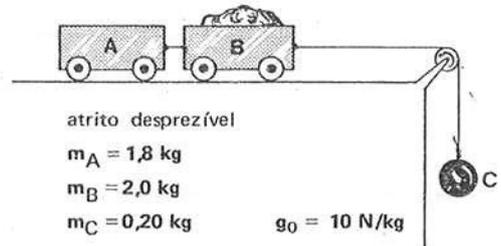
para baixo; maior que
- Se o peso \vec{P}_B tivesse intensidade igual a da tração \vec{T} , como elas são de sentidos _____, a força resultante sobre B seria _____ e a aceleração resultante conseqüentemente _____.

opostos; nula; também seria nula

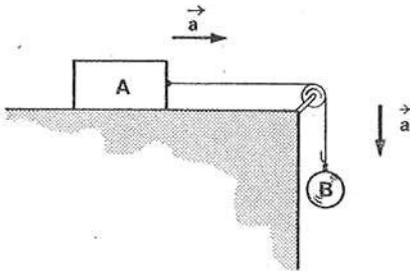
B ■ No sistema ao lado calcule:

- a aceleração de A;
- a tração no fio que liga A e B;
- a tração no fio que liga B e C.

$$|\vec{a}_A| = 0,50 \text{ m/s}^2; \quad |\vec{T}_{AB}| = 0,90 \text{ N}; \quad |\vec{T}_{BC}| = 1,9 \text{ N}$$



PROBLEMA 17:



O sistema representado na figura ao lado movimenta-se com aceleração constante cujo módulo é $0,50 \text{ m/s}^2$. O atrito na roldana é desprezível e as massas são respectivamente:

$$m_A = 2,0 \text{ kg} \quad \text{e} \quad m_B = 0,20 \text{ kg}.$$

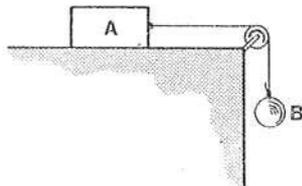
Supondo, por simplificação, que o campo gravitacional tenha módulo $10,0 \text{ N/kg}$, calcule:

- a intensidade da força de atrito entre o bloco A e a superfície de apoio;
- a intensidade da tração no fio.

1 ■ Primeiramente, devemos identificar as _____ que atuam sobre os blocos.

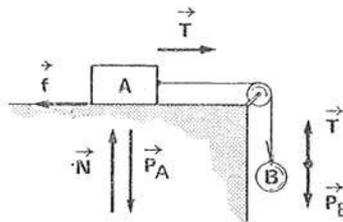
forças

2 ■



Coloque, na figura ao lado, as forças que atuam sobre os blocos e identifique-as pelos seus respectivos nomes.

- \vec{T} tração no fio
- \vec{P}_A peso do bloco A
- \vec{P}_B peso do bloco B
- \vec{N} força do apoio sobre A
- \vec{f} força de atrito



3 ■ As forças \vec{T} e \vec{P}_B , que atuam sobre o bloco B (equilibram-se; não se equilibram), mas as forças \vec{P}_A e \vec{N} _____ porque _____

não se equilibram; anulam-se ou equilibram-se; o bloco A não possui aceleração resultante na vertical

4 ■ Bloco B: A força \vec{T} possui intensidade (maior; menor) que \vec{P}_B porque o bloco B possui aceleração resultante (para cima; para baixo) portanto, no sentido da força de maior _____

menor; para baixo; intensidade ou módulo

5 ■ Bloco B: Se $\vec{P}_B > \vec{T}$, então $\vec{F}_{R(B)} = \vec{P}_B + \vec{T}$, mas o módulo da força resultante sobre B será dado por:
 $|\vec{F}_{R(B)}| =$ _____

Explique o sinal negativo: _____

$|\vec{P}_B| - |\vec{T}|$; O sinal é negativo porque as forças possuem sentidos opostos.

