



**CENTRO ESTADUAL DE
EDUCAÇÃO PROFISSIONAL DE
CURITIBA – C.E.E.P CURITIBA**

APOSTILA DE FÍSICA BÁSICA PARA E.J.A.

Modalidades: Integrado

Subseqüente

Proeja

Autor: Ronald Wykrota (wykrota@uol.com.br)

Curitiba - Paraná

2012



CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL DE CURITIBA
DISCIPLINA: FÍSICA - Professor Ronald Wykrota (wykrota@uol.com.br)
AULAS 01 e 02

FÍSICA:

Física é a ciência exata que tem por objeto de estudo os fenômenos que ocorrem na natureza. Através do entendimento dos fenômenos da natureza, podemos entender como as coisas acontecem em nosso dia-a-dia.

A Física tem grande importância para a sociedade, pois uma infinidade de equipamentos que utilizamos hoje, em nosso cotidiano (como rádios, tvs, celulares, mp3, computadores, laser, dentre outros), foram desenvolvidos utilizando conceitos e Leis da Física.

MECÂNICA:

É a ramo da Física que estuda os movimentos. Esse estudo está subdividido em duas partes: - a **Cinemática**, que estuda o movimento de corpos ou partículas sem se preocupar com as causas que dão origem ao movimento;

- a **Dinâmica**, que estuda as causas dos movimentos.

CINEMÁTICA:

Partícula: é todo corpo cujas dimensões não interferem no estudo de um determinado fenômeno físico.

Corpo Extenso: é todo corpo cujas dimensões interferem no estudo de um determinado fenômeno.

Referencial: é um ponto fixo (ou objeto) pré-determinado, a partir do qual se pretende analisar se um corpo (ou partícula) está em movimento ou não. É indispensável para se determinar a posição de um objeto.

Sistema Internacional de Unidades (S.I): é um conjunto de unidades de medida onde se adotam unidades pré-escolhidas para as grandezas físicas comprimento, massa e tempo. O padrão mais comum utilizado na Brasil é o M.K.S., sendo: comprimento → metro(m); massa → quilograma (Kg); tempo → segundo(s).

Velocidade Média (V_m): é a razão entre a distância percorrida por um corpo (ou partícula) e o tempo gasto em percorrê-la. Matematicamente, podemos calcular a Velocidade Média de um corpo ou partícula utilizando:

$$V_m = \frac{\Delta S}{\Delta t}, \text{ onde: } V_m = \text{Velocidade Média (m/s);}$$

ΔS = Variação da Posição (m); → **corresponde à distância Percorrida**

Δt = Variação do Tempo (s). → **corresponde ao intervalo de tempo gasto**

A unidade de velocidade média no Sistema Internacional é o metro/segundo (**m/s**).

Em Física, a letra grega Δ significará, aqui no Ensino Médio, sempre uma **Variação**.

Desta maneira, poderemos escrever, sempre que for conveniente, essa variação como sendo uma subtração entre os valores finais e os valores iniciais da mesma grandeza. Por exemplo: Variação do tempo (Δt) pode ser escrita matematicamente como instante de tempo final menos o instante de tempo inicial ($t_f - t_i$). A variação da velocidade de uma partícula (Δv) pode ser escrita matematicamente como sendo a velocidade final menos a velocidade inicial da partícula ($v_f - v_i$).

Podemos aplicar esse conceito também à Velocidade Média. Fazendo isso, podemos escrever matematicamente outra forma de calcular a Velocidade Média de um corpo:

$$V_m = \frac{s_f - s_i}{t_f - t_i}, \text{ onde: } v_m = \text{velocidade média (m/s);}$$

s_f = posição final do corpo (m);

s_i = posição inicial do corpo (m);

t_f = instante de tempo final (s);

t_i = instante de tempo inicial (s).

Velocidade Instantânea: é a velocidade que o corpo possui num determinado instante de tempo. Por exemplo, é a velocidade que o velocímetro de um carro em movimento marca num exato instante de tempo. Sua unidade no S.I é o **m/s**.

ATENÇÃO: uma unidade de velocidade bastante utilizada em nosso dia-a-dia é o quilômetro por hora (Km/h). Podemos transformar velocidades em m/s para Km/h ou vice-versa observando as seguintes condições:

Km/h → m/s → basta dividir a velocidade dada em Km/h por 3,6

m/s → Km/h → basta multiplicar a velocidade em Km/h por 3,6

EXEMPLOS:

1) Transforme 20m/s em Km/h:

$$20 \times 3,6 = 72 \text{ Km/h}$$

2) Transforme 108Km/h em m/s

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

PROBLEMAS:

1) Um ônibus percorre uma distância de 5000m em 400s. Determine a velocidade média desse ônibus, em m/s.

DADOS:

$\Delta s = 5000\text{m}$ → distância percorrida

$\Delta t = 400\text{s}$ → intervalo de tempo gasto

$v_m = ???$

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} \rightarrow v_m = \frac{5000}{400} \rightarrow v_m = 12,5 \text{ m/s}$$

2) Um carro inicia o seu movimento e, passados 15s, encontra-se na posição 150m. No instante de tempo de 35s, encontra-se na posição 350m. Determine a velocidade média do carro, em m/s.

DADOS:

$t_i = 15\text{s}$ → instante de tempo inicial

$s_i = 150\text{m}$ → posição inicial

$t_f = 35\text{s}$ → instante de tempo final

$s_f = 350\text{m}$ → instante de tempo final

$v_m = ???$

$$v_m = \frac{s_f - s_i}{t_f - t_i} \rightarrow v_m = \frac{350 - 150}{35 - 15} \rightarrow v_m = \frac{200}{20} \rightarrow v_m = 10 \text{ m/s}$$

3) Uma bicicleta percorre uma distância de 12km em 2h. Determine a velocidade média da bicicleta, em km/h.

$$v_m = 6 \text{ Km/h}$$

4) Uma moto inicia o seu movimento e, passados 150s encontra-se na posição 1500m. No instante de tempo de 200s, encontra-se na posição 2200m. Determine a velocidade média da moto, em m/s.

$$v_m = 14 \text{ m/s}$$

5) Uma bicicleta percorre uma distância de 7200m em 3600s. Determine a velocidade média da bicicleta, em m/s.

$$v_m = 2 \text{ m/s}$$

6) Uma moto inicia o seu movimento e, passados 100s, encontra-se na posição 1500m. No instante de tempo de 300s, encontra-se na posição 4200m. Determine a velocidade média da moto, em m/s.

$$v_m = 13,5 \text{ m/s}$$

7) Uma bicicleta percorre uma distância de 15000m em 3000s. Determine a velocidade média da bicicleta, em Km/h.

$$v_m = 18 \text{ Km/h}$$

8) Uma moto inicia o seu movimento e, passados 50s, encontra-se na posição 1000m. No instante de tempo de 150s, encontra-se na posição 2200m. Determine a velocidade média da moto, em m/s.

$$v_m = 12 \text{ m/s}$$



CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL DE CURITIBA
DISCIPLINA: FÍSICA- Professor: Ronald Wykrota (wykrota@uol.com.br)
AULAS 03, 04 e 05

MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORME (M.R.U.):

É o tipo de movimento em que a velocidade do corpo não sofre alteração em todo o intervalo de tempo em que o movimento está sendo analisado. Resumindo, é todo movimento onde a velocidade do corpo é constante (sempre o mesmo valor).

M.R.U. \Leftrightarrow Velocidade constante e diferente (\neq) de 0

ATENÇÃO: a velocidade do movimento não pode ser nula (zero), pois nessa condição o corpo estaria em repouso e poderia estar parado.

FUNÇÃO HORÁRIA DAS POSIÇÕES: S(t)

É a fórmula matemática que fornece a posição do corpo em Movimento Uniforme (M.R.U.), em qualquer instante de tempo. Pode ser escrita matematicamente:

$S = S_0 + vt$

, onde: S = posição final (m);
 S_0 = posição inicial (m);
v = velocidade constante (m/s);
t = instante de tempo (s).

PROBLEMAS:

- 1) Um corpo movimenta-se com velocidade constante sobre uma trajetória retilínea, obedecendo à função horária $s = 20 + 4t$ (no S.I.). Determinar:

- a) a sua posição inicial e sua velocidade;

$$s = S_0 + v \cdot t$$
$$s = 20 + 4t$$

**$S_0 = 20m$
 $v = 4m/s$**

- b) sua posição no instante de tempo de 5s.

Dados:

$t = 5s$ $s = 20 + 4t$
 $S_0 = 20m$ $s = 20 + 4 \cdot 5$
 $S = ???$ $s = 20 + 20$ \rightarrow **$S = 40m$**

comparando os valores

- c) o instante em que o corpo passa pela posição 60m.

DADOS:

$t = ???$ $s = 20 + 4t$ $- 4t = - 40$ $\times (-1)$
 $S = 60m$ $60 = 20 + 4t$ $4t = 40$ \rightarrow **$t = 10s$**
 $S_0 = 20m$ $60 - 20 = 4t$ $t = 40 / 4$
 $v = 4m/s$ $40 = 4t$

- 2) Um trem de 200m de comprimento tem velocidade constante de 20m/s. Determine o tempo gasto pelo trem para ultrapassar completamente uma ponte de 50m de comprimento. (veja esquema abaixo)

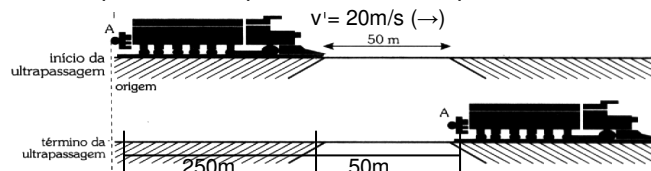
DADOS:

$v = 20m/s$

$t = ???$

$S_{trem} = 250m$

$S_{ponte} = 50m$



A função horária que descreve o movimento da traseira do trem (ponto A) no início da ultrapassagem é: $s = s_0 + vt$. Considerando o ponto A no início da ultrapassagem como nosso referencial ($S_0 = 0m$), temos: **$s = 0 + 20t$**

Quando o trem completa a ultrapassagem (ponto A chega ao final da ponte): $s = 200(\text{trem}) + 50(\text{ponte}) \rightarrow$ **$s = 250m$**

Substituindo S na função horária: **$s = 0 + 20t$**

$250 = 0 + 20t$
 $250 = 20t$ \rightarrow $t = \frac{250}{20} \rightarrow$ **$t = 12,5s$** \rightarrow esse é o tempo gasto trem para atravessar a completamente a ponte.
 $- 20t = -250$ $\times (-1)$

- 3) Um Opala se movimenta em linha reta, com velocidade constante, em uma estrada, obedecendo à função horária $s = 5 + 18t$ (no S.I.). Determine:

- a) a sua posição inicial e a sua velocidade; b) sua posição no instante de 210s;

**$S_0 = 5m$
 $v = 18m/s$**

$s = 3785m$

- c) o instante de tempo em que o carro passará pela posição 1805m.

$t = 100s$

- 4) Um Opala possui 4,5m de comprimento movimenta-se com velocidade constante de 10m/s e necessita ultrapassar completamente uma ponte de 195,5m de comprimento. Calcule o tempo que ele levará para atravessá-la completamente.

$$t = 20s$$

- 5) Um trem de 290m de comprimento tem velocidade constante de 8m/s. Determine o tempo gasto pelo trem para ultrapassar completamente uma ponte de 150m de comprimento.

$$t = 55s$$

- 6) Um Opala se movimenta em linha reta, com velocidade constante, em uma estrada, obedecendo à função horária $s = 10 + 10t$ (no S.I.). Determine:

- a) a sua posição inicial e a sua velocidade; b) sua posição no instante de 310s;

$$s_0 = 10m$$
$$v = 10m/s$$

$$s = 3110m$$

- c) o instante de tempo em que o carro passará pela posição 5010m.

$$t = 500s$$

- 7) Um caminhão de 45m de comprimento tem velocidade constante de 4m/s. Determine o tempo gasto pelo trem para ultrapassar completamente uma ponte de 355m de comprimento.

$$t = 100s$$

- 8) Um trem de 280m de comprimento tem velocidade constante de 15m/s. Determine o tempo gasto pelo trem para ultrapassar completamente uma ponte de 1370m de comprimento.

$$t = 110s$$



CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL DE CURITIBA
DISCIPLINA: FÍSICA – Professor: Ronald Wykrota (wykrota@uol.com.br)
AULA 06

Aceleração: a

Vimos em aulas anteriores que um movimento pode ser caracterizado pela sua velocidade. Por esse motivo, a velocidade de um movimento é uma grandeza física muito importante na análise de um movimento.

Em nosso cotidiano, em boa parte das vezes realizamos movimentos que possuem velocidades que variam no decorrer do tempo: aumentamos a velocidade do carro para realizar uma ultrapassagem ou desviar de um pedestre, corremos para atravessar a rua e depois diminuimos a velocidade, o motorista de um ônibus diminui a velocidade utilizando o freio, etc.

Sempre que em um movimento ocorre uma variação de velocidade, surge uma grandeza física nesse movimento. Essa grandeza recebe o nome de **Aceleração (a)**.

Podemos definir a aceleração de um corpo como sendo a grandeza física que relaciona a variação da velocidade de um corpo num determinado intervalo de tempo. Matematicamente, temos:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}, \text{ onde: } a = \text{aceleração (m/s}^2\text{)};$$

$\Delta v = \text{variação da velocidade (m/s)}$
 $\Delta t = \text{variação do tempo (m/s)}$

A unidade de aceleração no Sistema Internacional é o **m/s²**.

Se necessitarmos, podemos utilizar a definição de variação (Δ) na expressão acima e teremos:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_f - v_i}{t_f - t_i}, \text{ onde: } a = \text{aceleração (m/s}^2\text{)};$$

$v_f = \text{velocidade final do corpo (m/s)};$
 $v_i = \text{velocidade inicial do corpo (m/s)};$
 $t_f = \text{instante de tempo final (s)};$
 $t_i = \text{instante de tempo inicial (s)}.$

PROBLEMAS:

- 1) A velocidade de um corpo varia de 5m/s para 20m/s em 3s. Calcule a aceleração média do corpo, neste trecho.

Dados:

$$v_i = 5\text{m/s} \quad a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \rightarrow \text{aplicando a definição de variação em cima} \rightarrow a = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t} \rightarrow a = \frac{20 - 5}{3} \rightarrow a = \frac{15}{3} \rightarrow a = 5\text{m/s}^2$$

$v_f = 20\text{m/s}$
 $\Delta t = 3\text{s}$

- 2) Calcule a aceleração média de um carro, sabendo que a sua velocidade varia de 4m/s para 12m/s em 2s.

$$a = 4\text{m/s}^2$$

- 3) O anúncio de um certo tipo de automóvel, menciona que o veículo, partindo do repouso, atinge a velocidade de 108 m/s em 6 segundos. Qual a aceleração escalar média desse automóvel, nesse trecho?

$$a = 18\text{m/s}^2$$

- 4) Partindo do repouso, um avião percorre a pista e atinge a velocidade de 144 m/s em 36 segundos. Qual o valor da aceleração escalar média no referido intervalo de tempo?

$$a = 4\text{m/s}^2$$

- 5) Um ônibus varia a sua velocidade em 30m/s num intervalo de tempo de 15s. Calcule a aceleração desse ônibus, nesse trecho.

$$a = 2\text{m/s}^2$$



CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL DE CURITIBA
DISCIPLINA: FÍSICA – Professor: Ronald Wykrota (wykrota@uol.com.br)
AULAS 07 e 08

MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORMEMENTE VARIADO: M.R.U.V.

Este tipo de movimento possui aceleração e essa aceleração é constante. Nesse movimento, devido à aceleração, a velocidade do corpo varia constantemente em todo o intervalo de tempo, enquanto durar o movimento. A trajetória desse movimento é uma linha reta (por isso Retilíneo).

Resumindo: $\text{M.R.U.V.} \rightarrow \text{aceleração constante (e diferente de zero)} \rightarrow \text{velocidade variável.}$

ATENÇÃO: nesse movimento, a aceleração NÃO pode ser nula (zero), pois assim não teríamos variação da velocidade, o que implica numa velocidade constante e, portanto, voltamos ao Movimento Uniforme.

FUNÇÕES HORÁRIAS DO MRUV:

a) Função Horária da Velocidade em Função do Tempo: $v(t)$

Fornece a velocidade do corpo (em M.R.U.V.) em qualquer instante de tempo (t). É expressa:

$$v = v_0 + a \cdot t$$

onde: v = velocidade instantânea (m/s);

v_0 = velocidade inicial (m/s);

a = aceleração do movimento (m/s²); \rightarrow **ACELERAÇÃO CONSTANTE**

t = instante de tempo (s).

PROBLEMAS:

- 1) Uma partícula movimenta-se com aceleração constante e adquire velocidade que obedece à função horária $v = 20 + 4 \cdot t$ (no S.I.). Determine:

- a) a sua velocidade inicial e a aceleração da partícula;

$$v = 20 + 4 \cdot t$$
$$v = v_0 + a \cdot t$$

$v_0 = 20\text{m/s}$

$a = 4\text{m/s}^2$

- b) a velocidade da partícula no instante 2s;

DADOS:

$t = 2\text{s} \rightarrow$ vamos substituir t pelo seu valor (2)

$$v = ??? \quad v = 20 + 4 \cdot t \rightarrow v = 20 + 4 \cdot 2 \rightarrow v = 20 + 8$$

$v = 28\text{m/s}$

- c) o instante de tempo onde a partícula atinge a velocidade de 40m/s

DADOS:

$t = ?$

$v = 40\text{m/s}$

Vamos substituir v pelo seu valor (40) na função horária da velocidade:

$$v = 20 + 4 \cdot t$$
$$40 = 20 + 4 \cdot t \rightarrow 40 - 20 = 4t$$
$$20 = 4t$$
$$t = \frac{20}{4}$$

$t = 5\text{s}$

- 2) A função horária da velocidade de um carro em movimento com aceleração constante é $v = 5 + 17 \cdot t$ (no S.I.). Determine:

- a) a sua velocidade inicial e a aceleração da partícula;

$$v = 5 + 17 \cdot t$$
$$v = v_0 + a \cdot t$$

$v_0 = 5\text{m/s}$

$a = 17\text{m/s}^2$

- b) a velocidade da partícula no instante 20s;

DADOS:

$t = 20\text{s} \rightarrow$ vamos substituir t pelo seu valor (20)

$$v = ??? \quad v = 5 + 17 \cdot t \rightarrow v = 5 + 17 \cdot 20 \rightarrow v = 5 + 340$$

$v = 345\text{m/s}$

- c) o instante de tempo onde a partícula atinge a velocidade de 100m/s.

DADOS:

$t = ?$

$v = 100\text{m/s}$

Vamos substituir v pelo seu valor (100) na função horária da velocidade:

$$v = 5 + 17 \cdot t$$
$$100 = 5 + 17 \cdot t$$
$$100 - 5 = 17 \cdot t$$
$$95 = 17 \cdot t$$
$$t = \frac{95}{17}$$

$t = 5,58\text{s}$

- 3) Uma partícula em movimento com aceleração constante adquire velocidade que obedece à função horária $v = 12t$ (no S.I.). Determine:

- a) a sua velocidade inicial e a aceleração da partícula;

$v_0 = 0\text{m/s}$
 $a = 12\text{m/s}^2$

- b) a velocidade da partícula no instante 15s;

$v = 180\text{m/s}$

c) o instante de tempo onde a partícula atinge a velocidade de 120m/s

$$t = 10s$$

4) A função horária da velocidade de um carro em movimento com aceleração constante é $v = 2 + 9.t$ (no S.I.). Determine:

- a) a sua velocidade inicial e a aceleração da partícula; b) a velocidade da partícula no instante 30s;

$$v_0 = 2m/s$$
$$a = 9m/s^2$$

$$v = 272 m/s$$

c) o instante de tempo onde a partícula atinge a velocidade de 137m/s.

$$t = 15s$$

d) o instante de tempo onde a partícula atinge a velocidade de 20 m/s;

$$t = 2s$$

e) a aceleração da partícula no instante de 5s.

$$a = 9m/s^2$$

5) A função horária da velocidade de um carro em movimento com aceleração constante é $v = 5 - 10.t$ (no S.I.). Determine:

- a) a sua velocidade inicial e a aceleração da partícula; b) a velocidade da partícula no instante 15s;

$$v_0 = 5m/s$$
$$a = -10m/s^2$$

$$v = -145 m/s$$

c) o instante de tempo onde a partícula atinge a velocidade de -195m/s.

$$t = 20s$$

d) o instante de tempo onde a partícula atinge a velocidade de -15 m/s;

$$t = 2s$$



CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL DE CURITIBA
DISCIPLINA: FÍSICA – Professor: Ronald Wykrota (wykrota@uol.com.br)

AULAS 09 e 10

MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORMEMENTE VARIADO: M.R.U.V. (continuação)

b) Função Horária da Posição em Função do Tempo: S(t)

Fornece a posição em que o corpo (em M.R.U.V.) se encontra para um dado instante de tempo qualquer. É expressa:

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

, onde: s = posição final (m);

s₀ = posição inicial (m);

v₀ = velocidade inicial (m/s);

a = aceleração (m/s²); →

t = instante de tempo (s).

ACELERAÇÃO DEVE SER CONSTANTE!

PROBLEMAS:

- 1) Um corpo desloca-se sobre uma trajetória retilínea (com aceleração constante), obedecendo à função horária $s = 65 + 2t - 3t^2$ (no S.I.). Determine:

- a) a sua posição inicial, sua velocidade inicial e a sua aceleração;

- b) a função horária da velocidade:

Do item anterior, temos: v₀ = 2m/s
a = - 6 m/s²

$$\begin{aligned} s &= 65 + 2t - 3t^2 \\ s &= s_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \\ s_0 &= 65\text{m} \\ v_0 &= 2\text{m/s} \\ \frac{1}{2} a &= -3 \quad 1.a = (-3) \cdot 2 \\ a &= -6 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v &= v_0 + a \cdot t \\ v &= 2 + (-6) \cdot t \rightarrow v = 2 - 6t \end{aligned}$$

- c) o instante em que o corpo passa pela origem das posições (s = 0m).

$$s = 0\text{m}$$

$$s = 65 + 2t - 3t^2$$

0 = 65 + 2t - 3t² → equação do 2º grau → para resolvê-la devemos utilizar a Fórmula de Bháskara

Para deixá-la na forma geral:

$$3t^2 - 2t - 65 = 0 \rightarrow \text{aplicando a fórmula de Bháskara:}$$

$$a = 3 \quad b = -2 \quad c = -65$$

$$t = \frac{-b \pm (\Delta)^{1/2}}{2a}$$

$$\Delta = b^2 - 4 \cdot a \cdot c$$

$$\Delta = (-2)^2 - 4 \cdot 3 \cdot (-65) \rightarrow \Delta = 4 + 780 \rightarrow \Delta = 784$$

$$t = \frac{-(-2) \pm (784)^{1/2}}{2 \cdot 3} = \frac{2 \pm 28}{6} \rightarrow t' = \frac{2+28}{6} \rightarrow t' = \frac{30}{6} \rightarrow t' = 5\text{s} \rightarrow \text{RESPOSTA DO PROBLEMA}$$

$$\rightarrow t'' = \frac{2-28}{6} \rightarrow t'' = \frac{-26}{6} \rightarrow t'' = -4,33\text{s} \rightarrow \text{não tem sentido físico por ser negativo!}$$

- d) a posição do corpo instante de 10s.

$$t = 10\text{s}$$

$$s = ???$$

$$s = 65 + 2t - 3t^2$$

$$s = 65 + 2 \cdot 10 - 3 \cdot (10)^2$$

$$s = 65 + 20 - 3 \cdot 100$$

$$\rightarrow s = 65 + 20 - 300 \rightarrow s = -215 \text{ m}$$

ATENÇÃO: em Física, intervalos de tempo com valores negativos não tem sentido. Isso acontece devido ao fato de que, sendo negativos, esses tempos representariam valores que ocorreram antes do início do movimento, o que é incoerente. Por exemplo, para o problema acima, o valor de t'' indicaria que o corpo passou pela posição inicial 4,3 segundos ANTES de começar a se movimentar, o que é incoerente.

- 2) Um corpo desloca-se sobre uma trajetória retilínea (com aceleração constante), obedecendo à função horária $s = 40 - 2t + 2t^2$ (no S.I.). Determine:

- a) a sua posição inicial, sua velocidade inicial e a sua aceleração;

$$\begin{aligned} s_0 &= 40\text{m} \\ v_0 &= -2\text{m/s} \\ a &= 4\text{m/s}^2 \end{aligned}$$

- b) a função horária da velocidade:

$$v = -2 + 4t$$

c) o instante em que o corpo passa pela posição 52m;

$$t = 3s$$

d) a posição do corpo no instante de 20s.

$$s = 800m$$

3) Um corpo desloca-se sobre uma trajetória retilínea (com aceleração constante), obedecendo à função horária $s = 4 - 6.t + 7.t^2$ (no S.I.). Determine:

a) a sua posição inicial, sua velocidade inicial e a sua aceleração;

$$\begin{aligned} s_0 &= 4m \\ v_0 &= -6m/s \\ a &= 14m/s^2 \end{aligned}$$

b) a função horária da velocidade:

$$v = -6 + 14.t$$

c) a posição do corpo no instante de 15s.

$$s = 1489m$$



CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL DE CURITIBA
DISCIPLINA: FÍSICA – Professor: Ronald Wykrota (wykrota@uol.com.br)

AULA 11

EQUAÇÃO DE TORRICELLI:

Relaciona diretamente a velocidade com o espaço percorrido por um corpo em M.R.U.V. Tem por principal vantagem de utilização o fato de que a Equação de Torricelli é uma equação que não depende de valores de tempo. É expressa:

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

, onde: v = velocidade final (m/s);
 v_0 = velocidade inicial (m/s);
 a = aceleração (m/s²); → CONSTANTE
 $\Delta s = s_f - s_i$ = distância percorrida (m).

PROBLEMAS:

- 1) Uma bicicleta tem velocidade inicial de 4m/s e adquire uma aceleração constante de 1,8 m/s². Qual é a sua velocidade após percorrer uma distância de 50m?

DADOS:

$$v_0 = 4\text{m/s}$$

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

$$v^2 = 196$$

$$a = 1,8\text{m/s}^2$$

$$v^2 = 4^2 + 2.(1,8).50$$

$$v = \sqrt{196}$$

$$\Delta s = 50\text{m}$$

$$v^2 = 16 + 180$$

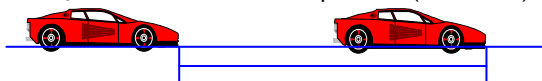
$$v = 14\text{m/s}$$

$$v = ???$$

- 2) Um carro corre a uma velocidade de 20m/s. Quando freado, pára totalmente após percorrer 50m. Calcule a aceleração introduzida pelos freios do carro.

$$V_0 = 20\text{m/s} \rightarrow$$

$$\text{parado } (v = 0\text{m/s})$$



DADOS:

$$v_0 = 20\text{m/s}$$

$$\Delta s = 50\text{m}$$

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

$$-a = \frac{400}{100}$$

$$v = 0\text{m/s} \rightarrow \text{PARADO!}$$

$$0^2 = (20)^2 + 2.a.50$$

$$\rightarrow$$

$$-a = \frac{400}{100}$$

$$a = ???$$

$$0 = 400 + 100.a$$

$$-a = 4 \times (-1)$$

$$\Delta s = 50\text{m}$$

$$-100.a = 400$$

$$a = -4\text{m/s}^2$$

é negativa pois faz a velocidade diminuir no decorrer do tempo.

- 3) Uma moto tem velocidade inicial de 7m/s e adquire uma aceleração constante de 12 m/s². Qual será a sua velocidade após percorrer 400m?

$$v = 98,229\text{m/s}$$

- 4) Um Opala preparado corre a uma velocidade de 60m/s. Quando freado, pára totalmente após percorrer 30m. Calcule a aceleração introduzida pelos freios do carro.

$$a = -60\text{m/s}^2$$

- 5) Um Opala parte do repouso e movimenta-se com aceleração constante de 10 m/s². Determine a velocidade do carro após ele percorrer uma distância de 45m.

$$v = 30\text{m/s}$$



CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL DE CURITIBA
DISCIPLINA: FÍSICA – Professor: Ronald Wykrota (wykrota@uol.com.br)

AULAS 12 E 13

QUEDA DOS CORPOS:

Ao abandonarmos um corpo qualquer nas proximidades da Terra, ele cai em direção ao chão. Como o corpo entra em movimento, podemos acreditar que existe uma força que fará com que o corpo seja atraído em direção ao chão e inicie esse movimento. Essa força surge devido à existência do Campo Gravitacional que a Terra produz, envolvendo-a, e atua sobre todos os corpos que estejam nas suas proximidades, fazendo com sejam atraídos em direção ao centro de Gravidade do Planeta Terra.

Agora imagine a seguinte situação: do alto de um prédio de 20 andares de altura, vamos abandonar (soltar) simultaneamente dois corpos diferentes: 1 tijolo e uma pena de galinha. Qual dos dois corpos chegará ao solo primeiro?

Se você pensou que é o tijolo, acertou. Como existe ar ao redor da Terra, na atmosfera, onde aconteceu essa experiência, ele "atrapalhou" o movimento da pena e do tijolo. Pelo fato da pena apresentar massa menor, o ar atrapalhou muito mais a queda da pena do que a queda do tijolo.

Para evitar que o ar atrapalhe a nossa experiência, vamos pensar no que aconteceria caso abandonássemos os mesmos dois corpos num lugar onde não existisse o ar, chamado de **vácuo**. Sem nada para atrapalhar o movimento de queda dos corpos, os dois chegariam ao solo exatamente juntos, mesmo tendo tamanhos, massas e formatos bem diferentes. Nessas condições, chamamos este movimento de queda de **Queda Livre** (livre da resistência do ar).

Assim, se não há nada para atrapalhar o movimento de queda, o corpo cairá com aceleração constante, que é a aceleração da gravidade, chamada de **g** (vamos considerar esse valor como sendo igual a 10m/s^2 , ou seja: **$g = 10\text{m/s}^2$**). Se a aceleração é constante, temos então o Movimento Uniformemente Variado, que já estudamos. A novidade é que agora o valor da aceleração será sempre chamado de **g** (ao invés de **a**) e sempre terá o valor já apresentado. Pensando assim, podemos escrever:

TODOS OS CORPOS, INDEPENDENTE DA SUA MASSA, FORMA OU TAMANHO, CAEM COM A MESMA ACELERAÇÃO NO VÁCUO. ESSA ACELERAÇÃO É CONSTANTE E RECEBE O NOME DE ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE (g).

ACELERAÇÃO CONSTANTE (g) $\rightarrow g \cong 10\text{m/s}^2 \rightarrow \text{M.U.V.}$

ATENÇÃO: como, na ausência do ar, podemos considerar que esse movimento de queda seja o M.U.V. já estudado, vamos utilizar as mesmas equações (fórmulas) do M.U.V., fazendo apenas o "ajuste" de trocar a aceleração (**a**) pela aceleração da gravidade (**g**). Como na subida o corpo estará sendo freado, devemos considerar a aceleração negativa e substituiremos **g** pelo seu valor, agora negativo: **$g = -10\text{m/s}^2$**

PROBLEMAS:

- 1) Um corpo é lançado do solo, verticalmente para cima, com velocidade inicial de 30m/s . Desprezando a resistência do ar e admitindo $g = 10\text{m/s}^2$, calcular:

DADOS:

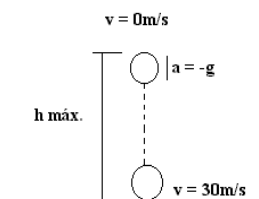
$v_0 = 30\text{m/s}$

$s_0 = 0\text{m} \rightarrow$ **lançado do solo**

$g = -10\text{m/s}^2$



na subida



- a) as funções horárias da velocidade e da posição do corpo;

velocidade $\rightarrow v = v_0 + g.t$

$v = 30 + (-10).t$

$v = 30 - 10.t$

$a = g = -10\text{m/s}^2$

$v = 30 - 10.t$

posição $\rightarrow s = s_0 + v_0.t + \frac{1}{2}g.t^2$

$s = 0 + 30.t + \frac{1}{2}(-10).t^2$

$s = 30.t - \frac{10}{2}.t^2$

$s = 30.t - 5.t^2 \rightarrow$

$s = 30.t - 5.t^2$

- b) o tempo gasto pelo corpo para atingir a altura máxima;

DADOS:

Na altura máxima, o corpo encontra-se parado. Assim, a sua velocidade é: **$v = 0\text{m/s}$**

função horária da velocidade $\rightarrow v = 30 - 10.t$

$0 = 30 - 10.t$

$-30 = -10.t$

$-10.t = -30 \quad \times(-1)$

$10.t = 30$

$t = \frac{30}{10}$

$t = 3\text{s}$

- c) a altura máxima atingida em relação ao solo;

DADOS:

$S = ???$

$t = 3\text{s} \rightarrow$ **tempo gasto pelo corpo para atingir a altura máxima**

$s = 30.t - 5.t^2$

$s = 30.3 - 5.(3)^2 \rightarrow$

$s = 90 - 5.9$

$s = 90 - 45 \rightarrow$

$s = 45\text{m}$

altura máxima atingida

- d) o tempo gasto pelo corpo para retornar ao solo;

DADOS:

$s = 0\text{m} \rightarrow$ no solo, a altura é zero!

$t = ???$

Função Horária da Posição (item a) $\rightarrow s = 30.t - 5.t^2$

$0 = 30.t - 5.t^2 \rightarrow$ eq. 2º grau incompleta

$5.t^2 - 30.t = 0 \rightarrow$ colocando t em evidência

$t.(5.t - 30) = 0 \rightarrow t = 0\text{s}$ (não serve, pois em 0s o corpo ainda não foi lançado)

$5.t - 30 = 0$

$5.t = 30$

$t = \frac{30}{5}$

$t = 6\text{s}$

Tempo que o corpo demora para subir e descer.

