



*CENTRO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA
DE MINAS GERAIS*

Curso Pró-Técnico

Disciplina:

Física

Texto Experimental – 1^a Edição

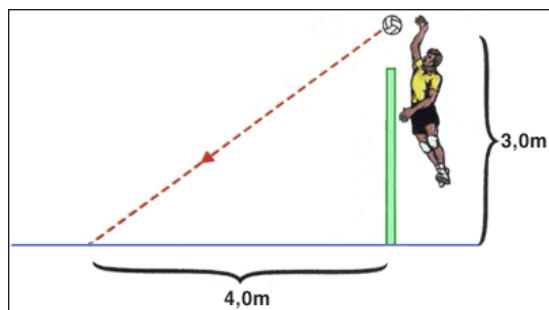
Professores

**Wanderley Xavier Pereira e
Fernando Teixeira Filho**

**Varginha, Minas Gerais
Dezembro de 2006**

DESAFIO

(UFMG) Marcelo Negrão, numa partida de vôlei, deu uma cortada na qual a bola partiu com uma velocidade escalar de 126 km/h. Sua mão golpeou a bola a 3,0 m de altura, sobre a rede, e ela tocou o chão do adversário a 4,0 m da base da rede, como mostra a figura. Nessa situação pode-se considerar, com boa aproximação, que o movimento da bola foi retílineo e uniforme.

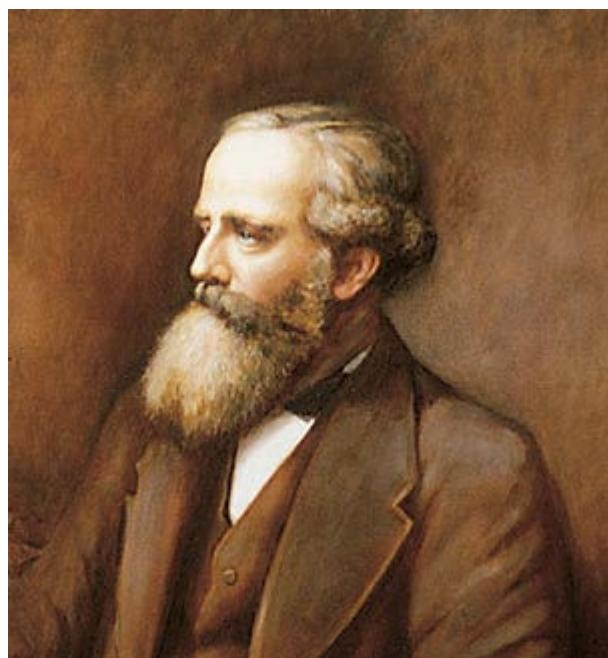


Considerando-se essa aproximação, pode-se afirmar que o tempo decorrido, em segundos, entre o golpe do jogador e o toque da bola no chão é de:

- a)** 2/63.
- b)** 5/126.
- c)** 7/35.
- d)** 4/35.
- e)** 1/7.

Fonte: <http://www.moderna.com.br/moderna/didaticos/em/fisica/fundamentos/testes/0034.htm>

Um pouco de História...



JAMES CLERK MAXWELL (1831 – 1879)

Nasceu em 13 de junho de 1831, em Edinburgh, Escócia. Faleceu em 5 de novembro de 1879, em Cambridge, Inglaterra.

Maxwell é considerado como um dos maiores físicos teóricos de todos os tempos, e um dos fundadores da teoria cinética dos gases. Em 1846, aos 14 anos de idade, Maxwell escreveu um trabalho com métodos para traçar curvas ovais. Em 1857 publicou um trabalho sobre os anéis de Saturno.

Sem sombra de dúvida, a principal contribuição de Maxwell foi uma série de artigos com o tratamento matemático das linhas de força, um conceito introduzido por Faraday para visualizar fenômenos eletromagnéticos. Quando Maxwell percebeu as conexões entre campo elétrico e campo magnético, através das leis de Gauss, de Ampère e de Faraday, ele enunciou, por volta de 1864, a possibilidade de ondas eletromagnéticas. Estas viriam a ser detectadas mais de 20 anos depois, em experimentos realizados por Hertz.

A formulação de Maxwell consiste em quatro equações, e é conhecida como teoria clássica do eletromagnetismo.

Fonte: <http://www.if.ufrgs.br/tex/fis142/fismod/verbetes/maxwell.html>

Sumário

Física I.....	1
1. Cinemática Escalar (MRU – MRUV e MCU)	1
1.1 - Introdução	1
1.2 – Conceitos Principais Usados na Cinemática	1
1.3 - Velocidade.....	2
1.4 - Tipos de Movimentos	4
1.4.1 – Movimento Uniforme (MU)	5
1.4.2 - Movimento Retilíneo Uniforme (M.R.U).....	5
1.4.3 - Movimento Progressivo e Retrógrado	5
1.4.4 - Função Horária do MU.....	6
1.5 - Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (M.R.U.V)	9
2. Vetores	16
2.1 Direção e Sentido [4]	16
2.2 - Grandeza Vetorial e Grandeza Escalar	16
2.2.1 – Vetor [4].....	16
2.2.2 Representação Vetorial [4]	17
2.2.3 - Adição de Vetores	17
2.2.3 - Método Poligonal [5]	17
2.3 - Movimento Circular Uniforme (M.C.U).....	19
2.3.1 - Vetor Velocidade.....	19
2.3.2 - Vetor Aceleração [4]	20
2.4 - Movimento Circular	22
2.5 - Período e Freqüência.....	23
3. Dinâmica (Leis de Newton).....	28
3.1 - O Princípio da Inércia (1 ^a Lei de Newton)	29
3.2-Princípio Fundamental (2 ^a Lei de Newton)	31
3.2.1 - Força Peso.....	31
3.2.2 - Força Elástica Lei de Hooke	32
3.3 - Princípio da Ação e Reação (3 ^a Lei de Newton).....	34
3.3.1- Força Normal (\vec{N})	35
3.3.2 - Força de Tração (\vec{T})	35
3.3.3 - Componentes perpendiculares de uma força e Plano Inclinado [4]	42
3.3.4 - Força de Atrito [4]	44
4. Trabalho, Potência e Energia Mecânica	48
4.1- Trabalho da força peso	49
4. 2- Trabalho da força Elástica [4]	51
4.3 - Potência	52
4.4 - Energia Mecânica.....	54
4.4.1 -Teorema Trabalho - Energia.....	54
4.4.2 - Energia Potencial Gravitacional.....	55
4.4.3 - Energia Potencial Elástica	55
4.4.4 - Conservação da Energia Mecânica (E_m)	55
5 - Máquinas Simples	60
5.1 - Alavancas	60
5.1.1 - Condições de Equilíbrio de uma Alavanca	61
5. 2 - Plano Inclinado	63
5. 3 - Roldanas ou Polias	64
5.4 - Lançamento Oblíquo	65
6 - Hidrostática (Densidade, Pressão e Empuxo).....	68
6. 1- Densidade (d).....	68
6.2 - Pressão	70
6.2.1 - Teorema de Stevin.....	70
6.2.2 - Princípio de Pascal	72
6.3 - Princípio de Arquimedes – Empuxo.....	73
6.3.1 - Condições para um corpo afundar ou flutuar em líquido.....	74

Referências Bibliográficas	76
Física II.....	77
7. Eletricidade e Magnetismo	77
7.1 - Carga elétrica. Atração e Repulsão entre cargas elétricas.....	77
7.2 - Materiais condutores e isolantes.....	77
7.3 - Processos de eletrização	78
7.4 – Diferença de Potencial	79
7.5 - Carga Elétrica e corrente elétrica.....	79
7.6 - Resistência Elétrica.....	80
7.7 - Circuitos elétricos	81
7.8 - Associação de Resistências	82
7.8.1 - Associação em Série	82
7.8.2 - Associação em Paralelo	82
7.9 – Potência Elétrica.....	83
7.8 - Medida do consumo de energia elétrica	84
7.8.1 - Consumo de energia de um aparelho	84
7.8.2 - Cálculo da energia utilizada por aparelho elétrico.....	84
Exercícios – Série 1	85
8. Termologia.....	89
8.1 - Calor e temperatura	89
8.2 - Tipos de termômetro e propriedades termométricas	89
8.3 - Escalas Termométricas.....	90
Escala Celsius ou Centígrada	90
Escala Fahrenheit.....	90
Exercícios – Série 2	92
8.4 - Dilatação Térmica	92
8.5 - Processos de propagação de calor.....	94
8.6 - Mudanças de estado	98
8.7 - Quantidade de calor	99
Exercícios – Série 4	101
Referências Bibliográficas	103

Física I

1. Cinemática Escalar (MRU – MRUV e MCU)

1.1 - Introdução

Cinemática é a parte da mecânica (Ramo da Física) que estuda descreve os movimentos independentes de sua causas.

1.2 – Conceitos Principais Usados na Cinemática

Ponto Material: Um corpo é considerado ponto material quando suas dimensões são desprezíveis em relação ao deslocamento do mesmo. Por exemplo: Um automóvel percorreu uma distância de 300 km em 3 horas, determine a velocidade média deste automóvel. Para este cálculo não se necessita das dimensões do automóvel logo este é considerado um ponto material.

Referencial: Um corpo está em movimento quando sua posição muda no decurso do tempo, assim um corpo pode estar em movimento em relação a um observador e em repouso a um outro observador. Por exemplo: Quando uma pessoa está viajando dentro um ônibus e olha para a luz do teto deste ônibus dirá que a mesma está em repouso ou parada em relação a ele, mas para um observador que esteja parado a beira da rodovia esta lâmpada estará em movimento.

Posição: consiste em um marco de distância (S) em relação ao um referencial (S_0).

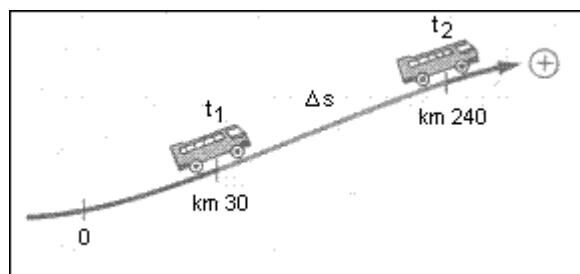


Figura 1 - Exemplificando Posição de um móvel e sua trajetória [5].

Trajetória: é a linha imaginária descrita pelo móvel no espaço, no decorrer do movimento percebida por um observador. Na trajetória escolhe-se arbitrariamente um Marco Zero (S_0), a partir do qual mede-se os comprimentos que indicam a posição do móvel (S), veja a Figura 1.

Exercícios:

- 1 - Um corpo pode, ao mesmo tempo, estar em repouso e em movimento, justifique sua resposta citando um exemplo;
- 2 - Suponha que uma pessoa M esteja assentada em um ônibus que se move em relação à Terra. Duas cadeiras à frente, uma pessoa N também está sentada.
 - a) A pessoa N está parada ou em movimento em relação à Terra?

b) E em relação à pessoa M ?

Atividades a serem realizadas em casa

1 - A respeito do conceito de ponto material, assinale a opção correta:

- a) Ponto material é um corpo de massa desprezível.
- b) Quando calculamos o tempo gasto por um trem para atravessar um túnel, o trem é considerado um ponto material.
- c) Uma pulga é um ponto material e um elefante é um corpo extenso.
- d) Um corpo é considerado um ponto material quando seu tamanho não é relevante no equacionamento de seu movimento.

2 - Assinale a opção correta:

- a) Uma pessoa em um trem pode afirmar que as árvores estão sempre em repouso.
- b) O cobrador de um ônibus está sempre em movimento em relação ao motorista.
- c) Um paciente, convalescendo (em estado vegetativo) em um hospital, pode estar em movimento.
- d) Pode-se discutir o conceito de repouso e movimento sem escolher um referencial.

1.3 - Velocidade

Considere um automóvel que percorreu uma distância AB = 180 Km/h em 2 h. A distância (180 km/h) dividida pelo tempo (2h) caracteriza a velocidade escalar média do automóvel.

$$V_m = \frac{180\text{km}}{2\text{h}} = 90\text{km/h}$$

Então, para se medir a velocidade de um corpo deve-se dividir a distância percorrida pelo tempo gasto durante este percurso.

$$V_m = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

A velocidade pode ser dada em Km/h ou em m/s. Para transformar Km/h em m/s basta dividir por 3,6 e de m/s para Km/h multiplicar por 3,6.

Exercício:

3 - Transforme os valores 18 km/h e 108 km/h em m/s.

Atividades a serem realizadas em casa

1 - Um ciclista percorre uma pista com velocidade de 36 km/h. A velocidade do ciclista em m/s é:

- a) 36.
- b) 20.
- c) 12.
- d) 10.
- e) 6.

2 - Qual a velocidade média, em Km/h, de uma pessoa que percorre, a pé, 1200 m em 20 min?

- a) 4,8 b) 3,6 c) 2,7. d) 2,1. e) 1,2

Unidades de Medida [4]

Sistema Internacional de Medidas ou Sistema MKS		
Grandezas Físicas	Unidade de Medida	Símbolo da Unidade
Comprimento	Metro	m
Massa	Quilograma	kg
Tempo	Segundo	s
Velocidade	metro/segundo	m/s
Etc.	Etc.	Etc.

Exercícios:

4 - As cidades A, B e C estão situadas na mesma rodovia – ver a Figura 2. Um automóvel sai de A, efetua um deslocamento até C e, em seguida, vai até B. Determinar:

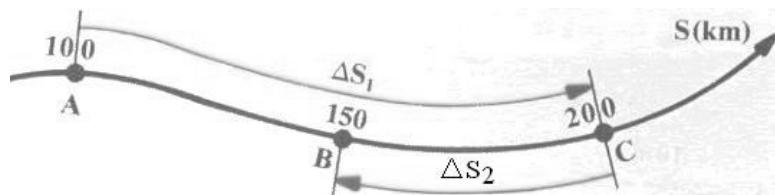


Figura 2 – Exercício 4 [4].

- a) O deslocamento escalar total do automóvel;
- b) a distância (d) efetivamente percorrida.

5 - A mulher, que caminha a 4km/h, segura uma corda e o cavalo acompanha a mulher. A distância entre os dois é constante (veja a Figura 3).

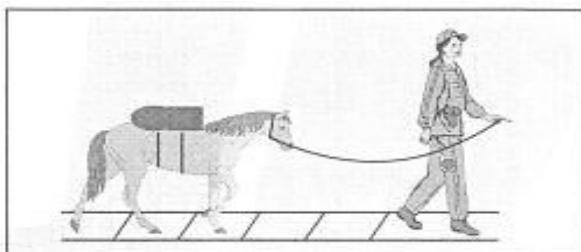


Figura 3 – Situação do exercício 5 [1].

Responda:

a) Qual a velocidade do cavalo em relação ao chão?

b) Qual a velocidade do cavalo em relação à mulher?

1.4 - Tipos de Movimentos

I - Em relação à trajetória

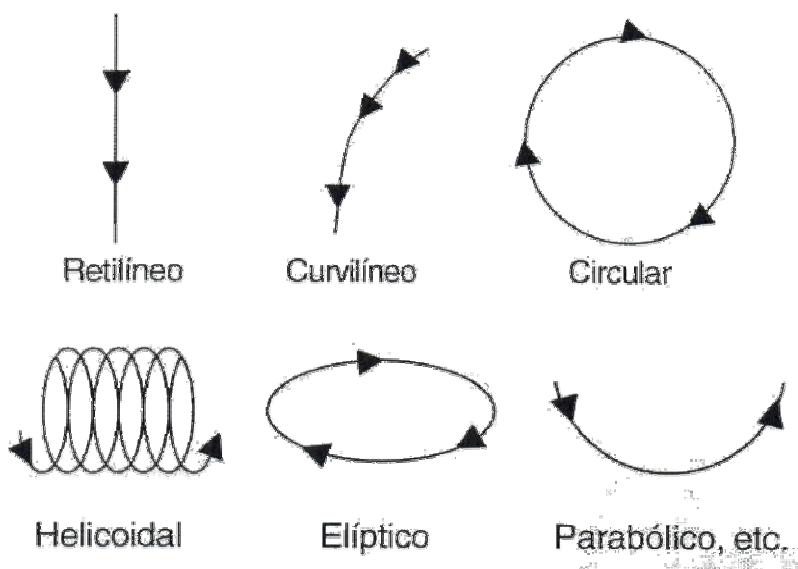


Figura 4 – Tipos de Movimentos [1].

II - Em relação à variação de velocidade:

Uniforme: Velocidade constante não se altera em relação ao deslocamento.

Acelerado: Velocidade se altera ao longo da trajetória, neste caso a velocidade aumenta com o decorrer do percurso.

Retardado: Velocidade se altera também, mas aqui esta diminui ao longo da trajetória.

Exercício:

6 - Um corpo é abandonado de um avião que voa horizontalmente com velocidade constante em relação à Terra. Despreze a resistência do ar e responda os itens abaixo:

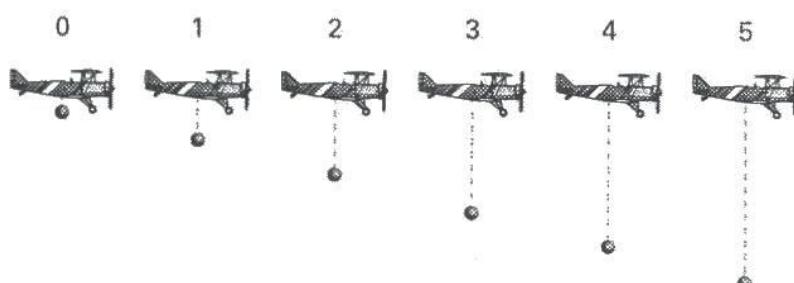


Figura 5 – Situação do exercício 6 [1].

- Qual a trajetória descrita pelo corpo em relação à Terra?
- Qual a trajetória do corpo em relação ao avião?
- Qual a conclusão que se pode tirar deste exercício em relação à trajetória.

1.4.1 – Movimento Uniforme (MU)

Movimentos que possuem velocidade escalar instantânea constante (não-nula) são chamados de movimentos uniformes.

Decorre imediatamente que, se a velocidade escalar é a mesma em todos os instantes, ela coincide com a velocidade média, qualquer que seja o intervalo de tempo considerado:

$$V = V_m = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \text{constante } (\neq 0)$$

Logo, no **movimento uniforme**, o móvel percorre distâncias iguais em intervalos de tempo iguais.

1.4.2 - Movimento Retilíneo Uniforme (M.R.U)

É quando a trajetória descrita por um móvel de velocidade constante ($\neq 0$) é uma reta.

1.4.3 - Movimento Progressivo e Retrógrado

O movimento é chamado **progressivo** quando o móvel caminha a favor da orientação positiva da trajetória (Figura abaixo 6.1). Seus espaços crescem no decurso do tempo e sua velocidade escalar é positiva.

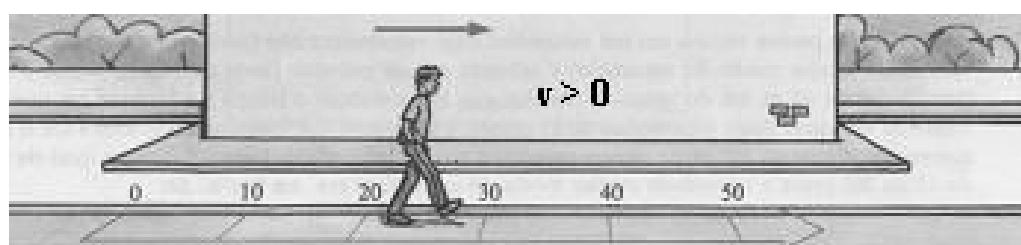


Figura 6.1 [5].

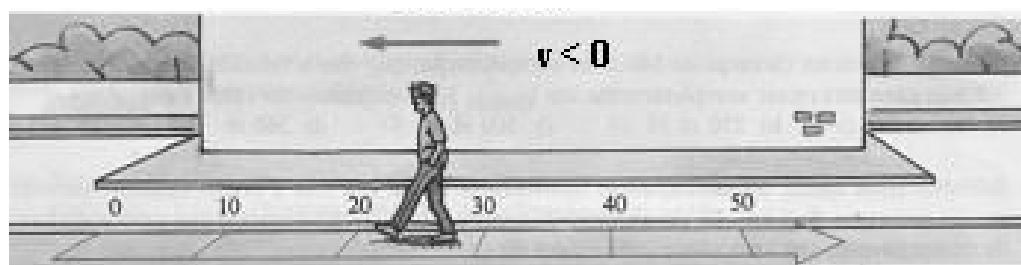


Figura 6.2 [5].

O movimento é chamado **Retrogrado** quando o móvel caminha contra a orientação positiva da trajetória (Figura 6.2). Seus espaços decrescem no decurso do tempo e sua velocidade é negativa.

1.4.4 - Função Horária do MU

Tomando a equação da Velocidade escalar média: $V_m = \frac{\Delta S}{\Delta t}$, que resulta $V = \frac{\Delta S}{\Delta t}$.

Fazendo $\Delta S = S - S_0$ e $\Delta t = t - 0 = t$, vem:

$$V = \frac{S - S_0}{t}$$

$$S = S_0 + Vt$$

Função horária do MU

Exercícios

7 - Um móvel realiza movimento uniforme num determinado referencial. Seus espaços variam com o tempo segundo os dados da Tabela 1 [5]:

t (s)	0	1	2	3	4
S (m)	20	28	36	44	52

- a) Determine o espaço inicial S_0 e a velocidade escalar V do movimento.
- b) O movimento é progressivo ou retrógrado?
- c) Qual a função horária do movimento?

8 - (EESJC) Uma partícula tem uma equação horária dos espaços dada por: $S = 100 - 20t$ (SI)

- a) Qual a trajetória da partícula?
- b) Em que instante a partícula passa pela origem dos espaços?

9 – Dois móveis A e B percorrem a mesma trajetória e seus espaços são medidos a partir de uma origem comum. Suas funções horárias, para S em metros e t em segundos, são $S_A = 10 + 2t$ e $S_B = 40 - 4t$.

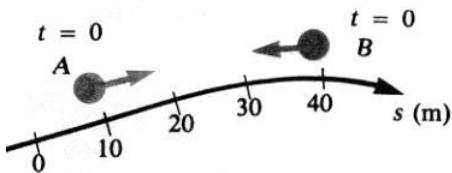


Figura 7 - Exercício 9 [5].

Determine:

- O instante do encontro;
- A posição do encontro.

10 – Considere a rodovia Castelo Branco, esquematizada com algumas cidades e seus correspondentes marcos quilométricos aproximados [4].

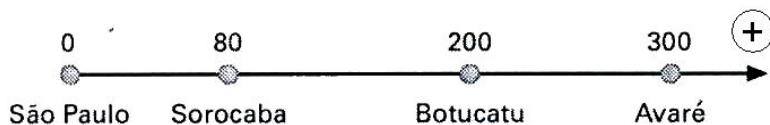


Figura 8 - Exercício 10 [4].

- Determine a velocidade média de um automóvel que passa às 8 h por Sorocaba e às 11 h por Avaré.
- Determine a velocidade média de um automóvel que passa às 16 h horas por Botucatu e às 18 h por São Paulo.
- Determine a velocidade média de um automóvel que passa às 20 h por Botucatu, vai até Avaré e volta, chegando novamente a Botucatu às 23 h.

11 - Um trem de 100 m de comprimento leva 30 s para atravessar um túnel de 0,5 km. Qual a velocidade escalar média do trem, em m/s?

12 - Uma moto leva 2 min para atravessar uma ponte com velocidade escalar média de 72 km/h. Determine o comprimento da ponte.

Atividades a serem realizadas em casa

1 - (UFBA) Um ônibus faz o trajeto entre duas cidades em duas etapas. Na primeira, percorre uma distância de 150 km em 90 min. Na segunda, percorre 220 km em 150 min. A velocidade média do Ônibus durante toda a viagem é de:

- a) 1,6 km/h. b) 64,0 km/h. c) 92,5 km/h. d) 94,0 km/h. e) 185,0 km/h.

2 - (UFMG) Duas esferas se movem em linha reta e com velocidades constantes ao longo de uma régua centimetrada. Na figura estão indicadas as velocidades das esferas e as posições que ocupavam num certo instante.

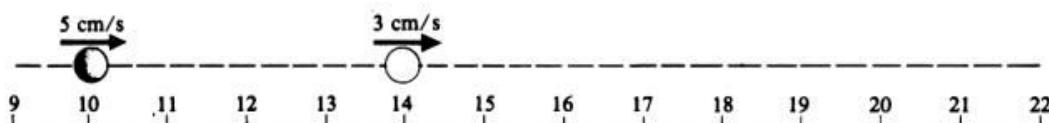


Figura 9 – Exercício 2.

As esferas irão colidir na posição correspondente a:

- a) 15 cm b) 17 cm c) 18cm d)20cm e) 22cm

3 - (PUC-Campinas- SP) Dois carros se deslocam numa pista retilínea, ambos no mesmo sentido e com velocidades constantes. O carro que está na frente desenvolve 20 m/s e o que está atrás desenvolve 35 m/s. Num certo instante, a distância entre eles é de 225 m. A partir desse instante, que distância o carro que está atrás deve percorrer para alcançar o que está na frente?

- a) 100m b) 205m. c) 225m. d) 300m. e) 525m.

Questões ocorridas nos vestibulares do CEFET

1 - Considerando os conceitos de movimento e repouso., podemos afirmar que:

- a) A terra está em repouso em relação a seus habitantes.
- b) Uma pessoa sentada num banco de jardim está em repouso.
- c) Um homem parado numa escada rolante em movimento está em repouso em relação à escada.
- d) Se um corpo está em repouso em relação a um referencial, então ele estará em movimento em relação a qualquer outro referencial.

2 - Um carro com vazamento deixa no asfalto marcas de óleo. No percurso de A para B (figura), o carro:

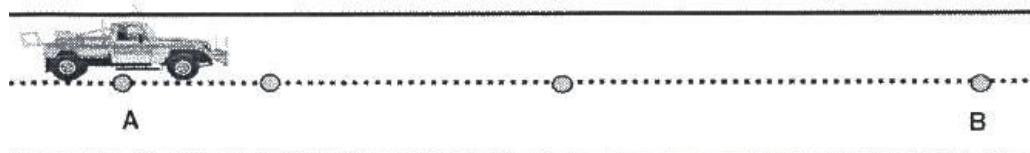


Figura 10 – Exercício 2.

- a) Movimenta-se com velocidade crescente.
- b) Movimenta-se com velocidade constante.
- c) Movimenta-se com velocidade decrescente.
- d) Está descendo uma ladeira.

3 - O gráfico a seguir mostra a variação da posição de um objeto com o tempo. A distância em (m) e a velocidade em (m/s) do objeto, nos primeiros 4 segundos, foram respectivamente.

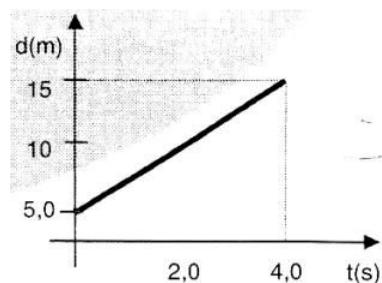


Figura 11 – Exercício 3.

- a) 10 e 2,5
- b) 10 e 5,0.
- c) 15 e 5,0
- d) 40 e 2,5

1.5 - Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (M.R.U.V)

É muito comum ocorrerem movimentos em que a velocidade escalar instantânea é variável.

Veja os exemplos:

- Um automóvel acelerando a partir do repouso;
- Um automóvel freando diante de um obstáculo;
- Um vaso de flor caindo de um edifício.

Diante destas situações é necessário medir a rapidez de variação da velocidade escalar; para isso, utiliza-se o conceito de **aceleração escalar média**, representada simbolicamente por \mathbf{a}_m .

Seja V_0 o valor da velocidade de um corpo num certo instante (inicial) e V a velocidade do mesmo após um certo tempo (final).

$V - V_0$ é a variação da velocidade ocorrida e t o intervalo de tempo ($t_f - t_i$) dessa ocorrência.

Então para se medir a aceleração do móvel, dividi-se $V - V_0$ pelo tempo (t).

$$a = \frac{V - V_0}{t}$$

Desta equação pode-se obter a função horária da velocidade e a dos espaços.

- Função horária da velocidade

$$a_m = a = \frac{\Delta V}{t} \Rightarrow a \cdot t = V - V_0 \Rightarrow V = V_0 \pm at$$

Obs.: Se movimento for acelerado a aceleração será precedida do sinal + ; Mas se o movimento for retardado a aceleração será precedida do sinal negativo.

- Função horária dos Espaços

Esta função relaciona a posição de uma partícula em função do tempo.

Ela pode ser deduzida a partir do gráfico velocidade x tempo do movimento (figura ao lado).

S = Posição do móvel em um instante t ;

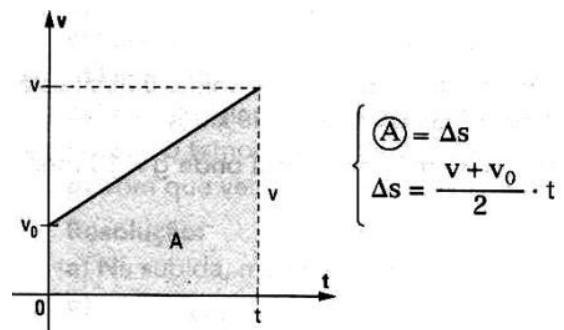
S_0 = Posição inicial do móvel;

V_0 = Velocidade inicial do móvel;

a = Aceleração escalar do móvel;

t = Instante de tempo.

$$S = S_0 + V_0 t + \frac{a}{2} t^2$$



Como $v = v_0 + at$, temos:

$$\Delta s = \frac{v_0 + at + v_0}{2} \cdot t \Rightarrow \Delta s = \frac{2v_0 + at}{2} \cdot t$$

Figura 12 – Função Horária dos Espaços [4].

- Equação de Torricelli

Há questões na cinemática em que não se conhece o tempo consumido para um determinado movimento ocorrer. Nestes casos pode-se calcular a posição da partícula ou sua velocidade criando um sistema com duas funções horárias.

$$V - V_0 = a \cdot t \Rightarrow t = \frac{V - V_0}{a} \quad (\text{Expressão 1});$$

$$\Delta S = V_0 \cdot t + \frac{a}{2} t^2 \quad (\text{Expressão 2})$$

Substituindo (1) em (2), tem-se:

$$\Delta S = V_0 \left(\frac{V - V_0}{a} \right) + \frac{a}{2} \left(\frac{V - V_0}{a} \right)^2$$

Desenvolvendo esta equação chega-se a equação de $V^2 = V_0^2 + 2a\Delta S$ Torricelli:

Exercícios

13) Um ponto material está animado de MUV com aceleração escalar igual a -2m/s^2 [5]. Sua velocidade escalar varia no tempo, segundo os dados da Tabela 2. Determine:

Tabela 2

t (s)	0	1	2	3	4	5
v (m/s)	6	4	2	0	-2	-4

- a) A velocidade escalar inicial do movimento;
- b) Em que intervalos de tempo o movimento é acelerado, em que intervalos de tempo é retardado;
- c) Em que intervalos de tempo o movimento é progressivo, em que intervalo de tempo é retrógrado.

14 - O gráfico da figura ilustra como o espaço de um corpo varia com o tempo [4].

Determine:

- a) O espaço inicial;
- b) A velocidade escalar;
- c) A equação horária;
- d) O Espaço para $t = 10\text{s}$

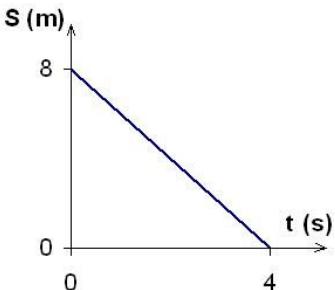


Figura 13.

15 - Um elemento é solto de um prédio e chegando ao solo em 4s. Sendo $g = 10\text{ m/s}^2$ e desprezando a resistência do ar, pede-se:

- a) A velocidade do elemento ao chegar ao solo;
- b) A altura do prédio.

16 - É dado o movimento cujo espaço, S , medido na trajetória (em metros) a partir de uma origem, varia em função de tempo conforme:

$$S = 10 - 2t + \frac{t^2}{2}$$

Onde os instantes t estão medidos em segundos.

- a) Determine o tipo de movimento (MU, MRUV)
- b) Determine o espaço e a velocidade iniciais e a aceleração escalar;
- c) Determine a função da velocidade escalar em relação ao tempo;
- d) Determine o espaço percorrido no instante 5 segundos.

17 - Uma partícula movimenta-se sobre certa trajetória, partindo da posição de espaço $S_0 = -5\text{ m}$, no instante $t_0 = 0$ [4]. O diagrama de velocidade da partícula está representado na figura.

Determine:

- a) O deslocamento escalar entre 0 e 6s;
- b) A velocidade escalar média entre 0 e 6s;
- c) O valor do espaço no instante $t = 6\text{ s}$.

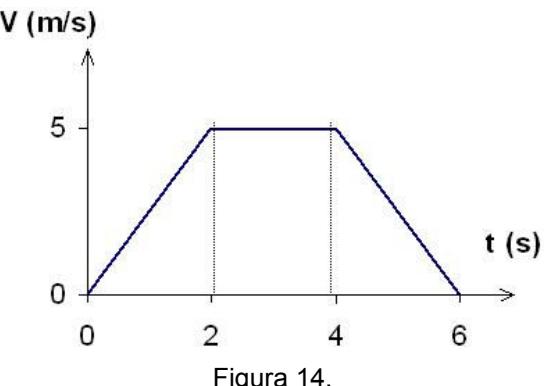


Figura 14.

18 - (FUVEST-SP) Um ciclista A inicia uma corrida a partir do repouso, acelerando $0,50\text{ m/s}^2$. Nesse instante, passa por ele outro ciclista B, com velocidade constante de $5,0\text{ m/s}$ e no mesmo sentido que o ciclista A.

- a) Depois de quanto tempo após a largada o ciclista A alcança o ciclista B?

b) Qual a velocidade do ciclista A ao alcançar o ciclista B?

19 - Uma esfera é lançada do solo verticalmente para cima, com velocidade inicial de 40m/s (nos lançamentos verticais, a velocidade inicial é aquela adquirida pelo corpo logo após o lançamento). A aceleração do corpo é a da gravidade, para baixo e de valor aproximadamente igual a 10 m/s^2 .

a) Qual a altura máxima atingida?

b) Durante quanto tempo a esfera permanece no ar?