6 ■ Bloco B: Portanto, aplicando a 2ª Lei de Newton, teremos:

_____ = _____

$|\vec{P}_B| - |\vec{T}| = m_B \cdot |\vec{a}|$

7 ■ Bloco B: $|\vec{P}_B| =$ _____ (em termos de m_B e g_0); logo, $m_B \cdot |\vec{a}| =$ _____

$m_B \cdot |g_0|$; $m_B \cdot |g_0| - |\vec{T}|$ (1ª equação)

8 ■ Bloco A: Este bloco movimenta-se na (horizontal; vertical). A força \vec{T} possui módulo (maior; menor) que a força de atrito \vec{f} porque _____

horizontal; maior; a aceleração resultante em A é no sentido da força \vec{T}

9 ■ Bloco A: Se $|\vec{T}| > |\vec{f}|$, então $|\vec{F}_{R(A)}| =$ _____

$|\vec{T}| - |\vec{f}|$

10 ■ Bloco A: Em termos de $|\vec{f}|$; $m_A \cdot |\vec{a}|$; $|\vec{T}|$, podemos escrever a equação relativa à 2ª Lei de Newton:
 $|\vec{T}| - |\vec{f}| =$ _____ (2ª equação)

$m_A \cdot |\vec{a}|$

11 ■ Portanto:

Equação I: _____

Equação II: _____

$m_B \cdot |\vec{a}| = m_B \cdot |g_0| - |\vec{T}|$

$m_A \cdot |\vec{a}| = |\vec{T}| - |\vec{f}|$

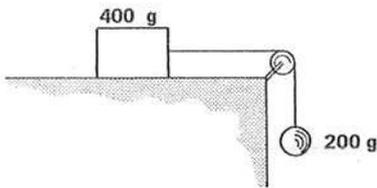
12 ■ Os valores desconhecidos nas equações acima são: _____

$|\vec{T}|$ e $|\vec{f}|$

13 ■ Substituindo os valores conhecidos, você poderá resolver o sistema de equações para as incógnitas.

$|\vec{f}| = 0,9 \text{ N}$ e $|\vec{T}| = 1,9 \text{ N}$

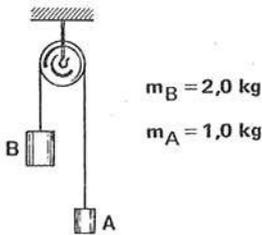
RESOLVA:



Dois objetos indicados na figura ao lado estão ligados entre si por um fio que passa por uma polia onde o atrito é desprezível. A força retardadora do atrito entre o plano e o objeto que se move em cima dele é de 0,098 N. Admita que o campo gravitacional tenha módulo $|g_0| = 9,8 \text{ N/kg}$. Calcule: a) a aceleração de cada objeto; b) a intensidade da tração do fio.

$|\vec{a}| = 3,1 \text{ m/s}^2$; $|\vec{T}| \cong 1,35 \text{ N}$

PROBLEMA 18:



Dois corpos A e B estão unidos por um fio que passa por uma roldana fixa em um suporte e são abandonados na situação esquematizada pela figura ao lado. Admite-se que o atrito na roldana seja desprezível e que o campo gravitacional no local da experiência tenha módulo $|g_0| = 10,0 \text{ N/kg}$.

Calcule:

- a) o módulo da aceleração resultante no sistema;
- b) a intensidade da tração no fio.

1 ■ Tanto A como B movimentam-se na direção _____ e portanto o peso de cada corpo (é; não é) relevante na resolução do problema.

vertical; é

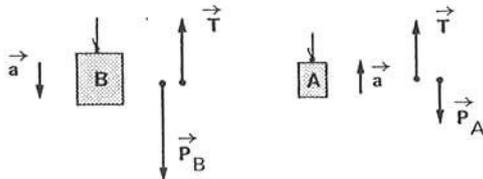
2 ■ Se A e B possuísssem massas iguais, a aceleração resultante no sistema seria _____. Entretanto, como $m_A =$ _____ e $m_B =$ _____, o corpo B irá (subir; descer) com aceleração (igual a; diferente de) zero. Tal acontece porque o peso de B é maior que o de A.

zero; 1,0 kg; 2,0 kg; descer; diferente de

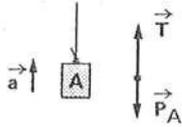
3 ■ Seja $|\vec{a}|$ o módulo da aceleração resultante no sistema. Então, o corpo B descerá com aceleração de módulo _____ e A _____.