- e) a velocidade do corpo ao chegar ao solo.

DADOS:

$v = ???$

$t = 6\text{s} \rightarrow$

Função horária da velocidade $\rightarrow v = 30 - 10.t$

$v = 30 - 10.6$

$v = 30 - 60$

$v = 30 - 60 \rightarrow$

$v = -30\text{m/s}$

velocidade negativa, pois aponta para baixo!

tempo gasto para o corpo retornar ao solo (item d)

- 2) Uma bola é lançada do solo, verticalmente para cima, com velocidade inicial de 40m/s. Desprezando a resistência do ar e admitindo $g = 10\text{m/s}^2$, calcular:

a) as funções horárias da velocidade e da posição do bola;

$$\begin{aligned}v &= 40 - 10.t \\s &= 40.t - 5.t^2\end{aligned}$$

b) o tempo gasto pela bola para atingir a altura máxima;

$$t = 4\text{s}$$

c) a altura máxima atingida em relação ao solo;

$$S = 80\text{m}$$

d) o tempo gasto pelo corpo para retornar ao solo;

$$t = 8\text{s}$$

e) a velocidade do corpo ao chegar ao solo.

$$v = - 40 \text{ m/s}$$

DINÂMICA:

É a parte da Mecânica que estuda as causas dos movimentos dos corpos.

FORÇA: são interações entre corpos, que causam variações no seu estado de movimento ou uma deformação no corpo. É caracterizada por uma intensidade (módulo), uma direção e um sentido, sendo assim uma grandeza vetorial. UNIDADE (S.I.) → N (newton).

FORÇA RESULTANTE: é a força (única) que substitui todas as forças aplicadas sobre um corpo e produz sobre esse corpo o mesmo efeito de todas as outras forças. Pode ser representada pela soma vetorial de todas as forças que atuam sobre um corpo.

INÉRCIA: é a tendência que os corpos tem em permanecer no seu estado de movimento, ou seja: se o corpo está em repouso, ele tende a permanecer em repouso e se está em movimento, ele tende a permanecer em movimento.

MASSA DE UM CORPO: É a quantidade de inércia de um corpo. Está diretamente associada à quantidade de matéria (átomos) que o corpo possui. Quanto mais matéria, maior a Inércia do corpo.

1ª LEI DE NEWTON (ou Princípio da Inércia):

Sob a condição de força resultante nula, um corpo tende a permanecer ou em repouso ou em movimento com velocidade constante.



Analisando a charge acima, percebemos que o menino movimentava-se junto com o skate com uma determinada velocidade. Ao encontrar um obstáculo, o skate foi obrigado a parar repentinamente.

Como o menino possui uma determinada massa, ele tem obrigatoriamente uma inércia. Assim, a sua inércia faz com que o menino continue a se movimentar, fazendo com que ele continue a ir para frente, mesmo sem o skate.

Temos nesse exemplo uma aplicação direta da Lei da Inércia (ou primeira Lei de Newton), pois todo corpo em movimento tende a continuar em movimento. Outro exemplo de aplicação da Lei da Inércia pode ser percebido facilmente quando andamos de ônibus: quando o ônibus está em movimento e o motorista freia bruscamente, devemos nos segurar para evitar uma queda, pois estávamos em movimento junto com o ônibus e temos a tendência a continuar esse movimento, indo para frente.

2ª LEI DE NEWTON (ou Princípio Fundamental da Dinâmica):

A resultante das forças aplicadas a uma partícula é igual ao produto da sua massa pela aceleração adquirida. É expressa matematicamente: **$F_R = m \cdot a$** , onde: F_R = força resultante (N);
 m = massa da partícula (Kg);
 a = aceleração adquirida através da aplicação da força (m/s^2).

Através da Segunda Lei de Newton podemos concluir que uma força, quando aplicada sobre um corpo (em certas situações), pode alterar a velocidade desse corpo. Por exemplo, um corpo parado pode começar a se movimentar ou um corpo que estava em movimento pode parar de se movimentar.

Como essa força aplicada sobre o corpo causa uma variação na sua velocidade, surge uma aceleração que atua sobre o corpo e será diretamente proporcional à massa do corpo.

A equação matemática da Segunda Lei de Newton aqui apresentada constitui-se de uma aproximação simplificada da equação verdadeira, que é uma Equação Diferencial. Como no Ensino Médio as Equações Diferenciais não fazem parte do conteúdo programático, aplicamos esta aproximação, pois trata-se de um Princípio Físico de grande e real importância.

PROBLEMAS:

- 1) Um corpo de massa 2kg, apoiado sobre um plano horizontal sem atrito, sofre a ação de duas forças horizontais (F_1 e F_2) de intensidade 10N e 4N respectivamente, conforme indica a figura abaixo. Determine a aceleração adquirida pelo corpo.



Força Resultante: $F_R = F_1 + F_2 \rightarrow F_R = 10 + (-4) \rightarrow F_R = 6N$

Aplicando a 2ª Lei de Newton $\rightarrow F_R = m \cdot a$

$$6 = 2 \cdot a$$

$$a = \frac{6}{2} \rightarrow$$

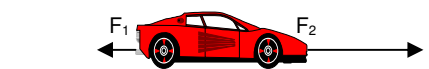
$$a = 3m/s^2$$

- 2) Um bloco de massa 4Kg que desliza sobre um plano horizontal sem atrito está sujeito à ação das forças F_1 e F_2 , conforme a figura abaixo. Sendo a intensidade da força $F_1 = 15N$ e $F_2 = 5N$, determine a aceleração do corpo.



$$a = 2,5m/s^2$$

- 3) Um carro de massa 1200Kg desliza sobre um plano horizontal sem atrito, sujeito à ação das forças F_1 e F_2 , conforme a figura abaixo. Sendo a intensidade da força $F_1 = 200N$ e $F_2 = 2600N$, determine a aceleração do corpo.



$$a = 2 m/s^2$$

PESO DE UM CORPO: (P)

Peso é a Força de atração gravitacional que a Terra exerce sobre um corpo próximo a ela. É expresso matematicamente: $P = m \cdot g$, onde: P = peso do corpo (N);

m = massa do corpo (Kg);

$g = 10m/s^2$ - aceleração local da gravidade (m/s^2).

ATENÇÃO: Peso e massa são grandezas diferentes. Massa é uma propriedade exclusiva do corpo, não dependendo do local onde está sendo medida. Peso é uma grandeza que está associada à aceleração da gravidade e, portanto, seu valor dependerá do local onde está sendo medido.

PROBLEMAS:

- 1) Determine o peso de um corpo de massa de 70kg, considerando $g = 10m/s^2$.

DADOS:

$$P = m \cdot g$$

$$m = 70K$$

$$g = 10m/s^2$$

$$P = ???$$

$$P = 70 \cdot 10 \rightarrow$$

$$P = 700N$$

\rightarrow

PESO DO CORPO!

A MASSA DO CORPO CONTINUA SENDO DE 70KG

- 2) Calcule a massa de um corpo que possui peso de 20000 N, considerando $g = 10m/s^2$

$$m = 2000Kg$$

- 3) Calcule o peso, na Terra ($g = 10m/s^2$), dos seguintes corpos:

a) um automóvel de massa 1000Kg;

$$P = 10000N$$

b) uma motocicleta de massa 150Kg;

$$P = 1500N$$

c) uma carreta carregada, de massa total 50000Kg

$$P = 500000N$$

3ª LEI DE NEWTON: Princípio da Ação e Reação:

A toda ação corresponde uma reação, com mesma intensidade, mesma direção e sentidos contrários.

Esse Princípio da Física não só é bem conhecido como é muito importante. Através da sua compreensão é que se torna possível entender muitos fenômenos que ocorrem em nosso cotidiano e que nos parecem fatos extremamente banais e corriqueiros. Vamos a alguns exemplos:



1) Na charge acima, sobre os personagens da TURMA DA MÔNICA, de Maurício de Souza, a Mônica utiliza-se de seu coelhinho Sansão para bater em Cebolinha. Considerando isso como uma Ação, a reação esperada é que a cabeça do Cebolinha também bata no Sansão.

Como o Sansão também é “agredido”, sofre um desgaste natural e também se estraga, causando tristeza à Mônica.

De maneira simplificada, o Sansão bate na cabeça do Cebolinha (ação) e a cabeça do Cebolinha “bate” no Sansão (reação).

ATENÇÃO: no exemplo, a força de ação atua sobre a cabeça do Cebolinha e a força de reação atua sobre o Sansão.



2) Um jogador de futebol descalço, ao chutar com bastante força uma bola bem cheia para frente, pode sentir alguma dor no seu pé enquanto ele está em contato com a bola.

Considerando a força aplicada sobre a bola, através do chute, como ação, a bola exercerá uma reação sobre o pé do jogador. É essa reação que causa a dor no pé do jogador, ao chutar a bola.

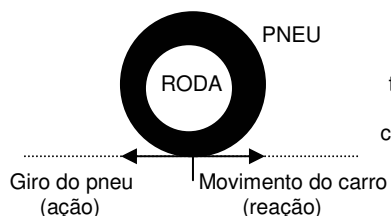
De maneira simplificada, o jogador chuta a bola e a bola “bate” no pé do jogador, formando um par de forças de ação e de reação.

ATENÇÃO: no exemplo, a força de ação atua sobre a bola e a força de reação atua sobre o pé do jogador.

3) Como um automóvel consegue se movimentar para frente?

RESPOSTA POPULAR: Porque o motor empurra o carro pra frente.

Na prática, para empurrar o carro para frente, o pneu deve girar para trás.



O motor do carro aplica uma força sobre os pneus que os fazem girar no sentido horário, neste exemplo. Assim, temos o pneu aplicando uma força sobre o asfalto (horizontal e da direita para a esquerda), que é a nossa ação. Como reação, o asfalto aplica uma força também horizontal (mesma direção), mas com sentido contrário (da esquerda para a direita) sobre o pneu, que acaba fazendo o carro se movimentar para frente.

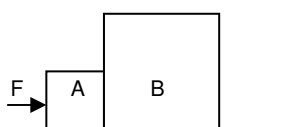
Neste exemplo, a força de ação atua sobre o asfalto e a força de reação atua sobre o pneu (que faz parte do carro, portanto eles se movimentam juntos).

ATENÇÃO: ao contrário do que possa parecer, as forças de ação e de reação **NUNCA** podem se anular (a força resultante entre elas nunca é nula). Isso acontece devido ao fato de que as forças de ação e de reação **ATUAM SOBRE CORPOS DIFERENTES**. Atuando em corpos diferentes, não podemos efetuar a soma entre elas, pois só podemos calcular a força resultante que atua num **MESMO** corpo, e não em corpos distintos. No exemplo 1, temos uma força atuando sobre o Cebolinha e a outra sobre o Sansão. No Exemplo 2, temos uma força atuando

sobre a bola e outra força atuando sobre o pé do jogador. No Exemplo 3, temos uma força atuando sobre o asfalto e outra força atuando sobre o pneu do carro.

PROBLEMAS:

- 1) Dois blocos de massa $m_A = 2\text{kg}$ e $m_B = 3\text{kg}$ estão apoiados sobre uma superfície horizontal perfeitamente lisa (sem atrito) e são empurrados por uma força (F) constante de 20N, conforme a figura abaixo. Determine:



- a) a aceleração do conjunto;

DADOS:

$$a = ?$$

$$F_R = 20\text{N}$$

$$m_A = 2\text{kg}$$

$$m_B = 3\text{kg}$$

$$F_R = m \cdot a$$

$$F_R = (m_A + m_B) \cdot a$$

$$20 = (2 + 3) \cdot a$$

$$20 = 5 \cdot a$$

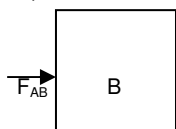
$$a = \frac{20}{5}$$

$$a = 4\text{m/s}^2$$

Analisando a figura, percebe-se que os dois corpos se movimentam juntos. Assim: $m = m_A + m_B$

ATENÇÃO: como os dois corpos movimentam-se juntos, ambos possuem a mesma aceleração, que nesse exemplo é de 4m/s^2 .

- b) a intensidade da força que atua sobre o bloco B;



A Figura ao lado representa as forças que atuam apenas sobre o corpo B. F_{AB} significa Força que A exerce sobre B.

$$F_R = m \cdot a$$

$$F_{AB} = m_B \cdot a$$

$$F_{AB} = 3 \cdot 4$$

$$F_{AB} = 12\text{N}$$

- c) a intensidade da força que atua sobre o bloco A;



A Figura ao lado representa as forças que atuam apenas sobre o corpo A. F_{BA} significa Força que B exerce sobre A.

$$F_R = m \cdot a$$

$$F - F_{BA} = m_A \cdot a$$

$$20 - F_{BA} = 2 \cdot 4$$

$$20 - F_{BA} = 8$$

$$- F_{BA} = 8 - 20$$

$$- F_{BA} = -12 \times (-1)$$

$$F_{BA} = 12\text{N}$$

- d) analise os itens b) e c);

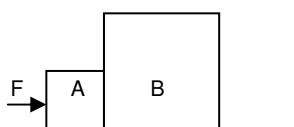
Se compararmos F_{AB} com F_{BA} , percebemos que essas Forças possuem o mesmo Módulo:

$$F_{AB} = F_{BA} = 12\text{N}$$

Segundo a Terceira Lei de Newton, é exatamente isso que deve acontecer, pois as forças de Ação e de Reação possuem a mesma intensidade.

As forças de Ação e de Reação tem sentidos contrários conforme pode ser observado nas figuras dos itens b) e c): F_{AB} tem sentido da esquerda para a direita e F_{BA} tem sentido da direita para a esquerda. Assim, F_{AB} e F_{BA} possuem sentidos contrários.

- 2) Dois blocos de massa $m_A = 4\text{kg}$ e $m_B = 5\text{kg}$ estão apoiados sobre uma superfície horizontal perfeitamente lisa (sem atrito) e são empurrados por uma força (F) constante de 180N, conforme a figura abaixo. Determine:



- a) a aceleração do conjunto;

$$a = 20\text{m/s}^2$$

- b) a intensidade da força que atua sobre o bloco B;

$$F_{AB} = 100\text{N}$$

c) a intensidade da força que atua sobre o bloco A;

$$F_{BA} = 100N$$

d) analise os itens b) e c);

3) Dois blocos de massa $m_A = 7\text{kg}$ e $m_B = 3\text{kg}$ estão apoiados sobre uma superfície horizontal perfeitamente lisa (sem atrito) e são empurrados por uma força (F) constante de 100N, conforme a figura abaixo. Determine:



a) a aceleração do sistema:

$$a = 10\text{m/s}^2$$

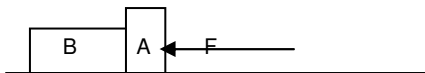
a) a intensidade da força que atua sobre o bloco A:

c) a intensidade de força que atua sobre o bloco B.

$$F_{BA} = 70N$$

$$F_{AB} = 70N$$

4) Dois blocos de massa $m_A = 9\text{kg}$ e $m_B = 41\text{kg}$ estão apoiados sobre uma superfície horizontal perfeitamente lisa (sem atrito) e são empurrados por uma força (F) constante de 1000N, conforme a figura abaixo. Determine:



a) a aceleração do sistema:

$$a = 20\text{m/s}^2$$

b) a intensidade da força que atua sobre o bloco A:

c) a intensidade de força que atua sobre o bloco B.

$$F_{BA} = 820N$$

$$F_{AB} = 820N$$

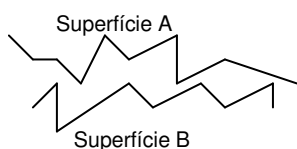
FORÇAS DE ATRITO:

São forças que surgem devido ao contato entre duas superfícies. São forças chamadas de dissipativas, devido ao fato de que “roubam” parte da energia que os corpos possuem para se movimentar.

É graças à ação das forças de atrito que um carro, ou mesmo uma bicicleta, começam a diminuir a sua velocidade (até parar completamente) quando paramos de fornecer energia para que o corpo se movimente.

Em geral, é responsabilidade da força de atrito o desgaste das peças de um carro, dos pneus de um carro, da sola dos nossos calçados, etc.

Considerando simplificada que essa força de atrito atrapalha os movimentos dos corpos, de onde ela surge? Responderemos isso utilizando o desenho abaixo, que é a vista microscópica de duas superfícies aparentemente planas:



A nível microscópico, a figura ao lado representa duas superfícies distintas e planas a olho nu. Imaginando que nós vamos deslizar a Superfície A sobre a Superfície B, fica claro que esse movimento irá requerer um certo esforço, principalmente se existir uma força peso atuando. É devido a essas irregularidades microscópicas de uma superfície que surgem as forças de atrito.

De maneira simplificada, temos dois tipos de forças de atrito:

Forças de Atrito Estático: F_e

É a força de atrito que surge num corpo quando ele encontra-se parado até a iminência de entrar em movimento. Podemos calcular essa força através da fórmula:

$$\boxed{F_e = \mu_e \cdot N}$$

, onde: F_e = Força de atrito estático (N);
 μ_e = Coeficiente de atrito estático;
 N = Força Normal (N).

OBSERVAÇÃO: A Força Normal representa a reação ao peso que a superfície de apoio oferece ao corpo para evitar que o corpo caia. Assim, vamos sempre considerar que essa força é numericamente igual ao PESO do corpo. Só para relembrar, calculamos o peso de um corpo através da fórmula: $P = m \cdot g$, onde: P = Peso do corpo (N);

m = massa do corpo (kg);
 g = aceleração da gravidade (m/s^2) → consideraremos como sendo $g = 10 \text{ m/s}^2$

Forças de Atrito Dinâmico (ou Cinemático): F_d

É a força de atrito que surge quando um corpo já encontra-se em movimento, ou seja, apresenta uma velocidade. Podemos calcular essa força através da fórmula:

$$\boxed{F_d = \mu_d \cdot N}$$

, onde: F_d = Força de atrito Dinâmico (N);
 μ_d = Coeficiente de atrito dinâmico;
 N = Força Normal (N). → **VIDE OBSERVAÇÃO**

ATENÇÃO: em geral, a Força de Atrito Estático será sempre maior do que a Força de Atrito Dinâmico.

PROBLEMAS:

1) Um bloco de massa $m = 10\text{kg}$ encontra-se parado sobre uma mesa horizontal onde os coeficientes de atrito estático e dinâmico valem, respectivamente, 0,4 e 0,3. Considerando $g = 10 \text{ m/s}^2$, calcule a intensidade da força que deve ser aplicada paralelamente à mesa, capaz de:

a) fazer o bloco entrar em movimento;

DADOS:
 $m = 10\text{kg}$
 $\mu_e = 0,4$
 $\mu_d = 0,3$
 $g = 10 \text{ m/s}^2$

Como precisamos da Força Normal, vamos calcular o peso do corpo:
 $N = P = m \cdot g$

$P = m \cdot g \rightarrow P = 10 \cdot 10 \rightarrow \boxed{N = P = 100\text{N}}$

Como o corpo está parado, na iminência de se movimentar:

Força de atrito estático → $F_e = \mu_e \cdot N$
 $F_e = (0,4) \cdot (100)$
 $F_e = 40\text{N}$

Para fazer o bloco entrar em movimento, a força aplicada deve ser **maior** do que a força da atrito. Portanto: $\boxed{F > 40\text{N}}$

b) fazer o bloco de movimentar com velocidade constante (Movimento Uniforme);

DADOS:
 $m = 10\text{kg}$
 $\mu_e = 0,4$
 $\mu_d = 0,3$
 $g = 10 \text{ m/s}^2$

Já temos a Força Normal:
 $\boxed{N = P = 100\text{N}}$

Como o corpo está em movimento:

Força de atrito dinâmico → $F_d = \mu_d \cdot N$
 $F_d = (0,3) \cdot (100)$
 $F_d = 30\text{N}$

Assim, a intensidade da força aplicada deve ser: $\boxed{F = 30\text{N}}$

ATENÇÃO: se a força aplicada for de 30N, a força resultante que atua sobre o corpo será nula e, assim, podemos afirmar que ele se movimentará com velocidade constante, estando em M.U.(movimento Uniforme).

2) Um bloco de massa $m = 22\text{kg}$ encontra-se parado sobre uma mesa horizontal onde os coeficientes de atrito estático e dinâmico valem, respectivamente, 0,6 e 0,5. Considerando $g = 10\text{ m/s}^2$, calcule a intensidade da força que deve ser aplicada paralelamente à mesa, capaz de:

a) fazer o bloco entrar em movimento;

$$F > 132\text{N}$$

b) fazer o bloco de movimentar com velocidade constante (Movimento Uniforme);

$$F = 110\text{N}$$

3) Um bloco de massa $m = 200\text{kg}$ encontra-se parado sobre uma mesa horizontal onde os coeficientes de atrito estático e dinâmico valem, respectivamente, 0,2 e 0,1. Considerando $g = 10\text{ m/s}^2$, calcule a intensidade da força que deve ser aplicada paralelamente à mesa, capaz de:

a) fazer o bloco entrar em movimento;

$$F > 400\text{N}$$

b) fazer o bloco de movimentar com velocidade constante (Movimento Uniforme);

$$F = 200\text{N}$$

4) Um bloco de massa $m = 50\text{kg}$ encontra-se parado sobre uma mesa horizontal onde os coeficientes de atrito estático e dinâmico valem, respectivamente, 0,66 e 0,51. Considerando $g = 10\text{ m/s}^2$, calcule a intensidade da força que deve ser aplicada paralelamente à mesa, capaz de:

a) fazer o bloco entrar em movimento;

$$F > 330\text{N}$$

b) fazer o bloco de movimentar com velocidade constante (Movimento Uniforme);

$$F = 255\text{N}$$



CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL DE CURITIBA
DISCIPLINA: FÍSICA – Professor: Ronald Wykrota (wykrota@uol.com.br)
AULAS 20 e 21

ENERGIA:

O conceito de energia pode ser considerado intuitivo, pois cada um de nós pode enunciar esse conceito de maneiras muito diferentes, porém corretas. Isso acontece, pois não podemos tocar com as mãos e visualizar a energia. Sabemos que ela existe devido aos seus efeitos, que podem ser visualizados com facilidade.

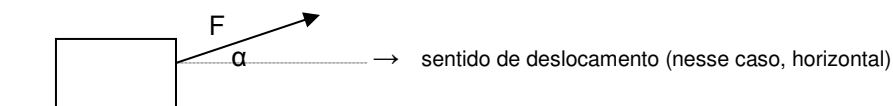
Sabemos que a energia não pode ser criada e nem destruída, mas apenas transformada de um tipo em outro. Esse é o Princípio de Lavoisier. Assim, para medir a quantidade de energia transferida de um corpo para outro, vamos introduzir o conceito de **Trabalho**.

TRABALHO: δ

O conceito de Trabalho, em Física, está associado à idéia de que uma força que, quando aplicada a um corpo, provocará sobre o corpo um deslocamento. Ou seja, a posição do corpo será obrigatoriamente alterada. Se a força aplicada ao corpo não produz sobre ele um deslocamento, dizemos que a força não realizou Trabalho (assim, a força não transferiu energia suficiente ao corpo para que ele sofresse um deslocamento).

Matematicamente, temos: **$\delta = F \cdot d \cdot \cos \alpha$** onde: δ = Trabalho (J);
F = Força aplicada ao corpo (N);
d = deslocamento sofrido pelo corpo (m);
 α = ângulo existente entre a força e o deslocamento do corpo ($^\circ$).

Esquematizando, temos:



ATENÇÃO: pode-se calcular o trabalho realizado por uma Força através de um gráfico Força x Deslocamento ($F \times d$). Nesse caso, basta calcular a área (retângulo, quadrado, etc) da figura apresentada no gráfico, nos intervalos desejados.

TABELA DE VALORES DE SENO E COSSENO:

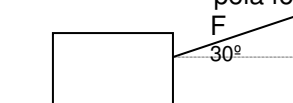
Para não existir a necessidade de informarmos os valores de seno e de cosseno em cada problema, apresentaremos os valores mais utilizados na Tabela abaixo. Sempre que necessário, é só consultar. Talvez você já tenha utilizado essa Tabela em Matemática.

Ângulo α	Sen α	Cos α
0°	0	1
30°	0,5	0,866
45°	0,707	0,707
60°	0,866	0,5
90°	1	0

Tabela 1 – valores de seno e cosseno

PROBLEMAS:

- 1) Um corpo sofre um deslocamento de 10m, quando sofre a ação de uma força de intensidade 50N, conforme a indica figura abaixo. Calcule o trabalho realizado pela força, nesse deslocamento. Desconsidere os atritos.



DADOS:

$F = 50\text{N}$

$\alpha = 30^\circ$

$d = 10\text{m}$

$\delta = ???$

$\delta = F \cdot d \cdot \cos \alpha$


$\delta = 50 \cdot 10 \cdot \cos 30^\circ$

↓ Tabela 1

$\delta = 50 \cdot 10 \cdot (0,866)$

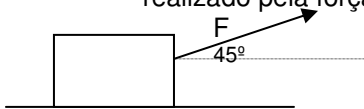
$\delta = 433\text{J}$

- 2) Um corpo sofre um deslocamento de 410m, quando sofre a ação de uma força de intensidade 1050N, conforme indica a figura abaixo. Calcule o trabalho realizado pela força, nesse deslocamento. Desconsidere os atritos.



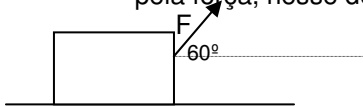
$\delta = 215250\text{J}$

- 3) Um corpo sofre um deslocamento de 250m, quando sofre a ação de uma força de intensidade 120N, conforme a indica figura abaixo. Calcule o trabalho realizado pela força, nesse deslocamento. Desconsidere os atritos.



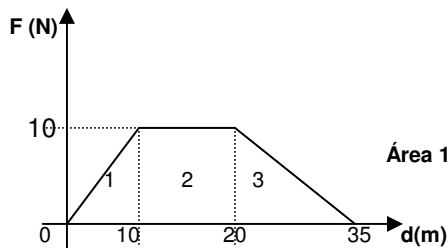
$$\delta = 21210J$$

- 4) Um corpo sofre um deslocamento de 90m, quando sofre a ação de uma força de intensidade 50N, conforme indica a figura abaixo. Calcule o trabalho realizado pela força, nesse deslocamento. Desconsidere os atritos.



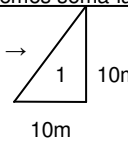
$$\delta = 2250J$$

- 5) Um corpo de massa 10Kg movimenta-se em linha reta sobre uma mesa lisa (sem atrito), em posição horizontal, sob a ação de uma força variável que atua na mesma direção do movimento, conforme indica o gráfico FXd abaixo. Calcule o trabalho realizado pela força no deslocamento apresentado.



Como temos um gráfico F X d, podemos determinar a área do Gráfico para calcular o Trabalho. Para facilitar, dividiremos o Gráfico em 3 figuras e calcularemos a área de cada uma delas separadamente e depois iremos somá-las.

Área 1 → δ_1 → Triângulo Retângulo →

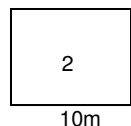


$$\delta_1 = \frac{\text{base} \cdot \text{altura}}{2}$$

$$\delta_1 = \frac{10 \cdot 10}{2} = \frac{100}{2}$$

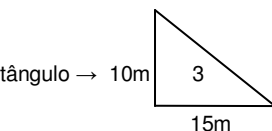
$$\delta_1 = 50J$$

Área 2 → δ_2 → Retângulo →



$$\delta_2 = \text{base} \cdot \text{altura} \rightarrow \delta_2 = 10 \cdot 10 \rightarrow \delta_2 = 100J$$

Área 3 → δ_3 → Triângulo Retângulo →

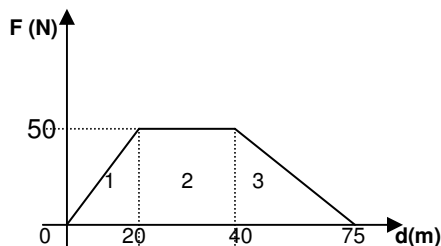


$$\delta_3 = \frac{\text{base} \cdot \text{altura}}{2} \rightarrow \delta_3 = \frac{15 \cdot 10}{2} \rightarrow \delta_3 = 75J$$

Para sabermos o Trabalho total, basta somar os trabalhos calculados: $\delta_T = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3$
 $\delta_T = 50 + 100 + 75$

$$\delta_T = 225J$$

- 6) Um corpo de massa 100Kg movimenta-se em linha reta sobre uma mesa lisa (sem atrito), em posição horizontal, sob a ação de uma força variável que atua na mesma direção do movimento, conforme indica o gráfico FXd abaixo. Calcule o trabalho realizado pela força no deslocamento apresentado.



$$\delta_T = 2375J$$



CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL DE CURITIBA
DISCIPLINA: FÍSICA – Professor: Ronald Wykrota (wykrota@uol.com.br)
AULAS 22 e 23

ENERGIA:

Quando dizemos que uma pessoa tem energia, podemos supor que essa pessoa tem grande capacidade de trabalhar. Quando a pessoa não tem energia, significa que diminuiu a sua capacidade de trabalhar. Essas considerações populares podem nos ajudar a entender a relação entre Energia e Trabalho, na Física.

Em Física, podemos dizer que um corpo possui energia quando ele tem a capacidade de produzir Trabalho.

A Energia pode se manifestar de várias formas: energia elétrica, energia térmica, energia mecânica, etc. Nesse momento, nosso objeto de estudo é a Energia Mecânica, a qual pode se apresentar de duas formas:

1) ENERGIA CINÉTICA: (E_c):

Quando um corpo se movimenta, ele possui energia e ao encontrar algum obstáculo, pode produzir Trabalho. Para exemplificar, imagine uma grande quantidade de água que se movimenta sobre uma rua, numa enxurrada. Uma pessoa que esteja no caminho dessa água pode ser levada pela enxurrada. Assim, o movimento da água realizou Trabalho sobre a pessoa (aplicou uma força que provocou deslocamento da pessoa).

Neste exemplo, se o movimento da água foi capaz de produzir Trabalho sobre a pessoa, sabemos que o movimento da água possui uma energia, devida ao seu movimento.

A energia que está associada ao movimento dos corpos é chamada de **Energia Cinética (E_c)**. Assim, todo corpo que possui movimento e, portanto, velocidade, possuirá uma energia atribuída a esse movimento. Essa energia é chamada de Energia Cinética.

Podemos calcular a Energia Cinética que um corpo em movimento possui através da fórmula:

$$E_c = \frac{1 \cdot m \cdot v^2}{2}$$

, onde: E_c = Energia Cinética (J);
 m = massa do corpo (Kg);
 v = velocidade do corpo (m/s).

Esta é a fórmula matemática da Energia Cinética de um corpo de massa m e velocidade v . **Ela representa o Trabalho realizado pela força F para fazer a velocidade do corpo variar de um valor inicial (v_0) até um valor final (v_f).** Como Trabalho é uma forma de Energia, os dois possuem a mesma unidade no Sistema Internacional (S.I.), que é o joule (J).

PROBLEMAS:

- 1) Um Opala de massa 1100Kg movimenta-se com velocidade de 20m/s. Calcule a sua Energia Cinética.

DADOS:

$m = 1100\text{Kg}$

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

$E_c = ???$

$$E_c = \frac{1 \cdot m \cdot v^2}{2} \rightarrow E_c = \frac{1 \cdot 1100 \cdot (20)^2}{2} \rightarrow E_c = \frac{1 \cdot 1100 \cdot 400}{2} \rightarrow E_c = \frac{440000}{2} \rightarrow E_c = 220000\text{J}$$

- 2) Um Opala de massa 1050Kg movimenta-se com velocidade de 2m/s. Calcule a sua Energia Cinética.

$$E_c = 2100\text{J}$$

- 3) Um Opala possui Energia Cinética de 450000J enquanto se movimenta. Sabendo que a sua massa é de 1000Kg, calcule a velocidade com que o carro se movimenta nesse instante.

DADOS:

$m = 1000\text{Kg}$

$v = ???$

$E_c = 450000\text{J}$

$$E_c = \frac{1 \cdot m \cdot v^2}{2} \rightarrow 450000 = \frac{1 \cdot 1000 \cdot v^2}{2} \rightarrow 450000 \cdot 2 = 1000 \cdot v^2 \rightarrow \frac{900000}{1000} = v^2 \rightarrow v^2 = 900$$

$$v = (900)^{1/2} \rightarrow v = 30 \text{ m/s}$$

- 4) Um Opala possui Energia Cinética de 300000J enquanto se movimenta. Sabendo que a sua massa é de 1050Kg, calcule a velocidade com que o carro se movimenta nesse instante.

$$v = 23,90\text{m/s}$$

- 5) Uma Caravan de massa 1120Kg movimenta-se com velocidade de 15m/s. Calcule a sua Energia Cinética.

$$E_c = 126000J$$

- 6) Um Opala de massa 1150Kg movimenta-se com velocidade de 8m/s. Calcule a sua Energia Cinética.

$$E_c = 36800J$$

- 7) Um Opala possui Energia Cinética de 40000J enquanto se movimenta. Sabendo que a sua massa é de 1100Kg, calcule a velocidade com que o carro se movimenta nesse instante.

$$v = 8,528 \text{ m/s}$$

- 8) Um Opala possui Energia Cinética de 1800000J enquanto se movimenta. Sabendo que a sua massa é de 1000Kg, calcule a velocidade com que o carro se movimenta nesse instante.

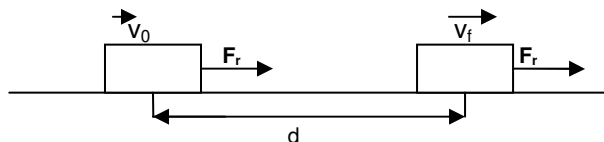
$$v = 60 \text{ m/s}$$



CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL DE CURITIBA
DISCIPLINA: FÍSICA – Professor: Ronald Wykrota (wykrota@uol.com.br)
AULAS 24 e 25

TEOREMA DA ENERGIA CINÉTICA:

Considere um corpo qualquer de massa **m** que se movimenta com uma velocidade inicial (**v₀**). Sob a ação de uma força resultante, vamos considerar que a velocidade do corpo seja alterada, tornando-se, portanto, uma velocidade final (**v_f**).