20 - (CEFET) Um carro passa por um ponto da estrada com velocidade de 10m/s. Após 5,0 s, sua velocidade já é de 30m/s. A distância percorrida nesse intervalo de tempo, em metros, foi de:

- a) 75 m. b) 100 m. c) 120 m. d) 20 m.

21 – (CEFET) O grande cientista Galileu Galilei, no século XVII, verificou que todos os corpos, em queda livre, caem com mesma aceleração. Para confirmar esta idéia, um estudante abandona três esferas com pesos iguais, de uma mesma altura e ao mesmo tempo, em três situações. Obs.: As esferas foram soldadas de uma pequena altura.

SITUAÇÃO 1 – As três esferas estão separadas.

SITUAÇÃO 2- Duas esferas estão coladas entre si

SITUAÇÃO 3 – As três esferas estão coladas.

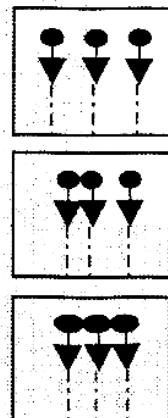


Figura 15.

O estudante observa que:

- a) Todas as esferas têm o mesmo tempo de queda;
 - b) As esferas colocadas, na situação 2, atingem o solo antes da terceira esfera;
 - c) As esferas da situação 3 têm o menor tempo de queda;
 - d) Apenas no vácuo, todas as esferas teriam o mesmo tempo de queda.

22. (CEFET) - Ana (A), Beatriz (B) e Carla (C) combinam um encontro em uma praça próxima às suas casas. O gráfico, a seguir, representa a posição (x) em função do tempo (t), para cada uma, no intervalo de 0 a 200 s. Considere que a contagem do tempo se inicia no momento em que elas saem de casa.

Referindo-se às informações, é correto afirmar que, durante o percurso.

- a) A distância percorrida por Beatriz é maior do que a percorrida por Ana.
- b) O módulo da velocidade de Beatriz é cinco vezes menor do que o de Ana.
- c) O módulo da velocidade de Carla é duas vezes maior do que o de Beatriz.
- d) A distância percorrida por Carla é maior do que a percorrida por suas amigas.

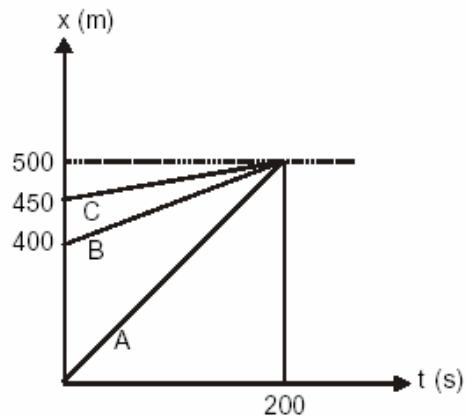


Figura 16.

23 - (CEFET) - O gráfico representa a posição (X) de uma partícula, em função do tempo (t).

Sobre essa partícula, é incorreto afirmar que:

- a) Velocidade é máxima em $t = 1\text{s}$;
- b) Posição é nula no instante $t = 3,5\text{s}$;
- c) Aceleração é constante no intervalo de 0 a 1s .
- d) Velocidade muda de sentido na posição $x = 4\text{m}$

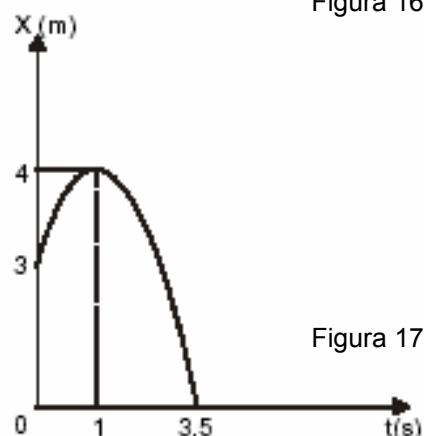


Figura 17.

24 – (CEFET) As figuras abaixo representam as posições sucessivas, em intervalos de tempo iguais, e fixos, dos objetos I, II, III e IV em movimento.

O objeto que descreveu um movimento retilíneo uniforme foi

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

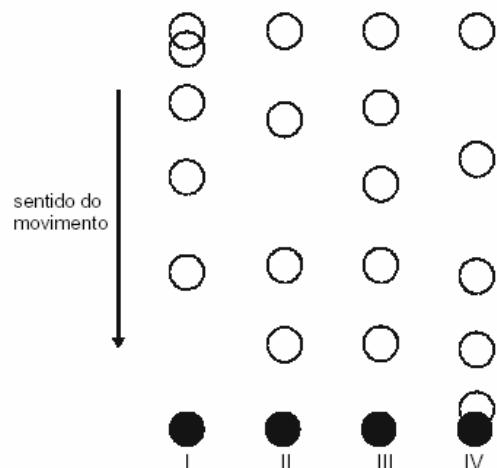


Figura 18.

25 - (CEFET) Um carro move-se ao longo de um trecho retilíneo da avenida Amazonas, variando sua posição com o tempo, de acordo com a Tabela 3.

Tabela 3

Posição (m)	Tempo (s)
5253	0
5238	1
5223	2
5208	3
5193	4
5178	5

Nessa situação, é correto afirmar que o carro.

- a) Está parando.
- b) Tem velocidade constante.
- c) Apresenta aceleração negativa.
- d) Possui movimento uniformemente retardado.

2. Vetores

2.1 Direção e Sentido [4]

A direção pode ser horizontal, vertical ou inclinada em relação a um referencial,

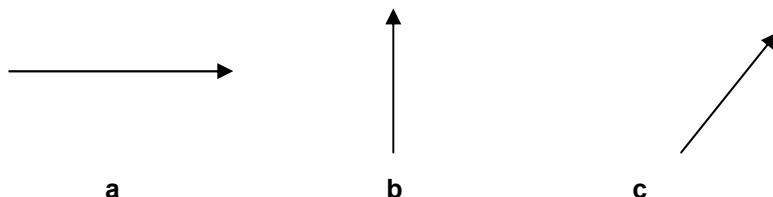


Figura 19.

O Sentido seria indicação, por exemplo na direção horizontal tem-se os sentidos da esquerda para direita ou da esquerda para direito, na direção vertical tem-se os sentidos de cima para baixo ou baixo para cima. O sentido é indicado pela seta.

2.2 - Grandeza Vetorial e Grandeza Escalar

Muitas grandezas ficam perfeitamente definidas quando delas se conhecem o valor numérico e a correspondente unidade. Tais grandezas são denominadas **Grandezas Escalares**. É caso, por exemplo, da massa e do volume de um corpo.

Entretanto existem grandezas que, além do valor numérico e da unidade, necessitam de direção e sentido para que fiquem definidas. Por exemplo, um homem empurra um automóvel com uma determinada força e o coloca em movimento. Neste exemplo é necessário apontar o sentido e direção da força aplicada para se saber o que ocorrerá com este automóvel. Grandezas que necessitam, além do valor numérico e unidade, de direção e sentido para serem definidas são chamadas de **grandezas vetoriais**.

2.2.1 – Vetor [4]

Vetor (do Latim vector = condutor) é o ente matemático que reúne em si módulo, direção e sentido [4]. Todo segmento que apresenta essas três características pode ser representar um vetor.

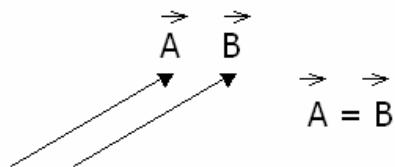
Vetor	$\left\{ \begin{array}{l} \text{- direção} \\ \text{- sentido} \\ \text{- Módulo (número real não negativo)} \end{array} \right.$
--------------	---

2.2.2 Representação Vetorial [4]

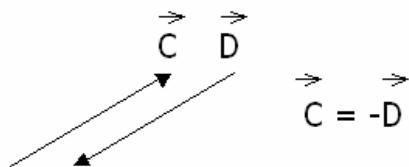
Gráfica	Algébrica	Do Módulo
	$\vec{x}, \vec{y}, \vec{z}, \vec{m}, \vec{a}, \vec{b}, \dots$	$ \vec{x} , \vec{y} , \vec{z} , \vec{m} , \vec{a} , \vec{b} , \dots$

Dois vetores são:

- IGUAIS, quando apresentam mesmo módulo, mesma direção e mesmo sentido.



- OPOSTOS, quando apresentam mesmo módulo e mesma direção, mas sentidos contrários. O vetor oposto pode ser indicado pelo sinal negativo precedendo a notação algébrica.



2.2.3 - Adição de Vetores

Uma importante aplicação prática da adição de vetores é a determinação da rota de embarcações e aviões. Por exemplo, quando um avião está voando de um lugar (A) para outro (B) e enfrenta um vento que sopra em ângulo reto com a sua direção, o piloto deve alterar sua rota, fazendo um desvio como o representado na figura. A nova direção é dada pela adição dos vetores.

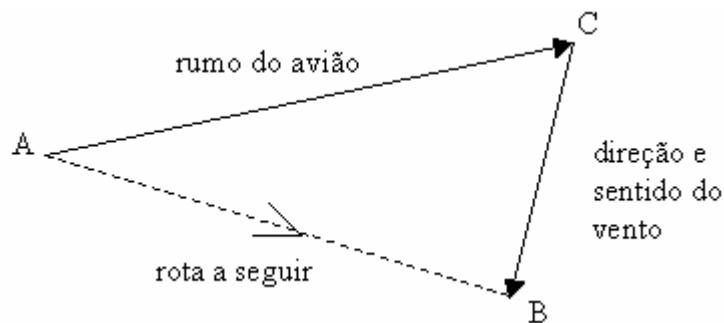


Figura 20.

2.2.3 - Método Poligonal [5]

Para se efetuar a adição de vetores, deve-se colocá-lo em um plano, a partir de um ponto de origem (**P**) escolhido arbitrariamente, de modo que a extremidade de um coincida com a origem do outro.

O vetor soma (\vec{S}) é obtido ligando a origem do primeiro vetor (\vec{A}) com a extremidade do último, o vetor \vec{C} .

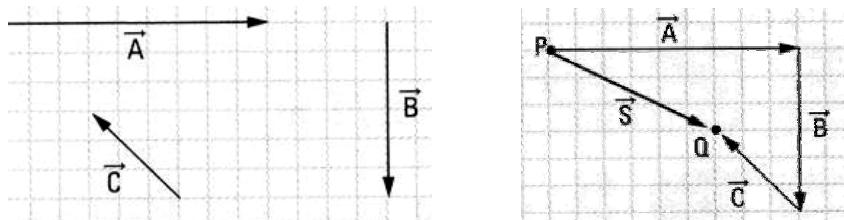


Figura 21.

- **P**: Ponto do plano no qual começa o processo
- **Q**: Ponto do plano no qual termina o processo

Logo:

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

Exercícios

25 – Qual a diferença entre:

- a) vetor velocidade;
- b) velocidade escalar.

26 - São dados os vetores \vec{X} e \vec{y} de módulos $x = 3$ e $y = 4$. Determine graficamente o vetor soma \vec{V} , e calcule o seu módulo.

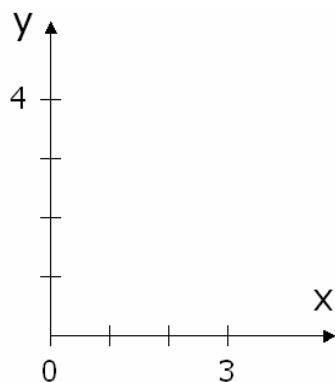


Figura 22.

27 - Dados os vetores $\vec{a}, \vec{b}, \vec{c}$ e \vec{d} , determine graficamente o vetor soma ($\vec{a} + \vec{b} + \vec{c} + \vec{d}$) e calcule o seu módulo [5]. O lado de cada quadradinho representa uma unidade de medida.

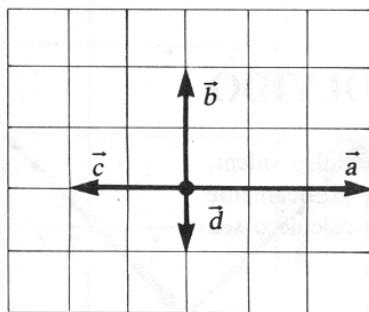


Figura 23.

28 - Dados os vetores \vec{a} e \vec{b} , cujos módulos valem, respectivamente, 6 e 8, determine graficamente o vetor diferença $\vec{V}_d = \vec{a} - \vec{b}$ e calcule seu módulo [5].

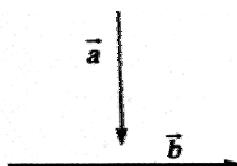


Figura 24.

29 - Dados os vetores \vec{a} e \vec{b} , represente graficamente o vetor $2\vec{a} + 3\vec{b}$ e calcule seu módulo. O lado da cada quadradinho representa uma unidade de medida [5].

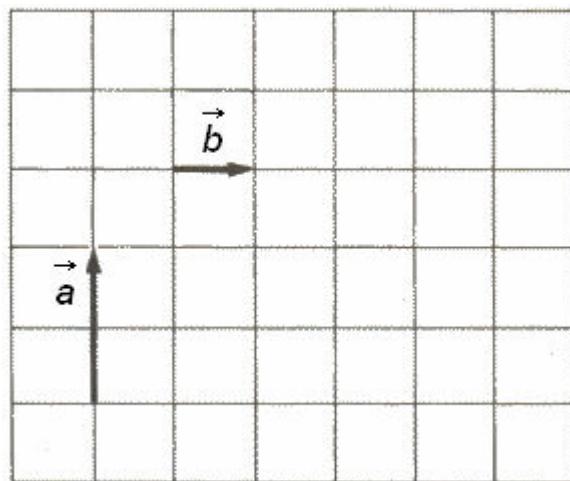


Figura 25.

2.3 - Movimento Circular Uniforme (M.C.U.)

2.3.1 - Vetor Velocidade

O vetor velocidade de qualquer móvel que descreve uma trajetória curvilínea varia pelo menos em direção e sentido durante o movimento, pois em cada ponto é tangente à trajetória e apresenta o sentido do próprio movimento [4].

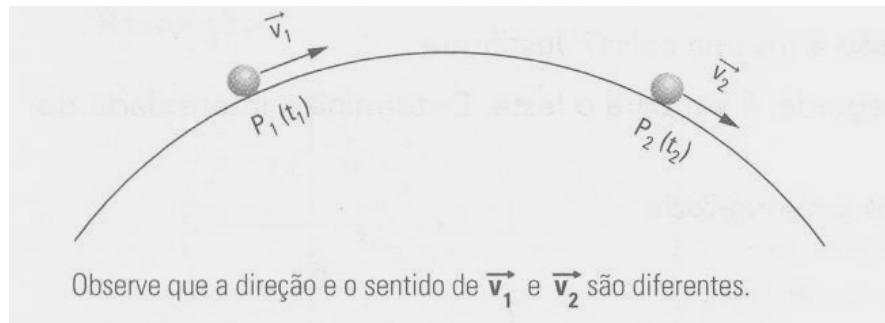


Figura 26 – Trajetória curvilínea – exemplo [4].

30 - A figura representa uma partícula em movimento ao longo da trajetória t [4]. O vetor que melhor representa a velocidade da partícula ao passar pelo ponto **O** é:

- a - \vec{A}
- b - \vec{B}
- c - \vec{C}
- d - \vec{D}
- e - \vec{E}

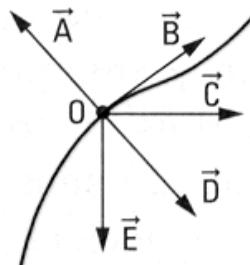
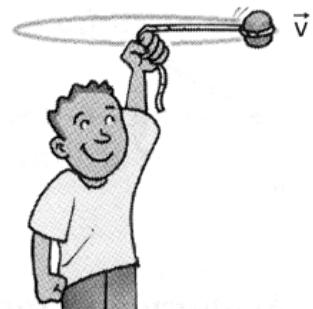


Figura 27.

31 - Observe a figura. A pedra é “forçada” a descrever uma trajetória curvilínea. O que ocorrerá com o movimento da pedra se o barbante arrebentar?



2.3.2 - Vetor Aceleração [4]

Figura 28 [4].

Já que o vetor velocidade varia durante o movimento, pode-se dizer que em cada ponto o móvel possui um **vetor aceleração** $\vec{\gamma}$, em que pode ser expressado como a soma de 2 outros vetores perpendiculares entre si, que são seus componentes: **aceleração tangencial** e **aceleração centrípeta**.

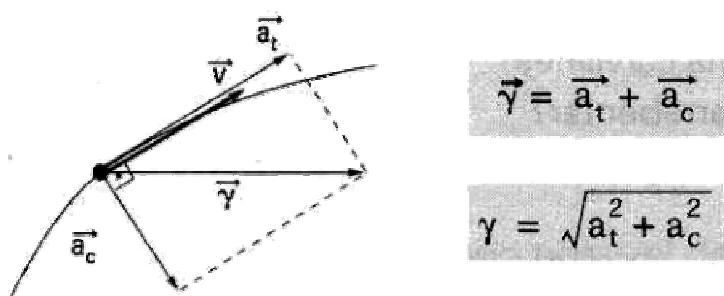
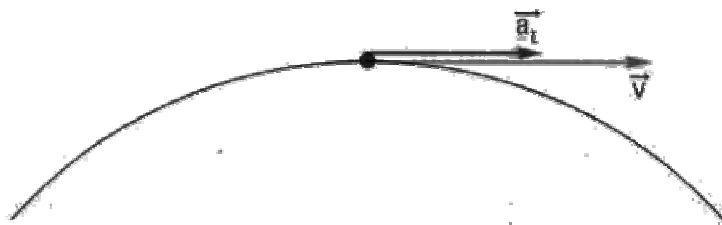


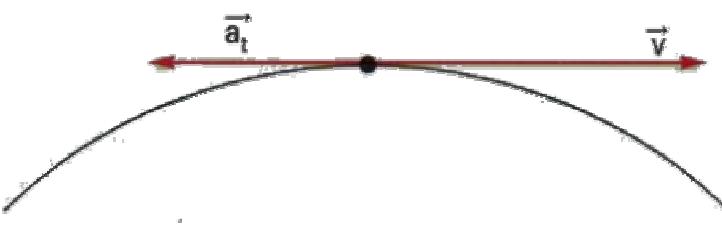
Figura 29 – Vetor aceleração e seus componentes [4].

Aceleração tangencial (\vec{a}_t): Tem sempre a direção da velocidade do móvel, e o sentido depende de o sentido ser acelerado ou retardado.



Movimento acelerado: \vec{a}_t e \vec{v} têm o mesmo sentido.

Figura 30 – Aceleração tangencial [4].



Movimento retardado: \vec{a}_t e \vec{v} têm sentidos contrários.

Figura 31 – Movimento retardado [4].

Sua intensidade coincide com a da aceleração escalar e ocorre sempre que há variação na intensidade da velocidade vetorial (\vec{V}):

$$a_t = |a|$$

Aceleração centrípeta (\vec{a}_c), também chamada aceleração normal ou aceleração radial): é perpendicular à velocidade e aponta para o centro de curvatura da trajetória. Ocorre sempre que há variação na direção de \vec{V} .

Sua intensidade pode ser calculada por:

$$a_c = \frac{V^2}{r}$$

$\left\{ \begin{array}{l} V = \text{Velocidade escalar no instante } t \\ R = \text{Raio da trajetória} \end{array} \right.$

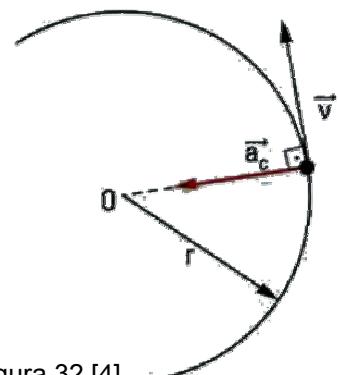


Figura 32 [4].

2.4 - Movimento Circular

O movimento circular pode ser freqüentemente observados em nosso cotidiano, por exemplo: trajetória da Terra em torno do Sol e o movimento dos planetas e satélites (em alguns casos)

O movimento circular uniforme (**MCU**) é todo movimento que apresenta:

- Trajetória circular;
- Intensidade da velocidade escalar constante e diferente de zero;
- Aceleração centrípeta não-nula, pois a velocidade varia em direção e sentido.

$$a_c \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \text{direção: radial (do raio da trajetória)} \\ \text{Sentido: Para o centro da trajetória} \\ \text{Intensidade: } a_c = V^2 / r \end{array} \right.$$

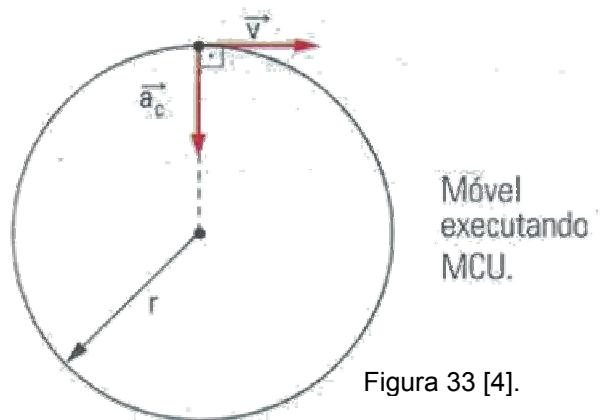


Figura 33 [4].

Nos movimentos circulares, particularmente no **MCU**, pode-se determinar os deslocamentos escalares (ΔS) através de **deslocamentos angulares** ($\Delta\phi$), representados pelos ângulos que subentendem os deslocamentos escalares – veja a Figura 34.

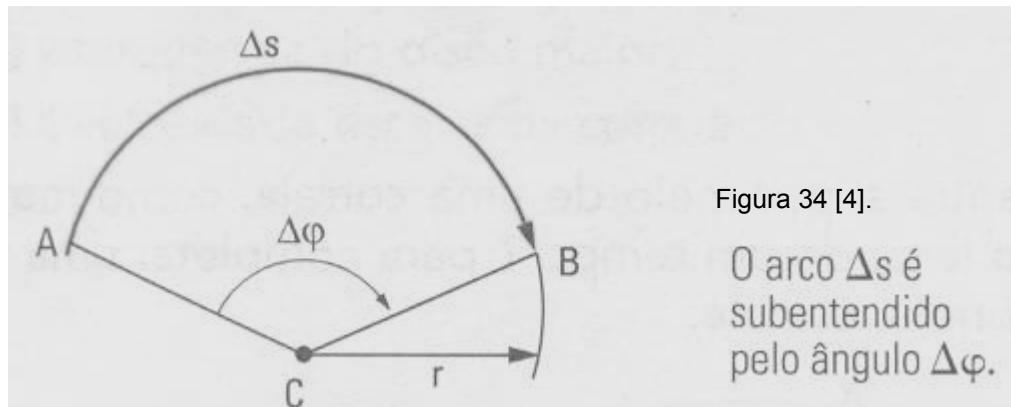


Figura 34 [4].

O arco ΔS é subentendido pelo ângulo $\Delta\phi$.

O arco ΔS e o ângulo $\Delta\phi$ se relacionam pela expressão:

$$\Delta\phi = \frac{\Delta S}{r}$$

Dividindo ambos os membros dessa igualdade por Δt , vem:

$$\frac{\Delta\phi}{\Delta t} = \frac{\Delta S}{\Delta t} \cdot \frac{1}{r}$$

Eq. I

No movimento uniforme, $\frac{\Delta S}{t} = V$. Estabelecendo-se que $\frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \omega$ e substituindo em (I), tem-se:

$$\omega = \frac{V}{r} \Rightarrow V = \omega \cdot r$$

Como, no SI, a unidade de $\Delta\varphi$ é o radiano (rad) e a unidade de Δt é o segundo (s), a unidade de ω é o radiano por segundo (rad/s)

Observação:

Embora seja usado como unidade de medida, o radiano é uma grandeza adimensional (não possui unidade). Um radiano é a medida do ângulo que subentende um arco de comprimento igual ao raio da circunferência. Assim, se $\Delta s = r$, então:

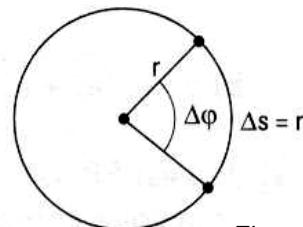


Figura 35 [4].

$$\Delta\varphi = \frac{\Delta s}{r} = 1 \Rightarrow \Delta\varphi = 1 \text{ rad}$$

Exercícios:

32 – Por que existe aceleração no movimento circular uniforme?

33 - Quando um veículo, numa curva, executa movimento curvilíneo retardado?

2.5 - Período e Freqüência

Quando um móvel executa movimento circular uniforme, ele efetua duas passagens sucessivas pelo mesmo ponto da trajetória sempre no mesmo intervalo de tempo. Assim, pode-se dizer que esse movimento é periódico: depois de passar pelo mesmo ponto, ele se repete.

O intervalo de tempo para realizar uma volta recebe o nome de período (T), cuja unidade no SI é o segundo (s); o número de vezes que o fenômeno se repete na unidade de tempo é chamado de freqüência (f), e sua unidade no SI, rotações por segundo (rps), também denominada hertz (Hz). (É comum ser medida também em rotações por minuto (rpm).)

Pode-se estabelecer a relação entre período e freqüência pela seguinte regra de três:

Número de vezes que o fenômeno ocorre

Intervalo de tempo

1 _____ T

f _____ 1

$$f \cdot T = 1 \rightarrow T = \frac{1}{f}$$

Considerando que $\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$ e que em uma volta $\varphi = 2\pi$ e $\Delta t = T$ (Período), então $\omega = \frac{2\pi}{T}$ ou

$$\omega = 2\pi \cdot f \quad \text{ainda}$$

Considerando também que $V = \omega \cdot r$, então a velocidade escalar será dada por:

$$V = 2\pi \cdot r \cdot f, \text{ onde } f \text{ é a freqüência ou rotação e determinado corpo (rpm, rps - Hertz)}$$

Ou seja, o período é o inverso da freqüência.

Exercícios:

34 - A freqüência de giro do ponteiro de minutos de um relógio é [4]:

- a) 1 rotação por hora
- b) 1 rotação por minuto
- c) 1 rotação por segundo
- d) 2 rotações por dia

35 - Dois carrinhos de pilhas se movendo sobre trilhos, como mostra a figura ao lado. Os dois estão sempre emparelhados. Então nesta corrida assinale sim ou não para as seguintes questões [1]:

- a) os dois carrinhos possuem a mesma velocidade angular
- b) os dois carrinhos possuem a mesma velocidade escalar
- c) a velocidade angular do carro externo é maior
- d) a velocidade escalar do carro interno é menor

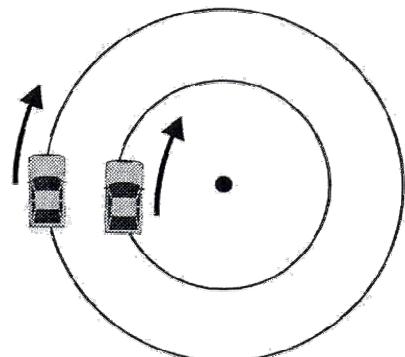


Figura 36 [1].

36 - Um móvel em movimento circular uniforme tem o período de 1s. Determine:

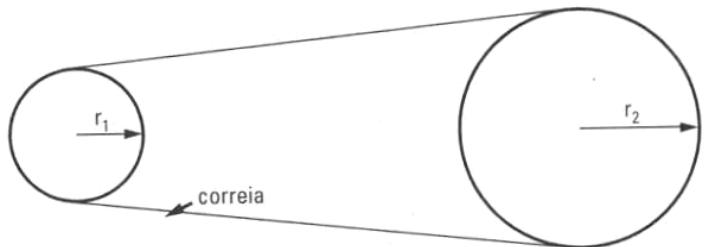
- a) a freqüência;
- b) a velocidade angular

37 – 180 rpm equivale a quantos Hertz ?

- a) 2 Hz
- b) 3Hz
- c) 18Hz
- d) 1Hz
- e) 4Hz

38 – Duas polias de raios $r_1 = 20$ cm e $r_2 = 100$ cm são ligadas através de uma correia ideal (sem escorregamento). A polia menor tem freqüência $f_1 = 300$ rpm. Determine:

- a) a freqüência do disco maior



- b) a velocidade escalar da correia

Figura 37 [4].

39 - Um carro executa um movimento uniformemente variado, numa trajetória circular de 100 mm de raio, com aceleração e de raio, com aceleração escalar $a = 2 \text{ m/s}^2$. Sabendo que o carro partiu do repouso, determine, após 5s de movimento:

- a) Velocidade escalar e as acelerações tangencial e centrípeta;
- b) A aceleração total.

40 – Uma caixa engrenagem é constituída por vários discos dentados e interligados de maneira que não há deslizamento entre eles. A engrenagem IV gira no sentido horário com velocidade angular ω . Indique qual engrenagem gira com menor velocidade angular e em que sentido.

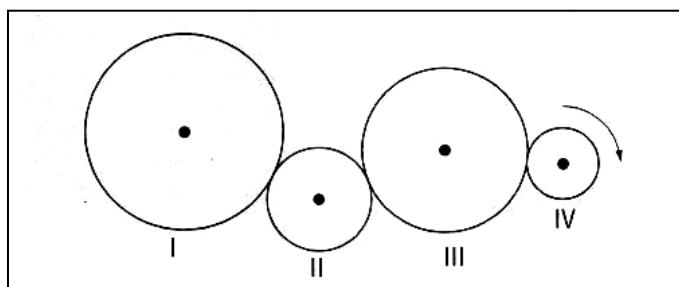


Figura 38 [4].

41 - (Fuvest- SP) Um menino encontra-se num carrossel com velocidade angular constante, executando um volta completa a cada 10s. A criança mantém, em relação ao carrossel, uma posição fixa a 2 m do eixo de rotação.

- a) Represente, numa circunferência, a trajetória do menino e assinale os vetores velocidade \vec{V} e a aceleração \vec{a} correspondentes a uma posição arbitrária do menino.
- b) Calcule as intensidades de \vec{V} e \vec{a} .

42 - Um ponto material sofre um deslocamento escalar de 4 m sobre uma trajetória circular de raio 2 m.
Seu deslocamento angular será de:

- a) $2\pi r \text{rad}$ b) 2rad c) $4\pi \text{rad}$ d) $1/2\pi r \cdot \text{rad}$ e) 1 rad.

43 - (Fuvest –SP) O raio do cilindro de um carretel mede 2,0 cm. Uma pessoa, em 10s, desenrola uniformemente 50 cm da linha que está em contato com o cilindro.

a) Qual é o valor da velocidade linear de um ponto da superfície do cilindro?

b) Qual é a velocidade angular de um ponto P distante 4,0 cm do eixo de rotação?

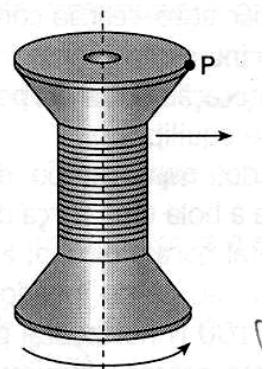


Figura 39.

44 - (ENEM – Adaptada) - As bicicletas possuem uma corrente que liga uma coroa dentada dianteira, movimentada pelos pedais, a uma coroa localizada da roda traseira, como mostra a Figura 40.

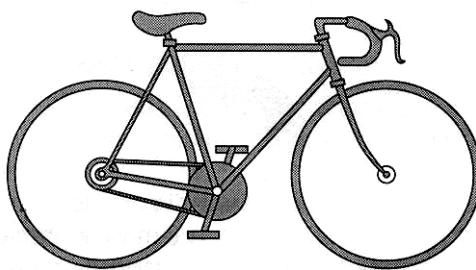


Figura 40.

O número de voltas dadas pela roda traseira, a cada pedalada, depende do tamanho relativo dessas coroas. Observando a figura e com base no enunciado, responda:

- a) Supondo que o diâmetro da coroa dianteira seja $D_2 = 30 \text{ cm}$, o da coroa traseira, $D_1 = 10 \text{ cm}$, e o diâmetro da roda traseira seja $D_r = 80 \text{ cm}$. calcule o deslocamento aproximado efetuado pela bicicleta quando o ciclista dá uma pedalada (considere $\pi = 3$).

- b) Caso a bicicleta possua marchas - cada marcha é uma combinação de uma das coroas dianteiras com uma das coroas traseiras - qual é o possível total de marchas, tendo em vista que ela possui duas coroas dianteiras e cinco traseiras?

3. Dinâmica (Leis de Newton)

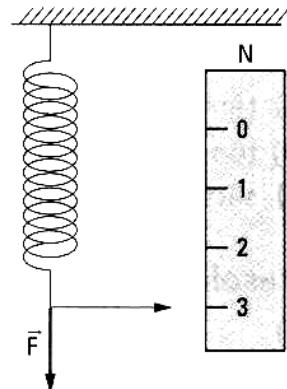
Dinâmica é a parte da Mecânica que estuda os movimentos e suas causas.

Quando uma pessoa chuta uma determinada bola, ou a Terra atrai um corpo, ou Sol atrai a Terra, ou uma carga elétrica repele a outra, ou ainda quando um imã atrai um prego, etc., surgi o elemento físico denominado **Força**, que pode causar, alterar um movimento ou ainda não alterar um movimento.

A força é uma **grandeza vetorial** pois produz variação de velocidade, que é grandeza vetorial. A variação de velocidade no decurso do tempo determina a aceleração \vec{a} . A aceleração \vec{a} tem a mesma direção e sentido da força \vec{F} que a origina.



A Figura 39 mostra um **dinamômetro** – Instrumento utilizado para medir a intensidade de força-, constituído por uma escala graduada em Newtons (N), unidade de medida de força no SI, em um ponteiro ligado a um corpo elástico (geralmente uma mola) preso por uma de suas extremidades a um suporte fixo. A força aplicada sobre o corpo elástico é medida pelo grau de deformação que o corpo sofre: quanto maior a intensidade da força aplicada, maior a deformação registrada. O zero da escala corresponde à posição do ponteiro antes da aplicação da força.



O ponteiro indica que a intensidade da força é $F = 3N$.

Figura 41 [4].

