

ESTUDO DOS GASES

As partículas de um sólido apresentam pequena vibração em torno de pontos fixos. Na fase líquida esse movimento é maior, permitindo que as moléculas deslizem umas sobre as outras; porém, o deslizamento não altera o volume do líquido, que toma a forma do recipiente que o contém. Na fase gasosa, a força de ligação entre as moléculas é quase nula, permitindo que elas se movimentem desordenadamente, ocupando por completo o volume que lhes é oferecido (expansibilidade).

Outra característica física importante da fase gasosa é a compressibilidade (capacidade de sofrer variação de volume). Se você encher uma seringa com água ou outra substância qualquer na fase líquida e vedar a saída, aumentando-se a pressão no êmbolo da seringa, você não notará nenhuma contração de volume da substância qualquer na fase líquida. Já na fase gasosa, observa-se a compressão da substância.

Finalmente, a última característica macroscópica da fase gasosa que podemos observar diz respeito à dependência de seu volume com relação à temperatura. Assim, como estudamos o comportamento térmico dos sólidos e dos líquidos, uma substância na fase gasosa também se dilata e mais do que as outras fases. Isso é facilmente verificável de você aproximar uma seringa contendo ar de uma fonte de calor deixando o êmbolo da mesma livre (o êmbolo se movimenta).

Nas três situações citadas, é possível observar que as grandezas físicas volume, pressão e temperatura possuem uma relação muito forte entre si. Essas grandezas caracterizam a substância que está na fase gasosa e são chamadas **variáveis de estado** de uma substância. Alterando-se uma, pelo menos outra delas sofrerá também uma alteração, o que chamamos de **transformação**. Assim, a partir de agora, um dos nossos objetivos é analisar as relações entre essas grandezas e as transformações ocorridas. Esse conhecimento é necessário também para que possamos desenvolver nossos estudos a respeito da **Termodinâmica**, suas leis e princípios, bem como sua enorme aplicação no desenvolvimento tecnológico das máquinas térmicas que será estudado logo após esse assunto.

LEIS DAS TRANSFORMAÇÕES DOS GASES

Para a simplificação do estudo dos gases, adota-se um gás hipotético, o gás perfeito ou ideal, que segue rigorosamente as leis dos gases e mantém-se sempre no estado gasoso. Os gases reais apresentam um comportamento que se aproxima mais do gás perfeito quanto maior for sua temperatura e menor sua pressão.

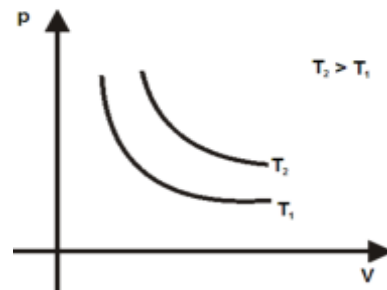
a) LEI DE BOYLE-MARIOTTE

Esta lei rege as transformações isotérmicas de um gás, isto é, aquelas que se processam a temperatura constante. A lei de Boyle-Mariotte pode ser enunciada da seguinte forma:

À temperatura constante a pressão de um gás é inversamente proporcional ao seu volume, ou seja:

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2 = \text{constante}$$

A representação gráfica da pressão em função do volume é uma hipérbole chamada isoterma.



Com o aumento da temperatura, o produto $p \cdot V$ torna-se mais alto e as isotermas se afastam da origem dos eixos.

b) LEI DE GAY-LUSSAC

Esta lei rege as transformações isobáricas de um gás, isto é, aquelas que se processam sob pressão constante, e cujo enunciado é o seguinte:

À pressão constante, o volume e a temperatura absoluta de um gás são diretamente proporcionais, ou seja:

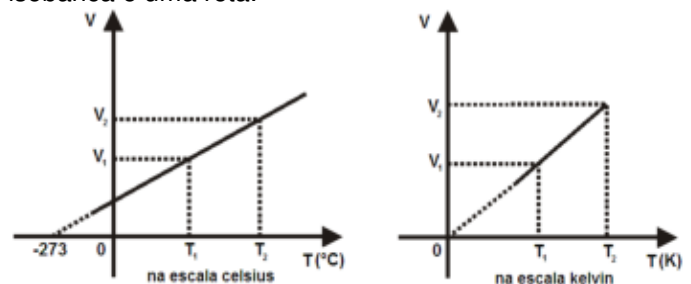
$$\frac{V}{T} = \text{constante}$$

Suponha uma determinada massa gasosa contida em um cilindro provida de um êmbolo móvel, sujeito a uma pressão constante p exercida pela atmosfera.

Com o aquecimento do sistema, as moléculas do gás se agitam mais rapidamente aumentando o número de choques contra as paredes do recipiente deslocando o êmbolo móvel para cima até que haja um equilíbrio entre a pressão interna e a externa agindo sobre o êmbolo. Pela lei de Gay-Lussac:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

A representação gráfica de uma transformação isobárica é uma reta.



c) LEI DE CHARLES

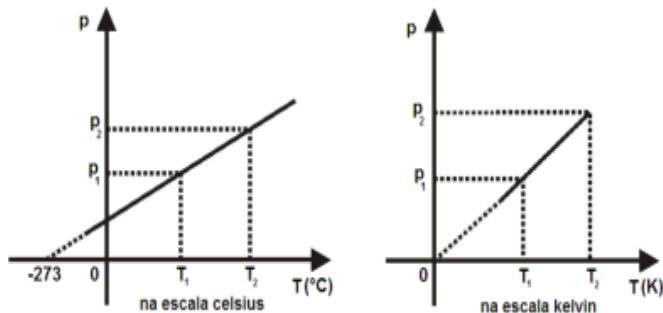
Esta lei diz respeito às transformações isocóricas ou isométricas, isto é, aquelas que se processam a volume constante, cujo enunciado é o seguinte:

Com volume constante, a pressão de uma determinada massa de gás é diretamente proporcional a sua temperatura absoluta, ou seja:

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \text{ constante}$$

Dessa maneira, aumentando a temperatura de um gás a volume constante, aumenta a pressão que ele exerce, e diminuindo a temperatura a pressão também diminui. Teoricamente, ao cessar a agitação térmica das moléculas a pressão é nula, e atinge o zero absoluto (-273,15°C).

A representação gráfica da transformação isométrica é uma reta.

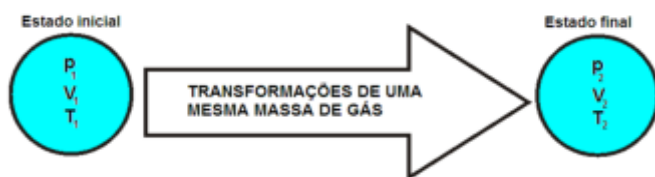


EQUAÇÃO GERAL DOS GASES PERFEITOS

Quando as três variáveis de estado de uma determinada massa de gás – pressão, volume e temperatura – apresentarem variações, utiliza-se a equação geral dos gases que engloba todas as transformações vistas anteriormente.

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

Segundo esta expressão, temos:



EXERCÍCIO

1- Na temperatura de 300 K e sob pressão de 1 atm, uma massa de gás perfeito ocupa o volume de 10 litros. Calcule a temperatura do gás quando, sob pressão de 2 atm, ocupa o volume de 20 litros.

2- Dentro de um recipiente de volume variável estão inicialmente 20 litros de gás perfeito à temperatura de 200 K e pressão de 2 atm. Qual será a nova pressão, se a temperatura aumentar para 250 K e o volume for reduzido para 10 litros?

3- Um balão de borracha continha 3 litros de gás hélio, à temperatura de 27° C, com pressão de 1,1 atm. Esse balão escapuliu e subiu. À medida que o balão foi subindo, a pressão atmosférica foi diminuindo e, por isso, seu volume foi aumentando. Quando o volume atingiu 4 litros, ele estourou. A temperatura do ar naquela altura era 7° C. Calcule a pressão do gás em seu interior imediatamente antes de estourar.

4- Um gás ocupa o volume de 20 litros à pressão de 2 atmosferas. Qual é o volume desse gás à pressão de 5 atm, na mesma temperatura?

5- Um gás mantido à pressão constante ocupa o volume de 30 litros à temperatura de 300 K. Qual será o seu volume quando a temperatura for 240 K?

6- Num recipiente de volume constante é colocado um gás à temperatura de 400 K e pressão de 75 cmHg. Qual é a pressão à temperatura de 1200 K?

7- Sob pressão de 5 atm e à temperatura de 0° C, um gás ocupa volume de 45 litros. Determine sob que pressão o gás ocupará o volume de 30 litros, se for mantida constante a temperatura.

8- Uma certa massa de gás hélio ocupa, a 27° C, o volume de 2 m³ sob pressão de 3 atm. Se reduzirmos o volume à metade e triplicarmos a pressão, qual será a nova temperatura do gás?

9- Num dia de tempestade, a pressão atmosférica caiu de 760 mmHg para 730 mmHg. Nessas condições, qual o volume final de uma porção de ar que inicialmente ocupava 1 litro? (Suponha que a temperatura não tenha variado)

EQUAÇÃO DE ESTADO DE UM GÁS IDEAL

Como vimos, a Lei Geral dos Gases Perfeitos, expressa apenas uma comparação entre dois estados de um gás. Se quiséssemos saber qual é o volume ocupado por 1 mol de um gás qualquer, quando submetido a uma determinada pressão e temperatura, não poderíamos utilizar a lei geral. Entretanto, a única maneira para calcular o volume V de um determinado gás, nas condições de pressão e temperatura desejadas, seria conhecer um volume V₀ de referência, que essa mesma quantidade de gás ocuparia numa pressão P₀ e temperatura T₀ para poder realizar a comparação.

Então, para saber esse valor de referência, os cientistas utilizaram 1 mol de oxigênio nas **condições normais de temperatura e pressão (CNTP)** e mediram o volume em laboratório. O valor encontrado foi de 22,4 litros. Isso nos leva a afirmar que:

“1mol de oxigênio nas CNTP ocupa 22,4 litros”.

Não nos esquecendo da Lei de Avogrado, que garante que nas mesmas condições de pressão e temperatura, números iguais de partículas ocupam o mesmo volume, qualquer que seja o gás, então, podemos extrapolar dizendo:

“1 mol de qualquer gás nas CNTP ocupa 22,4 litros”

Para um determinado nº de mols de qualquer gás, podemos escrever:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

Esta equação é comumente chamada de equação de estado de um gás ideal ou Equação de Clapeyron em homenagem ao físico francês Paul-Emile Clapeyron que estabeleceu essa relação. Onde:

P → pressão

V → volume

n → número de mols

T → temperatura

R → constante universal dos gases perfeitos. Ela é a mais usual. No SI, o valor de R é o seguinte:

$$R = 8,3 \text{ J/mol.K}$$

Dependendo das unidades de medida, **R** também pode assumir os seguintes valores: **62,3 mmHg.L/K.mol** e **0,082 atm.L/K.mol**. Para decidir qual valor utilizar na resolução de um problema, verifique sempre as unidades que você está trabalhando.

EXERCÍCIO

1- Um mol de um gás perfeito encontra-se encerrado em um recipiente de capacidade igual a 4,1 L. Sabendo-se que o gás está submetido a uma temperatura de 127°C, determine, em atmosferas, a pressão por ele exercida nas paredes do recipiente.

2- 3,2 g de gás metano, suposto ideal, exercem pressão de 124,6 mmHg nas paredes do recipiente que as contém. Se a capacidade do recipiente é de 560 L, determine a temperatura da massa gasosa. Dado: massa molar do metano = 16 g/mol.

3- Sabendo que a massa molar do hidrogênio é $M = 2,016 \text{ g/mol}$ qual massa desse gás será necessária para encher completamente um recipiente de 5 m^3 , sob pressão de 2 atm, a uma temperatura de 27°C?

4- Uma bola de gás, de volume 20 L, contém hélio numa pressão de 2,5 atm e temperatura de 27°C.

a) qual o número de mols dentro da bola?

b) determine a massa de gás dentro da bola. Dado: $M_{\text{He}} = 4 \text{ g/mol}$.

TERMODINÂMICA

O estudo do calor e de suas transformações em energia mecânica é chamado de **termodinâmica** (que provém de palavras gregas que significam “movimento do calor”). A ciência da termodinâmica foi desenvolvida no final do século dezanove, antes que a teoria atômica e

molecular da matéria fosse compreendida. Como os primeiros estudiosos da termodinâmica possuíam apenas uma vaga noção dos átomos, e não sabiam nada acerca de elétrons e de outras partículas microscópicas, os modelos que lhes utilizavam em volvíam apenas noções macroscópicas – tais como trabalho mecânico, pressão e temperatura – e os papéis que elas desempenhavam nas transformações de energia. O fundamento da termodinâmica é a conservação da energia e o fato de que o calor flui espontaneamente do quente para o frio e não no sentido inverso. A termodinâmica fornece a teoria básica das máquinas térmicas, de turbinas a vapor até reatores nucleares, e a teoria básica de refrigeradores e de bombas de calor.

ENERGIA INTERNA (ΔU)

Existe uma enorme quantidade de energia guardada em todos os materiais. Neste livro, por exemplo, o papel é composto de moléculas que estão em constante movimentação. Elas possuem energia cinética. Devido às interações com as moléculas vizinhas, elas também possuem energia potencial. As páginas podem ser facilmente queimadas, de modo que sabemos que elas armazenam energia química, que de fato é energia potencial elétrica a nível molecular. Sabemos também que existe uma vasta quantidade de energia associadas com os núcleos atômicos. E também existe a “energia de existir”, descrita pela célebre equação de Einstein, $E = mc^2$ (equivalência massa-energia). A energia dentro de uma substância encontra-se nessas e em outras formas, as quais, quando consideradas conjuntamente, formam o que chamamos de **energia interna**. A energia interna de um gás perfeito está diretamente associada à sua temperatura. Variações na temperatura indicam tais mudanças na energia interna.

Quando um sistema (gás) recebe uma determinada quantidade Q de calor, sofre um aumento ΔU de sua energia interna e conseqüentemente um aumento Δt de temperatura. Assim:

- Se $\Delta t > 0 \Rightarrow \Delta U > 0$: energia interna aumenta.
- Se $\Delta t < 0 \Rightarrow \Delta U < 0$: energia interna diminui.
- Se $\Delta t = 0 \Rightarrow \Delta U = 0$: energia interna não varia.

LEI DE JOULE

“A energia interna de uma determinada massa de gás ideal é função exclusiva de sua temperatura absoluta”.

$$U = \frac{3}{2} nRT$$

Para gases monoatômicos, a variação de energia interna é determinada apenas pela variação de energia cinética total de suas moléculas. Assim sendo, temos:

$$U = \frac{3}{2} nR\Delta T$$

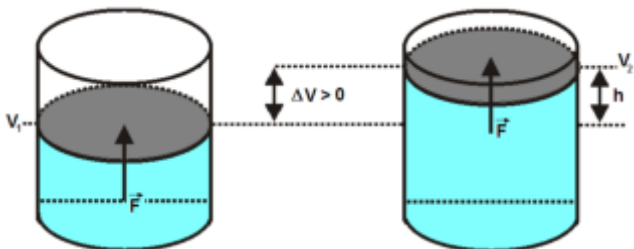
A equação verifica a validade da Lei de Joule para gases ideais monoatômicos.

Quando o processo se dá isotermicamente, a

temperatura se mantém constante. Conseqüentemente, a variação da energia interna é nula, o que significa que a energia interna do sistema se mantém constante.

TRABALHO EM UM SISTEMA

Consideremos um gás contido num cilindro provido de êmbolo. Ao se expandir, o gás exerce uma força no êmbolo, que se desloca no sentido da força.



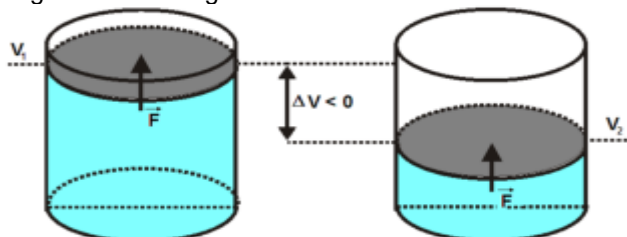
O trabalho dessa força é dado por:

$$\tau = p \cdot \Delta V \text{ ou } \tau = p \cdot (V_2 - V_1)$$

Numa expansão o gás realiza um trabalho positivo sobre o meio exterior.

Numa compressão o deslocamento do êmbolo tem sentido oposto ao da força que o gás exerce sobre o êmbolo. O trabalho é resistente.

Na compressão o meio externo realiza um trabalho negativo sobre o gás.



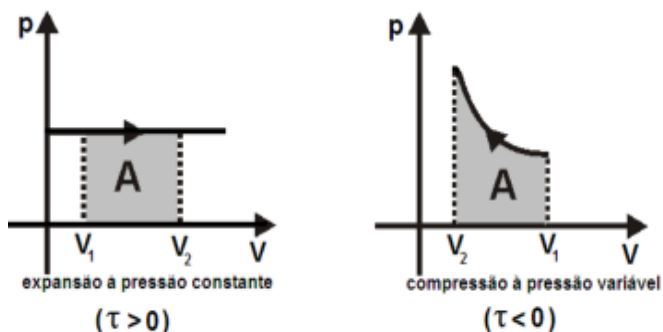
Assim, temos:

$$\Delta V > 0 \Rightarrow \tau > 0 \text{ (o gás realiza trabalho sobre o meio)}$$

$$\Delta V < 0 \Rightarrow \tau < 0 \text{ (o meio realiza trabalho sobre o gás)}$$

$$\Delta V = 0 \Rightarrow \tau = 0 \text{ (o sistema não troca trabalho)}$$

Num diagrama pressão x volume, o trabalho realizado pela força que o gás exerce sobre o êmbolo é numericamente igual à área sob a curva.



$$A = \tau$$

EXERCÍCIO

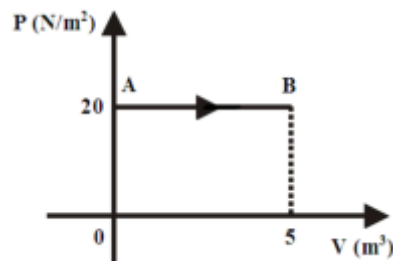
1- Numa transformação sob pressão constante de 800 N/m^2 , o volume de um gás ideal se altera de $0,020 \text{ m}^3$ para $0,060 \text{ m}^3$. Determine o trabalho realizado durante a expansão do gás.

2- Um gás ideal, sob pressão constante de $2 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$, tem seu volume reduzido de $12 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ para $8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$. Determine o trabalho realizado no processo.

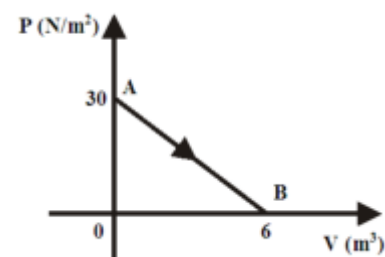
3- Sob pressão constante de 50 N/m^2 , o volume de um gás varia de $0,07 \text{ m}^3$ a $0,09 \text{ m}^3$. A) o trabalho foi realizado pelo gás ou sobre o gás pelo meio exterior? B) Quanto vale o trabalho realizado?

4- As figuras representam a transformação sofrida por um gás. Determinar o trabalho realizado de A para B em cada processo.