Se utilizarmos adequadamente as definições matemáticas de Trabalho (**δ**), da 2ª Lei de Newton e da Equação de Torricelli, obteremos como resultado:

δ = ΔEnergia Cinética → LEMBRANDO QUE Δ SIGNIFICA VARIAÇÃO, EM FÍSICA

Assim, lembrando da definição de variação, também podemos escrever:

δ = E_{cinética final} - E_{cinética inicial} → **δ = $\frac{1 \cdot m \cdot v_f^2}{2} - \frac{1 \cdot m \cdot v_i^2}{2}$** , onde: δ = trabalho (J);
m = massa do corpo (Kg);
v_f = velocidade final do corpo (m/s);
v_i = velocidade inicial do corpo (m/s).

Através dessa dedução matemática, podemos enunciar o Teorema da Energia Cinética: **O Trabalho realizado pela Força Resultante que atua sobre um corpo é igual à variação da Energia Cinética desse corpo.**

Este Teorema possui grande utilidade na Física, principalmente em Mecânica. Utilizando-o, é possível calcular:

- a velocidade de uma partícula a partir de uma velocidade conhecida e do cálculo do trabalho das forças aplicadas.
- permite calcular o Trabalho realizado por certos tipos de Força, a partir de uma variação da velocidade da partícula;
- permite medir os diferentes tipos de energia transferidos para uma partícula em movimento.

PROBLEMAS:

- 1) Um corpo de massa 10Kg realiza um movimento retilíneo sobre um plano horizontal sem atrito. Qual é o trabalho realizado por uma força que faz esse corpo variar a sua velocidade de 10m/s para 40 m/s?

DADOS:

m = 10Kg

δ = ???

v₀ = 10m/s

v_f = 40m/s

Como não temos o valor da força nem o Deslocamento, o Trabalho será igual à Variação da Energia Cinética.

δ = $\frac{1 \cdot m \cdot v_f^2}{2} - \frac{1 \cdot m \cdot v_i^2}{2}$

δ = $\frac{1 \cdot m \cdot v_f^2}{2} - \frac{1 \cdot m \cdot v_i^2}{2}$

δ = $\frac{1 \cdot 10 \cdot (40)^2}{2} - \frac{1 \cdot 10 \cdot (10)^2}{2}$

δ = $\frac{1 \cdot 10 \cdot 1600}{2} - \frac{1 \cdot 10 \cdot 100}{2}$

δ = $\frac{16000}{2} - \frac{1000}{2}$

δ = 8000 - 500 → δ = 7500J

- 2) Um corpo de massa 15Kg realiza um movimento retilíneo sobre um plano horizontal sem atrito. Qual é o trabalho realizado por uma força que faz esse corpo variar a sua velocidade de 5m/s para 55 m/s?

δ = 22500J

- 3) Um corpo de massa 19Kg realiza um movimento retilíneo sobre um plano horizontal sem atrito. Qual é o trabalho realizado por uma força que faz esse corpo variar a sua velocidade do repouso ($v_i = 0\text{m/s}$) para 25 m/s?

$$\delta = 5937,5\text{J}$$

- 4) Uma força constante e horizontal, de módulo F, atua sobre um corpo de massa 12Kg, fazendo com que a sua velocidade varie de 2m/s para 10m/s. Sabendo que o corpo sofreu um deslocamento horizontal de 24m, determine o valor da força F.

DADOS:
 $m = 12\text{Kg}$
 $\delta = ???$
 $v_0 = 2\text{m/s}$
 $v_f = 10\text{m/s}$
 $d = 24\text{m}$

Como não temos o valor da força aplicada sobre o corpo, o Trabalho será igual à Variação da Energia Cinética.

$$\delta = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_f^2 - \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_i^2$$

$$\delta = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_f^2 - \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_i^2$$

$$\delta = \frac{1}{2} \cdot 12 \cdot (10)^2 - \frac{1}{2} \cdot 12 \cdot (2)^2$$

$$\delta = \frac{1 \cdot 12 \cdot 100}{2} - \frac{1 \cdot 12 \cdot 4}{2}$$

$$\delta = \frac{1200}{2} - \frac{48}{2}$$

$$\delta = 600 - 24$$

$$\delta = 576\text{J}$$

Como agora sabemos o valor do Trabalho e do Deslocamento:
 $\delta = F \cdot d \cdot \cos \alpha$

Como a Força é horizontal e o Deslocamento também é horizontal, temos:
 $\alpha = 0^\circ$

$$\begin{aligned} \delta &= F \cdot d \cdot \cos \alpha \\ 576 &= F \cdot 24 \cdot \cos 0^\circ \\ 576 &= F \cdot 24 \cdot 1 \\ \frac{576}{24} &= F \end{aligned}$$

$$F = 24\text{N}$$

Assim, a intensidade da Força que atua sobre o corpo é de 24N.

- 5) Uma força constante e horizontal, de módulo F, atua sobre um corpo de massa 15Kg, fazendo com que a sua velocidade varie de 1m/s para 31m/s. Sabendo que o corpo sofreu um deslocamento horizontal de 200m, determine o valor da força F.

$$F = 36\text{N}$$

- 6) Uma força constante e horizontal, de módulo F, atua sobre um corpo de massa 20Kg, fazendo com que a sua velocidade varie de 0m/s para 35m/s. Sabendo que o corpo sofreu um deslocamento horizontal de 250m, determine o valor da força F.

$$F = 49\text{N}$$



CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL DE CURITIBA
DISCIPLINA: FÍSICA - Professor: Ronald Wykrota (wykrota@uol.com.br)
AULAS 26 e 27

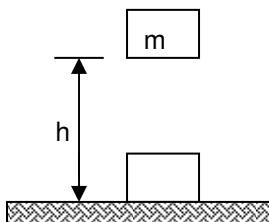
2 – ENERGIA POTENCIAL: (E_p)

Um corpo ou um sistema de corpos pode ter forças interiores capazes de modificar a posição relativa de suas diferentes partes. Como essas forças podem provocar deslocamento sobre o corpo, elas podem realizar trabalho (δ). Então, podemos entender que esses corpos possuem um tipo de energia. Essa energia é chamada de **Energia Potencial**, ou Energia de Posição, porque se deve à posição relativa que ocupam as diversas partes do corpo ou do sistema de corpos.

É graças a essa energia que quando um carro é abandonado numa rampa, ele entra em movimento, ou a água se movimenta num rio, etc.

2.1 – ENERGIA POTENCIAL GRAVITACIONAL:

Considere um corpo de massa m posicionado próximo ao solo, a uma determinada altura (h) em relação ao solo, num local onde a aceleração da gravidade é g , conforme indica a figura abaixo:



O Trabalho realizado por uma pessoa para elevar o corpo do solo até a altura h , com velocidade constante, deve ser igual à Energia Potencial Gravitacional que o corpo possui nessa posição, pois se o corpo for abandonado, entrará em movimento, caindo em direção ao solo, sendo a força Peso do corpo (P) a responsável por fazê-lo entrar em movimento. Assim, temos:

$\delta = E_p$ → por definição, temos: $\delta = F.d$ → a força que causará movimento é o Peso: $P = m.g$

Assim: $\delta = P.d$ → intercalando as fórmulas, temos: $\delta = m.g.d$

Como a distância em questão é a altura do corpo em relação ao solo, temos: $\delta = m.g.h$

Do começo, temos que $\delta = E_p$

Assim, podemos concluir que: $E_p = m.g.h$, onde: E_p = Energia Potencial Gravitacional (J);
 m = massa do corpo (Kg);
 g = aceleração local da gravidade (m/s^2)
 h = altura do corpo em relação ao solo (m).

RELEMBRANDO: como vamos considerar sempre como referência o nível do mar, a aceleração da gravidade deverá ser, por aproximação: $g = 10m/s^2$

Para efeitos de cálculo, vamos tomar sempre como referencial o solo, pois assim a altura será zero e a Energia Potencial Gravitacional do corpo, no solo, é nula. Isso facilita bastante nosso estudo.

PROBLEMAS:

- 1) Um corpo de massa 20Kg encontra-se localizado a uma altura de 6m, em relação ao solo. Calcule a sua Energia Potencial Gravitacional nessa posição.

DADOS:

$m = 20Kg$

$h = 6m$

$g = 10m/s^2$

$E_p = m.g.h$

$E_p = 20.10.6$

→ $E_p = 1200J$

- 2) Um corpo de massa 25Kg encontra-se localizado a uma altura de 50m, em relação ao solo. Calcule a sua Energia Potencial Gravitacional nessa posição.

$E_p = 12500J$

- 3) Um corpo de massa 120Kg encontra-se localizado a uma altura de 16m, em relação ao solo. Calcule a sua Energia Potencial Gravitacional nessa posição.

$$E_p = 19200J$$

- 4) Um carro de massa 1200Kg movimenta-se numa rodovia numa região de Serra. Sabendo que ele deve subir a Serra até uma altura de 450m, determine a energia consumida pelo motor do carro, supondo rendimento de 100%.

DADOS:

$$m = 1200Kg$$

$$h = 450m$$

$$g = 10m/s^2$$

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

$$E_p = 1200 \cdot 10 \cdot 450 \rightarrow$$

$$E_p = 5400000J$$

→ como o rendimento é de 100%, não há a necessidade de levar em conta este fator.

- 5) Um carro de massa 950Kg movimenta-se numa rodovia numa região de Serra. Sabendo que ele deve subir a Serra até uma altura de 500m, determine a energia consumida pelo motor do carro, supondo rendimento de 45%.

DADOS:

$$m = 950Kg$$

$$h = 500m$$

$$g = 10m/s^2$$

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

$$E_p = 950 \cdot 10 \cdot 500 \rightarrow E_p = 4750000J \rightarrow$$

Como o rendimento é de 45%, esta é a energia fornecida pelo motor. A energia consumida pelo motor será 65% maior, por isso devemos multiplicar o resultado obtido por 1,65.

$$E_p = 4750000 \cdot (1,65) \rightarrow$$

$$E_p = 7837500J$$

- 6) Um carro de massa 900Kg movimenta-se numa rodovia numa região de Serra. Sabendo que ele deve subir a Serra até uma altura de 800m, determine a energia consumida pelo motor do carro, supondo rendimento de 60%.

$$E_p = 10080000J$$

- 7) Uma moto de massa 120Kg movimenta-se numa rodovia numa região de Serra. Sabendo que ele deve subir a Serra até uma altura de 350m, determine a energia consumida pelo motor da moto, supondo rendimento de 55%.

$$E_p = 609000J$$

- 8) Uma moto com seu motorista tem massa de 250Kg e movimenta-se numa rodovia numa região de Serra. Sabendo que ele deve subir a Serra até uma altura de 450m, determine a energia consumida pelo motor da moto, supondo rendimento de 60%.

$$E_p = 1575000J$$



CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL DE CURITIBA
DISCIPLINA: FÍSICA – Professor: Ronald Wykrota (wykrota@uol.com.br)
AULAS 28 e 29

PRINCÍPIO DA CONSERVAÇÃO DA ENERGIA:

O que é necessário para que um corpo (ou partícula) se movimente?

Sabemos que um corpo pode entrar em movimento quando está submetido à ação de uma Força. Neste caso, a Força irá provocar um deslocamento no corpo e, portanto, irá realizar sobre ele um Trabalho (δ).

Vimos que Trabalho pode ser interpretado como sendo um tipo de Energia. Assim, para que um corpo entre em movimento, ele deve ter ou receber Energia para que consiga se movimentar. Esse movimento é obtido através da transformação da Energia disponível de um tipo em outro (ou outros). Por exemplo, Energia Potencial em Energia Cinética, Energia Térmica em Energia Cinética, Energia Elétrica em Energia Cinética, etc.

Se possuímos um **Sistema Energeticamente Isolado** (onde não há perda de energia para o meio externo), podemos enunciar o Princípio da Conservação da Energia:

A Energia não poder ser criada e nem destruída, mas apenas transformada de um tipo em outro, sempre em quantidades iguais.

ENERGIA MECÂNICA: (E_m)

Quando um corpo (ou partícula) se movimenta, em geral ele está utilizando as Energias Cinéticas e Potências que possui, simultaneamente, para transformá-las em movimento.

Denominamos de Energia Mecânica (ou Energia Mecânica Total) a soma das energias Cinética e Potencial que o corpo possui. Matematicamente, podemos escrever:

$E_m = E_c + E_p$

, onde: E_m = Energia Mecânica (J);
 E_c = Energia Cinética (J);
 E_p = Energia Potencial (J).

PRINCÍPIO DA CONSERVAÇÃO DA ENERGIA MECÂNICA:

Vamos estudar agora os sistemas chamados de Conservativos.

Sistemas Conservativos são sistemas isolados onde as forças de interação são conservadas ao decorrer do tempo, ou seja, não são levadas em consideração as forças chamadas de dissipativas, como o Atrito e a Resistência do ar.

Se vamos desconsiderar as forças que dissipam a energia que os corpos possuem, é de se imaginar que não existirão perdas energéticas no movimento. Assim, toda a energia mecânica que o corpo possuir será utilizada para fazê-lo se movimentar, sem nenhum tipo de dificuldade, atrapalho ou perdas. Assim, a Energia Mecânica do sistema permanecerá constante (será conservada) em todos os pontos do movimento do corpo. Então, podemos enunciar o **Princípio da Conservação da Energia Mecânica:**

Em um sistema conservativo, a Energia Mecânica Total permanece constante.

Matematicamente, podemos escrever:

$E_m = E_c + E_p = \text{CONSTANTE}$

, onde: E_m = Energia Mecânica (J);
 E_c = Energia Cinética (J);
 E_p = Energia Potencial (J);

ATENÇÃO: esse Princípio só pode ser utilizado para Sistemas Conservativos. Para sistemas não conservativos, o resultado poderá não ser necessariamente uma constante.

PROBLEMAS:

- 1) Um corpo de massa 10Kg é abandonado a partir do repouso de uma altura de 45m, num local onde a aceleração da gravidade é $g = 10\text{m/s}^2$. Calcule a velocidade desse corpo ao atingir o solo. Considere que o sistema seja conservativo.

DADOS:

$$m = 10\text{Kg}$$

$$v_A = 0\text{m/s} \rightarrow \text{repouso}$$

$$v_B = ???$$

$$g = 10\text{m/s}^2$$

$$h = 45\text{m}$$

→ **ESQUEMATIZANDO** →

posição A ($h_A = 45\text{m}$) $\bigcirc v_A = 0\text{m/s}$ (repouso)

posição B ($h_B = 0\text{m}$) $\bigcirc v_B = ???$
→ solo

Analizando a figura, pode-se perceber que na posição A, o corpo possui somente Energia Potencial, pois sua velocidade é zero. Na posição B, o corpo possui só Energia Cinética, pois sua altura é zero. Assim, no decorrer do tempo, a Energia Potencial de A será transformada totalmente em Energia Cinética em B.

Aplicando o Princípio da Conservação Da Energia Mecânica em A e B, temos:

$$\rightarrow E_{\text{Mecânica em A}} = E_{\text{Mecânica em B}}$$

$$E_{\text{Cinética em A}} + E_{\text{Potencial em A}} = E_{\text{Cinética em B}} + E_{\text{Potencial em B}}$$

$$E_{CA} + E_{PA} = E_{CB} + E_{PB}$$

$$\frac{1}{2} m \cdot (v_A)^2 + m \cdot g \cdot h_A = \frac{1}{2} m \cdot (v_B)^2 + m \cdot g \cdot h_B$$

$$\frac{1}{2} \cdot 10 \cdot (0)^2 + 10 \cdot 10 \cdot 45 = \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot (v_B)^2 + 10 \cdot 10 \cdot 0$$

$$0 + 4500 = 5 \cdot (v_B)^2 + 0$$

$$4500 = 5 \cdot (v_B)^2$$

$$\frac{4500}{5} = (v_B)^2 \rightarrow (v_B)^2 = 900 \rightarrow v_B = \sqrt{900} \rightarrow \boxed{v_B = 30\text{m/s}}$$

RESPOSTA: o corpo tocará o solo com velocidade de intensidade 30m/s.

- 2) Um corpo de massa 250Kg é abandonado a partir do repouso de uma altura de 100m, num local onde a aceleração da gravidade é $g = 10\text{m/s}^2$. Calcule a velocidade desse corpo ao atingir o solo. Considere que o sistema seja conservativo.

$$\boxed{v_B = 44,72 \text{ m/s}}$$

- 3) Um corpo de massa 100Kg é abandonado a partir do repouso de uma altura de 300m, num local onde a aceleração da gravidade é $g = 10\text{m/s}^2$. Calcule a velocidade desse corpo ao atingir o solo. Considere que o sistema seja conservativo.

$$\boxed{v_B = 77,46 \text{ m/s}}$$



CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL DE CURITIBA
DISCIPLINA: FÍSICA – Professor: Ronald Wykrota (wykrota@uol.com.br)
AULAS 30 e 31

IMPULSO: (I)

Imagine uma mesa onde pessoas jogam sinuca. Ao utilizar o taco para dar uma “tacada” numa das bolas, acontece a seguinte situação: a força que aplicamos sobre o taco de madeira é transmitida à bola quando ocorre o contato entre os dois.

Em geral, esse contato entre os corpos tem uma duração de tempo bastante pequena, mas suficiente para que a bola seja impulsionada e entre em movimento.

Em Física, sempre que uma Força atuar sobre um corpo durante um certo intervalo de tempo, dizemos que o corpo recebeu um **Impulso**.

Para definirmos o Impulso, vamos considerar uma força F que atua sobre um corpo durante um intervalo de tempo Δt . Assim, definimos o **Impulso** como sendo **o produto da Força F pelo intervalo de tempo de contato entre os corpos**. Matematicamente, temos:

$$I = F \cdot \Delta t$$

, onde: I = Impulso (N.s)

F = Intensidade da força (N);

Δt = tempo de duração do contato entre os corpos (s).

ATENÇÃO: pode-se calcular o Impulso de uma força sobre um corpo através de um Gráfico $F \times t$ (Gráfico Força versus Tempo). Para fazermos esse cálculo, basta calcularmos a área da figura apresentada pelo gráfico, no intervalo de tempo desejado. Veja os problemas.

PROBLEMAS:

- 1) Um corpo fica sujeito à ação de uma força F de intensidade 20N durante um intervalo de tempo de 4s. Determine a intensidade do impulso recebido pelo corpo.

DADOS:

$$F = 20N$$

$$I = F \cdot \Delta t$$

$$\Delta t = 4s$$

$$I = 20 \cdot 4$$

$$I = ???$$

$$I = 80N.s$$

- 2) Um corpo fica sujeito à ação de uma força F de intensidade 120N durante um intervalo de tempo de 24s. Determine a intensidade do impulso recebido pelo corpo.

$$I = 2880N.s$$

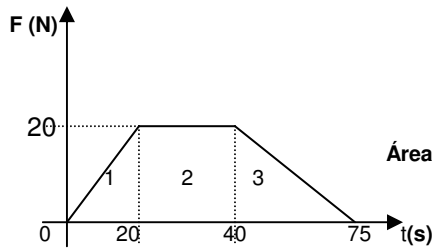
- 3) Um corpo fica sujeito à ação de uma força F de intensidade 220N durante um intervalo de tempo de 60s. Determine a intensidade do impulso recebido pelo corpo.

$$I = 13200N.s$$

- 4) Um corpo fica sujeito à ação de uma força F de intensidade 19N durante um intervalo de tempo de 400s. Determine a intensidade do impulso recebido pelo corpo.

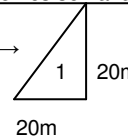
$$I = 7600N.s$$

- 5) Sobre um corpo de massa 2Kg, inicialmente em repouso, atua uma força variável, que encontra-se representada no gráfico abaixo. Calcule o Impulso total recebido por esse corpo, segundo o gráfico:



Como temos um gráfico $F \times t$, podemos determinar a área do Gráfico para calcular o IMPULSO. Para facilitar, dividiremos o Gráfico em 3 figuras e calcularemos a área de cada uma delas separadamente e depois iremos somá-las.

Área 1 $\rightarrow I_1 \rightarrow$ Triângulo Retângulo \rightarrow

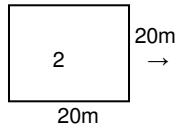


$$I_1 = \frac{\text{base} \cdot \text{altura}}{2}$$

$$I_1 = \frac{20 \cdot 20}{2} = \frac{400}{2}$$

$$I_1 = 200\text{N.s}$$

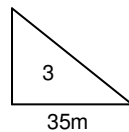
Área 2 $\rightarrow I_2 \rightarrow$ Retângulo \rightarrow



$$I_2 = \text{base} \cdot \text{altura} \rightarrow I_2 = 20 \cdot 20 \rightarrow$$

$$I_2 = 400\text{N.s}$$

Área 3 $\rightarrow I_3 \rightarrow$ Triângulo Retângulo \rightarrow 20m



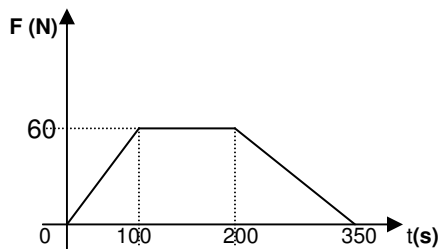
$$I_3 = \frac{\text{base} \cdot \text{altura}}{2} \rightarrow I_3 = \frac{35 \cdot 20}{2} \rightarrow$$

$$I_3 = 350\text{N.s}$$

Para sabermos o IMPULSO total, basta somar os impulsos calculados: $I_T = I_1 + I_2 + I_3 \rightarrow I_T = 200 + 400 + 350$

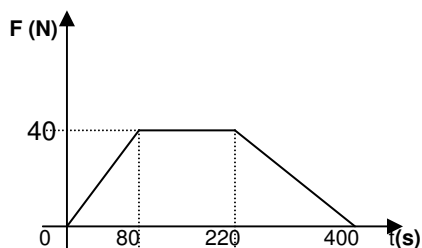
$$I_T = 950\text{N.s}$$

- 6) Sobre um corpo de massa 50Kg, inicialmente em repouso, atua uma força variável, que encontra-se representada no gráfico abaixo. Calcule o Impulso total recebido por esse corpo, segundo o gráfico:



$$I_T = 13500\text{N.s}$$

- 7) Sobre um corpo de massa 28Kg, inicialmente em repouso, atua uma força variável, que encontra-se representada no gráfico abaixo. Calcule o Impulso total recebido por esse corpo, segundo o gráfico:



$$I_T = 10800\text{N.s}$$



CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL DE CURITIBA
DISCIPLINA: FÍSICA - Professor: Ronald Wykrota (wykrota@uol.com.br)
AULAS 32 e 33

QUANTIDADE DE MOVIMENTO: (Q)

Na natureza, é comum um corpo em movimento transmitir, total ou parcialmente, o seu movimento para outro(s) corpo(s). Isso acontece quando dois corpos diferentes se chocam, por exemplo.

Como exemplo, podemos utilizar novamente uma partida de sinuca: o taco, em movimento, se choca com a bola branca e transfere o seu movimento a ela (total ou parcialmente). A bola branca, por sua vez, bate em outra bola e transfere (total ou parcialmente) o seu movimento a ela e assim por diante.

Os termos total ou parcialmente foram utilizados devido ao fato de que precisaremos analisar os dois corpos, após o encontro (choque), para saber se houve transferência total ou parcial da Quantidade de Movimento.

Desconsiderando os atritos, se o corpo que se movimentava, ao se chocar com o outro, permanece parado e o outro assume integralmente seu movimento, podemos dizer que houve transferência total da Quantidade de Movimento. Se os dois corpos continuam em movimento, houve transferência parcial, pois cada um deles ficou com parte da Quantidade de Movimento original.

Devido ao exposto, podemos concluir que devem existir algumas regras a serem observadas para que possamos calcular a velocidade, a direção e o sentido do movimento de um corpo, quando ele recebe um Impulso de outro corpo, alterando a sua Quantidade de Movimento original.

A Quantidade de Movimento de um corpo depende de duas Grandezas Físicas: a massa do corpo e a sua velocidade. Pode ser definida como sendo o produto da massa de um corpo pela sua velocidade.

Matematicamente, podemos escrever:

$Q = m.v$

, onde: Q = Quantidade de Movimento (Kg.m/s);
m = massa do corpo (Kg);
v = velocidade do corpo (m/s)

PROBLEMAS:

- 1) Um Opala de massa 1125Kg desloca-se com velocidade de 10m/s. Calcule a intensidade da sua Quantidade de Movimento.

DADOS:

$m = 1125\text{Kg}$

$Q = m.v$

$v = 10\text{m/s}$

$Q = 1125 \cdot 10$

$Q = ???$

$Q = 11250 \frac{\text{Kg.m}}{\text{s}}$

- 2) Um Opala de massa 1100Kg desloca-se com velocidade de 30m/s. Calcule a intensidade da sua Quantidade de Movimento.

$Q = 33000 \frac{\text{Kg.m}}{\text{s}}$

- 3) Um Opala de massa 1000Kg desloca-se com velocidade de 2m/s. Calcule a intensidade da sua Quantidade de Movimento.

$Q = 2000 \frac{\text{Kg.m}}{\text{s}}$

- 4) Um Opala de massa 1160Kg desloca-se com velocidade de 60m/s. Calcule a intensidade da sua Quantidade de Movimento.

$Q = 69600 \frac{\text{Kg.m}}{\text{s}}$

- 5) Um Opala possui Quantidade de Movimento de 10000(Kg.m)/s e desloca-se com velocidade de 30m/s. Calcule a massa do carro.

$m = 333,33\text{kg}$



CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL DE CURITIBA
DISCIPLINA: FÍSICA – Professor: Ronald Wykrota (wykrota@uol.com.br)
AULAS 34 e 35

TEOREMA DO IMPULSO:

Impulso e Quantidade de Movimento são dois conceitos físicos decorrentes do Princípio Fundamental da Dinâmica (ou Segunda Lei de Newton) e são relacionados entre si através do Teorema do Impulso.

Podemos enunciar o Teorema do Impulso :

Para o mesmo intervalo de tempo, o Impulso da Força Resultante (F_R) é numericamente igual à variação da Quantidade de Movimento produzido por essa força.

Assim, matematicamente temos:

$$I_{\text{Força Resultante}} = \Delta Q \quad \rightarrow \quad I_{FR} = Q_{\text{final}} - Q_{\text{inicial}} \quad \rightarrow \quad I_{FR} = m \cdot v_{\text{final}} - m \cdot v_{\text{inicial}}$$

$$I_{FR} = m \cdot v_f - m \cdot v_i$$

, onde: I_{FR} = Impulso da Força Resultante (N.s);
 m = massa do corpo (Kg);
 v_f = velocidade final do corpo (m/s);
 v_i = velocidade inicial do corpo (m/s).

LEMBRANDO: os sinais positivo e negativo das velocidades devem ser inseridos tomando-se por base a reta dos números Reais (esquerda para direita, sinal positivo e direita para esquerda, sinal negativo). Isso serve para padronizar nossas respostas, pois utilizaremos como referencial a Reta dos Números Reais (IR).

PROBLEMAS:

- 1) Uma bola de massa 0,5Kg aproxima-se de uma parede (da esquerda para a direita) com velocidade de 10m/s. Após o choque com a parede, a bola retorna na mesma direção, porém com sentido contrário e com uma velocidade de mesma intensidade a que tinha inicialmente. Determine o Impulso recebido pela bola na interação com a parede.

DADOS:

$$m = 0,5\text{Kg}$$

$$v_i = + 10\text{m/s}$$

$$v_f = - 10\text{m/s (sentido contrário)}$$

$$I = ???$$

$$I_{\text{Força Resultante}} = \Delta Q$$

\rightarrow

$$I_{FR} = m \cdot v_f - m \cdot v_i$$

$$I_{FR} = (0,5) \cdot (-10) - (0,5) \cdot (10)$$

$$I_{FR} = - 5 - 5$$

$$I_{FR} = -10 \text{ N.s}$$

- 2) Uma bola de massa 0,45Kg aproxima-se de uma parede (da esquerda para a direita) com velocidade de 30m/s. Após o choque com a parede, a bola retorna na mesma direção, porém com sentido contrário e com uma velocidade de mesma intensidade a que tinha inicialmente. Determine o Impulso recebido pela bola na interação com a parede.

$$I_{FR} = -27 \text{ N.s}$$

- 3) Uma bola de massa 0,45Kg é chutada horizontalmente (da esquerda para a direita) em direção ao gol com uma velocidade de 40m/s. Essa bola atinge a trave e retorna na mesma direção, porém com sentido contrário e com uma velocidade de mesma intensidade a que tinha inicialmente. Sabendo que o intervalo de tempo existente no contato do pé do jogador com a bola é de 0,03s. Determine:

a) o Impulso recebido pela bola;

DADOS:

$$m = 0,45\text{Kg}$$

$$v_i = + 40\text{m/s}$$

$$v_f = - 40\text{m/s (sentido contrário)}$$

$$I = ???$$

$$I_{\text{Força Resultante}} = \Delta Q$$

\rightarrow

$$I_{FR} = m \cdot v_f - m \cdot v_i$$

$$I_{FR} = (0,45) \cdot (-40) - (0,45) \cdot (40)$$

$$I_{FR} = - 18 - 18$$

$$I_{FR} = -36 \text{ N.s}$$

b) a intensidade da força com que o jogador chutou a bola.

DADOS:

$$I_{FR} = 36 \text{ N.s (intensidade, sem sinal negativo)}$$

$$\Delta t = 0,03\text{s}$$

$$I = F \cdot \Delta t$$
$$36 = F \cdot (0,03)$$

$$\frac{36}{0,03} = F \quad \rightarrow$$

$$F = 1200\text{N}$$

- 4) Uma bola de massa 4Kg aproxima-se de uma parede (da esquerda para a direita) com velocidade de 45m/s. Após o choque com a parede, a bola retorna na mesma direção, porém com sentido contrário e com uma velocidade de mesma intensidade a que tinha inicialmente. Determine o Impulso recebido pela bola na interação com a parede.

$$I_{FR} = -360 \text{ N.s}$$

- 5) Uma bola de massa 0,5Kg é chutada horizontalmente (da esquerda para a direita) em direção ao gol com uma velocidade de 50m/s. Essa bola atinge a trave e retorna na mesma direção, porém com sentido contrário e com uma velocidade de mesma intensidade a que tinha inicialmente. Sabendo que o intervalo de tempo existente no contato do pé do jogador com a bola é de 0,002s, determine:
- a) o Impulso recebido pela bola;

$$I_{FR} = -50 \text{ N.s}$$

- c) a intensidade da força com que o jogador chutou a bola.

$$F = 25000 \text{ N}$$

- 6) Uma bola de massa 25Kg aproxima-se de uma parede com velocidade de 45m/s. Após o choque com a parede, a bola retorna na mesma direção, porém com sentido contrário e com uma velocidade de mesma intensidade a que tinha inicialmente. Determine o Impulso recebido pela bola na interação com a parede.

$$I_{FR} = -2250 \text{ N.s}$$

- 7) Uma bola de massa 12Kg é chutada horizontalmente em direção ao gol com uma velocidade de 22m/s. Essa bola atinge a trave e retorna na mesma direção, porém com sentido contrário e com uma velocidade de mesma intensidade a que tinha inicialmente. Sabendo que o intervalo de tempo existente no contato do pé do jogador com a bola é de 0,2s, determine:
- a) o Impulso recebido pela bola;

$$I_{FR} = -528 \text{ N.s}$$

- d) a intensidade da força com que o jogador chutou a bola.

$$F = 2640 \text{ N}$$



CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL DE CURITIBA
DISCIPLINA: FÍSICA – Professor: Ronald Wykrota (wykrota@uol.com.br)
AULAS 36 e 37

PRINCÍPIO DA CONSERVAÇÃO DA QUANTIDADE DE MOVIMENTO:

Denominamos como Sistema Isolado de Forças Externas todo sistema cuja influência das forças externas é nula. Assim, sobre o sistema, podemos considerar que somente atuam (e influenciam) forças que se encontram internamente ao sistema.

Considere um sistema isolado de forças externas. Nessas condições, a força resultante externa que atua sobre o sistema é nula. Considerando esse fato, vamos analisar novamente o Teorema do Impulso:

$$I_{\text{Força Resultante}} = \Delta Q \rightarrow I_{FR} = Q_{\text{final}} - Q_{\text{inicial}} \rightarrow I_{FR} = F_R \cdot \Delta t \rightarrow \boxed{F_R \cdot \Delta t = Q_{\text{final}} - Q_{\text{inicial}}}$$

Como a força resultante é nula, temos: $F_R = 0N \rightarrow 0 \cdot \Delta t = Q_{\text{final}} - Q_{\text{inicial}} \rightarrow 0 = Q_{\text{final}} - Q_{\text{inicial}} \rightarrow$

$$Q_{\text{final}} = Q_{\text{inicial}} \rightarrow \boxed{Q_f = Q_i}$$

Assim, para um sistema isolado de forças externas, podemos perceber que a Quantidade de Movimento Inicial é igual à Quantidade de Movimento Final, ficando fácil enunciar o Princípio da Conservação da Quantidade de Movimento:

A Quantidade de Movimento de um Sistema Isolado de Forças Externas permanece sempre constante.

Esse Princípio possui grande aplicação em disparos de projéteis (revolver, pistola, canhão, etc), pois nesse tipo de sistema as forças internas são, geralmente, muito mais intensas do que as forças externas que atuariam nesse sistema e, portanto, podem ser desconsideradas.

Deve-se tomar o cuidado de perceber que iremos analisar apenas o pequeno instante de tempo em que ocorre o disparo do projétil, pois nesse momento não estaremos preocupados, por exemplo, com a trajetória a ser descrita pelo projétil, dentre outros.