Nas figuras, \vec{F}_1 , \vec{F}_2 e \vec{F}_3 representam forças aplicadas em um corpo. A soma vetorial da ação de várias forças produz o efeito de uma única, denominada **resultante** (\vec{R})

Como o corpo se encontra em equilíbrio, pode-se concluir que a resultante é nula.

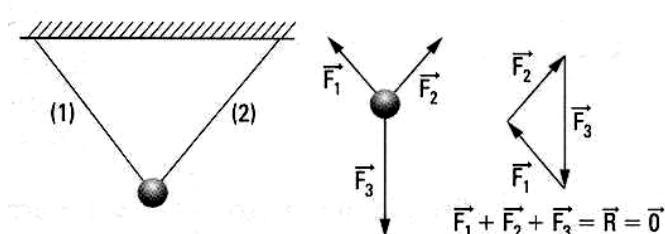


Figura 42 [4].

Exercícios

45 - Numa partícula estão aplicadas apenas duas forças, de intensidade respectivamente iguais a 6 N e 8 N. Determine a intensidade da resultante quando as forças:

- Têm mesma direção e mesmo sentido;
- Têm sentidos contrários;
- São perpendiculares entre si.

46 – Verifique se a seguinte afirmação está correta e justifique: Quando um jogador chuta uma bola, ela sai do pé com força.

47 - Numa partícula estão aplicadas apenas duas forças de intensidades iguais a 20 N [5]. Determine a intensidade da resultante sabendo que elas têm direções que formam entre si um ângulo de 120°, como mostra a Figura 43 .

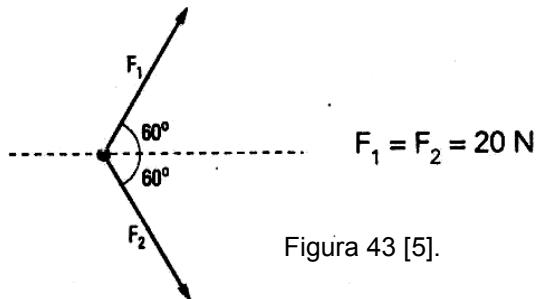


Figura 43 [5].

3.1 - O Princípio da Inércia (1ª Lei de Newton)

Inércia é a propriedade que os corpos possuem de resistir em alterar seu estado de repouso ou movimento. A inércia maior com o aumento da massa do corpo.

Enunciado da 1ª Lei:

“Todo corpo permanece em repouso ou em movimento retilíneo uniforme, a menos que uma ou mais forças externas o force (m) a modificar seu estado de repouso ou movimento.”

Exercícios:

48 - Por que é importante que os assentos dos veículos tenham encosto?

49 - Uma gota de chuva desce verticalmente com velocidade crescente. Quando atinge a altura de 150 m, a resultante das forças sobre a gota passa a ser nula. Nesse instante a gota possui uma velocidade de 7 m/s. Sabendo que a resultante permanece nula até a gota atingir o solo, determine com que velocidade a gota chega ao solo.

50 – Um pára-quedista desce verticalmente, próximo à superfície da Terra, com velocidade constante. Qual a resultante das forças que agem sobre o conjunto?

51 - (CEFET) Uma bolinha descreve uma trajetória circular sobre uma mesa horizontal sem atrito, presa a um prego por cordão (veja a Figura 42). Quando a bolinha passa pelo ponto P, o cordão que a prende ao prego arrebenta.

A trajetória que a bolinha então descreve sobre a mesa é:

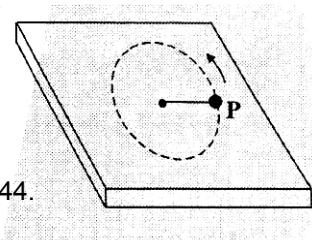


Figura 44.

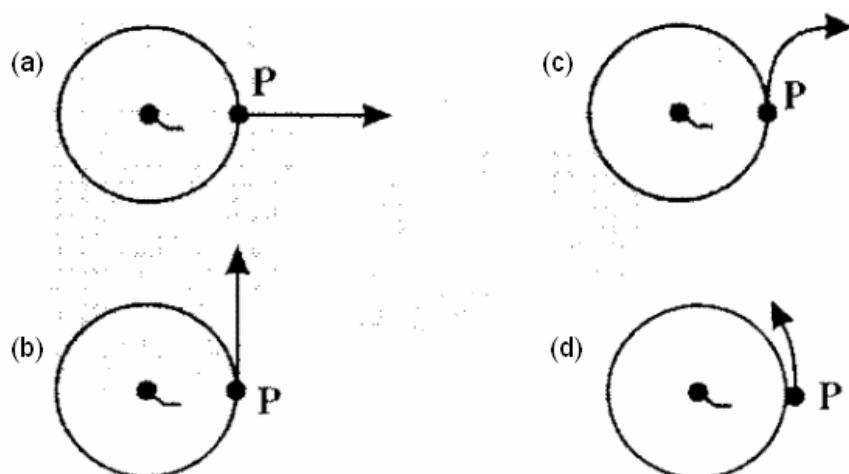


Figura 45.

52 – (Ucsal – BA)- Um objeto, em movimento uniformemente retilíneo, só pode estar sob a ação de uma:

- a) força resultante não-nula na direção do movimento.
- b) única força horizontal.
- c) força resultante nula.
- d) força nula de atrito.
- e) força vertical que equilibre o peso.

53 - (Fiube – MG) Uma partícula se desloca ao longo de uma reta com aceleração nula. Nessas condições, podemos afirmar que sua velocidade escalar é:

- a) nula.
- b) constante e diferente de zero.
- c) inversamente proporcional ao tempo.
- d) diretamente proporcional ao tempo.
- e) diretamente proporcional ao quadrado do tempo

54 - (Unitau –SP) Uma pedra gira em torno de um apoio fixo, presa por uma corda. Em um dado momento, corta-se a corda, ou seja, cessam de agir forças sobre a pedra. Pela Lei da Inércia, conclui-se que:

- a) a pedra se mantém em movimento circular.
- b) a pedra sai em linha reta, segundo a direção perpendicular à corda no instante do corte.
- c) a pedra sai em linha reta, segundo a direção da corda no instante do corte
- d) a pedra pára.
- e) a pedra não tem massa

55 - (EFOA-MG) Dos corpos destacados (em negrito), o que está em equilíbrio é:

- a) a **Lua** movimentando-se em torno da Terra.
- b) uma **pedra** caindo livremente.
- c) um **avião** que voa em linha reta com velocidade constante.

- d) um **carro** descendo uma rua íngreme, sem atrito.
 e) uma **pedra** no ponto mais alto, quando lançada verticalmente para cima.

56 -(Vunesp-SP) Dois corpos, de pesos 10 N e 20 N, estão suspensos por dois fios, **P** e **Q**, de massas desprezíveis, da maneira mostrada na figura. As intensidades (módulo) das forças que tracionam os fios **P** e **Q** são, respectivamente:

- a) 10N e 20N
 b) 10N e 30N
 c) 30N e 10N
 d) 30N e 20N
 e) 30N e 30N

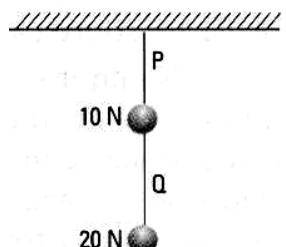


Figura 46.

57 - (Fiube- MG) Dois corpos de massas iguais estão suspensos por fios inextensíveis e de massas desprezíveis, como representado na figura . **F** e **G** são, respectivamente, os módulos das forças de tração nos fios 1 e 2. A relação entre **F** e **G** é:

- a) $F = G$
 b) $F = 2G$
 c) $F = G/2$
 d) $F = 4G$
 e) $G/4$

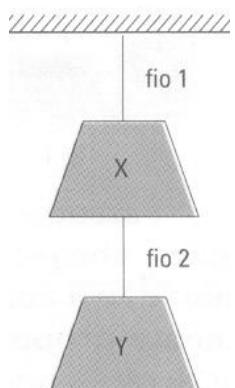


Figura 47.

3.2-Princípio Fundamental (2^a Lei de Newton)

Newton estabeleceu uma lei básica para o estudo das causas nos movimentos, relacionados as forças aplicadas a um ponto material de massa m constante e as acelerações que provocam. Sendo \vec{F}_R a soma vetorial (resultante) das forças aplicadas e \vec{a} a aceleração adquirida, a segunda Lei de Newton estabelece:

A resultante das forças aplicadas a um ponto material é igual ao produto de sua massa pela aceleração adquirida: $\vec{F}_R = m \cdot \vec{a}$

Isso significa que a força resultante \vec{F}_R provoca uma aceleração \vec{a} que tem mesma direção e mesmo sentido da força resultante e suas intensidades são proporcionais.

A unidade de força é Newton (N) ou kgf. $1 \text{ kgf} \approx 10\text{N}$

3.2.1 - Força Peso

Corpos abandonados a uma determinada altura do solo, caem sofrendo variações de velocidade.

[5]. A Terra interage com esses corpos exercendo uma força chamada **peso**, indicada por \vec{P} .

Peso de um corpo é a força de atração que a Terra exerce no mesmo.

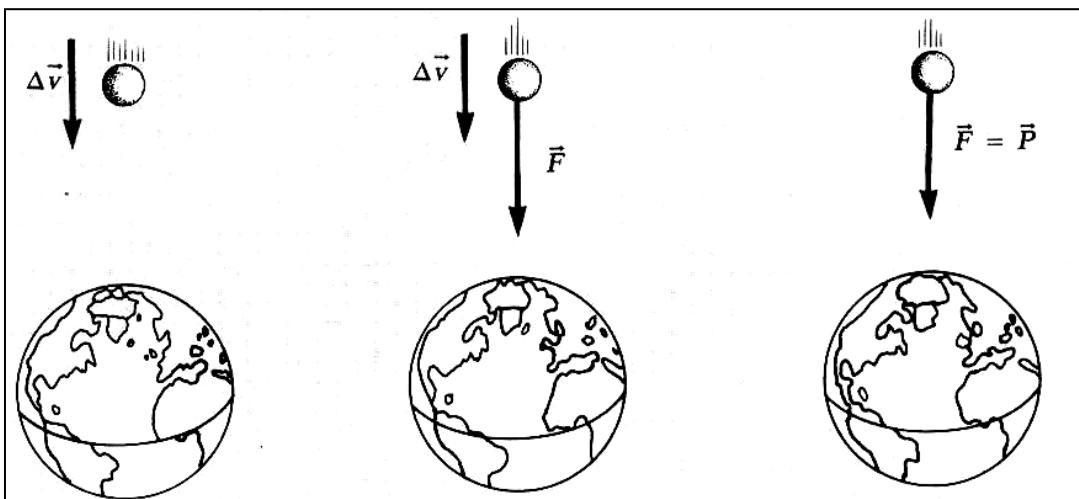
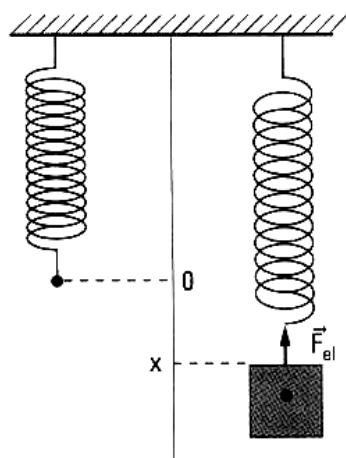


Figura 48 [5].

Quando um corpo está em movimento sob ação exclusiva de seu peso \vec{P} , ele adquiri uma aceleração denominada **aceleração da gravidade** \vec{g} . Sendo m a massa do corpo, a equação fundamental da dinâmica $\vec{F}_R = m \cdot \vec{a}$ transforma-se em $\vec{P} = m \cdot \vec{g}$ em módulo, tem-se:

3.2.2 - Força Elástica Lei de Hooke

Ao estudar a intensidade da força elástica (\vec{F}_E), o físico e matemático inglês Robert Hooke (1635-1703) verificou que **ela é proporcional à deformação sofrida pela mola**, estabelecendo a seguinte equação [4]:



$$F_{el} = kx$$

Figura 49 [5].

Exercícios:

58 – Um corpo de massa $m = 4 \text{ kg}$ para assumir uma aceleração 5 m/s^2 deverá receber uma força resultante de quantos Newtons?

59 – (CEFET) O corpo da figura ao lado tem uma aceleração, em m/s^2 , de:

- a) zero
- c) 2,4
- b) 1,2
- d) 3,6

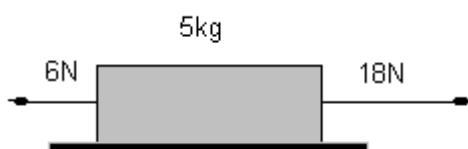


Figura 50.

60 - (CFFET) Evaristo avalia o peso de dois objetos utilizando um dinamômetro cuja mola tem constante elástica $k = 35 \text{ N/m}$. Inicialmente, ele pendura um objeto **A** no dinamômetro e a deformação apresentada pela mola é 10 cm. Em seguida, retira **A** e pendura **B** no mesmo aparelho, observando uma distensão de 20 cm. Após essas medidas, Evaristo conclui, corretamente, que os pesos de **A** e **B** valem, respectivamente, em Newtons

- a) 3,5 e 7,0.
- b) 3,5 e 700.
- c) 35 e 70.
- d) 350 e 700.

61 - Sobre um corpo de 10 kg de massa agem duas forças constantes, que formam entre si um ângulo de 90° e cujas intensidades são respectivamente iguais a 6N e 8N. Sabendo que o corpo se encontra inicialmente em repouso, determine:

- a) a aceleração do corpo;
- b) sua velocidade escalar após 5 s;
- c) o movimento do corpo a partir do instante $t = 5\text{s}$, quando as forças deixam de agir.

62 (CEFET) No ponto A da Figura 51, está representado o vetor velocidade \vec{V} de uma partícula em movimento circular uniforme.

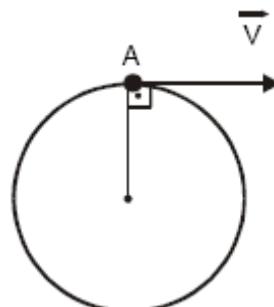
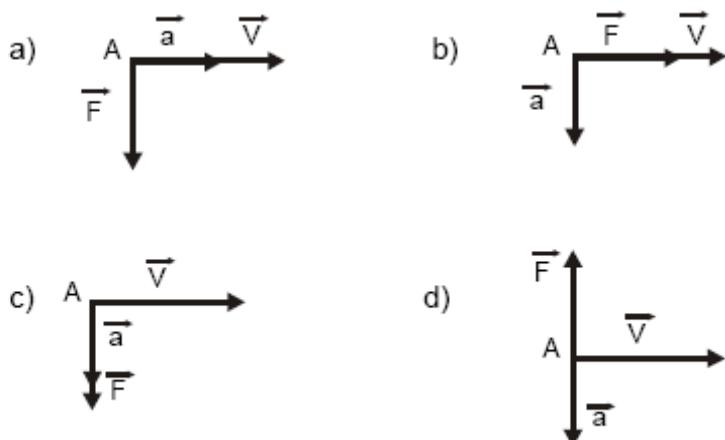


Figura 51.

Sendo \vec{F} a força resultante que age na partícula, e \vec{a} , a sua respectiva aceleração, o diagrama vetorial que melhor representa os vetores \vec{F} , \vec{a} e \vec{V} , no ponto A, é:



63 - (CEFET) As figuras 1 e 2 abaixo representam, respectivamente, todas as forças, constantes e coplanares, que atuam sobre uma partícula e o diagrama da soma vetorial destas forças.

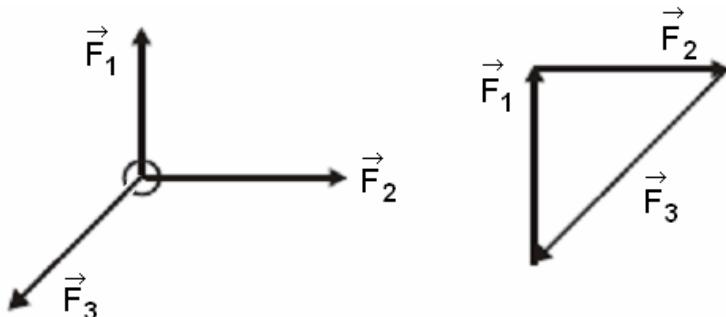


Figura 52.

Com base nestas informações, pode-se afirmar que a partícula certamente estará em

- a) repouso.
- b) movimento retilíneo uniforme.
- c) equilíbrio.
- d) movimento circular uniforme.

3.3 - Princípio da Ação e Reação (3^a Lei de Newton)

Sempre que dois corpos quaisquer A e B interagem, as forças exercidas são mútuas. Tanto A exerce força em B, como B exerce força em A. A interação entre corpos é regida pelo **princípio da ação e reação**, proposto por Newton, como se pode ver no seguinte exemplo [4].

- Sejam dois patinadores, de massas iguais, parados um em frente ao outro numa superfície horizontal de gelo (Figura 53). Se um empurrar o outro, os dois adquirirão movimento na mesma direção e em sentidos opostos, e os deslocamentos serão efetuados no mesmo intervalo de tempo, sugerindo que as forças aplicadas são opostas.

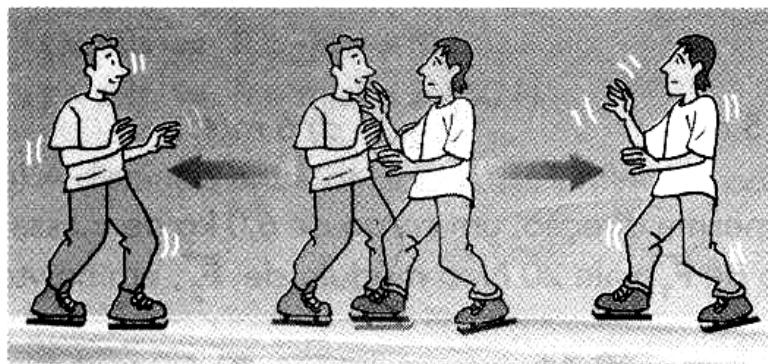


Figura 53 – Exemplo do *Princípio da Ação e Reação* [4].

Essa lei sugere que na natureza as forças ocorrem sempre aos pares, não existindo ação sem uma correspondente reação.

O remo que empurra um barco, o deslocamento uma bexiga de plástico esvaziando, as hélices de um helicóptero impulsionando o ar para baixo são exemplos de ação e reação

3.3.1- Força Normal (\vec{N})

Toda força trocada entre superfícies sólidas que se comprimem gera uma força normal (perpendicular) e de sentido contrário a força que o gerou. Normalmente a força que gera a normal é a força peso.

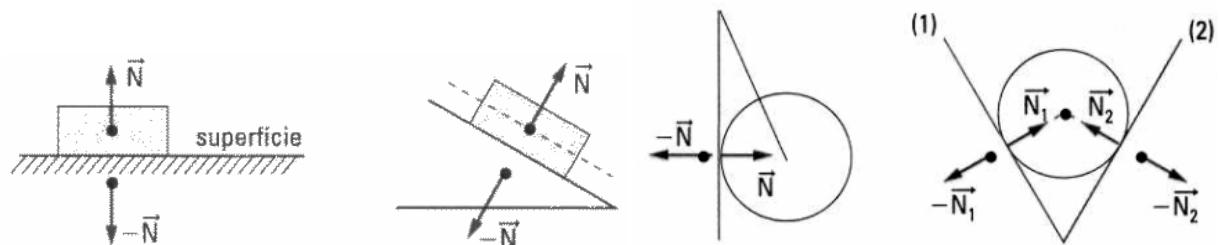


Figura 54 – Exemplos de atuação da força Normal [4].

3.3.2 - Força de Tração (\vec{T})

É a força que um fio aplica em um corpo preso a ele. A essa força corresponde uma reação $-\vec{T}$, aplicada no fio (veja a Figura 55).

Exercícios

64 - (CEFET) Afirma-se corretamente.

- Sempre que atuam forças sobre um corpo, esse corpo está acelerado.
- Dados dois corpos, o de maior massa possui menor inércia.
- A força exercida sobre uma gaveta, para abri-la, é maior do que a reação da mesma; caso contrário, ela nunca seria aberta.

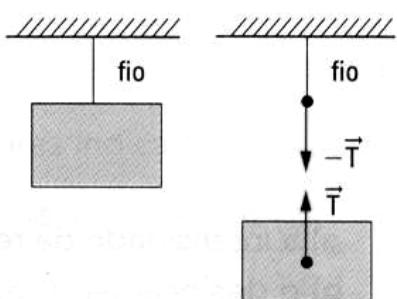


Figura 55 – Força de Tração [4].

d) Uma pessoa sustenta um livro com a mão. Pode-se dizer que o livro exerce uma reação sobre a mão.

65 - (CEFET) Ao fazer uma curva fechada em alta velocidade, a porta do automóvel abriu-se e um passageiro que não usava cinto de segurança foi lançado para fora. Este fato relaciona-se com:

- a) o peso dos corpos.
- b) a força de resistência.
- c) a inércia dos corpos.
- d) o princípio da ação e reação.

66 - (Fatec-SP) Uma pára-quedista desce com velocidade constante de 4 m/s. Sendo a massa do conjunto de 80 kg e a aceleração da gravidade de 10 m/s^2 , a força da resistência do ar é de:

- a) 76N
- b) 80N
- c) 800 N
- d) 480N
- e) 48 N

67 - (CEFET) Um bloco sob a ação de uma força resultante $R = 12,0 \text{ N}$ adquire uma aceleração $a = 4 \text{ m/s}^2$. A massa desse corpo, em kg, é igual a:

- a) 3,0
- b) 4,0
- c) 12
- d) 36

68 - (CEFET) Uma força horizontal constante é aplicada num objeto que se encontra num plano horizontal perfeitamente liso, imprimindo-lhe certa aceleração. No momento em que a força é retirada, desprezando a resistência do ar, o objeto

- a) entra em movimento retílineo uniforme
- b) pára após uma diminuição gradual de velocidade
- c) adquire aceleração negativa, até parar
- d) adquire movimento acelerado.

69 - (CEFET) Analisando as seguintes alternativas em relação às leis de Newton:

- I. O fato de um foguete, durante uma viagem espacial, poder desligar seus motores e ainda assim continuar em movimento, pode ser explicado pela primeira lei de Newton. (Lei da Inércia)
- II A força resultante necessária para acelerar um corpo de massa 10 kg, de 5,0 m/s para 10 m/s, uniformemente em uma trajetória retílinea, em 5,0 s, tem módulo igual a 10 N.
- III. A força de ação é anulada pela força de reação quando aplicamos uma força sobre um corpo e este permanece em repouso.

Pode-se afirmar que:

- a) Apenas a afirmativa I está correta.
- b) Apenas as afirmativas I e II estão corretas.
- c) Apenas as afirmativas I e III estão corretas.
- d) Todas as afirmativas estão corretas.

70 - (CEFET) - Associe as leis de Newton com as situações abaixo:

A – 1^a lei ou lei da inércia.

B – 2^a lei ($F = ma$).

C – 3^a lei ou lei da ação e reação.

- () Ao pisar no acelerador do seu carro, o velocímetro pode indicar variações de velocidade.
- () Uma criança machuca o pé ao chutar uma pedra.
- () Ao fazer uma curva, os passageiros de um ônibus, que viajam em pé, devem se segurar.

A seqüência **correta** da associação é

- a) B, A, C.
- b) A, C, B.
- c) C, B, A.
- d) B, C, A.

71 - (CEFET) Uma mesa está apoiada sobre um piso e, sobre o seu centro, está um livro. As forças que atuam na mesa e no livro são as seguintes:

P_m – (peso da mesa); P_i – (peso do livro); N_p – (reação do piso sobre a mesa) e N_i – (reação da mesa sobre o livro)

As forças que atuam na mesa são:

- a) P_m (vertical para baixo) e N_i (vertical para cima);
- b) P_m (vertical para baixo) e N_p (vertical para cima);
- c) P_i (vertical para baixo) e $N_p + N_i$ (vertical para baixo);
- d) P_i (vertical para baixo) e N_i (vertical para cima).

72 - (CEFET) A velocidade de um carro, ao passar por uma avenida de Belo Horizonte, varia com o tempo, de acordo com o gráfico da Figura 56.

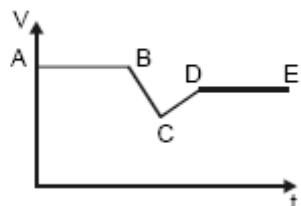


Figura 56.

Em um ponto do trecho **BC**, o diagrama vetorial da velocidade (v), da aceleração (a) e da força resultante (F_R) sobre o automóvel está corretamente representado em:



73 - (CEFET) Um patinador desce uma rampa com formato de um arco de circunferência, conforme ilustrado pela Figura 57.

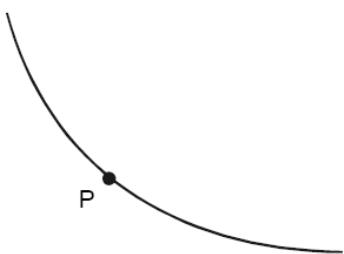


Figura 57.

A força normal que atua sobre o patinador, quando ele passa pela posição P, é mais bem representada pelo vetor



74 (CEFET) Um homem faz uma força vertical de 10 N, na tentativa de levantar uma caixa de 5,0 kg, que está sobre uma mesa, conforme ilustra a Figura 58. Nessa situação, o valor da força normal, em Newtons, é igual a:

- a) 5,0.
- b) 10.
- c) 40.
- d) 50.

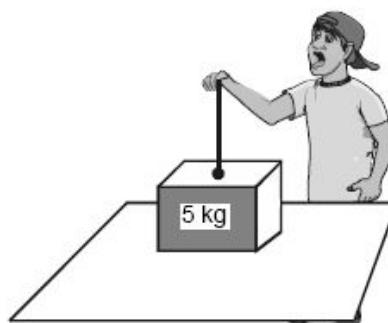


Figura 58.

75 (CEFET) - Duas pessoas puxam as cordas de um dinamômetro na mesma direção e sentidos opostos, com forças de mesma intensidade $F = 100 \text{ N}$ (Figura 59).

Nessas condições, a leitura do dinamômetro, em Newtons, é

- a) 0.
- b) 100.
- c) 200.
- d) 400.

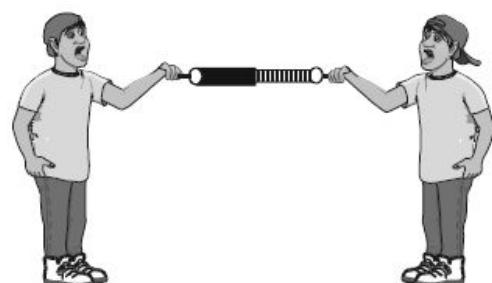


Figura 59.

76 - (CEFET) - Sejam as seguintes situações:

=> Um goleiro encaixa uma bola de futebol, de massa 500 g, que chega até ele com uma velocidade de 20 m/s.

=> Um jogador de beisebol encaixa uma bola, de massa 50 g, que chega até ele com uma velocidade de 72 km/h.

Ambas as bolas são paradas no mesmo intervalo de tempo. Comparando essas situações, podemos afirmar que a força média exercida pelo jogador de beisebol é:

- a que provoca maior aceleração.
- igual à força média exercida pelo goleiro.
- menor que a força média exercida pelo goleiro.
- maior que a força média exercida pelo goleiro.

77 - Um corpo está apoiado em uma mesa sem atrito e preso a um fio. A outra ponta do fio está presa a um ponto fixo (O). Se o corpo for adequadamente impulsionado, ele adquire um movimento circular uniforme no sentido anti-horário em torno de um ponto fixo (O), como mostra a Figura 60. Represente:

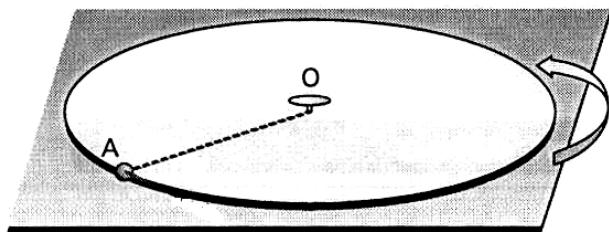


Figura 60.

a) A velocidade do corpo no instante em que ele passa pela posição (A) indicada na figura.

b) As forças que agem sobre o corpo no instante em que passa pela posição A indicada na figura (desprezar a resistência do ar).

78 - (CEFET) A Figura 61 representa dois blocos idênticos A e B sobre um plano liso e horizontal. Eles estão unidos por um fio de massa desprezível. Considere a aceleração da gravidade sendo 10 m/s^2 . A força máxima que o fio resiste sem se romper é 20 N. Assim, o valor máximo da força \vec{F} a ser aplicada em A, é, em N,

- 20.
- 30.
- 40
- 50.

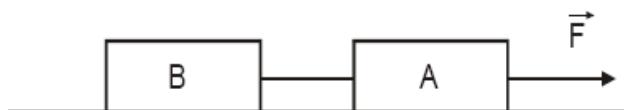


Figura 61.

79 - Um corpo de massa $m = 2\text{kg}$ desloca-se sobre uma superfície horizontal em movimento retilíneo sob a ação de forças, como indicado na Figura 62. Durante 10s, a velocidade escalar do corpo varia de acordo com o gráfico a seguir:

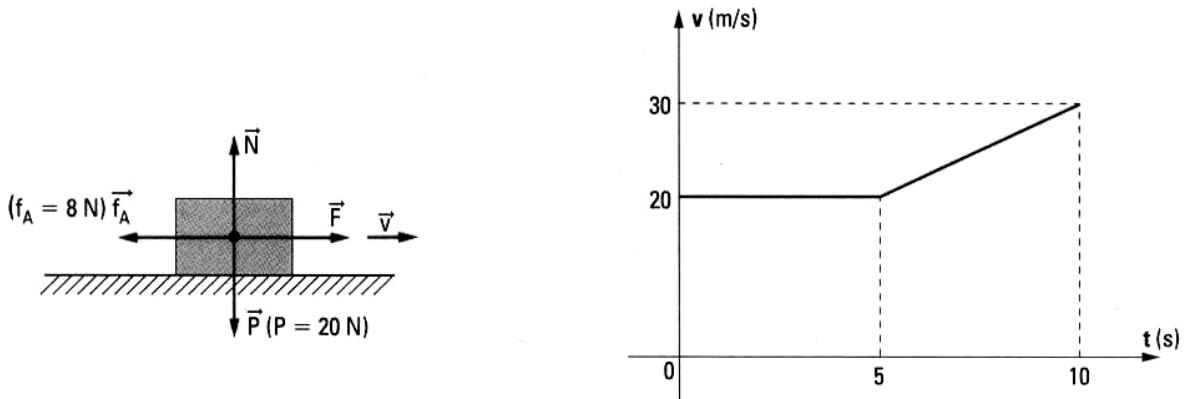


Figura 62 – Exercício 79 [4].

80 – A Figura 63 representa dois corpos A e B, de massas, respectivamente iguais a 4 kg e 6 kg, sobre uma superfície horizontal sem atrito. No bloco A é aplicado uma força horizontal \vec{F} , cuja intensidade é de 20 N [4].

Determine:

- a aceleração da cada bloco
- a intensidade das forças trocadas entre os blocos.

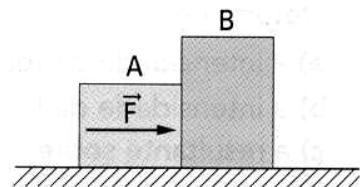


Figura 63.

81 - (UCS-RS) - Uma força de 20 N, atua sobre o bloco A (Figura 64). Os blocos **A** e **B** têm massas $m_A = 3\text{ kg}$ e $m_B = 1\text{ kg}$. Se a superfície sobre a qual desliza o conjunto é horizontal e sem atrito, determine a intensidade da força resultante sobre o bloco **A**.

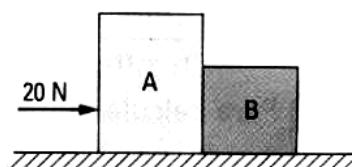


Figura 64.

82 - Dois corpos, de massa iguais respectivamente iguais a 2 kg e 3 kg, são conectados através de um fio ideal e puxados por uma força de 15 N de intensidade, conforme mostra a Figura 65. Determine:

- a aceleração dos blocos;
- a tração no fio.

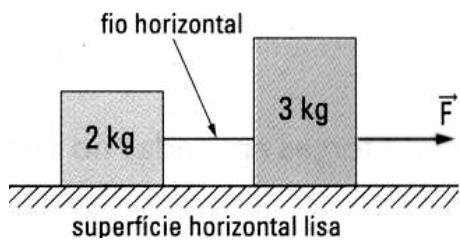


Figura 65.

83 - O bloco 1 da Figura 66 apóia-se sobre uma superfície horizontal e polida. Por um fio ideal, que passa por uma roldana também ideal, ele se liga ao bloco 2, que pende verticalmente [4]. Adotando a aceleração da gravidade igual a 10m/s^2 , determine:

- a aceleração dos blocos;
- a tração no fio.

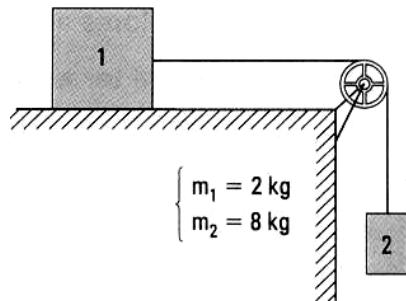


Figura 66.

84 (UFOP –MG) – Na Figura 67 os blocos **A** e **B** estão unidos por uma corda. O bloco **B** é acelerado por uma força \vec{F} igual a 20N e os dois blocos são postos em movimento sobre uma superfície sem atrito. (Dados: $m_A = 8\text{kg}$ e $m_B = 12\text{kg}$.).

- Represente as forças que atuam sobre os blocos **A** e **B**.
- Qual a aceleração dos blocos?
- Qual a tração na corda que une o bloco **A** ao bloco **B**.

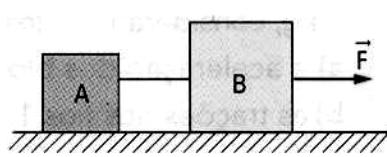


Figura 67.