$|\vec{a}|$; subirá com aceleração de módulo $|\vec{a}|$

4 ■ Identifique, na figura ao lado, construindo os vetores que as representam, as forças que atuam sobre cada corpo. Indique também a aceleração de cada um.



5 ■



Na figura ao lado “isolamos” o bloco A. Como a sua aceleração é vertical e para cima, T deve ser (maior que; menor que; igual a) P_A . Logo, a força resultante sobre A pode ser escrita:

(vetorialmente): $\vec{F}_{R(A)} = \underline{\hspace{2cm}}$

(em módulo): $|\vec{F}_{R(A)}| = \underline{\hspace{2cm}}$

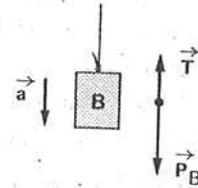
maior que; $\vec{T} + \vec{P}_A$; $|\vec{T}| - |\vec{P}_A|$ (O sinal é negativo porque \vec{T} e \vec{P}_A possuem sentidos opostos.)

6 ■ Na figura ao lado, “isolamos” o corpo _____. Como a sua aceleração resultante é vertical e para _____, T deve ser menor que _____. Logo, a força resultante sobre B pode ser expressa pela equação:

(vetorial): _____,

(em módulo): _____.

B; baixo; \vec{P}_B ; $\vec{F}_{R(B)} = \vec{T} + \vec{P}_B$; $|\vec{F}_{R(B)}| = |\vec{P}_B| - |\vec{T}|$



7 ■ Arranje as equações convenientes e resolva para $|\vec{a}|$ e $|\vec{T}|$.

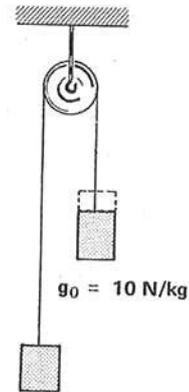
$|\vec{a}| = \frac{10}{3} \text{ m/s}^2$ e $|\vec{T}| = \frac{40}{3} \text{ newtons}$

RESOLVA:

Duas massas de 4,0 kg cada uma estão presas às extremidades de um fio que passa por uma polia onde o atrito é desprezível. Se 2,0 kg for adicionada a uma das massas:

- qual será o módulo da aceleração de cada massa?
- qual será a intensidade da tração no fio?
- qual será a duração do tempo de queda da massa maior, se cair por 2,0 metros?

$|\vec{a}| = 2,0 \text{ m/s}^2$; $|\vec{T}| = 48 \text{ N}$; $t \cong 1,4 \text{ s}$



PROBLEMA 19: Na figura ao lado está representado um elevador que possui aceleração resultante nula, isto é, ou ele está parado ou em MRU (subindo ou descendo com velocidade constante).

Qual é a intensidade da força exercida pela mola, se o peso do homem é 600 newtons?

$\vec{a} = 0$



1 ■ O elevador, e portanto todos os pontos que lhe pertencem, possui aceleração _____. De acordo com a 1ª Lei de Newton, a tendência do conjunto é _____.

nula; conservar seu estado de movimento

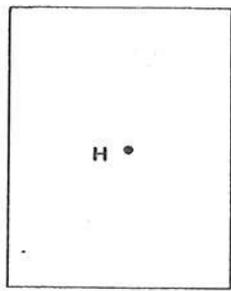
2 ■ Vamos analisar as forças que atuam sobre o homem:

a) A Terra atrai o homem verticalmente para baixo com uma força que é seu _____.

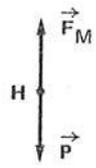
b) A mola suporta então seu peso, portanto ela exercerá uma _____ verticalmente para _____.

Como a aceleração resultante é nula, o peso do homem (é; não é) equilibrado pela força da _____.