PROBLEMAS:

- 1) Um canhão de massa 800Kg, montado sobre rodas sem atrito e não freado, dispara horizontalmente (da esquerda para a direita) um projétil de massa 6Kg com velocidade inicial de 500m/s. Determine a velocidade de recuo do canhão.

DADOS:

$$m_{\text{canhão}} = m_c = 800\text{Kg}$$

$$m_{\text{projétil}} = m_p = 6\text{Kg}$$

$$v_{\text{projétil}} = v_p = 500\text{m/s}$$

$$v_{\text{canhão}} = v_c = \text{????}$$

$$Q_i = 0 \text{ Kg.(m/s)}$$

Inicialmente, canhão e projétil encontram-se em repouso (parados).
Por isso, as suas velocidades iniciais são nulas para canhão e projétil:
 $Q_{\text{inicial}} = m \cdot v \rightarrow \text{como } v = 0\text{m/s} \rightarrow Q_i = m \cdot 0 \rightarrow \boxed{Q_i = 0 \text{ Kg.(m/s)}}$

Aplicando o Princípio da Conservação da Quantidade de Movimento, temos:

$$Q_f = Q_i \rightarrow Q_f = 0 \rightarrow Q_{f \text{ projétil}} + Q_{f \text{ canhão}} = 0 \rightarrow m_p \cdot v_p + m_c \cdot v_c = 0 \rightarrow \text{substituindo os valores:}$$

$$6 \cdot 500 + 800 \cdot v_c = 0$$

$$800 \cdot v_c = -3000$$

$$v_c = -\frac{3000}{800}$$

Velocidade negativa significa movimento da dir. p/ esquerda

$$\boxed{v_c = -3,75\text{m/s}}$$

ATENÇÃO: como consideramos que o projétil se movimenta da esquerda para a direita (enunciado), é natural o canhão se movimentar no sentido contrário e, portanto, possuir uma velocidade NEGATIVA. Isto está perfeitamente de acordo com a Terceira Lei de Newton (Ação e Reação).

- 2) Um canhão de massa 900Kg, montado sobre rodas sem atrito e não freado, dispara horizontalmente (da esquerda para a direita) um projétil de massa 2Kg com velocidade inicial de 800m/s. Determine a velocidade de recuo do canhão.

$$\boxed{V_c = -1,78\text{m/s}}$$

- 3) Um canhão de massa 80Kg, montado sobre rodas sem atrito e não freado, dispara horizontalmente (da esquerda para a direita) um projétil de massa 45Kg com velocidade inicial de 700m/s. Determine a velocidade de recuo do canhão.

$$V_c = -393,75\text{m/s}$$

- 4) Um pequeno vagão de massa 80Kg movimenta-se sobre um conjunto de trilhos horizontais (sem atrito) com velocidade de 15m/s. Num determinado instante de tempo, um saco de areia de massa 40Kg cai verticalmente de uma esteira, dentro do vagão. Determine a nova velocidade do vagão, agora carregado com o saco de areia.

DADOS:

$$m_{\text{vagão}} = m_v = 80\text{Kg}$$

$$m_{\text{saco}} = m_s = 40\text{Kg}$$

$$V_{\text{vagão vazio}} = V_v = 15\text{m/s}$$

$$V_{\text{carregado}} = V_c = \text{???}$$

Aplicando o Princípio da Conservação da Quantidade de Movimento, temos:

$$Q_i = Q_f \rightarrow Q_{\text{vagão vazio}} = Q_{\text{carregado}} \rightarrow m_v \cdot V_v = (m_v + m_s) \cdot V_c$$

Substituindo os valores:

$$80 \cdot 15 = (80 + 40) \cdot V_c \rightarrow 1200 = 120 \cdot V_c \rightarrow V_c = \frac{1200}{120}$$

$$V_c = 10\text{m/s}$$

ATENÇÃO: neste caso, vagão e saco de areia seguem seu movimento, sofrendo apenas uma diminuição na sua velocidade. Como não há mudança de sentido do movimento, a velocidade continua com o mesmo sinal (positivo).

- 5) Um pequeno vagão de massa 180Kg movimenta-se sobre um conjunto de trilhos horizontais (sem atrito) com velocidade de 65m/s. Num determinado instante de tempo, um saco de areia de massa 400Kg cai verticalmente de uma esteira, dentro do vagão. Determine a nova velocidade do vagão, agora carregado.

$$V_c = 20,17\text{m/s}$$

- 6) Um skate de massa 2Kg movimenta-se sobre um piso horizontal (sem atrito) com velocidade de 60m/s. Num determinado instante de tempo, uma pessoa de massa 70Kg pula e cai verticalmente, de um apoio qualquer, em cima do skate. Determine a nova velocidade do skate, agora carregado com a pessoa.

$$V_s = 1,66\text{m/s}$$

- 7) Um skate de massa 3Kg movimenta-se sobre um piso horizontal (sem atrito) com velocidade de 40m/s. Num determinado instante de tempo, uma pessoa de massa 55Kg pula e cai verticalmente, de um apoio qualquer, em cima do skate. Determine a nova velocidade do skate, agora carregado com a pessoa.

$$V_s = 2,07\text{m/s}$$



CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL DE CURITIBA
DISCIPLINA: FÍSICA - Professor: Ronald Wykrota (wykrota@uol.com.br)
AULAS 38 e 39

HIDROSTÁTICA:

Dentro da Física, a Hidrostática corresponde ao estudo dos Fluidos que se encontram em repouso.

Definimos por **Fluido** a toda substância que pode escoar (escorrer, fluir) com facilidade. Assim podemos considerar (a menos de uma situação específica) como fluidos os líquidos e os gases, pois estas substâncias podem escoar com grande facilidade em condições normais.

DENSIDADE ABSOLUTA (ou Massa Específica): μ

Denomina-se de Densidade Absoluta (ou Massa Específica) de um corpo ou de uma substância o quociente entre a sua massa e o seu volume. Matematicamente, podemos escrever:

$$\mu = \frac{m}{V}, \text{ onde: } \mu = \text{Densidade Absoluta (Kg/m}^3\text{);}$$

$m = \text{massa do corpo (Kg);}$
 $V = \text{volume do corpo (m}^3\text{).}$

ATENÇÃO: um corpo fabricado com aço, por exemplo, nem sempre possuirá a mesma densidade absoluta do aço. Isso acontece pelo fato de que o corpo pode ter espaços vazios internamente (ser oco). Para corpos maciços e homogêneos, a densidade absoluta do corpo será, obrigatoriamente, a mesma do material de que o corpo é fabricado.

PROBLEMAS:

- 1) A densidade absoluta de um corpo é de $1,8\text{Kg/m}^3$. Sabendo que o volume desse corpo é de 10m^3 , calcule a massa do corpo, em kg.

DADOS:

$$\mu = 1,8\text{Kg/m}^3$$

$$V = 10\text{m}^3$$

$$m = ???$$

$$\mu = \frac{m}{V}$$

$$\rightarrow 1,8 = \frac{m}{10} \rightarrow m = (1,8) \cdot 10 \rightarrow$$

$$m = 18\text{Kg}$$

- 2) A densidade absoluta de um corpo é de 8Kg/m^3 . Sabendo que o volume desse corpo é de 4m^3 , calcule a massa do corpo, em kg.

$$m = 32\text{Kg}$$

- 3) A densidade absoluta de um corpo é de 1Kg/m^3 . Sabendo que o volume desse corpo é de $0,5\text{m}^3$, calcule a massa do corpo, em kg.

$$m = 0,5\text{Kg}$$

- 4) Um corpo possui massa de 80Kg e volume de 2m^3 . Calcule a densidade absoluta do corpo, em Kg/m^3 .

DADOS:

$$\mu = ???$$

$$V = 2\text{m}^3$$

$$m = 80\text{Kg}$$

$$\mu = \frac{m}{V}$$

$$\rightarrow \mu = \frac{80}{2} \rightarrow$$

$$\mu = 40\text{Kg/m}^3$$

- 5) Um corpo possui massa de 2Kg e volume de 9m^3 . Calcule a densidade absoluta do corpo, em Kg/m^3 .

$$\mu = 0,222\text{Kg/m}^3$$

- 6) Um corpo possui massa de $0,04\text{Kg}$ e volume de 3m^3 . Calcule a densidade absoluta do corpo, em Kg/m^3 .

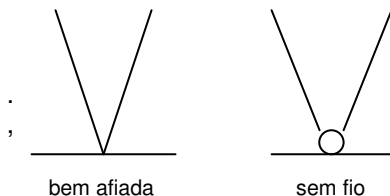
$$\mu = 0,0133\text{g/m}^3$$



CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL DE CURITIBA
DISCIPLINA: FÍSICA – Professor: Ronald Wykrota (wykrota@uol.com.br)
AULA 40

PRESSÃO: P

Considere uma boa faca de cozinha, daquelas utilizadas para cortar carnes, por exemplo. O que faz com que essa faca possa cortar com facilidade uma boa quantidade de alimentos? Vamos analisar o esquema abaixo:



A figura ao lado representa a mesma faca, em duas situações diferentes: bem afiada e sem fio. Quando a faca está bem afiada, é fácil cortar alimentos, pois conseguimos cortá-los com um pequeno esforço de nossa mão. Quando a faca encontra-se sem fio, torna-se difícil efetuar o corte, pois precisamos aplicar uma grande força para realizar o corte.

Em Física, definimos **Pressão como sendo a razão entre a intensidade de uma Força aplicada e a Área em que essa força se distribui**. Matematicamente, temos:

$$P = \frac{F}{A}$$

, onde: P = Pressão (N/m²);
F = intensidade da Força aplicada (N);
A = área onde a força se distribui (m²).

Agora podemos explicar o funcionamento da faca citada acima: quando a faca tem fio bom, a área de contato entre a lâmina e o corpo é muito pequena. Na fórmula acima, se a área é muito pequena, o resultado da divisão (F/A) resulta em um valor grande e, portanto, a pressão aplicada sobre o alimento é grande, cortando-o facilmente. Se o fio da faca não é bom, a área de contato não é tão pequena e o resultado da divisão (F/A) é um valor não tão grande e a pressão aplicada sobre o alimento é menor, causando dificuldade para cortá-lo.

PROBLEMAS:

- 1) Determine, em N/m², a pressão média exercida por um prédio de massa 250 toneladas, sabendo que ele possui uma base de contato com o solo de área 180m². Considere que 1 tonelada equivale a 1000Kg e g = 10m/s².

DADOS:

P = ???
m = 250ton
A = 180m²

Como 1 tonelada tem 1000Kg:
m = 250.1000
m = 250000Kg

→

A força que o prédio aplica sobre o chão é igual ao seu peso: F = P = m.g
P = 250000.10
P = 2500000N

$$P = \frac{F}{A} \rightarrow P = \frac{2500000}{180}$$

→

$$P = 13888,89 \text{ N/m}^2$$

→

Essa é a Pressão que o prédio exerce nos seus pontos de contato com o solo.

- 2) Determine, em N/m², a pressão média exercida por um prédio de massa 450 toneladas, sabendo que ele possui uma base de contato com o solo de área 120m². Considere que 1 tonelada equivale a 1000Kg e g = 10m/s².

$$P = 37500 \text{ N/m}^2$$

- 3) Determine, em N/m², a pressão média exercida por um prédio de massa 400 toneladas, sabendo que ele possui uma base de contato com o solo de área 80m². Considere que 1 tonelada equivale a 1000Kg e g = 10m/s².

$$P = 50000 \text{ N/m}^2$$

TEOREMA DE PASCAL:

Experimentalmente, ao estudar os fenômenos que ocorriam em um líquido confinado dentro de um recipiente fechado e completamente preenchido pelo líquido, o cientista Blaise Pascal percebeu que, ao aumentar a pressão em um ponto qualquer desse líquido, esse acréscimo de pressão era transmitido integralmente a todo o líquido.

Esse estudo foi repetido várias vezes por outros cientistas e todos chegaram à mesma conclusão de Pascal. Assim, podemos enunciar o **Teorema de Pascal**:

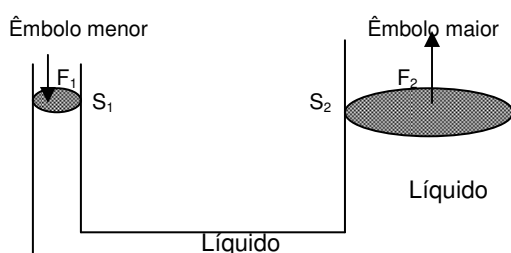
O acréscimo de Pressão exercido num ponto de um líquido ideal em equilíbrio e confinado em um recipiente fechado é transmitido integralmente a todos os pontos desse líquido.

Pode parecer uma idéia bastante simples, mas esse descobrimento possibilitou o surgimento de vários benefícios tecnológicos que utilizamos hoje em nosso dia-a-dia. Podemos citar como exemplos: elevadores hidráulicos, prensa hidráulica, direção hidráulica dos carros modernos, etc.

PRENSA HIDRÁULICA:

É uma das aplicações tecnológicas decorrentes do Teorema de Pascal. Bastante utilizada em indústrias e oficinas mecânicas, é uma **Máquina Simples que serve para realizar a multiplicação de uma Força**. Basicamente, aplica-se uma força de pequena intensidade de um lado da prensa hidráulica e obtém-se do outro lado uma força muito maior.

Para explicar seu funcionamento, vamos analisar a figura abaixo:



Ao exercermos uma força (F_1) sobre o êmbolo pequeno, causamos um acréscimo de Pressão no líquido contido dentro da Prensa. Esse acréscimo de pressão é transmitido pelo líquido, chegando ao êmbolo maior, que acaba sendo empurrado para cima com uma força (F_2). Como as áreas dos êmbolos são diferentes, ocorre uma multiplicação de forças, o que permite obter no êmbolo maior uma força de grande intensidade.

Devido a esse fato, esse equipamento é largamente utilizado na Indústria Mecânica, uma vez que permite que uma força pequena seja aplicada ao êmbolo menor, obtendo uma força de grande intensidade no êmbolo maior.

Matematicamente, utilizando a definição de pressão, podemos obter facilmente a equação da prensa hidráulica:

$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}, \text{ onde: } F_1 = \text{força aplicada ao êmbolo de menor área (N);}$$

$$F_2 = \text{força aplicada ao êmbolo de maior área (N);}$$

$$S_1 = \text{área do êmbolo menor (m}^2\text{);}$$

$$S_2 = \text{área do êmbolo maior (m}^2\text{);}$$

PROBLEMAS:

- 1) Uma prensa hidráulica tem dois êmbolos de áreas iguais a $0,2 \text{ m}^2$ e 2 m^2 . Calcule a intensidade da força transmitida ao êmbolo maior quando se aplica ao êmbolo menor uma força de intensidade 150N.

DADOS:

$$S_1 = 0,2 \text{ m}^2$$

$$S_2 = 2 \text{ m}^2$$

$$F_1 = 150 \text{ N}$$

$$F_2 = ???$$

$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2} \rightarrow \frac{150}{0,2} = \frac{F_2}{2} \rightarrow F_2 \cdot (0,2) = 150 \cdot 2 \rightarrow F_2 = \frac{150 \cdot 2}{0,2} \rightarrow \boxed{F_2 = 1500 \text{ N}}$$

ATENÇÃO: perceba que ocorreu uma multiplicação de forças. Foi aplicada uma força de 150N sob o êmbolo menor e obteve-se uma força de 1500N no êmbolo maior.

- 2) Uma prensa hidráulica tem dois êmbolos de áreas iguais a $0,1 \text{ m}^2$ e 3 m^2 . Calcule a intensidade da força transmitida ao êmbolo maior quando se aplica ao êmbolo menor uma força de intensidade 100N.

$$F_2 = 3000\text{N}$$

- 3) Uma prensa hidráulica tem dois êmbolos de áreas iguais a $0,01 \text{ m}^2$ e 2 m^2 . Calcule a intensidade da força que deve ser aplicada ao êmbolo menor, para que no êmbolo maior possamos levantar com facilidade um carro de peso 12000N.

DADOS:

$$S_1 = 0,01\text{m}^2$$

$$S_2 = 2\text{m}^2$$

$$F_1 = ???$$

$$F_2 = 12000\text{N}$$

$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2} \rightarrow \frac{F_1}{0,01} = \frac{12000}{2} \rightarrow 2.F_1 = 12000.(0,01) \rightarrow F_1 = \frac{120}{2} \rightarrow F_1 = 60\text{N}$$

ATENÇÃO: comparando as forças aplicadas nos êmbolos, é fácil perceber que aconteceu uma grande multiplicação de forças: aplicamos uma força de intensidade 60N (força suficiente para levantar um corpo de massa 5,99Kg) no êmbolo de menor área e obtivemos uma força de intensidade 12000N no êmbolo de maior área (força suficiente para levantar um corpo de massa 1199Kg).

- 4) Uma prensa hidráulica tem dois êmbolos de áreas iguais a $0,001 \text{ m}^2$ e $0,92 \text{ m}^2$. Calcule a intensidade da força que deve ser aplicada ao êmbolo menor, para que no êmbolo maior possamos levantar com facilidade um objeto de peso 5000N.

$$F_2 = 5,44\text{N}$$

- 5) Uma prensa hidráulica tem dois êmbolos de áreas iguais a $0,0003 \text{ m}^2$ e $0,862 \text{ m}^2$. Calcule a intensidade da força que deve ser aplicada ao êmbolo menor, para que no êmbolo maior possamos levantar com facilidade um objeto de peso 6200N.

$$F_2 = 2,16\text{N}$$

- 6) Uma prensa hidráulica tem dois êmbolos de áreas iguais a $0,005 \text{ m}^2$ e $1,62 \text{ m}^2$. Calcule a intensidade da força que deve ser aplicada ao êmbolo menor, para que no êmbolo maior possamos levantar com facilidade um objeto de peso 50000N.

$$F_2 = 154,3\text{N}$$

- 7) Uma prensa hidráulica tem dois êmbolos de áreas iguais a $0,0001 \text{ m}^2$ e 2 m^2 . Calcule a intensidade da força que deve ser aplicada ao êmbolo menor, para que no êmbolo maior possamos levantar com facilidade um objeto de peso 80000N.

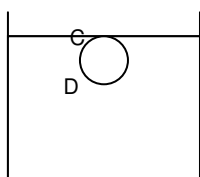
$$F_2 = 4\text{N}$$

EMPUXO (TEOREMA DE ARQUIMEDES): E

Imagine a seguinte situação: você possui duas bolas (A e B) de mesmo tamanho, mas de massas diferentes (A é uma bola bem leve e B é uma bola bem pesada). Ao jogar as duas bolas num recipiente cheio de água, é provável que a bola A permaneça flutuando e que a bola B afunde na água.

Perceba que mesmo possuindo tamanhos iguais, ocorreram situações bem diferentes, pois uma bola flutuou e a outra afundou. Devido a esse fato, podemos supor que de alguma maneira a bola A sofreu alguma sustentação oferecida pela água, uma vez que ela não afundou e que isso não aconteceu com a bola B.

Vamos analisar agora o que acontece com qualquer corpo que é colocado em contato com um líquido. Para esquematizar, considere a figura abaixo, que representa um corpo que flutua, mas totalmente imerso num líquido:



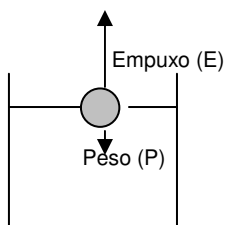
Considerando que a pressão exercida por um líquido num determinado ponto está diretamente relacionada ao Peso do líquido que se encontra acima desse ponto, pode-se perceber que a pressão exercida sobre o corpo da figura no ponto D é maior do que no ponto C, pois acima de D existe maior quantidade de líquido do que em C. Devido a essa diferença de Pressões entre esses pontos, surge uma Força, orientada para cima, que atuará sobre o corpo imerso.

Em alguns casos, essa força possui intensidade suficiente para evitar que o corpo afunde no líquido, mantendo-o flutuando. **A essa Força, que surge devido a diferentes valores de pressão a que o corpo é submetido, que possui direção vertical e sentido de baixo para cima, chamamos de Empuxo (E).**

Assim, sempre que um corpo é mergulhado num líquido, ele sofre a ação de uma força vertical, de baixo para cima, que é chamada de Empuxo (E).

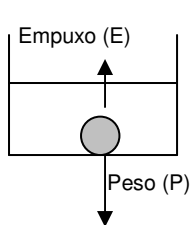
Existem três situações possíveis:

a) Empuxo > Peso do corpo



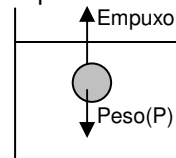
Corpo Flutua ($E > P$)

b) Empuxo < Peso do corpo



Corpo afunda ($E < P$)

c) Empuxo = peso do corpo



Neste caso, o corpo nem flutua nem afunda. Onde for colocado, ele permanecerá em **equilíbrio**. ($E = P$)

Agora que já entendemos o que é o Empuxo, podemos enunciar o Teorema de Arquimedes, que trata sobre o Empuxo que atua sobre um corpo, quando imerso num líquido:

Todo corpo imerso total ou parcialmente num líquido sofre a ação de uma Força de direção vertical, com sentido de baixo para cima, igual ao Peso da porção do líquido que foi deslocado pelo corpo.

Pode-se calcular o valor do empuxo sofrido por um corpo imerso em um líquido através da fórmula: $E = \mu_{liq} \cdot g \cdot V_{submerso}$, onde: E = empuxo(N);

μ_{liq} = densidade do líquido(Kg/m³);

g = aceleração local da gravidade(m/s²);

$V_{submerso}$ = volume do líquido deslocado (litros - l).

É a força de Empuxo que permite que um Navio (ou barco) flutue na água, mesmo ele possuindo uma grande massa. Geralmente, o volume do casco de um navio é muito grande. Não o vemos porque ele fica submerso. Como o Empuxo é diretamente proporcional ao volume submerso, que é grande, o resultado do Empuxo também é um valor alto, que permite ao navio flutuar tranquilamente.

PROBLEMAS:

- 1) Você possui um barco de controle remoto (de brinquedo). Coloca-o na água pura ($\mu_{\text{água}} = 1000\text{kg/m}^3$), ao nível do mar ($g = 10\text{m/s}^2$), para brincar. Sabendo que o volume submerso do casco desse barco é $0,004\text{m}^3$, determine o valor do Empuxo sofrido pelo barco.

DADOS:

$$\mu_{\text{água}} = 1000\text{kg/m}^3$$

$$g = 10\text{m/s}^2$$

$$V = 0,004\text{m}^3$$

$$E = ???$$

$$E = \mu_{\text{liq}} \cdot g \cdot V_{\text{submerso}}$$

$$E = 1000 \cdot 10 \cdot (0,004)$$

→

$$E = 40\text{N}$$

Esse é o Empuxo que o barco sofrerá. Se o seu peso for menor do que 40N, ele flutuará tranquilamente. Se o seu peso for maior do que 40N, ele irá afundar na água.

- 2) Você possui um barco de controle remoto (de brinquedo). Coloca-o na água pura ($\mu_{\text{água}} = 1000\text{kg/m}^3$), ao nível do mar ($g = 10\text{m/s}^2$), para brincar. Sabendo que o volume submerso do casco desse barco é $0,00084\text{m}^3$, determine o valor do Empuxo sofrido pelo barco.

$$E = 8,4\text{N}$$

- 3) Você possui um barco de massa 50Kg. Resolve ir pescar com esse barco e coloca-o na água pura ($\mu_{\text{água}} = 1000\text{kg/m}^3$), ao nível do mar ($g = 10\text{m/s}^2$). Sabendo que o volume submerso do casco desse barco pode ser de, no máximo, $0,9\text{m}^3$, determine:

- a) o valor do Empuxo máximo sofrido pelo barco.

DADOS:

$$\mu_{\text{água}} = 1000\text{kg/m}^3$$

$$g = 10\text{m/s}^2$$

$$V = 0,9\text{m}^3$$

$$E = ???$$

$$E = \mu_{\text{liq}} \cdot g \cdot V_{\text{submerso}}$$

$$E = 1000 \cdot 10 \cdot (0,9)$$

→

$$E = 9000\text{N}$$

ATENÇÃO: esse é o valor máximo de Empuxo que a água pode aplicar sobre esse barco pra ele não afundar.

- b) O maior valor da massa que a(s) pessoa(s) que irá(ão) utilizar o barco pode(m) ter.

DADOS:

$$\mu_{\text{água}} = 1000\text{kg/m}^3$$

$$g = 10\text{m/s}^2$$

$$E = 9000\text{N} \rightarrow \text{NO MÁXIMO}$$

$$m_{\text{barco}} = 50\text{Kg}$$

Para flutuar, o Empuxo sofrido pelo barco deve ser maior do que o Peso do barco (barco + pessoa). Assim:
 $E > P \rightarrow P = 9000\text{N} \rightarrow P < 9000\text{N}$
Qualquer Peso acima de 9000N fará com que o barco afunde!

$$P = m \cdot g$$

$$9000 = m \cdot 10$$

$$\frac{9000}{10} = m$$

$$m = 900\text{Kg}$$

Essa é maior massa que o barco suporta sem afundar. Como aí já está incluída a massa do barco (50Kg), sobram apenas 850Kg de massa para o transporte de pessoas.

RESPOSTA: a soma das massas das pessoas que estarão dentro do barco não pode ultrapassar 850Kg

- 4) Você possui um barco de massa 40Kg. Resolve ir pescar com esse barco e coloca-o na água pura ($\mu_{\text{água}} = 1000\text{kg/m}^3$), ao nível do mar ($g = 10\text{m/s}^2$). Sabendo que o volume submerso do casco desse barco pode ser de, no máximo, $0,6\text{m}^3$, determine:

- a) o valor do Empuxo máximo sofrido pelo barco.

$$E = 6000\text{N}$$

- b) O maior valor da massa que a(s) pessoa(s) que irá(ão) utilizar o barco pode(m) ter.

$$m = 560\text{Kg}$$

- 5) Você possui um barco de massa 20Kg. Resolve ir pescar com esse barco e coloca-o na água pura ($\mu_{\text{água}} = 1000\text{kg/m}^3$), ao nível do mar ($g = 10\text{m/s}^2$). Sabendo que o volume submerso do casco desse barco pode ser de, no máximo, $0,1\text{m}^3$, determine:

- a) o valor do Empuxo máximo sofrido pelo barco.

$$E = 1000\text{N}$$

- b) O maior valor da massa que a(s) pessoa(s) que irá(ão) utilizar o barco pode(m) ter.

$$m = 80\text{Kg}$$



CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL DE CURITIBA
DISCIPLINA: FÍSICA - Professor: Ronald Wykrota (wykrota@uol.com.br)
AULAS 45 e 46

TERMOMETRIA: É a parte da física que estuda a Energia Térmica, nas formas de Temperatura e Calor.

TEMPERATURA: é a grandeza Física que mede o estado de agitação das moléculas de um corpo.

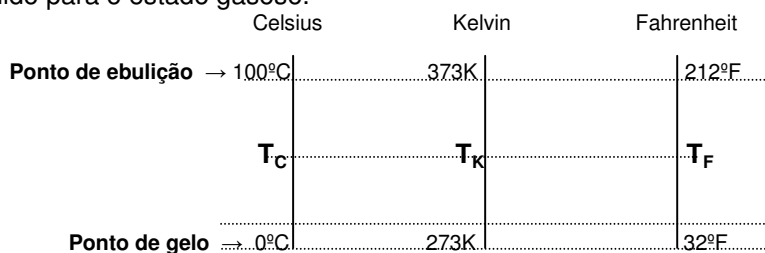
Sabe-se que em condições normais, as moléculas de um corpo não se encontram paradas fisicamente, pois elas possuem energia e isso faz com que elas adquiram uma vibração. Quanto maior a energia que a molécula possui, maior a sua vibração e, como consequência disso, ela encontra-se numa temperatura maior.

Existem inúmeras Escalas de Temperatura, mas as mais utilizadas são a Kelvin (K), a Fahrenheit (°F) e a Celsius (°C). A escala Kelvin é conhecida como **Escala Absoluta de Temperatura**, pois o zero absoluto (temperatura onde todas as moléculas de um corpo encontrar-se-iam sem agitação, ou seja, estariam paradas) foi definido nesta escala. Assim, para diferenciá-la das demais, na sua representação não se utiliza indicação de grau (°).

TERMÔMETRO: é o instrumento utilizado para se medir a temperatura de um corpo. Pode ser graduado em qualquer escala de temperatura (Celsius, Kelvin, Fahrenheit, etc).

ESCALAS DE TEMPERATURA:

As escalas de temperatura são construídas, sempre, tomando-se por base dois pontos fixos para a substância água: ponto do gelo \Rightarrow temperatura onde a água passará do estado líquido para o estado sólido; ponto de ebulição \Rightarrow temperatura onde a água passará do estado líquido para o estado gasoso.



RELAÇÃO ENTRE AS ESCALAS DE TEMPERATURA:

Como todas as Escalas de Temperatura são definidas para os mesmos pontos fixos, podemos considerar que um valor de temperatura medido numa determinada Escala deverá possuir um valor correspondente em outra(s) Escala(s).

Para determinar a Relação existente entre as Escalas Celsius, Kelvin e Fahrenheit, vamos aplicar o Teorema de Tales, da Matemática, na figura apresentada acima. Assim, obtemos:

$$\frac{T_C - 0}{100 - 0} = \frac{T_K - 273}{373 - 273} = \frac{T_F - 32}{212 - 32} \rightarrow \frac{T_C}{100} = \frac{T_K - 273}{100} = \frac{T_F - 32}{180} \rightarrow \text{simplificando por 20} \rightarrow \boxed{\frac{T_C}{5} = \frac{T_K - 273}{5} = \frac{T_F - 32}{9}}$$

Na relação acima, T_C representa um valor de Temperatura na Escala Celsius, T_K representa um valor de temperatura na Escala Kelvin e T_F representa um valor de Temperatura na Escala Fahrenheit.

Em Física e em Química é bastante comum transformarmos valores de temperatura que estão na Escala Celsius para a Escala Kelvin e vice-versa. Utilizando a relação acima podemos obter um macete prático e rápido para a transformação de valores de temperaturas entre essas duas escalas:

$$\frac{T_C}{5} = \frac{T_K - 273}{5} \rightarrow \text{multiplicando em cruz} \rightarrow 5 \cdot T_C = 5 \cdot (T_K - 273) \rightarrow \text{isolando } T_C \rightarrow T_C = \frac{5 \cdot (T_K - 273)}{5}$$

$$\rightarrow \boxed{T_C = T_K - 273}$$

Analisando a Equação acima, podemos concluir com facilidade que:

- para transformar da Escala Celsius para a escala Kelvin, basta somar o valor em Celsius com 273;
- para transformar da Escala Kelvin para a Escala Celsius, basta diminuir o valor em Kelvin de 273.

Aplicando-se essas situações, conseguimos transformar rapidamente valor de temperatura na Escala Celsius em Kelvin e vice-versa.

ATENÇÃO: essa regra prática vale somente para transformações entre Celsius e Kelvin.

PROBLEMAS:

1) Transformar 20°C em Fahrenheit.

DADOS:

$$\frac{T_C}{T_F} = \frac{20^\circ\text{C}}{???} \quad \frac{T_C}{5} = \frac{T_F - 32}{9} \rightarrow \frac{20}{5} = \frac{T_F - 32}{9} \rightarrow \text{multiplicando em cruz} \rightarrow 5 \cdot (T_F - 32) = 20 \cdot 9 \rightarrow 5 \cdot (T_F - 32) = 180$$

↓

$$T_F - 32 = 180/5 \rightarrow T_F - 32 = 36 \rightarrow T_F = 36 + 32 \rightarrow \boxed{T_F = 68^\circ\text{F}}$$

2) Transformar 41°F em grau Celsius.

$$\boxed{T_C = 5^\circ\text{C}}$$

3) Transformar 27°C em Kelvin.

$$\boxed{T_K = 300\text{K}}$$

4) Transformar 50K em Celsius.

$$\boxed{T_C = -223^\circ\text{C}}$$

5) Transformar 293K em grau Fahrenheit.

$$\boxed{T_F = 68^\circ\text{F}}$$

6) Transformar 275°F em Kelvin.

$$\boxed{T_K = 408\text{K}}$$



CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL DE CURITIBA
DISCIPLINA: FÍSICA – Professor: Ronald Wykrota (wykrota@uol.com.br)
AULAS 47 e 48

DILATAÇÃO TÉRMICA:

Já vimos que a grandeza física Temperatura nos mostra como se agitam as moléculas de um corpo. Se a temperatura é alta, as moléculas vibram intensamente e vice-versa. Porém, se o corpo se encontra a uma determinada temperatura e, por algum motivo, resolvemos aquecê-lo, a sua temperatura irá aumentar e, como consequência, as vibrações das moléculas também.

Para que isso ocorra, torna-se necessário um pequeno aumento das dimensões do corpo (para comportar o aumento da vibração, uma vez que as moléculas não podem sair do corpo com o aumento da sua agitação), que é chamado de **Dilatação Térmica**.

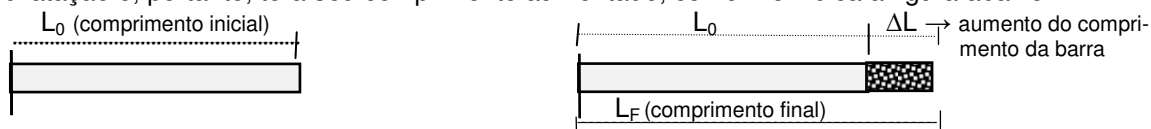
Se fizermos o contrário (diminuir a temperatura), a vibração das moléculas irá diminuir, fazendo com que “sobrem” espaços vazios no corpo. Assim, o corpo sofrerá uma diminuição das suas dimensões, que é chamado de **Contração Térmica**.

O estudo da dilatação térmica é feita em três partes; que são:

- a) Dilatação Linear** - Quando ocorre preferencialmente o aumento de uma dimensão, o comprimento. Ocorre principalmente em fios, hastes e barras;
- b) Dilatação Superficial** - Quando ocorre o aumento de duas dimensões do corpo (comprimento e largura), variando assim a sua área. Ocorre principalmente em chapas e placas;
- c) Dilatação Volumétrica** - Quando ocorre o aumento de três dimensões do corpo (comprimento, largura e altura do corpo), variando assim o volume do corpo. Ocorre em todos os corpos que não se encaixem nas outras dilatações.