85 - (FAMECA –SP) A Figura 68 representa o conjunto de três blocos, **A**, **B** e **C**, de massas respectivamente iguais a 10 kg , 5 kg e 3 kg , que deslizam, sem atrito, sobre um plano horizontal sob a ação de uma força horizontal 10 kg , 5 kg e 3 kg , que deslizam, sem atrito, sobre um plano horizontal sob a ação de uma força horizontal de 36 N . Neste caso, a força de tração no fio ligado ao bloco **A** tem intensidade de:

- | | |
|---------|--------|
| a) 56 N | c) 36N |
| b) 16N | d) nda |

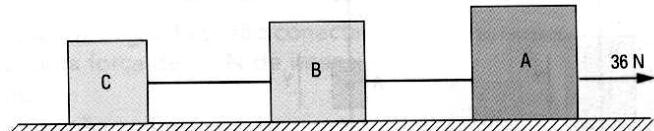


Figura 68.

86 - (UFOP-MG) - Um corpo **A** de massa $m = 2\text{ kg}$ pode deslizar, sem atrito, sobre uma superfície plana – Figura 69. Ele está preso a outro corpo **B**, de mesma massa, através de um fio e de uma polia, ambos ideais. Estando o sistema em movimento, determine a aceleração do corpo **A**.

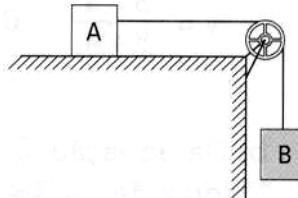


Figura 69.

87 - Na montagem representada na Figura 70 e sabendo que as massas de **A** e **B** são, respectivamente, de 4 kg e 8 kg e considerando ideais os fios e as polias e sendo $g = 10\text{m/s}^2$, determine [4]:

- a aceleração dos blocos;
- as trações nos fios 1 e 2.

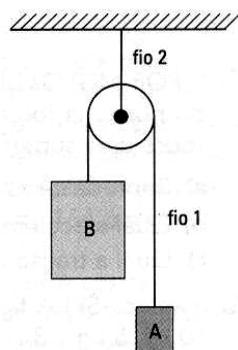


Figura 70.

88 - Uma criança de 20kg de massa está dentro de um elevador, sobre uma balança de molas que marca 160N. Considerando $g = 10\text{m/s}^2$, determine que tipo de movimento está sendo executado pelo elevador.

3.3.3 - Componentes perpendiculares de uma força e Plano Inclinado [4]

Componentes perpendiculares de uma força

Qualquer força pode ser decomposta em dois componentes perpendiculares entre si como indica a figura a seguir:

$$\begin{cases} \vec{F}_y: \text{componente de } \vec{F} \text{ na direção do eixo } y. \\ \vec{F}_x: \text{componente de } \vec{F} \text{ na direção do eixo } x. \end{cases}$$

Os valores algébricos dos componentes as projeções da força nas direções dos eixos:

$$\begin{cases} F_x = F \cdot \cos \theta \\ F_y = F \cdot \sin \theta \end{cases}$$

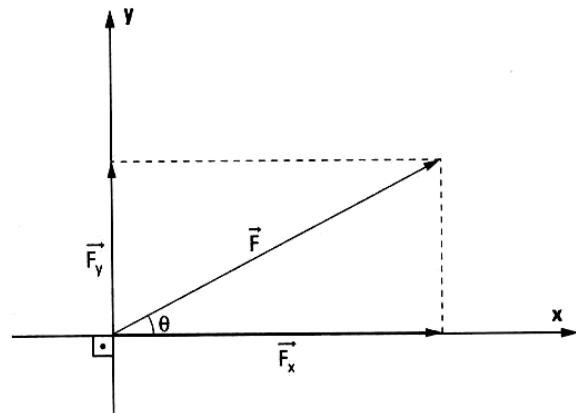


Figura 71 [4].

Plano Inclinado

Para certos problemas envolvendo corpos sobre planos inclinados, é necessário realizar a decomposição do peso do corpo em duas direções do plano e na direção perpendicular a ele, conforme ilustra a Figura 72.

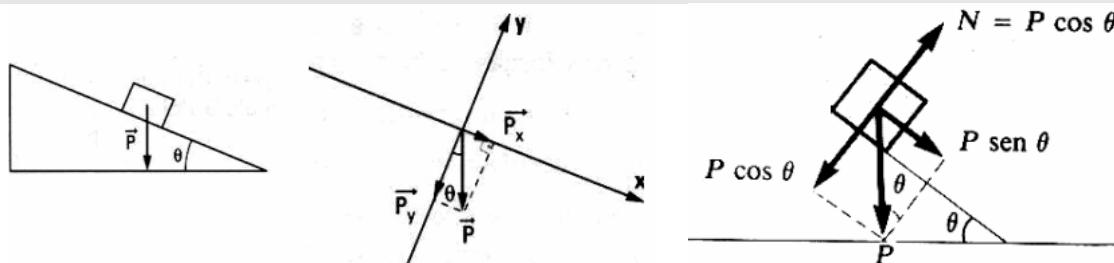


Figura 72 [4].

\vec{P} é o Peso do corpo; θ : ângulo que plano inclinado forma com o plano horizontal ; \vec{P}_x : Componente do peso na direção do plano e \vec{P}_y : componente do peso na direção perpendicular ao plano.

Exercícios:

89 - Um corpo de massa $m = 2\text{kg}$ é abandonado do repouso num plano inclinado idealmente liso, que forma um ângulo $\theta = 30^\circ$ com a horizontal, como mostra a Figura 73. Determine:

- a resultante sobre o corpo;
- a aceleração do bloco;
- a intensidade da força normal que o plano inclinado aplica sobre o corpo.

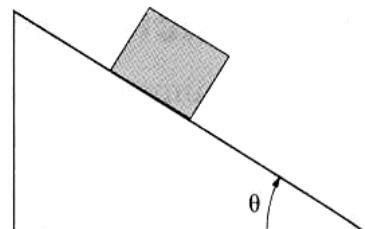


Figura 73 [4].

Dados: $\sin 30^\circ = 0,5$ e $\cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$

90 - A Figura 74 representa dois corpos de massas iguais a 20kg cada um. O plano inclinado é perfeitamente liso [4]. Considerando o fio e a polia ideais e sabendo que $g = 10 \text{ m/s}^2$, determine a aceleração de cada corpo.

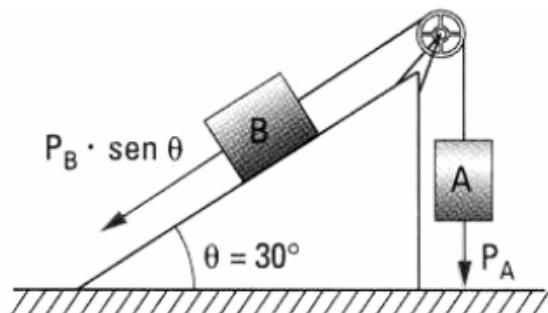


Figura 74 [5].

91 – Um corpo de 2 kg de massa se desloca sobre uma superfície horizontal lisa. Nele, além da força cuja intensidade de $F = 8 \text{ N}$, estão aplicadas apenas a força normal e o peso. Considerando $\sin 60^\circ \approx 0,96$ e $\cos 60^\circ \approx 0,5$, determine:

- a resultante sobre o corpo;
- a aceleração;
- a intensidade do peso;
- a intensidade da normal.

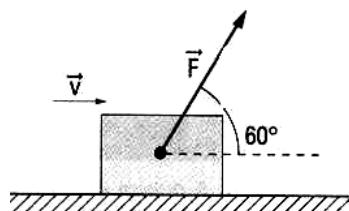


Figura 75.

92) Em um plano inclinado de 30° em relação à horizontal, um bloco de 10 kg de massa, sob a ação da gravidade, é mantido em repouso por meio de um fio, como mostra a figura. Desprezando o atrito entre o bloco e o plano, determine a intensidade da tração no fio.

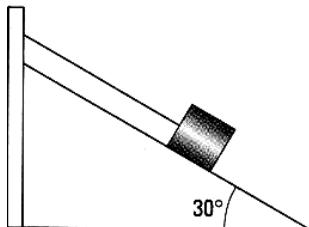


Figura 76.

93) Na figura, o corpo **A** tem massa $m_A = 5\text{Kg}$, e o bloco **B**, $m_B = 20\text{kg}$ [4]. Não há atrito entre os blocos e os planos, nem entre o fio ideal e a polia. Sendo a intensidade da força $F = 40\text{N}$, calcule:

- a aceleração dos blocos;
- b) a tração no fio

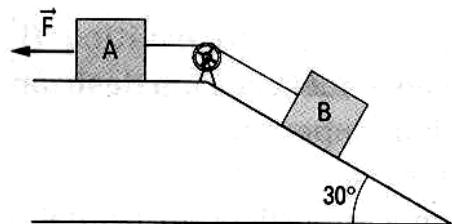


Figura 77 [4].

3.3.4 - Força de Atrito [4]

São forças tangenciais que surgem quando há escorregamento ou tendência de escorregamento entre superfícies sólidas que se comprimem – veja a Figura 78. A Força de atrito se divide em Força **Atrito Estático** e Força de **Atrito Cinético**.

A força de atrito estático ocorre quando há uma tendência de escorregamento (o corpo está em repouso) entre superfícies que se comprimem.

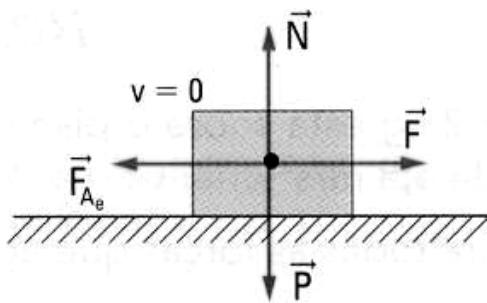


Figura 78 [4].

Este atrito apresenta as seguintes características.

- Possui módulo variável: depende da força motriz aplicada;
- Admite um valor máximo.

Este valor máximo é proporcional à força normal aplicada sobre o corpo e pode ser calculada através da seguinte equação:

$$f_{ae}^{\max} = \mu_e \cdot N$$

Onde μ_e é denominado de coeficiente de atrito estático e depende da rugosidade (irregularidades) das superfícies em contato.

O μ_e pode se determinado através do conhecimento de um ângulo θ do plano com a horizontal (figura abaixo), quando o corpo se encontra na iminência de escorregar tem-se o coeficiente estático na seguinte expressão: $\mu_e = \operatorname{tg} \theta$

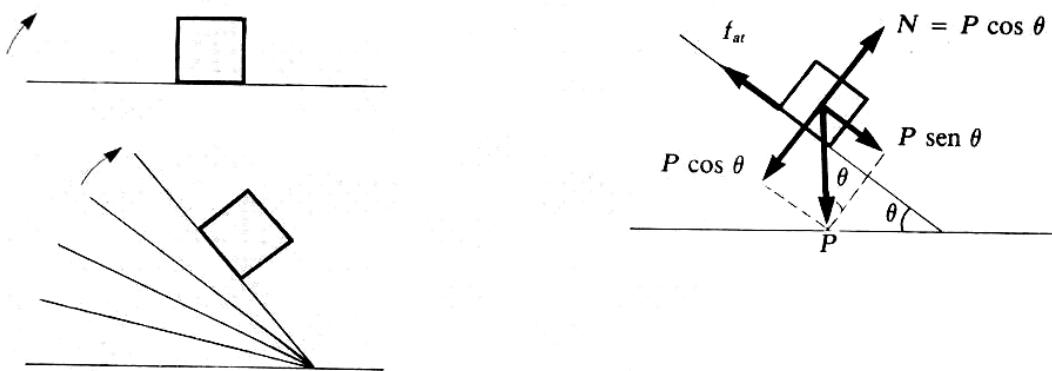


Figura 79 [5].

A força de Atrito Cinético é a força de atrito que atua nos corpos em movimento. Este tipo de atrito possui um módulo constante e sua expressão é dada por: $f_{ac} = \mu_c \cdot N$

Onde μ_c é o coeficiente de atrito cinético e também depende da rugosidade das superfícies em contato.

O gráfico da Figura 80 mostra de que maneira variam os atritos estático e cinético entre superfícies.

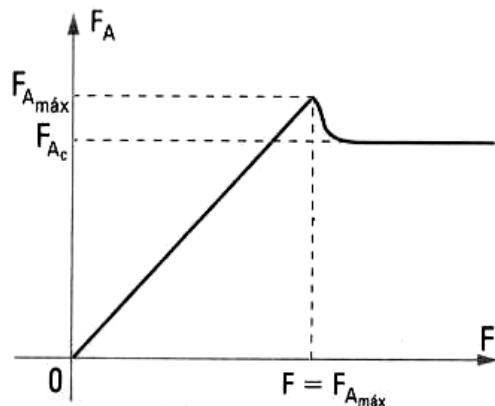


Figura 80 [4].

94 - O coeficiente de atrito estático entre o corpo de massa $m = 10 \text{ kg}$ e a superfície plana horizontal de apoio é $\mu_e = 0,3$ e o coeficiente de atrito cinético é $\mu_c = 0,2$. Preencha na Tabela 4 abaixo os valores das forças de atrito em função da variação da intensidade da força \vec{F} aplicada no corpo.

Tabela 4

Força de atrito (N)	Força aplicada \vec{F} (N)
	10
	20
	30
	40

95 – (CEFET) Um livro em repouso está apoiado sobre uma mesa inclinada de um ângulo α em relação ao piso, conforme o desenho. Sejam f_e a força de atrito e N a força normal que atuam no livro e P o seu peso, então, é correto afirmar, com relação aos seus módulos, que:

- a) $N < P$ e $f_e = P \sin\alpha$
- b) $N = P$ e $f_e = P \sin\alpha$
- c) $N < P$ e $f_e = P \cos\alpha$
- d) $N = P$ e $f_e = P \cos\alpha$

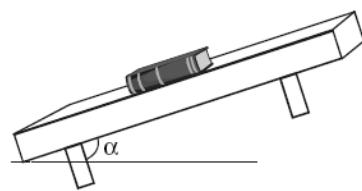


Figura 81.

96 - Um bloco de massa $m = 5,0\text{kg}$, desloca-se na horizontal sob a ação da força \vec{F} , de intensidade $F = 50\text{N}$, como mostra a figura. O coeficiente de atrito entre o bloco e o solo é $\mu = 0,4$. Considerando $g = 10\text{m/s}^2$, determine a aceleração do bloco. (Dados: $\text{Sen } \theta = 0,6$ e $\text{Cos } \theta = 0,80$).

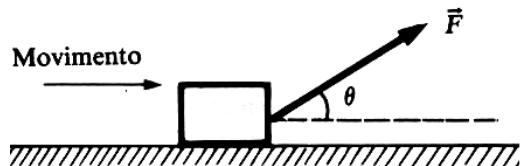


Figura 82 [5].

97- (EFOA-MG) Dois blocos idênticos, ambos com massa m , são ligados por um fio leve, flexível. Adotar $g = 10 \text{ m/s}^2$. A polia é leve e o coeficiente de atrito do bloco com a superfície é $\mu = 0,2$. A aceleração dos blocos é:

- a) 10 m/s^2
- b) 6 m/s^2
- c) 5 m/s^2
- d) 4 m/s^2
- e) nula

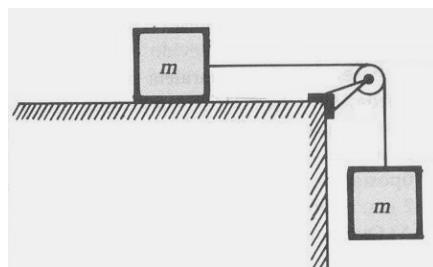


Figura 83.

98 - Um bloco de 5 kg de massa está em repouso numa superfície. Os coeficientes de atrito estático e cinético são respectivamente iguais a 0,4 s e 0,3 s e $g = 10 \text{ m/s}^2$.

- Determine a intensidade da força horizontal com que o bloco deve ser puxado para que fique na iminência de deslizamento.
- Se o bloco for puxado por uma força de 30N que forma com a horizontal um ângulo de 60° , ele começará se mover? Justifique.
- Determine a intensidade da força normal sobre o bloco quando ele é puxado por uma força de 50N que forma um ângulo de 60° com a horizontal.

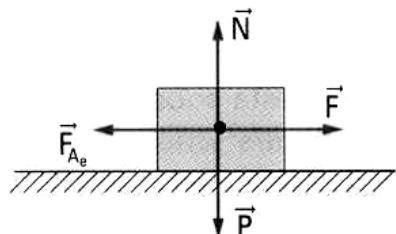


Figura 84.

99 – (UFOP-MG) Uma força horizontal de 50N atua sobre um bloco A, de massa igual a 10kg, em um plano horizontal. A aceleração resultante do bloco é $2,5 \text{ m/s}^2$. Considerando $g = 10\text{m/s}^2$, o coeficiente de atrito cinético entre o bloco e o plano é:

- a) 0,15 b) 0,2 c) 0,25 d) 0,3 e) 0,5

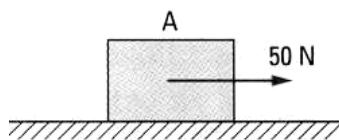


Figura 85.

100 - (Fatec-SP) Dois corpos, A e B, vinculados por um fio leve e inextensível, conforme ilustrado no esquema, permanecem em repouso.

O coeficiente de atrito entre o corpo A e o plano horizontal é 0,3. A polia C é ideal. A força de atrito tem intensidade de:

- a) 30N c) 100N e) 6N
b) 20N d) 50N

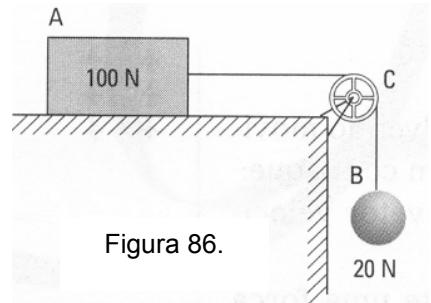


Figura 86.

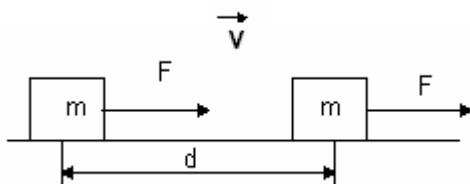
101- (UNICAMP- SP) Um carro de 800kg, andando a 108 kg, freia bruscamente e pára em 5s.

- a) Qual é a aceleração do carro?
b) Qual o valor da força de atrito que atua sobre o carro.

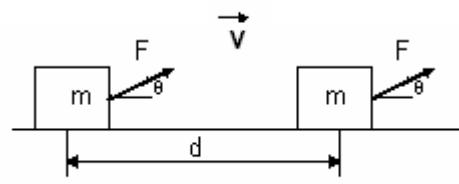
4. Trabalho, Potência e Energia Mecânica

O trabalho é gerado quando uma determinada força \vec{F} provoca um **deslocamento d** sobre o corpo em que está aplicada.

O trabalho realizado por uma força ou por uma resultante pode ser trabalho de uma força constante **paralela ao deslocamento** ou trabalho de uma força **não paralela (inclinado) ao deslocamento**. Veja os exemplos, com as respectivas equações:



$$\tau = \vec{F} \cdot d$$



$$\tau = \vec{F} \cdot d \cdot \cos \theta$$

Figura 87.

A unidade de trabalho no SI é **Joule (J)**, a mesma unidade utilizada para energia (que se será tratada logo adiante), pois energia está relacionada à capacidade de se produzir movimento e o trabalho é gerado quando uma força provoca um movimento (deslocamento).

O trabalho pode ser **motor (+)** quando a força aplicada está no mesmo sentido do deslocamento e paralela, pode ser **resistivo (-)** se a força aplicada for paralela, porém de sentido contrário ao movimento, e ainda o trabalho pode ser **nulo** ser a força aplicada ao corpo fizer um ângulo de 90° em relação ao sentido de movimento, pois $\cos 90^\circ = 0$.

O trabalho pode ser calculado também através da área do gráfico $F \times d$, veja o exemplo na figura a seguir:

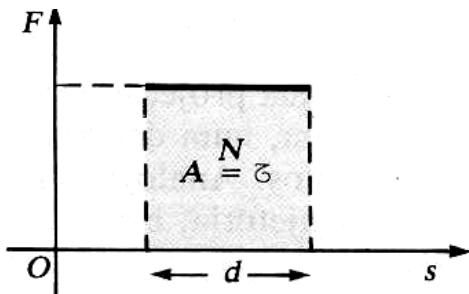


Figura 88 [5].

Exercícios:

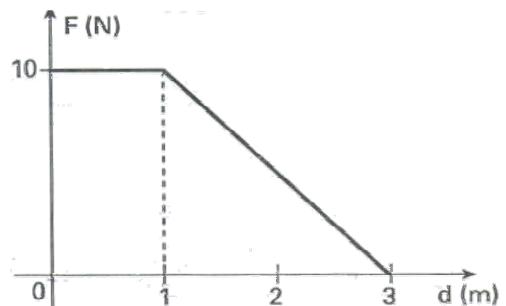
- 102 - Um menino arrasta com uma corda um caixote sobre uma superfície horizontal. A força de tração na corda tem intensidade de 10 N e forma um ângulo de 60° ($\cos 60^\circ = 0,5$) com a horizontal. Sabendo

que o caixote se desloca em movimento uniforme e que $g = 10\text{m/s}^2$, e que o mesmo tem 2kg, determine o trabalho:

- Da força de tração para um deslocamento de 5m;
- Da força de atrito durante esse mesmo deslocamento;
- Da força normal.

103 - (FUVEST-SP) O gráfico representa a variação da intensidade da força resultante \vec{F} , que atua sobre um corpo de 2kg de massa, em função do deslocamento x . Sabendo que a força \vec{F} tem a mesma direção e o mesmo sentido do deslocamento, determine:

a) a aceleração máxima adquirida pelo corpo;



b) o trabalho total realizado pela força \vec{F} , entre as posições $x = 0\text{ m}$ e $x = 3\text{ m}$.

104 - Um corpo de massa 2 kg está em repouso na posição A. Aplica-se no corpo uma força horizontal de intensidade 30 N, que o desloca até B. O coeficiente de atrito entre o corpo e a sua superfície vale 0,5. O tempo gasto para o deslocamento foi de 3 s [5]. Considere $g = 10\text{m/s}^2$.

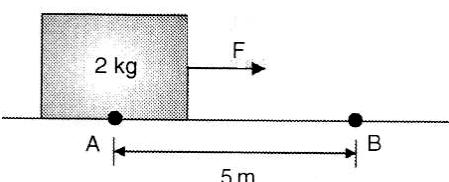


Figura 89 [5].

a) Qual o trabalho realizado pela força F no deslocamento de A até B?

b) Qual o trabalho da força de atrito sobre o corpo desde A até B?

4.1- Trabalho da força peso

O trabalho da força peso é dado pela equação $\tau = ph$ ou $\tau = mgh$, e este trabalho não depende da trajetória e sim do desnível em relação ao solo, ou seja, da altura h, veja a figura abaixo:

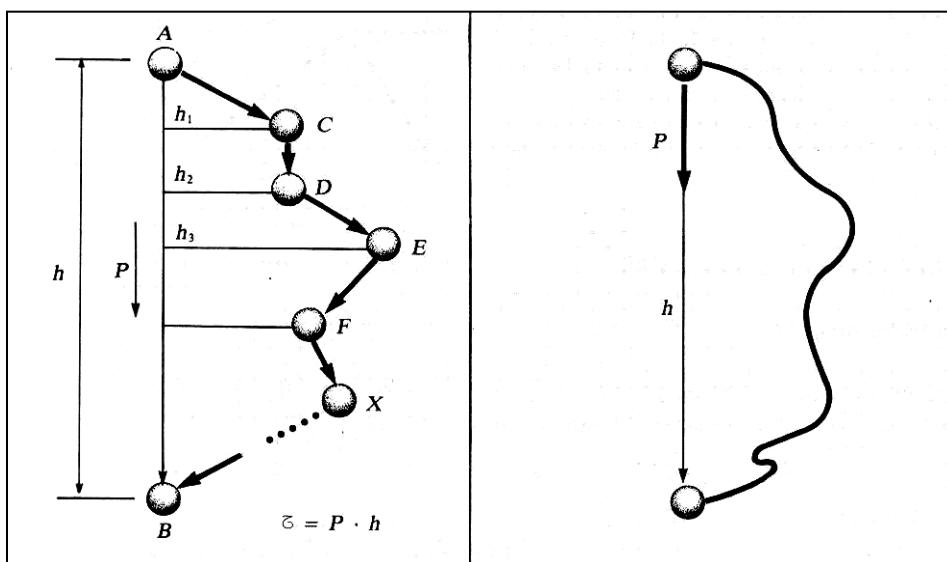


Figura 90 [5].

Exercícios

105 – Um corpo de 2kg é jogado para cima, a partir da base de um plano inclinado de 8 m de comprimento; ele pára exatamente no ponto mais alto do plano e, em seguida, retorna à base [4]. Considerando $g = 10\text{m/s}^2$ e sabendo que o ângulo que plano forma com a horizontal é de 30° , determine o trabalho do peso do corpo:

a) Na subida;

b) Na descida.

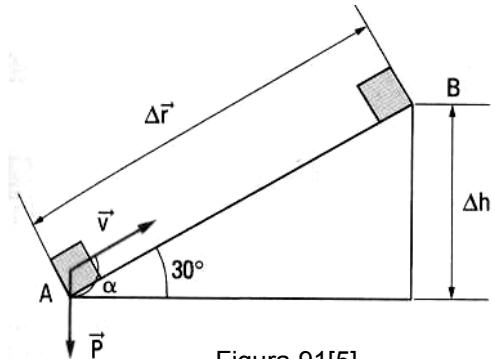


Figura 91[5].

106 - Um corpo de 5 kg desce uma rampa de 20 m, inclinada a 30° com a horizontal [4]. Determine o trabalho do peso, em Joules, nesses 20 m, considerando $g = 10\text{m/s}^2$.

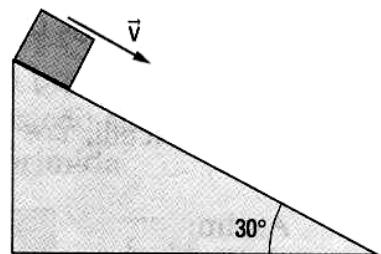


Figura 92 [4].

107 - Um objeto de massa 4,0 kg desce um plano inclinado conforme indicado na figura, com velocidade constante ($g = 10\text{m/s}^2$).

Determine:

- O trabalho da resultante sobre o objeto durante seu movimento sobre o plano.
- O trabalho do peso desde o ponto A até o ponto B.
- Desprezando a resistência do ar, qual o trabalho da normal e do atrito sobre o bloco desde o ponto A até o ponto B.

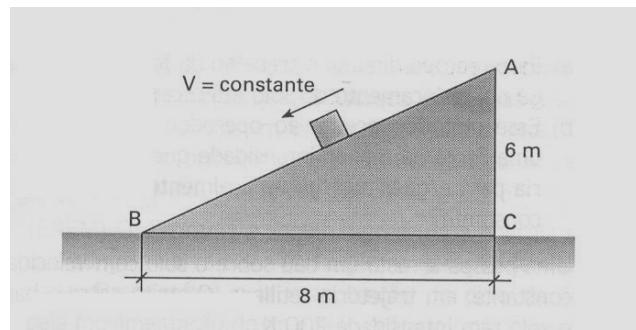


Figura 93 [3].

4. 2- Trabalho da força Elástica [4]

O gráfico da Figura 94 representa a intensidade da força elástica F_{el} em função da deformação da mola. O trabalho dessa força variável pode ser calculada pela área do triângulo formado entre o eixo x e a reta inclinada multiplicada pelo $\cos 180^\circ$.

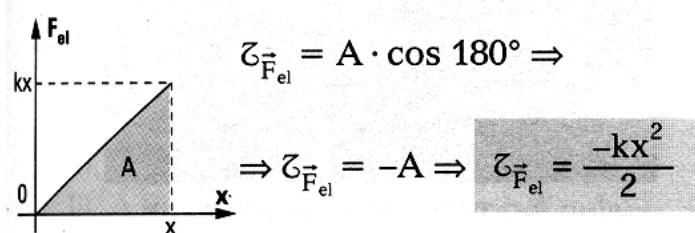


Figura 94 [4].

Exercícios:

108 - O gráfico a seguir representa a intensidade da força elástica que um estilingue aplica numa pequena esfera durante os 24 cm de alongamento da borracha [4]. Observação: não se esqueça de transformar cm em m.

- Calcule a constante elástica do estilingue em N/m.

- Calcule o trabalho da força elástica aplicada na esfera durante os 24 cm de alongamento das borrachas

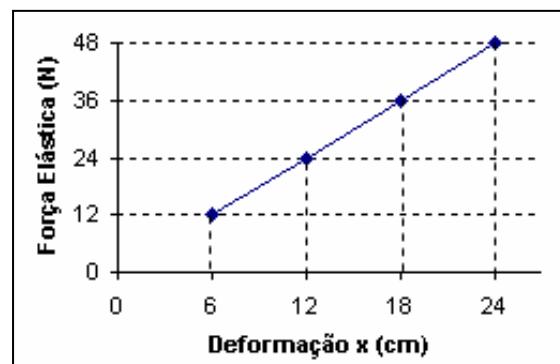
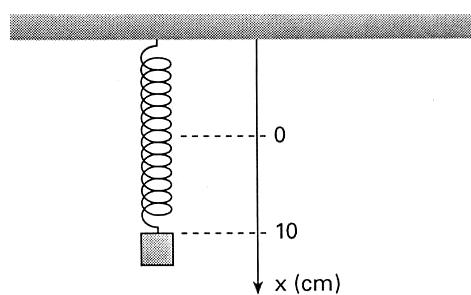


Figura 95 [4].

109-(Fonte: 3) A figura representa um corpo de 200g de massa em equilíbrio na extremidade de uma mola pendurada verticalmente e alongada em 10 cm.

Considerando $g = 10 \text{m/s}^2$, determine:

- A constante elástica da mola;
- O trabalho realizado pela força elástica quando o corpo é deslocado desde a posição de comprimento natural da mola até a posição de equilíbrio do corpo.



4.3 - Potência

Potência é a velocidade em que se realiza um determinado trabalho, ou seja, é o quociente entre o trabalho realizado e o intervalo de tempo gasto. $P = \frac{\tau}{\Delta t}$, no SI, a unidade de potência é o **Watt (W)**.

$$1 \text{ W} = 1 \frac{\text{J}}{\text{s}}$$

Há outras unidades de potência como Horse-power (HP): e o cavalo-vapor (CV), onde **1 HP = 746 W** e **1 CV = 735 W**.

Exercícios:

110 - Qual é a potência desenvolvida por um guindaste ao elevar um carga de 300 kg a uma altura de 3m em 3 segundos (considere $g = 10 \text{m/s}^2$).

111 - (Fatec-SP) Um operário eleva lentamente uma carga de massa igual a 40 kg à altura de 10 m, gastando 20s nessa operação.

Sendo $g = 10 \text{m/s}^2$ e desprezando as massas da corda e da polia, bem como o atrito na polia, o trabalho realizado pela força que o operário aplica e a potência útil são, respectivamente:

- | | | |
|------------------|-------------------|-------------------|
| a) 400 J e 200 W | c) 400 J e 400 W | e) 4,0 kW e 200 W |
| b) 200 J e 400 W | d) 200 J e 4,0 kW | |

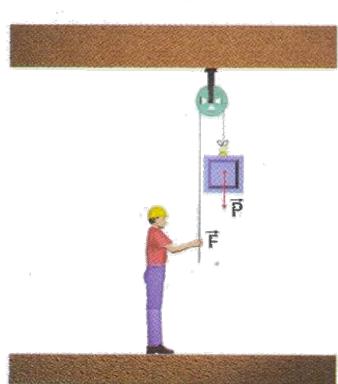


Figura 97.

112 - Um carro de corrida, com massa total $m = 800 \text{ kg}$, parte do repouso e, com aceleração constante, atinge, após 15s, a velocidade de 270 km/h (ou seja, 75 m/s). Despreze as perdas por atrito e as energias cinéticas de rotação (como a das rodas do carro). Suponha que o movimento ocorra numa trajetória retilínea e horizontal.

a) Qual o valor no módulo da aceleração do carro nesses 15 s?

b) Qual o valor do componente horizontal da força que a pista aplica ao carro durante sua aceleração?

c) Qual a potência fornecida pelo motor quando o carro está a 180 km/h ?

113 (CEFET) Um bloco movimenta-se sobre uma superfície horizontal, da direita para a esquerda, sob a ação das forças mostradas na Figura 98. Pode-se afirmar que:

- a) Todas as forças realizam trabalho.
- b) apenas as forças N e P realizam trabalho.
- c) apenas as forças F e f realizam trabalho.
- d) Apenas F realiza trabalho.

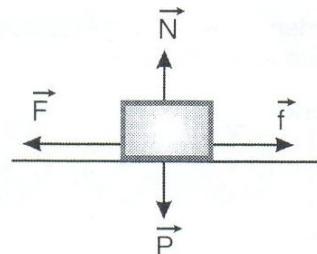


Figura 98.

114 - (CEFET) O consumo de energia elétrica residencial mensal, expresso em kWh (quilowatt-hora), é registrado por um medidor, composto de cinco relógios numerados de zero a nove e dotados de um ponteiro, cuja, rotação é da numeração crescente. O primeiro relógio, à esquerda, marca dezenas de milhar; o segundo, milhar; o terceiro centenas; o quarto, dezenas e o último unidades. A Figura 99 indica as leituras anterior e atual de duas contas de energia elétrica, de um mesmo medidor residencial, em dois meses consecutivos, e num período de trinta dias.

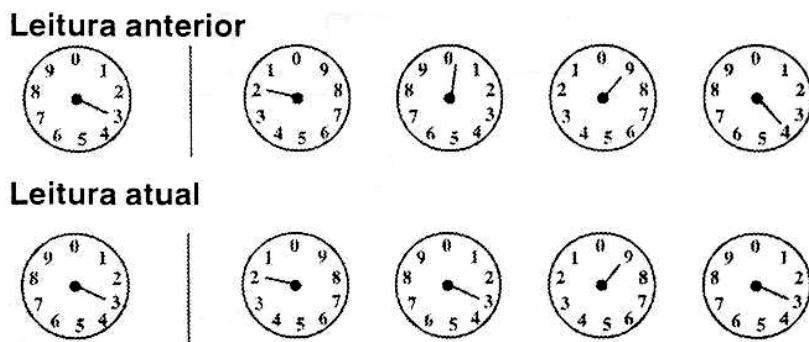


Figura 99.