Desenhe no quadro, a partir do ponto H que representa o homem, as forças que atuam sobre o indivíduo.



peso; força; cima; é; mola,



3 ■ Podemos então escrever que: $\vec{F}_{R(H)} =$ _____ (vetorialmente) e em módulo, $|\vec{F}_{R(H)}| =$ _____

$\vec{p} + \vec{F}_m$; $|\vec{p}| - |\vec{F}_m|$ (O sinal é negativo porque os sentidos são opostos.)

4 ■ Como a aceleração do elevador é nula, a aceleração do homem também é nula; logo, a força resultante sobre o homem será _____. Então: $|\vec{p}| - |\vec{F}_m| =$ _____.

nula; 0

5 ■ Logo, $|\vec{F}_m| =$ _____ (em termos do peso) e $|\vec{F}_m| =$ _____ (numérico).

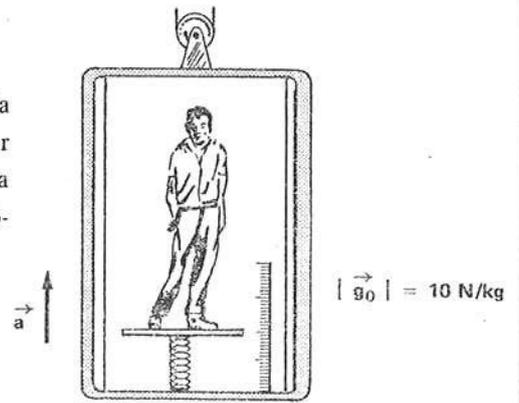
$|\vec{p}|$; 600 N

6 ■ Na escala que acompanha a mola leremos portanto: _____.

600 N

PROBLEMA 20: O mesmo homem encontra-se em cima da mola dentro do elevador (figura ao lado). O elevador começa a subir com aceleração \vec{a} . Determinar a expressão da força que a mola exerce sobre o homem.

(massa do homem = 60 kg)



1 ■ O homem possuirá uma aceleração resultante dirigida verticalmente para _____ igual a: _____.

cima; \vec{a}

2 ■ Logo, a força resultante sobre o homem (será; não será) nula. A força resultante está dirigida verticalmente para _____ no mesmo sentido da aceleração.

não será; cima

3 ■ Sobre o homem atuam duas forças: o _____ e a _____. O peso está dirigido verticalmente para baixo e a força da mola, verticalmente para cima. Já vimos que a resultante está dirigida _____, logo a força que a mola exerce (é; não é) maior que o peso.

peso; força da mola; verticalmente para cima; é

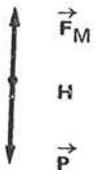
4 ■ Se o elevador estivesse parado, $|\vec{F}_m| = \text{peso}$. Quando o elevador começa a subir com aceleração, a força da mola fica maior que o peso. Vamos verificar como isto sucede: a 1ª Lei de Newton diz que a _____ de qualquer _____ é _____ seu estado de _____; quando o elevador sobe com aceleração, a tendência do homem é permanecer no mesmo local do espaço; logo, ele será empurrado para cima. Como ele tende a ficar no lugar e a mola o empurra para cima, a mola apresentará uma deformação (maior; menor) que a original.

tendência; objeto; manter; movimento; maior

5 ■ Como a deformação aumenta, a força que a mola irá exercer será _____.

maior

6 ■ No quadro ao lado, H representa um homem. Desenhe, a partir de H, as forças que atuam neste ponto.



7 ■ Observando a figura que representa os vetores forças, verificamos que $\vec{F}_{R(H)} =$ _____ (vetorialmente) e $|\vec{F}_{R(H)}| =$ _____.

$\vec{P} + \vec{F}_m$; $|\vec{F}_m| - |\vec{P}|$

8 ■ Já sabemos que $\vec{F}_R = m \cdot \vec{a}$, logo $\vec{F}_{R(H)} =$ _____.