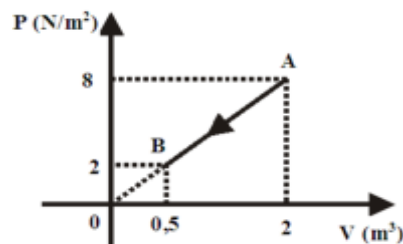
a)



b)



c)



5- Analise as afirmativas:

I- Quando um gás perfeito sofre uma transformação isométrica, ou seja, sem variação de volume, o trabalho termodinâmico é nulo.

II- Quando um gás perfeito sofre uma transformação isométrica, a energia interna não varia.

III- A energia interna de um sistema constituído de um gás perfeito é diretamente proporcional à sua temperatura absoluta.

6- Com relação ao trabalho termodinâmico trocado entre um sistema constituído de um gás perfeito e o meio externo, assinale a alternativa verdadeira:

- Depende da variação de volume do gás.
- Depende só da temperatura absoluta de um gás.
- Depende da energia interna de um gás.

- d) Depende só da pressão do gás.
e) Depende só do volume inicial do gás.

7- Determine a energia interna dos sistemas representados a seguir:

- a) 5 mols de um gás a 300 K.
b) 6 m³ de um gás a 500 N/m².

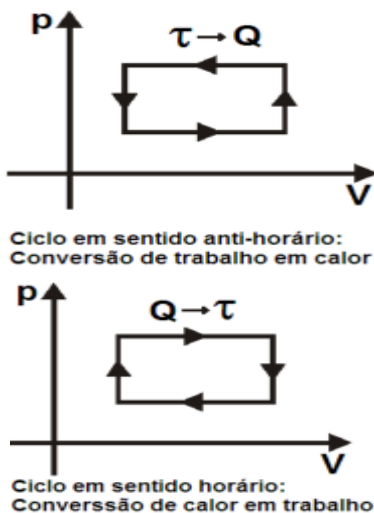
8- 10 mols de gás oxigênio, supondo ser um gás perfeito, está contido em um recipiente indeformável, sabendo-se que a energia interna do sistema é igual a 99,6 kJ e adotando $R = 8,3 \text{ J/K.mol}$, determine a temperatura do sistema.

TRANSFORMAÇÃO CÍCLICA

Uma transformação é dita cíclica quando o estado final da massa gasosa coincide com o estado inicial. Neste caso, ocorreu um ciclo de transformações. Em uma transformação cíclica, graficamente temos que, a área limitada pelo ciclo mede, numericamente, o trabalho realizado durante o ciclo.

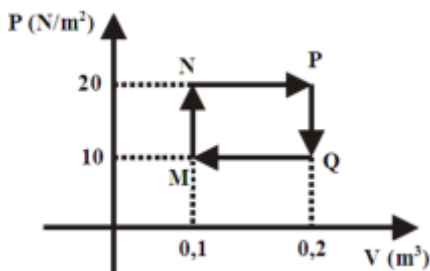
Quando o ciclo está orientado no sentido horário, o trabalho é positivo e quando o ciclo está orientado no sentido anti-horário, o trabalho é negativo.

Em uma transformação cíclica, a variação de energia interna é nula, visto que a energia interna inicial é igual à energia final. Portanto, no ciclo, há equivalência entre o calor trocado e o trabalho realizado.



EXERCÍCIO

1- (FCMSC- SP)- Uma transformação com um gás é efetuada de acordo com o ciclo abaixo:



- a) Calcule o trabalho executado no ciclo **MNPQN** pelo gás.

b) Calcule as temperaturas nos pontos **M, N, P e Q** para 1 mol desse gás.

2- Analise as afirmações que dizem respeito a gases perfeitos:

I- O aumento da energia interna de um sistema constituído de um gás perfeito sempre determinará que o gás realize um trabalho sobre o meio externo.

II- Um gás perfeito tem seu volume alterado de 2 para 5 m³ e, em seguida de 5 para 2 m³. Pode-se afirmar, já que o volume final é igual ao inicial, que o gás não chegou a trocar calor com o meio externo.

III- Um recipiente cilíndrico, dotado de êmbolo móvel, contém determinada massa de um gás perfeito. O recipiente é colocado sobre uma fonte de calor e, ao mesmo tempo, uma força externa é aplicada sobre o êmbolo, comprimindo o gás. Pode-se afirmar que o gás realizou trabalho sobre os agentes externos.

Responda de acordo com o código:

- a) se somente I for correta;
b) se somente II for correta;
c) se somente III for correta;
d) se todas as afirmações forem falsas;
e) se todas as afirmações forem verdadeiras.

A PRIMEIRA LEI DA TERMODINÂMICA

De acordo com o princípio da conservação da energia, a energia não pode ser criada nem destruída, mas somente transformada de uma espécie em outra. Quando a lei da conservação da energia é estendida para incluir o calor, passamos a chamá-la de primeira lei da termodinâmica. Vamos enunciá-la da seguinte forma:

Quando flui calor para um sistema ou para fora dele, o sistema ganha ou perde uma quantidade de energia igual à quantidade de calor transferido.

O primeiro princípio da termodinâmica estabelece uma equivalência entre o trabalho e o calor trocados entre um sistema e seu meio exterior.

Consideremos um sistema recebendo uma certa quantidade de calor **Q**.

Parte desse calor foi utilizada para realizar um trabalho τ , e o restante provocou um aumento na sua energia interna ΔU .



A correspondência entre essas grandezas obtida fazendo-se o balanço energético entre calor, trabalho e energia interna.

Portanto, temos:

$$Q = \tau + \Delta U \text{ ou } \Delta U = Q - \tau$$

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.

EXERCÍCIO

1- Num dado processo termodinâmico, certa massa de um gás recebe 260 joules de calor de uma fonte térmica. Verifica-se que nesse processo o gás sofre uma expansão, tendo sido realizado um trabalho de 60 joules. Determine a variação da energia interna.

2- Um gás recebe um trabalho de 150 J e absorve uma quantidade de calor de 320 J. Determine a variação da energia interna do sistema.

3- Um gás passa de um estado a outro trocando energia com o meio. Calcule a variação da energia interna do gás nos seguintes casos:

- o gás recebeu 100 J de calor e realizou um trabalho de 80 J.
- o gás recebeu 100J de calor e o trabalho realizado sobre ele é 80 J.
- o gás cedeu 100 J de calor e o trabalho realizado sobre ele é 80 J.

4- Durante um processo, são realizados 100 J de trabalho sobre um sistema, observando-se um aumento de 50 J em sua energia interna. Determine a quantidade de calor trocada pelo sistema, especificando se foi adicionado ou retirado.

5- São fornecidos 14 J para aquecer certa massa de gás a volume constante. Qual a variação na energia interna do gás?

6- A energia trocada sob a forma de calor com o meio externo por um sistema gasoso é igual a 40 J. Sabe-se que, durante o processo de troca de energia, o sistema troca com o meio um trabalho termodinâmico igual a - 10 J. Sendo assim, analise as afirmações a seguir e dê a soma das corretas:

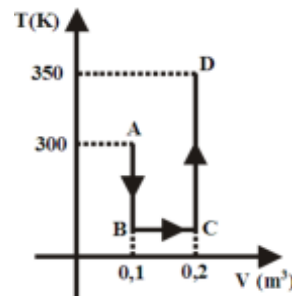
- O sistema recebe energia do meio externo, sob a forma de calor.
- O sistema recebe trabalho termodinâmico do meio externo.
- O sistema sofre um aumento de 50 J em sua energia interna.
- A temperatura do sistema aumenta durante o processo de troca de energia com o meio externo.
- A pressão exercida pelo sistema gasoso aumentou durante o processo.

7- Um gás perfeito encontra-se contido em um recipiente de volume variável. Ao receber 250 J de energia do meio externo, sob a forma de calor, o volume do sistema passa de 3 para 8 m³. Sabendo-se que, durante o processo, a pressão foi mantida constante e igual a 20 N/m², determine:

- o trabalho termodinâmico trocado entre o sistema e o meio externo;

b) a variação de energia interna do sistema.

8- Um gás perfeito evolui de acordo com o que está representado no diagrama dado abaixo. Analise as transformações **AB**, **BC** e **CD** de acordo com a Primeira Lei da Termodinâmica e diga o que ocorre com **Q**, **ΔU** e **τ**.



9- (UFMG) Em uma transformação isobárica de um gás perfeito, mantido a $2 \cdot 10^5$ N/m² de pressão, forneceram-se 1500 J de calor e provocou-se um aumento de volume de 3 L. Em joules, qual foi a variação de energia interna do gás?

10- (UFMS) Um cilindro, fechado por um êmbolo, encerra o volume de 0,02 m³ de um gás ideal, à pressão de $2 \cdot 10^5$ Pa. O sistema recebe de uma fonte quente 5000 J de calor. O êmbolo desloca-se de modo que o volume do gás seja duplicado num processo isobárico. Ao final do processo pode-se afirmar que:

- não houve qualquer variação de energia interna do sistema;
- o trabalho realizado pelo sistema sobre o meio foi de 2000 J;
- o calor fornecido pela fonte quente foi totalmente armazenado sob a forma de energia interna do sistema;
- o aumento da energia interna do sistema foi de 3000 J;
- o calor fornecido pela fonte quente foi totalmente transformado em trabalho realizado pelo sistema sobre o meio.

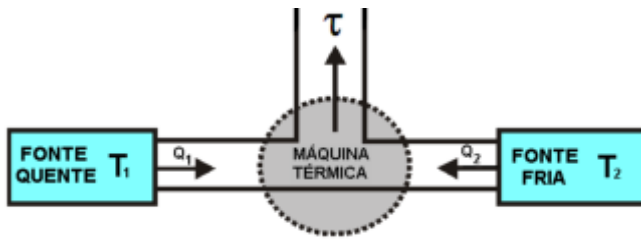
Dê como resposta a soma dos números associados às afirmações corretas.

A SEGUNDA LEI DA TERMODINÂMICA

O segundo princípio da termodinâmica estabelece as condições em que é possível a transformação de calor em trabalho, completando, dessa forma, o primeiro princípio, que trata apenas da equivalência entre o calor e o trabalho.

A conversão de calor em energia mecânica é conseguida por meio de uma máquina térmica. Como exemplos de máquina térmica podem citar as turbinas a vapor, as turbinas a querosene que impulsionam os aviões a jato, os motores de explosão que queimam gasolina, álcool ou diesel, ou mesmo um reator termonuclear de uma usina atômica.

Basicamente, as máquinas térmicas funcionam seguindo um mesmo esquema.



A máquina térmica operando em ciclos retira uma determinada quantidade de calor da fonte quente, transformando parte desse calor em trabalho. A parte restante é rejeitada à fonte fria.

Numa locomotiva a vapor, a caldeira faz o papel da fonte quente de onde, a cada ciclo, é retirada a quantidade de calor Q_1 . Uma parte desse calor é transformada em trabalho mecânico τ (energia útil da locomotiva). A parte restante de calor, Q_2 (não aproveitada), é rejeitada para o meio ambiente, que faz o papel da fonte fria. O trabalho realizado pela máquina térmica é igual à diferença entre o calor recebido (retirado) e o calor rejeitado.

$$\tau = Q_1 - Q_2$$

O rendimento de uma máquina térmica é definido como a razão entre o trabalho que dela pode ser aproveitado e a quantidade de calor recebido da fonte quente.

$$\eta = \frac{\tau}{Q_1}$$

Como: $\tau = Q_1 - Q_2$

Temos: $\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$

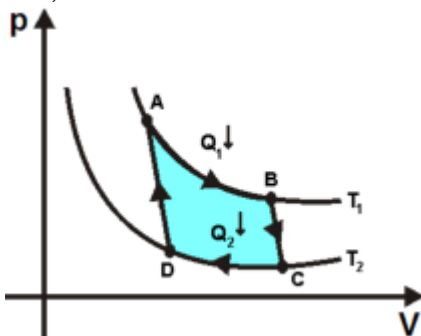
Em que Q_1 e Q_2 estão em módulo.

Como nem todo o calor retirado da fonte quente é transformado em trabalho, o rendimento de uma máquina térmica nunca pode ser 100% ($\eta=1$); daí o enunciado de Kelvin e Planck para o segundo princípio da termodinâmica.

É impossível construir uma máquina térmica que, operando em ciclo, transforme em trabalho todo o calor recebido de uma fonte.

CICLO DE CARNOT

Uma máquina térmica que opera segundo o ciclo de Carnot é considerada ideal por ter o maior rendimento entre as máquinas térmicas. Este ciclo idealizado por Carnot consiste em duas transformações adiabáticas alternadas com duas transformações isotérmicas. Graficamente, fica assim:



A → B: expansão isotérmica → o sistema transforma o calor recebido da fonte quente em trabalho.

B → C: expansão adiabática → o sistema, ao realizar trabalho, sofre um abaixamento de temperatura T_1 para T_2 .

C → D: compressão isotérmica → o trabalho realizado sobre o sistema é convertido em calor, que é transmitido à fonte fria.

D → A: compressão adiabática → o trabalho realizado sobre o sistema produz um aumento de temperatura de T_2 para T_1 .

Em particular, para o ciclo de Carnot foi demonstrado que o rendimento máximo depende exclusivamente das temperaturas absolutas das fontes quente e fria.

$$\eta_{\text{máx}} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

Como as quantidades de calor trocadas com as fontes são proporcionais às respectivas temperaturas absolutas, temos:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

EXERCÍCIO

1- Uma máquina térmica recebe 100 joules de energia, mas devido às perdas por aquecimento, ela aproveita somente 50 joules. Determine o rendimento dessa máquina.

2- Um motor elétrico recebe 80 J de energia, mas aproveita efetivamente apenas 60 J. Qual é o rendimento do motor?

3- Uma máquina térmica, em cada ciclo, rejeita para a fonte fria 240 joules dos 300 joules que retirou da fonte quente. Determine o trabalho obtido por ciclo nessa máquina e o seu rendimento.

4- O rendimento de uma máquina térmica é 60%. Em cada ciclo dessa máquina, o gás recebe 800 joules da fonte quente. Determine:

- o trabalho obtido por ciclo;
- a quantidade de calor que, em cada ciclo, é rejeitada para a fonte fria.

5- Uma máquina térmica tem 40% de rendimento. Em cada ciclo, o gás dessa máquina rejeita 120 joules para a fonte fria. Determine:

- o trabalho obtido por ciclo nessa máquina;
- a quantidade de calor que o gás recebe, do ciclo, da fonte quente.

6- (FGV-SP) Pode-se afirmar que máquina térmica é toda máquina capaz de transformar calor em trabalho. Qual dos dispositivos pode ser considerado uma máquina térmica?

- chuveiro elétrico.
- sarilho.
- motor elétrico.
- alavanca.
- motor a gasolina.

7- A cada minuto, 110 cal são rejeitadas do congelador de uma geladeira. Enquanto 220 cal são lançadas ao meio externo. Determine:

- o trabalho do compressor a cada minuto;
- o rendimento.

8- Uma máquina de Carnot opera entre as temperaturas de 27°C e 627°C, recebendo, em cada ciclo, uma quantidade de calor da fonte quente igual a 500 J. Sendo assim, determine:

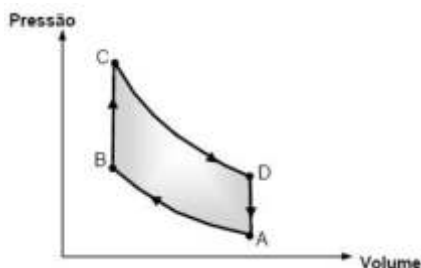
- o rendimento da máquina térmica;
- a quantidade de calor rejeitada à fonte fria, a cada ciclo;
- o trabalho termodinâmico realizado em cada ciclo.

9- O rendimento de certa máquina de Carnot é de 25%, e a fonte fria é a própria atmosfera, cuja temperatura gira em torno de 27°C. Determine, em graus Celsius, a temperatura da fonte quente.

10- (PUCCAMP-SP) A turbina de um avião tem rendimento de 80% do rendimento de uma máquina ideal de Carnot operando às mesmas temperaturas. Em voo de cruzeiro, a turbina retira calor da fonte quente a 127°C e ejeta gases para a atmosfera que está a -33°C. O rendimento dessa turbina é de:

- 80%
- 64%
- 50%
- 40%
- 32%

11- (UFPA 2008) O gráfico representado abaixo é um modelo ideal do ciclo das transformações que ocorrem em um motor à explosão de quatro tempos (de um automóvel, por exemplo), uma das máquinas térmicas mais populares que existem. As transformações são realizadas no interior de um cilindro, usando uma mistura de vapor de gasolina e ar (considerada um gás ideal), para produzir movimento em um pistão. As evoluções de A para B e de C para D são processos adiabáticos enquanto de B para C e de D para A são processos isométricos.

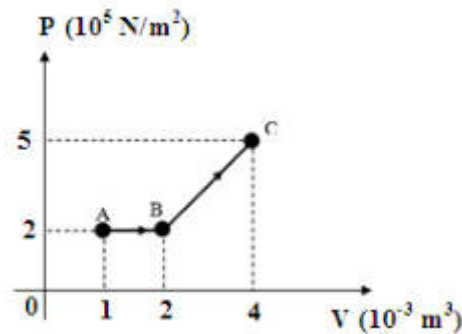


Considerando o texto e o gráfico representados acima, analise as seguintes afirmações:

- Na transformação de A para B, o trabalho realizado é positivo.
 - Na transformação de B para C, a variação da energia interna do gás é negativa.
 - Na transformação de C para D, a temperatura do gás diminui.
 - A variação da entropia, na transformação reversível de C para D, é nula.
- Estão corretas somente
- I e II
 - I e III
 - II e III
 - III e IV
 - II e IV

12- (UNAMA 2008) Fazendo-se um estudo para apreciar a viabilidade de uso de um gás (considerado perfeito) como combustível alternativo, o engenheiro

pesquisador encontrou o seguinte diagrama da pressão \times volume referente a uma experiência:



Observando o gráfico referente à transformação, pode-se afirmar que o (a):

- trabalho realizado em todo processo de A até C é igual a $9 \cdot 10^2$ J.
- transformação de A até B é isocórica.
- transformação de B até C é isobárica.
- trabalho realizado em todo processo de A até C é igual a $5 \cdot 10^2$ J.