Considerando que a tarifa da distribuidora é de R\$ 0,44 o kWh, o custo da conta de energia elétrica dessa residência, no período de trinta dias, em reais, é:

- a) 231,56
- b) 131,56
- c) 126,06
- d) 106,56.

4.4 - Energia Mecânica

Há várias formas de energia tais como luminosa, térmica, química, sonora, elétrica, **cinética**, **potencial**, etc.

Pode-se dizer que energia está relacionada à capacidade de produzir movimento, e que a energia pode ser modificada ou transformada, mas nunca criada ou destruída.

A Energia Mecânica (E_{mec}) é soma de dois tipos de energia: **Cinética e Potencial**.

A energia cinética (E_c) é aquela que se manifesta nos corpos em movimento. Ela pode ser calculada pela expressão:

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \quad \text{onde } m \text{ é a massa do corpo e } v \text{ é a velocidade do corpo.}$$

4.4.1 -Teorema Trabalho - Energia

Uma partícula que sofre ação de uma força resultante, onde, certamente, esta força provocará uma variação em sua velocidade. A esta variação pode-se relacionar uma modificação na sua energia cinética. Pode-se dizer que o trabalho realizado pela força resultante é igual à variação da energia cinética da partícula

O trabalho realizado pela força F é:

$$\tau = F \cdot d \cdot \cos\theta = F \cdot d \cdot \cos 0^\circ = F \cdot d.$$

Da 2ª lei de Newton, tem-se, $\mathbf{F} = m \cdot \mathbf{a}$

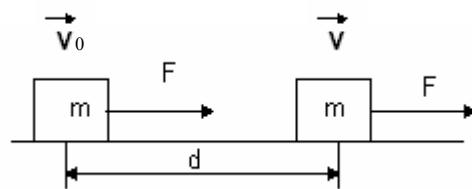


Figura 100 [4].

Assim, $\tau = m \cdot a \cdot d$; utilizando a equação de Torricelli ($V^2 = V_0^2 + 2 \cdot a \cdot d$) tem-se $a \cdot d = \frac{V^2 - V_0^2}{2}$.

Substituindo a equação do trabalho, vem que: $\tau = m \left(\frac{V^2 - V_0^2}{2} \right) = \frac{m \cdot V^2}{2} - \frac{m \cdot V_0^2}{2}$.

Logo a expressão do teorema ficará: $\tau = E_{cin}^f - E_{cin}^0$.

→ O trabalho da força resultante sobre um móvel é igual à variação da sua energia cinética.

Exercícios:

115) Um corpo de 10 kg parte do repouso sob a ação de uma força constante paralela à trajetória e 5 s depois atinge 15 m/s. Determine sua energia cinética no instante 5 s e o trabalho da força, suposta única, que atua no corpo no intervalo de 0 s a 5 s.

4.4.2 - Energia Potencial Gravitacional

Esse tipo energia surge quando um corpo apresenta de certo desnível (altura) em relação a uma dada referência, dentro de um campo gravitacional qualquer.

A energia potencial é uma espécie de energia armazenada pelo corpo que a possui.

A palavra **potencial** significa habilidade, capacidade, condição de realizar um trabalho.

A expressão da energia potencial gravitacional é:

$E_p = m \cdot g \cdot h$, onde m = a massa do corpo; g = aceleração da gravidade e h é altura do corpo em relação a um referencial

4.4.3 - Energia Potencial Elástica

Esta modalidade de energia surge quando estendemos ou comprimimos elementos elásticos, e em resposta estes elementos armazenam uma determinada energia que pode ser recuperada na forma de energia cinética (movimento).

$$E_p = \frac{k \cdot X^2}{2}, \text{ onde } k \text{ é constante elástica da mola (N/m), } X \text{ é deformação da mola dada em metros (m).}$$

4.4.4 - Conservação da Energia Mecânica (E_m)

A energia pode ser modificada ou transformada, mas nunca criada ou destruída, assim a energia armazenada (E_p) em um elemento elástico pode ser transformada em energia cinética, assim como a energia armazenada em corpo que foi elevado a uma determinada altura pode ser convertida em energia cinética (energia de movimento).

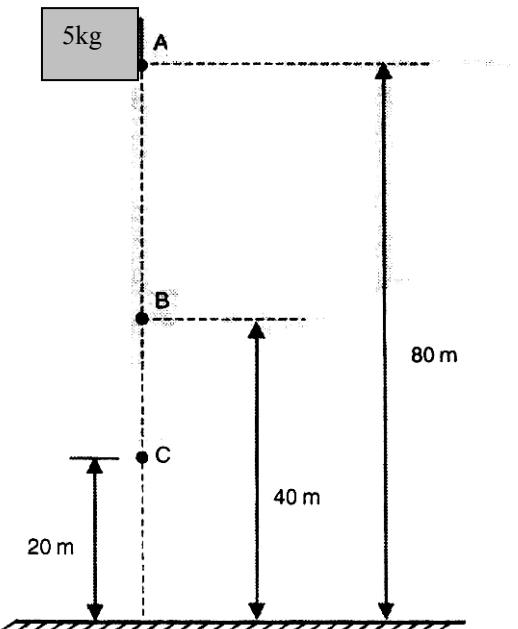
Quando um corpo é solto de uma determinada altura e desliza sobre um plano inclinado por exemplo, sua energia potencial gravitacional vai se transformando em energia cinética, assim pode-se dizer que, em qualquer ponto após um certo Δh a energia mecânica deste corpo é soma da energia potencial mais a energia cinética.

$$E_m = E_c + E_p$$

No exemplo a cima não se considerou forças dissipativas, tais como resistência do ar, atrito entre as superfícies em contato, **assim a energia mecânica de um corpo apenas se conserva na ausência das forças dissipativas.**

Exercícios

116 - A Figura 101 mostra um corpo de 5kg em repouso em um ponto A e a 80 m do solo [1]. O corpo será solto de A e cairá em queda livre. Considerando $g = 10 \text{ m/s}^2$, $h_B = 40 \text{ m}$ e $h_C = 20\text{m}$, determine a velocidade deste corpo ao passar pelos pontos B e C.



117 - Uma criança de 30kg desce em um escorregador de 20m de altura e chega à base desse escorregador (solo) com velocidade de 5 m/s^2 . Considere $g = 10 \text{ m/s}^2$.

A energia dissipada devido ao atrito no mesmo com o escorregador foi de:

- a) 0 J b) 375 J c) 3000 J d) 5625 J

118 - Um corpo de 4kg cai de uma altura de 20 m, sob efeito da força gravitacional (peso do corpo). Considerando $g = 10 \text{ m/s}^2$, pode-se afirmar que o trabalho da força gravitacional foi, em joule, de:

- a) 0 b) 10 c) 80 d) 800

119 - (CEFET) Um corpo é abandonado de uma certa altura em relação ao solo e, à medida em que vai caindo sob a ação de seu peso, a sua energia

- a) cinética diminui.
- b) potencial gravitacional aumenta
- c) cinética aumenta.
- d) potencial gravitacional permanece constante.

120 - (CEFET) A energia cinética de um corpo de massa M é

- a) inversamente proporcional à massa.
- b) diretamente proporcional à velocidade.
- c) inversamente proporcional ao quadrado da velocidade.
- d) diretamente proporcional ao quadrado da velocidade.

Figura 101.

- 121 - (CEFET) Uma bola metálica cai da altura de 1,0 m sobre um chão duro – Figura 102. A bola repica no chão várias vezes, conforme a figura. Em cada colisão, ela perde 20% de sua energia mecânica. Desprezando a resistência do ar e considerando $g = 10 \text{ m/s}^2$, a sua altura máxima que a bola atinge após as duas primeiras colisões (ponto A), em metros, é
- 0,20
 - 0,33
 - 0,41
 - 0,64

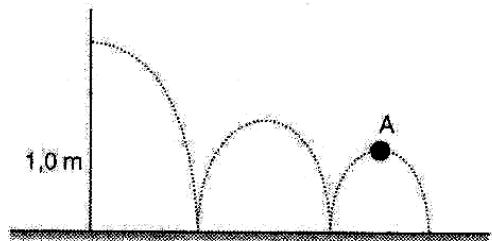
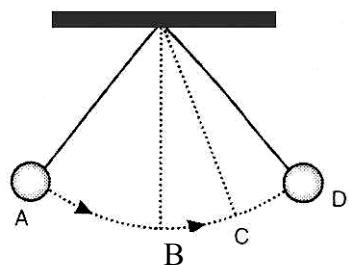


Figura 102.

- 122 - (CEFET) A Figura 103 representa uma esfera presa a um fio oscilando entre os pontos A e D. Se o fio for frágil, o ponto da trajetória em que ele tem maior probabilidade de se romper é



- A
- B
- C
- D

Figura 103.

- 123 - (CEFET) Uma bola de borracha é arremessada contra uma superfície horizontal retornando à mesma altura de que foi lançada. Veja a Figura 104, em que a bola é desenhada em três posições consecutivas 1, 2 e 3. Em 1, a bola tem velocidade inicial diferente de zero e, em 3, sua velocidade é nula.

Considere:

E_{p1} : energia potencial gravitacional da bola em relação à superfície, na posição de lançamento.

E_{c1} : energia cinética da bola imediatamente após o lançamento.

E_{c2A} : energia cinética da bola imediatamente antes de colidir com a superfície.

E_{c2D} : energia cinética da bola imediatamente depois de colidir com a superfície.

E_M : energia mecânica da bola.

No percurso 1 – 2 – 3, podemos afirmar que:

- E_M não se conserva.
- E_{c2A} é igual a E_{p1} .
- E_{c2D} é igual a E_{c2A} .
- E_{c2D} é maior que E_{c2A} .

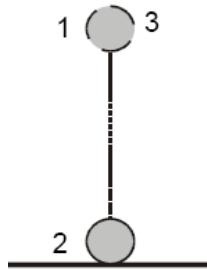


Figura 104.

- 124 - (CEFET) Uma pedra de massa 500 gramas é arremessada verticalmente para cima com uma energia cinética de 200 J de um ponto a 2,0 metros de altura do solo. Desprezando a resistência do ar, a energia cinética com que a pedra atinge o solo, em joules, é: Dado : $g = 10 \text{ m/s}^2$

- 10
- 190
- 200
- 210

125 (CEFET) Uma bola de tênis de massa m é solta, em queda livre, de um ponto P , a uma altura H em relação ao solo, como mostra a Figura 105, tendo uma energia potencial E_p . Sendo V a velocidade da bola ao passar por um ponto X a uma altura $H/2$, é correto afirmar que, neste ponto, sua energia mecânica é

- a) E_p
- b) $E_p/2$
- c) $\frac{mV^2}{2}$
- d) $E_p + \frac{mV^2}{2}$

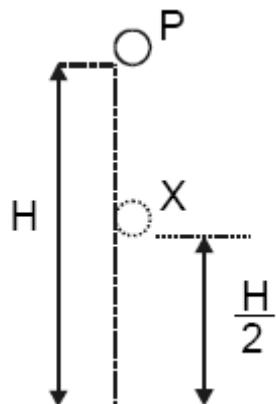


Figura 105.

126 – (CEFET) Uma bola de borracha de massa m é lançada verticalmente para baixo, do alto de um edifício da altura H , com a velocidade inicial V_o e um local onde a aceleração da gravidade é igual a g . Desprezando a resistência do ar, pode-se afirmar que a energia mecânica (E_M) da bola no instante em que altura é igual a $H/2$, em relação ao solo, vale

- a) $mg\left(\frac{H}{2}\right)$
- b) $\frac{1}{2}m.V_o^2 + mg\left(\frac{H}{2}\right)$
- c) $\frac{1}{2}m\left(\frac{V_o}{2}\right)^2 + mg\left(\frac{H}{2}\right)$
- d) $\frac{1}{2}m.V_o^2 + mgH$

127) A Figura 106 representa o trecho de uma montanha-russa [4]. O carrinho passa pelo ponto **A** com velocidade de 5 m/s. Determine a velocidade do carrinho ao passar pelo ponto **B**, desprezando as forças dissipativas e considerando $g = 10 \text{ m/s}^2$.

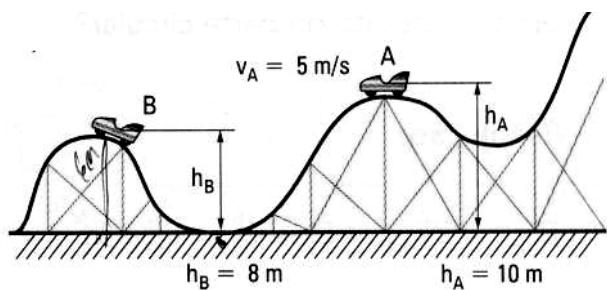


Figura 106 [4].

128 - No pêndulo simples da Figura 107, a massa pendular executa um movimento oscilatório, atingindo, em relação ao ponto mais baixo de sua trajetória, uma altura máxima de 80 cm. Considerando $g = 10 \text{ m/s}^2$, determine sua velocidade ao atingir o ponto mais baixo, desprezando qualquer dissipação de energia [4].

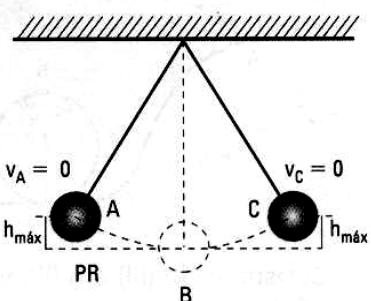


Figura 107 [4].

129 - Uma mola ideal, cuja constante elástica é $k = 500 \text{ N/m}$, está confinada num tubo sobre uma horizontal, como indica a Figura 108 [4]. A mola é comprimida em 10 cm e mantida assim por um pino. Uma esfera de 200 g é colocada em contato com a mola. O pino é então retirado e a mola volta ao seu comprimento natural. Desprezando as forças dissipativas, qual a velocidade da esfera ao abandonar o pino?

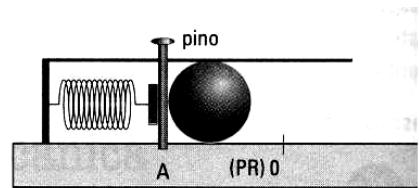


Figura 108 [4].

5 - Máquinas Simples

São dispositivos que contribuem ou facilitam a realização de um determinado trabalho, por exemplo alavancas (pode diminuir consideravelmente o esforço de uma pessoa ao levantar um corpo), Plano Inclinado (facilita o deslocamento de um corpo para partes mais altas), polias móveis (reduz o esforço ao levantar corpos presos a cabos). Há uma infinidade de máquinas presentes no nosso cotidiano que tornam nossa vida mais confortável (Automóvel, Máquina de lavar roupa, Avião, Navio, etc), porém neste capítulo será estudada apenas as máquinas simples **Alavanca, Plano Inclinado e Polias**.

5.1 - Alavancas

As alavancas constituem uma máquina simples (geralmente constituída de uma barra rígida) que, sendo submetida a dois esforços (força motriz e força resistente), pode rotacionar em torno de seu ponto de apoio [2]. Veja exemplos (a) e (b) na Figura 109.

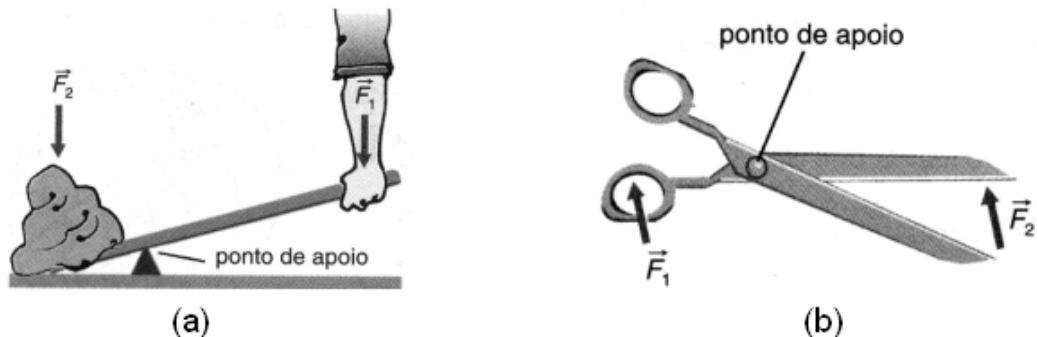


Figura 109 – Exemplos de ponto de apoio [2].



Figura 110 – “Se me derem uma alavanca e um ponto de apoio, deslocarei o mundo” (Arquimedes) [2].



Figura 111 – Outros exemplos de alavanca [2].

5.1.1 - Condições de Equilíbrio de uma Alavanca

No século III a.C., Arquimedes, após a realização de um grande número de experiências, chegou à conclusão que, quando a alavanca está em equilíbrio, o produto da força F_1 (potente) – veja a Figura 112 – pelo braço (60 cm) é igual ao produto da força F_2 (resistente) pelo braço (20 cm).

Desta forma se estabeleceu a seguinte relação de equilíbrio:

$$F_1 \cdot d_1 = F_2 \cdot d_2$$

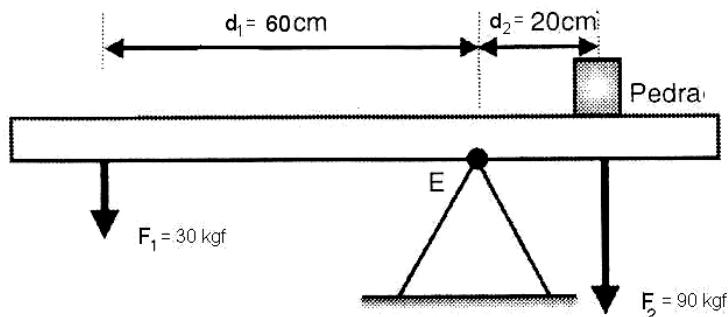


Figura 112 – Situação mostrando a relação de equilíbrio $F_1 \cdot d_1 = F_2 \cdot d_2$ [1].

Exercícios

130 – [1] Qual deverá ser a massa do corpo A para equilibrar a alavanca representada no desenho da Figura 113?

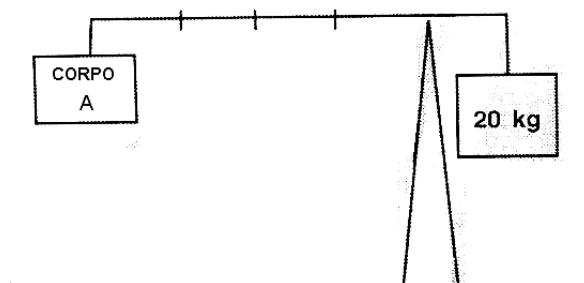


Figura 113 – Situação do exercício 130 [1].

131 - Para retirar uma “porca” com a chave indicada [1], qual das forças indicadas, todas de mesma intensidade, é mais eficiente?

- a) F_1 b) F_2 c) F_3 d) F_4

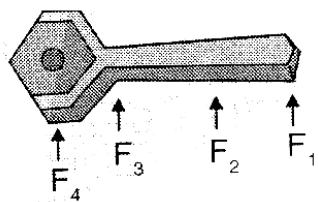


Figura 114 – Situação do exercício 131 [1].

132 - Para arrancar uma estaca do solo, deve-se puxá-la com uma força de 2000 N, verticalmente para cima [1]. No entanto, para arrancar a estaca usando o arranjo ilustrado na Figura 115, que mostra uma peça de madeira amarrada na estaca e apoiada em um apoio, o homem deve fazer uma força mínima de, aproximadamente:

- a) 1000 N, para baixo. c) 1000 N, para cima.
b) 4000N, para cima. d) 4000 N, para baixo.

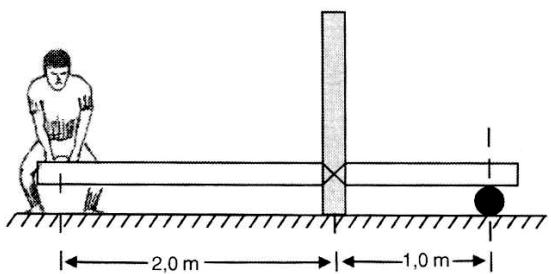


Figura 115 – Situação do exercício 132 [1].

133 - (UFOP-MG) Uma haste de madeira está apoiada conforme mostra a Figura 133. Considerando desprezível o peso da haste, determine a relação entre P_A e P_B , para que a haste permaneça em equilíbrio. Justifique.

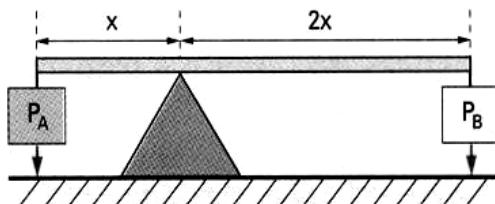


Figura 116 – Situação do Exercício 133.

134 - Uma pessoa de 30 kg caminha sobre uma prancha de 8 m de comprimento e de 240 N de peso, como indica a Figura 117 [4]. A prancha está apoiada no ponto A e é articulada em C. Qual o máximo valor de X , contado a partir do ponto C, para que a pessoa possa caminhar sobre a prancha sem perder o equilíbrio? (Lembre-se que o peso da prancha está concentrado no centro geométrica da mesma, na metade de seu comprimento).

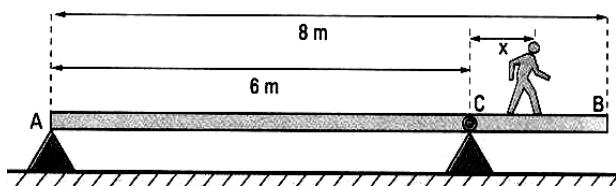


Figura 117 – Situação do Exercício 134 [4].

5. 2 - Plano Inclinado

O plano inclinado é um dispositivo constituído por uma superfície plana (uma rampa, uma tábua, etc.) inclinada em um certo ângulo em relação à horizontal.

No exemplo da Figura 118, de um plano inclinado, seria mais confortável levantar o bloco apoiado no plano (considerando o mesmo liso) até a altura h do que levantá-lo na vertical a mesma altura h .

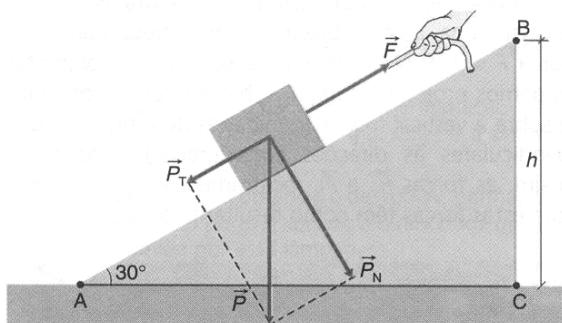


Figura 118 – Plano Inclinado [2].

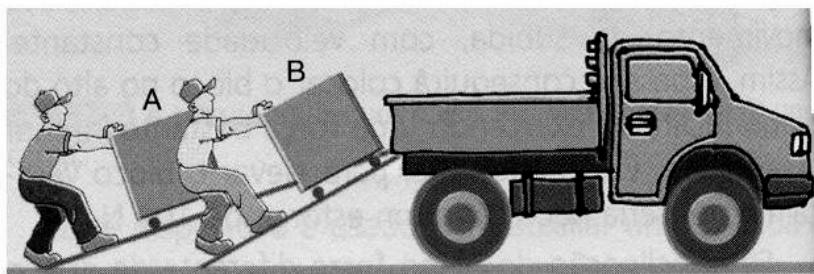


Figura 119 – Plano Inclinado [2].

No exemplo da Figura 119 percebe-se que o esforço a ser realizado pelo homem **A** será menor do que o homem **B**, porém o homem **A** terá que se deslocar um pouco mais sobre plano inclinado. O plano inclinado é também observado em estradas construídas ao longo de montanhas para se reduzir os esforços de subida.

O parafuso também é um exemplo de plano inclinado (Figura 120), pois se trata de uma sucessão de planos inclinados colocados em um cilindro.

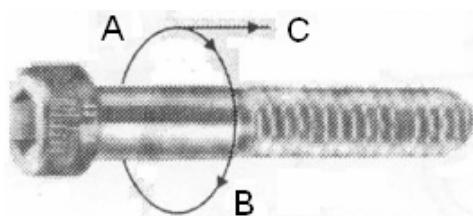


Figura 120 – O parafuso, uma situação de plano inclinado [2].

5. 3 - Roldanas ou Polias

É uma roda com um sulco ou canal por onde se instala um fio ou uma corda ou ainda cabo. Numa extremidade do fio colocam-se pesos (corpos com uma determinada massa m) e na outra ponta aplicase força para sustentar ou puxar os corpos.

As roldanas podem ser fixas (apenas transmitem a força) e móveis (dividem a força a ser realizada pela metade, isto para cada polia móvel, se há duas polias móveis a força será dividida em 4). Veja os exemplos ilustrados na Figura 121.

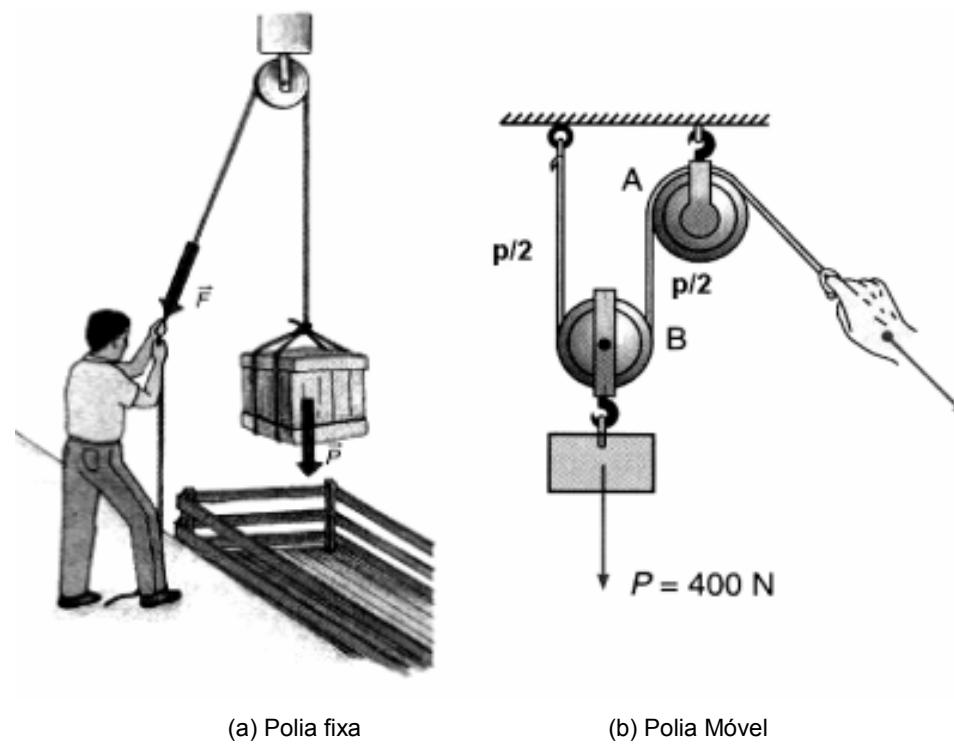


Figura 121 – Exemplos de polia fixa e móvel [2].

Exercícios

135 - (COLTEC) O sistema de polias representado na Figura 122 está em equilíbrio. Desprezando-se os pesos dos fios (inextensíveis), das polias e todos os atritos, podemos afirmar que a força F aplicada em A, para equilibrar o peso P , tem a intensidade de.

- a) $P/4$ b) $P/2$ c) P d) $2P$

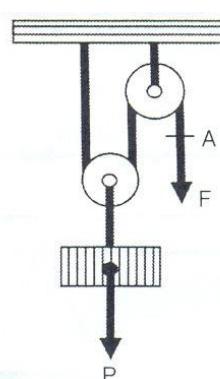


Figura 122.

136 - O sistema mostrado na Figura 123 é constituído por quatro roldanas móveis, A, B, C e D, e por uma roldana fixa, E [2]. Supondo que o corpo sustentado pelo sistema tenha um peso $\mathbf{P} = 400 \text{ kg}$, determine o valor da força \mathbf{F} que uma pessoa deverá exercer para sustentar o peso \mathbf{P} .

5.4 - Lançamento Oblíquo

No lançamento oblíquo o corpo executa dois movimentos: Um horizontal, outro vertical. O movimento horizontal é uniforme, enquanto o movimento vertical é um uniformemente variado, conforme o exemplo indicado na Figura 124.

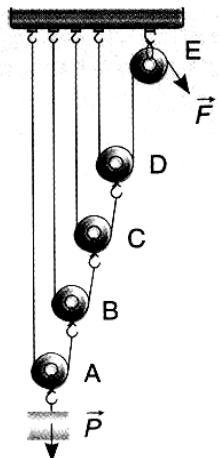


Figura 123.

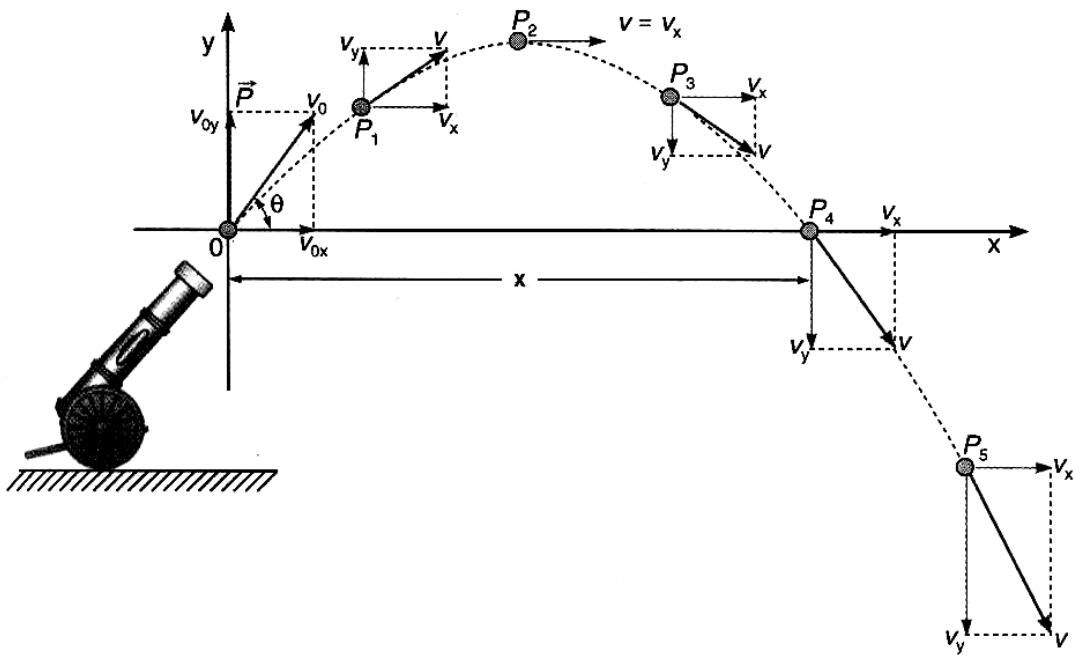


Figura 124 – Exemplo de lançamento oblíquo [2].

Do exemplo acima, observa-se através dos eixos cartesianos a existência dos componentes vertical e horizontal da velocidade inicial (V_0):

$$\begin{cases} V_{0x} = V_0 \cdot \cos \theta \\ V_{0y} = V_0 \cdot \sin \theta \end{cases}$$

Assim, pode-se estabelecer a função do movimento **Horizontal**:

$$X = y_0 + V_{0x} \cdot t \Rightarrow X = X_0 + V_0 \cdot \cos \theta \cdot t$$

Funções para o movimento vertical:

$$\left\{ \begin{array}{l} y = y_0 + V_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2 \Rightarrow y = y_0 + Vo \cdot \text{Sen} \theta \cdot t - \frac{1}{2}gt^2 \\ V_y = V_{0y} - g \cdot t \Rightarrow V_y = Vo \cdot \text{Sen} \theta - g \cdot t \end{array} \right.$$

$$V_y^2 = V_{0y}^2 - 2g \cdot \Delta y \Rightarrow V_y^2 = (V_o \cdot \text{Sen} \theta)^2 - 2g \cdot \Delta y$$

Exercícios:

137 - (CEFET) Três pedras são atiradas horizontalmente, do alto de um edifício, tendo suas trajetórias representadas na Figura 125.

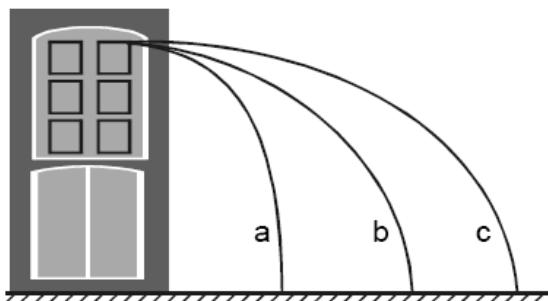


Figura 125.

Admitindo-se a resistência do ar desprezível, é correto afirmar que, durante a queda, as pedras possuem

- a) acelerações diferentes.
- b) tempos de queda diferentes.
- c) componentes horizontais das velocidades constantes.
- d) componentes verticais das velocidades diferentes, a uma mesma altura. a b c.

138 - Se a partir da borda da uma mesa – Figura 126 -, deixamos cair livremente, a partir do repouso, uma esfera A e, ao mesmo tempo, lançamos horizontalmente outra esfera B, idêntica à esfera A, assinale com V ou F (desprezando a resistência do ar) as seguintes proposições:

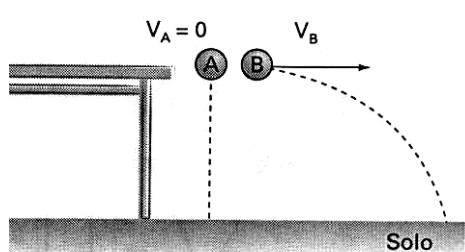


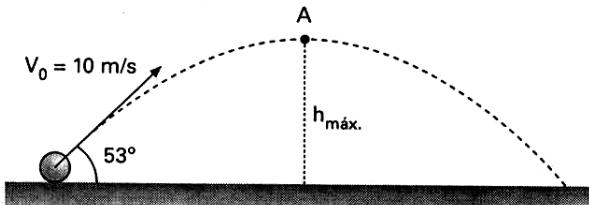
Figura 126.