DILATAÇÃO LINEAR DOS SÓLIDOS:

Imagine que tenhamos uma barra que possui um Comprimento inicial (L_0), a uma determinada Temperatura (T_i). Considere que essa barra encontra-se apoiada e sustentada horizontalmente numa parede. Se aumentarmos a temperatura da barra, ela irá sofrer uma dilatação e, portanto, terá seu comprimento aumentado, conforme indica a figura abaixo:



Temperatura ambiente

Temperatura aumentada – aumenta comprimento

Através de experiências de laboratório, percebeu-se que a variação do comprimento da barra (ΔL) depende, de maneira diretamente proporcional, de três grandezas Físicas, que são: comprimento inicial da barra (L_0), o material de fabricação da barra (α) e a variação de temperatura a que a barra é submetida (ΔT).

Assim, sendo uma relação diretamente proporcional, podemos escrever matematicamente uma equação que permite calcular a variação do comprimento da barra:

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

onde: ΔL = Variação do Comprimento da barra (m);
 L_0 = Comprimento inicial da barra (m);
 α = Coeficiente de Dilatação Linear do material ($^{\circ}\text{C}^{-1}$);
 ΔT = Variação de temperatura sofrida pela barra ($^{\circ}\text{C}$);

ATENÇÃO: conforme já foi explicado, em Física sempre podemos expressar a variação de uma grandeza através da subtração do seu valor final pelo seu valor inicial. Vamos aplicar novamente isso para a equação acima apresentada (em ΔL e em ΔT).

Podemos escrever, portanto:

$$\Delta L = L_f - L_0$$

onde: ΔL = Variação do comprimento (m);
 L_f = Comprimento final (m);
 L_0 = Comprimento inicial (m);

$$\Delta T = T_f - T_i$$

onde: ΔT = Variação de temperatura ($^{\circ}\text{C}$);
 T_f = Temperatura final ($^{\circ}\text{C}$);
 T_i = Temperatura inicial ($^{\circ}\text{C}$);

PROBLEMAS:

1) Um fio de latão tem 20m de comprimento a 0 °C. Determine o seu comprimento final se ele for aquecido até a temperatura de 80 °C. Considere o coeficiente de dilatação linear médio do latão igual a 0,000018 °C⁻¹.

DADOS:

$$L_o = 20 \text{ m}$$

$$T_i = 0^\circ\text{C}$$

$$L_f = ?$$

$$T_f = 80^\circ\text{C}$$

$$\alpha = 0,000018^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\Delta T = T_f - T_i$$

$$\Delta T = 80 - 0$$

$$\Delta T = 80^\circ\text{C}$$

$$\Delta L = L_o \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

$$\Delta L = (20) \cdot (0,000018) \cdot (80)$$

$$\Delta L = 0,0288 \text{ m}$$

$$\Delta L = L_f - L_o$$

$$0,0288 = L_f - 20$$

$$0,0288 + 20 = L_f$$

$$L_f = 20,0288 \text{ m}$$

2) O comprimento de um fio de aço é de 40m à 24 °C. Determine o seu comprimento final num dia em que a temperatura é de 34 °C; sabendo que o coeficiente de dilatação linear do aço é de 0,000011 °C⁻¹.

$$\text{Resp: } L = 40,0044\text{m}$$

3) Um fio de cobre com comprimento inicial de 50m, sofre aumento de temperatura de 30 °C. O coeficiente de dilatação linear do cobre é 0,000017 °C⁻¹. Determine a dilatação linear ocorrida no fio (ΔL).

$$\text{Resp: } \Delta L = 0,0255\text{m}$$

4) O comprimento de um fio de aço é de 10m a 10 °C. Determine o seu comprimento num dia em que a temperatura é de 70 °C. Considere o coeficiente de dilatação linear do aço é de 0,000011 °C⁻¹.

$$\text{Resp: } L = 10,0066 \text{ m}$$

5) O comprimento inicial de uma barra de alumínio é de 1m. Quando sofre variação de temperatura de 20 °C, a sua dilatação é de 0,00048cm (ΔL). Determinar o coeficiente de dilatação linear do alumínio.

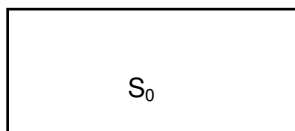
$$\text{Resp: } \alpha = 0,000024^\circ\text{C}^{-1}$$



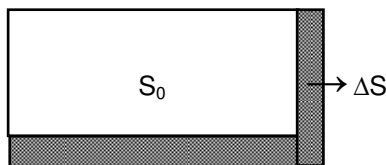
CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL DE CURITIBA
DISCIPLINA: FÍSICA – Professor: Ronald Wykrota (wykrota@uol.com.br)
AULAS 49 e 50

DILATAÇÃO SUPERFICIAL:

Imagine que tenhamos uma chapa retangular que possui uma Área inicial (S_0), a uma determinada Temperatura (T_i). Considere que essa chapa encontra-se apoiada numa mesa. Se aumentarmos a temperatura dessa chapa, ela irá sofrer dilatação em seu comprimento e em sua largura, ocorrendo dilatações em duas dimensões. Portanto, terá sua área aumentada, conforme indica a figura abaixo:



Temperatura ambiente



Temperatura aumentada – aumenta comprimento e largura (varia área)

Considerando experimentalmente que as idéias relativas à Dilatação Linear também valem para a Dilatação Superficial, desde que consideradas agora em duas dimensões, podemos escrever matematicamente uma equação que permite calcular a variação da área da chapa:

$\Delta S = S_0 \cdot \beta \cdot \Delta T$, onde: ΔS = Variação da área da chapa (m^2);
 S_0 = área inicial da chapa (m^2);
 β = Coeficiente de Dilatação Superficial do material ($^{\circ}C^{-1}$);
 ΔT = Variação de temperatura sofrida pela chapa ($^{\circ}C$);

Considerando as definições já apresentadas de variação em Física, podemos escrever:

$\Delta S = S_F - S_0$, onde: ΔS = Variação da área (m^2);
 S_F = Área final (m^2);
 S_0 = Área inicial (m^2);

$\Delta T = T_F - T_i$, onde: ΔT = Variação de temperatura ($^{\circ}C$);
 T_F = Temperatura final ($^{\circ}C$);
 T_i = Temperatura inicial ($^{\circ}C$);

ATENÇÃO: como na Dilatação Superficial ocorrem variações de tamanho em duas dimensões (comprimento e largura), existe uma relação entre o coeficiente de Dilatação Linear e o Coeficiente de Dilatação Superficial, que é: **$\beta = 2 \cdot \alpha$** , onde: β = Coeficiente de Dilatação Superficial ($^{\circ}C^{-1}$);
 α = Coeficiente de Dilatação Linear ($^{\circ}C^{-1}$);

PROBLEMAS:

1) Uma chapa de zinco tem área de $30m^2$ a $30^{\circ}C$. Calcule sua área a $50^{\circ}C$, sabendo que o coeficiente de dilatação superficial do zinco é de $0,000026^{\circ}C^{-1}$.

DADOS:

$\Delta S = ?$

$\alpha = 0,000026^{\circ}C^{-1}$

$S_0 = 30 m^2$

$S_F = ????$

$T_i = 30^{\circ}C$

$T_F = 50^{\circ}C$

$\Delta T = T_F - T_i$

$\Delta T = 50 - 30$

$\Delta T = 20^{\circ}C$

$\beta = 2 \cdot \alpha$

$\beta = 2 \cdot (0,000026)$

$\beta = 0,000052^{\circ}C^{-1}$

$\Delta S = S_0 \cdot \beta \cdot \Delta T$

$\Delta S = (30) \cdot (0,000052) \cdot (20)$

$\Delta S = 0,0312 m^2$

$\Delta S = S_F - S_0$

$0,0312 = S_F - 30$

$0,0312 + 30 = S_F$

$S_F = 30,0312 m^2$

2) Um disco metálico tem $100m^2$ de área a $0^{\circ}C$. Sabendo que o coeficiente de dilatação linear do metal de que o disco é fabricado é de $0,000015^{\circ}C^{-1}$, calcule a área do disco a uma temperatura de $300^{\circ}C$.

Resp: $S_F = 100,9 m^2$

3) Uma chapa de cobre tem área de 10m^2 a 20°C . Determine até qual temperatura devemos aquecer esta chapa para que ela apresente área final de $10,0056\text{m}^2$. Considere o coeficiente de dilatação linear do cobre igual a $0,000014^\circ\text{C}^{-1}$.

DADOS:

$$S_0 = 10\text{m}^2$$

$$T_i = 20^\circ\text{C}$$

$$T_F = ???$$

$$S_F = 10,0056\text{m}^2$$

$$\alpha = 0,000014^\circ\text{C}$$

Neste caso, precisamos calcular a temperatura final da chapa e não a sua área final. Como temos as áreas finais e iniciais, podemos utilizar: $\Delta S = S_F - S_0$

$$\Delta S = S_f - S_0$$

$$\Delta S = 10,0056 - 10$$

$$\Delta S = 0,0056\text{m}^2$$

Temos agora ΔS . Para calcularmos ΔT , precisamos antes de β : $\beta = 2 \cdot \alpha$

$$\beta = 2 \cdot \alpha$$

$$\beta = 2 \cdot (0,000014)$$

$$\beta = 0,000028^\circ\text{C}^{-1}$$

Agora podemos calcular ΔT , utilizando: $\Delta S = S_0 \cdot \beta \cdot \Delta T$

$$\Delta S = S_0 \cdot \beta \cdot \Delta T$$

$$0,0056 = 10 \cdot (0,00028) \cdot \Delta T$$

$$0,0056 = 0,0028 \cdot \Delta T$$

$$\frac{0,0056}{0,0028} = \Delta T$$

$$\Delta T = 20^\circ\text{C}$$

Como agora temos ΔT , podemos calcular a temperatura final utilizando: $\Delta T = T_F - T_i$

$$\Delta T = T_F - T_i$$

$$20 = T_F - 20$$

$$20 + 20 = T_F$$

$$T_F = 40^\circ\text{C}$$

RESPOSTA: A chapa deve ser aquecida até 40°C .

4) Uma chapa metálica tem 12m^2 de área a temperatura de 0°C . Sabendo que o coeficiente de dilatação linear do metal de que a chapa é fabricada é de $0,000024^\circ\text{C}^{-1}$, calcule a área da chapa a uma temperatura de 1500°C .

$$\text{Resp: } S_F = 12,864\text{m}^2$$

5) Uma chapa de Alumínio tem área de 3m^2 a 10°C . Determine até qual temperatura devemos aquecer esta chapa para que ela apresente área final de $3,0179\text{m}^2$. Considere o coeficiente de dilatação linear do Alumínio igual a $0,000023^\circ\text{C}^{-1}$.

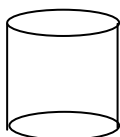
$$T_F = 139,71^\circ\text{C}$$



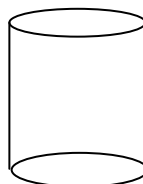
CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL DE CURITIBA
DISCIPLINA: FÍSICA – Professor: Ronald Wykrota (wykrota@uol.com.br)
AULAS 51 e 52

DILATAÇÃO VOLUMÉTRICA:

Imagine que tenhamos um cilindro metálico (maciço, por exemplo) que possui um Volume inicial (V_0), a uma determinada Temperatura (T_i). Considere que esse cilindro encontra-se apoiado numa mesa. Se aumentarmos a temperatura desse cilindro, ele irá sofrer dilatações em seu comprimento, em sua largura e em sua altura, ocorrendo dilatações em três dimensões. Portanto, terá seu Volume aumentado, conforme indica a figura abaixo:



Temperatura ambiente



Temperatura aumentada – aumenta comprimento, largura e altura do corpo (varia o volume)

Considerando experimentalmente que as idéias relativas à Dilatação Linear também valem para a Dilatação Volumétrica, desde que consideradas agora em três dimensões, podemos escrever matematicamente uma equação que permite calcular a variação do volume do corpo:

$$\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta T$$

onde: ΔV = Variação do Volume do corpo (m^3);
 V_0 = Volume inicial do corpo (m^3);
 γ = Coeficiente de Dilatação Volumétrica do material ($^{\circ}C^{-1}$);
 ΔT = Variação de temperatura sofrida pela chapa ($^{\circ}C$);

Considerando as definições já apresentadas de variação em Física, podemos escrever:

$$\Delta V = V_F - V_0$$

onde: ΔV = Variação do Volume (m^3);
 V_F = Volume final (m^3);
 V_0 = Volume inicial (m^3);

$$\Delta T = T_F - T_i$$

onde: ΔT = Variação de Temperatura ($^{\circ}C$);
 T_F = Temperatura final ($^{\circ}C$);
 T_i = Temperatura inicial ($^{\circ}C$);

ATENÇÃO: como na Dilatação Volumétrica ocorrem variações de tamanho em três dimensões (comprimento, largura e altura), existe uma relação entre o coeficiente de Dilatação Linear e o Coeficiente de Dilatação Volumétrica, que é: $\gamma = 3 \cdot \alpha$, onde: γ = Coeficiente de Dilatação Superficial ($^{\circ}C^{-1}$);
 α = Coeficiente de Dilatação Linear ($^{\circ}C^{-1}$);

PROBLEMAS:

1) Um paralelepípedo de chumbo tem, a $0^{\circ}C$, o volume de 100 litros. Determine o volume desse paralelepípedo a uma temperatura de $200^{\circ}C$, sabendo que o coeficiente de dilatação linear médio do chumbo é de $0,000027^{\circ}C^{-1}$.

DADOS:

$$\Delta V = ?$$

$$\alpha = 0,000027^{\circ}C^{-1}$$

$$V_0 = 100l$$

$$V_f = ????$$

$$\Delta T = ????$$

$$T_i = 0^{\circ}C$$

$$T_f = 200^{\circ}C$$

$$\gamma = ???$$

$$\Delta T = T_f - T_i$$
$$\Delta T = 200 - 0$$

$$\Delta T = 200^{\circ}C$$

$$\gamma = 3 \cdot \alpha$$
$$\gamma = 3 \cdot (0,000027)$$
$$\gamma = 0,000081^{\circ}C^{-1}$$

$$\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta T$$
$$\Delta V = (100) \cdot (0,000081) \cdot (200)$$
$$\Delta V = 1,62 m^3$$

$$\Delta V = V_f - V_0$$
$$1,62 = V_f - 100$$
$$1,62 + 100 = V_f$$
$$V_f = 101,62 m^3$$

2) Um tubo de ensaio apresenta, a 0°C, um volume interno de 20cm³. Determine o volume interno desse tubo, em cm³, a 50 °C. O Coeficiente de Dilatação Linear médio do vidro é 0,000008 °C⁻¹.

$$\text{Resp: } V = 20,024\text{cm}^3$$

3) O Coeficiente de Dilatação Linear do ferro é 0,000012°C⁻¹. Calcule o valor do seu coeficiente de dilatação volumétrica:

$$\gamma = 0,000036 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

4) Um cubo de chumbo tem volume de 20cm³ a 10 °C. Determine o aumento de volume (ΔV , em cm³) experimentado pelo cubo quando a sua temperatura for elevada para 150 °C. O coeficiente de dilatação linear médio do chumbo é 0,000005°C⁻¹.

DADOS:

$$V_0 = 20\text{cm}^3$$

$$T_i = 10^\circ\text{C}$$

$$\Delta V = ???$$

$$T_F = 150^\circ\text{C}$$

$$\alpha = 0,000005^\circ\text{C}^{-1}$$

Para calcular ΔV , precisamos de γ , o qual podemos calcular utilizando: $\gamma = 3 \cdot \alpha$

→

$$\begin{aligned} \gamma &= 3 \cdot \alpha \\ \gamma &= 3 \cdot (0,000005) \\ \gamma &= 0,000015^\circ\text{C}^{-1} \end{aligned}$$

Agora precisamos calcular ΔT , utilizando:

$$\Delta T = T_f - T_i$$

$$\begin{aligned} \Delta T &= T_f - T_i \\ \Delta T &= 150 - 10 \\ \Delta T &= 140^\circ\text{C} \end{aligned}$$

→

Agora podemos calcular ΔV , utilizando:

$$\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta T$$

→

$$\begin{aligned} \Delta V &= V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta T \\ \Delta V &= 20 \cdot (0,000015) \cdot 140 \\ \Delta V &= 0,042 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

RESPOSTA: A variação do Volume do Cubo é de 0,042m³.

5) Um tubo de ensaio apresenta, a 10°C, um volume interno de 100cm³. Determine o volume interno desse tubo, em cm³, a 100 °C. O Coeficiente de Dilatação Linear médio do vidro é 0,000008 °C⁻¹.

$$V_F = 100,216\text{cm}^3$$

6) Um cubo de chumbo tem volume de 1m³ a 10 °C. Determine o aumento de volume (ΔV , em m³) experimentado pelo cubo quando a sua temperatura for elevada para 1000 °C. O coeficiente de dilatação linear médio do chumbo é 0,000005°C⁻¹.

$$\Delta V = 0,01485 \text{ m}^3$$

CALORIMETRIA:

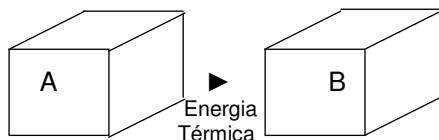
É a parte da Física que estuda as trocas de Calor entre corpos que estão em diferentes temperaturas.

Calor: É a Energia Térmica, em trânsito, entre corpos que possuem diferentes temperaturas.

Para entender melhor o conceito de Calor, vamos analisar um exemplo: considere dois corpos idênticos (mesma massa, fabricados com o mesmo material, mesmo formato e as mesmas dimensões). Um destes corpos (A) é colocado num forno para ser aquecido até uma temperatura de 100°C, por exemplo. O outro (B) é colocado num freezer para ser resfriado até a temperatura de -20°C, por exemplo.

Vamos pegar agora esses dois corpos, retirá-los de seus lugares originais e vamos colocá-los em contato um com o outro, lado a lado. O que vai acontecer com a Temperatura desses dois corpos?

A resposta correta é: a temperatura do corpo frio vai aumentar e a do corpo quente vai diminuir. Isso acontece porque no corpo de baixa temperatura, as moléculas possuem pouca energia de vibração e no corpo de alta temperatura as moléculas possuem alta energia de vibração. Devido a esse fato, ocorre uma transferência de energia do corpo que tem temperatura alta para o corpo que tem baixa temperatura, conforme indica a figura:



A Energia Térmica fornecida pelo corpo A é recebida pelo corpo B até que eles possuam a mesma temperatura, ou seja, até que ocorra o **Equilíbrio Térmico**.

Enquanto os corpos possuírem diferentes temperaturas, ocorrerá a transferência de Calor (Energia) entre eles. Essa transferência de Energia cessará quando não houver mais a diferença de temperatura entre eles.

Assim, conforme o exposto, Calor é um tipo de Energia e não deve ser confundido com o conceito de Temperatura.

Caloria (cal): é uma unidade de medida de Calor e, portanto, de Energia. É definida como sendo a quantidade de calor necessária para aumentar a temperatura de um grama de água de 14,5°C para 15,5°C, sob pressão normal.

Você já pode ter ouvido falar em caloria. Essa unidade é bastante utilizada nas mídias para representar o valor energético dos alimentos.

Outra unidade de Calor bastante utilizada é o **joule (J)**, que se relaciona com a caloria pela relação: **1 cal = 4,2J**

Calor Específico (c): é a quantidade de calor que se deve fornecer ou retirar de um grama de uma substância para que ela sofra uma variação de Temperatura de 1°C. Essa grandeza física é característica própria de cada substância existente na natureza, ou seja, cada substância apresenta um valor de Calor Específico que lhe é característico.

Seguem alguns valores de calores específicos bastante utilizados em problemas:

$$\boxed{C_{\text{água}} = 1 \text{ cal/g.}^{\circ}\text{C}} ; \boxed{C_{\text{gelo}} = 0,5 \text{ cal/g.}^{\circ}\text{C}} ; \boxed{C_{\text{vapor}} = 0,55 \text{ cal/g.}^{\circ}\text{C}}$$

Calor Sensível: É a quantidade de calor que um corpo cede ou recebe ao sofrer uma variação de Temperatura (ΔT), sem mudar de estado físico.

EQUAÇÃO FUNDAMENTAL DA CALORIMETRIA:

É a equação que permite calcular a quantidade de calor fornecida ou cedida pela substância, quando lhe ocorre uma variação de temperatura:

$$\boxed{Q = m \cdot c \cdot \Delta T}, \text{ onde: } Q = \text{Quantidade de calor recebida ou cedida pela substância (cal).}$$

m = massa da substância (g);
 c = calor específico da substância que constitui o corpo (cal/g.°C);
 ΔT = variação de temperatura (°C).

LEMBRANDO: → $\boxed{\Delta T = T_F - T_i}$, onde: ΔT = Variação de temperatura (°C);
 T_i = Temperatura inicial (°C);
 T_F = Temperatura final (°C).

ATENÇÃO: a Equação Fundamental da Calorimetria nos permite calcular uma quantidade de Calor que está associada a uma variação de Temperatura sofrida pelo corpo. Assim, podemos utilizar essa equação para calcular a quantidade de Calor Sensível que será cedida ou recebida por um corpo.

CALOR LATENTE (L):

Imagine a seguinte situação: você precisa de água quente na maior temperatura possível para fazer uma determinada tarefa. Para tal, você coloca a água na chaleira e a põe sobre a chama do fogão para ser aquecida.

Após um determinado tempo, você percebe que a água já está fervendo. Se a chaleira com água permanecer sobre a chama mais tempo, a água irá aumentar ainda mais a sua Temperatura?

A resposta correta é: Não! Isso acontece devido ao fato de que, sob pressão normal, a maior Temperatura que a água pode atingir em seu estado líquido é de 100°C. Acima desse valor, a água começa a mudar de Estado Físico, passando do Estado Líquido para o Estado Gasoso.

No exemplo citado, se mantivermos a chaleira sobre a chama do fogão, a Temperatura da água não passará dos 100°C. O que ocorrerá é que a Energia Térmica (Calor) fornecida pela chama à água será utilizada pela água para mudar de Estado Físico, passando do Estado Líquido para o Estado Gasoso. Quanto mais tempo a água ficar sobre a chama do fogão, mais rapidamente ocorrerá a passagem do Estado Líquido para o Estado Gasoso.

Com base no exposto, podemos definir **Calor Latente** como sendo a quantidade de Calor cedida ou recebida por uma substância que lhe proporcionará uma mudança de Estado Físico, sem que ocorra uma variação de temperatura.

Matematicamente, podemos escrever:

$$\boxed{Q = m \cdot L}, \text{ onde: } Q = \text{Quantidade de calor recebida (ou cedida) pela substância (cal).}$$

$$m = \text{massa do corpo (g);}$$

$$L = \text{Calor Latente da mudança de fase que está ocorrendo (cal/g).}$$

Na maioria das vezes, a substância envolvida nas transformações será a água, pois ela é uma substância de fácil acesso e de grande utilização. Assim, apresentamos valores de Calor Latente, conforme a mudança de estado físico:

Sólido para Líquido → Fusão	→ $L_F = 80 \text{ cal/g}$
Líquido para Gasoso → Vaporização	→ $L_V = 540 \text{ cal/g}$
Líquido para Sólido → Solidificação	→ $L_S = -80 \text{ cal/g}$
Gasoso para Líquido → Liquefação	→ $L_L = -540 \text{ cal/g}$

Esses valores serão bastante utilizados nos problemas que seguem. Estão aqui apresentados para facilitar sua utilização e evitar que sejam fornecidos em cada um dos problemas apresentados.

PROBLEMAS:

1) Um bloco de gelo de massa 50 gramas encontra-se a -20°C. Determine a quantidade de calor que se deve fornecer a esse bloco para que ele se transforme totalmente em gelo a 0°C.

Dados: $m_{\text{gelo}} = 50\text{g}$ $\boxed{\text{GELO a } -20^\circ\text{C}} \rightarrow \boxed{\text{GELO a } 0^\circ\text{C}}$

$T_i = -20^\circ\text{C}$ NAO muda de fase → Calor Sensível → $\boxed{Q = m \cdot c \cdot (T_f - T_i)}$

$T_f = 0^\circ\text{C}$ $Q = m \cdot c \cdot (T_f - T_i)$ $Q = 50 \cdot (0,5) \cdot (20)$

$C_{\text{gelo}} = 0,5 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$ $Q = 50 \cdot (0,5) \cdot [0 - (-20)]$ $\boxed{Q = 500 \text{ cal}}$ → Energia que se deve fornecer ao bloco de gelo!

2) Um bloco de gelo de massa 80 gramas encontra-se a -10°C. Determine a quantidade de calor que se deve fornecer a esse bloco para que ele se transforme totalmente em água a 0°C.

Dados: $m_{\text{gelo}} = 80\text{g}$ $\boxed{\text{GELO a } -10^\circ\text{C}} \rightarrow \boxed{\text{GELO a } 0^\circ\text{C}} \rightarrow \boxed{\text{ÁGUA a } 0^\circ\text{C}}$

$T_i = -10^\circ\text{C}$ (não muda de fase) calor sensível calor latente (muda de fase)

$T_f = 0^\circ\text{C}$ $Q = m \cdot c \cdot (T_f - T_i)$ $Q = m \cdot L_F$

$C_{\text{gelo}} = 0,5 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$ $Q = 80 \cdot (0,5) \cdot [0 - (-10)]$ $Q = 80 \cdot 80$

$Q = 80 \cdot (0,5) \cdot (10)$ $\boxed{Q = 6400 \text{ cal}}$

$\boxed{Q = 400 \text{ cal}}$ $Q_{\text{TOTAL}} = 400 + 6400$

$\boxed{Q_{\text{TOTAL}} = 6800 \text{ cal}}$

 ↓

 Energia que se deve fornecer ao bloco de gelo

3) Um bloco de gelo de massa 100 gramas encontra-se a -20°C . Determine a quantidade de calor que se deve fornecer a esse bloco para que ele se transforme totalmente em água a 100°C .

Dados:

$$m_{\text{gelo}} = 100\text{g}$$

$$T_i = -20^{\circ}\text{C}$$

$$T_F = 100^{\circ}\text{C}$$

$$C_{\text{gelo}} = 0,5 \text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$$

$$C_{\text{água}} = 1 \text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$$

$$L_F = 80 \text{ cal/g}$$

GELO a -10°C	→	GELO a 0°C	→	ÁGUA a 0°C	→	ÁGUA a 100°C
Calor Sensível		Calor Latente		Calor Sensível		
(não muda de fase)		(muda fase)		(não muda fase)		
$Q = m \cdot c_{\text{gelo}} \cdot (T_f - T_i)$		$Q = m \cdot L_F$		$Q = m \cdot c_{\text{água}} \cdot (T_f - T_i)$		
$Q = 100 \cdot (0,5) \cdot [0 - (-20)]$		$Q = 100 \cdot 80$		$Q = 100 \cdot 1 \cdot (100 - 0)$		
$Q = 100 \cdot (0,5) \cdot (20)$		$Q = 8000 \text{ cal}$		$Q = 100 \cdot 100$		
$Q = 1000 \text{ cal}$				$Q = 10000 \text{ cal}$		

$$Q_{\text{TOTAL}} = 1000 + 8000 + 10000 \rightarrow \mathbf{Q_{\text{TOTAL}} = 19000 \text{ cal}} \rightarrow \text{Essa é a quantidade de calor a ser fornecida ao bloco para virar água a } 100^{\circ}\text{C}.$$

4) Um bloco de gelo de massa 120 gramas encontra-se a -30°C . Determine a quantidade de calor que se deve fornecer a esse bloco para que ele se transforme totalmente em vapor de água a 100°C .

Dados:

$$m_{\text{gelo}} = 120\text{g}$$

$$T_i = -30^{\circ}\text{C}$$

$$T_F = 100^{\circ}\text{C}$$

$$C_{\text{gelo}} = 0,5 \text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$$

$$C_{\text{água}} = 1 \text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$$

$$L_F = 80 \text{ cal/g}$$

$$L_V = 540 \text{ cal/g}$$

GELO a -30°C	→	GELO a 0°C	→	ÁGUA a 0°C	→	ÁGUA a 100°C	→	VAPOR A 100°C
Calor Sensível		Calor Latente		Calor Sensível		Calor Latente		
(não muda de fase)		(muda fase)		(não muda fase)		(muda fase)		
$Q = m \cdot c_{\text{gelo}} \cdot (T_f - T_i)$		$Q = m \cdot L_F$		$Q = m \cdot c_{\text{água}} \cdot (T_f - T_i)$		$Q = m \cdot L_F$		
$Q = 120 \cdot (0,5) \cdot [0 - (-30)]$		$Q = 120 \cdot 80$		$Q = 120 \cdot 1 \cdot (100 - 0)$		$Q = 120 \cdot 540$		
$Q = 120 \cdot (0,5) \cdot (30)$		$Q = 9600 \text{ cal}$		$Q = 120 \cdot 100$		$Q = 64800 \text{ cal}$		
$Q = 1800 \text{ cal}$				$Q = 12000 \text{ cal}$				

$$Q_{\text{TOTAL}} = 1800 + 9600 + 12000 + 64800 \rightarrow \mathbf{Q_{\text{TOTAL}} = 88200 \text{ cal}} \rightarrow \text{Essa é a quantidade de calor a ser fornecida ao bloco para virar vapor de água a } 100^{\circ}\text{C}.$$

5) Um bloco de gelo de massa 80 gramas encontra-se a -40°C . Determine a quantidade de calor que se deve fornecer a esse bloco para que ele se transforme totalmente em gelo a 0°C .

$$\mathbf{Q_{\text{TOTAL}} = 1600 \text{ cal}}$$

6) Um bloco de gelo de massa 60 gramas encontra-se a -20°C . Determine a quantidade de calor que se deve fornecer a esse bloco para que ele se transforme totalmente em água a 0°C .

$$\mathbf{Q_{\text{TOTAL}} = 5400 \text{ cal}}$$

7) Um bloco de gelo de massa 80 gramas encontra-se a -10°C . Determine a quantidade de calor que se deve fornecer a esse bloco para que ele se transforme totalmente em água a 100°C .

$$\mathbf{Q_{\text{TOTAL}} = 14800 \text{ cal}}$$

8) Um bloco de gelo de massa 500 gramas encontra-se a -20°C . Determine a quantidade de calor que se deve fornecer a esse bloco para que ele se transforme totalmente em vapor de água a 100°C .

$$Q_{\text{TOTAL}} = 365000 \text{ cal}$$

9) Um bloco de gelo de massa 70 gramas encontra-se a -40°C . Determine a quantidade de calor que se deve fornecer a esse bloco para que ele se transforme totalmente em gelo a 0°C .

$$Q_{\text{TOTAL}} = 1400 \text{ cal}$$

10) Um bloco de gelo de massa 85 gramas encontra-se a -50°C . Determine a quantidade de calor que se deve fornecer a esse bloco para que ele se transforme totalmente em água a 0°C .

$$Q_{\text{TOTAL}} = 8925 \text{ cal}$$

11) Um bloco de gelo de massa 150 gramas encontra-se a -10°C . Determine a quantidade de calor que se deve fornecer a esse bloco para que ele se transforme totalmente em água a 100°C .

$$Q_{\text{TOTAL}} = 16050 \text{ cal}$$



CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL DE CURITIBA
DISCIPLINA: FÍSICA - Professor: Ronald Wykrota (wykrota@uol.com.br)
AULAS 56 e 57

ESTUDO DOS GASES:

Gás Ideal ou Gás Perfeito é um gás hipotético cujas moléculas não apresentam volume próprio. O volume ocupado pelo gás corresponde ao volume dos "vazios" entre suas moléculas, ou seja, ao volume do recipiente que o contém. Outra característica do gás ideal é a inexistência de interações (atração ou repulsão) entre suas moléculas, o que faz com que o gás ideal não realize ligações químicas.

O estado de um gás é caracterizado pelos valores assumidos por três grandezas físicas: o **Volume (V)**, a **Pressão (P)** e a **Temperatura (T)**, que constituem então as suas variáveis de estado.

Lei Geral dos Gases Perfeitos: relaciona dois estados quaisquer de uma dada massa de um gás. Matematicamente, pode ser escrita:

$$\frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2}$$

, onde: P_1 = Pressão inicial (atm);

V_1 = Volume inicial (litros - l);

T_1 = Temperatura inicial (K);

P_2 = Pressão final (atm);

V_2 = Volume final (litros - l);

T_2 = Temperatura final (K);

ATENÇÃO: as temperaturas deverão ser sempre utilizadas na escala Kelvin, pois assim podemos garantir, para valores práticos, que não acontecerá, durante a aplicação da fórmula acima, uma divisão por zero, que matematicamente não existe. **Para Transformarmos da escala Celsius para a escala Kelvin, basta somar 273, como já vimos.**

Condições Normais de Temperatura e Pressão: Um gás está em condições normais de pressão e temperatura (C.N.T.P.) quando encontra-se sob pressão de 1 atm (atmosfera) e está à temperatura de 0 °C (273K).

Sistema: consideraremos como sistema gasoso um recipiente fechado com uma tampa móvel, chamada de êmbolo (por exemplo, a parte móvel de uma seringa). Ele contém um Gás Ideal em determinadas condições iniciais de Temperatura, Pressão e Volume.

Transformação: são os fenômenos físicos que acontecerão com o sistema gasoso e irão alterar pelo menos duas das suas condições iniciais, chamadas de variáveis de estado.

Vamos estudar as transformações em que uma das variáveis mantém-se constante, variando, portanto, as outras duas.