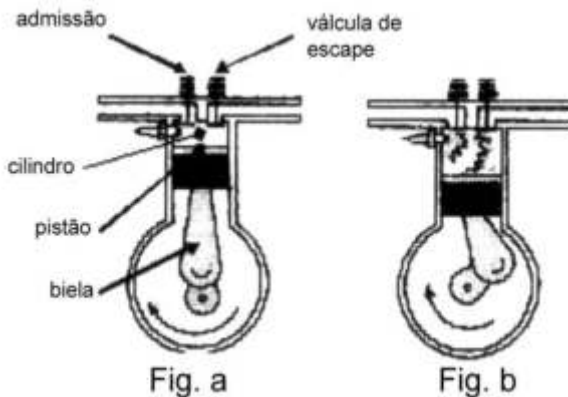
13- (UFPA 2007) Uma grande indústria automobilística anuncia, em coletiva à imprensa, que desenvolveu um motor cíclico que opera entre 227 °C e 27 °C, recebendo 20.000 cal por ciclo e fornecendo 83.800 J na forma de energia útil para o desempenho mecânico de seus automóveis. O anúncio é bem recebido pelo mercado e a indústria promove uma alta no valor de suas ações nas bolsas. No entanto, dias depois a indústria é processada judicialmente por promover propaganda enganosa, pois, sob ponto de vista de leis da física, tal motor não pode existir porque:

Dado para análise da questão: **1 cal = 4,19 J.**

- Contraria todas as leis da termodinâmica.
- Contraria a 1ª lei da termodinâmica, pois fornece mais energia do que recebe.
- Apesar de não contrariar a 1ª lei da termodinâmica, contraria a 2ª lei, pois seu rendimento máximo é de 0,4 e a máxima energia útil que poderia fornecer seria de 33.520 J.
- De acordo com a 1ª lei da termodinâmica, nenhuma máquina pode converter calor integralmente em energia útil de movimento.
- Contraria a 1ª lei da termodinâmica e, de acordo com a 2ª lei, seu rendimento é de aproximadamente 0,8 e a máxima energia útil que poderia fornecer seria de 67.040 J.

14- (PROSEL – 2006) As figuras a e b a seguir ilustram parte do ciclo de funcionamento de um motor a gasolina. No ponto de máxima compressão da mistura combustível (Figura a), a vela de ignição provoca a combustão da substância, produzindo, de forma quase instantânea, um grande aumento de temperatura e conseqüente aumento da pressão interna do cilindro. Em seguida, devido à expansão do gás provocada pela explosão, o pistão é empurrado até o final de seu curso sem trocar calor com o ambiente externo (Figura b).

Analise as transformações sofridas pelo gás durante a fase de expansão e assinale a alternativa que contém apenas as indicações corretas sobre as variações de pressão, temperatura e energia interna do gás:



- a) pressão, temperatura e energia interna diminuem.
- b) pressão diminui, mas temperatura e energia interna aumentam.
- c) pressão e temperatura aumentam e a energia interna permanece constante.
- d) pressão aumenta, temperatura diminui e energia interna aumenta.
- e) pressão permanece constante, temperatura e energia interna diminuem.

15- (UFPA 2004) No bar, existe uma moringa de água potável para matar a sede. Ao avista-la, Luís lembra-se da crença, popularmente difundida, de que filtros e moringas de barro têm a capacidade de deixar a água mais fira. Tenta propor um modelo para dar suporte físico a essa crença. Ele conjectura que a baixa permeabilidade do barro faz com que as moléculas de água de maior energia abandonem, preferencialmente, a água, deixando as moléculas de menor energia "mais frias", no interior do pote. Considere as seguintes afirmações relativas ao modelo:

I – A segunda lei da termodinâmica assegura que a Entropia dentro da moringa sempre aumenta, de maneira que seria impossível separar as moléculas de maior e menor energia, conforme sugere o modelo.
II – A conservação da energia indica que, ao diminuir a entropia dentro do pote, há também uma diminuição de sua energia, fazendo baixar, portanto, a temperatura da água.

III – O modelo está caracterizando apenas que a entropia dentro da moringa diminui ao separar as moléculas de maior e menor energia, portanto, em algum outro lugar, certamente, terá aumentado.

Podemos dizer que está(ao) correta(s):

- a) apenas a afirmação I
- b) apenas a afirmação II
- c) apenas a afirmação III
- d) as afirmações I e III
- e) as afirmações II e III

16- (PRISE – 2004) Desde o advento da máquina a vapor que embarcações usam máquinas térmicas para sua propulsão. Com o avanço da tecnologia, as máquinas térmicas vêm sofrendo grande evolução e hoje são mais eficientes que suas precursoras.

Analise as seguintes afirmações sobre as máquinas

térmicas:

I - O rendimento de um motor moderno de uma lancha é muito próximo de 100%.

II - No motor a gasolina de um barco, quando ocorre a queima e a expansão do combustível sua energia interna permanece constante.

III - O rendimento do motor de um navio que navega no rio Amazonas é teoricamente menor do que quando navega na Antártida.

IV - Uma máquina térmica de rendimento 40%, que realiza um trabalho útil de 8000J, rejeita para o ambiente 12000J.

Estão corretas as afirmativas:

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

MECÂNICA DOS FLUIDOS

1 – INTRODUÇÃO

O termo HIDROSTÁTICA diz respeito ao estudo dos fluidos em repouso. Um fluido em repouso. Um fluido é toda substância que pode facilmente escoar e que muda de forma quando submetido a pequenas forças, isto significa que a palavra fluido refere-se tanto a um líquido como a um gás.

2 – CONCEITO DE MASSA ESPECÍFICA E DENSIDADE

Seja uma substância de massa m , cujo volume ocupado pela massa seja V . define-se massa específica desta substância a relação:

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



A densidade de um corpo, maciço ou não, é dada pela relação entre a massa do corpo e o volume ocupado pelo corpo e não pela massa que constitui o corpo.

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

Observação:

Quando o objeto for maciço e homogêneo, a densidade coincide com a massa específica.

2.1 – UNIDADES DE DENSIDADE

2.1.1 – SISTEMA INTERNACIONAL

A densidade é medida em:
 $U[d] = \text{kg/m}^3$

2.1.2 – SISTEMA CGS

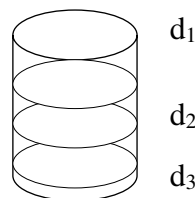
A unidade será:
 $U[d] = \text{g/cm}^3$

Também costuma-se usar o **kg/L**, como unidade de densidade.

A relação entre essas grandezas é:
 $1 \text{ kg/m}^3 = 1.000 \text{ g/cm}^3 = 1000 \text{ kg/L}$

2.2 – PROPRIEDADE

Quando vários líquidos, imiscíveis, são colocados em um mesmo recipiente elas se superpõem em ordem decrescente de densidades.



$$d_1 < d_2 < d_3$$

Exercícios

01) Um cubo oco de alumínio apresenta 100g de massa e volume de 50 cm^3 . O volume da parte vazia é 10 cm^3 . A densidade do cubo e a massa específica do alumínio são, respectivamente:

- a) $0,5 \text{ g/cm}^3$ e $0,4 \text{ g/cm}^3$
- b) $2,5 \text{ g/cm}^3$ e $2,0 \text{ g/cm}^3$
- c) $0,4 \text{ g/cm}^3$ e $0,5 \text{ g/cm}^3$
- d) $2,0 \text{ g/cm}^3$ e $2,5 \text{ g/cm}^3$
- e) $2,0 \text{ g/cm}^3$ e $10,0 \text{ g/cm}^3$

02) Um automóvel percorre 10 km consumindo 1 litro de álcool quando se movimenta a 72 km/h . se a densidade do álcool é de $0,8 \text{ g/cm}^3$, a massa em gramas, consumida pelo veículo, por segundo, é igual a:

- a) 0,8 b) 1,6 c) 3,6 d) 4,8 e) 7,2

03) A densidade do mercúrio é de $13,6 \text{ g/cm}^3$ e a da água é de 1 g/cm^3 . Quais das afirmações abaixo estão corretas?

- I. A densidade do mercúrio é equivalente a $13\ 600 \text{ kg/m}^3$.
 - II. Para massas iguais, o volume ocupado pelo mercúrio é maior do que o ocupado pela água.
 - III. A densidade do mercúrio é equivalente a $13,6 \text{ kg/L}$
 - IV. A massa correspondente a 1.000 L de água é 1.000 kg.
- a) I e IV b) II e III c) II e IV d) I e II e) I e III

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

- a) 6,6 b) 1,6 c) 0,6 d) 6 e) 16

05) Uma jóia de prata pura, homogênea e maciça tem massa 200 g e ocupa um volume de 20 cm^3 . Determine a densidade da jóia e a massa específica da prata.

06) Um cubo de aresta 8 cm é homogêneo, exceto na sua parte central, onde existe uma região oca, na forma de um cilindro de altura 4 cm e área da base 5 cm^2 . Sendo 1.280 g a massa do cubo, determine:

- a) a densidade do cubo;
- b) a massa específica da substância que o constitui.

07) Determine a densidade de uma mistura homogênea em volumes iguais de dois líquidos de densidades $0,8 \text{ g/cm}^3$ e 1 g/cm^3 .

08) Determine a densidade de uma mistura homogênea em massas iguais de dois líquidos de densidades $0,3 \text{ g/cm}^3$ e $0,7 \text{ g/cm}^3$.

09) Dois líquidos miscíveis têm, respectivamente densidades $D = 3 \text{ g/cm}^3$ e $d = 2 \text{ g/cm}^3$. Qual é a densidade de uma mistura homogênea dos dois líquidos composta, em volume, de 40% do primeiro e 60% do segundo?

10) Dois tubos iguais contêm: um, azeite de oliva; o outro, água. Os líquidos tem o mesmo peso, mas alcançam as alturas de 50 cm e 46 cm, respectivamente. Determinar a densidade do azeite de oliva. (Dado: densidade da água = 1 g/cm^3)

11) Um recipiente contém um líquido **A** de densidade $0,6 \text{ g/cm}^3$ e volume **V**. Outro recipiente contém um líquido **B** de densidade $0,70 \text{ g/cm}^3$ e volume **4 V**. Os dois líquidos são miscíveis. Qual a densidade da mistura?

12) Misturam-se massa iguais de dois líquidos de massas específicas $0,4 \text{ g/cm}^3$ e $1,0 \text{ g/cm}^3$. Determine a massa específica da mistura.

3 – CONCEITO DE PRESSÃO

Considere um bloco de peso 300 N apoiado sobre uma superfície plana de 2 m^2 de área. A força de 300 N comprime a superfície e está uniformemente distribuída na área de apoio do bloco.

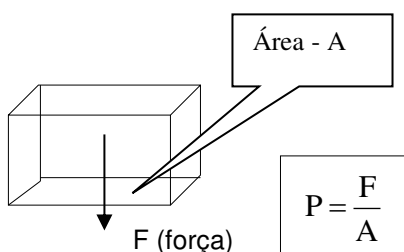


Se desejarmos saber qual a força exercida pelo corpo em cada m^2 , basta fazer a divisão:

$$\frac{300\text{N}}{2\text{m}^2} = 150\text{N/m}^2$$

Este resultado indica que cada m^2 da superfície está sendo comprimido por uma força de 150 N. O conceito de pressão se refere a este resultado: 150 N/m^2 que é o valor da pressão que o peso do bloco exerce sobre a superfície em que se apóia.

Matematicamente, temos:



Onde **P** é a pressão exercida pela **F** sobre a área **A**

3.1 – UNIDADE DE PRESSÃO

3.1.1 – SISTEMA INTERNACIONAL SI

No sistema Internacional de unidades a pressão é medida em:

$$U[p] = \text{N/m}^2 \text{ ou pascal (Pa)}$$

3.1.2 – SISTEMA CGS

No sistema CGS a unidade de pressão é:

$$U[p] = \text{dyn/cm}^2 \text{ ou bária (ba)}$$

3.2 – PRESSÃO ATMOSFÉRICA

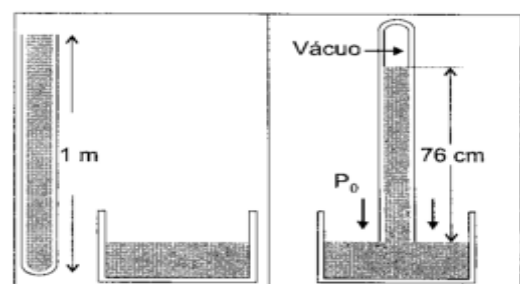
A Terra é envolvida por uma camada gasosa denominada de atmosfera que é constituída de uma mistura gasosa dos quais podemos destacar: **Oxigênio com 23%, o Nitrogênio com 75,5%, o Anidrido Carbônico, o Argônio e o vapor d'água (1,5%)**, aproximadamente. Este ar, como todo objeto próximo da Terra, é atraído por ela, isto significa que o ar tem peso em consequência, esta camada, que se eleva em dezenas de quilômetros, exerce uma pressão sobre a superfície da Terra. Esta pressão é denominada de **pressão atmosférica**.

3.2.1 – EXPERIÊNCIA DE EVANGELISTA TORRICELLI

A existência da pressão atmosférica era colocada em dúvida até a época de Galileu (século XVIII), por muitos físicos da época. A comprovação da existência desta pressão foi feita pelo italiano Torricelli, que além de provar a existência da pressão atmosférica permitiu a determinação de valor.

Inicialmente Torricelli tomou um tudo de vidro de 1,0 metro de comprimento, fechado em uma de suas extremidades, e colocou mercúrio até encher completamente (**figura a**), em seguida Torricelli fechou a extremidade aberta com o dedo, inverteu o tudo e mergulhou esta outra extremidade em um recipiente contendo também mercúrio (**figura b**), ao destampar o tubo, dentro do recipiente, verificou que a coluna de líquido descia, até estabilizar a uma altura de cerca de 76 cm acima do nível de referência de mercúrio no recipiente. Na parte superior do tubo formou-se um vácuo. Como a altura da coluna de mercúrio no tubo era de 76 cm, Torricelli chegou a conclusão que a pressão atmosférica era que equilibrava a altura da coluna de mercúrio e, portanto teria um valor equivalente, sendo:

$$P_0 = 76 \text{ cmHg} = 1 \text{ atmosfera (atm)} = 760 \text{ mmHg}$$



Obs₁:

A experiência de Evangelista Torricelli foi realizada ao nível do mar, portanto, a pressão de 76 cmHg é pressão atmosférica ao nível do mar.

Obs₂:

Blaise Pascal realizou esta mesma experiência no alto de uma montanha e verificou que a pressão atmosférica era menor que 76 cmHg. A partir daí concluí-se que a pressão atmosférica de um lugar depende da altitude sendo que a medida que a altitude aumenta a pressão atmosférica diminui.

Obs₃:

A pressão atmosférica diminui com a altitude, em aproximadamente 10 mmHg para 100 metros de altitude, aproximadamente.

3.2.2 – VARIAÇÃO DA PRESSÃO ATMOSFÉRICA COM A ALTITUDE

ALTURA EM METROS	P ₀ (cmHg)
0 (nível do mar)	76
500	72
1.000	67
2.000	60
3.000	53
4.000	47
5.000	41
6.000	36
7.000	31
8.000	27
9.000	24
10.000	21

A diminuição da pressão com a altitude é decorrente do fato de que à medida que a altitude aumenta, o ar fica mais rarefeito e menor é a espessura da camada da atmosfera que esta acima daquele local. Qualquer aparelho destinado a medir a pressão atmosférica é denominado de **BARÔMETRO**.

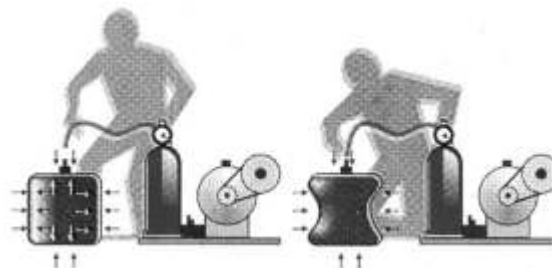
3.2.3 – APLICAÇÕES DA PRESSÃO ATMOSFÉRICA

a) Quando se usa um canudinho para se tomar um refresco, é a pressão atmosférica que torna isto possível. Quando você suga a extremidade do canudinho, você está retirando o ar do interior do canudinho, diminuindo a pressão do ar no seu interior e a pressão atmosférica atuando sobre o líquido, empurra o líquido fazendo com que ele suba no interior do canudinho.



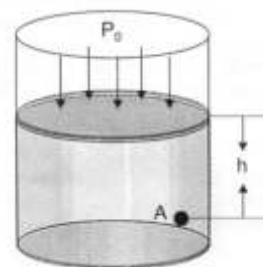
b) A nossa respiração só é possível graças a atuação da pressão atmosférica. Para isto, ampliamos o volume da nossa caixa torácica, abaixando o diafragma. Assim, a pressão nos pulmões se torna menor e, de maneira semelhante ao que ocorre no canudinho, a pressão atmosférica empurra o ar para dentro deles.

c) Bomba de vácuo: No século XVII, foi realizada na cidade de Magdeburgo, na Alemanha, uma experiência para demonstrar a força da pressão atmosférica. O prefeito da cidade, Otto Von Guericke, inventou um tipo de bomba capaz de retirar a grande quantidade de ar de um recipiente, esta bomba recebeu o nome de bomba de vácuo.



3.3 – PRESSÃO EXERCIDA POR UM LÍQUIDO EM REPOUSO – PRESSÃO HIDROSTÁTICA

Seja um líquido ideal e em equilíbrio dentro de um recipiente. A pressão atmosférica exerce uma pressão constante sobre toda a superfície livre do líquido. Dentro do líquido a pressão aumenta de acordo com a profundidade. O aumento de pressão dentro do líquido depende da densidade do líquido, **d**, da aceleração da gravidade, **g**, e da altura da coluna de líquido (profundidade, **h**).



Observe, na figura a seguir, que a saída da água é mais fraca nos buracos localizados mais acima, indicando, assim que a pressão varia, **aumentando com a profundidade**.



A pressão exercida, exclusivamente, pela coluna de líquido no ponto **A** (pressão efetiva), indicado na figura, é dada pela expressão:

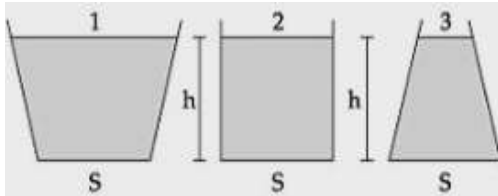
$$P = d \cdot g \cdot h$$

A pressão absoluta ou pressão total sobre o ponto **A**, será a soma da pressão efetiva com a pressão atmosférica (P_0), assim temos:

$$P_{abs.} = P_0 + dgh$$

Verifique que, a pressão hidrostática depende da natureza do líquido (caracterizada pela densidade, d), da profundidade, h , e da aceleração da gravidade, g , sendo diretamente proporcional a estas grandezas.

A pressão hidrostática independe da forma do recipiente.



Seendo líquidos iguais e alturas iguais, as pressões nos pontos **A**, **B** e **C**, são iguais ou seja:

$$P_1 = P_2 = P_3$$

Um líquido exerce pressão em todas as direções sobre um corpo imerso em seu interior.



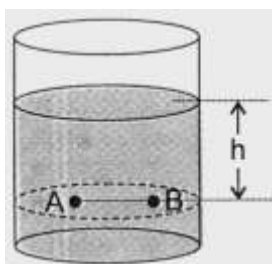
3.3.1 – TEOREMA DE STEVIN

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

$$P_{abs.} = P_0 + dgh$$

3.3.2 – LINHAS ISÓBARAS

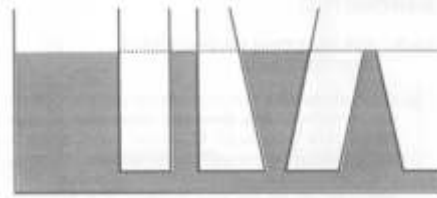
Todos os pontos, no interior de um mesmo líquido em equilíbrio, situados em uma mesma horizontal (mesma altura) possuem a mesma pressão.



Na figura acima, as pressões nos pontos **A** e **B** são iguais, pois pertencem à mesma linha isobárica (estão à mesma profundidade).