- I. () As duas esferas levam o mesmo tempo para chegar o solo.
- II. () A esfera B se movimenta com velocidade constante.
- III. () Durante o movimento, a altura das duas esferas é sempre a mesma.
- IV. () As duas esferas atingem o solo com a mesma velocidade.

139 - Um corpo é lançado obliquamente, próximo à superfície de um astro, e descreve a trajetória parabólica indicada na Figura 127 [3].

A velocidade do corpo no ponto mais alto da trajetória vale, em m/s:

- a) 0
- b) 5
- c) 6
- d) 8
- e) 10



$$\cos 53^\circ = 0,8$$

$$\sin 53^\circ = 0,6$$

Figura 127 [3].

140 - Um helicóptero voa horizontalmente a 2000 m de altura, com uma velocidade de 180 km/h [4]. Do helicóptero, é abandonada uma caixa de medicamentos para ser recolhida por um barco em repouso no oceano. A que distância horizontal a caixa deve ser abandonada para que caia sobre o barco? (despreze a resistência do ar e adote $g = 10 \text{ m/s}^2$)

141 - Um avião está voando horizontalmente, a uma altitude de 1125 m, com velocidade de 1980 km/h (550 m/s), quando o trem de pouso se desprende. Desprezando a resistência do ar e sabendo que $g = 10 \text{ m/s}^2$, determinar:

- a) O intervalo de tempo que o trem de pouso leva para atingir o solo;
- b) O alcance horizontal do trem de pouso;
- c) O ponto onde se encontra o avião quando o trem de pouso atinge a superfície do solo, admitindo que o avião continua com o mesmo movimento anterior.

142 - Um projétil é atirado do topo de uma torre de 75 m de altura, numa direção não-horizontal. Sua velocidade inicial forma com a horizontal um ângulo de 30° e tem 20 m/s de intensidade. Admitindo $g = 140 \text{ m/s}^2$, determinar:

- a) O intervalo de tempo entre o instante em que o corpo é lançado e o momento em que atinge o solo;
- b) O alcance horizontal do projétil;
- c) a velocidade do projétil no instante em que atinge a altura máxima;
- d) A velocidade do projétil no instante em que atinge o solo.

6 - Hidrostática (Densidade, Pressão e Empuxo)

É o estudo da água ou de qualquer outro líquido em repouso. Neste capítulo será tratado itens como Densidade de um Corpo, Pressão (pressão efetiva, pressão absoluta, pressão atmosférica) e o Empuxo.

6. 1- Densidade (d)

Densidade é relação entre a massa de uma substância e o volume por ela ocupado, ou seja,

$$d = \frac{m}{V}, \text{ onde } m \text{ é massa do corpo e } V \text{ o volume.}$$

É através do conhecimento da densidade de um dado material que se pode dizer se o mesmo afunda ou flutua quando mergulhado num líquido.

A unidade de densidade no SI é o kg/m^3 , porém na prática o mais utilizado é g/cm^3 .

A densidade de um material pode ser alterada em função da modificação de seu volume, pois sabe-se que o ferro afunda na água, mas se o ferro (aço) for trabalhado de forma que seu volume seja aumentado (ex. barcos, navios, panelas) o mesmo pode flutuar sobre água, pois seu volume foi aumentado. Assim a “densidade natural” de um corpo pode ser denominada de massa específica, cuja unidade é a mesma da densidade. Se o corpo for maciço e homogêneo, a sua densidade coincide com massa específica que o constitui.

Tabela 5 [4]:

Líquidos	Densidade (g/cm^3)
Alcool etílico	0,81 (0°C)
Benzeno	0,90 (0°C)
Glicerina	1,25 (0°C)
Mercúrio	13,60 (0°C)
Óleo (Lubrificante)	0,91 (0°C)
Água pura	1,00 (0°C)
Água do mar	1,03 (0°C)

Tabela 6 [4]:

Sólidos	Densidade (g/cm^3)
Alumínio	2,7
Cobre	8,9
Cortiça	0,24
Vidro	2,6
Ouro	19,3
Gelo (0°C)	0,92
Ferro	7,5
Chumbo	11,4
Madeira (pinho)	0,6

Exercícios

143 - Um objeto feito de ouro maciço tem 500 g de massa e 25 cm^3 de volume [5]. Determine a densidade do objeto e a massa específica do ouro em g/cm^3 .

144 - (UFMA) Um bloco de madeira, cujo volume é de 500 cm^3 , tem massa igual a 0,3 kg. A densidade dessa madeira em g/cm^3 é de:

- a) 6,6 b) 1,6 c) 0,6 d) 6

145 - Misturam-se massas iguais de dois líquidos de densidades $d_1 = 0,4 \text{ g/cm}^3$ e $d_2 = 0,6 \text{ g/cm}^3$ [5]. Determine a densidade da mistura, suposta homogênea.

146 - (CEFET) Durante uma aula de laboratório de Física, um estudante desenhou, em seu caderno, as etapas de um procedimento utilizado por ele para encontrar a densidade de um líquido, conforme representado abaixo.

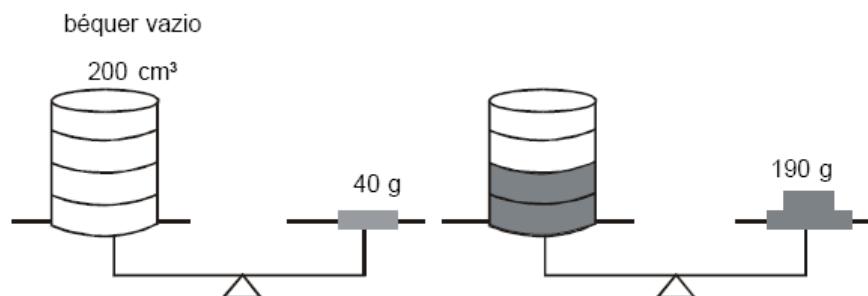


Figura 128.

Sabendo-se que em ambas as etapas, a balança estava equilibrada, o valor encontrado, em g/cm^3 , foi de:

- a) 1,9. b) 1,5. c) 0,40. d) 0,20.

147 - (CEFET) Em um experimento, os alunos observaram que uma certa bola de massa de modelar afundava na água. Em seguida,

I - Ana pôs sal na água e verificou que a bola flutuou;

II - Ronaldo obteve o mesmo resultado modelando a bola sob a forma de um barquinho.

O efeito observado no caso I explica-se pelo(a) _____ na densidade do líquido e, no caso II pelo(a) _____ na densidade média do corpo.

A alternativa que completa, corretamente, as lacunas acima é

- a) aumento, aumento.
b) redução, aumento.
c) aumento, redução.
d) redução, redução.

148 - (FIUBE-MG) Um objeto maciço e homogêneo tem forma cilíndrica, como mostra a figura. O diâmetro de sua secção reta (d) vale 8,00 cm. Sua altura (h) mede 20,0 cm e sua massa é de 4.800 g. Considerando $\pi = 3$, qual é aproximadamente, em g/cm^3 , a densidade do material de que é constituído esse objeto?

- a) 0,8 b) 1,61 c) 3,21 d) 5,62 e) 11,24

149 - (COLTEC) Uma pessoa verifica que

I - 1 litro de óleo lubrificante tem massa de 800g

II - 1 kg de água ocupa um volume de 1 litro.

III - 0,5 kg de um certo tipo de madeira ocupa um volume de 400 ml.

A ordem crescente das densidades desses materiais é

- a) I, II, III c) III, I, II
b) I, III, II d) II, III, I

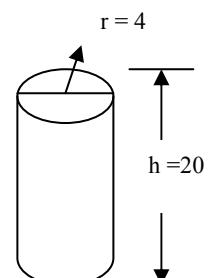


Figura 129.

6.2 - Pressão

A pressão (P) é a existência de uma força (F) atuante em uma determinada área (A), ou seja:

$$P = \frac{F}{A}, \text{ para melhor entender veja os casos abaixo:}$$

- Não se consegue perfurar uma superfície de madeira com dedo, porém se com mesma força você utilizar um percevejo, ele fura aquela madeira. Neste exemplo a área de contato foi reduzida a ponto de elevar a pressão tornando-a suficiente para perfurar a madeira.
- Se uma pessoa pisar em seu pé primeiramente com tênis e depois com salto fino, você irá sentir como a diferença de pressão provocada peça redução de área pode afetar seu “pezinho”.

A unidade de pressão no SI é N/m^2 (Pa - pascal). É comum a utilização da unidade kg/cm^2 para a pressão atmosférica, ou seja, 1 atm é igual a 1kgf/cm^2 , que significa que em cada cm^2 há 1 kgf distribuído.

Exercícios

150 - É de 1kgf/cm^2 (10 N/cm^2) a pressão atmosférica no local onde dança uma bailarina de 55 kg [4]. Sabendo que ela se apóia na ponta do pé, ocupando uma área de aproximadamente 20 cm^2 , e que $g = 10 \text{ m/s}^2$, determine a relação entre a pressão exercida pela bailarina sobre a superfície e a pressão atmosférica.

6.2.1 - Teorema de Stevin

Este teorema permite concluir que uma coluna líquida exerce na sua base uma pressão, devida a seu peso, denominada pressão efetiva P_{ef} ou pressão hidrostática expressa por:

$$P_{\text{ef}} = dgh \quad \left\{ \begin{array}{l} P_A = \text{Pressão no ponto A} \\ h = \text{Profundidade do ponto A} \end{array} \right.$$

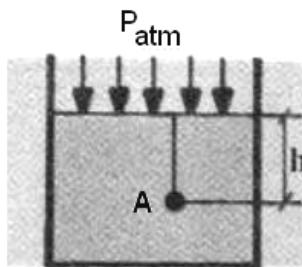


Figura 130 [4].

nte: 4

Dedução:

$$P = (mg)/A. \text{ Temos } m = d.V \text{ e } V = A.h.$$

$$\text{Logo, } P = \frac{dVg}{A} \Rightarrow P = \frac{d.A.h.g}{A}. \text{ Daí, } P = dgh$$

A Pressão absoluta num ponto de um líquido homogêneo, incompressível, de densidade d e numa profundidade h é igual à pressão atmosférica (exercida sobre a superfície desse líquido) mais a pressão efetiva.

$$P_{abs} = P_{atm} + P_{ef} \rightarrow P_{abs} = P_{atm} + dgh$$

Exercícios:

151 - Um submarino está numa profundidade de 20 m no oceano. Sabendo que a cada 10 m de profundidade no líquido correspondem à pressão de 1 atmosfera (1 atm), qual é, aproximadamente, a pressão absoluta sobre o submarino, em atm?

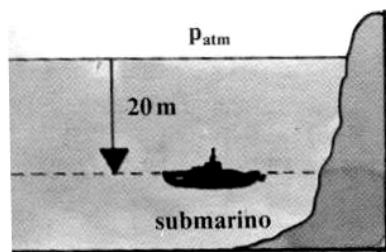


Figura 131 [4].

152 - Considerando $P_{atm} = 1 \text{ atm} = 10^5 \text{ Pa}$, $g = 10 \text{ m/s}^2$ e $d = 10^3 \text{ kg/m}^3$, qual a pressão, em pascal (Pa), no fundo de um lago de 15 m de profundidade [4]?

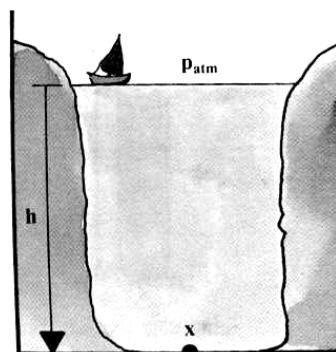


Figura 132 [4].

153 - A Figura 133 representa um tubo em U contendo água, aberto numa das extremidades e, na outra, ligado a um recipiente que contém um determinado gás [4]. Sabendo que $P_{atm} = 10^5 \text{ N/m}^2$ e $g = 10 \text{ m/s}^2$, e que a densidade da água é igual a 10^3 kg/m^3 e, ainda, que a altura h é igual a 20 cm (0,2 m), determine a pressão do gás.

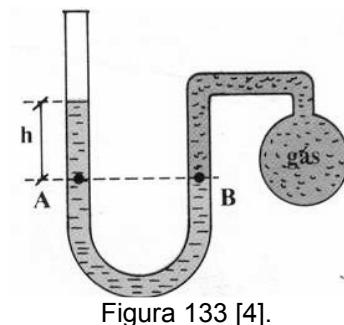


Figura 133 [4].

154 - (CEFET) O esquema da Figura 134 representa um manômetro de mercúrio de tubo aberto, ligado a um recipiente contendo gás. O mercúrio fica 30 cm mais alto no ramo da direita do que no da esquerda. Quando a pressão atmosférica é 76 cmHg, a pressão absoluta do gás, em cmHg, é:

- a) 30 b) 46 c) 76 d) 106

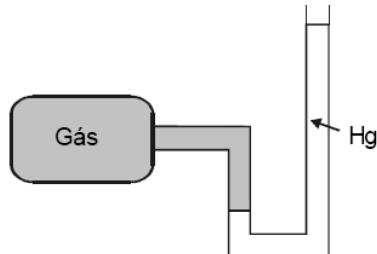


Figura 134.

155 - (CEFET-PR) No sistema hidráulico representado ao lado a pressão absoluta no reservatório A é de:

- a) 76 cmHg
- b) 96 cmHg
- c) 56 cmHg
- d) 36 cmHg
- e) 116 cmHg

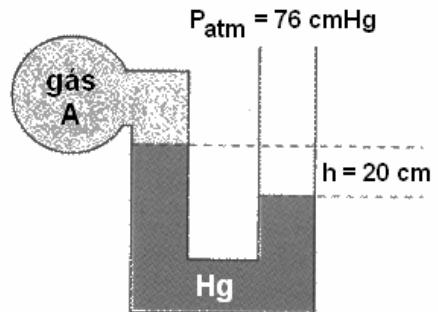


Figura 135.

156 - Água e óleo de densidades 1 g/cm^3 e $0,80 \text{ g/cm}^3$, respectivamente, são colocados em um sistema de vasos comunicantes, como mostra a Figura 136 [5]. Sendo 26 cm a altura da coluna do óleo (h_1), determine a altura da coluna de água medida acima do nível de separação entre os líquidos.

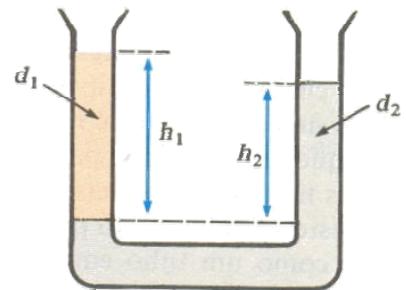


Figura 136 [5].

6.2.2 - Princípio de Pascal

Pascal estudou o que ocorre quando um ponto de um líquido em equilíbrio sofre um acréscimo de pressão (ΔP).

Então verificou experimentalmente que quando isso ocorre todos os outros pontos do líquido também sofrem o mesmo acréscimo de pressão.

A Figura 137 exemplifica o princípio de Pascal: quando se aplica no êmbolo de menor área uma força perpendicular, os pontos do líquido em contato com esse êmbolo sofrem um acréscimo de pressão $\Delta P_1 = \frac{F_1}{A_1}$, que é transmitida integralmente para todos os outros pontos do líquido. O êmbolo de maior área fica, então, sujeito a um acréscimo de pressão $\Delta P_2 = \frac{F_2}{A_2}$, de maneira que: $\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$

$$\text{área fica, então, sujeito a um acréscimo de pressão } \Delta P_2 = \frac{F_2}{A_2}, \text{ de maneira que: } \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

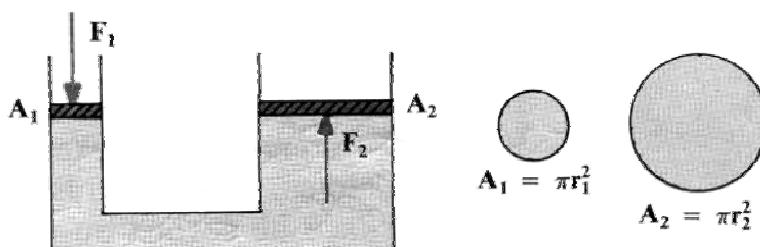


Figura 137 – Exemplificando o Princípio de Pascal [4].

Exercícios

157 - A Figura 138 representa uma prensa hidráulica. Uma força de intensidade F_1 é exercida no êmbolo da área A_1 , para erguer um corpo de peso $P = 500 \text{ N}$ sobre o êmbolo maior de área $10 A_1$.

Em relação a F_1 , qual o valor da intensidade F_2 da força a ser aplicada no êmbolo de área maior ?

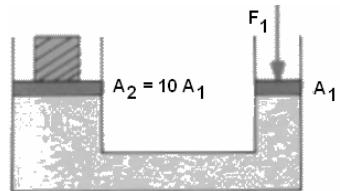


Figura 138 – Exemplificando o Princípio de Pascal [4].

158 - (FUVEST-SP) Considere o arranjo da figura a seguir, em que um líquido está confinado na região delimitada pelos êmbolos A e B, de áreas $a = 80 \text{ cm}^2$ e $b = 20 \text{ cm}^2$, respectivamente. O sistema está em equilíbrio. Despreze os pesos dos êmbolos e os atritos. Se $m_A = 4,0 \text{ kg}$, qual o valor de m_B ?

- a) 1 kg b) 2kg c) 4kg d) 8 kg e) 10 kg

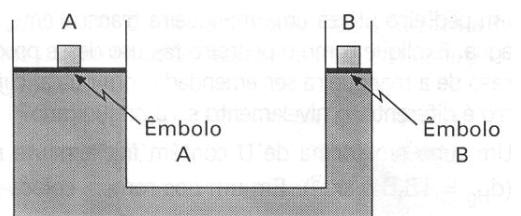


Figura 139.

6.3 - Princípio de Arquimedes – Empuxo

*Todo corpo mergulhado num líquido – veja a Figura 140 – recebe por parte deste a aplicação de uma força de baixo para cima denominada **Empuxo E**, cuja intensidade é igual ao peso do fluido deslocado.*

A intensidade do empuxo é dada por: $E = P_f = m_f g$

Sendo d_f a densidade e V_f o volume do fluido deslocado, decorre que:

$$d_f = \frac{m_f}{V_f} \therefore m_f = d_f V_f. \text{ Portanto: } E = P_f = m_f \cdot g \rightarrow E = d_f V_f \cdot g.$$

A Figura 141(a) mostra que o valor do empuxo é igual ao peso do líquido deslocado e a Figura 141(b) demonstra por que o empuxo surge. Este surge sobre o corpo mergulhado no líquido porque as forças de pressão que ele exerce sobre o corpo apresentam maiores valores em maior profundidade gerando uma **diferença de pressão entre a parte inferior e superior do corpo**



Figura 140 [2].

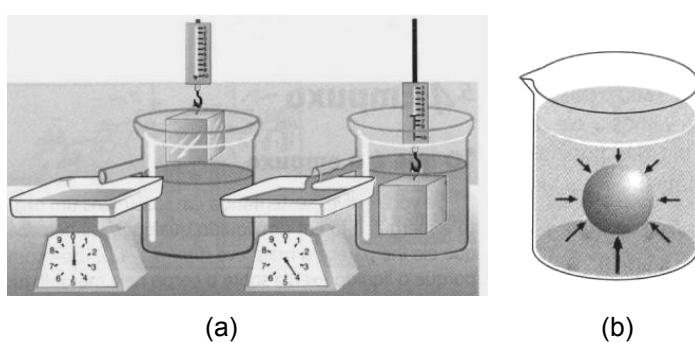


Figura 141 [2].

6.3.1 - Condições para um corpo afundar ou flutuar em líquido

Quando um corpo totalmente mergulhado em um líquido é abandonado, as seguintes situações podem ocorrer:

- 1 – Corpo totalmente imerso: Peso do corpo é maior que o empuxo $P > E \rightarrow d_c > d_l$
- 2 – O corpo flutua totalmente mergulhado $P = E$, logo $d_c = d_l$
- 3 – O corpo flutua ou ascende no líquido até E igualar-se a P , neste caso $P < E$, logo $d_c < d_l$

Exercícios

159 - Um dinamômetro indica 20 N para um corpo nele pendurado. Imergindo totalmente o corpo num líquido, a indicação passa a ser 18 N [4]. Determinar a intensidade do empuxo que o líquido aplica no corpo.

160 - (CEFET) - Sobre um corpo na água e o empuxo que ele recebe foram feitas as seguintes afirmativas:

- I – Se o corpo está boiando na água, o empuxo sobre ele é igual a seu peso.
- II – Se o corpo afunda, seu peso é maior que o empuxo.
- III – O empuxo sobre o corpo é tanto maior, quanto maior for a aceleração da gravidade no local.
- IV – Quanto maior a densidade absoluta do corpo, maior o empuxo sobre o mesmo.

São verdadeiras as afirmativas:

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

161 - (CEFET) - Um cubo sólido e maciço, preso na extremidade de um fio fino e inextensível, está totalmente mergulhado em um líquido, como mostra a figura ao lado. Sabendo-se que a densidade do cubo é maior que a densidade do líquido, considere as afirmativas abaixo.

I - O empuxo que o líquido exerce sobre o cubo é igual ao peso do líquido deslocado pelo cubo.

II - O peso do cubo é igual ao empuxo que o líquido exerce sobre ele.

III - O empuxo sobre o cubo é igual à diferença entre as forças de pressão, exercida pelo líquido, nas faces inferior e superior do cubo.

Sobre essas afirmativas, pode-se afirmar que:

- a) somente I é correta.
- b) I e II são corretas.
- c) I e III são corretas.
- d) todas são corretas.

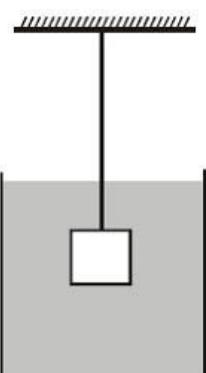


Figura 142.

162 - (VUNESP –SP) - Considere o princípio de Arquimedes aplicado às situações descritas e responda:

- a) Um submarino está completamente submerso, em repouso, sem tocar o fundo do oceano [3]. O módulo do empuxo, exercido pela água sobre o submarino, é igual ao peso do submarino, ou maior, ou menor que o peso do submarino?
- b) Quando o submarino passa a flutuar, em repouso, na superfície do mar, o novo valor do empuxo, exercido pela água do mar, será menor que o valor da situação anterior (completamente submerso). Explique por quê

163 - Quando um corpo se encontra imerso em um líquido, este aplica sobre o corpo uma força denominada empuxo [3]. Com relação a essa força, é correto afirmar que:

- a) sua existência se deve ao fato de o líquido não exercer pressão nas faces laterais do corpo.
- b) sua intensidade é sempre igual ao peso do corpo.
- c) sua existência se deve ao fato de a pressão exercida na face inferior do corpo ser maior que a pressão exercida na face superior.
- d) sua direção pode ser qualquer uma, pois depende da posição do corpo.
- e) seu sentido pode ser para baixo ou para cima, dependendo da densidade do corpo.

164 - (COLTEC) O volume de 1, cm^3 de água tem a massa de 1,0 g; 1,0 litro de água tem massa de:

- a) 1,0 g
- b) 100 g
- c) 10 g
- d) 1 000g

Referências Bibliográficas

Esta obra foi uma coletânea e adaptação de conceitos e exercícios das primorosas bibliografias listadas abaixo:

- [1] ALVES, J.A.. **Física – Apostila.** Belo Horizonte: Curso Orville Carneiro, 1996.
- [2] MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B. **Física de Olho no Mundo do Trabalho.** São Paulo: Scipione, 2003.
- [3] PARANÁ, D. N. S.; CARILHO, R. *et alii.* **Física.** Belo Horizonte: Coleção Anglo Ensino Médio, 1998.
- [4] PARANÁ, D. N. S. **Física, vol. 1 - Mecânica.** São Paulo: Ed. Ática, 1993.
- [5] RAMALHO, F. F. *et ali.* **Os Fundamentos da Física – Mecânica - Vol. 1.** São Paulo: Ed. Moderna, 1993.

Esta obra não substitui a necessidade da observação e análise das obras citadas acima.

Física II

7. Eletricidade e Magnetismo

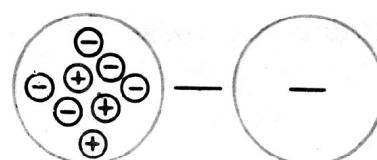
7.1 - Carga elétrica. Atração e Repulsão entre cargas elétricas

As primeiras descobertas no campo da eletricidade foram feitas pelos gregos na antiguidade. O filósofo e matemático Tales de Mileto (século VI a.C.) observou que se atritasse um pedaço de âmbar (pedra fossilizada de cor amarelada) com pele de animal, esta pedra adquiria a propriedade de atrair pequenos pedaços de palha. Esta propriedade é a eletrização, cujo termo se origina da palavra grega eléctron, que significa âmbar.

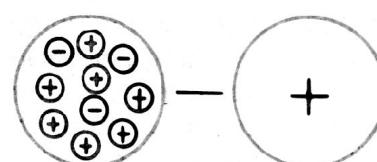
Como existem dois tipos diferentes de carga elétrica (o próton e o elétron), convencionou-se chamar o elétron de carga negativa e o próton de carga positiva. Normalmente, um corpo apresenta igual número de cargas positivas e negativas, ou seja, é neutro. Quando o corpo está eletrizado, existe uma diferença na quantidade de cargas. Se o corpo estiver com mais elétrons do que prótons, ele estará mais negativo, isto é, estará eletrizado negativamente. Neste caso, representa-se o corpo com sinais negativos.

Se o número de elétrons for menor, o corpo estará eletrizado positivamente. É importante observar que um corpo nunca perde prótons, pois eles estão presos aos núcleos dos átomos; ele poderá ganhar ou perder elétrons. No processo de eletrização, não há criação de cargas, apenas transferência.

Nos fenômenos elétricos observa-se que corpos com cargas de sinais contrários se *atraem* e corpos com cargas de mesmo sinal se *repelem*.



corpo eletrizado negativamente
maior número de elétrons



corpo eletrizado positivamente
maior número de prótons

Corpo Eletrizado negativamente e positivamente [2].

Cargas de sinais iguais se repelem	Cargas de sinais contrários se atraem

Cargas iguais se repelem [2].

7.2 - Materiais condutores e isolantes

Determinadas substâncias têm elétrons que ficam livres dos átomos. Estas substâncias permitem que estes elétrons se movimentem com facilidade e por isso elas são chamadas de **condutores** de eletricidade. Outros tipos de materiais não possuem elétrons livres, não permitindo o deslocamento da carga elétrica. Estes materiais são chamados de **isolantes** ou **dielétricos**. Nos corpos condutores, os elétrons livres formam uma verdadeira “nuvem” de elétrons, com grande mobilidade através do corpo. O condutor contém muitos elétrons livres que se movem com

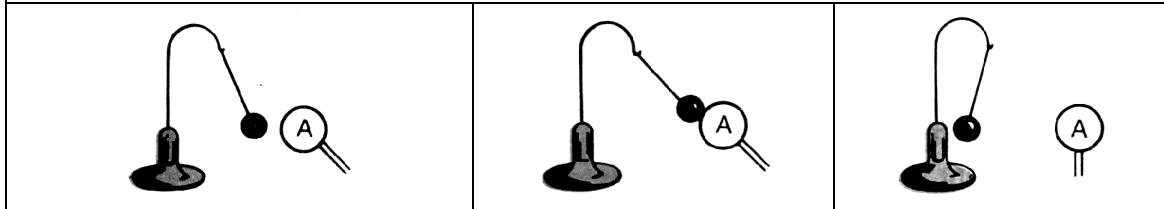
relativa facilidade no interior do material. Como cargas iguais se repelem, os elétrons livres se espalham por todo o material.

São materiais **condutores**: os metais, o carbono, soluções aquosas de ácido, sais e bases, os gases rarefeitos, os corpos dos animais, as substâncias úmidas, etc.

São materiais **isolantes** (ou **dielétricos**): vidro, seda, plástico, parafina, enxofre, borracha, madeira seca, porcelana, ar seco, água pura, algodão, etc.

Pêndulo Elétrico	
<p>Existem dispositivos, como o eletroscópio, que permitem verificar se um corpo está eletrizado ou não. O pêndulo elétrico é um eletroscópio muito simples que é constituído de uma haste que tem na sua extremidade uma bolinha de isopor suspensa por um fio isolante. Quando se aproxima um corpo carregado positiva ou negativamente, a bola de isopor é atraída. Observa-se que o fato da bolinha ser atraída nos diz apenas que o corpo está eletrizado, não dando para conhecer a sua carga.</p>	

Se o corpo carregado encostar na bola de isopor do eletroscópio, haverá uma eletrização por contato e ambos ficarão com o mesmo sinal e logo em seguida se repelirão, independentemente do sinal do corpo antes do contato.



Pêndulo elétrico [2].

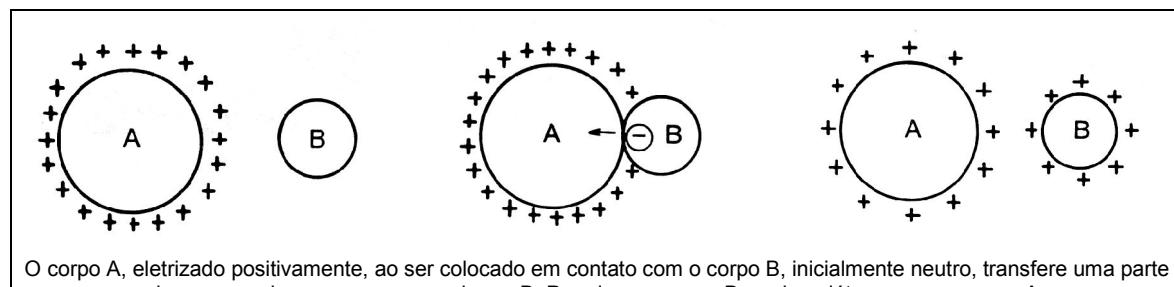
7.3 - Processos de eletrização

a) Eletrização por atrito

Ocorre quando atritamos, por exemplo, uma régua de plástico em uma folha de papel. Ao aproximarmos a régua de pedaços de papel verifica-se que eles são atraídos pela régua.

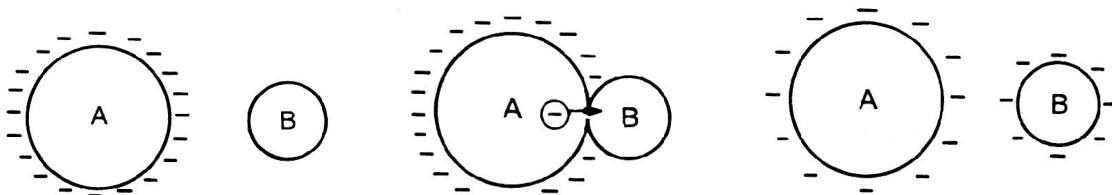
b) Eletrização por contato

É o que acontece com um corpo neutro quando o encostamos num corpo já previamente eletrizado.



O corpo A, eletrizado positivamente, ao ser colocado em contato com o corpo B, inicialmente neutro, transfere uma parte do excesso de cargas que possui para B. Para isso, o corpo B perdeu elétrons para o corpo A.

Eletrização por contato [2].



O corpo A, eletrizado negativamente, ao ser colocado em contato com o corpo B, inicialmente neutro, transfere uma parte do excesso de cargas que possui para o corpo B. B é menor que A.

Eletrização por contato [2].

Obs.: Quando ligamos um corpo carregado **negativamente** à terra, o excesso de elétrons do corpo escoa para a terra. Dessa forma, o corpo fica descarregado (neutro). Se o corpo fosse **positivo** e ligado à terra, elétrons viriam da terra para o corpo para neutralizá-lo.

c) Eletrização por indução

Campo Elétrico – Voltagem

Uma carga elétrica gera em torno de si uma região que influencia uma outra carga elétrica que for ali colocada. Esta influência pode ser atrativa ou repulsiva, dependendo do sinal das cargas. Esta região de influência é chamada de **campo elétrico** e sempre existe em torno das cargas elétricas. Se um carga de prova for colocada num local e ela for solicitada por uma força de origem elétrica, pode-se dizer que naquela região existe um campo elétrico.

7.4 – Diferença de Potencial

A diferença de potencial (*ddp*), tensão elétrica ou popularmente voltagem **V** é a energia gasta para deslocar uma carga elétrica de um ponto a outro. Ela existe sempre que há possibilidade de cargas se movimentarem. Considerando, por exemplo, um corpo carregado positivamente, próximo a ele uma pequena carga q de sinal negativo e dois pontos A e B entre os quais esta carga se desloca. O corpo carregado vai atrair a pequena carga q. Como ela vai de A para B, dizemos que entre estes dois pontos existe uma diferença de potencial ou simplesmente voltagem.

A voltagem é medida em Volt (V) e quanto maior ela for, maior será a energia dada à carga para ela se deslocar. Quando se aplica uma voltagem num circuito elétrico, os elétrons livres dos fios condutores ganham energia, começam a se mover e doam parte desta energia para o aparelho elétrico funcionar.

7.5 - Carga Elétrica e corrente elétrica

A quantidade de carga elétrica (Q) existente num corpo pode ser medida pela quantidade de elétrons que o corpo tem a mais ou a menos. Foi escolhida uma unidade de carga elétrica que é chamada de Coulomb (C), onde

$$1 \text{ C} = 6,25 \times 10^{18} \text{ elétrons}$$

A quantidade de carga elétrica que passa por um fio num certo tempo pode ser medida pela grandeza chamada intensidade de corrente elétrica representada pela letra *i*. Assim:

$$i = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

$\Delta Q \rightarrow$ é a quantidade de carga que passa pelo fio condutor num intervalo de tempo Δt
 $i \rightarrow$ intensidade de corrente elétrica em ampère (A).