Transformação Isovolumétrica:

É uma Transformação gasosa na qual o volume (**V**) é mantido constante. Assim, temos que o Volume inicial é igual ao Volume final do gás (**$V_1 = V_2$**) e a fórmula da Lei Geral dos Gases Perfeitos, reduz-se a:

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

, onde: P_1 = Pressão inicial (atm);

T_1 = Temperatura inicial (K);

P_2 = Pressão final (atm);

T_2 = Temperatura final (K).

Transformação Isobárica:

É uma Transformação gasosa na qual a Pressão (**P**) é mantida constante. Assim, temos que a Pressão inicial é igual à Pressão final do gás (**$P_1 = P_2$**) e a fórmula da Lei Geral dos Gases Perfeitos, reduz-se a:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

, onde: V_1 = Volume inicial (litros - l);

T_1 = Temperatura inicial (K);

V_2 = Volume final (litros - l);

T_2 = Temperatura final (K);

Transformação Isotérmica:

É uma transformação gasosa na qual a Temperatura (**T**) é mantida constante. Assim, temos que a Temperatura inicial é igual à Temperatura final do gás (**$T_1 = T_2$**) e a fórmula da Lei Geral dos Gases Perfeitos, reduz-se a:

$$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2$$

, onde: V_1 = Volume inicial (litros - l);

P_1 = Pressão inicial (atm);

V_2 = Volume final (litros - l);

P_2 = Pressão final (atm).

PROBLEMAS:

1) Certa massa de gás ideal exerce pressão de 3 atm quando confinado em um recipiente de volume 3 litros, à temperatura de 27 °C. Determine:

- a) a pressão que exercerá essa mesma massa de gás quando colocada num recipiente de volume 3,5 litros e à temperatura de 177 °C.

DADOS:

$$P_1 = 3 \text{ atm}$$

$$V_1 = 3 \text{ l}$$

$$T_1 = 27^\circ\text{C}$$

$$P_2 = ???$$

$$V_2 = 3,5 \text{ l}$$

$$T_2 = 177^\circ\text{C}$$

Transformando p Kelvin:

$$T_1 = 27 + 273 \rightarrow T_1 = 300\text{K}$$

$$T_2 = 177 + 273 \rightarrow T_2 = 450\text{K}$$

Como não ocorreu nenhuma das transformações gasosas, vamos utilizar a Lei Geral dos Gases:

$$\frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2}$$

$$\frac{3 \cdot 3}{300} = \frac{P_2 \cdot (3,5)}{450} \rightarrow$$

$$1050 \cdot P_2 = 4050$$

$$P_2 = \frac{4050}{1050}$$

$$P_2 = 3,857 \text{ atm}$$

$$P_2 \cdot (3,5) \cdot 300 = 3 \cdot 3 \cdot 450$$

RESPOSTA → **A Pressão final do gás será de 3,857atm.**

- b) o volume que deveria ter o recipiente para que a pressão dessa mesma massa gasosa fosse 2,0 atm à temperatura de - 23 °C.

DADOS:

$$P_1 = 3 \text{ atm}$$

$$V_1 = 3 \text{ l}$$

$$T_1 = 27^\circ\text{C}$$

$$P_2 = 2 \text{ atm}$$

$$V_2 = ???$$

$$T_2 = - 23^\circ\text{C}$$

Transformando p Kelvin:

$$T_1 = 27 + 273 \rightarrow T_1 = 300\text{K}$$

$$T_2 = -23 + 273 \rightarrow T_2 = 250\text{K}$$

Como não ocorreu nenhuma das transformações gasosas, vamos utilizar a Lei Geral dos Gases:

$$\frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2}$$

$$\frac{3 \cdot 3}{300} = \frac{2 \cdot V_2}{250} \rightarrow$$

$$600 \cdot V_2 = 2250$$

$$P_2 = \frac{2250}{600}$$

$$V_2 = 3,75 \text{ litros}$$

$$V_2 \cdot 2 \cdot 300 = 3 \cdot 3 \cdot 250$$

RESPOSTA → **O Volume final do gás será de 3,75 l.**

2) Certa massa de gás ideal exerce pressão de 5 atm quando confinado em um recipiente de volume 2 litros, à temperatura de 27 °C. Determine:

- a) a pressão que exercerá essa mesma massa de gás quando colocada num recipiente de volume 4 litros e à temperatura de 127 °C.

$$P_2 = 3,333 \text{ atm}$$

- b) o volume que deveria ter o recipiente para que a pressão dessa mesma massa gasosa fosse 2,0 atm à temperatura de -23 °C.

$$V_2 = 4,167 \text{ litros}$$

3) Sob pressão de 5 atm e à temperatura de 0 °C, um gás ideal ocupa volume de 45 litros. Determine sob que pressão o gás ocupará o volume de 30 litros, se ocorrer uma Transformação Isotérmica.

DADOS:

T.isotérmica → Temp. constante →

$$T_1 = T_2 = 0^\circ\text{C} + 273 = 273\text{K}$$

$$P_1 = 5 \text{ atm}$$

$$V_1 = 45 \text{ l}$$

$$P_2 = ???$$

$$V_2 = 30 \text{ l}$$

Como está ocorrendo uma Transformação Isotérmica, vamos utilizar:

$$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2$$

$$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2$$

$$5 \cdot 45 = P_2 \cdot 30$$

$$P_2 = \frac{5 \cdot 45}{30}$$

$$P_2 = 7,5 \text{ atm}$$

4) Sob pressão de 6 atm e à temperatura de -10 °C, um gás ideal ocupa volume de 54 litros. Determine sob que pressão o gás ocupará o volume de 60 litros, se ocorrer uma Transformação Isotérmica.

$$P_2 = 5,4 \text{ atm}$$

5) Calcule o volume final de um gás ideal que, inicialmente, ocupa um volume de 10 litros a 127 °C, quando ocorre uma Transformação Isobárica e a sua temperatura se eleva para 327 °C.

T. Isobárica → Pressão constante →

$$P_1 = P_2 = ??$$

$$V_1 = 10 \text{ l}$$

$$T_1 = 127^\circ\text{C} \rightarrow T_1 = 127 + 273 \rightarrow T_1 = 400\text{K}$$

$$T_2 = 327^\circ\text{C} \rightarrow T_2 = 327 + 273 \rightarrow T_2 = 600\text{K}$$

$$V_2 = ???$$

Como está ocorrendo uma Transformação Isobárica, vamos utilizar: $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \rightarrow \frac{10}{400} = \frac{V_2}{600} \rightarrow 400 \cdot V_2 = 10 \cdot 600$$

$$V_2 = \frac{10 \cdot 600}{400}$$

$$V_2 = 15 \text{ litros}$$

6) Calcule o volume final de gás que, inicialmente, ocupa um volume de 150 litros a 27 °C, quando ocorre uma Transformação Isobárica e a sua temperatura se eleva para 527 °C

$$V_2 = 400 \text{ litros}$$

7) Um recipiente que resiste até a pressão de $3,0 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ contém gás perfeito sob pressão $1,0 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ e temperatura inicial de 27 °C. Desprezando a dilatação térmica do recipiente (assim, ocorre uma transformação isovolumétrica), calcule a máxima temperatura que o gás pode atingir sem danificar o recipiente.

$$T_2 = 900\text{K}$$

8) Calcule o volume final de gás que, inicialmente, ocupa um volume de 12 litros a 0 °C, quando ocorre uma Transformação Isobárica e a sua temperatura se eleva para 1527 °C

$$V_2 = 79,12 \text{ litros}$$

9) Certa massa de gás ideal exerce pressão de 2 atm quando confinado em um recipiente de volume 20 litros, à temperatura de 0 °C. Determine:

c) a pressão que exercerá essa mesma massa de gás quando colocada num recipiente de volume 4 litros e à temperatura de 227 °C.

$$P_2 = 18,31 \text{ atm}$$

d) o volume que deveria ter o recipiente para que a pressão dessa mesma massa gasosa fosse 1 atm à temperatura de -23 °C.

$$V_2 = 36,63 \text{ litros}$$



CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL DE CURITIBA
DISCIPLINA: FÍSICA – Professor: Ronald Wykrota (wykrota@uol.com.br)
AULAS 58 e 59

TERMODINÂMICA:

É o ramo da Física que se dedica a estudar as Transformações entre Calor e Trabalho num sistema gasoso.

Calor (Q): É a Energia Térmica, em trânsito, entre corpos que possuem diferentes temperaturas.

Sistema: Consideraremos como sistema um recipiente fechado com uma tampa móvel chamada de êmbolo (parte móvel de uma seringa), o qual contém um Gás Ideal em determinadas condições de temperatura, pressão e volume.

Trabalho (δ): é a Energia, em trânsito, entre dois corpos devido à ação de uma força. Sua unidade é joule (J), mas podemos utilizar também outras unidades de Energia, como a Caloria (cal).

Energia Interna (U): para um gás monoatômico, é a soma das energias cinéticas médias de todas as moléculas que estão dentro do sistema gasoso. Representamos a Variação da Energia Interna de um sistema gasoso por ΔU .

Primeira Lei da Termodinâmica:

Essa Lei relaciona, para um sistema gasoso, o Calor, o Trabalho e a Variação da sua Energia Interna para as Transformações que podem ocorrer nesse sistema. Podemos enunciar:

A variação da energia interna de um sistema é igual à diferença entre o calor e o trabalho trocados pelo sistema com o meio exterior.

Matematicamente, temos: $\Delta U = Q - \delta$, onde: ΔU = Variação da energia interna (J);
 Q = Quantidade de calor cedido ou recebido (J);
 δ = Trabalho (J)

RELEMBRANDO: → **1 cal = 4,2J**

Na Tabela abaixo estão apresentados, de maneira simplificada, os fenômenos que acontecem em cada uma das transformações possíveis para um sistema gasoso. Você pode consultar esta Tabela para entender quais serão os sinais das grandezas envolvidas na resolução dos problemas e também o que está acontecendo fisicamente com o sistema.

SISTEMA	SINAL	ACONTECE
Recebe calor	$Q > 0$	Xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
Cede calor	$Q < 0$	Xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
Não troca calor	$Q = 0$	Transformação adiabática
Realiza trabalho	$\delta > 0$	Volume aumenta
Recebe trabalho	$\delta < 0$	Volume diminui
Não realiza/recebe trabalho	$\delta = 0$	Transformação isovolumétrica
Aumenta a energia interna	$\Delta U > 0$	Temperatura aumenta
Diminui a energia interna	$\Delta U < 0$	Temperatura diminui
Não varia a energia interna	$\Delta U = 0$	Transformação isotérmica

Tabela 1 – sinais úteis para a Primeira Lei da Termodinâmica

Segunda Lei da Termodinâmica:

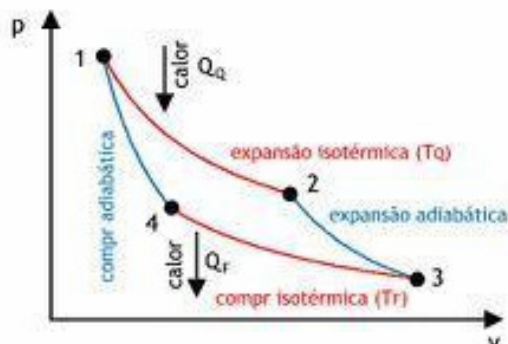
Na prática, as máquinas térmicas que realizam as transformações entre calor, trabalho e variação da Energia Interna num sistema gasoso apresentam perdas de energia. Assim, podemos enunciar:

É impossível construir uma Máquina Térmica que, trabalhando em ciclos, transforme em Trabalho todo o Calor recebido de uma fonte de energia.

Isso quer dizer que toda máquina térmica, durante o seu funcionamento, apresentará perda de energia para o meio externo, não apresentando excelente rendimento.

Ciclo de Carnot: as Máquinas Térmicas que operam segundo o ciclo de Carnot são as que apresentam o maior rendimento possível, dentro das suas características. Na prática, os engenheiros buscam projetar Máquinas Térmicas que consigam se aproximar do Ciclo de Carnot e, assim, terem o melhor rendimento possível.

Para entender melhor o Ciclo de Carnot, vamos analisar o gráfico Pressão versus Volume apresentado abaixo, que representa didaticamente as transformações ocorridas neste ciclo:



1 → 2: ocorre uma Expansão Isotérmica, pois o sistema transforma o calor recebido da fonte quente em Trabalho (σ);

2 → 3: Ocorre uma Expansão Adiabática, pois ao realizar Trabalho a Temperatura do Sistema diminui de T_Q para T_F .

3 → 4: ocorre uma Compressão Isotérmica, pois o Trabalho realizado sobre o Sistema é transformado em Calor, que é repassado à Fonte Fria;

4 → 1: ocorre uma Compressão Adiabática, pois o Trabalho realizado sobre o Sistema faz a Temperatura aumentar de T_F para T_Q .

Este Ciclo é o que representa o maior rendimento possível para uma Máquina Térmica. Isso significa, na prática, que qualquer Máquina Térmica que opere segundo esse ciclo apresentará o maior rendimento prático possível, pois as perdas energéticas devido às trocas de calor serão minimizadas.

ATENÇÃO: Maior rendimento possível NÃO significa, de maneira alguma, um rendimento de 100%. Para uma Máquina Térmica apresentar rendimento próximo a 100%, a diferença entre as temperaturas das fontes fria e quente deve ser a maior possível. Para tanto, deveríamos considerar valores próximos ao zero absoluto para a fonte fria e temperaturas elevadíssimas para a fonte quente, o que torna complicado de se obter tais temperaturas na prática.

RENDIMENTO DE UMA MÁQUINA TÉRMICA DE CARNOT: η

É o Rendimento máximo que uma Máquina Térmica que opere segundo o Ciclo de Carnot pode apresentar. Este rendimento é teórico, pois na prática é bastante difícil conseguirmos construir uma Máquina Térmica que opere perfeitamente segundo o Ciclo de Carnot.

Podemos calcular esse rendimento através da relação:

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

onde: η = fator de Rendimento;
 T_2 = Temperatura da Fonte fria (K);
 T_1 = Temperatura da Fonte Quente (K).

ATENÇÃO: as Temperaturas devem estar na escala kelvin, pois assim garantimos que o denominador, na prática, nunca seja igual a zero.

É comum expressarmos o rendimento de qualquer máquina, inclusive as térmicas, em porcentagem. Para tanto, basta multiplicarmos o fator de rendimento (η) por 100.

PROBLEMAS:

- 1) Numa transformação, um gás realiza um trabalho de 4200J, quando recebe do meio externo 4000J de calor. Determine a variação da energia interna do sistema.

DADOS: Verificar sinais na Tabela 1

Gás realiza trabalho $\rightarrow \delta = + 4200\text{J}$

$$\Delta U = Q - \delta$$

Gás recebe calor $\rightarrow Q = + 4000\text{J}$

$$\Delta U = 4000 - (+4200)$$

Variação da energia interna $\rightarrow \Delta U = ???$

$$\Delta U = 4000 - 4200$$

$$\Delta U = - 200\text{J}$$

\rightarrow pela Tabela 1, como ΔU é negativo, ($\Delta U < 0$), a temperatura do sistema Diminui.

- 2) Sobre um sistema, realiza-se um trabalho de 12000J e, em consequência, o sistema fornece 2000J de calor ao meio externo, durante o mesmo intervalo de tempo. Determine a variação da energia interna do sistema. Adote $1\text{cal} = 4,2\text{J}$.

DADOS: Verificar sinais na Tabela 1

Gás recebe trabalho $\rightarrow \delta = - 12000\text{J}$

$$\Delta U = Q - \delta$$

Gás cede calor $\rightarrow Q = - 2000\text{J}$

$$\Delta U = - 2000 - (-12000)$$

Variação da energia interna $\rightarrow \Delta U = ???$

$$\Delta U = -2000 + 12000$$

$$\Delta U = + 10000\text{J}$$

\rightarrow pela Tabela 1, como ΔU é positivo, ($\Delta U > 0$), a temperatura do sistema Aumenta.

- 3) Numa transformação, um gás realiza um trabalho de 6000J, quando recebe do meio externo 3000J de calor. Determine a variação da energia interna do sistema.

$$\Delta U = - 3000\text{J}$$

- 4) Sobre um sistema, realiza-se um trabalho de 6000J e, em consequência, o sistema fornece 5000J de calor ao meio externo, durante o mesmo intervalo de tempo. Determine a variação da energia interna do sistema.

$$\Delta U = + 1000J$$

- 5) Uma dada massa de um gás perfeito recebe do meio externo uma quantidade de energia de 15000J na forma de calor e realiza sobre o meio um trabalho mecânico de 10000J. Determine:
qual é a variação da energia interna do gás?

$$\Delta U = + 5000J$$

a temperatura interna do gás aumentou ou diminuiu? Justifique.

Como $\Delta U > 0$, a temperatura aumenta

- 6) Uma dada massa de um gás perfeito recebe do meio externo uma quantidade de energia de 1000J na forma de calor e realiza sobre o meio um trabalho mecânico de 700J. Determine:
qual é a variação da energia interna do gás?

$$\Delta U = + 300J$$

a temperatura interna do gás aumentou ou diminuiu? Justifique.

Como $\Delta U > 0$, a temperatura aumenta

- 7) Uma máquina térmica que opera segundo o Ciclo de Carnot tem como temperatura da sua fonte quente 1000°C e temperatura da fonte fria -150°C. Calcule o rendimento, em porcentagem, dessa máquina térmica.

DADOS:

$$T_2 = -150^\circ C$$

$$T_1 = 1000^\circ C$$

$$\eta = ???$$

Como as temperaturas estão na Escala Celsius, vamos transformá-las para a escala Kelvin, somando 273: $T_k = T_c + 273$

$$\rightarrow T_1 = -150 + 273 \rightarrow$$

$$T_2 = 123K$$

$$T_1 = 1273K$$

Vamos substituir estes valores na fórmula do rendimento:

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

$$\rightarrow \eta = 1 - \frac{123}{1273}$$

$$\rightarrow \eta = 1 - 0,09662215 \rightarrow$$

$$\eta = 0,903377$$

Para escrever em porcentagem, vamos multiplicar por 100. Assim:
 $\eta = 0,903377 \cdot 100$

$$\eta = 90,3377\%$$

RESPOSTA: o rendimento da máquina térmica é de 90,3377%

- 8) Uma máquina térmica que opera segundo o Ciclo de Carnot tem como temperatura da sua fonte quente 4000°C e temperatura da fonte fria -200°C. Calcule o rendimento, em porcentagem, dessa máquina térmica.

$$\eta = 98,29\%$$



CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL DE CURITIBA
DISCIPLINA: FÍSICA – Professor: Ronald Wykrota (wykrota@uol.com.br)

AULA 60
ÓPTICA GEOMÉTRICA

É a parte da Física que estuda a Luz e os fenômenos luminosos.

Luz: é o agente físico responsável pelas nossas sensações visuais. É a Luz que nos permite enxergar todos os objetos que conhecemos. Sem ela, o nosso sentido da visão não consegue funcionar.

Corpo Luminoso: é todo corpo que consegue emitir luz própria. Podemos citar como exemplo o Sol, uma lâmpada acesa, uma vela acesa, etc.

Corpo Iluminado: é todo corpo que apenas reflete a luz que recebe, proveniente de outros(s) corpo(s). **Não** consegue produzir luz própria. Pode-se citar como exemplo qualquer objeto que reflita a luz.

Corpo Opaco: é todo corpo que **não** se permite atravessar pela luz, ou seja, que impede totalmente a passagem da luz. Como exemplo pode-se citar a madeira, ferro, alumínio, concreto, etc.

Corpo Transparente: é todo corpo que se deixa atravessar totalmente pela luz, ou seja, permite que a luz atravesse-o com muita facilidade. Como exemplo pode-se citar alguns objetos fabricados com alguns tipos de vidro ou plástico.

Corpo Translúcido: é todo corpo que se deixa atravessar parcialmente pela luz, ou seja, apenas uma parte da luz que chega até o corpo consegue atravessá-lo. Como exemplo, podemos citar: vidro geralmente utilizado em janelas de banheiros, plástico (ou acrílico) utilizado em box de banheiro, alguns tipos de tecido, alguns tipos de papel, etc. Em geral, pode-se identificar que um corpo é translúcido quando você consegue enxergar através dele, mas sem nitidez. Por exemplo, você consegue identificar que existe alguém atrás do box do banheiro, mas não consegue identificar rosto, sexo, cor dos olhos, etc.

Velocidade da Luz: durante muito tempo a velocidade da luz foi uma incógnita que inspirou vários cientistas a tentar descobri-la. Isso aconteceu pelo fato de que ela possui uma velocidade muito grande e por isso requer alguns equipamentos com certa sofisticação para conseguir efetuar essa medição.

Hoje, devido à grande acessibilidade à tecnologia, é relativamente simples conseguir medir a velocidade da luz em laboratório. Assim, iremos considerar que o valor da velocidade de propagação da luz, no vácuo, é de 300.000km/s, ou seja, num intervalo de tempo de apenas 1 segundo (um piscar de olhos, aproximadamente), a luz consegue percorrer uma distância de aproximadamente 300.000km.

Para facilitar nossos cálculos e também a escrita desse valor, vamos utilizar a potência de dez e re-escrever o valor indicado acima da seguinte maneira: **$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$** .

Decomposição da Luz: A luz proveniente do Sol nos parece ser branca devido ao fato de que ela é composta, na realidade, por um conjunto de luzes de várias cores. Ao atravessar alguns objetos transparentes (prisma, vidro, acrílico, plástico, etc), a luz do Sol pode ser decomposta em todas as suas cores de origem. É esse fenômeno que explica o acontecimento do arco-íris que você provavelmente já viu alguma vez.

Ele acontece devido ao fato de que cada uma das cores que compõe a luz branca, ao atravessar o prisma (por exemplo), sofre uma variação da velocidade de propagação (a velocidade de propagação da luz depende do meio). Mudando a velocidade de propagação, algumas cores da luz saem mais rapidamente do prisma, causando o efeito que você já conhece.

Podemos organizar a velocidade de propagação da luz em função da sua cor (num mesmo meio), de maneira decrescente. Assim obtemos:

Maior Velocidade	Luz Vermelha
	Luz Alaranjada
	Luz Amarela
	Luz Verde
	Luz Azul
Menor Velocidade	Luz Anil
	Luz Violeta

Raio Luminoso (ou raio de luz): são linhas orientadas que representam, graficamente, a direção e o sentido de propagação da luz.

Feixe Luminoso (ou Feixe de Luz): é um conjunto de raios luminosos que se propagam, juntos, num meio.

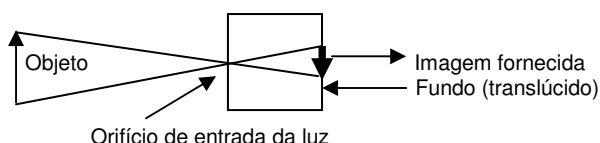
ATENÇÃO: A cor que o corpo apresenta é determinada pelo tipo de luz que ele reflete. Assim, por exemplo, um corpo, ao ser iluminado pela luz branca, se apresenta azul, porque reflete a luz azul e absorve as demais.

PRINCÍPIOS DA ÓPTICA GEOMÉTRICA:

- **Princípio da Propagação Retilínea da Luz:** Num meio homogêneo e transparente, a luz se propaga sempre em linha reta.
- **Princípio da Reversibilidade dos Raios de Luz:** o caminho seguido pela luz **não** depende do sentido de propagação.
- **Princípio da Independência dos Raios de Luz:** um raio de luz, ao se cruzar com outro, não sofre interferência no seu sentido de propagação.

CÂMARA ESCURA:

Consiste basicamente de uma caixa. A tampa chamada de fundo da caixa deve ser de material translúcido (papel vegetal ou similar, por exemplo). A tampa contrária ao fundo deverá possuir um pequeno orifício por onde entrará a luz refletida pelo objeto. Todas as outras tampas devem ser de material opaco e deverão ser pintadas na cor preta.



A luz refletida pelo objeto entra na Câmara Escura pelo orifício e atinge o fundo translúcido, formando uma imagem menor e invertida do objeto.

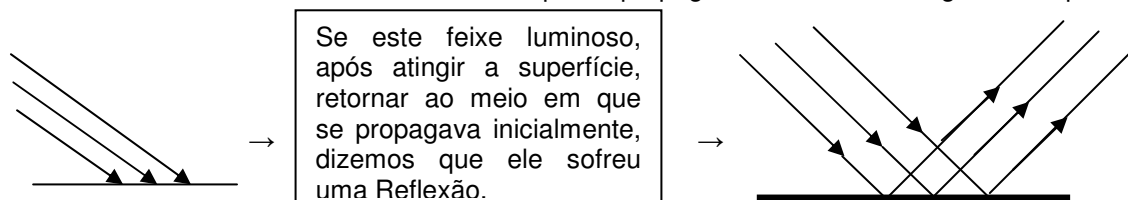
Um observador posicionado atrás do fundo translúcido conseguirá enxergar a imagem do objeto, porém ela será de menor tamanho e estará invertida.

A descoberta desse fenômeno possibilitou a construção e fabricação das máquinas de fotografia que utilizam filmes. Nessas máquinas, ao apertarmos o botão para tirar a foto é rapidamente aberto um diafragma que permite a entrada da luz refletida por um objeto, que irá “marcar” em um filme a sua imagem, sempre de menor tamanho e invertida. Ao revelar a foto, a imagem é aumentada e desinvertida.

ATENÇÃO: O olho humano também funciona, basicamente, de maneira igual à Câmara Escura.

REFLEXÃO DA LUZ:

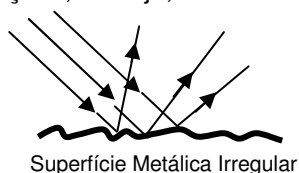
Considere um feixe luminoso que se propaga num meio A e atinge uma superfície:



Assim, podemos definir como Reflexão da Luz o retorno de um feixe luminoso para o meio do qual é proveniente, após atingir uma superfície.

A Reflexão da luz pode acontecer de duas maneiras:

- na **Reflexão Regular**, se os raios luminosos encontram-se paralelos antes de atingir a superfície, após ocorrer a reflexão eles ainda permanecerão paralelos entre si.
- na **Reflexão Difusa**, após atingir a superfície os raios luminosos serão refletidos simultaneamente em várias direções, ou seja, de maneira difusa.



PROBLEMAS:

1) Admita que o Sol subitamente “morresse” numa noite de lua cheia (deixasse de emitir luz). 24 horas após esse evento, um eventual sobrevivente, olhando para o céu sem nuvens, veria:

- x a) a Lua e estrelas. b) somente a Lua c) somente estrelas d) uma completa escuridão

2) Numa manhã de Sol, Aline encontra-se com a beleza de uma rosa vermelha. A rosa parece vermelha porque:

- a) irradia a luz vermelha.
- x b) reflete a luz vermelha
- c) absorve a luz vermelha.
- d) refrata a luz vermelha

3) Num cômodo escuro, uma bandeira do Brasil é iluminada por uma luz monocromática amarela. O retângulo, o losango, o círculo e a faixa central da bandeira apresentariam, respectivamente, as cores:

- a) verde, amarela, azul, branca.
- b) preta, amarela, preta, branca
- x c) preta, amarela, preta, amarela.
- d) verde, amarela, verde, amarela

4) Um objeto iluminado por luz branca tem coloração vermelha. Se iluminado por luz monocromática azul, ele apresentará coloração:

- a) vermelha.
- b) azul
- c) laranja
- d) amarela
- x e) preta

5) Um objeto amarelo, quando observado em uma sala iluminada com luz monocromática azul, será visto:

- a) amarelo.
- b) azul
- x c) preta
- d) violeta
- e) vermelho

6) Considere dois corpos, A e B, constituídos por pigmentos puros. Expostos à luz branca, o corpo A se apresenta vermelho e o corpo B se apresenta branco. Se levarmos A e B a um quarto escuro e os iluminarmos com luz vermelha, então:

- x a) A e B ficarão vermelhos.
- b) B ficará vermelho e A, escuro.
- c) A ficará vermelho e B, branco.
- d) A e B ficarão brancos.
- e) ambos ficarão escuros.

7) Considere uma bandeira brasileira tingida com pigmentos puros. Se a iluminássemos exclusivamente com luz azul monocromática, ela seria vista:

- a) verde, amarela, azul e branca.
- b) totalmente azul.
- c) preta e branca.
- d) totalmente branca.
- x e) preta e azul

8) Três corpos, A, B, e C, expostos à luz branca apresentam-se respectivamente, nas cores azul, branca e vermelha. Em um recinto iluminado com luz vermelha monocromática, em que cores se apresentarão os corpos?

- a) azul, branco, vermelho
- b) branco, azul, vermelho
- c) vermelho, azul, branco
- d) preta, preta, preta
- x e) preta, vermelha, vermelha

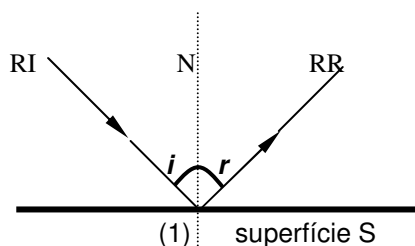
9) Três corpos, A, B, e C, expostos à luz branca apresentam-se respectivamente, nas cores amarela, branca e verde. Em um recinto iluminado com luz azul monocromática, em que cores se apresentarão os corpos?

- a) azul, branco, vermelho
- b) branco, azul, vermelho
- c) vermelho, azul, branco
- x d) preta, azul, preta
- e) preta, vermelha, vermelha

ESPELHO PLANO:

É toda superfície plana, polida e com alto poder refletor de luz.

Vamos considerar a reflexão de um raio de luz numa superfície S, conforme a figura abaixo. Seja RI o **raio incidente** no ponto 1 da superfície S, o qual forma com a linha normal (linha tracejada – imaginária e perpendicular ao espelho no ponto onde o raio luminoso o atinge) à superfície (N) o ângulo de incidência i . O **raio refletido** RR, que se individualiza após a reflexão, forma com a normal N o ângulo de reflexão r .



O fenômeno indicado na Figura ao lado está representando a reflexão de um raio luminoso que atinge o espelho.

Essa reflexão da luz acontece sempre que um raio luminoso se propaga num meio, atinge uma superfície refletora e é refletido, voltando a se propagar no mesmo meio em que se propagava inicialmente.

A Reflexão da Luz obedece a duas leis, que são:

1ª Lei: O raio incidente, o raio refletido e a linha normal estão situados no mesmo plano.

2ª Lei : O ângulo de reflexão é igual ao ângulo de incidência. Assim, temos: $r = i$.

Com o auxílio dessas leis, pode-se explicar a formação de imagens nos espelhos planos.

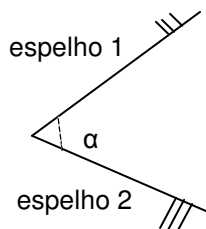
ATENÇÃO: a imagem apresentada por um espelho plano “troca” a direita pela esquerda e vice-versa. Isso acontece por causa da Reflexão da Luz no espelho.

ASSOCIAÇÃO ANGULAR DE DOIS ESPELHOS PLANOS:

Podemos associar dois ou mais espelhos planos entre si. Pensando na associação de apenas dois espelhos, ela pode acontecer de duas maneiras:

- **ESPELHOS EM PARALELO:** os dois espelhos planos devem ter as faces refletoras voltadas uma para a outra e também devem estar dispostos paralelamente entre si. Se colocarmos um objeto qualquer entre eles, toda a imagem produzida por um espelho será obrigatoriamente refletida pelo outro. Assim, o número de imagens formadas em cada espelho será infinito.

- **ASSOCIAÇÃO ANGULAR:** os dois espelhos devem estar com uma das suas arestas encostadas entre si. Assim, formar-se-á entre os dois espelhos um ângulo de abertura, chamado de α . Observe a figura abaixo:



Nessa situação, ao colocarmos um objeto qualquer entre os dois espelhos planos, ambos irão produzir, simultaneamente, imagem(ens) desse objeto, vistas por um observador localizado à frente dos espelhos. Podemos calcular o número de imagens (N) fornecidas por essa associação de espelhos planos utilizando a fórmula apresentada abaixo:

$$N = \frac{360^\circ}{\alpha} - 1$$

, onde: N = número de imagens formadas pela associação de espelhos;
 α = ângulo de abertura entre os espelhos.

PROBLEMAS:

- 1) Calcule o número de imagens formadas por uma associação angular de dois espelhos planos, sabendo que o ângulo de abertura entre os espelhos é de:
- a) 10°

DADOS: $N = ???$
 $\alpha = 10^\circ$

$$N = \frac{360^\circ}{\alpha} - 1 \rightarrow N = \frac{360^\circ}{10^\circ} - 1 \rightarrow N = 36 - 1 \rightarrow \boxed{N = 35 \text{ imagens}}$$

b) 12º

N = 29 imagens

c) 15º

N = 23 imagens

20º

N = 17 imagens

30º

N = 11 imagens

36º

N = 9 imagens

72º

N = 4 imagens

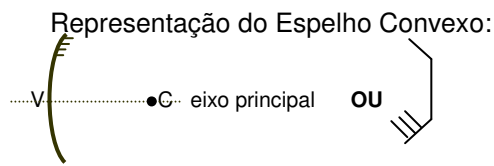
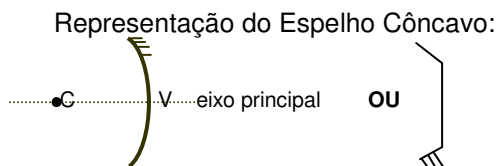
120º

N = 2 imagens

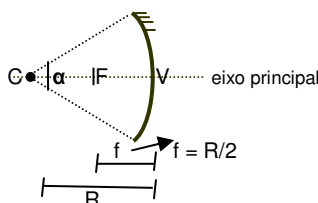
ESPELHOS ESFÉRICOS:

Os espelhos esféricos são fabricados utilizando calotas esféricas em que uma das suas superfícies (interna ou externa) é refletora. Para entender o que é uma calota esférica, imagine uma esfera oca. Se cortarmos um pedaço dessa esfera, teremos o que chamamos de calota esférica.

Quando a superfície refletora é a interna, o espelho esférico é denominado côncavo e, quando a superfície refletora é a externa, o espelho esférico é chamado de convexo.