3.3.3 – VASOS COMUNICANTES

São conjuntos formados por dois ou mais recipientes, que não precisam ter as mesmas formas, que se interligam por meio de um tubo.

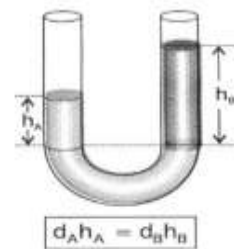


Nos vasos comunicantes, a superfície se mantém na mesma horizontal, independentemente da forma do recipiente.



3.3.4 – LÍQUIDOS NÃO MISCÍVEIS EM EQUILÍBRIO

Em um vaso comunicante em forma de **U**, contendo dois líquidos imiscíveis em equilíbrio, as alturas das colunas dos líquidos medidas em relação a um mesmo nível, são inversamente proporcionais as suas respectivas densidade.



3.4 – VARIAÇÃO DA PRESSÃO COM A PROFUNDIDADE X EFEITOS FISIOLÓGICOS.

O organismo humano é uma composição de estruturas sólidas e líquidas, que são praticamente incompressíveis, em consequência, variações de pressão externa provocam alterações sobre estas estruturas. A presença de gases no organismo provoca, ainda, uma aceleração nessas mudanças.

O ouvido médio é uma cavidade de ar através do tímpano, dentro da cabeça. Se a pressão nessa cavidade não for igual à pressão no lado externo do tímpano, a pessoa pode sentir-se com mal-estar. Ela pode evitar isto equalizando as pressões através do bocejo, da mastigação ou da deglutição.

Quando uma pessoa mergulha na água, a equalização das pressões nos dois lados do tímpano, pode não ocorrer, e uma diferença de 120 torr pode ocasionar a sua ruptura. Uma maneira de equalizar essas pressões é aumentar a pressão da boca, mantendo a boca e o nariz fechados e forçando um pouco o ar dos pulmões para as trompas de Eustáquio.



A pressão dos pulmões, a qualquer profundidade atingida num mergulho, é maior que a pressão parcial do oxigênio faz com que um maior número de moléculas desse gás seja transferido para o sangue. Dependendo desse acréscimo, pode ocorrer envenenamento por oxigênio que é a oxidação de enzimas dos pulmões, que pode provocar convulsões.

Exercício

01) Você está em pé sobre o chão de uma sala. Seja p a pressão média sobre a pressão média sobre o chão debaixo das solas dos seus sapatos. Se você suspende um pé, equilibrando-se numa perna só, essa pressão média passa a ser:

- a) p b) $p/2$ c) $2p$ d) p^2 e) $4p$

02) Um prego é colocado entre dois dedos que produzem a mesma força, de modo que a ponta do prego é pressionada por um dedo e a cabeça do prego pelo outro. O dedo que pressiona o lado da ponta sente dor em função:

- a) da pressão ser inversamente proporcional à área para uma mesma força.
b) da força ser diretamente proporcional à aceleração e inversamente proporcional à pressão.
c) da pressão ser diretamente proporcional à força para uma mesma área.
d) da sua área de contato ser menor e, em consequência, a pressão também.
e) do prego sofrer uma pressão igual em ambos os lados, mas em sentidos opostos.

03) Uma faca está cega. Quando afiamos, ela passa de:

- a) área de contato.
b) esforço.
c) força.
d) pressão.
e) sensibilidade.

04) Um recipiente, de paredes rígidas e forma cúbica, contém gás à pressão de 150 N/m^2 . Sabendo-se que cada aresta do recipiente é igual a 10 cm , a força resultante sobre cada uma das faces do recipiente, em newtons, tem intensidade:

- a) $1,5 \cdot 10^{-1}$ c) $1,5$ e) $1,5 \cdot 10$
b) $1,5 \cdot 10^2$ d) $1,5 \cdot 10^3$

05) Quatro cubos metálicos homogêneos e iguais, de aresta 10^{-1} m , acham-se dispostos sobre um plano.

Sabe-se que a pressão aplicada pelo conjunto sobre o plano é 10 N/m^2 . Adotando $g = 10 \text{ m/s}^2$, podemos afirmar que a densidade dos cubos será aproximadamente de:

- a) $4 \cdot 10^3 \text{ Kg/m}^3$ d) $0,4 \cdot 10^3 \text{ Kg/m}^3$
b) $2,5 \cdot 10^3 \text{ Kg/m}^3$ e) $0,25 \cdot 10^3 \text{ Kg/m}^3$
c) 10^3 Kg/m^3

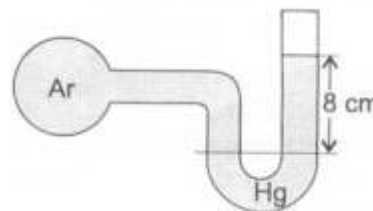
06) Submerso em um lago, um mergulhador constata que a pressão absoluta no medidor que se encontra no seu pulso corresponde a $1,6 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$. Considere a massa específica da água sendo 10^3 Kg/m^3 e a aceleração da gravidade 10 m/s^2 . Em relação à superfície, o mergulhador encontra-se a uma profundidade de:

- a) $1,6 \text{ m}$ c) $6,0 \text{ m}$ e) 16 m
b) $5,0 \text{ m}$ d) 10 m

07) As paredes externas de um submarino podem suportar uma diferença de pressão máxima de 10 atm . Considerando que um atm equivale a 10^5 N/m^2 , que a densidade da água do mar é 10^3 Kg/m^3 e que o interior do submarino se mantém à pressão de um atm, a profundidade máxima que pode ser alcançada por esse submarino é, em metros:

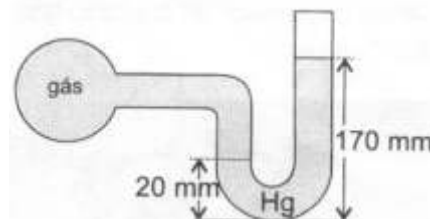
- a) 10 c) 50 e) 100
b) 400 d) 1.000

08) A figura mostra um frasco contendo ar conectado a um manômetro de mercúrio e tubo U. O desnível indicado vale 8 cm . A pressão atmosférica é 69 cmHg . A pressão do ar dentro do frasco, em cmHg , é:



- a) 8 cm b) 77 c) 69 d) ar e) 76

09) Para medir a pressão P exercida por um gás contido num recipiente, utilizou-se um manômetro de mercúrio, obtendo-se os valores indicados na figura. A pressão atmosférica local, medida por um barômetro, indicava 750 mmHg . O valor de P em mmHg , é:



- a) 150 b) 900 c) 170 d) 940 e) 750

10) A transfusão de sangue é feita ligando-se à veia do paciente um tubo que está conectado a um bolsa de plasma. A bolsa situa-se sobre uma altura aproximadamente de $1,0 \text{ m}$ acima do braço do paciente. A pressão venosa é 4 mmHg . Despreze a

pressão do ar no interior da bolsa do plasma. Qual a pressão do plasma ao entrar na veia?

- a) 73,5 mmHg d) 63,5 mmHg
b) 83,5 mmHg e) 45,8 mmHg
c) 100 mmHg

11) Analisando a questão anterior o que aconteceria se o tubo fosse ligado numa artéria, cuja pressão média é 100 mmHg?

(Dados: densidade do plasma = 1 g/cm³. Considere P_{atm} = 750 mmHg e g = 9,8m/s²).

- a) o sangue fluiria para dentro da bolsa.
b) não haveria fluxo sanguíneo.
c) o plasma fluiria para dentro da artéria.
d) a velocidade do plasma aumentaria.
e) nada disso pode ocorrer.

12) Suponha que o sangue tenha a mesma densidade que a água e que o coração seja uma bomba capaz de bombeá-lo a uma pressão de 150 mmHg acima da pressão atmosférica. Considere que uma pessoa, cujo cérebro está 50 cm acima do coração e adote, para simplificar, 1 atm = 750 mmHg. Até que a altura o coração consegue bombear o sangue?

- a) 10,4 m c) 12,24 m e) 14,24 m
b) 15,6 m d) 21,2 m

13) Suponha que essa pessoa esteja em um outro planeta. A que aceleração gravitacional máxima ela pode estar sujeita, para que ainda receba sangue do cérebro?

- a) 244,8 m/s² d) 144,8 m/s²
b) 98,6 m/s² e) 30,8 m/s²
c) 200,6 m/s²

(Dados: densidade do mercúrio = 13,6 g/cm³; densidade da água = 1 g/cm³; g = 10 m/s²).

14) Ao nível do mar, um barômetro de mercúrio indica 76 cm, equivalente a pressão de 1,0 x 10⁵ N/m². A medida que subimos a partir do nível do mar para o alto da serra, ocorre uma queda gradual de 1 cmHg da pressão atmosférica para cada 100 metros de subida, aproximadamente. Pode-se concluir que a pressão atmosférica numa cidade a 900 m de altitude em relação ao nível do mar vale em Pa.

- a) 88.000 c) 82.000 e) 67.000
b) 6.700 d) 670

15) Ao projetar o sistema de fornecimento de água de uma cidade, um técnico tem que dimensionar as caixas-d'águas de cada bairro, levando em conta as leis da física. Acerca da maneira mais adequada de desenvolver tal projeto, analise as seguintes proposições:

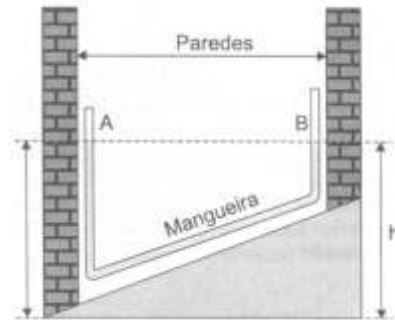
- I- o técnico deve projetar caixas d'águas tanto mais largas quanto mais longe, em média, estiverem as residências.
II- caixas d'águas de diferentes formatos apresentam diferentes eficiências quanto ao fornecimento de água.
III- Num sistema de abastecimento de água onde nenhuma bomba está presente, o agente físico responsável pela pressão da água nos canos à força gravitacional.

IV- a pressão da água no interior da tubulação de uma residência independe do diâmetro dos canos.

São corretas:

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

16) Uma mangueira transparente, com as extremidades abertas e parcialmente cheia de água, é usada por um pedreiro para determinar se os dois pontos estão no mesmo nível (h). A figura abaixo ilustra esse procedimento. Como uma pessoa que conhece os princípios da física justificaria a afirmação do pedreiro que os pontos **A** e **B** estão no mesmo nível?



- a) devido à viscosidade da água, as colunas nos dois lados da mangueira atingem o mesmo nível.
b) O empuxo é o responsável por nivelar as colunas da água nos dois lados.
c) Os pontos **A** e **B** estão submetidos à mesma pressão e portanto estão no mesmo nível.
d) Devido ao princípio de Pascal, uma variação de pressão num ponto do líquido não é transmitido de maneira uniforme aos outros pontos, a não ser que estes pontos estejam no mesmo nível.
e) Não depende da altitude.

17) Um garoto toma refrigerante utilizando um canudinho. Podemos afirmar corretamente que, ao puxar o ar pela boca, o menino:

- a) reduz a pressão dentro do canudinho.
b) aumenta a pressão dentro do canudinho.
c) aumenta pressão fora do canudinho.
d) reduz a pressão fora do canudinho.
e) reduz a aceleração da gravidade dentro do canudinho.

18) Estudando a pressão em fluidos, vê-se que a variação da pressão nas águas do mar é proporcional à profundidade **h**. No entanto, a variação da pressão atmosférica, quando se sobe a montanhas elevadas, não é exatamente proporcional à altura. Isto deve-se ao fato:

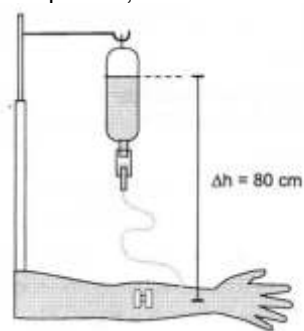
- a) da aceleração gravitacional variar mais na água do que no ar.
b) da aceleração gravitacional variar mais no ar que na água.
c) do ar possuir baixa densidade.
d) da densidade do ar não ser uniforme.
e) do ar ser compressível.

19) O impacto de uma partícula de lixo, que atinge a nave espacial Columbia, produz uma pressão da ordem

de 100 N/cm². Nestas condições, tendo a partícula 2 cm², a nave sofre uma força de:

- a) 100 N c) 200 N
b) 800 N d) 1.600 N

20) Um técnico em saúde, sabe que para o soro penetrar na veia do paciente. O nível superior do soro deve ficar acima do nível da veia, conforme a figura abaixo. Considere a aceleração da gravidade $g = 10 \text{ m/s}^2$ e a densidade do soro de $1,0 \text{ g/cm}^3$. A pressão exercida, exclusivamente, pela coluna de soro na veia do paciente, em pascal, é de:

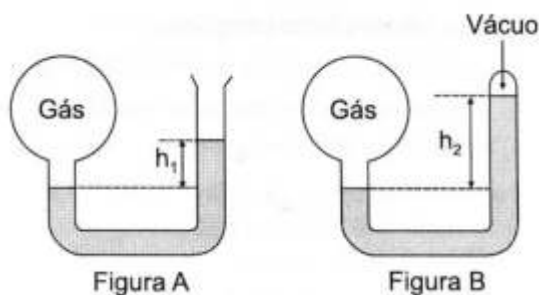


- a) 8 c) 80 e) 800
b) 8.000 d) 80.000

21) Num vaso cilíndrico, de raio 5 cm, é colocado mercúrio até à altura de 50 cm. Sendo $13,6 \text{ g/cm}^3$ a densidade do mercúrio, 1.000 cm/s^2 a aceleração da gravidade e 10^6 bárias a pressão atmosférica, determine:

- a) a pressão total no fundo do vaso;
b) a pressão total no fundo do vaso;
c) a intensidade da força atuante no fundo do vaso.

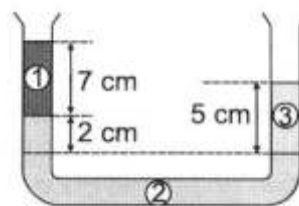
22) A pressão exercida por um gás pode ser medida por um manômetro de tubo aberto (fig. a) ou por um manômetro de tubo fechado (fig. b). A altura da coluna de mercúrio no manômetro de tubo aberto é $h_1 = 20 \text{ cm}$. Sendo a pressão atmosférica igual a 76 cmHg , determine:



- a) a pressão exercida pelo gás em cmHg, mmHg e atm;
b) a altura h_2 da coluna de mercúrio no manômetro de tubo fechado.

23) Água de densidade 1 g/cm^3 e o mercúrio de densidade $13,6 \text{ g/cm}^3$, são colocados num tubo em U, de modo que a altura da coluna de mercúrio, medida a partir da superfície de separação, é 2 cm. Determine a altura da coluna de água medida a partir da mesma superfície.

38) A figura mostra como três líquidos imiscíveis de densidades diferentes se dispõem num tubo em U, sendo dadas as densidades do líquido 1 ($d_1 = 0,4 \text{ g/cm}^3$) e do líquido 3 ($d_3 = 2,5 \text{ g/cm}^3$), determine a densidade d_2 do líquido 2.



24) Um oceanógrafo construiu um aparelho para medir profundidades no mar. Sabe-se que o aparelho suporta uma pressão até $2 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$. Qual a máxima profundidade que o aparelho pode medir? (Dados: pressão atmosférica = 10^5 N/m^2 ; massa específica da água do mar $d = 1.030 \text{ kg/m}^3$; aceleração da gravidade $g = 10 \text{ m/s}^2$).

25) O organismo humano pode ser submetido, sem conseqüências danosas, a uma pressão de no máximo $4 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ e a uma taxa de variação de pressão de no máximo 10^4 N/m^2 por segundo. Nestas condições:

- a) qual a máxima profundidade recomendada a um mergulhador? Adote pressão atmosférica igual a 10^5 N/m^2
b) qual a máxima velocidade de movimentação na vertical recomendada para um mergulhador? (Dados: densidade da água = 10^3 kg/m^3 e $g = 10 \text{ m/s}^2$).

26) No interior de um tubo em U, que contém mercúrio, coloca-se um líquido de densidade 2 g/cm^3 até este ocupar uma altura de $27,2 \text{ cm}$. A densidade do mercúrio é $13,6 \text{ g/cm}^3$.

- a) Calcule a altura da coluna de mercúrio a partir da superfície de separação.
b) A seguir, o tubo em U é conectado a um recipiente que contém gás e verifica-se que o nível superior dos líquidos é o mesmo nos dois ramos. A pressão exercida pelo gás é maior, menor ou igual à pressão atmosférica? Porque? Considere a conexão feita pelo ramo onde foi colocado o líquido.

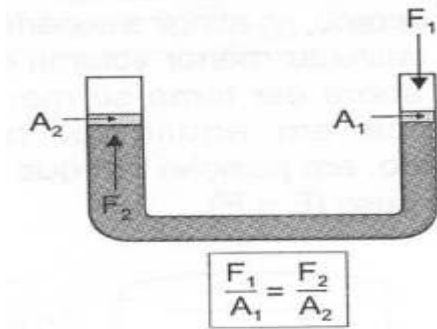
4 – PRINCÍPIO DE PASCAL

“Qualquer acréscimo de pressão exercido num ponto de um fluido em equilíbrio se transmite integralmente a todos os pontos desse fluido e às paredes do recipiente que o contém”.

Vejamos, a seguir, algumas aplicações do Princípio Pascal:

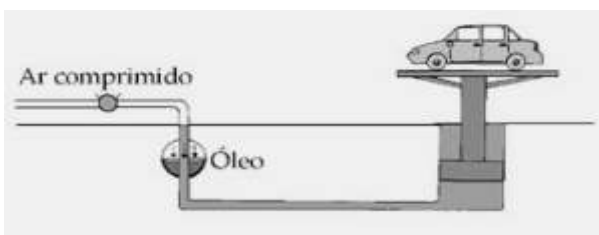
4.1 – PRENSA HIDRÁULICA

A prensa hidráulica funciona baseada no princípio de Pascal. O dispositivo é constituído de dois recipientes de diâmetros diferentes ligados por um duto, em sua parte inferior. Dentro dele coloca-se um fluido e nas extremidades são colocados êmbolos ou pistões.



4.2 – ELEVADORES HIDRÁULICOS

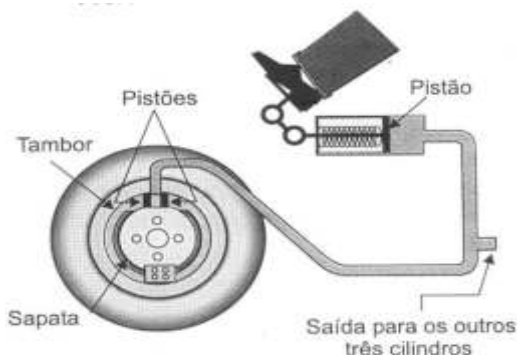
São equipamentos utilizados em postos de combustíveis. Os automóveis são erguidos por uma prensa hidráulica, para que possam ser vistoriados pela parte de baixo. Aplica-se uma pequena força no êmbolo de menor área, consegue-se no êmbolo maior uma força centenas de vezes maior, suficiente para elevar um automóvel. Portanto a prensa hidráulica é um multiplicador de forças.