$m_H \cdot \vec{a}$

9 ■ Logo, em módulo, _____ = $|\vec{F}_m| - |\vec{P}|$

$m_H \cdot |\vec{a}|$

10 ■ Portanto, podemos escrever que: $|\vec{F}_m| =$ _____

$m_H \cdot |\vec{a}| + |\vec{P}|$

11 ■ Sabendo-se que $m_H = 60 \text{ kg}$, $|\vec{g}_0| = 10 \text{ N/kg}$, $|\vec{a}| = 2,0 \text{ m/s}^2$, determine $|\vec{F}_m|$

$|\vec{F}_m| =$ _____

$|\vec{F}_m| = m_H \cdot |\vec{a}| + m_H \cdot |\vec{g}_0|$

$|\vec{F}_m| = m_H(|\vec{a}| + |\vec{g}_0|) = 60 \text{ kg} (2,0 \text{ m/s}^2 + 10 \text{ m/s}^2) = 720 \text{ N}$

SEÇÃO 9 – PROBLEMAS

- 1 ■ Quando uma força de 1,0 newton atua sobre um objeto que possui ampla liberdade de movimento, qual é a aceleração resultante, se a massa do objeto é 1,0 kg?
- 2 ■ Uma força de 1,0 newton atua sobre um objeto de peso 1,0 newton. Se ele possui ampla liberdade de movimento, qual é o módulo da aceleração resultante sobre o objeto? $|\vec{g}_0| \cong 10 \text{ N/kg}$
- 3 ■ Um automóvel de massa 2 000 kg acelera de 20 m/s para 30 m/s num intervalo de tempo igual a 1 s. Determine a intensidade da força aceleradora resultante.
- 4 ■ Um homem encontra-se sobre uma balança calibrada em newtons dentro de um elevador. A escala da balança acusa 600 newtons. Quando o elevador começa a se movimentar, a escala acusa 800 newtons. Qual é o sentido do movimento do elevador? Justifique.
- 5 ■ Um elevador de massa 2 400 kg é suportado por um cabo de aço que pode aguentar com segurança uma tração de 30 000 newtons. Qual é a máxima aceleração, dirigida verticalmente para cima, que o elevador pode desenvolver? Supor $|\vec{g}_0| \cong 10 \text{ N/kg}$
- 6 ■ Uma caixa movimenta-se com uma velocidade inicial de 5,0 m/s sobre uma superfície horizontal e percorre 12,5 m antes de parar. Supondo que a massa da caixa seja 2,0 kg, qual é a intensidade da força retardadora do atrito?
- 7 ■ Um bloco é puxado com uma força constante de módulo 8,0 N, dirigida horizontalmente para a esquerda. Sendo 4,0 kg a massa do bloco e zero a sua velocidade inicial:
 - a) qual é a intensidade da aceleração resultante?
 - b) qual é a velocidade do bloco depois de 2,0 s?
 - c) qual é o deslocamento do bloco depois de 2,0 s?
- 8 ■ Um homem puxa um objeto de 100 kg sobre uma superfície sem atrito de modo que sua aceleração seja $4,0 \text{ m/s}^2$. Qual é a força aplicada sobre o objeto?

- 9 ■ Considere o mesmo enunciado da questão 8. Suponha que o homem esteja puxando o objeto com um cabo de massa 5,0 kg. Qual é o módulo da força que o homem deve exercer, de modo que o objeto possua ainda aquela aceleração?
- 10 ■ No caso do problema 9. Qual é a tração ao longo do cabo?
- 11 ■ Após a reentrada na superfície, um astronauta de 80 kg de massa é recolhido no mar por intermédio de um helicóptero. Quando o helicóptero o acelera verticalmente para cima a $0,50 \text{ m/s}^2$, qual é a tração no cabo que o segura? $|\vec{g}_0| = 10 \text{ N/kg}$.
- 12 ■ Uma massa de 100 g é suspensa por intermédio de uma mola a um balão. Qual será a força da mola quando o balão subir a $2,0 \text{ m/s}^2$?