ELEMENTOS DE UM ESPELHO ESFÉRICO:



C = Centro de Curvatura
 F = Foco Principal
 V = Vértice
 R = Raio de Curvatura
 f = Distância Focal
 α = ângulo de Abertura do Espelho

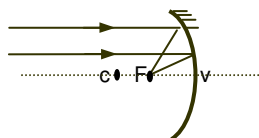
Em geral, os espelhos esféricos apresentam imagens sem muita nitidez e deformadas, quando comparadas às imagens fornecidas por espelhos planos. Você já deve ter percebido isso, pois vários ônibus do transporte coletivo apresentam espelhos esféricos.

Através de experiências, Gauss observou que, se os raios incidentes sobre o espelho obedecessem a certas condições, as imagens seriam obtidas com maior nitidez e com deformações mínimas. A essas condições especiais, chamamos de **Condições de Nitidez de Gauss**. As condições são as seguintes:

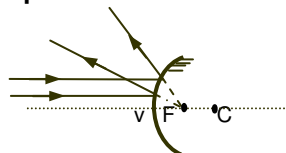
- os raios incidentes sobre o espelho esférico devem ser pouco inclinados (ou preferencialmente paralelos) em relação ao eixo principal do espelho;
- o espelho esférico deve possuir pequeno ângulo de abertura ($\alpha < 10^\circ$);
- os raios incidentes sobre o espelho devem ser próximos ao eixo principal.

Quando um feixe de raios paralelos incide sobre um espelho esférico de Gauss, paralelamente ao eixo principal, origina um feixe refletido convergente, no caso do espelho côncavo, e divergente no caso de um espelho convexo. O foco F de tal feixe situa-se no eixo principal e é denominado foco principal do espelho esférico.

Espelho Côncavo:



Espelho Convexo:



Através da análise experimental das figuras acima, pode-se estabelecer critérios práticos para a obtenção das imagens formadas por espelhos esféricos.

CONSTRUÇÃO DE IMAGENS POR ESPELHOS ESFÉRICOS:

Para construirmos, graficamente, as imagens fornecidas pelos espelhos esféricos, vamos observar e seguir as seguintes condições:

1) se um raio de luz incidir paralelamente ao eixo principal do espelho, o raio refletido passará obrigatoriamente pelo foco principal do espelho;

II) se um raio de luz incidir passando pelo foco principal do espelho, o raio refletido será paralelo ao eixo principal;

III) se um raio de luz incidir no vértice do espelho formando um ângulo α com o eixo principal, o raio será refletido com o mesmo ângulo α em relação ao eixo principal;

IV) se um raio luminoso incidir passando pelo Centro de Curvatura do Espelho(C) ele será refletido sobre si.

Para obtermos graficamente as imagens fornecidas por espelhos esféricos vamos aplicar as condições indicadas acima, sempre na ordem indicada. Na maioria dos casos, a utilização das duas primeiras condições é suficiente para obter a imagem desejada. Caso ainda não seja possível obter a imagem, passamos para a terceira condição (ou para a quarta, caso seja necessário).

As imagens fornecidas pelos espelhos esféricos podem ser classificadas da seguinte maneira:

- **Natureza da Imagem:** Imagem Real → quando a imagem se forma na frente do espelho;

Imagem Virtual → quando a imagem se forma atrás do espelho.

- **Tamanho da Imagem:** Imagem Maior que o Objeto → quando a imagem fornecida apresentar um tamanho maior do que o Objeto;

Imagem Menor que o Objeto → quando a imagem fornecida apresentar um tamanho menor do que o objeto.

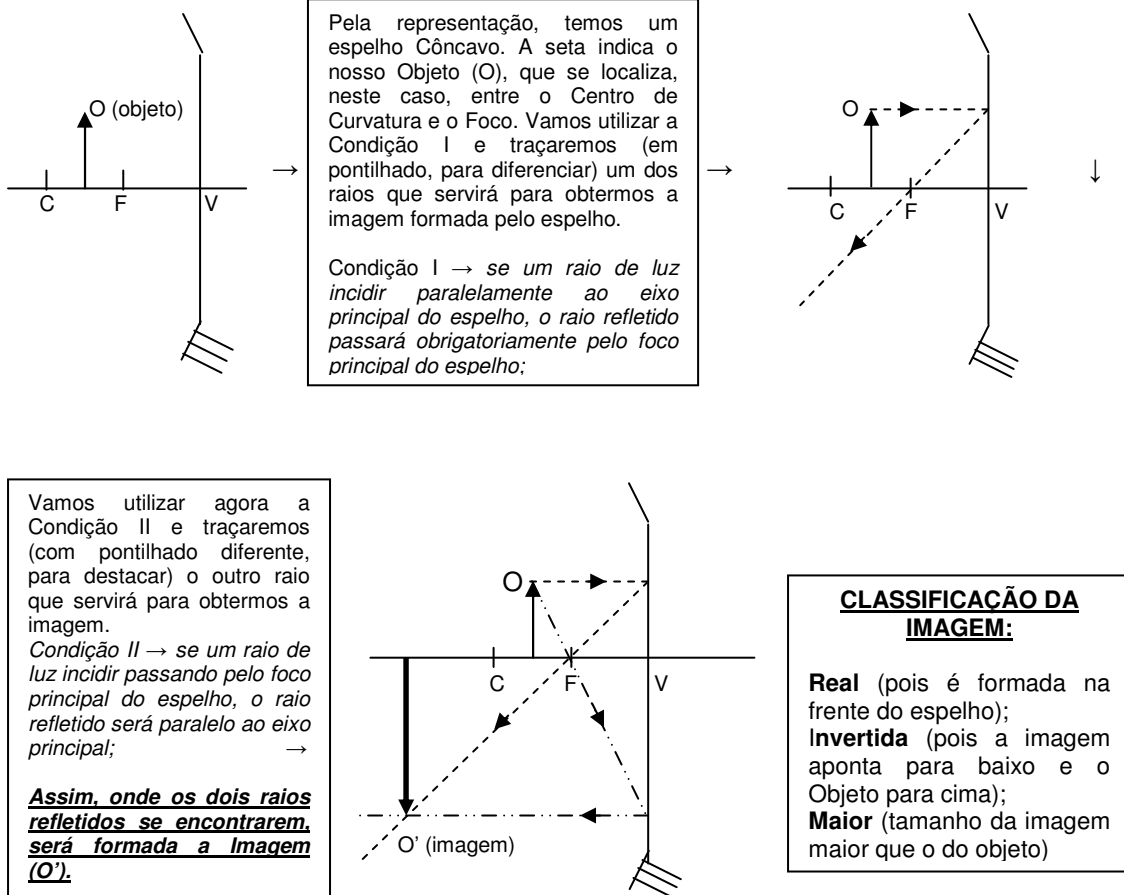
- **Posição da Imagem:** Imagem Direita: se o objeto aponta para cima (por exemplo), a imagem também aponta para cima;

Imagem Invertida: se o objeto aponta para cima (por exemplo), a imagem aponta para baixo.

Para melhor entender esse procedimento de construção e classificação das imagens formadas pelos espelhos esféricos, vamos aos exemplos:

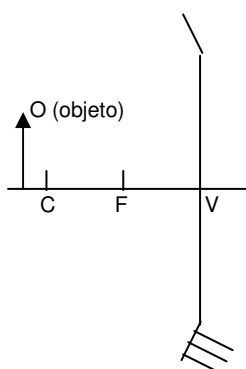
EXEMPLO 1:

Obtenha, graficamente, a imagem fornecida pelo espelho esférico abaixo, classificando-a:



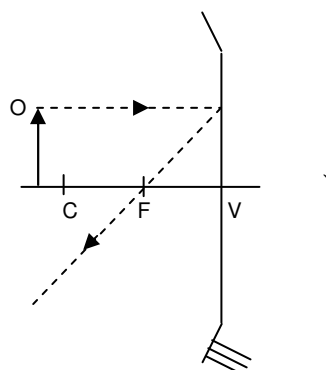
EXEMPLO 2:

Obtenha, graficamente, a imagem fornecida pelo espelho esférico abaixo, classificando-a:



Pela representação, temos um espelho Côncavo. A seta indica o nosso Objeto (O), que se localiza, neste caso, a esquerda do Centro de Curvatura do Espelho. Vamos utilizar a Condição I e traçaremos (em pontilhado, para diferenciar) um dos raios que servirá para obtermos a imagem formada pelo espelho.

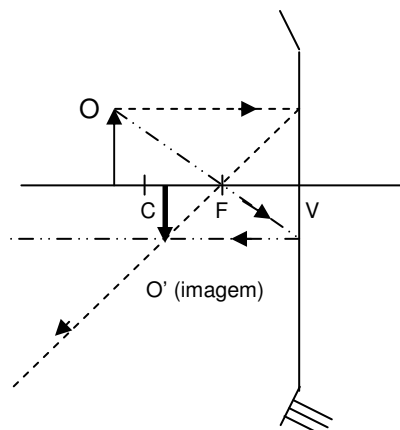
Condição I → se um raio de luz incidir paralelamente ao eixo principal do espelho, o raio refletido passará obrigatoriamente pelo foco principal do espelho;



Vamos utilizar agora a Condição II e traçaremos (com pontilhado diferente, para destacar) o outro raio que servirá para obtermos a imagem.

Condição II → se um raio de luz incidir passando pelo foco principal do espelho, o raio refletido será paralelo ao eixo principal;

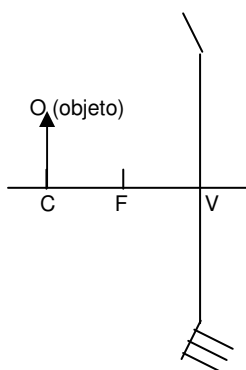
Assim, onde os dois raios refletidos se encontrarem, será formada a Imagem (O').



CLASSIFICAÇÃO DA IMAGEM:

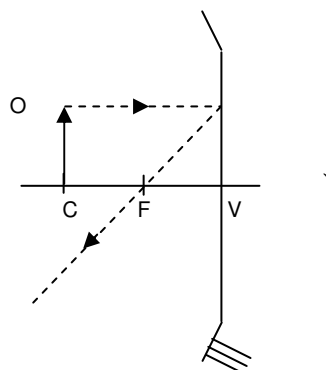
Real (pois é formada na frente do espelho);
Invertida (pois a imagem aponta para baixo e o Objeto para cima);
Menor (tamanho da imagem menor que o do objeto).

EXEMPLO 3: Obtenha, graficamente, a imagem fornecida pelo espelho esférico abaixo, classificando-a:



Pela representação, temos um espelho Côncavo. A seta indica o nosso Objeto (O), que se localiza, neste caso, em cima do Centro de Curvatura do Espelho. Vamos utilizar a Condição I e traçaremos (em pontilhado, para diferenciar) um dos raios que servirá para obtermos a imagem formada pelo espelho.

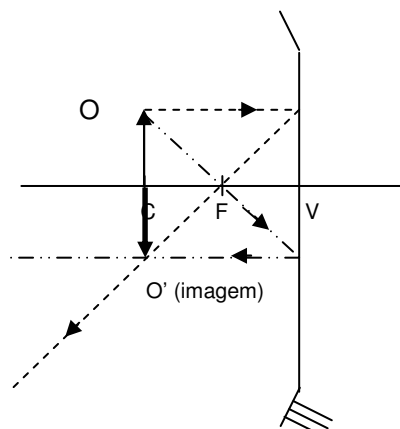
Condição I → se um raio de luz incidir paralelamente ao eixo principal do espelho, o raio refletido passará obrigatoriamente pelo foco principal do espelho;



Vamos utilizar agora a Condição II e traçaremos (com pontilhado diferente, para destacar) o outro raio que servirá para obtermos a imagem.

Condição II → se um raio de luz incidir passando pelo foco principal do espelho, o raio refletido será paralelo ao eixo principal;

Assim, onde os dois raios refletidos se encontrarem, será formada a Imagem (O'). Neste caso, exatamente em cima do Centro de Curvatura.

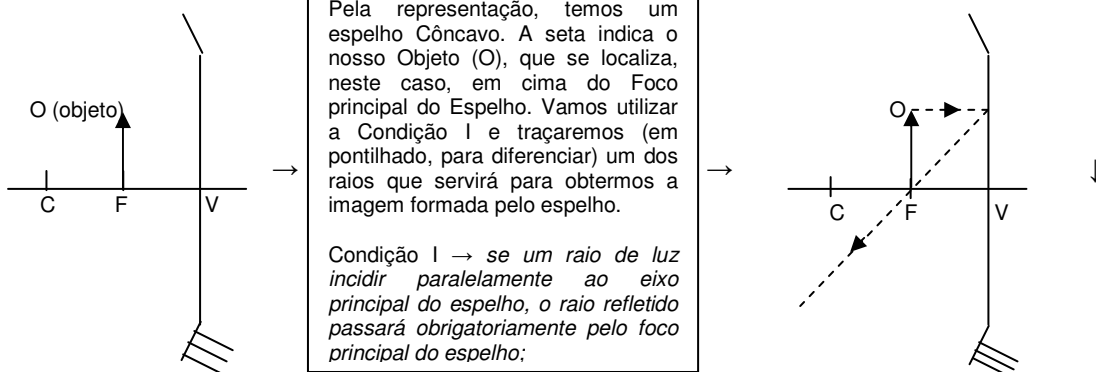


CLASSIFICAÇÃO DA IMAGEM:

Real (pois é formada na frente do espelho);
Invertida (pois a imagem aponta para baixo e o Objeto para cima);
Mesmo Tamanho (tamanho da imagem é igual ao tamanho do objeto).

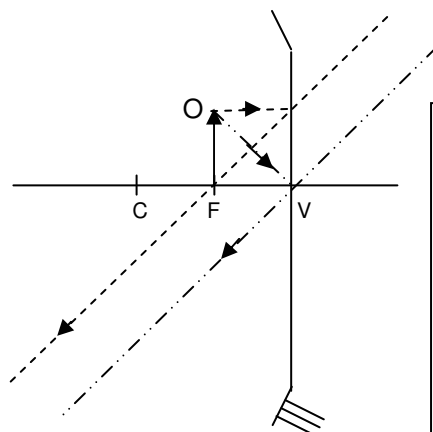
EXEMPLO 4:

Obtenha, graficamente, a imagem fornecida pelo espelho esférico abaixo, classificando-a:



Não podemos utilizar a Condição II, pois o raio ficaria paralelo ao espelho. Assim, vamos utilizar a Condição III e traçaremos (com pontilhado diferente, para destacar) o outro raio que servirá para obtermos a imagem.

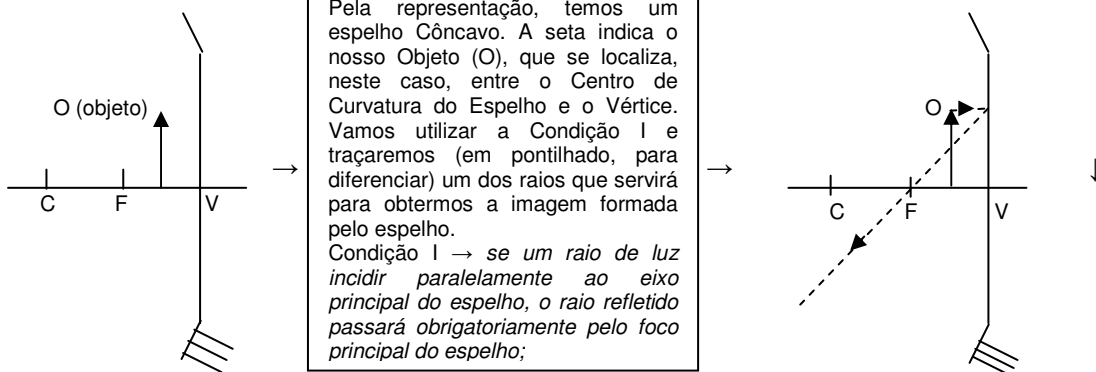
Condição III → se um raio de luz incidir no vértice do espelho formando um ângulo α com o eixo principal, o raio será refletido com o mesmo ângulo α em relação ao eixo principal;



CLASSIFICAÇÃO DA IMAGEM:

Neste caso específico, os dois raios refletidos não se cruzam, mesmo que sejam prolongados para trás do espelho. Como eles não se cruzam, não ocorre formação de imagem. Assim, dizemos que a **Imagem é IMPRÓPRIA.**

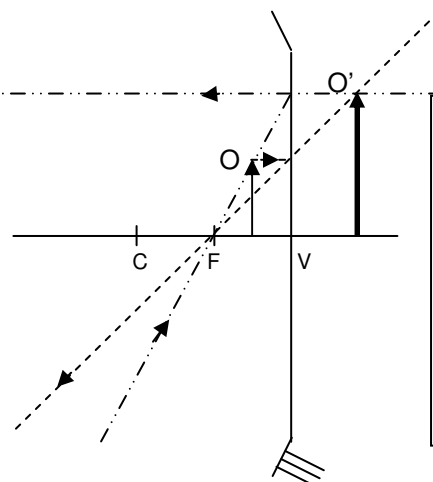
EXEMPLO 5: Obtenha, graficamente, a imagem fornecida pelo espelho esférico abaixo, classificando-a:



Vamos utilizar agora a Condição II e traçaremos (com pontilhado diferente, para destacar) o outro raio que servirá para obtermos a imagem.

Condição II → se um raio de luz incidir passando pelo foco principal do espelho, o raio refletido será paralelo ao eixo principal;

Os dois raios refletidos não se encontram. Assim, devemos prolongar esses raios para trás do espelho, a fim de se que se cruzem para formar a imagem.

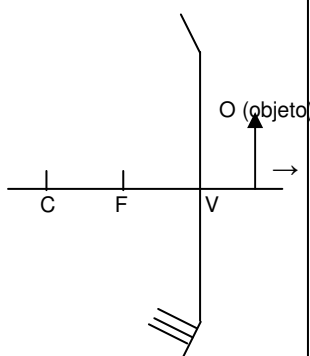


CLASSIFICAÇÃO DA IMAGEM:

Virtual (pois é formada atrás do espelho);
Direita (pois a imagem aponta para cima e o Objeto também);
Maior (o tamanho da imagem é maior do que o tamanho do objeto).

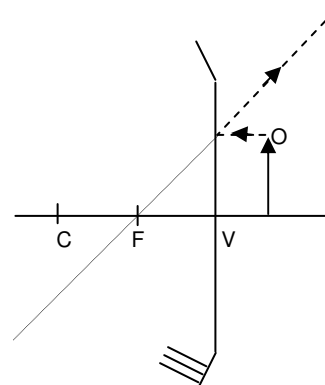
EXEMPLO 6:

Obtenha, graficamente, a imagem fornecida pelo espelho esférico abaixo, classificando-a:



Pela representação, temos um espelho Convexo. A seta indica o nosso Objeto (O), que se localiza, neste caso, sobre o eixo principal, à frente do Espelho. Vamos utilizar a Condição I e traçaremos (em pontilhado, para diferenciar) um dos raios que servirá para obtermos a imagem formada pelo espelho.

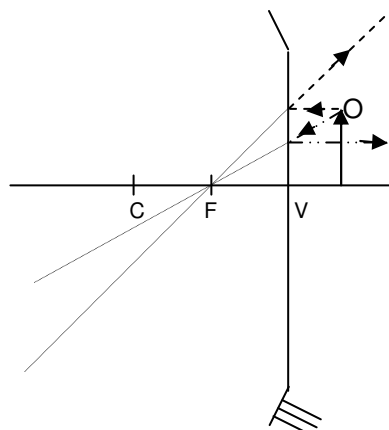
Condição I → se um raio de luz incidir paralelamente ao eixo principal do espelho, o raio refletido passará obrigatoriamente pelo foco principal do espelho;



Vamos utilizar agora a Condição II e traçaremos (com pontilhado diferente, para destacar) o outro raio que servirá para obtermos a imagem.

Condição II → se um raio de luz incidir passando pelo foco principal do espelho, o raio refletido será paralelo ao eixo principal;

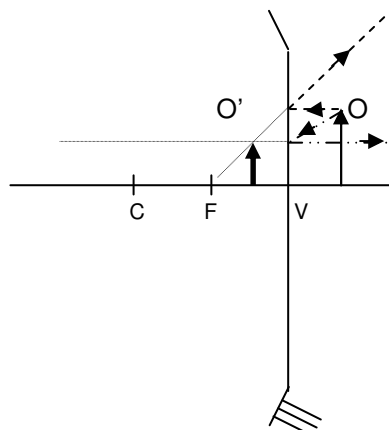
→
Como os dois raios refletidos não se cruzam, vamos prolongá-los para ocorrer o seu encontro, formando a Imagem (O').



Neste caso específico, os dois raios refletidos não se cruzam (o pontilhado bem fino aparece apenas para servir de referência no traçado dos raios luminosos). Como eles não se cruzam, vamos prolongá-los para trás do espelho a fim de obter a Imagem (O').

Os pontilhados finos da figura anterior não aparecerão agora para facilitar a visualização dos raios que serão prolongados para a obtenção da imagem.

Agora os pontilhados finos representam o prolongamento dos raios luminosos refletidos pelo Espelho.



CLASSIFICAÇÃO DA IMAGEM:

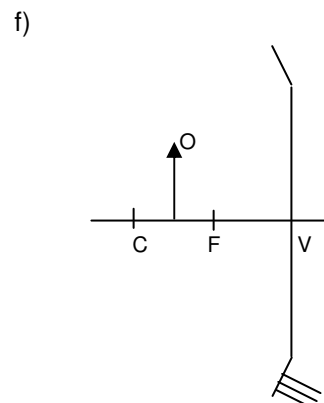
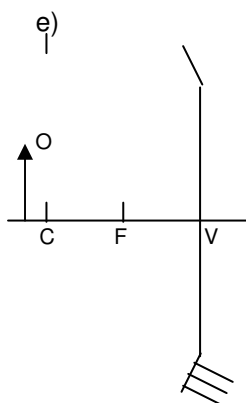
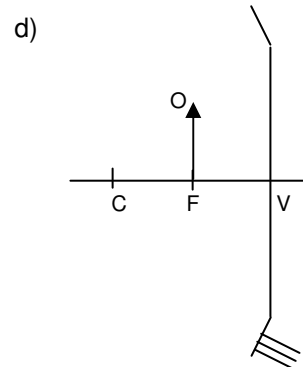
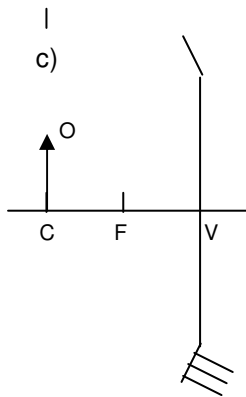
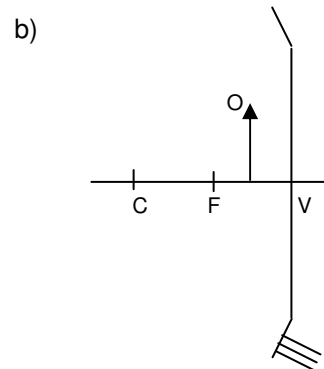
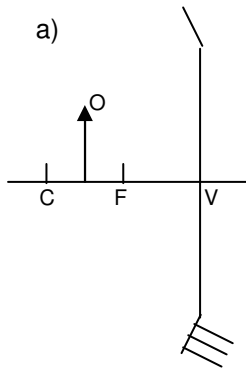
Virtual (pois é formada atrás do espelho);

Direita (pois a imagem aponta para cima e o Objeto também);

Menor (o tamanho da imagem é menor do que o tamanho do objeto).

PROBLEMAS:

1) Obtenha, graficamente, a imagem fornecida pelo espelho esférico abaixo, classificando-a:





CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL DE CURITIBA
DISCIPLINA: FÍSICA – Professor: Ronald Wykrota (wykrota@uol.com.br)
AULAS 69 e 70

ESTUDO ANALÍTICO DAS IMAGENS FORMADAS POR ESPELHOS ESFÉRICOS:

Já sabemos como obter graficamente a imagem de um objeto colocado à frente de um espelho esférico qualquer, seja côncavo ou convexo. Mas seria interessante podermos obter matematicamente as grandezas envolvidas, pois aí poderíamos saber com certeza a distância entre espelho e a imagem, a distância entre objeto e imagem, tamanho da imagem, etc.

Se construirmos novamente a figura já apresentada sobre os elementos de um espelho esférico e nela incluirmos a imagem fornecida pelo espelho de um objeto, podemos utilizar a Semelhança de Triângulos para obtermos matematicamente uma fórmula que nos permitirá determinar matematicamente as grandezas envolvidas. Essa fórmula é conhecida como **Equação de Gauss**:

$$\boxed{\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}} \quad , \text{ onde: } \begin{array}{l} f = \text{distância focal do espelho (cm)} \\ p = \text{distância entre o objeto e o vértice do espelho (cm)} \\ p' = \text{distância entre a imagem e o vértice do espelho (cm)} \end{array}$$

ATENÇÃO: na equação acima, é interessante manter os valores em centímetros, pois será necessário tirar o Mínimo Múltiplo Comum (M.M.C.), pois temos uma soma de frações. Se transformarmos os valores para metros, em alguns casos vamos precisar tirar o M.M.C. de números decimais, que aumentará o trabalho.

Através do mesmo método matemático utilizado acima, podemos obter também uma relação que nos permite calcular o tamanho da imagem fornecida pelo espelho esférico. Sabendo o tamanho (altura) do objeto e da imagem, podemos determinar o quanto a imagem é maior ou menor do que o objeto. A essa relação chamamos de Aumento do Espelho Esférico, que podemos calcular através da **Equação do Aumento (a)**:

$$\boxed{a = \frac{i}{o} = \frac{-p'}{p}} \quad , \text{ onde: } \begin{array}{l} a = \text{aumento fornecido pelo espelho;} \\ i = \text{tamanho (altura) da imagem (cm);} \\ o = \text{tamanho (altura) do objeto (cm);} \\ p' = \text{distância da imagem ao vértice do espelho (cm);} \\ p = \text{distância do objeto ao vértice do espelho (cm).} \end{array}$$

Considerando sempre o objeto como real ($p > 0$), devemos levar em conta a convenção de sinais apresentada abaixo, tanto para utilizar a Equação do Aumento como para utilizar a Equação de Gauss:

Eselho Côncavo $\rightarrow f > 0$
Eselho Convexo $\rightarrow f < 0$

Imagem Real $\rightarrow p' > 0$
Imagem Virtual $\rightarrow p' < 0$

Imagem Direita $\rightarrow i > 0$
Imagem Invertida $\rightarrow i < 0$

PROBLEMAS:

- 1) Um espelho côncavo fornece, de um objeto real, situado a 40cm do vértice do espelho, uma imagem real, situada a 20cm do vértice do espelho. Calcule:
- a) a distância focal do espelho;

DADOS: Já observada a convenção de sinais

Eselho Côncavo $\rightarrow f > 0$

Objeto real $\rightarrow p > 0$

$p = + 40\text{cm}$

imagem real $\rightarrow p' > 0$

$p' = + 20\text{cm}$

$f = ???$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{40} + \frac{1}{20}$$

Como é um Soma de Frações, devemos tirar o Mínimo Múltiplo Comum entre 40 e 20:

$$\begin{array}{r|l} 40, 20 & 2 \\ 20, 10 & 2 \\ 10, 5 & 2 \\ 5, 5 & 5 \\ 1, 1 & 2.2.2.5 = 40 \end{array}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1+2}{40} \quad \text{multiplicando em cruz} \rightarrow \frac{1}{f} = \frac{3}{40} \rightarrow 3.f = 40.1 \rightarrow f = \frac{40}{3}$$

$$\boxed{f = 13,33 \text{ cm}}$$

- b) o raio de curvatura do espelho;

$$f = \frac{R}{2} ; 13,33 = \frac{R}{2} ; (13,33).2 = R ; \boxed{R = 26,66 \text{ cm}}$$

c) o aumento fornecido pelo espelho.

$a = ???$

$p' = + 20\text{cm}$

$p = + 40\text{cm}$

$$a = \frac{i}{o} = \frac{-p'}{p} \rightarrow$$

Como não temos os tamanhos da imagem (i) nem do objeto (o), vamos utilizar:

$$a = \frac{-p'}{p}$$

$$a = - \frac{20}{40} \rightarrow$$

$$a = - 0,5$$

Através desse valor negativo e menor do que 1, conclui-se que a imagem tem a metade do tamanho do objeto.

2) Um espelho côncavo fornece, de um objeto real, situado a 70cm do vértice do espelho, uma imagem real, situada a 30cm do vértice do espelho. Calcule:

a) a distância focal do espelho;

$$f = 21 \text{ cm}$$

b) o raio de curvatura do espelho;

$$R = 42\text{cm}$$

c) o aumento fornecido pelo espelho.

$$a = -0,43$$

3) Seja um espelho esférico côncavo de 30cm de raio de curvatura. Determine as características da imagem formada pelo espelho de um objeto real de 4cm de altura colocado a 10cm do vértice do espelho.

DADOS: Já observada a convenção de sinais

Espelho Côncavo $\rightarrow f > 0$

$R = 30\text{cm}$

Objeto real $\rightarrow p > 0$

$o = 4\text{cm}$

$p = + 10\text{cm}$

Temos o raio de curvatura. Podemos achar a distância focal (f):

$$f = \frac{R}{2} \rightarrow f = \frac{30}{2} \rightarrow f = 15\text{cm}$$

Agora podemos achar p' :

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} \rightarrow \frac{1}{15} = \frac{1}{10} + \frac{1}{p'}$$

$$\frac{1}{p'} = \frac{1}{15} - \frac{1}{10} \rightarrow \text{tirar M.M.C.}$$

$$\frac{1}{p'} = \frac{2-3}{30} \rightarrow \frac{1}{p'} = \frac{-1}{30}$$

$$\text{multiplicando em cruz: } (-1) \cdot p' = 30 \cdot 1 \rightarrow -p' = 30$$

$$\text{multiplicando todos por } (-1)$$

$$p' = -30\text{cm}$$

Agora vamos calcular o aumento:

$$a = \frac{-p'}{p}$$

$$a = \frac{-(-30)}{10}$$

$$a = \frac{30}{10} \rightarrow a = 3$$

Vamos agora calcular o tamanho da imagem (i):

$$a = \frac{i}{o} \rightarrow 3 = \frac{i}{4} \rightarrow$$

$$3 \cdot 4 = i \rightarrow i = 12\text{cm}$$

Vamos agora comparar os valores calculados com os valores fornecidos na convenção de sinais para caracterizar a nossa imagem:

$$p' = -30\text{cm} \rightarrow p' < 0 \rightarrow \text{Imagem Virtual}$$

$$i = 12\text{cm} \rightarrow i > 0 \rightarrow \text{Imagem Direita}$$

$$\text{Como } i > o \rightarrow \text{Imagem MAIOR que o objeto}$$

4) Seja um espelho esférico côncavo de 40cm de raio de curvatura. Determine as características da imagem formada pelo espelho de um objeto real de 6cm de altura colocado a 15cm do vértice do espelho.

$$\begin{aligned} p' &= -60\text{cm} \rightarrow \text{Imagem Virtual} \\ a &= 4 \\ i &= 24\text{cm} \rightarrow \text{Imagem Direita} \\ f &= 20\text{cm} \end{aligned}$$

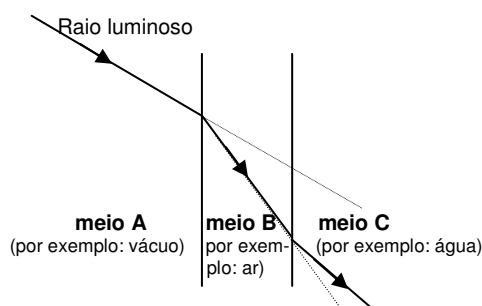


CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL DE CURITIBA
DISCIPLINA: FÍSICA – Professor: Ronald Wykrota (wykrota@uol.com.br)
AULAS 71, 72 e 73

REFRAÇÃO DA LUZ:

Ao se propagar, é bastante comum a Luz mudar de meio de propagação. Por exemplo, a Luz emitida pelo nosso Sol se propaga no vácuo e, ao chegar a Terra, passa a se propagar na atmosfera terrestre, mudando de meio de propagação. A esse fenômeno que permite que a Luz mude de meio de propagação nós definimos como **Refração da Luz**.

Como a velocidade de propagação da Luz depende do meio onde ela está se propagando, se a Luz muda de meio de propagação é natural que aconteça uma variação da sua velocidade. Devido a essa mudança na velocidade da Luz, a sua trajetória sofre um desvio (uma mudança na direção da propagação). Esse fenômeno está representado na figura abaixo:



Um raio luminoso se propaga num meio A. Ao mudar de meio de propagação (meio B), a sua velocidade pode diminuir e ele sofre um desvio. Novamente, ao mudar de meio de propagação (meio C), agora a sua velocidade pode aumentar um pouco e ele sofre um novo desvio.

Perceba que a trajetória original do raio luminoso é indicada pela linha tracejada. Assim, pode-se perceber que ocorreu um desvio significativo na trajetória original do raio luminoso.

Devido à existência desses desvios sofridos pela luz ao mudar de meio de propagação, dificilmente uma Estrela distante se encontrará exatamente na posição onde nós a enxergamos no céu, pois a Luz proveniente dela sofrerá mudanças de direção que nos farão supor uma localização que não corresponde com a total realidade. O mesmo acontece com a posição de uma moeda jogada no fundo de uma piscina profunda, vista por alguém de fora da piscina ou mesmo com um peixe que se encontre num rio de águas límpidas e relativamente profundas. Neste último exemplo, se atirmos um arpão de fora do rio, dificilmente iremos acertar o peixe, pois ele não estará realmente na posição onde miramos o arpão.

ÍNDICE DE REFRAÇÃO ABSOLUTO (n):

Denomina-se de **Índice de Refração Absoluto** de um determinado meio o quociente entre a velocidade de Luz no meio em questão e a velocidade da Luz no vácuo, que é uma constante (c).