4.3 – FREIOS HIDRÁULICOS

Os freios hidráulicos dos automóveis também funcionam baseados no princípio de Pascal. Aplica-se uma força no pedal do freio o que provoca uma variação de pressão que se transmite integralmente, por meio do fluido, o fluido comprime as lonas contra o tambor, preso a roda, com uma força bem maior que aquela aplicada no pedal, atuando para impedir a rotação da roda.

Freio hidráulico do automóvel



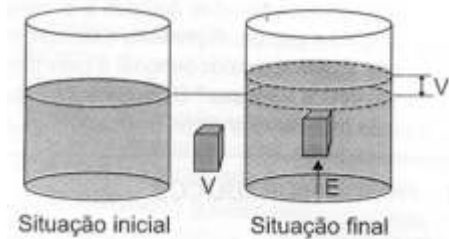
5 – PRINCÍPIO DE ARQUIMEDES – UMA FORÇA CHAMADA EMPUXO.

Quando você mergulha nas águas do mar ou de uma piscina, deve observar que se sente mais leve, como se a água estivesse empurrando seu corpo para cima, diminuindo seu peso. Isto ocorre porque a água exerce uma força sobre o seu corpo dirigida

verticalmente para cima, denominada **empuxo**. Quem observou esse fenômeno pela primeira vez foi o sábio grego Arquimedes, também durante um banho.

Princípio de Arquimedes

“Todo corpo mergulhado em um fluido sofre a ação de uma força – denominada empuxo – dirigida verticalmente para cima, cujo módulo é igual ao módulo do peso do volume do fluido deslocado”.



Observe que o aumento no nível do volume do líquido é exatamente igual ao volume do corpo nele imerso **V**. O empuxo sobre o corpo corresponde, exatamente, ao peso deste volume deslocado, assim temos:

$$E = d_{liq} \cdot V_{liq} \cdot g$$

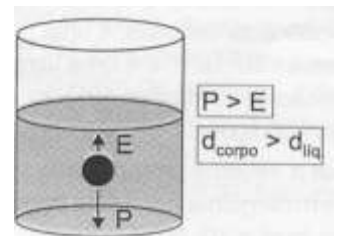
Onde d_{liq} é a densidade do líquido e V_{liq} é o volume de líquido deslocado e **E** é o empuxo.

O empuxo aparece porque as forças de pressão sobre o corpo são maiores em pontos de maior profundidade como as forças que atuam não tem módulos iguais, a resultante delas não será nula.

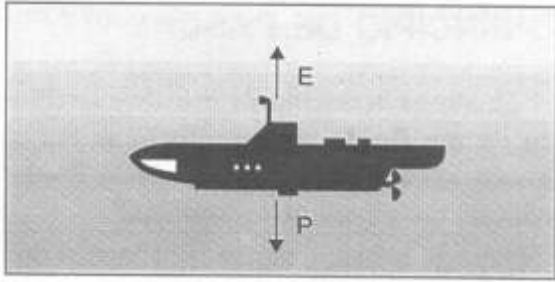


Agora vejamos, posteriormente, algumas observações:

- Quando o peso do corpo é maior que o empuxo ($P > E$), a resultante das forças está dirigida para baixo e o corpo afunda no líquido, nessas condições a densidade do corpo é maior que a densidade do líquido.



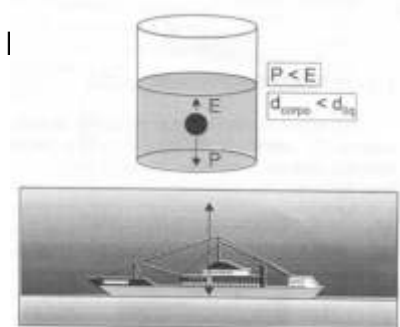
- Quando o peso do corpo é igual ao empuxo ($P = E$), a resultante das forças é nula e o corpo, totalmente mergulhado, permanece em repouso na posição em que foi abandonado. Nessas condições a densidade do corpo é igual a densidade do líquido.



Quando um submarino está em repouso dentro da água o peso é igual ao empuxo e a densidade média do submarino é igual a densidade da água.

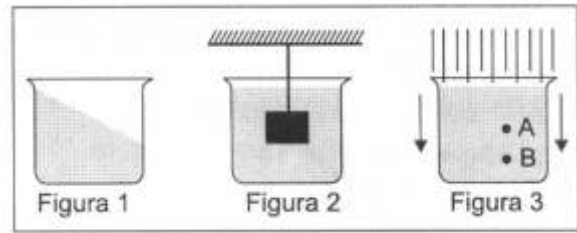
- Quando o peso do corpo é menor que o empuxo ($P < E$), a resultante das forças está dirigida para cima e o corpo abandonado sobe para a superfície do líquido. Nessas condições a densidade do corpo é menor que a densidade do líquido. Nesta situação o corpo, ao atingir a superfície ao emergir passa a deslocar menor volume de líquido e o empuxo sobre ele torna-se menor. O corpo, então, fica em equilíbrio, parcialmente mergulhado, em posição em que o empuxo se iguala ao peso ($E = P$)

Ex: Um navio flutuando, em equilíbrio, parcialmente mergulhado na água.



01. Os princípios estudados em hidrostática são fundamentais para a compreensão de fenômenos como a determinação das pressões sanguínea e intra-ocular, o comportamento dos animais subaquáticos e até mesmo o funcionamento de um submarino. Com base nesses princípios analise as afirmações abaixo.

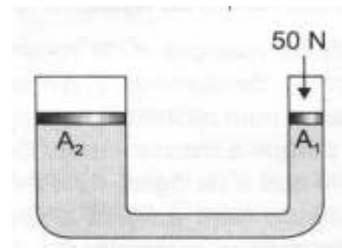
- I- Se um líquido, contido em um recipiente, tem sua superfície inclinada conforme mostra a figura 1, pode-se assegurar que o recipiente está em movimento retilíneo uniforme.
- II- A figura 2 mostra uma peça metálica suspensa por um fio e imersa na água. Ao se dissolver açúcar no meio líquido, a tensão do fio diminuirá.
- III- Na figura 3, é mostrado num recipiente, em queda vertical, contendo um determinado líquido. Nessa circunstância, a pressão no ponto A é igual à pressão do ponto B.
- IV- Para que um peixe se mantenha imóvel, quando imerso na água, sua densidade média deve ser igual à densidade do meio em que está imerso.



01. I, III e IV.

- d) Somente I e IV.
- e) Somente II e IV.

02. No macaco hidráulico representado na figura, sabe-se que as áreas das seções transversais dos vasos verticais são $A_1 = 20 \text{ cm}^2$, $A_2 = 0,04 \text{ m}^2$.



Qual é o peso máximo que o macaco pode levantar quando fazemos uma força de 50 N em A_1 ?

- a) 100 N
- b) 1.000 kgf
- c) 1.000 N
- d) 10.000 kgf
- e) 200 kgf

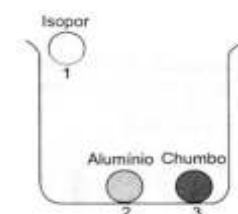
03. A prensa hidráulica é baseada:

- a) no Princípio de Pascal.
- b) no Princípio de Arquimedes.
- c) na Lei de Stevin.
- d) na Lei de Coulomb.
- e) na Lei de Avogrado.

04. Puxar uma âncora de navio é relativamente fácil enquanto ela está dentro da água. Em relação a esse fato, a afirmativa correta é:

- a) A força necessária para içar a âncora dentro da água é igual à diferença entre seu peso e o empuxo que atua sobre ela.
- b) O empuxo da água sobre a âncora anula o seu peso.
- c) O empuxo da água sob a âncora é maior do que o seu peso.
- d) O material da âncora torna-se menos denso ao ser colocado dentro da água.
- e) O peso da âncora é menor quando ela se encontra dentro da água.

05. Três esferas maciças e de mesmo tamanho, de isopor (1), de alumínio (2) e chumbo (3), são depositadas num recipiente com água. A esfera 1 flutua porque a massa específica do isopor é menor do que a da água, mas as outras duas vão ao fundo (veja a figura a seguir) porque, embora a massa específica do alumínio seja menor que a do chumbo, ambas são maiores que a massa específica da água.



Se as intensidades dos empuxos exercidos pela água nas esferas forem, respectivamente, E_1 , E_2 e E_3 , tem-se:

- a) $E_1 = E_2 = E_3$
- b) $E_1 < E_2 < E_3$
- c) $E_1 > E_2 > E_3$
- d) $E_1 < E_2 = E_3$
- e) $E_1 = E_2 < E_3$

06. Um bloco de madeira, quando posto a flutuar livremente na água, cuja massa específica é $1,00 \text{ g/cm}^3$, fica com 44% do seu volume fora da água. A massa específica média dessa madeira, em g/cm^3 , é:

- a) 0,44
- b) 1,44
- c) 0,56
- d) 1,56
- e) 1,00

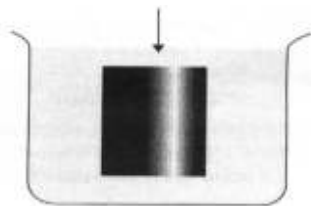
07. Uma esfera de massa 180g é colocada num recipiente contendo um líquido de densidade $1,2 \text{ g/cm}^3$. O volume da esfera é de 200 cm^3 . A densidade da esfera, em g/cm^3 , e o volume de líquido deslocado pela esfera, em cm^3 , valem, respectivamente:

- a) 0,90 e 150
- b) 0,90 e 180
- c) 0,90 e 200
- d) 0,32 e 180
- e) 0,32 e 200

08. Iceberg são blocos de gelo flutuantes que se despreendem das geleiras polares. Se apenas 10% do volume de um iceberg fica acima da superfície do mar e se a massa específica da água do mar vale $1,03 \text{ g/cm}^3$, podemos afirmar que a massa específica do gelo do iceberg, em g/cm^3 , vale, aproximadamente:

- a) 0,10
- b) 0,97
- c) 0,90
- d) 1,00
- e) 0,93

09. Um cilindro maciço é mantido totalmente imerso em um líquido mediante a aplicação de uma força vertical de intensidade 20 N, conforme mostra a figura:



quando abandonado, o cilindro flutua, ficando em equilíbrio com 1/3 do seu volume imerso. Nestas condições, o peso do cilindro, em newtons, vale:

- a) 5,0
- b) 10
- c) 15
- d) 20
- e) 25

10. Sabe-se que a densidade do gelo é $0,92 \text{ g/cm}^3$, a do óleo $0,8 \text{ g/cm}^3$ e a da água $1,0 \text{ g/cm}^3$. A partir desses dados, podemos afirmar que:

- a) o gelo flutua no óleo e na água.
- b) o gelo afunda no óleo e flutua na água.
- c) o gelo flutua no óleo e afunda na água.
- d) o óleo flutua sobre a água e o gelo flutua sobre o óleo.
- e) A água flutua sobre o gelo e afunda sobre o óleo.

11. Duas esferas de volumes iguais e densidades d_1 e d_2 são colocadas num recipiente contendo um líquido de densidade d . A esfera 1 flutua e a esfera 2 afunda, como mostra a figura:

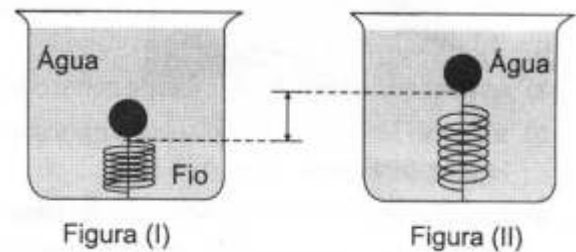


Qual das relações entre as densidades é verdadeira?

- a) $d_2 > d_1 > d$
- b) $d_1 > d_2 > d$
- c) $d_2 > d > d_1$
- d) $d > d_2 > d_1$
- e) $d_1 > d > d_2$

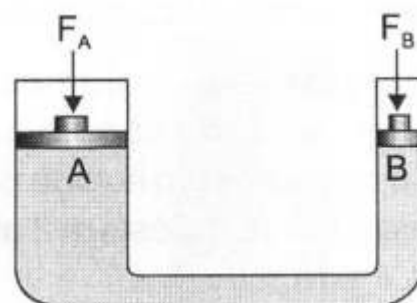
12. O corpo da figura (I) está preso a uma mola não – deformada e a um fio de peso desprezível. Seu volume é 20 litros e está totalmente imerso em água. A constante elástica da mola é 50 N/cm . Na figura (II) o fio foi cortado e o corpo atingiu o equilíbrio, deformando a mola de um comprimento x . Determine x .

Dados: densidade da água = $1 \text{ g/cm}^3 = 1 \text{ kg/l}$; $g = 10 \text{ m/s}^2$; massa do corpo = 8 kg.

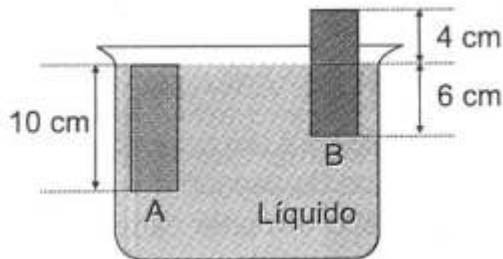


13. Numa experiência de laboratório, os alunos observaram que uma bola de massa especial afundava na água. Arquimedes, um aluno criativo, pôs sal na água e viu que a bola flutuou. Já Ulisses conseguiu o mesmo efeito modelando a massa sob forma de barquinho. Explique, com argumentos de Física, os efeitos observados por Arquimedes e Ulisses.

15. Temos dois tubos cilíndricos A e B de diâmetro D e $D/4$, respectivamente. Os cilindros formam um sistema de macaco hidráulico e os êmbolos são móveis. Considerando o sistema em equilíbrio e desprezando o peso dos êmbolos, ache a razão entre as intensidades das forças F_A/F_B .



16. Dois corpos de densidades diferentes mas de mesmo formato, são colocados dentro de um recipiente contendo um líquido e, depois de algum tempo, assume a posição descrita na figura. Sabendo-se que o corpo indicado pela letra **A** tem massa de 320 g e ocupa um volume de 400 cm^3 , determine a densidade do corpo **B**.



17. Uma esfera maciça e homogênea, de 24 cm^3 de volume, está com, exatamente metade de seu volume submerso, em equilíbrio, dentro de um líquido de 2 g/cm^3 de densidade, contido num recipiente cilíndrico de 16 cm^2 de base.

- Qual a densidade do material da esfera?
- Retirando a esfera, qual a variação do nível ao longo da altura do cilindro?

18. Um navio de 100 toneladas, após receber uma certa quantidade de sacas de café, de 60 kg cada, passou a ter um volume submerso $V = 160 \text{ m}^3$. Quantas sacas de café entraram no navio se a densidade da água é $1,0 \text{ g/cm}^3$?

19. Um iceberg flutua no mar. A densidade da água no mar é $1,025 \text{ g/cm}^3$ e a densidade do gelo de que é formado o *iceberg* é $0,918 \text{ g/cm}^3$. Determine a fração **V**, do volume do *iceberg* que permanece imerso em relação ao volume total.

20.(UFJF) Um aluno inventivo resolve medir a pressão que consegue fazer ao soprar uma mangueira. Para isso, enche uma mangueira transparente, de 1 cm de diâmetro, com água e sopra em uma das extremidades, deixando aberta a outra extremidade, como mostra a figura abaixo

FIGURA

- Se a diferença de altura H entre os níveis da água for de 0,7 m, calcule a pressão que o aluno será capaz de exercer.
- Se a mangueira usada tivesse o dobro do diâmetro, isto é, 2 cm, qual seria a diferença de altura conseguida entre os níveis da água, supondo que a pressão exercida, ao soprar fosse a mesma de antes? Justifique sua resposta.

21. (UFPA) Do trapiche da Vila de Mosqueiro, Maria observou um caboclo pescando em sua canoa. A explicação para o fato da canoa flutuar é que o empuxo recebido pela canoa é

- igual ao volume deslocado.
- igual ao peso da canoa.
- maior que o peso da canoa.
- menor que o peso da canoa.
- igual ao dobro do peso da canoa.

22) (UFPA) Quando um peixe morre em um aquário, verifica-se que, imediatamente após a morte, ele permanece no fundo e, após algumas horas, com a decomposição, são produzidos gases dentro de seu corpo e o peixe vê à tona (flutua). A explicação correta para este fato é que, com a produção de gases:

- o peso do corpo diminui, diminuindo o empuxo.
- o volume do corpo aumenta, aumentando o empuxo.
- o volume do corpo aumenta, diminuindo o empuxo.
- a densidade do corpo aumenta, aumentando o empuxo.
- a densidade do corpo aumenta, diminuindo o empuxo.

23) (UFV-MG) Consegue-se boiar na água salgada do Mar Morto com maior facilidade que em uma piscina de água doce. Isto ocorre porque:

- os íons Na^+ , presentes em elevada concentração na água do Mar Morto, tendem a repelir os íons positivos encontrados na pele do banhista, levando-o a flutuar facilmente.
- A densidade da água do Mar Morto é maior que a da água doce, o que resulta em um maior empuxo sobre o corpo do banhista.
- A elevada temperatura da região produz um aumento do volume do corpo do banhista, fazendo com que sua densidade seja inferior a da água desse mar.
- O Mar Morto encontra-se à altitude de 390 m abaixo do nível dos oceanos e, conseqüentemente, o peso do banhista será menor e este flutuará com maior facilidade.
- A alta taxa de evaporação do Mar Morto produz um colchão de ar que mantém o corpo do banhista flutuando sobre a água.

24) (UFPA) Seu Genésio sempre dizia que a madeira boa para fabricar barcos é aquela que afunda na água, Essa afirmação deixava João Batista intrigado: - se a madeira afundasse, como o barco poderia flutuar? Buscando explicações, João encontrou as seguintes afirmações, todas corretas:

- A madeira flutuará se sua densidade for menor que a da água.
- A densidade da madeira varia com a temperatura.
- A diferença de pressão entre o topo e a base do barco provoca o empuxo que o faz flutuar.
- A densidade da água aumenta, depois diminui, ao ser aquecida de 0°C a 20°C .
- Na condição de flutuação, o peso do barco e o empuxo que ele recebe da água têm a mesma intensidade.

Analise a alternativa que contém apenas as afirmações que explicam a flutuação do barco.

- I e II
- II e III
- I e III
- II e IV
- III e V

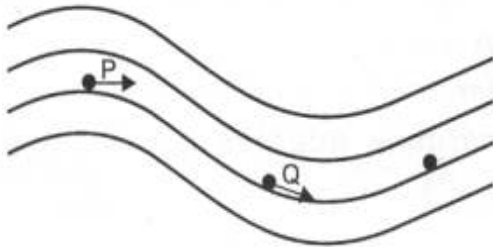
HIDRODINÂMICA

1 – ESCOAMENTO DOS FLUIDOS

O estudo do escoamento dos fluidos é, de um modo geral, muito complicado; podemos, porém, simplificá-lo, introduzindo algumas restrições que tornam o seu estudo mais acessível.