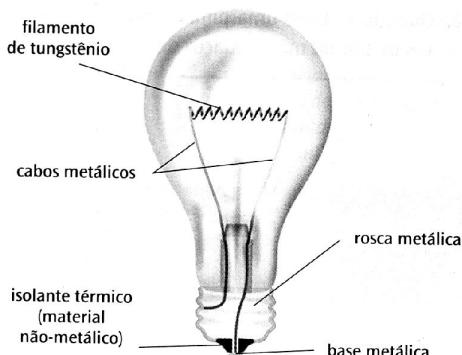
7.6 - Resistência Elétrica

Alguns tipos de condutores oferecem certa dificuldade à passagem de corrente elétrica. Esta dificuldade é medida pela grandeza chamada *resistência elétrica* representada pela letra **R**. Realizando diversas experiências, o cientista Georg Ohm constatou que para muitos materiais, principalmente os metais, o quociente entre a voltagem (V) e a corrente elétrica (i) permanece constante, ou seja:

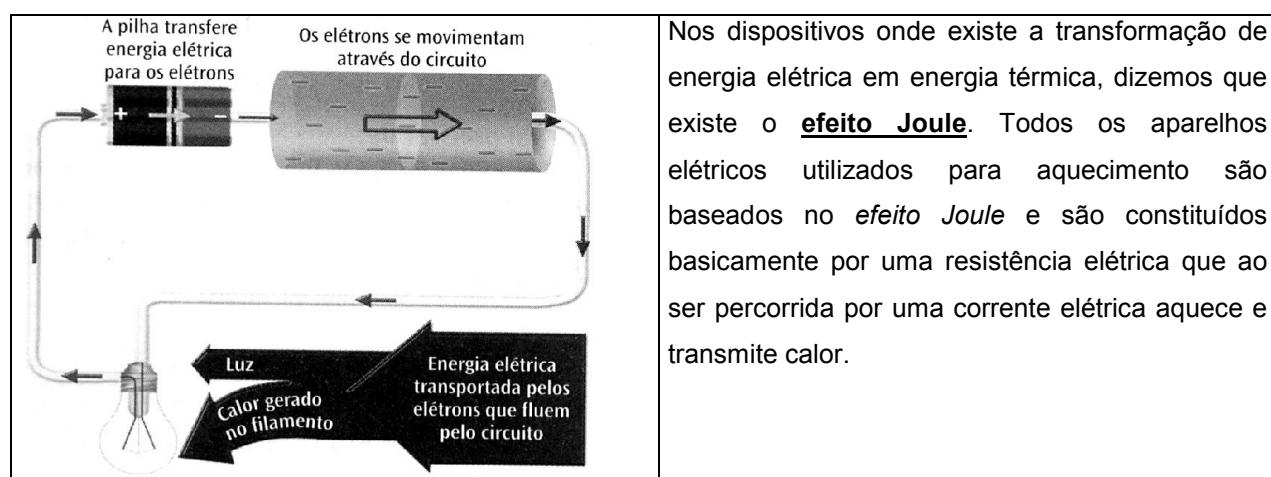
$$\frac{V_1}{i_1} = \frac{V_2}{i_2} = \frac{V_3}{i_3} = \dots \text{ ou seja, } \frac{V}{i} = \text{constante}$$

O quociente V/i foi chamado de *resistência elétrica*. Assim dizemos que um condutor é ôhmico quando o valor de R não se modifica, ou seja, a resistência não se altera. A unidade da resistência elétrica R é o *ohm*, que é representada pela letra grega Ω (ômega).

Na prática a resistência elétrica significativa existe nos chuveiros elétricos, nas lâmpadas incandescentes, nos ferros elétricos, nos circuitos elétricos de eletrodomésticos, etc.



Resistência presente no filamento de uma lâmpada incandescente [3].

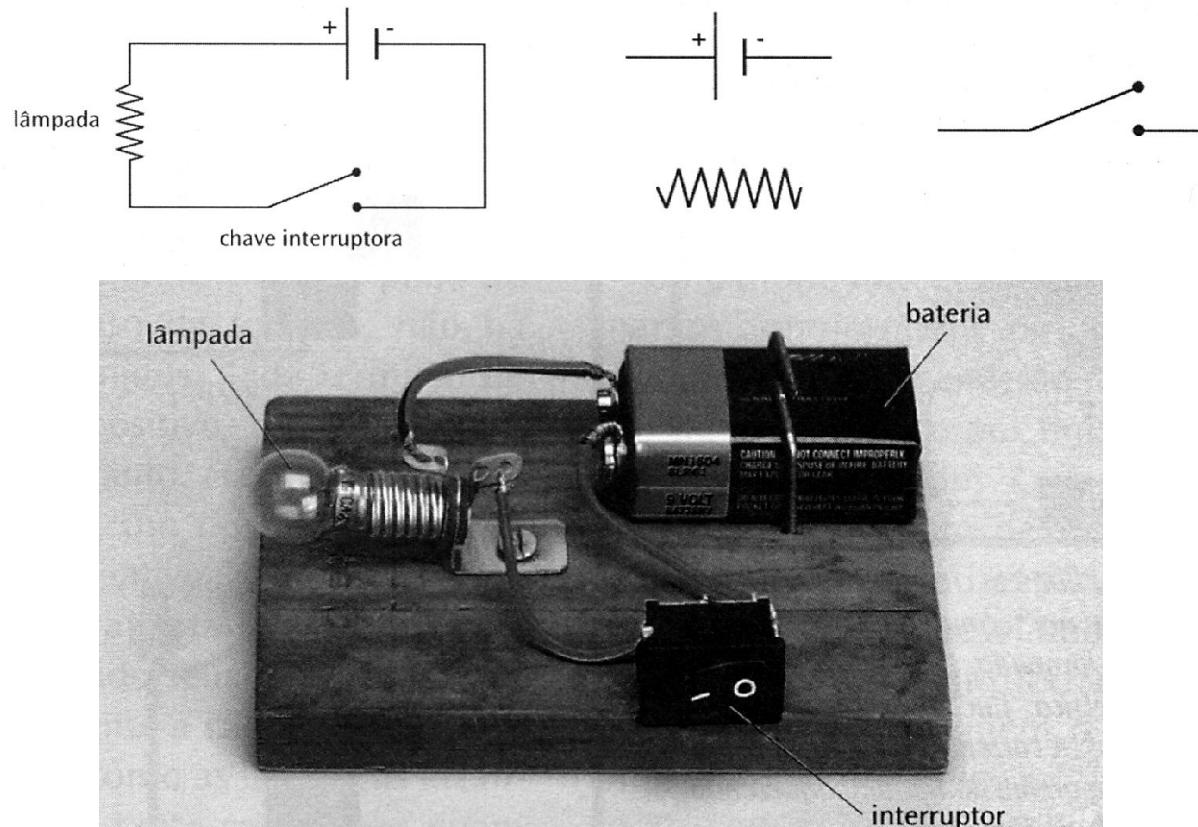


Corrente elétrica e transformação de energia elétrica em energia térmica e luminosa [3].

Quando os metais são aquecidos, sua resistência elétrica aumenta. O filamento de tungstênio das lâmpadas incandescentes, por exemplo, quando apagadas apresentam uma resistência de $20\ \Omega$. Quando acesas, o filamento se aquece a aproximadamente 2500°C e sua resistência é cerca de $250\ \Omega$. Outros materiais, como os **semicondutores**, por exemplo, têm sua resistência elétrica diminuída quando submetidos a altas temperaturas. Estes materiais (silício, germânio, etc.) têm um aumento de elétrons livres quando suas temperaturas aumentam. Os semicondutores são utilizados em circuitos eletrônicos, onde substituem as válvulas tradicionais.

7.7 - Circuitos elétricos

Todo circuito elétrico possui uma fonte de energia. As fontes de energia elétrica utilizadas em brinquedos, rádios, calculadoras, etc, são chamadas de *pilhas* ou *baterias*. Para o funcionamento de aparelhos eletrodomésticos as fontes de energia elétrica são as tomadas espalhadas pela casa.



Círculo elétrico composto de uma bateria, uma lâmpada e um interruptor [3].

Todas as fontes de energia elétrica possuem 2 terminais. Os terminais de uma pilha ou bateria são chamados **pólos**, que são identificados pelos símbolos “+” (pólo positivo) e “-” (pólo negativo). Nas tomadas das casas, um dos terminais é chamado de *fase* e o outro se chama *neutro*.

<p>Lâmpada conectada a uma pilha em um circuito elétrico: existe um caminho fechado ligando um terminal a outro da pilha, passando pelo filamento da lâmpada. Quando o circuito está ligado, uma corrente elétrica flui nesse circuito, no caminho indicado pelas setas. A corrente elétrica transporta energia da fonte (pilha) ao aparelho (lâmpada), aquecendo e fazendo brilhar o filamento da lâmpada.</p>	<p>As ligações (A) e (B) constituem um circuito elétrico e permitem o acendimento da lâmpada, pois conectam os dois terminais da pilha aos terminais da lâmpada.</p>	<p>As ligações (C) e (D) não formam um circuito, pois a lâmpada não é conectada aos dois terminais da fonte. Um dos terminais da lâmpada está localizado na rosca e outro na base. Se conectarímos os dois pólos da pilha a um único terminal da lâmpada, ela não acende.</p>

Exemplos de ligação de lâmpadas a uma bateria [3].

7.8 - Associação de Resistências

7.8.1 - Associação em Série

Em um circuito podem aparecer resistências que estão ligadas uma após a outra. Como vemos na figura, a corrente elétrica passa primeiro por R_1 , depois por R_2 e R_3 . Estas resistências equivalem a uma única resistência chamada resistência equivalente R que é obtida da seguinte forma

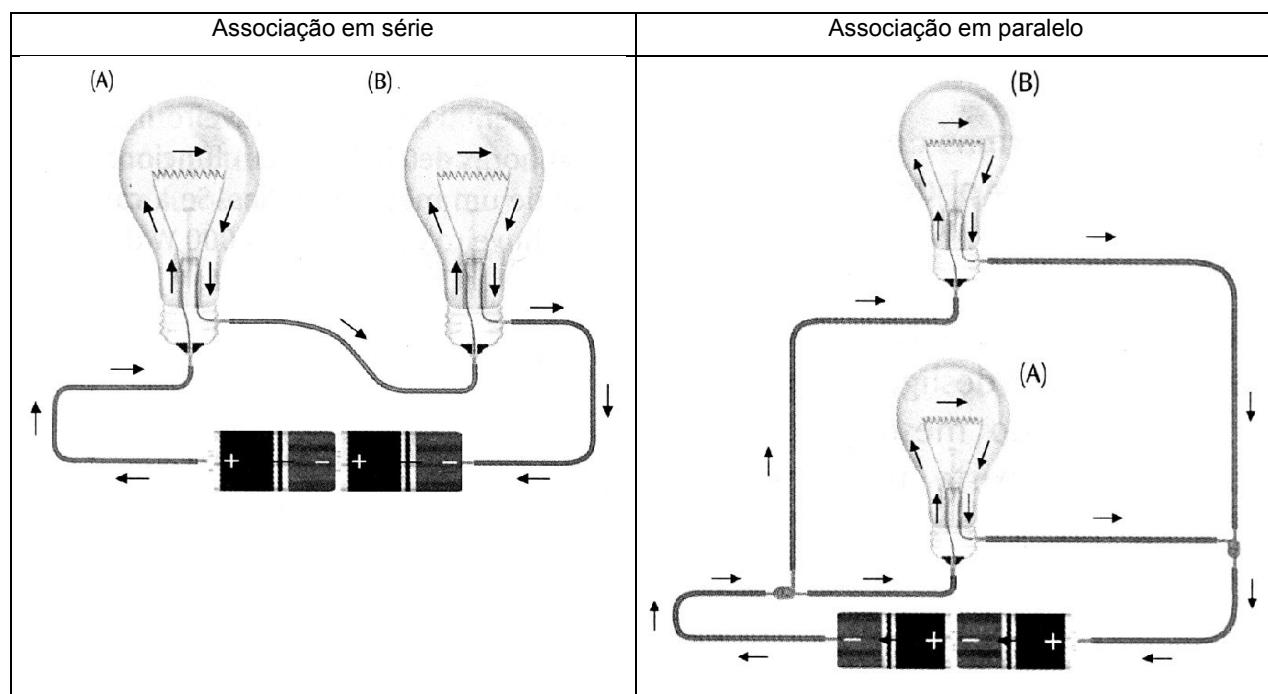
$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

Este tipo de circuito existe, por exemplo, nas lâmpadas de árvore de Natal que são ligadas uma depois da outra. Uma característica de um circuito em série é que se uma resistência queimar ou se romper, a passagem de corrente para as outras fica interrompida, não permitindo que se acendam. Outra característica importante é que a corrente elétrica se mantém constante em todas as resistências.

7.8.2 - Associação em Paralelo

Podemos observar na figura que a corrente elétrica (i) se divide para cada resistência do circuito. Isto permite que, se uma resistência queimar não afeta a passagem de corrente nas outras. Este tipo de ligação existe nas residências, em automóveis, etc. As resistências em paralelo podem ser substituídas por uma resistência equivalente (R) obtida da seguinte forma:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$



Exemplos de resistências (lâmpadas) ligadas em série e em paralelo [3].

7.9 – Potência Elétrica

A potencia P desenvolvida por um aparelho elétrico é encontrada multiplicando-se a voltagem à qual foi submetido o aparelho pela corrente que o percorreu:

$$P = V \cdot i$$

Em determinados aparelhos elétricos como os chuveiros, ferros elétricos e lâmpadas que usam uma resistência R para produzir calor ou luz, a potência elétrica pode ser calculada pela expressão:

$$P = R \cdot i^2$$

A unidade de potência é o watt (W) e seu múltiplo quilowatt (kW).

Aparelhos de medidas

Voltímetro: mede a voltagem. Deve ser ligado em paralelo à resistência.

Amperímetro: mede a intensidade de corrente elétrica. Deve ser ligado em série no circuito.

Ohmímetro: mede a resistência elétrica.

Multímetro: possibilita a medida de voltagem, corrente elétrica e resistência num mesmo aparelho.

7.8 - Medida do consumo de energia elétrica

Na vida prática, usamos vários aparelhos elétricos e os ligamos a várias fontes. Às vezes, queimamos um aparelho ao conectar-lo a uma fonte inadequada. O que caracteriza uma fonte de energia é sua voltagem. A voltagem indica quanto de energia a fonte é capaz de fornecer para uma certa quantidade de corrente que passa em seu interior.

7.8.1 - Consumo de energia de um aparelho

Pode ser determinada se conhecermos a potência elétrica dele. Potência elétrica é a quantidade de energia que o aparelho consome a cada segundo de tempo e pode ser medida em watts (símbolo W). Conhecendo-se a potência do aparelho e o tempo que ele permanece ligado, podemos calcular a quantidade de energia elétrica que ele consome. Os aparelhos elétricos trazem informações sobre sua potência e voltagem da fonte de energia elétrica na qual eles devem ser conectados.

Exemplo uma lâmpada incandescente de 100 W/127 V. Ela deve ser conectada a uma tomada de 127 V para fornecer o brilho apropriado sem se queimar. Sendo ligada a uma fonte com 127 V de voltagem, a lâmpada vai fornecer uma potência de 100 watts de energia térmica e luminosa.

Aparelhos que consomem muita energia elétrica: chuveiros, ferro de passar roupas, aquecedores elétricos, etc.

7.8.2 - Cálculo da energia utilizada por aparelho elétrico

Exemplo: Uma casa com 4 pessoas e cada uma toma um banho de 15 minutos por dia.

$4 \text{ (banhos por dia)} \times 15 \text{ (minutos por banho)} = 60 \text{ minutos (ou 1 hora) por dia de chuveiro ligado.}$

Ao final de 1 mês de 30 dias serão:

$1 \text{ (hora por dia de chuveiro ligado)} \times 30 \text{ (dias por mês)} = 30 \text{ horas de chuveiro funcionando em 1 mês.}$

Se o chuveiro tem potência de 4.000 W, o gasto de energia no final do mês será:

$4.000 \text{ (watts)} \times 30 \text{ (horas por mês)} = 120.000 \text{ Wh ou } 120 \text{ kWh}$

Vamos supor agora que esta casa possui 1 sala, 1 cozinha e 2 quartos e usa em cada cômodo uma lâmpada de 60W. Vamos supor ainda que cada lâmpada fique ligada doze horas todos os dias. Ao final de um mês de 30 dias, cada lâmpada fica ligada

$12 \text{ (horas por dia)} \times 30 \text{ (dias por mês)} = 360 \text{ horas por mês.}$

O consumo mensal das 4 lâmpadas será:

$4 \text{ (lâmpadas)} \times 60 \text{ (watts)} \times 360 \text{ (horas de lâmpadas ligadas)} = 86.400 \text{ Wh ou } 86,4 \text{ kWh.}$

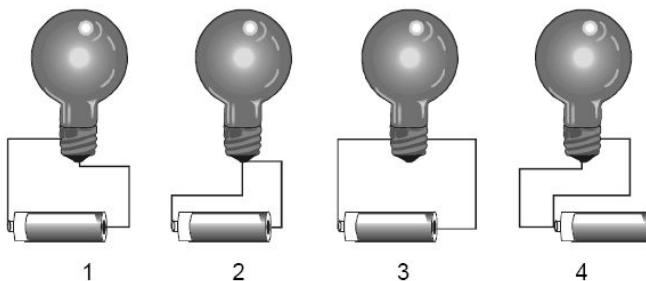
Quando ligamos um chuveiro de 4.000 W de potência ou um ferro de passar roupas de 2.000 W, correntes elétricas de grande intensidades se estabelecem nos circuitos nos quais esses aparelhos estão ligados. Por outro lado, uma lâmpada de 60 W é percorrida por uma corrente muito mais baixa. A corrente elétrica não é consumida no interior do aparelho, mas uma corrente mais intensa transporta mais energia da fonte para o aparelho a cada segundo.

Exercícios – Série 1

1. CEFET-MG - Um chuveiro elétrico consome 1,8 quilowatts-horas de energia, funcionando durante 20 minutos. A potência do aparelho, em quilowatts, é

- a) 0,60
- b) 3,6
- c) 5,4
- d) 9,0

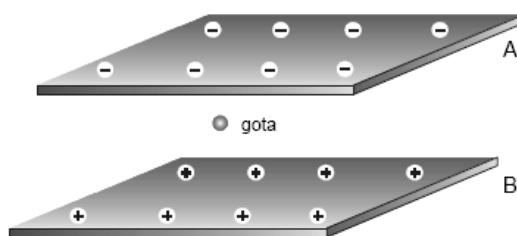
2. CEFET-MG - Um menino resolveu acender uma lâmpada, utilizando dois fios de ligação e uma pilha, conforme as quatro montagens abaixo.



A única ligação na qual a lâmpada acendeu foi a

- a) 1
- b) 2
- c) 3
- d) 4

3. CEFET-MG - Em um experimento, uma gota de óleo, eletricamente carregada, permanece em repouso, entre duas placas metálicas paralelas A e B, horizontais, separadas por uma distância bem definida. A placa superior tem carga negativa, e a inferior, positiva, como representado na figura.



Considerando-se que a gota está sob a ação apenas da força elétrica e da gravidade, a sua carga é _____ e o vetor resultante das focas sobre ela é _____.

A opção que completa, correta e respectivamente, as lacunas acima é

- a) negativa, nulo.
- b) positiva, nulo.
- c) positiva, para cima.

- d) negativa, para cima.

4. CEFET-MG - Uma bússola é constituída por uma agulha _____ e seu pólo _____ aponta para o pólo _____ geográfico.

A alternativa que completa, correta e respectivamente, as lacunas acima é

- a) magnetizada, sul, sul.
- b) magnetizada, sul, norte.
- c) eletrizada, positivo, norte.
- d) eletrizada, negativo, norte.

5. CEFET-MG - Uma bússola que se orienta no campo magnético da Terra como ilustra a figura 1, é colocado no ponto P, ao lado de um imã em forma de barra, mostrado na figura 2.



FIG. 1

• P

S N

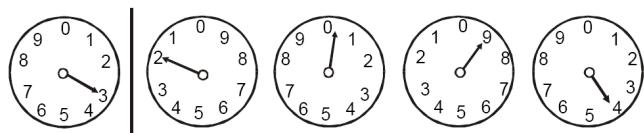
FIG. 2

A posição de equilíbrio a bússola em P é mais bem representada em:

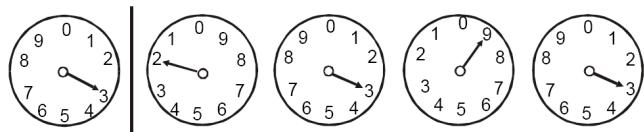


6. CEFET-MG - O consumo de energia elétrica residencial mensal, expresso em kWh (quilowatt-hora), é registrado por um medidor, composto de cinco relógios numerados de zero a nove e dotados de um ponteiro, cuja rotação é o da numeração crescente. O primeiro relógio, à esquerda, marca dezenas de milhar; o segundo, milhar; o terceiro, centenas; o quarto, dezenas e o último, unidades. As figuras 1 e 2 representam, respectivamente, as leituras anteriores e atual de duas contas de energia elétrica, de um mesmo medidor residencial, em dois meses consecutivos, e num período de trinta dias.

Leitura anterior



Leitura atual



Considerando que a tarifa da distribuidora é de R\$0,44 o kWh, o custo da conta de energia elétrica dessa residência, no período de trinta dias, em reais, é

- a) 231,56.
- b) 131,56.
- c) 126,06
- d) 106,56.

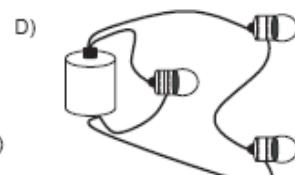
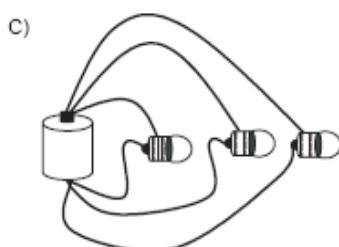
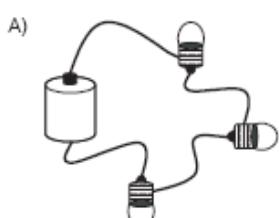
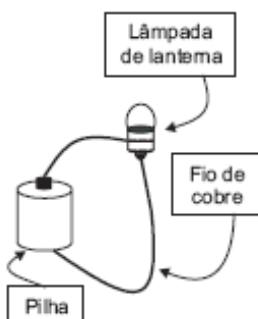
QUESTÃO 34

Uma menina, ao brincar com fios de cobre, lâmpadas de lanterna e uma pilha, observou que poderia acender uma das lâmpadas ligando-a à pilha, como no desenho ao lado.

Ela, então, ligou três lâmpadas à pilha de tal modo que obteve máxima iluminação.

Sabe-se que, quanto maior for a corrente elétrica que passa por uma lâmpada, maior será a quantidade de luz emitida a cada segundo, ou seja, maior será a sua iluminação.

Assinale a alternativa em que se encontra representada a ligação que poderia ter sido feita pela menina.

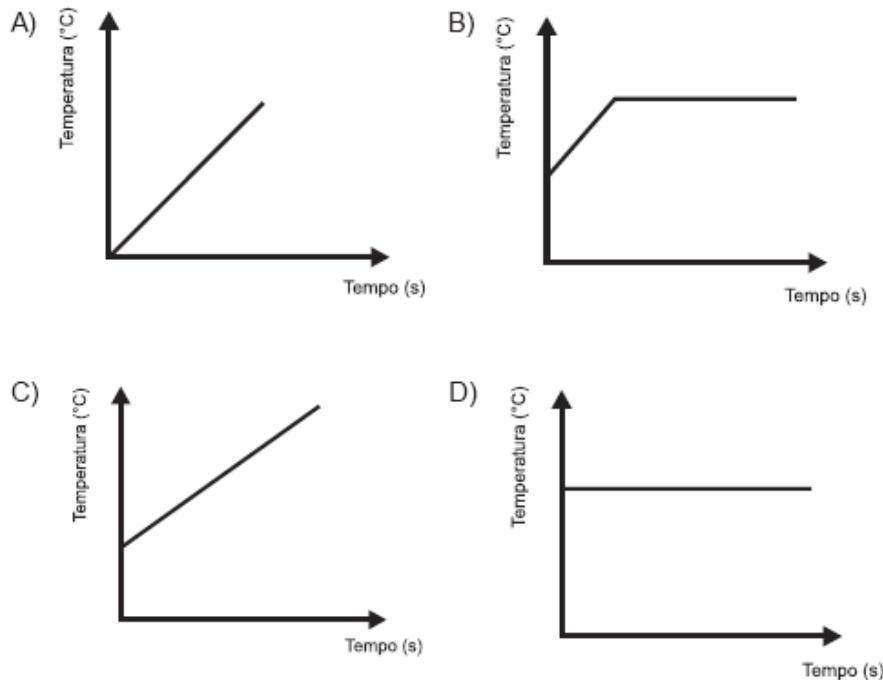


Fonte: COLTEC – Colégio Técnico da UFMG – Exame de Seleção 2006 – Caderno 1.

QUESTÃO 40

Suponha que a temperatura da água, que D. Risoleta usou para preparar o café, tenha sido medida por um termômetro, desde o início do aquecimento até a ebulição.

Qual seria a forma do gráfico construído com os dados de temperatura e tempo obtidos?



Fonte: COLTEC – Colégio Técnico da UFMG – Exame de Seleção 2006 – Caderno 1.

8. Termologia

A **Termologia** (*termo* = calor, *logia* = estudo) é o ramo da física que estuda o calor e seus efeitos sobre a matéria. Ela é o resultado de um acúmulo de descobertas que o homem vem fazendo desde a antigüidade, sendo que no século XIX atinge o seu clímax graças a cientistas como Joule, Carnot, Kelvin e muitos outros.

Durante esta e as próximas páginas procuraremos introduzir os conceitos de temperatura e calor, bem como os vários efeitos que este último impõe aos corpos tais como mudança de estado e dilatação.

8.1 - Calor e temperatura

O calor é entendido como a transferência de energia de um corpo de maior temperatura para um corpo de menor temperatura. Não se pode dizer que “*um corpo tem calor*” ou que “*temperatura mede o calor de um corpo*”. Na verdade, os corpos têm uma maior ou menor energia interna e essa energia transferida é que é o calor.

O calor é uma forma de energia e sua medida é feita em Joule (J). Também é usada a unidade caloria (cal). Por definição, 1 cal é a quantidade de energia necessária para se elevar de 1º C uma quantidade de água equivalente a 1 grama. A relação entre Joule e caloria é

$$1\text{cal} = 4,18 \text{ J}$$

- Temperatura é a medida do grau de agitação das moléculas de um corpo.
- Calor é a energia térmica em trânsito, isto é, a energia transferida de um corpo para outro quando existe diferença de temperatura entre eles.

Equilíbrio térmico

Quando dois corpos de temperaturas diferentes são colocados em contato um com o outro, a tendência é que a temperatura de ambos tende a entrar em um estado térmico, denominado equilíbrio térmico. Para atingir o equilíbrio térmico a temperatura do corpo mais quente diminui e a temperatura do corpo mais frio aumenta.

8.2 - Tipos de termômetro e propriedades termométricas

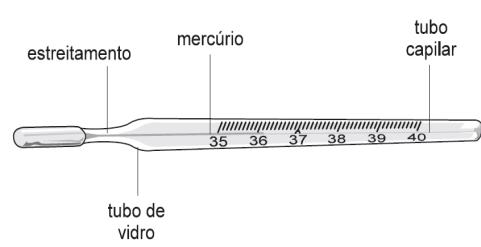
Termômetro é um aparelho que permite medir a temperatura dos corpos.

Existem termômetros de variados tipos. Cada qual com uma determinada utilidade:

Termômetro clínico: usado para medir a temperatura do corpo humano (figura ao lado).

Termômetro de máxima e mínima: termômetro usado em meteorologia, ele registra as temperaturas ambientes máximas e mínimas.

Pirômetro ótico: determina a temperatura por comparação de cor de um objeto com a cor de um filamento de lâmpada elétrica. É usado em fornalhas.



Fonte: <http://www.bibvirt.futuro.usp.br/textos/exatas/fisica/tc2000/fis2g22.pdf>

8.3 - Escalas Termométricas

Quando medimos a temperatura de um corpo estamos verificando o grau de agitação das moléculas deste corpo. Assim se um corpo apresenta uma temperatura relativamente elevada, isto significa que suas moléculas estão muito agitadas. As principais escalas termométricas são Celsius, Kelvin e Fahrenheit. Para se conseguir montar uma escala termométrica procede-se da seguinte forma: marca-se no termoscópio (tubo com substância termométrica) a altura da coluna de líquido no ponto de fusão do gelo (gelo derretendo) e a altura que irá atingir na água em ebulação.

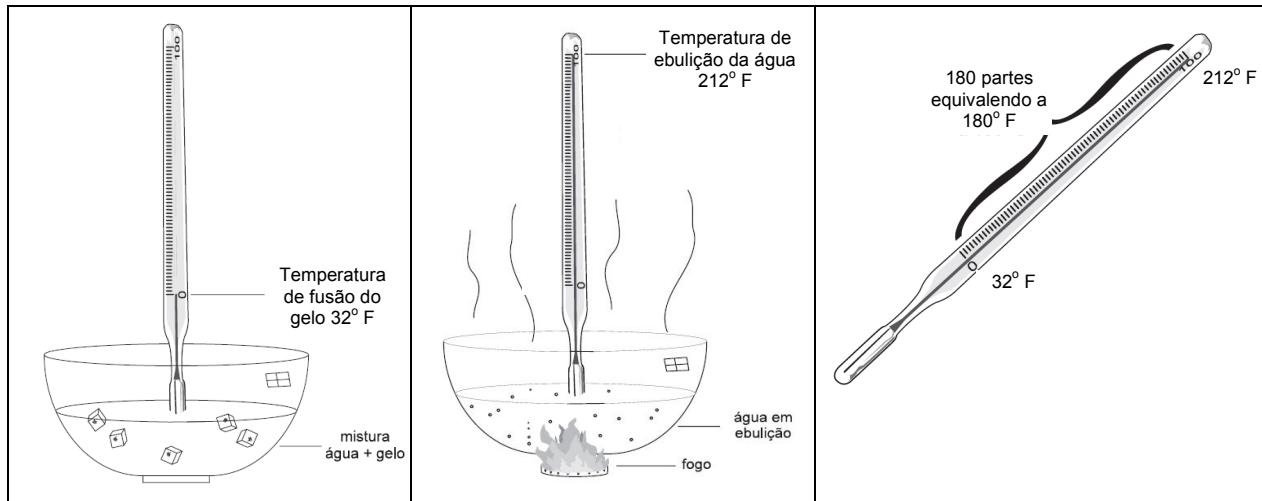
O cientista Anders Celsius adotou o valor zero para o gelo em fusão e o valor 100 para a água em ebulação. Assim, na escala Celsius, 0°C corresponde à temperatura do gelo em fusão e 100°C corresponde à temperatura da água em ebulação. A escala foi dividida em cem partes iguais de modo que cada uma corresponda a 1 grau Celsius. Por isso, a escala Celsius também é conhecida como centígrada (cem graus) e dizemos graus Celsius ou graus centígrados.

Escala Celsius ou Centígrada		
O limite inferior a escala Celsius foi adotado como 0° C e corresponde à temperatura de fusão do gelo	O limite superior da escala Celsius foi adotado como 100° C e corresponde à temperatura de ebulação da água.	A escala foi dividida em 100 partes iguais, cada uma correspondendo a 1° C.

Fonte: <http://www.bibvirt.futuro.usp.br/textos/exatas/fisica/tc2000/fis2g22.pdf>

Por outro lado, o cientista Fahrenheit adotou o valor 32 para o gelo fundente e 212 para a água em ebulação. Assim, 32°F corresponde à temperatura do gelo em fusão e 212°F é a temperatura da água em ebulação.

Escala Fahrenheit		
O limite inferior a escala Fahrenheit foi adotado como 32°F e corresponde à temperatura de fusão do gelo	O limite superior da escala Fahrenheit foi adotado como 212°F e corresponde à temperatura de ebulação da água.	A escala foi dividida em 180 partes ($212 - 32 = 180$) iguais, cada uma correspondendo a 1°F.



Fonte: <http://www.bibvirt.futuro.usp.br/textos/exatas/fisica/tc2000/fis2q22.pdf>

Vamos obter uma relação entre a temperatura Celsius e a temperatura Fahrenheit. Para estabelecer a correspondência entre a temperatura Fahrenheit e a temperatura Celsius observemos o esquema a seguir.

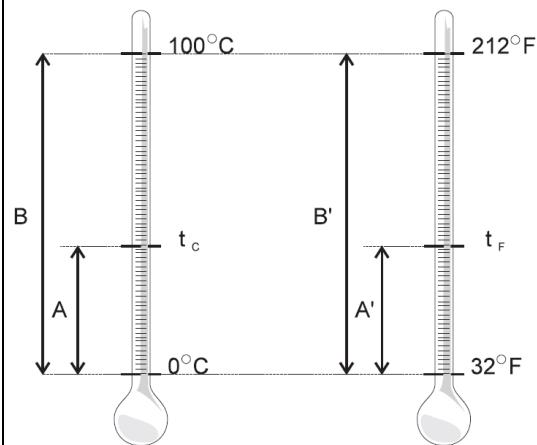
Seja t_F a temperatura medida na escala Fahrenheit. Qual será a temperatura Celsius (t_C) correspondente?

Os segmentos A e A' são proporcionais, assim como B e B', de modo que podemos escrever:

$$\frac{A}{A'} = \frac{B}{B'} \rightarrow \frac{(t_C - 0^\circ)}{(t_F - 32^\circ)} = \frac{(100^\circ - 0^\circ)}{(212^\circ - 32^\circ)}$$

$$t_C = \frac{5}{9}(t_F - 32^\circ)$$

Esta expressão relaciona a temperatura medida nas duas escalas.



Fonte: <http://www.bibvirt.futuro.usp.br/textos/exatas/fisica/tc2000/fis2q22.pdf>

Exemplo: Obter a temperatura de $104^\circ F$ na escala Celsius.

Temos, então, $t_F = 104^\circ$. Substituindo na expressão acima teremos

$$t_C = \frac{5}{9}(104 - 32) = \frac{5}{9}(72) = 40^\circ C$$

Para obtermos uma temperatura Celsius na escala Fahrenheit, agimos da mesma forma. Por exemplo, seja a temperatura de $20^\circ C$. Qual será esta temperatura na escala Fahrenheit?