RELEMBRANDO: a velocidade da Luz no vácuo é representada pela letra c e possui o seguinte valor: $c = 3 \cdot 10^8$ m/s.

Matematicamente, podemos escrever o índice de refração absoluto de um meio como sendo: $n = \frac{c}{v}$, onde: n = Índice de Refração Absoluto (sem unidade – adimensional);

c = Velocidade da Luz no Vácuo (m/s); $\rightarrow c = 3 \cdot 10^8$ m/s

v = velocidade de propagação da luz no meio em questão (m/s).

PROBLEMAS:

- 1) Qual é a velocidade de propagação da Luz num diamante cujo índice de refração absoluto é de 2,44?

DADOS:

$v = ???$

$n = 2,44$

$c = 3 \cdot 10^8$ m/s

$$n = \frac{c}{v} \rightarrow 2,44 = \frac{3 \cdot 10^8}{v} \rightarrow (2,44) \cdot v = 3 \cdot 10^8 \rightarrow v = \frac{3 \cdot 10^8}{2,44} \rightarrow \boxed{v = 1,229 \cdot 10^8 \text{ m/s}}$$

- 2) Qual é a velocidade de propagação da Luz numa lente de óculos cujo índice de refração absoluto é de 1,63?

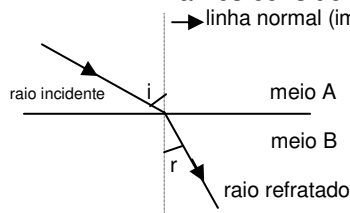
$$\boxed{v = 1,840 \cdot 10^8 \text{ m/s}}$$

- 3) Qual é a velocidade de propagação da Luz num vidro cujo índice de refração absoluto é de 1,2?

$$v = 2,5 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

LEIS DA REFRAÇÃO DA LUZ:

Vamos considerar a Refração da Luz representada na Figura abaixo.



Na figura, i representa o ângulo que o raio incidente faz com a linha normal e r representa o ângulo que o raio refratado (raio luminoso que sofreu refração) faz com a linha normal. Matematicamente, sabe-se que se dividirmos os senos dos ângulos apresentados (entre si), teremos sempre uma constante.

Utilizando-se dessa propriedade matemática e levando-se em consideração os índices de refração de cada um dos meios, podemos enunciar as Leis da Refração da Luz:

1ª Lei: o raio incidente, o raio refletido e a linha normal são coplanares (pertencem ao mesmo plano).

2ª Lei: o produto do seno do ângulo formado com a linha normal pelo índice de refração desse meio é igual a uma constante.

ATENÇÃO: só para relembrar, $\sin \Theta$ (seno do ângulo Θ) é uma função matemática importantíssima, utilizada largamente na Trigonometria (Matemática) e na Física.

A segunda Lei da Refração é conhecida como Lei de Snell-Descartes. Pode ser escrita matematicamente da seguinte forma:

$$n_A \cdot \sin i = n_B \cdot \sin r$$

, onde: n_A = índice de refração do meio A;

n_B = índice de refração do meio B;

i = ângulo entre o raio incidente e a linha normal ($^\circ$);

r = ângulo entre o raio refratado e a linha normal ($^\circ$).

Para não existir a necessidade de informarmos os valores de seno e de cosseno em cada problema, apresentaremos os valores mais utilizados na Tabela abaixo. Sempre que necessário, é só consultar:

Ângulo α	Sen α	Cos α
0°	0	1
30°	0,5	0,866
45°	0,707	0,707
60°	0,866	0,5
90°	1	0

Tabela 1 – valores de seno e cosseno

PROBLEMAS:

- 1) Um raio luminoso monocromático passa de um meio A ($n_A = 1,8$) para um meio B (n_B). Sendo, em relação à linha normal, o ângulo de incidência de 45° e o ângulo de refração de 60°, calcule o índice de refração absoluto do meio B.

DADOS:

$$n_A = 1,8$$

$$n_B = \text{????}$$

$$i = 45^\circ$$

$$r = 60^\circ$$

Vamos aplicar:

$$n_A \cdot \sin i = n_B \cdot \sin r$$

$$(1,8) \cdot \sin 45^\circ = n_B \cdot \sin 60^\circ$$

Substituindo agora os valores de $\sin 45^\circ$ e $\sin 60^\circ$ pelos valores informados na Tabela 1, temos:

$$(1,8) \cdot (0,707) = n_B \cdot (0,866)$$

$$1,2726 = n_B \cdot (0,866)$$

$$\frac{1,2726}{0,866} = n_B$$

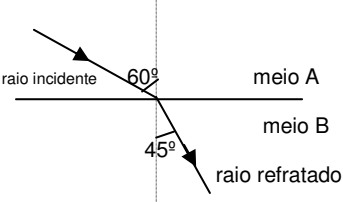
$$n_B = 1,469$$

Índice de Refração do meio B

- 2) Um raio luminoso monocromático passa de um meio A ($n_A = 2,1$) para um meio B (n_B). Sendo, em relação à linha normal, o ângulo de incidência de 30° e o ângulo de refração de 45° , calcule o índice de refração absoluto do meio B.

$$n_B = 1,485$$

- 3) Um raio luminoso passa do meio A para o meio B, conforme indica a figura abaixo. Sendo o índice de refração absoluto do meio B igual a 2,2, calcule o índice de refração absoluto do meio A.



DADOS:
 $n_B = 2,2$
 $i = 60^\circ$
 $r = 45^\circ$
 $n_A = ???$

Vamos aplicar:
 $n_A \cdot \text{sen } i = n_B \cdot \text{sen } r$

$n_A \cdot \text{sen } 60^\circ = (2,2) \cdot \text{sen } 45^\circ$

Trocando os valores do seno pelos valores indicados na Tabela, temos:

$n_A \cdot (0,866) = (2,2) \cdot (0,707)$

$n_A = \frac{(2,2) \cdot (0,707)}{(0,866)}$

$n_A = 1,796$ ↓

Índice de Refração Absoluto do meio A

- 4) Um raio luminoso passa do meio A para o meio B, conforme indica a figura abaixo. Sendo o índice de refração absoluto do meio B igual a 2,7, calcule o índice de refração absoluto do meio A.



$n_B = 2,7$

$i = 45^\circ$

$r = 30^\circ$

$n_A = 1,909$

- 5) Um raio luminoso monocromático passa de um meio A ($n_A = 2,5$) para um meio B (n_B). Sendo, em relação à linha normal, o ângulo de incidência de 30° e o ângulo de refração de 60° , calcule o índice de refração absoluto do meio B.

$$n_B = 1,443$$

- 6) Um raio luminoso passa do meio A para o meio B, conforme indica a figura abaixo. Sendo o índice de refração absoluto do meio B igual a 2,8, calcule o índice de refração absoluto do meio A.



$n_B = 2,8$

$i = 30^\circ$

$r = 60^\circ$

$n_A = 4,849$

- 7) Um raio luminoso passa do meio A para o meio B, conforme indica a figura abaixo. Sendo o índice de refração absoluto do meio B igual a 2,3, calcule o índice de refração absoluto do meio A.



$n_B = 2,3$

$i = 30^\circ$

$r = 45^\circ$

$n_A = 3,252$

INTRODUÇÃO À ONDULATÓRIA:

ONDAS:

Imagine uma corda que tem uma de suas extremidades amarrada a uma parede. Na outra extremidade, aplica-se uma força de intensidade F que fará com que a corda seja esticada horizontalmente.

O que acontecerá na corda (esticada) caso alguém bata verticalmente com seu dedo nela? A resposta é simples: ela começará a vibrar.

No exemplo, a corda encontrava-se esticada, mas totalmente em repouso. Sob a influência de um agente externo, causou-se uma perturbação nesse meio (a corda), fazendo com que a corda inteira começasse a vibrar. A essa perturbação causada na corda chamamos de **Pulso**.

Como a corda encontra-se esticada, esse pulso acaba propagando-se a todos os pontos da corda. Temos, então, a propagação de uma Onda nessa corda e agora podemos definir:

Onda é uma perturbação produzida em um ponto de um meio que se propaga a todos os pontos desse meio.

Vamos pensar agora em outro exemplo: uma piscina coberta (e, portanto, livre da influência do vento) que possui águas totalmente paradas, sem nenhum tipo de movimento. Nessa piscina existe uma pequena bóia de pesca que se encontra parada numa determinada posição. Se uma criança atirar uma pequena pedra na piscina, próxima a bóia, o que irá acontecer? RESPOSTA → A pedra causará uma perturbação na água, que será transmitida a todos os pontos da piscina, caracterizando a propagação de uma onda.

Mas o que irá acontecer com a bóia de pesca? Ela irá se afastar da sua posição inicial ou ficará parada nessa posição, apenas subindo e descendo conforme o movimento da onda? Reflita um pouco sobre essa questão antes de continuar seus estudos.

No exemplo indicado, a bóia de pesca ficará apenas subindo e descendo conforme a passagem da onda, não saindo da sua posição inicial. Isso acontece pelo fato de que a onda consegue transmitir energia, mas não consegue transportar matéria (nesse caso, a bóia).

Mas, se isso realmente acontece, como um surfista e a sua prancha conseguem se movimentar no mar? Isso acontece porque no mar existe a correnteza da água. É a correnteza que consegue arrastar o surfista e a prancha (matéria), permitindo que realize seus movimentos e sofra um deslocamento. Portanto, fisicamente falando, um surfista “pega” correnteza, e não onda.

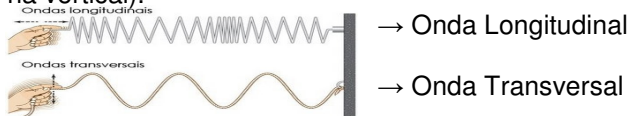
CLASSIFICAÇÃO DAS ONDAS:

I) Quanto à natureza:

- Ondas Mecânicas: são aquelas que precisam, obrigatoriamente, de um meio material para poder se propagar;
- Ondas Eletromagnéticas: são aquelas que não necessitam de um meio material para poder se propagar (o meio material não se faz NECESSÁRIO. Podem se propagar num meio qualquer, mas caso não exista um meio elas também conseguem se propagar facilmente).

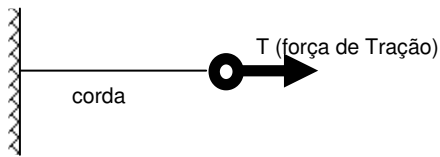
II) Quanto à Direção de Vibração:

- Ondas Transversais: são aquelas cujas vibrações ocorrem perpendicularmente à direção de propagação da onda (onda se propaga, por exemplo, na horizontal e as vibrações acontecem na vertical);
- Ondas Longitudinais: são aquelas cujas vibrações ocorrem no mesmo sentido da direção de propagação (onda se propaga, por exemplo, na horizontal e as vibrações acontecem, também, na vertical).



VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO DE UMA ONDA NUMA CORDA:

Considere uma corda que não pode sofrer deformação quando esticada. Essa corda possui massa m , comprimento ℓ e encontra-se sob a ação de uma força de tração T , conforme a figura:



Se causarmos uma perturbação em algum ponto dessa corda, teremos a propagação de uma onda na corda (neste caso, a corda é o meio de propagação). A velocidade de propagação dessa onda dependerá da intensidade da força que estica a corda.

Quanto maior for a intensidade da força que estica a corda, maior será a sua velocidade de propagação. A onda se propagará, na corda, com uma velocidade que pode ser calculada através da fórmula: $v = \sqrt{(T/\mu)}$, onde: v = velocidade de propagação da onda na corda (m/s);

T = força que estica a corda (N);

μ = densidade linear da corda (Kg/m).

A densidade Linear da corda pode ser obtida: $\mu = \frac{m}{\ell}$, onde: μ = densidade linear (Kg/m);

m = massa do corpo (Kg);

ℓ = comprimento da corda (m).

PROBLEMAS:

- 1) Uma corda de massa 0,07Kg possui comprimento de 2m. Essa corda tem uma de suas extremidades presa a uma parede e na outra extremidade é aplicada uma força de intensidade 600N para esticar a corda. Determine a velocidade de propagação de uma onda nessa corda.

DADOS:

$m = 0,07\text{Kg}$

$\ell = 2\text{m}$

$T = 600\text{N}$

$v = ???$

→ Para calcularmos a velocidade de propagação, precisamos da densidade linear da corda. Como não a temos, vamos calculá-la primeiro: $\mu = m/\ell$

$$\mu = m/\ell$$

$$\rightarrow \mu = \frac{0,07}{2}$$

$$\mu = 0,035\text{Kg/m}$$

$$v = \sqrt{(T/\mu)}$$

$$\rightarrow v = \sqrt{(600/0,035)}$$

$$v = 130,93 \text{ m/s}$$

- 2) Uma corda de massa 0,0097Kg possui comprimento de 3,5m. Essa corda tem uma de suas extremidades presa a uma parede e na outra extremidade é aplicada uma força de intensidade 1600N para esticar a corda. Determine a velocidade de propagação de uma onda nessa corda.

$$v = 759,8 \text{ m/s}$$

- 3) Uma corda de massa 0,0295Kg possui comprimento de 4m. Essa corda tem uma de suas extremidades presa a uma parede e na outra extremidade é aplicada uma força de intensidade 2000N para esticar a corda. Determine a velocidade de propagação de uma onda nessa corda.

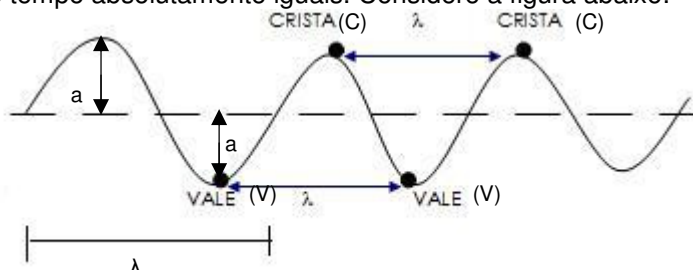
$$v = 520,75 \text{ m/s}$$

- 4) Uma corda de massa 0,3Kg possui comprimento de 4m. Essa corda tem uma de suas extremidades presa a uma parede e na outra extremidade é aplicada uma força de intensidade 1550N para esticar a corda. Determine a velocidade de propagação de uma onda nessa corda.

$$v = 143,76 \text{ m/s}$$

ONDAS PERIÓDICAS:

Imagine uma corda que tem uma de suas extremidades amarrada a uma parede. Na outra extremidade, imagine uma pessoa que aplica pulsos sempre de mesma intensidade e em intervalos de tempo absolutamente iguais. Considere a figura abaixo:



Uma vez que os pulsos criados pela pessoa ocorrem sempre em intervalos de tempo iguais, podemos dizer que a onda que se propaga, nesse caso, é periódica. Isto significa dizer que pulsos idênticos são criados sempre em intervalos de tempo iguais e se propagam na corda, criando uma onda periódica que irá se propagar pela corda.

Considerando a figura acima, chamamos de:

- Crista da Onda: é a parte mais elevada (alta) da onda, representada na figura pela letra C;
- Vale (ou Depressão): é a parte mais baixa da onda, representada na figura pela letra V;
- Comprimento de Onda: a distância existente entre duas cristas consecutivas ou entre dois vales consecutivos. É representado na figura pela letra λ .
- Amplitude da Onda: em relação à linha horizontal (pontilhada) que representa o “meio” de uma onda periódica, a amplitude representa a altura de uma crista (ou de um vale) para aquela onda. É representada na figura pela letra a .

Para uma onda periódica, temos ainda duas grandezas importantes a definir. São elas:

- Período: representado pela letra T . É o intervalo de tempo necessário para que duas cristas consecutivas (ou dois vales consecutivos) passem pelo mesmo ponto da corda. Pode ser entendido como o intervalo de tempo necessário para que ocorra uma onda completa. A unidade no Sistema Internacional (S.I.) é o segundo(s).
- Frequência: representada pela letra f . Representa o número de ondas completas que passam por um ponto de uma corda, por unidade de tempo. Se a unidade de tempo escolhida for o segundo (S.I.), a unidade de frequência será o hertz (Hz).

Pode-se relacionar a Frequência e o Período de uma mesma onda que se propaga numa corda através da equação:

$$\boxed{f = \frac{1}{T}}$$

onde: f = frequência (Hz);
 T = período da onda (s)

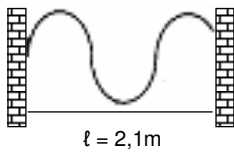
Já vimos que a velocidade de propagação de uma onda (mesmo que periódica) depende exclusivamente do meio onde ela se propaga. Assim, num mesmo meio, a velocidade de propagação da onda não muda no decorrer do tempo. Isto significa que a velocidade da onda, num meio, é constante. Como já estudamos um movimento que tinha por principal característica a velocidade constante (Movimento Uniforme), vamos adaptar a equação do Movimento Uniforme para as grandezas físicas agora envolvidas. Assim, temos:

$$\boxed{v = \lambda \cdot f}$$

onde: v = velocidade de propagação da onda no meio (m/s);
 λ = comprimento de onda (m);
 f = frequência da onda (Hz).

PROBLEMAS:

- 1) Uma corda possui comprimento de 2,1m e vibra com frequência de 200Hz, conforme indica a figura abaixo. Calcule a velocidade de propagação da onda nessa corda.



DADOS:
 $l = 2,1\text{m}$
 $f = 200\text{Hz}$
 $v = ???$

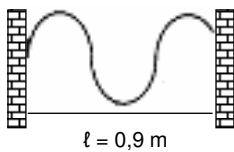
Para calcularmos a velocidade, precisamos do comprimento de onda (λ). Para descobrir o comprimento de onda (λ), vamos recorrer a figura apresentada:

Nela, podemos identificar três "pedaços" de onda. Assim, sabemos que cada "pedaço" vale $0,7\text{m}$ ($2,1/3$). Como uma onda completa é composta de 2 desses "pedaços", descobriremos o comprimento da onda:
 $\lambda = 2 \cdot (0,7) \rightarrow \lambda = 1,4\text{m}$

Agora fica simples para calcularmos a velocidade:

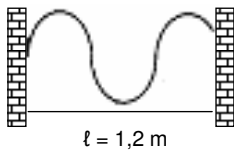
$$v = \lambda \cdot f \rightarrow v = (1,4) \cdot 200 \rightarrow v = 280\text{m/s}$$

- 2) Uma corda possui comprimento de 0,9m e vibra com frequência de 1000Hz, conforme indica a figura abaixo. Calcule a velocidade de propagação da onda nessa corda.



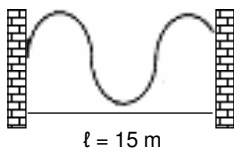
$$v = 600\text{m/s}$$

- 3) Uma corda possui comprimento de 1,2m e vibra com frequência de 2000Hz, conforme indica a figura abaixo. Calcule a velocidade de propagação da onda nessa corda.



$$v = 1600\text{m/s}$$

- 4) Uma corda possui comprimento de 15m e vibra com frequência de 50Hz, conforme indica a figura abaixo. Calcule a velocidade de propagação da onda nessa corda.

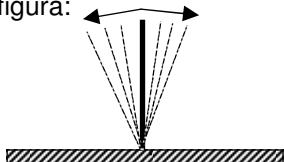


$$v = 500\text{m/s}$$

ACÚSTICA:

É a parte da Física que estuda as ondas e os fenômenos sonoros.

Para melhor entendermos o que é uma onda sonora, imagine a seguinte situação: uma haste metálica comprida e pontiaguda encontra-se presa firme e horizontalmente numa tábua de madeira. Se nela ocorrer uma perturbação, ela começará a vibrar, conforme indica a figura:



Durante o movimento de vibração da haste, ela “bate” nas moléculas de ar que estão em seu caminho, provocando perturbações e deslocamento das moléculas do ar. Essas perturbações originam ondas longitudinais que irão se propagar no ar e são chamadas de ondas sonoras, originando o **SOM**.

A geração e a propagação dessas ondas longitudinais não acontece somente no ar. Ela irá acontecer em todos os meios onde um fenômeno semelhante ocorra, permitindo que o som se propague nesse meio. Portanto, o som pode se propagar na água e em líquidos, em metais, em gases e em sólidos.

Vamos agora a uma pergunta: O som consegue se propagar onde não existe um meio de propagação, ou seja, no vácuo? Antes de prosseguir seus estudos, reflita um pouco sobre essa pergunta.

Para responder a essa pergunta, vamos voltar ao exemplo da haste metálica, considerando que agora ela se encontra no vácuo.

Ao causarmos a perturbação na haste, ela também irá começar a vibrar. Porém, essa sua vibração não vai ser transmitida ao meio que a envolve (ar, por exemplo), simplesmente pelo fato de que no vácuo não existem moléculas ao redor da haste para receber essa energia. Assim, se não existe contato entre haste e moléculas (que não existem), não podem se originar as ondas longitudinais e, portanto, não se torna possível uma propagação do som no vácuo (isso mesmo: **o som não se propaga no vácuo!** Portanto, filmes onde acontecem explosões de naves espaciais no vácuo não poderiam apresentar efeitos sonoros de natureza alguma).

Em face do exposto, podemos então considerar que:

O Som é uma Onda Longitudinal e também uma Onda Mecânica, pois precisa de um meio material para poder se propagar.

Se você já assistiu a desenhos animados de personagens da Disney (como Pato Donald, Mickey e Pluto), pode ter assistido a seguinte situação: um desses personagens utiliza um apito para chamar cães ou gatos. Porém, ao assoprar o apito nenhum som é ouvido em sua TV e no desenho os cachorros respondem prontamente ao chamado. Como é possível o apito emitir um som que os cachorros conseguem perceber bem e os seres humanos não conseguem identificar? Reflita um pouco.

Essa situação é perfeitamente real e semelhante a que acontece em exames onde se utiliza Ultra-som. Nesses exames, a máquina emite ondas sonoras durante o seu funcionamento que não são ouvidas pelos seres humanos (adultos, crianças, bebês ou fetos).

Esse fenômeno pode ser explicado pelo fato de que o ouvido humano consegue perceber (em média) apenas sons emitidos dentro de uma determinada faixa de frequência, chamada de **SOM AUDÍVEL** (ou **Frequência Audível**), que corresponde, em média, a frequências entre **20Hz e 20000Hz**. Acima de 20000Hz as ondas sonoras são chamadas de Ultra-som e abaixo de 20Hz são chamadas de Infra-som. É por essa característica que alguns exames médicos recebem o nome de Ultra-som.

A velocidade de propagação do som num meio material é uma característica do meio. Assim, se uma onda sonora que se propaga com velocidade **V** no ar passar a se propagar num metal, sua velocidade será alterada, pois alterou-se o meio de propagação da onda sonora.

Na Tabela abaixo, apresentamos algumas velocidades de propagação de uma onda sonora em alguns meios materiais.

MEIO MATERIAL	VELOCIDADE (m/s)
Ar	340 m/s
Alumínio	5000 m/s
Ferro	5200 m/s
Água	1498 m/s

Analisando a Tabela ao lado, pode-se perceber que o som se propaga mais rapidamente no Ferro, depois no Alumínio, depois na água e finalmente no ar.

Essa diferença de velocidades de propagação justifica um fato que acontecia com frequência antigamente em estações de trem: quando as pessoas queriam saber se um trem se aproximava da estação e não o viam nem ouviam o som produzido pelo trem, elas encostavam seu ouvido nos trilhos do trem. Como o som se propaga muito mais rapidamente no Ferro do que no ar, as pessoas ouviam o som produzido nos trilhos, pelo trem, muito antes de ouvir o seu barulho no ar. Fazendo isso, as pessoas conseguiam saber se o trem estava próximo da estação antes mesmo de conseguir enxergá-lo.

FENÔMENOS SONOROS:

Ao se propagar num meio, o som pode sofrer interferências em sua propagação que podem lhe alterar as características originais. Essas interferências são conhecidas como fenômenos sonoros.

São Fenômenos Sonoros:

- **Reflexão sonora**: ocorre quando uma onda sonora que se propaga num meio A e atinge um obstáculo (ou anteparo), é refletida, e volta a se propagar no meio A.

- **Eco**: ocorre quando uma onda sonora percorre uma distância maior ou igual a 17m, atinge um obstáculo e é refletida em direção à fonte que lhe originou.

Caracteriza-se pela repetição de um som. Só pode ocorrer, para ser ouvido no ar e por seres humanos, se existir uma distância mínima de 17m entre a fonte sonora e o anteparo que irá refletir o som.

A distância mínima de 17m deve-se ao fato de que o ouvido humano só consegue distinguir um som emitido de um som refletido se entre geração e captação do som houver um intervalo de tempo mínimo de 0,1s. No ar, esse intervalo de tempo é suficiente para o som percorrer a distância de 34m, ou seja, 17m para atingir o anteparo e 17m para retornar ao ouvido da pessoa. Assim, para distâncias menores do que 17m o ouvido humano não consegue perceber o Eco.

O Eco tem por aplicação prática os Sonares de navios e submarinos, onde ondas sonoras são emitidas, atingem obstáculos e são refletidas, produzindo o Eco, que é captado pelo Sonar e transformado em informações sobre o mapeamento de profundidades da água, posições de objetos em baixo da água, etc.

- **Reverberação**: é caracterização pelo prolongamento ou pelo reforço de parte de um som. Geralmente, ocorre em ambientes fechados e é resultado das múltiplas reflexões sofridas pela onda sonora.

- **Refração Sonora**: ocorre quando uma onda sonora muda de meio de propagação. Por exemplo, um som gerado no ar passa a se propagar na água.

- **Difração Sonora**: é o fenômeno através do qual uma onda sonora consegue contornar obstáculos. Por exemplo, você pode emitir um som na sala de sua casa e seu colega pode ouvi-lo no quarto, mesmo com a porta fechada.

- **Interferência Sonora**: é caracterizada pelo recebimento simultâneo de dois ou mais sons provenientes de fontes diferentes. Pode ser: **Forte**, se ocorrer a Interferência dita Construtiva e **Fraca**, se ocorrer a Interferência dita Destrutiva.

Como exemplo, imagine a seguinte situação: você está próximo a três carros que estão com seus aparelhos de som ligados. Se os três carros tocam simultaneamente a mesma música (e no mesmo trecho), ocorre a Interferência Construtiva. Se os três carros tocam músicas diferentes, o ouvinte tem dificuldade para identificar as músicas e os sons, pois ocorre uma Interferência Destrutiva.

- **Ressonância Sonora**: ocorre quando um corpo começa a vibrar por influência de um som emitido por outro corpo. Como exemplo, pode-se citar o fato de que alguns cantores líricos conseguem emitir sons que são capazes de quebrar copos de vidro, uma vez que as amplitudes das ondas envolvidas (da onda sonora emitida e da frequência natural de vibração do vidro do copo) acabam se sobrepondo, causando vibração excessiva das moléculas do vidro, fazendo com que ele quebre.

QUESTÕES:

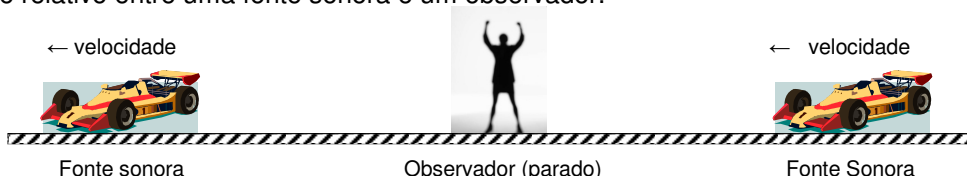
- 1) Defina Reflexão Sonora.
- 2) Defina Eco.
- 3) Defina Refração Sonora.
- 4) Defina Difração Sonora.
- 5) Defina Ressonância.
- 6) Defina Interferência.
- 7) Defina Reverberação.

Fonte sonora: podemos considerar como fonte sonora a todo corpo que emite som. Como exemplo, podemos citar um telefone celular tocando, o motor de um carro, um alto-falante que toca uma música, etc.

Observador: consideraremos como observador toda pessoa (ou objeto) que está recebendo um som emitido por uma fonte sonora.

EFEITO DOPPLER:

É a mudança aparente que ocorre na frequência de um som quando existe movimento relativo entre uma fonte sonora e um observador.



Para exemplificar, vamos utilizar um exemplo clássico de aplicação desse efeito que você já deve ter presenciado, mesmo sem notar, ao assistir em sua Televisão a uma corrida de Fórmula Um. Quando o carro (fonte sonora) se aproxima velozmente da câmera (observador) que capta a imagem e o som do seu movimento, você escuta em sua Televisão o som de uma maneira, com uma determinada frequência. Quando o carro começa a se afastar da câmera, o som que você percebe em sua televisão sofre uma variação aparente, o que dá a entender que a frequência do som emitido pelo carro mudou.

Na realidade, o som emitido pelo motor do carro não sofreu alteração nenhuma em sua frequência. Essa variação aparente na frequência do som percebido pelo observador acontece devido ao movimento relativo entre a fonte sonora e o observador.

Através de experiências realizadas, pode-se concluir que:

Quando fonte sonora e observador se aproximam, a frequência do som percebido (f') é maior do que a emitida pela fonte (f) → APROXIMAÇÃO → $f' > f$

Quando fonte sonora e observador se afastam, a frequência do som percebido (f') é menor do que a emitida pela fonte (f) → AFASTAMENTO → $f' < f$

Podemos calcular a frequência que é percebida pelo observador através da relação:

$$f' = f \cdot \frac{(v \pm v_o)}{(v \pm v_f)}$$

onde: f' = frequência aparente percebida pelo observador (Hz);
 f = frequência do som emitido pela fonte (Hz);
 v = velocidade do som no meio onde é emitido (m/s);
 v_o = velocidade do observador (m/s);
 v_f = velocidade da fonte sonora (m/s).

LEMBRANDO: a velocidade de propagação do som no ar é de 340m/s.

Atente para o fato de que a relação acima apresenta o sinal (\pm). Esse sinal indica que os valores que lhe precedem podem ser positivos ou negativos, dependendo das condições iniciais do problema. Para utilizar corretamente a relação acima, precisamos saber quem está se movimentando (fonte, observador ou os dois simultaneamente). Para facilitar nossos cálculos, vamos adotar a seguinte convenção de sinais:

$$v_o \rightarrow \begin{cases} +, \text{ se o observador se aproxima da fonte;} \\ -, \text{ se o observador se afasta da fonte;} \\ = 0, \text{ se o observador encontra-se parado (ou em repouso).} \end{cases}$$

$$v_f \rightarrow \begin{cases} +, \text{ se a fonte se afasta do observador;} \\ -, \text{ se a fonte se aproxima do observador;} \\ = 0, \text{ se a fonte está parada (ou em repouso).} \end{cases}$$

PROBLEMAS:

- 1) Um carro movimenta-se com velocidade constante de 30m/s e passa próximo a uma pessoa parada em cima da calçada. Como o motorista conhece o pedestre, ele cumprimenta-o buzinando. Sabendo que a buzina do carro emite um som com

freqüência de 2500Hz e que o ar encontra-se parado (em relação ao observador), determine a freqüência do som percebido pelo pedestre quando:

- a) o carro estiver se aproximando do pedestre;

DADOS:

$v_i = -30\text{m/s}$ (aproxima do observador)

$f = 2500\text{Hz}$

$v_o = 0\text{m/s}$

$v = 340\text{m/s} \rightarrow$ velocidade do som no ar

$f' = ???$

Nesse problema, a fonte se aproxima do observador em repouso. Assim, pela convenção de sinais temos: $v_o = 0\text{m/s}$; $v_i = -30\text{m/s}$

$$f' = f \cdot \frac{(v \pm v_o)}{(v \pm v_i)}$$

$$\rightarrow f' = 2500 \cdot \frac{(340 + 0)}{(340 - 30)} \rightarrow f' = 2500 \cdot (1,0967)$$

$$f' = 2500 \cdot \frac{340}{310}$$

$$f' = 2741,75\text{Hz}$$

ATENÇÃO: perceba que a freqüência percebida pelo observador (2741,75Hz) é **maior** do que a freqüência do som emitido (2500Hz), quando fonte e observador se aproximam.

- b) o carro estiver se afastando do pedestre;

DADOS:

$v_i = +30\text{m/s}$ (afasta do observador)

$f = 2500\text{Hz}$

$v_o = 0\text{m/s}$

$v = 340\text{m/s} \rightarrow$ velocidade do som no ar

$f' = ???$

Nesse problema, a fonte se afasta do observador em repouso. Assim, pela convenção de sinais, temos: $v_o = 0\text{m/s}$; $v_i = +30\text{m/s}$

$$f' = f \cdot \frac{(v \pm v_o)}{(v \pm v_i)}$$

$$\rightarrow f' = 2500 \cdot \frac{(340 + 0)}{(340 + 30)} \rightarrow f' = 2500 \cdot (0,9189)$$

$$f' = 2500 \cdot \frac{340}{370}$$

$$f' = 2297,25\text{Hz}$$

ATENÇÃO: perceba que a freqüência percebida pelo observador (2297,25Hz) é **menor** do que a freqüência do som emitido (2500Hz), quando fonte e observador se afastam.

- 2) Uma ambulância tem sua sirene ligada e movimenta-se com velocidade constante de 60m/s e passa próximo a uma pessoa parada em cima da calçada. Sabendo que a sirene da ambulância emite um som com freqüência de 1800Hz e que o ar encontra-se parado (em relação ao observador), determine a freqüência do som percebido pelo pedestre quando:

- a) o carro estiver se aproximando do pedestre;

$$f' = 2185,56\text{Hz}$$

- b) o carro estiver se afastando do pedestre.

$$f' = 1530\text{Hz}$$

- 3) Uma ambulância tem sua sirene ligada e movimenta-se com velocidade constante de 15m/s e passa próximo a uma pessoa parada em cima da calçada. Sabendo que a sirene da ambulância emite um som com freqüência de 3500Hz e que o ar encontra-se parado (em relação ao observador), determine a freqüência do som percebido pelo pedestre quando:

- a) o carro estiver se aproximando do pedestre;

$$f' = 3661,35\text{Hz}$$

- b) o carro estiver se afastando do pedestre.

$$f' = 3351,95\text{Hz}$$