1.1 – ESCOAMENTO ESTACIONÁRIO

Um escoamento é dito estacionário quando a sua velocidade, em qualquer ponto, for constante, ou seja, não depende do tempo. Isto significa que cada partícula, ao passar por um ponto qualquer, **P**, por exemplo, segue a mesma trajetória das partículas que passaram anteriormente por este ponto **P**. Estas trajetórias são chamadas **linhas de corrente ou linhas de fluxo**.



Qualquer partícula que passe pelos pontos **P** ou **Q**, descreve a mesma linha de corrente, se o escoamento for estacionário, e com a mesma velocidade.

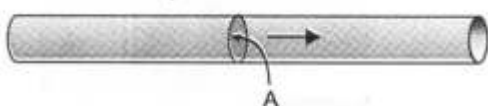
1.2 – ESCOAMENTO IRROTACIONAL

É todo escoamento que, em cada ponto do fluido, qualquer elemento possui velocidade angular nula. Imagine, então, uma roda d'água dentro de um líquido em movimento. Se a roda se deslocar sem girar o escoamento é dito irrotacional, caso contrário ele é dito rotacional.

Limitaremos o estudo dos fluidos em movimento para os escoamentos estacionários, irrotacionais, incompressíveis e não viscosos (viscosidade desprezível).

2 – EQUAÇÃO DA CONTINUIDADE – VAZÃO VOLUMÉTRICA

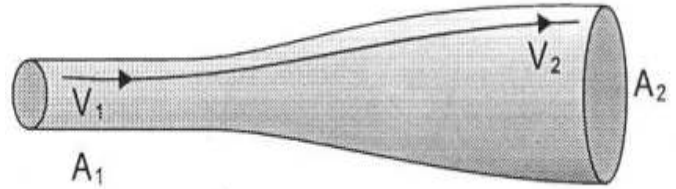
Considere um tubo de seção reta **A**, por onde esteja fluindo um líquido com velocidade **V**. Defina-se vazão volumétrica a expressão.



$$Q = A \cdot V \text{ ou ainda } Q = \frac{\text{Volume}}{\text{tempo}}$$

A unidade de pressão é o litro/s; cm³/s; m³/s

Considere, agora, um líquido ideal que flui através de um tubo de seção variável, como indica a figura abaixo. Pela conservação da massa, temos:

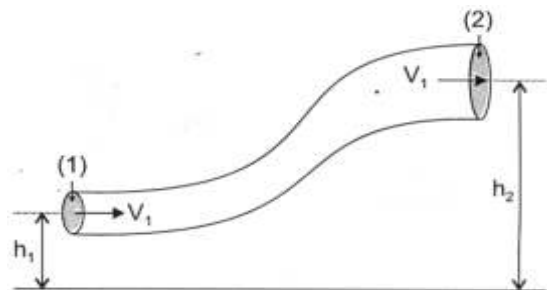


Como a vazão volumétrica se mantém constante temos:

$$A_1 \cdot V_1 = A_2 \cdot V_2$$

3 – EQUAÇÃO DE BERNOULLI

A equação de Bernoulli é uma equação fundamental para a mecânica dos fluidos. É uma derivação das leis da mecânica clássica, esta equação é deduzir a partir do princípio da conservação da energia que é aplicada para líquidos em escoamento estacionário de um líquido não-viscoso e incompressível. Considere, então, a figura abaixo, que mostra um líquido fluindo através de um tubo, de seções diferentes.



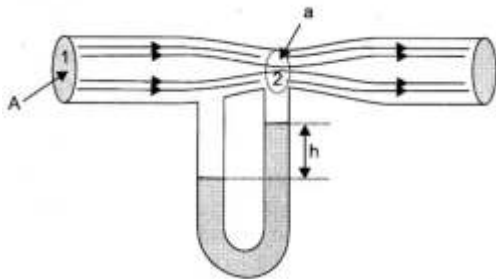
$$P_1 + \frac{dV_1^2}{2} + dgh_1 = P_2 + \frac{dV_2^2}{2} + dgh_2$$

Na equação acima a parcela $P + dgh$, corresponde à pressão estática, que existe mesmo quando não há escoamento ($V = 0$); a parcela $dV^2/2$ chama-se pressão dinâmica.

3.1 – APLICAÇÕES

3.1.1 – MEDIDOR DE VENTURI

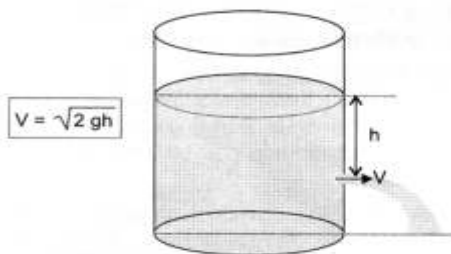
O tubo de Venturi é um dispositivo utilizado para medir a velocidade de escoamento de um fluido. O medidor é colocado em uma canalização, cuja seção reta tem área **A**, por onde flui um líquido. É feito um estreitamento de área **A**, onde é colocado um manômetro.



Aplicando a equação de Bernoulli podemos calcular a velocidade de escoamento do líquido através do tubo, tanto no ponto 1 como no ponto 2.

3.1.2 – EQUAÇÃO DE TORRICELLI

É uma equação derivada da aplicação da de Bernoulli. Esta equação mede a velocidade de escoamento de um líquido através de um orifício feito em um recipiente.



3.1.3 – TUBO DE PITOT

É um dispositivo utilizado para medir a velocidade de escoamento de um gás. Considerando, por exemplo, o ar, este medidor pode ser calibrado de modo a fornecer diretamente a velocidade, tornando-se, nesse caso, um velocímetro. (por exemplo, nos aviões)

3.1.4 – EMPUXO DINÂMICO

É uma força exercida sobre um corpo, tal como a asa de um avião, paletas de uma lancha ou, ainda, sobre um aerofólio de um carro de fórmula 1, devido ao movimento desses corpos em um fluido. Quando se exerce um empuxo dinâmico sobre um objeto, ele está sempre associado à existência de linhas de corrente bem próximas a um lado e relativamente afastadas do outro lado.

3.1.5 - ASPIRADORES

Figura abaixo representa o princípio de funcionamento dos aspiradores; ao soprar na extremidade de um tubo, aumenta a velocidade do ar e diminui, conseqüentemente a pressão, com isto o líquido sobe pelo tubo.



Exercício

- (UFPA) Um tubo de Pitot é montado na asa avião para determinar a velocidade do aparelho em relação ao ar, que esta a temperatura de 0°C. O tubo contém álcool e indica uma diferença de nível de 0,26m. Qual a velocidade do avião em relação ao ar? a densidade do álcool é 0,81.10³ e do ar é 1,3 kg/m³
- (UFPA) Um recipiente retangular aberto contém um líquido numa altura constante de 1 m. Abre-se em uma das paredes laterais do recipiente um orifício que está localizada a 40 cm da superfície livre do líquido. Em um local cuja aceleração da gravidade vale 9,8 m/s², qual a velocidade de escoamento do líquido através do orifício?
- (UFPA) Quais das afirmações são corretas, dentre as várias aplicações que possuem as equações de Bernoulli e a da Conservação de massa na dinâmica dos fluidos?
 - Determinação do empuxo sobre um foguete, produzido pelo escapamento dos gases expulsos.
 - Medição da velocidade de escoamento de um fluido através do medidor de Venturi.
 - Verificação da velocidade de escoamento de um gás através do tubo de Pitot
 - Determinação da velocidade e compressibilidade de fluidos não estacionários.

a) I e IV b) I, II e IV c) II, III e IV
d) I, III e IV e) I, II e III
- (UFPA) Enche-se de água uma lata que tem dois furos laterais de mesmas proporções. Nestas condições pode-se afirmar que:
 - fechando-se uma das perfurações o jato de água que sai pelo outro aquecedor
 - os jatos de água atingirão o solo em um mesmo ponto quaisquer que sejam suas posições em relação ao fundo da lata.
 - Qualquer que seja o desnível entre os furos só haverá escoamento de água pela perfuração que estiver a maior profundidade
 - o jato de água mais forte sai pelo furo que estiver a maior profundidade.
 - o jato de água mais forte sai pelo furo que estiver a menor profundidade.
- (UFPA) Considere duas regiões distintas do leito de um rio: uma larga A, com 200m² de área na seção transversal, onde a velocidade média da água é de 1,0 m/s; outra estreita B, com 40 m² de área na seção transversal, calcule.
 - A vazão volumétrica, em m³/s;
 - A velocidade média da água do rio, em m/s, na região estreita B.
- As chaminés, tanto de uso doméstico como industrial, são usadas para retirar gases quentes de ambientes
 - Que nome se dá ao principal processo de transferência de calor em chaminés
 - Explique porque os gases quentes tendem a subir?
 - Como a forma afunilada da chaminé influencia na

retirada de gases?

7. Em uma pessoa normal, o sangue bombeado pelo coração sai pela artéria aorta com média de 30 cm/s. A área da seção transversal dessa artéria mede, aproximadamente, 3.0 cm².

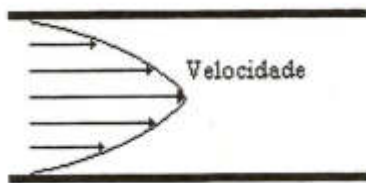
- Calcule a vazão volumétrica do sangue que sai do coração, em cm³/s.
- Quanto tempo é necessário para circular 5,6 litros de sangue pelo coração?
- Sabe-se que a velocidade do sangue em um vaso capilar típico é 0,05 cm/s. Qual a soma das áreas das seções transversais (em cm²) de todos os vasos capilares, por onde se distribuir o sangue que sai da aorta?

8. Uma bica é abastecida pela caixa d'água. Tentando melhorar a eficiência da bica, do dono da casa resolve trocar a tubulação, desde a saída da caixa d'água até a extremidade onde jorra a água, por outra de diâmetro igual ao dobro do diâmetro da anterior. De quando se altera, na saída da bica.

- A vazão da água
- A pressão hidrodinâmica justifique sua resposta

9. uma mangueira de jardim tem diâmetro de 1,8 cm e esta ligada a um irrigador que consiste de um recipiente com 25 orifícios, cada um tendo diâmetro de 0,12 cm. Se a velocidade da água na mangueira é de 1 m/s, qual a sua velocidade ao sair dos orifícios?

10. A figura abaixo representa o corte longitudinal de um pequeno trecho de uma artéria ao longo da qual escoava sangue em regime laminar. As velocidades das células sanguíneas são representadas pelas setas à esquerda, o que mostra que a velocidade aumenta radialmente em direção ao centro e se anula nas paredes da artéria.



Analisando a figura, pode-se afirmar que a

- diferença de pressão experimentada pelas células sanguíneas produz uma força que as empurra para as paredes da artéria.
- pressão sanguínea nas paredes da artéria é mínima.
- pressão sanguínea em todos os pontos da artéria é a mesma.
- pressão sanguínea aumenta, a partir das paredes da artéria, em direção ao centro.
- pressão sanguínea diminui a partir das paredes da artéria, em direção ao centro.

11. (CESUPA) Escoamentos em tubos devem ocorrer com velocidades relativamente baixas para reduzir perdas de energia por turbulência. Admitindo que a velocidade média adequada para o aqueduto do projeto

seja de 14 m/s, a área da seção transversal total da tubulação será:

- 5 m²
- 10 m²
- 15 m²
- 20 m²
- 25 m²

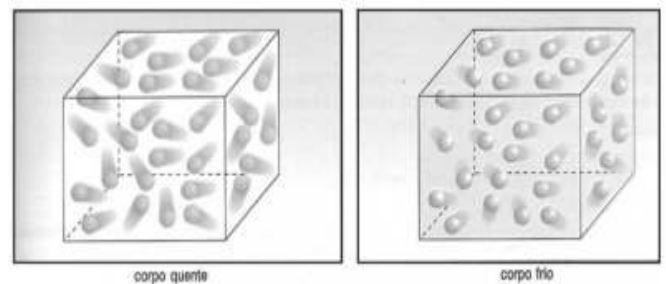


Tem por objetivo o estudo e a medida da temperatura

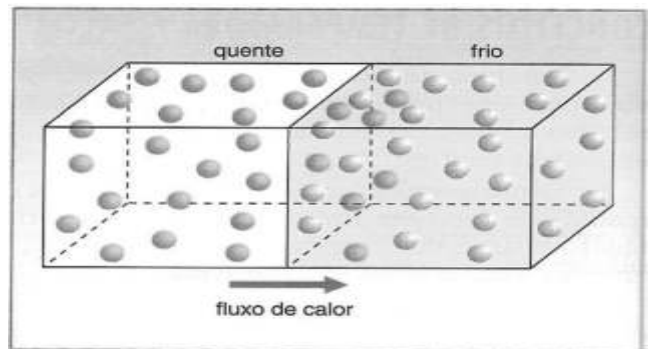
É importante conhecer:

Temperatura: é uma grandeza física que mede o estado de agitação das partículas de um corpo, caracterizando o seu estado térmico.

Quanto mais veloz, forem as partículas de um corpo, este terá maior temperatura.



Calor: é a energia térmica em trânsito, entre dois corpos ou sistemas, decorrente apenas da existência de uma diferença de temperatura entre eles.



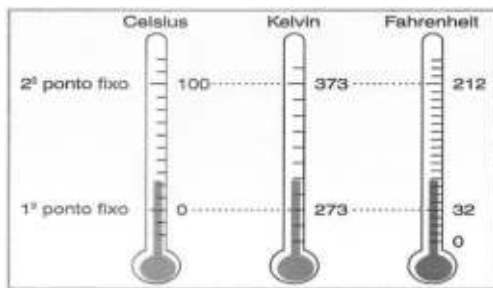
Equilíbrio Térmico: Dois ou mais corpos estão em equilíbrio térmico se estiverem com a mesma temperatura.

Energia Interna: O total de todas as energias moleculares, cinética mais potencial, que são internas a substância.

Escalas Termométricas

As principais escalas termométricas são: Celsius, Fahrenheit e Kelvin. Podemos relacioná-las através dos seguintes pontos fixos obtidos sob pressão normal

- 1° ponto fixo ou ponto de gelo** – fusão do gelo.
- 2° ponto fixo ou ponto de vapor** – ebulição da água.



Têm-se a seguinte relação para a transformação de temperaturas.

$$\frac{T_c}{5} = \frac{T_f - 32}{9} = \frac{T_k - 273}{5}$$

Para Kelvin e Celsius:

$$T_k = T_c + 273$$

Para variações de temperatura temos:

$$\frac{\Delta T_c}{5} = \frac{\Delta T_f}{9} = \frac{\Delta T_k}{5}$$

Exercício

1. Um estudante construiu uma escala de temperatura E atribuindo o valor $0^{\circ}E$ à temperatura equivalente a $20^{\circ}C$ e o valor de $100^{\circ}E$ à temperatura equivalente de $104^{\circ}F$. Quando um termômetro graduado na escala E indicar $25^{\circ}E$, outro termômetro graduado na escala Fahrenheit indicará.

- 85
- 77
- 70
- 64
- 60

2. Para uma mesma temperatura, os valores indicados pelos termômetros Fahrenheit (F) e Celsius (C) obedecem a seguinte relação $F = 1,8C + 32$. Assim, a temperatura na qual o valor indicado pelo termômetro corresponde ao dobro do indicado pelo termômetro Celsius vale, em $^{\circ}F$:

- 12,3
- 24,6
- 80
- 160
- 320

3. O célebre físico irlandês William Thomson, que ficou mundialmente conhecido com o título de Lord Kelvin, entre tantos trabalhos que desenvolveu, "criou" a escala absoluta. Essa escala, conhecida por escala Kelvin, conseqüentemente não admite valores negativos e, para tanto, estabeleceu como zero o estado de repouso molecular. Conceitualmente, sua colocação é consistente, pois a temperatura de um corpo se refere à medida:

- Da quantidade de movimento das moléculas do corpo.
- Da quantidade de calor do corpo
- Da energia térmica associada ao corpo

- Da energia cinética das moléculas do corpo.
- Do grau de agitação das moléculas do corpo.

4. Para medir a temperatura de um corpo, utilizou-se um termômetro graduado na escala Fahrenheit e o valor obtido correspondeu a $4/5$ da indicação de um termômetro graduado na escala Celsius, para o mesmo estado térmico. Se a escala adotada tivesse sido a escala Kelvin, essa temperatura seria indicada por:

- 305 K
- 273 K
- 241 K
- 32 K
- 25,6 K

5. Um termômetro de mercúrio foi calibrado de tal modo que a temperatura de $0^{\circ}C$ corresponde a 4 cm de altura da coluna de mercúrio. A temperatura de $100^{\circ}C$ corresponde a 8 cm de altura da coluna de mercúrio. A função termométrica que relaciona a temperatura t (em $^{\circ}C$) e a altura da coluna h (cm) é:

- $t = 25h - 4$
- $t = 100(h-4)$
- $t = 25(h-1)$
- $t = 25(h-4)$

6. Ao tomar a temperatura de um paciente, um médico só dispunha de um termômetro graduado em graus Fahrenheit. Para se precaver, ele fez antes alguns cálculos e marcou no termômetro a temperatura correspondente a $42^{\circ}C$ (temperatura crítica do corpo humano). Em que posição da escala do seu termômetro ele marcou essa temperatura?

- 106,2
- 07,6
- 102,6
- 180
- 104,4

7. Um estudante, no laboratório, deveria aquecer certa quantidade de água de $25^{\circ}C$ até $70^{\circ}C$. Depois de iniciada a experiência, ele quebrou o termômetro da escala Celsius e teve que continuá-la com outro de escala Fahrenheit. Em que posição do novo termômetro ele deve ter parado o aquecimento.

- $102^{\circ}F$
- $38^{\circ}F$
- $126^{\circ}F$
- $158^{\circ}F$
- $182^{\circ}F$

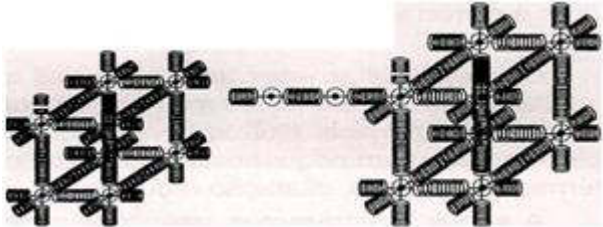
8. A indicação de uma temperatura na escala Fahrenheit excede em duas unidades o dobro da correspondente indicação na escala Celsius. Essa temperatura é:

- $300^{\circ}C$
- $170^{\circ}C$
- $150^{\circ}C$
- $100^{\circ}C$
- $50^{\circ}C$

Dilatação Térmica

Ao transferirmos energia para uma substância na forma de troca de calor estamos aumentando sua energia

interna, isto é, tanto a energia cinética como a energia potencial de interação variam. Um aumento da energia cinética correspondente a uma maior vibração das moléculas promove o aumento da distância média entre elas. Macroscopicamente isso é descrito como uma elevação da temperatura e uma correspondente dilatação.



Baixa temperatura

Alta temperatura

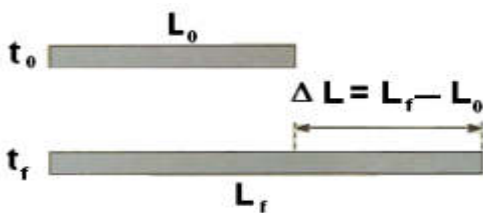
Para uma mesma variação de temperatura, a dilatação volumétrica de uma substância nos estados sólido e líquido é, em geral, menor do que no estado gasoso.