Temos agora $t_C = 20^\circ C$. Substituindo na expressão teremos

$$20 = \frac{5}{9}(t_F - 32)$$

$$20 \times 9 = 5(t_F - 32)$$

$$180 = 5t_F - 160$$

$$180 + 160 = 5t_F$$

$$t_F = \frac{340}{5} = 68^\circ F$$

Uma outra escala muito importante e usada nos meios científicos é a escala Kelvin ou escala absoluta, criada pelo cientista irlandês Lord Kelvin. A escala Kelvin foi criada a partir da observação de que os corpos não podem ultrapassar uma temperatura mínima. A partir de estudos chegou-se à conclusão que esta temperatura mínima é de $-273^\circ C$. Esta temperatura é chamada de zero absoluto e na verdade é inatingível. Em alguns experimentos chegou-se a temperaturas bem próximas, mas nunca ao zero absoluto.

Na escala Kelvin não se usa o símbolo de grau ($^\circ$). Na escala Kelvin não existe valor negativo, pois o menor é zero. A relação entre a temperatura na escala Celsius (t_C) e a temperatura na escala Kelvin (T) é dada pela expressão.

$$T = t_C + 273$$

Exercícios – Série 2

1. (Unimep-SP) Numa das regiões mais frias do mundo o termômetro indica $-76^\circ F$. Qual será o valor dessa temperatura na escala Celsius?

- a) -60° b) -76° c) $-50,4^\circ$ d) -103° e) $+76^\circ$

2. (PUC-RJ) A expressão que relaciona a temperatura de um corpo nas escalas Kelvin (T) e Celsius (t) é, aproximadamente, igual a:

- a) $T = t + 273$ b) $T = t - 273$ c) $T = t \cdot 273$ d) $T = \frac{t}{273}$ e) $T = \frac{(t+275)}{5}$

3. (Coltec) Na tabela a seguir, a temperatura é medida na escala Celsius ($^\circ C$). Nos Estados Unidos, a escala Fahrenheit (DF) é usada para medir a temperatura. Na escala Fahrenheit, a temperatura de fusão da água é 32 DF, e a temperatura de ebulição da água é de 212 DF. Utilizando essas informações, escolha entre as alternativas abaixo a que indica valores que mais se aproximam das temperaturas de fusão e de ebulição do naftaleno na escala Fahrenheit.

Substância	Temperatura de fusão ($^\circ C$)	Temperatura de ebulição ($^\circ C$)
Água	0	100,0
Clorofórmio	-63,0	61,7
Soda cáustica	318,4	1390,0
Naftaleno	80,5	218,0

- a) 80 e 200. b) 40 e 200. c) 180 e 420. d) 20 e 420.

8.4 - Dilatação Térmica

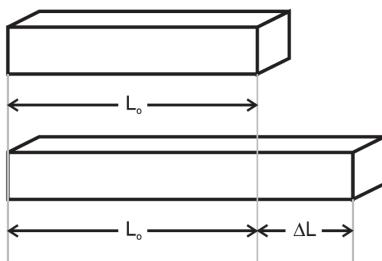
A dilatação térmica ocorre em sólidos, líquidos e gases e é caracterizada, na maioria das vezes, pelo aumento de tamanho devido a um aumento de temperatura. O fenômeno da dilatação ocorre porque, ao receber calor (energia térmica), as moléculas se agitam mais e se expandem. A dilatação nos sólidos vai ser tanto maior quanto maior for o tamanho do corpo. Nos líquidos e gases a dilatação vai ser proporcional ao volume.

Com os sólidos podem ocorrer três tipos de dilatação: a dilatação linear, a dilatação superficial e a dilatação volumétrica.

Dilatação linear

Ocorre em corpos cuja principal dimensão é o comprimento, como por exemplo, hastes metálicas, varetas, fios, pregos, trilhos, etc.

A figura abaixo mostra duas configurações de uma mesma barra em temperaturas diferentes [2]. Seus comprimentos são L_0 e L ($L = L_0 + \Delta L$), respectivamente nas temperaturas t_0 e t . Ao ser aquecida, a barra sofre uma dilatação $\Delta L = L - L_0$, pois passa da temperatura t_0 para t , sofrendo uma variação de temperatura $\Delta t = t - t_0$.



A dilatação ΔL é proporcional ao comprimento inicial L_0 e à diferença de temperatura Δt e matematicamente podemos escrever

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta t$$

onde α é a constante de proporcionalidade.

As experiências mostraram que a constante de proporcionalidade α depende do tipo de material de que é feito o objeto. A constante de proporcionalidade recebe o nome de **coeficiente de dilatação linear** e o seu valor pode ser determinado experimentalmente para cada tipo de material.

Dilatação superficial

Ocorre em corpos cuja dimensão mais destacada é a área, como por exemplo, placas metálicas, moedas, tampas de panelas, etc.

Dilatação volumétrica

Ocorre em corpos cuja principal dimensão é o volume, como por exemplo, bolas de metal, de vidro, estruturas de ferro e concreto, etc.

A dilatação dos líquidos e dos gases também é um tipo de dilatação volumétrica, uma vez que eles não têm forma própria e sim do recipiente que os contem. No caso da dilatação dos líquidos deve-se observar que, ao ser levado ao fogo, o recipiente onde está o líquido também se dilata. Neste caso ao se medir o volume do líquido dilatado deve-se observar o volume do frasco que também se dilatou para que se meça a dilatação real do líquido. É sabido que os líquidos dilatam mais que os sólidos, isto é, têm coeficiente de dilatação maior.

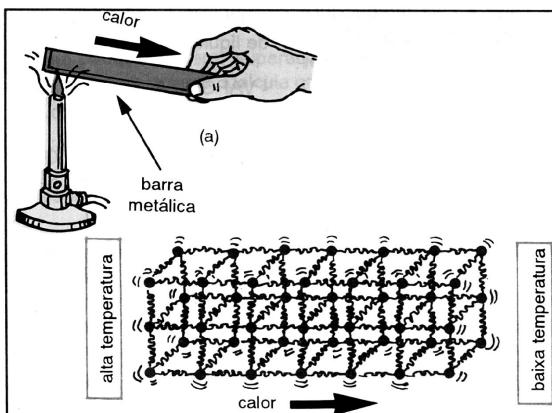
Determinadas substâncias comportam-se de maneira diferente ao sofrer um aumento de temperatura e, ao invés de aumentar seu volume, como é o normal, ao contrário, diminui. A água é um exemplo de substância que apresenta uma dilatação irregular. Entre as temperaturas de 0°C e 4°C o volume da água diminui. A partir de 4°C a água se dilata normalmente.

8.5 - Processos de propagação de calor

A transferência de calor pode ocorre de três maneiras diferentes:

Condução

A transferência de calor por condução é feita pela agitação dos átomos e moléculas do corpo. Dependendo da constituição do material que está recebendo calor, a agitação térmica será transmitida com maior ou menor facilidade, caracterizando assim os corpos *bons* e *maus* condutores.



Transmissão de calor por condução [2].

Bons condutores → metais (ferro, aço, alumínio, etc.).

Maus condutores (isolantes) → isopor, cortiça, porcelana, madeira, ar, gelo, lã e papel. Estas substâncias podem ser utilizadas para isolar termicamente um ambiente ou um corpo.

Convecção

A transferência de calor por convecção ocorre em líquidos e gases como o ar. A convecção é caracterizada pelo movimento dos fluidos que estão recebendo calor. As partes mais quentes tendem a subir por ficarem mais leves e as partes frias, mais pesadas, tendem a descer.

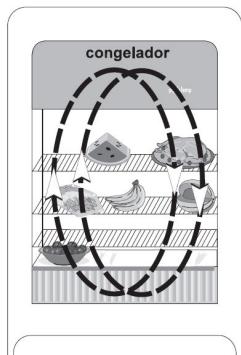
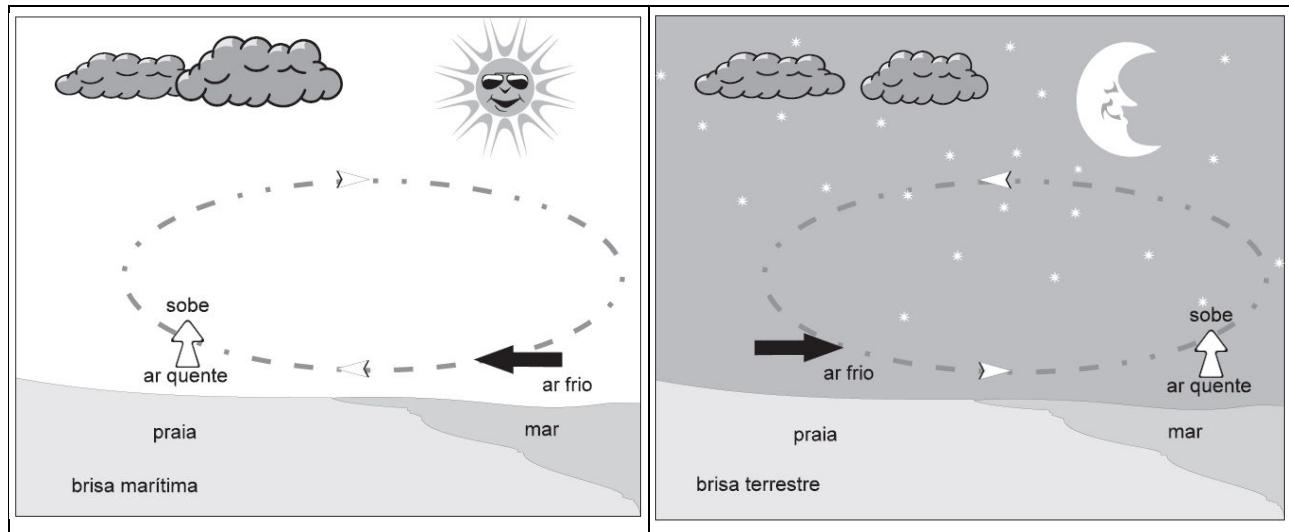
Exemplos de convecção → água esquentando numa panela, ar dentro da geladeira, formação de ventos na atmosfera.

É importante observar que a dilatação faz alterar a densidade de um corpo. Se um corpo ou uma substância tem seu volume aumentado, a quantidade de matéria fica mais distribuída no seu interior, aumentando o espaço entre as moléculas. É como se a substância ficasse mais “raia”, ou seja, sua densidade diminui. Isto ocorre também com o ar atmosférico. A formação de ventos é causada por esta variação.

Para que exista convecção é necessário que exista matéria e que suas partes estejam a diferentes temperaturas, de modo que haja deslocamento de matéria, que ao se deslocar, conduz calor. Esses deslocamentos são chamados **correntes de convecção**.

A areia esquenta mais rapidamente que a água (o calor específico da areia é menor). Durante o dia a camada de ar que está sobre a areia esquenta mais, fica menos denso e sobe. Abre-se um espaço que é ocupado pelo ar mais frio que está sobre o mar. Forma-se assim uma corrente de ar chamada de “*brisa marítima*”, que sopra do mar para a terra.

À noite a água e a areia começam a esfriar. Mas a areia esfria rapidamente e a água do mar demora a esfriar. O ar que está sobre o mar fica mais quente, fica menos denso e sobe. Assim, o ar que está sobre a areia se desloca em direção ao mar: é a “*brisa terrestre*”. Esses deslocamentos são chamados de **correntes de convecção**.



A convecção ocorre até que o equilíbrio térmico seja atingido, isto é, quando todas as partes estiverem à mesma temperatura. Por causa da convecção o congelador é colocado na parte superior da geladeira e os aparelhos de ar refrigerado devem ficar na parte superior dos cômodos. Na parte superior, o ar é resfriado, torna-se mais denso e desce, empurrando para cima o ar que está mais quente. Este encontra o congelador, é resfriado e desce. O processo continua até que seja atingido o equilíbrio térmico, isto é, até que todo o ar esteja à mesma temperatura.

Fonte: <http://www.bibvirt.futuro.usp.br/textos/exatas/fisica/tc2000/fis2g24.pdf>

Radiação

Nos dois processos de transferência de calor anteriores é necessária a existência de um meio material. Na radiação a transferência de calor ocorre através de um processo denominado *radiação térmica*. Um corpo que recebe calor por radiação térmica tem sua temperatura aumentada. Os corpos aquecidos, em geral, transmitem calor por radiação e quanto maior for a temperatura destes corpos, mais intensa é a radiação.

Exemplo de radiação → calor transmitido pelo Sol e que chega à Terra.

Após o que foi exposto, já é possível entender alguns fenômenos. Por exemplo, ao sairmos de um banho quente sentimos frio devido ao fato de que nosso corpo está mais quente do que o ar. Perdemos energia para o ar.

A função de um cobertor ou de uma blusa é atuar como um isolante térmico; eles não esquentam, pois não são uma fonte. Assim, se um termômetro for enrolado com um cobertor, verificaremos, após qualquer tempo, que sua temperatura apenas se manterá.

Outro fato interessante é que aquela sensação de frio que sentimos ao tocar em um corpo metálico, é também devida ao fluxo de calor do nosso corpo, cuja temperatura é de aproximadamente 36° C, para o corpo metálico, que está com a temperatura ambiente. Só que o metal é um bom condutor de calor e, por isso, perdemos energia mais rapidamente ao tocar nele do que ao tocar em uma madeira à mesma temperatura.

<p> vidro espelhado (paredes duplas) </p> <p> líquido quente ou frio </p> <p> vácuo </p> <p> invólucro plástico (isolante) </p>	<p>A garrafa térmica é um exemplo de um aparelho que mantém a temperatura de líquidos. Ela é capaz de manter um líquido quente ou frio, graças à combinação de três fatores: ela evita a condução, a radiação e a convecção de calor.</p> <p>Abaixo do invólucro plástico existe uma garrafa formada por duas camadas de vidro. Entre as duas camadas quase não existe ar (vácuo). Sem ar não existem átomos, ou moléculas, de modo que se evita a propagação de calor por condução. Além disso, a superfície do vidro é espelhada, interna e externamente. Desse modo, quando há líquido quente no interior da garrafa, o calor que seria irradiado para fora é refletido para dentro; caso o líquido seja frio, o calor de fora não penetra na garrafa, pois é refletido pela superfície do vidro. Isso evita a propagação de calor por radiação. E todas as partes do líquido dentro da garrafa estarão à mesma temperatura, de modo que também não ocorre convecção. Desta forma a garrafa diminui as trocas de calor entre o líquido e o meio ambiente, mantendo a temperatura do líquido nela colocado.</p>
---	---

Fonte: <http://www.bibvirt.futuro.usp.br/textos/exatas/física/tc2000/fis2g24.pdf>

Exercícios – Série 3

1. (Cefet-MG) Com relação à transferência de calor de um corpo quente para um corpo frio, numere a segunda coluna de acordo com a primeira

Processo	() Processo responsável pelo aquecimento do cabo de uma colher colocada em uma panela quente.
1) Condução	() Processo que ocorre quando corpos, em diferentes temperaturas são colocados em contato.
2) Convecção	() Processo em que o calor é transferido sem necessidade de um meio material.
3) Radiação	() Principal processo que ocorre nos líquidos e gases. () Processo pelo qual a Terra recebe energia do Sol.

A seqüência correta encontrada é

- a) 2, 1, 3, 1, 3.
- b) 1, 3, 2, 3, 1.
- c) 2, 2, 3, 2, 1.
- d) 1, 1, 3, 2, 3.

2. (Coltec) Quando está frio é comum se ver as pessoas com agasalhos de tecidos grossos. Isso impede que elas sintam frio. Qual das explicações abaixo está **correta**?

- a) O corpo primeiro aquece o agasalho, então o agasalho aquece o corpo.
- b) O agasalho tem a propriedade de aquecer os corpos nos quais está envolvido.
- c) O agasalho não aquece o corpo, apenas impede que ele perca calor para o ambiente.
- d) Por ser de um tecido grosso, o agasalho absorve o calor do ambiente e aquece o corpo.

3. (Coltec) Num dia de verão, um estudante tirou da geladeira dois cubos de gelo idênticos para fazer uma experiência sobre possíveis maneiras de ser conservar gelo em locais sem refrigeração. Ele embrulhou um dos cubos num pedaço de tecido de lã e deixou o outro cubo desembrulhado, colocando ambos num mesmo local. Escolha, entre as alternativas abaixo, a que descreve **corretamente** o que acontecerá aos cubos de gelo e que explica esse fenômeno:

- a) O cubo embrulhado derreterá primeiro porque o tecido de lã absorve o frio.
- b) O cubo embrulhado derreterá primeiro porque está isolado pelo tecido de lã.

- c) O cubo desembrulhado derreterá primeiro porque recebe calor diretamente do ar.
- d) O cubo desembrulhado derreterá primeiro porque perde frio mais rápido para o ar.

4. (Coltec) Em uma caixa de isopor fechada estão guardados, há muito tempo, três blocos do mesmo tamanho, sendo um de aço, um de madeira e um de isopor. Deseja-se verificar como se comparam as temperaturas dos três blocos e para isto foi utilizado um termômetro. Qual foi o resultado encontrado?

- a) O bloco de madeira tem uma temperatura maior do que o bloco de isopor.
- b) O bloco de aço tem uma temperatura menor do que o bloco de madeira.
- c) O bloco de isopor tem uma temperatura maior do que o bloco de aço.
- d) Os três blocos têm a mesma temperatura.

5. (Cefet-MG) No estudo de temperatura e calor, podemos afirmar que

- a) a medida do calor de um corpo é dada pela sua temperatura.
- b) o diâmetro interno de uma arruela de metal diminui quando aquecido.
- c) a energia que se transfere de um corpo mais frio para um mais quente é denominada calor.
- d) a transferência de calor do Sol para a Terra ocorre pelo processo denominado irradiação.

6. (Cefet-MG) Temos, a seguir, três afirmativas:

I – Quando sentimos frio, vestimos uma blusa para que ela nos aqueça, fornecendo-nos calor.

II – A transferência de calor de um ponto a outro de um sóido ocorre por condução.

III – O calor propaga-se no vácuo apenas por radiação.

Podemos dizer que

- a) a afirmativa I é falsa.
- b) a afirmativa II é falsa.
- c) a afirmativa III é falsa.
- d) as afirmativas I e II são verdadeiras.

7. (Coltec) O valor do ponto de ebulação de uma substância depende de

- a) estado físico da substância.
- b) pressão atmosférica.
- c) quantidade da substância.
- d) temperatura ambiente.

8. (Cefet-MG) São feitas três afirmativas:

I – O termômetro é usado para medir a quantidade de calor de um corpo.

II – A temperatura de 200K é menor do que a de -60°C .

III – Nos sólidos, a transferência de calor ocorre por convecção.

Assinale

- a) se apenas I for verdadeira.
- b) se apenas a II for verdadeira.
- c) se apenas a III for verdadeira.
- d) se apenas a I e a II forem verdadeiras.

8.6 - Mudanças de estado

As diversas substâncias que existem podem se apresentar no estado sólido, líquido e gasoso. As substâncias podem mudar de um estado para outro, como a água, que pode se apresentar no estado sólido (gelo), líquido e vapor. A mudança de estado ocorre quando a substância ou corpo perde ou ganha calor. Enquanto um corpo muda de fase, a sua temperatura não se altera, mesmo recebendo ou perdendo calor. Isso é válido para substâncias puras.

Fusão → passagem do estado sólido para líquido

Solidificação → passagem do estado líquido para o estado sólido.

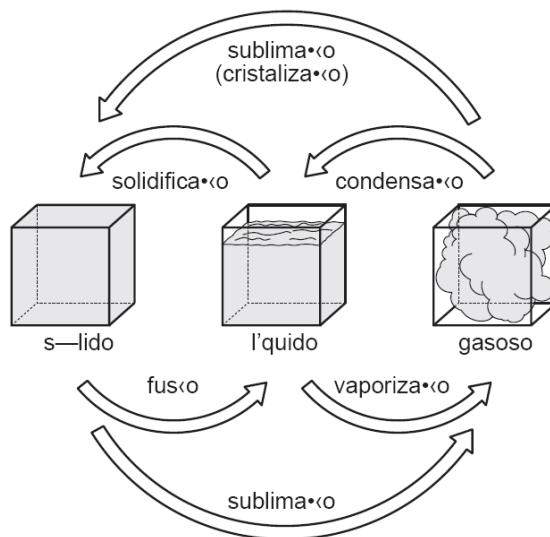
Vaporização → passagem do estado líquido para o estado gasoso.

Condensação ou **liquefação** → passagem do estado gasoso para o estado líquido.

Sublimação → passagem direta do estado sólido para o estado gasoso ou de gasoso para sólido sem passar pela fase líquida.

Substância	Ponto de Fusão (°C)
Platina	1775
Prata	961
Chumbo	327
Enxofre	119
Água	0
Mercúrio	-39
Álcool Etílico	-117
Nitrogênio	-210

Substância	Ponto de ebullição (°C)
Mercúrio	357
Iodo	184
Água	100
Álcool Etílico	78
Bromo	59
Nitrogênio	-196
Hélio	-269



Fonte: <http://www.bibvirt.futuro.usp.br/textos/exatas/fisica/tc2000/fis2g25.pdf>

8.7 - Quantidade de calor

Quando há troca de calor entre dois corpos, poderá ocorrer uma variação de temperatura ou a mudança do estado físico do corpo. Chamamos de **calor sensível** aquele relacionado com a variação de temperatura de um corpo. O calor relacionado com a mudança de estado físico recebe o nome de **calor latente**.

Calor Sensível

A quantidade de calor cedida ou absorvida por um corpo depende da variação de temperatura a que o corpo foi submetido, da sua massa e do tipo de substância de que é constituído. A expressão que nos dá esta quantidade de calor é:

$Q = m \cdot c \cdot \Delta t$	$Q \rightarrow$ quantidade de calor absorvida ou cedida (<i>Joule ou caloria</i>) $m \rightarrow$ massa do corpo (<i>Kg ou g</i>) $c \rightarrow$ calor específico (<i>cal/g°C</i>) $\Delta t \rightarrow$ variação de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) = <i>temperatura inicial – temperatura final</i>
--------------------------------	---

O calor específico é uma característica de cada substância. A tabela mostra alguns valores.

Substância	Calor Específico c (cal/g°C)
Água	1,00
Gelo	0,55
Alumínio	0,22
Vidro	0,20
Ferro	0,11
Cobre	0,093
Prata	0,056
Mercúrio	0,033

Para o alumínio $c = 0,22 \text{ cal/g°C}$. Isto significa que para aumentar de 1°C uma massa de 1 grama de alumínio é necessário uma quantidade de calor de 0,22 calorias.

Observa-se ainda pela tabela que o calor específico da água é o maior. Isto quer dizer que, se considerarmos a mesma massa de água e de uma outra substância, a água necessitará de mais calor para ter uma determinada variação de temperatura.

Exemplo

Um bloco de ferro de massa $m = 300\text{g}$ aumentou sua temperatura de 30°C para 90°C . Qual a quantidade de calor absorvida?

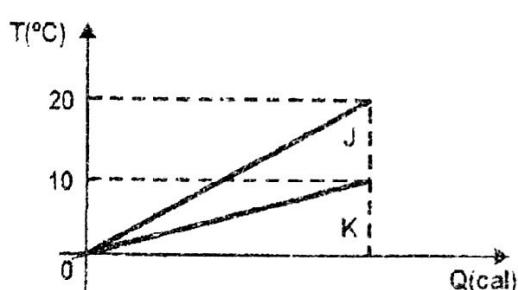
$Q = m \cdot c \cdot \Delta t$ $Q \rightarrow$ quantidade de calor absorvida (<i>Joule ou caloria</i>) $m \rightarrow$ massa do corpo (<i>Kg ou g</i>) $c \rightarrow$ calor específico (<i>cal/g°C</i>) $\Delta t \rightarrow$ variação de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) = $t_{\text{final}} - t_{\text{inicial}}$	$Q = ?$ $m = 300\text{g}$ $c = 0,11 \text{ cal/g°C}$ $\Delta t = 90^{\circ}\text{C} - 30^{\circ}\text{C} = 60^{\circ}\text{C}$
$Q = m \cdot c \cdot \Delta t = 300 \times 0,11 \times 60 = 1.980 \text{ cal}$	<i>Resposta: Q = 1.980 cal</i>

Exercícios – Série 3

1) Um bloco de cobre de massa 2500g está inicialmente a uma temperatura de 25º C. Calcule a quantidade de calor recebido pelo bloco depois de colocado num forno que elevou sua temperatura para 140º C.

2) Um pedaço de vidro estava a uma temperatura de 20º C quando foi colocado num forno que estava a 60º C, recebendo 5600 caloria. Qual a massa do pedaço de vidro?

3) (Odonto-Diamantina) Duas substâncias, J e K, de mesma massa, variam suas temperaturas em função do calor recebido, de acordo com o gráfico abaixo. A razão entre os calores específicos das substâncias J e K é igual a:



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

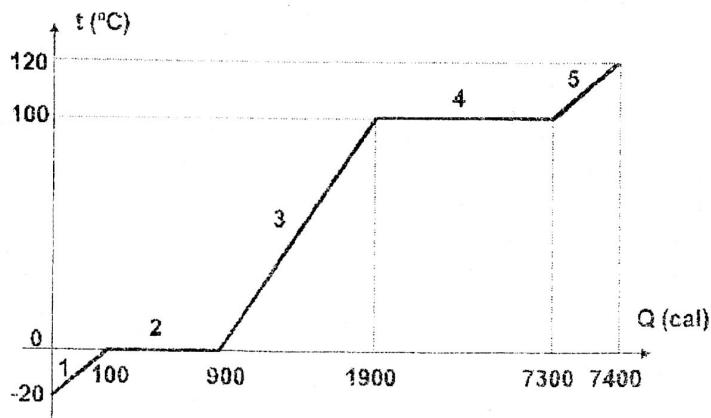
Calor Latente

Quanto maior a massa de um corpo, mais calor ele deve trocar para que haja a mudança de fase. Porém, se considerarmos massas diferentes de uma mesma substância em uma mudança de estado físico, perceberemos que a razão entre a quantidade de calor trocada e a massa do corpo é uma constante que só depende da substância e do tipo de mudança de fase. A esta constante damos o nome de **calor (específico) latente de mudança de fase (L)**. De acordo com o que foi apresentado, a expressão para o cálculo da quantidade de calor latente é:

$$Q = m \cdot L$$

A principal unidade do calor latente de mudança de fase é cal/g. Quando se diz que o calor latente de fusão do gelo é de 80 cal/g, significa dizer que cada 1 grama de gelo, a 0º C, necessita de 80 calorias para sofre fusão completamente.

Como estamos trabalhando sempre com substâncias puras, durante uma mudança de fase qualquer, a temperatura irá permanecer a mesma. Observe o gráfico que representa a temperatura em função da quantidade de calor recebida por 10 gramas de água, inicialmente a -20º C.



No gráfico, podemos perceber que existem regiões onde a temperatura sofreu um certo aumento (regiões 1, 3 e 5), ou seja, o calor é sensível. Já nas regiões 2 e 4, a temperatura permaneceu constante, o que nos leva a concluir que, nestas regiões, houve uma mudança de fase. O calor é, portanto, latente.

Região 1: a água estava no estado sólido. Houve um aumento de temperatura de 20°C .

Região 2: o gelo estava sofrendo fusão. A temperatura de fusão do gelo é de 0°C . Note que esta temperatura permanece constante até que todo o gelo tenha se transformado em água líquida.

Região 3: a água sofreu um aumento de temperatura de 100°C . Estado líquido.

Região 4: a água estava sofrendo vaporização.

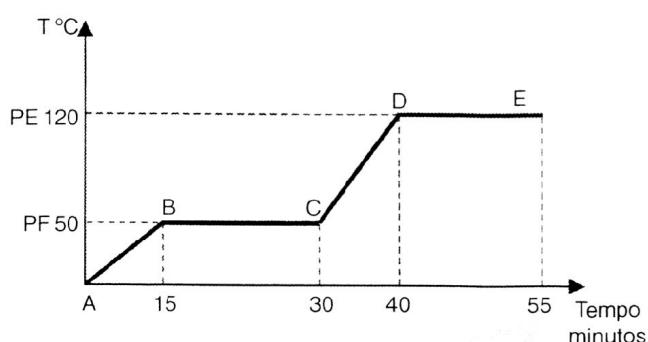
Região 5: o vapor de água sofreu um aumento de temperatura de 20°C .

Exercícios – Série 4

1. Observando as tabelas de pontos de fusão e pontos de ebullição, descreva o estado (sólido, líquido e gasoso) das substâncias abaixo, nas temperaturas indicadas.

Substância	Temperatura	Estado
Mercúrio	-46°C	
Álcool Etílico	80°C	
Prata	962°C	
Nitrogênio	0°C	
Chumbo	328°C	

2. (Cefet-MG) O aquecimento de 30 gramas de uma substância pura, em recipiente fechado, é representado no gráfico abaixo.



Quanto às propriedades dos estados de agregação (físicos) dessa substância, podemos afirmar que

- a) no trecho A-B, as moléculas apresentam força de atração mínima.
- b) a substância estará na fase sólida e líquida à temperatura de 25°C .
- c) o ponto de solidificação da substância é maior que o ponto de fusão.
- d) no trecho C-D, a substância apresenta forma variável.

3. (Cefet-MG) Sejam as temperaturas.

T_1 – Temperatura da água em ebullição ao nível do mar.

T_2 – Temperatura da água em ebullição em Belo Horizonte (800 metros de altitude).

T_3 – Temperatura da água em ebullição no interior de uma panela de pressão.

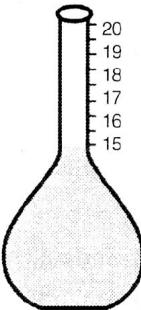
A relação **correta** entre as temperaturas é

- a) $T_1 = T_2 = T_3$.
- b) $T_1 < T_3 < T_2$.
- c) $T_2 > T_3 > T_1$.
- d) $T_2 < T_1 < T_3$.

4. Um líquido ocupa um volume de 15 cm^3 dentro de um frasco. Veja seu nível no frasco. Ao se aquecer o conjunto, verifica-se que o frasco dilatou 1 cm^3 e o líquido dilatou 3 cm^3 . Não considere a dilatação do gargalo vazio.

Pode-se afirmar que o líquido ficará até a graduação de

- a) 18 cm^3 .
- b) 17 cm^3 .
- c) 16 cm^3 .
- d) 14 cm^3 .

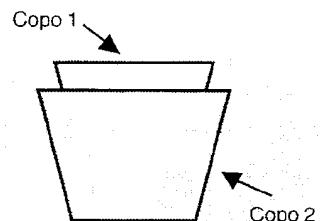


5. (Cefet-MG) Durante a fusão de uma porção de água

- a) seu peso diminui.
- b) sua massa diminui.
- c) sua temperatura aumenta.
- d) seu conteúdo de energia aumenta.

6. (Coltec) Quando colocamos dois copos de vidro um dentro do outro, algumas vezes eles ficam presos e não conseguimos separá-los facilmente. A figura ao lado representa essa situação.

Um estudante que estava aprendendo sobre dilatação dos corpos teve a seguinte idéia: utilizar água gelada para provocar a dilatação de apenas um dos copos e, com isso, facilitar a sua separação, já que esse copo teria suas dimensões diminuídas.



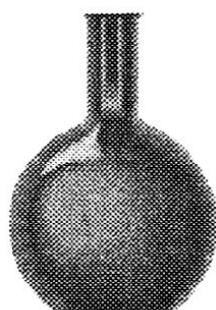
Entre as alternativas abaixo descrevendo alguns procedimentos possíveis de serem realizados pelo estudante, selecione a **correta**.

- a) Os copos podem ser separados se colocarmos água gelada apenas dentro do copo 1.
- b) Os copos podem ser separados se mergulharmos apenas o copo 2 dentro da água gelada.
- c) Os copos podem ser separados se mergulharmos os dois copos ao mesmo tempo na água gelada.
- d) Não é possível utilizar água gelada para separar os copos, pois apenas água quente poderia fazer isso.

7. A figura mostra um frasco completamente cheio de um líquido e ambos na mesma temperatura de 10° C . Quando o conjunto é aquecido até 90° C , verifica-se que o frasco dilatou 2 cm^3 e que o líquido dilatou 8 cm^3 .

Pode-se afirmar que

- a) o líquido não transbordou.
- b) transbordou 2 cm^3 .
- c) transbordou 6 cm^3 .
- d) transbordou 8 cm^3 .



8. (Cefet-MG) Uma pessoa acondiciona em uma caixa de isopor devidamente vedada, um pouco de gelo, uma garrafa com ar e outra com água. Após duas horas, ao medir as temperaturas do ar dentro da garrafa (t_1), da água (t_2) e do gelo ainda existente (t_3), ela comprovará que

- a) $t_1 > t_2 = t_3$
- b) $t_1 > t_2 > t_3$
- c) $t_1 = t_2 < t_3$
- d) $t_1 = t_2 = t_3$

9. (Cefet-MG – 1º 2006) Os termômetros devem ser adequados às dimensões do corpo cuja temperatura se deseja medir. Caso um objeto aquecido seja muito _____ que o termômetro, o equilíbrio térmico ocorrerá em uma temperatura muito _____ que aquela que se deseja medir.

A opção que completa, correta e respectivamente, as lacunas é:

- a) maior, maior.
- b) maior, menor.
- c) menor, maior.
- d) menor, menor.

10. (Cefet-MG – 1º /2006) A questão a seguir refere-se à tabela abaixo.

Substância	Ponto de fusão ($^{\circ}\text{C}$, 1 atm)	Ponto de Ebulação ($^{\circ}\text{C}$, 1 atm)
Água	0	100
Etanol	- 117	78
Bromo	- 7	59
Oxigênio	- 219	- 183
Cloreto de sódio	801	1413

11. No interior de um freezer a $- 18^{\circ}\text{C}$, estão no estado sólido, as substâncias

- a) água, bromo e etanol.
- b) água, oxigênio e etanol.
- c) água, oxigênio e cloreto de sódio.
- d) água, bromo e cloreto de sódio.

Referências Bibliográficas

- [1] Alves, J. A. **Apostila de Física**. Curso Orvile Carneiro. Edição 2005.
- [2] Cardoso, A. M. S.; Gonçalves, H. A.; Cardoso, M. A. B. **Ciências: da escola para a vida**. Belo Horizonte, MG: Ed. LÊ, 1ª ed., 1996.
- [3] **Construindo consCiências**, 8ª série/APEC. São Paulo: Scipione, 2003. (Coleção Construindo consCiências).