RESPOSTAS

- | | | | |
|-----------------------------------|----------------------------------|---|---------------------------------|
| 1 ■ 1,0 N/kg; | 2 ■ 10 N/kg; | 3 ■ $2 \times 10^4 \text{ N}$ | 4 ■ vertical ascendente |
| 5 ■ 2,5 N/kg | 6 ■ 2,0 N | 7 ■ a) 2,0 N/kg
b) 4,0 m/s
c) 4,0 m | 8 ■ $4,0 \times 10^2 \text{ N}$ |
| 9 ■ $4,2 \times 10^2 \text{ N}$ * | 10 ■ $4,0 \times 10^2 \text{ N}$ | 11 ■ $8,4 \times 10^2 \text{ N}$ | 12 ■ 1,2 N |

SEÇÃO 10 – GALILEO E A CINEMÁTICA – HISTÓRICO

1. ARISTÓTELES E A QUEDA LIVRE DOS CORPOS

A Cinemática originou-se do estudo de Galileo Galilei (1564–1642) sobre a queda livre dos corpos. Antes de Galileo, as idéias mais aceitas sobre esse assunto eram as de Aristóteles (384 – 322 a.C.), filósofo grego. Observador arguto da Natureza, Aristóteles viu em geral os corpos pesados caírem com maior velocidade que os mais leves. Aliando suas idéias metafísicas a essas observações, ele formulou as seguintes leis:

- um corpo abandonado no ar movimenta-se com uma velocidade proporcional a seu peso;
- essa velocidade é inversamente proporcional à densidade do meio onde se efetua o movimento.

Estas asserções foram consideradas verdadeiras durante um longo tempo. Aproximadamente dois mil anos.

Todavia, no século XVI, elas começaram a ser duvidadas seriamente. Nessa época, a Ciência se transformou. De uma matéria puramente ornamental passou a ser algo fortemente ligado aos problemas práticos e tecnológicos. Desse modo, as conclusões obtidas de uma pura e simples observação já não bastavam. Era necessário maior precisão, maior dinamismo na investigação científica.

2. O PAPEL DO AR NA QUEDA DOS CORPOS

Galileo refez as observações de Aristóteles. Os corpos mais pesados caem sem dúvida com velocidades maiores, mas não o fazem na proporção dos seus pesos. Um corpo dez vezes mais pesado não cai dez vezes mais rápido. Além disso, se os dois corpos são pesados, embora de pesos diferentes, as suas quedas se dão da mesma forma, quase simultaneamente. Ele notou então a importância do ar nesse movimento. Não seria a resistência do ar o responsável pela diferença de comportamento entre os corpos pesados e os leves? Se assim fosse, para conhecer a relação entre o peso e a velocidade, seria necessário eliminar esse fator de perturbação. Em outras palavras, Galileo estabeleceu artificialmente as condições de observação. Não sendo possível eliminar completamente o ar, Galileo realizou as experiências, primeiro em um meio muito denso e depois em um outro pouco denso, para em seguida comparar os resultados. Concluiu que, quanto menos denso é o meio, menor é a discrepância de comportamento entre os corpos leves e os pesados na queda. Ou seja, eles caem praticamente com a mesma velocidade. Em consequência, no vácuo, essas velocidades seriam iguais.

3. A ORIGEM DA CINEMÁTICA

Em seguida, Galileo se empenhou na descrição matemática da queda livre. Verificou que, usando uma esfera metálica lisa e pesada, a resistência do ar poderia ser praticamente eliminada. Realizando experiências e utilizando-se dessas esferas, observou o aumento da velocidade à medida que o corpo caía. Tentou determinar com precisão essa variação da velocidade. Entretanto, não se dispunha, na época, de instrumentos capazes de medir diretamente as velocidades. Engenhosamente, ele procurou estabelecer relações entre a velocidade, o espaço percorrido e o tempo, pois essas duas últimas grandezas eram mensuráveis.

Com esse procedimento, Galileo analisou lógica e sistematicamente o fenômeno do movimento. Inicialmente, definiu o movimento retilíneo uniforme como: "um movimento retilíneo que em tempos iguais e arbitrários são percorridas distâncias iguais".