1- Dilatação Linear.

Dilatação linear é aquela em que predomina a variação em uma única dimensão, ou seja, o comprimento.

Consideremos uma barra de comprimento inicial L_0 à temperatura inicial t_0 .

Aumentando a temperatura da barra para t_f seu comprimento passa a L_f :



Em que $\Delta L = L_f - L_0$ é a variação de comprimento, isto é, a dilatação linear da barra, na variação de temperatura $\Delta t = t_f - t_0$.

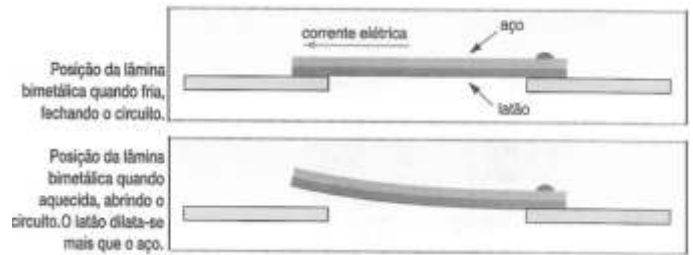
Experimentalmente, verificou-se que ΔL depende do material que constitui a barra e que ΔL é diretamente proporcional ao comprimento inicial L_0 e à variação de temperatura Δt .

Dessa maneira podemos escrever:

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

Onde α é uma constante de proporcionalidade denominada coeficiente de dilatação linear térmico, característico de cada material. A unidade do α é o inverso do grau Celsius, chamado de grau recíproco ($^{\circ}\text{C}^{-1}$).

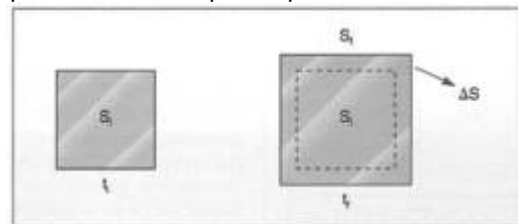
Uma aplicação prática desse tipo de dilatação é aquela empregada no ferro elétrico de passar roupa. Esse aparelho utiliza um termostato onde há uma expansão ou contração de uma lâmina bimetálica, conforme a figura abaixo.



2. Dilatação Superficial

Dilatação superficial é aquela em que predomina a variação em duas dimensões, ou seja, a variação da área.

Consideremos uma placa metálica de área inicial S_0 a temperatura inicial t_0 . Aumentando a temperatura da placa para t_f , sua área passa para S_f .



Analogamente à dilatação linear, obtemos:

$$\Delta S = S_0 \cdot \beta \cdot \Delta t,$$

onde β é o coeficiente de dilatação superficial do material que constitui a placa e, vale o dobro de α .

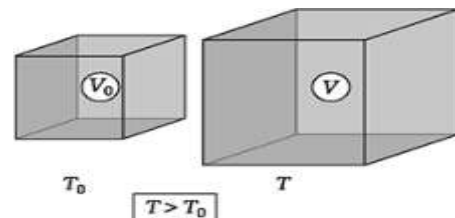
$$\beta = 2\alpha$$

Obs.: Quando se aquece uma chapa com um orifício, ela se dilata como se fosse inteiriça, isto é, o orifício de raio R_0 se dilata como se fosse constituído do mesmo material da chapa.

3. Dilatação Volumétrica

Dilatação volumétrica é aquela em que se considera a variação das três dimensões de um corpo: comprimento, largura e altura.

Seja um cubo com volume V_0 à temperatura t_0 , e volume V_f à temperatura t_f , com $t_f > t_0$.



Considere:

V_0 = volume inicial

V = volume final

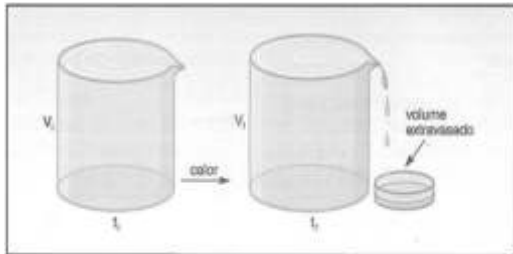
ΔV = variação do volume (dilatação volumétrica)

$$\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta t \quad \text{e} \quad \gamma = 3\alpha$$

Onde γ é o coeficiente de dilatação volumétrica.

4. Dilatação dos Líquidos

Os líquidos não apresentam forma própria. Assim, só tem significado o estudo de sua dilatação volumétrica. No aquecimento de um líquido contido num recipiente, o líquido irá, ao dilatar-se juntamente com o recipiente, ocupar parte da dilatação sofrida pelo recipiente, além de mostrar uma dilatação própria, chamada **dilatação aparente**.



A dilatação aparente do líquido (ΔV_{ap}) é igual ao volume que foi extravasado.

A **dilatação real** (ΔV_{real}) do líquido é dada pela soma da dilatação aparente do líquido e da dilatação volumétrica sofrida pelo recipiente.

$$\Delta V_{real} = \Delta V_{ap} + \Delta V_{recp}$$

$$V_0 \cdot \gamma_{real} \cdot \Delta t = V_0 \cdot \gamma_{ap} \cdot \Delta t + V_0 \cdot \gamma_{recp} \cdot \Delta t$$

$$\gamma_{real} = \gamma_{ap} + \gamma_{recp}$$

Isso é Física!!

- O relógio de pêndulo de seu avô funcionará mais rápido ou mais lento em um dia quente?
- Um método para quebrar grandes blocos de rocha consiste em aquecê-los bastante no fogo e, em seguida, mergulhá-los em água fria. Por que isso fraturaria as rochas?
- O avião supersônico Concorde é 20 cm mais comprido quando está voando. Proponha uma explicação para isso.

Comportamento Anômalo da Água

Em geral, a redução da temperatura de um objeto provoca a diminuição do seu volume, exceção feita aos compostos de algumas substâncias, entre elas, a água, que no intervalo de 4°C a 0°C aumenta o volume, ao invés de diminuir.

Um fenômeno relacionado a esse comportamento anômalo da água é o congelamento somente da superfície dos lagos em regiões onde se registram temperaturas muito baixas. Isso ocorre porque no fundo desses lagos concentra-se água a 4°C, portanto com máxima densidade, e na parte de cima dos mesmos concentra-se água com temperaturas menores, portanto com densidade menor, impedindo as trocas de calor por correntes de convecção. Além disso, a água próxima a superfície, em contato com o ar a baixas temperaturas, acaba se solidificando e o gelo passa a funcionar como isolante térmico, impedindo o congelamento total das águas dos lagos.



Exercício

01. O comprimento de um fio de alumínio que liga dois postes sucessivos é de 100 m a 20°C. Qual o comprimento desse fio a 120°C, sabendo-se que o coeficiente de dilatação linear do alumínio é $24 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$?



02. Uma placa apresenta inicialmente uma área de 1,0 m² a 0°C. Ao ser aquecida até 50°C, sua área aumenta 1,0 cm². Determine o coeficiente de dilatação superficial do material que constitui a placa.

03. Uma estatueta de ouro foi aquecida de 25°C a 75°C, observando-se um aumento de 2,1 cm³ em seu volume. Sendo $14 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ o coeficiente de dilatação linear do ouro, qual era o volume inicial dessa estatueta?

04. João precisa abrir um recipiente de conserva cuja a tampa está emperrada. O recipiente é de vidro comum, e a tampa é de alumínio. Para facilitar a abertura, sugeriu-se que ele colocasse a tampa próximo da chama de um fogão por alguns segundos e, imediatamente após afastar o recipiente da chama, tentasse abri-lo. O procedimento sugerido vai favorecer a separação entre a tampa e o recipiente, facilitando a tarefa de destampa-lo, porque:

- a) O coeficiente de dilatação térmica do vidro é maior que o do alumínio.
- b) O coeficiente de dilatação térmica do alumínio é maior que o do vidro.
- c) O calor da chama diminui a pressão interna do líquido da conserva.
- d) O calor da chama diminui o volume do recipiente.

d) O calor específico do alumínio é menor que o do vidro;

05. A gasolina é vendida por litro, mas, em sua utilização como combustível, a massa é o que importa. Um aumento da temperatura do ambiente leva a um aumento o volume do combustível. Para diminuir os efeitos práticos dessa variação, os tanques dos postos de gasolina são subterrâneos. Se os tanques não fossem subterrâneos:

- I. você levaria vantagem ao abastecer o carro na hora mais quente do dia, pois estaria comprando mais massa por litro de combustível.
- II. Abastecendo com a temperatura mais baixa você estaria comprando mais massa de combustível para cada litro .
- III. Se a gasolina fosse vendida por quilo em vez de litro, o problema comercial decorrente da dilatação da gasolina estaria resolvido.

Dessas considerações, somente:

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

06) A figura a seguir representa uma lâmina bimetálica. O coeficiente de dilatação linear do metal A é menor do que o coeficiente de dilatação linear do metal B. À temperatura ambiente, a lâmina está na vertical. Se a temperatura for aumentada em 200°C , a lâmina:

- a) Continuará na vertical.
 b) Curvará para frente.
 c) Curvará para trás.
 d) Curvará para a direita
 e) curvará para a esquerda

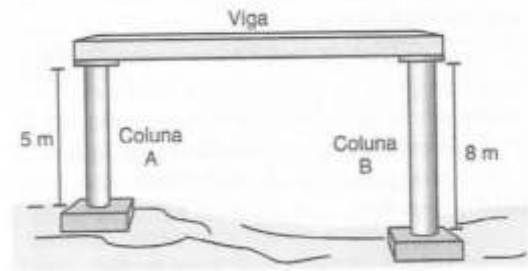
07 Um mecânico de automóveis precisa soltar um anel que está fortemente preso a um eixo. Sabendo-se que o anel é feito de aço, de coeficiente de dilatação linear $1,1 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, e o do eixo, de alumínio, cujo o coeficiente é $2,3 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$. Lembrando que tanto o aço como o alumínio são bons condutores térmicos e sabendo-se que o anel não pode ser danificado e que não está soltado ao eixo, o mecânico deve:

- a) aquecer somente o eixo
 b) aquecer o conjunto (anel + eixo)
 c) resfriar o conjunto (anel + eixo)
 d) resfriar somente o anel
 e) aquecer o eixo e, logo após, resfriar o anel

08. Uma placa de alumínio tem um grande orifício circular no qual foi colocado um pino, também de alumínio, com grande folga. O pino e a placa são aquecidos até 500°C , simultaneamente. Pode-se afirmar que:

- a) a folga irá aumentar, pois o pino, ao ser aquecido, irá contrair-se
 b) a folga diminuirá, pois, ao aquecermos a chapa, a área do orifício diminui
 c) a folga diminuirá, pois o diâmetro do orifício aumenta mais que o diâmetro do pino a folga irá aumentar, pois o diâmetro do orifício aumenta mais que o diâmetro do pino.
 d) a folga diminuirá, pois o pino se dilata e a área do orifício não se altera.

09) No esquema abaixo, uma viga de uma ponte está apoiada em duas colunas, A e B, de alturas diferentes. Na temperatura em que o conjunto se encontra, a viga encontra-se disposta horizontalmente.



Para que a viga permaneça horizontal, qualquer que seja a temperatura do conjunto, qual deverá ser a relação entre os coeficientes de dilatação linear das colunas de sustentação?

10) A 20°C , um líquido de coeficiente de dilatação volumétrica igual a $3 \cdot 10^{-3} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ preenche totalmente um recipiente de capacidade igual a 50L e coeficiente de dilatação volumétrica igual a $2 \cdot 10^{-3} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$. Se temperatura do conjunto for elevada para 50°C , determine:

- a) A dilatação real sofrida pelo líquido;
 b) O volume real do líquido a 50°C ;
 c) A dilatação sofrida pelo recipiente;
 d) A capacidade do recipiente a 50°C
 e) O volume do líquido que extravasa.

Calorimetria

Calor - é a energia térmica em trânsito, entre dois corpos ou sistemas decorrentes apenas da existência de uma diferença de temperatura entre eles.

Antes mesmo que o calor fosse reconhecido como forma de energia, as medidas das quantidades de calor eram feitas através das variações de temperatura que os corpos sofriam quando se lhes fornecia energia sob a forma de calor.

Dessa maneira, ficou estabelecida como unidade de calor a **caloria (cal)**.

Caloria (cal): é definida como a quantidade de calor requerida para alterar a temperatura de um grama de água em 1°C .

No **SI (sistema internacional)**, a unidade de calor é o **joule (J)**.

A relação entre a caloria e o joule é:

$$1 \text{ cal} = 4,186 \text{ J}$$

Utiliza-se também um múltiplo de caloria chamado quilocaloria.

$$1 \text{ Kcal} = 1000 \text{ cal}$$

Calor Sensível

Calor sensível é a quantidade de calor recebida ou cedida por um corpo, ao sofrer uma variação de temperatura sem que haja mudança de fase.

Capacidade Térmica (C)

Sabemos que para elevar em 1°C a temperatura de 1 kg de chumbo é necessária a aplicação de uma quantidade de calor maior que para elevar em 1°C a temperatura de 10g do mesmo material.

Estes exemplos levam à conclusão de que corpos diferentes necessitam de diferentes quantidades de calor para elevar sua temperatura em 1°C. Essa quantidade de calor é denominada capacidade térmica de um corpo. Sua expressão matemática é:

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

Onde:

ΔQ = quantidade de calor

Δt = variação de temperatura

Unidade de capacidade térmica:

SI = J/K

Usual = cal/°C

Obs.: O conceito de capacidade térmica não deve ser interpretado com a quantidade de calor que um corpo deve ter.

Calor Específico (c)

Quando tocamos um piso de azulejo e um tapete sobre esse piso, sentimos o azulejo mais frio que o tapete. Da mesma forma, num dia de sol sentimos a areia da praia mais quente que a água do mar.

As diferentes sensações térmicas que temos de corpos que se encontram no mesmo ambiente recebendo a mesma quantidade de calor, num mesmo intervalo de tempo são explicadas pela natureza de cada material, ou seja, para elevar em 1°C a temperatura de 1kg cada material necessita de uma quantidade diferente de calor. Essa quantidade diferente de calor é definida como calor específico de cada material.

Assim, podemos dizer que o calor específico corresponde a capacidade térmica por unidade de massa. Portanto:

$$c = \frac{C}{m}$$

Unidade usual: cal/g°C.

Equação Fundamental da Calorimetria

Experimentalmente, verificou-se que a quantidade de calor Q cedida ou recebida por um corpo é proporcional a massa m e a variação de temperatura ($t_f - t_0$). Logo:

$$Q = m \cdot c \cdot (t_f - t_0) \text{ ou } Q = m \cdot c \cdot \Delta t$$

Obs.: Por convenção:

Calor recebido – $Q > 0$

Calor recebido – $Q < 0$

Sistema Termicamente Isolado

Um sistema é termicamente isolado quando os corpos em seu interior não trocam calor com o meio externo. Na realidade, não existe um sistema termicamente isolado ideal, isto é, livre de toda e qualquer influência térmica do meio ambiente. Contudo, na prática, os corpos que trocam calor podem ser colocados em recipientes denominados calorímetros e ser considerados, aproximadamente, um sistema termicamente isolado.

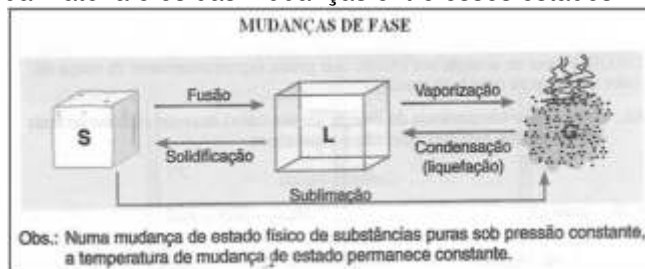
Em um sistema termicamente isolado, o somatório dos calores trocados é nulo.

$$\sum Q_{\text{cedidas}} + \sum Q_{\text{recebidas}} = 0$$

Mudanças de Fase

Os estados físicos da matéria são: **sólido líquido e gasoso**. Uma substância poderá passar de um estado a outro, ao receber ou perder calor.

O esquema abaixo indica os nomes dos estados físicos da matéria e os das mudanças entre esses estados.



A mudança de estado físico ocorre em uma determinada temperatura, que só depende da substância e da pressão a qual ela está submetida.

Quando um sólido é aquecido, sob pressão constante, suas moléculas recebem energia na forma de calor, vibram com mais intensidade e sua temperatura aumenta até um valor determinado. Continuando a receber calor, a sua temperatura permanece constante e toda a energia que ele recebe é utilizada na quebra das ligações moleculares, provocando uma mudança de fase.

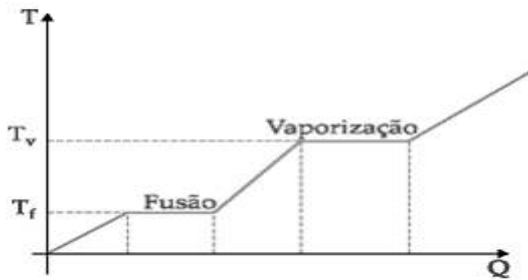
A mudança do estado sólido para o estado líquido recebe o nome de fusão.

Depois que todo o sólido transformou-se em líquido, a energia recebida aumenta a agitação molecular novamente, produzindo variação de temperatura, que aumenta novamente até um determinado valor, e volta a permanecer constante. Continuando a receber calor, a energia recebida a partir desse momento é utilizada em uma nova mudança de forma física.

A mudança do estado líquido para o estado de vapor recebe o nome de vaporização.

Após toda a substância transformar-se do estado líquido para o estado de vapor, a energia recebida altera a agitação molecular e a temperatura volta a aumentar.

Podemos representar esse comportamento através de um gráfico denominado **curva de aquecimento**.



A vaporização pode acontecer de três formas:

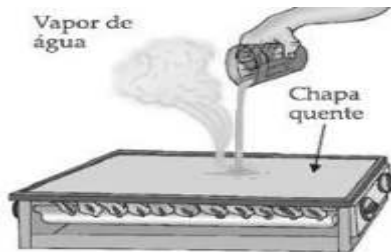
1) **Evaporação** é a mudança do estado líquido para o estado de vapor à temperatura ambiente. Esse processo é lento e ocorre a qualquer temperatura ambiente, ou seja, mesmo nos dias mais frios de inverno.

Exemplo: roupa secando no varal

2) **Ebulição** é a mudança do estado líquido para o estado de vapor, mudança rápida que ocorre à temperatura constante, cujo valor é determinado pela pressão.

Exemplo: água fervendo

3) **Calefação** é a mudança do estado líquido para o estado gasoso, de forma extremamente rápida, que ocorre quando a temperatura é muito maior que a temperatura de ebulição.



Exemplo: um pingo d'água em uma chapa quente

Da mesma forma, podemos repetir o processo no sentido inverso, ou seja, retirando calor de uma amostra gasosa. Inicialmente, a temperatura do vapor diminui à medida que retiramos energia, pois a agitação de suas moléculas também diminui. Isso ocorre até um determinado valor; a partir daí, a temperatura passa a ser constante e ocorre a mudança de forma física.