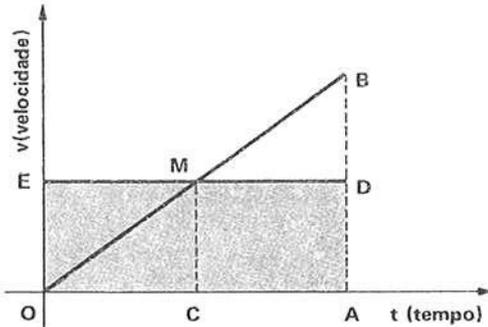
Depois de esclarecer as propriedades desse movimento, pesquisou o fenômeno da queda, considerando-o uniformemente acelerado. Ao fazer isso, ele estava colocando duas hipóteses:

- a) a aceleração é constante para qualquer corpo em queda livre no vácuo;
- b) a velocidade aumenta proporcionalmente com o tempo da queda.

Pela hipótese b, pode-se escrever:

$v = a \cdot t$, onde a é a constante de proporcionalidade.

Galileo comparou graficamente o movimento retilíneo uniforme com o acelerado.



No eixo das abscissas coloca-se o tempo t e no das ordenadas a velocidade v . A equação $v = a \cdot t$ é representada então pela reta \overline{OB} . Por outro lado, o movi-

mento retilíneo uniforme com a velocidade $v' = \frac{1}{2} v$ é representado na figura pela reta \overline{ED} , sendo $\overline{AD} = \frac{1}{2} \overline{AB}$. O espaço percorrido nesse caso é $v' \cdot t$ e é representado pelo retângulo OADE. Pela figura, pode-se ver, então, a existência de um relacionamento entre o movimento uniforme e o acelerado, pois os triângulos OME e MDB são iguais. Por isso, as áreas do retângulo OADE e do triângulo OAB são iguais. Pode-se então escrever o espaço percorrido s no movimento uniformemente acelerado:

$$s = \frac{1}{2} v \cdot t$$

como $v = a \cdot t$

$$\text{tem-se } s = \frac{1}{2} a t^2$$

No caso particular da queda livre, simbolizando-se a aceleração da gravidade por g , tem-se:

$$s = \frac{1}{2} g t^2$$

Num tempo $t = 1$, $s_1 = \frac{1}{2} g$; $t = 2$, $s_2 = \frac{1}{2} g \cdot 4$; $t = 3$, $s_3 = \frac{1}{2} g \cdot 9$; $t = 4$, $s_4 = \frac{1}{2} g \cdot 16$; $t = 5$, $s_5 = \frac{1}{2} g \cdot 25$.

Isso significa que no primeiro tempo 1 o móvel anda $s_1 = \frac{1}{2} g$, e no tempo 1 seguinte ele se locomove $s_2 - s_1 = 4 \frac{1}{2} g - \frac{1}{2} g = 3 \frac{1}{2} g = 3 s_1$.

Prosseguindo o mesmo raciocínio, tem-se:

$s_3 - s_2 = 5 s_1$, $s_4 - s_3 = 7 s_1$, $s_5 - s_4 = 9 s_1$ e assim por diante.

Portanto, na queda livre, as distâncias percorridas em tempos iguais formam a série de números ímpares.

4. COMPROVAÇÃO EXPERIMENTAL

Desta forma, encontrando a relação entre o tempo e o espaço, faltaria apenas efetuar as medidas. Ao tentar realizá-las, Galileo encontrou ainda uma dificuldade adicional: os movimentos eram rápidos demais na queda. Era impossível realizar as medições naquelas condições. Novamente, usou o raciocínio teórico e chegou à conclusão que o movimento no plano inclinado obedecia às mesmas leis da queda.

Como as velocidades eram menores no plano inclinado, as experiências puderam ser realizadas. A confirmação da relação da série de números ímpares foi plenamente satisfatória. Era o despertar do método científico moderno.



Este livro foi impresso nas oficinas da

SÃO PAULO EDITORA S. A.
Rua Barão de Ladário, 226
03010 SÃO PAULO, SP — BRASIL
com filmes fornecidos pelo editor