*A mudança do estado gasoso para o estado líquido recebe o nome de **condensação** ou **liquefação**.*

Após a completa transformação do gás em líquido, a agitação molecular volta a diminuir e a temperatura do líquido se reduz até um determinado valor, em que permanece novamente constante para ocorrer a mudança de forma física.

*A mudança do estado líquido para o estado sólido recebe o nome de **solidificação**.*

Depois que todo o líquido se transformou em sólido, a temperatura volta a diminuir, diminuindo assim a agitação das moléculas do sólido.

Podemos representar esse comportamento em um gráfico chamado **curva de resfriamento que veremos adiante**.

*A mudança do estado sólido diretamente para o estado gasoso ou do estado gasoso diretamente para o estado sólido recebe o nome de **sublimação**.*

Isso é Física!!

- ✓ Por que soprar sobre um prato de sopa quente esfria a sopa?
- ✓ Por que enrolar uma garrafa com um pano molhado em um piquenique normalmente mantém a garrafa mais fria do que simplesmente coloca-la em um balde com água fria?
- ✓ O corpo humano mantém sua temperatura normal de 37°C durante um dia em que a temperatura alcança mais do que 40°C. Como isso é conseguido?
- ✓ A água ferverá espontaneamente no vácuo – na Lua, por exemplo. Você conseguiria cozinhar um ovo nessa água fervente? Explique.

Calor Latente: é a quantidade de calor cedido ou recebido durante uma transformação de estado físico sem que haja mudança de temperatura.

Por exemplo, para que 1g inteiro de gelo a 0°C derreta, 80 calorias (335 joules) são absorvidas pelo gelo, sem que a temperatura se eleve nem mesmo em frações de graus.

Podemos escrever matematicamente o calor latente através da relação:

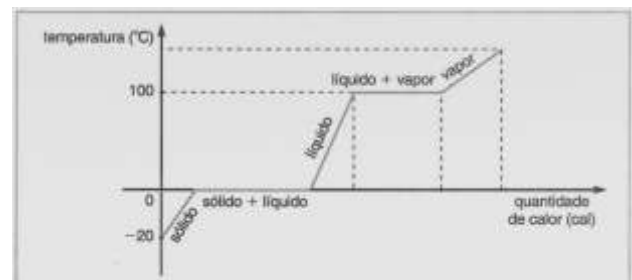
$$L = \frac{Q}{m}$$

Unidade: **SI – J/kg**

Usual – cal/g

Curvas de aquecimento e resfriamento

Abaixo é mostrado graficamente como a água se comporta ao ser aquecida de -20°C a mais de 100°C.



Que macete: as linhas horizontais representam calor latente ($Q=m.L$) e as inclinadas calor sensível ($Q=m.c.\Delta T$).

Propagação de Calor

1 - Condução

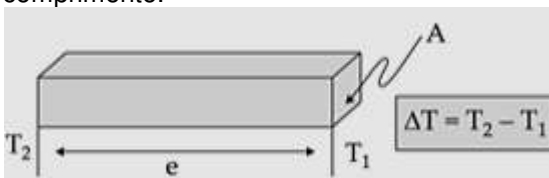
Quando colocamos uma das extremidades de uma barra de metal em contato com uma fonte térmica e seguramos a outra extremidade, notamos que aquela que está em contato com a mão torna-se mais quente, apesar de estar distante da fonte de calor.

O que ocorre nesse caso é que o calor propaga-se através da barra, fenômeno denominado condução.

Condução é a transferência de energia térmica pelas colisões eletrônicas e moleculares no interior da substância (especialmente se for sólida).

Fluxo de Calor (Φ)

Considere um condutor de calor, cujas extremidades apresentem uma diferença de temperatura. Admitamos que o condutor se encontre em regime estacionário, isto é, a temperatura varia uniformemente ao longo do seu comprimento.



O fluxo é definido como a quantidade de calor que atravessa o condutor na unidade de tempo.

$$\Phi = \frac{Q}{\Delta T}$$

Quando o fluxo de calor através da barra for constante, a temperatura em cada ponto não varia com o tempo e, diz-se que a barra está em regime estacionário de condução.

Nessa situação vale a expressão:

$$\Phi = \frac{K.A.(t_1 - t_2)}{e}$$

Onde **K** é uma constante que caracteriza o material de que a barra é feita e denomina-se **coeficiente de condutibilidade térmica**.

2 - Convecção

O aquecimento da água numa panela, por exemplo, é explicado por outro processo, ou seja, a chama situada na parte inferior, aquece as camadas de água que se encontram no fundo da panela. Tais camadas se dilatam (tornam-se menos densas que as demais) devido ao aumento da energia cinética das moléculas. Pela ação da força gravitacional, as camadas de água mais densas (mais frias) descem ao fundo da panela, deslocando as camadas menos densas (já aquecidas) para cima.

A troca de calor efetuada através do deslocamento de camadas de fluidos devido à força da gravidade recebe o nome de convecção. O fluido se move, transportando com ele a energia.

3 – Radiação

Radiação é o processo de propagação de calor na qual a energia, denominada radiante, apresenta-se na forma de ondas eletromagnéticas, principalmente como infravermelhas.

As ondas eletromagnéticas diferenciam-se entre si pela frequência de vibração. São exemplos de ondas eletromagnéticas: a luz, o raio X, o raio laser, as ondas de rádio e TV, o ultravioleta, o infravermelho, etc.

Quando uma onda eletromagnética incide numa superfície, dependendo de sua frequência e da superfície atingida, poderá ser refletida, absorvida ou transmitida. Esses fenômenos não ocorrem isoladamente, porém um deles poderá predominar sobre os outros. Assim, por exemplo, o vidro transmite com maior intensidade a radiação luminosa, o metal polido reflete bem as radiações em geral e os alimentos absorvem mais as microondas.

Um corpo se aquece quando absorve radiação e se resfria ao emití-la. Se o corpo está em equilíbrio térmico com o meio externo, a energia radiante emitida por ele é igual à absorvida.

A radiação do infravermelho é conhecida como ondas de calor. Qualquer objeto emite radiação do infravermelho, quando sua temperatura estiver acima de aproximadamente 450°C, passa a emitir também radiação luminosa.

Se deixarmos um objeto exposto ao Sol, ele se aquecerá devido à absorção da energia radiante. (objetos de cor escura possuem maior poder de absorção.) Se esse objeto for levado à sombra, ele se resfriará pela emissão de radiação do infravermelho.

Atenção: Dos processos de transmissão de calor (condução, convecção e radiação), a radiação é o único que pode ocorrer no vácuo.

Aplicações da propagação do calor.

Inversão Térmica

Em situações normais, à medida em que se sobe na atmosfera a temperatura e a pressão do ar diminuem; há portanto fluxo de ar para cima, que dispersa a fumaça industrial e urbana. A inversão térmica impede essa dispersão, permitindo o acúmulo da poluição continuamente produzida.

Esse processo atmosférico que agrava os efeitos da poluição urbana acontece quando a temperatura das camadas de ar mais altas se torna maior do que a de camadas inferiores. Essa inversão ocorre principalmente em noites secas de inverno, quando a irradiação do solo faz com que o mesmo fique mais frio do que a camada logo acima. Esse resfriamento vai se ampliando para cima e, ao final da noite, constitui uma massa de ar frio de algumas dezenas de metros de altura. A temperatura dessa massa de ar é bem inferior à das camadas superiores, inibindo a circulação de ar vertical que ocorreria se não houvesse inversão.

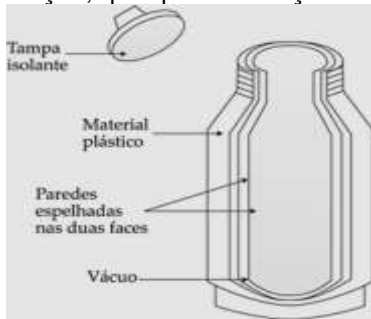
Quando há umidade no ar, tal processo não ocorre porque o vapor d'água absorve a radiação emitida pelo solo e também impede seu resfriamento, uma vez que ao trocar calor pode se converter em orvalho.

A garrafa térmica

As garrafas térmicas são úteis tanto para conservar bebidas quentes como geladas. Essas garrafas são constituídas de um recipiente de vidro de paredes duplas, espelhadas interna e externamente. Em sua fabricação, retira-se quase todo o ar existente entre elas. As paredes espelhadas servem para refletir a radiação térmica. Se colocarmos no interior da garrafa um líquido cuja temperatura é superior à do meio externo, as paredes espelhadas internamente refletirão a radiação, impedindo o fluxo de calor de dentro para fora.

Caso o líquido introduzido no interior da garrafa esteja a uma temperatura inferior à do meio externo, as paredes espelhadas externas refletirão a radiação, impedindo o fluxo de calor de fora para dentro.

Como entre as paredes não existe ar, tanto num caso como no outro fica dificultada a propagação do calor, quer por condução, quer por convecção.



Brisas Litorâneas

Durante o dia, a terra tem uma temperatura maior do que a água. Vários fatores colaboram para que isso aconteça. Um deles é que o calor específico da água é bem maior que o da terra. Isso significa que, se uma mesma massa de água e terra recebem a mesma quantidade de calor, a temperatura da terra se eleva mais do que a da água.

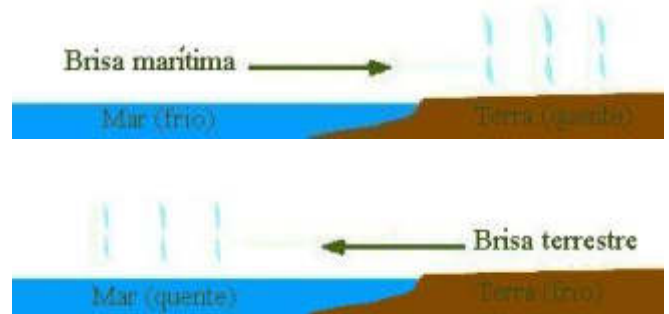
Quando a radiação solar incide sobre a terra, ela é quase totalmente absorvida e convertida em calor. Além disso, esse aquecimento fica restrito a uma fina camada de terra, uma vez que esta é má condutora de calor. Por outro lado, sendo a água quase transparente, a radiação, ao incidir sobre o mar, chega a aquecer a água em maior profundidade. Assim sendo, a massa de terra que troca calor é muito menor que a da água, e acaba também sendo responsável pela maior elevação de temperatura da terra.

Um outro fator que contribui da mesma forma para essa diferença de aquecimento é o fato de a parte da radiação recebida pela água ser utilizada para vaporizá-la, e não para aumentar sua temperatura.

Como a terra fica mais aquecida durante o dia, o ar nas suas proximidades, também se aquece e se torna menos denso, formando correntes de ar ascendentes. Do mar vem o ar mais frio – portanto mais denso – ocupar o seu lugar. Esse processo de convecção do ar faz com que a brisa sopra do mar para a terra.

À noite os mesmos fatores (diferença de calor específico, massa resfriada e quantidade de calor liberada pela condensação da água) fazem com que a água tenha uma menor redução de temperatura do que

a terra, invertendo todo o processo. Ou seja: a água estando mais aquecida que a terra faz com que o ar próximo do mar suba e a brisa sopra, agora, da terra para o mar.



A formação do orvalho

O ar, o solo e as folhas, são aquecidos durante o dia pela radiação solar, e são resfriados durante a noite. Por possuírem constituição diversa, esses materiais se aquecem ou se resfriam diferentemente. Isso possibilita ao solo e às folhas aquecerem-se mais que o ar durante o dia e, da mesma forma, resfriarem-se mais que o ar durante a noite.

Esses fatores propiciam a formação do orvalho, ou seja, o vapor d'água contido no ar entra em contato com superfícies que estejam a temperaturas mais baixas – abaixo do ponto de orvalho – e se condensa. Esse processo é análogo à condensação do vapor d'água em torno de copos ou garrafas gelados.

Geralmente, em noites de vento não há formação de orvalho, pois o vento favorece a troca de calor com o meio, impedindo o ponto de orvalho no solo.

Efeito estufa

A temperatura da Terra está aumentando por causa da intensificação do efeito estufa, provocando alterações climáticas em todo o Planeta.

Há mais de 100 anos que o homem vem sujando a atmosfera. Carros, fábricas e queimadas liberam para a atmosfera 5,5 bilhões de toneladas anuais de dióxido de carbono, mais uma quantidade incalculável de outros poluentes, que elevam progressivamente a temperatura da Terra e podem gerar mudanças climáticas sem precedentes. Trata-se do efeito estufa, propriedade que determinados gases têm de aprisionar o calor do Sol na atmosfera, impedindo que ele escape para o espaço depois de refletido pela Terra. Em condições normais, esses gases ajudam a manter a temperatura do planeta na média atual de 15°C. Liberados em quantidades acima de limites ainda não determinados com precisão, pode provocar catástrofes, causando o degelo de parte das calotas polares, elevação do nível dos mares e inundação de cidades litorâneas.

Ao penetrar pela atmosfera, a energia solar aquece a Terra, que, em vista disso, emite radiação infravermelha, que não escapa totalmente para o espaço, pois a própria atmosfera funciona como as paredes de vidro de uma estufa. Sem a atmosfera, a Terra seria 30°C mais fria.

O dióxido de carbono (CO_2), o vapor da água, o metano etc. ajudam a manter a temperatura média do planeta, garantindo as condições adequadas à manutenção da vida. Mas, se a quantidade desses gases aumentar, a quantidade de radiação infravermelho refletida também aumenta, acarretando um aumento de temperatura do planeta.

O controle de emissão de gases que provocam o aumento da temperatura do planeta é responsabilidade de todos os países.



Exercício

1. Quando uma enfermeira coloca um termômetro clínico de mercúrio sob a língua de um paciente, por exemplo, ela sempre aguarda algum tempo antes de fazer a leitura. Esse intervalo de tempo é necessário:

- para que o termômetro entre em equilíbrio térmico com o corpo do paciente.
- Para que o mercúrio, que é muito pesado, possa subir pelo tubo capilar.
- Para que o mercúrio passe pelo estrangulamento do tubo capilar
- Devido à diferença entre os valores do calor específico do mercúrio e do corpo humano.
- Por que o coeficiente de dilatação do vidro é diferente do coeficiente de dilatação do mercúrio.

2. Considere dois corpos de massas diferentes e as afirmações a seguir:

- Eles podem possuir mesmo calor específico e capacidades térmicas iguais.
- Eles podem possuir diferentes calores específicos e capacidades térmicas iguais.
- Eles podem possuir mesmo calor específico e diferentes capacidades térmicas

Podem-se afirmar que:

- apenas I é correta
- apenas I e II são corretas
- apenas I e III são corretas
- apenas II e III são corretas
- I, II, e III são corretas

3. A água do mar junto à praia não acompanha, rapidamente, a variação de temperatura que pode ocorrer na atmosfera. Isso acontece porque:

- o volume de água do mar é muito grande
- o calor específico da água é grande
- o calor latente da água é pequeno

- o calor sensível da água é muito grande
- a capacidade térmica da água é pequena.

4. O calor específico do ferro é aproximadamente, $0,1 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$. Isto significa que para se elevar de $12 \text{ }^\circ\text{C}$ a temperatura de um pedaço de 5 g de ferro é necessária uma quantidade de calor, em calorias, de:

- $0,5$
- $1,2$
- 6
- 60
- 120

5. Num recipiente adiabático que contém $1,0 \text{ l}$ de água, colocou-se um bloco de ferro de massa igual a $1,0 \text{ Kg}$. Atingindo o equilíbrio térmico, verificou-se que a temperatura da água aumentou em $50 \text{ }^\circ\text{C}$, enquanto o bloco se resfriou em algumas centenas de graus Celsius.

Isso ocorreu em virtude da diferença entre suas (seus):

- capacidades térmicas
- densidades
- calores latentes
- coeficiente de condutibilidade térmica.

6. Uma fonte calorífica fornece calor continuamente, à razão de 150 cal/s , a uma determinada massa de água. Se a temperatura da água aumenta de $20 \text{ }^\circ\text{C}$ para $60 \text{ }^\circ\text{C}$ em 4 minutos, sendo o calor específico da água $1,0 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$, pode-se concluir que a massa de água aquecida, em gramas, é de:

- 500
- 600
- 700
- 800
- 900

7. Um calorímetro de alumínio de 200 g ($c = 0,22 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$) contém 120 g de água a $96 \text{ }^\circ\text{C}$. A massa de alumínio a $10 \text{ }^\circ\text{C}$ que deve ser introduzida no calorímetro para resfriar o conjunto a $90 \text{ }^\circ\text{C}$ é:

- 56 g
- 28 g
- $5,6 \text{ g}$
- 112 g
- 41 g

8. Uma roda d'água converte em eletricidade, com uma eficiência de 30% , a energia de 200 L de água por segundo caindo de uma altura de $5,0 \text{ m}$. A eletricidade gerada é utilizada para esquentar 50 L de água de $15 \text{ }^\circ\text{C}$ para $65 \text{ }^\circ\text{C}$. O tempo aproximado que leva a água para esquentar até a temperatura desejada é:

- 15 minutos
- meia hora
- 1 hora
- 1 hora e meia
- 2 horas

9. Um bloco de gelo, inicialmente a $-10 \text{ }^\circ\text{C}$, tem massa de 500 g . Qual a quantidade de calor necessária para transformá-lo em igual quantidade de água, a $20 \text{ }^\circ\text{C}$?

Dados: $c_{\text{gelo}} = 0,5 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$, $c_{\text{água}} = 1,0 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$, $L_f = 80 \text{ cal/g}$.

- $0,05 \text{ kcal}$
- $0,52 \text{ kcal}$
- $5,25 \text{ kcal}$
- 525 kcal

e) 52,5 kcal

10. Um cientista, passando férias numa casa à beira do mar, resolveu comer 3 ovos duros, à temperatura de 40°C. Infelizmente ele não dispunha de termômetro, mas apenas de uma balança. Verificou que cada um dos ovos tinha massa de 100 g, e sabia que seu calor específico era de 0,2 cal/g°C. Cozinhou-os longamente em água fervente e, assim que os retirou, colocou-os num recipiente de isopor (que pode ser considerado adiabático, com capacidade térmica desprezível) com gelo fundente ($L_{\text{fusão}}=80$ cal/g). Qual a massa de gelo utilizado para que finalmente a temperatura dos ovos seja seguramente 40°C?

a) 90 g b) 50 g c) 30 g d) 10 g e) 5g

11. Se a massa de um corpo é muito pequena, isto tende a fazer com que:

- seu calor específico seja muito grande
- seu calor específico seja muito pequeno
- sua capacidade térmica seja muito grande
- seu calor específico e sua capacidade térmica sejam iguais
- sua capacidade térmica seja muito pequena

12. Assinale a alternativa correta:

- O calor específico de um corpo independe de como é fornecido calor a ele, se for mantido o volume constante ou se for mantida a pressão constante.
- Dois corpos de mesma massa e à mesma temperatura têm a mesma quantidade de calor.
- Nos dias de temperatura alta, o asfalto das ruas é mais quente que as partes cobertas com cimento e areia porque o calor específico do asfalto é maior do que o calor específico do cimento e da areia.
- Um corpo pode variar sua temperatura mesmo sem ganhar ou receber calor.
- Quando um corpo quente aquece um corpo frio, suas temperaturas variam igualmente.

13. Analise as afirmações abaixo.

I) É possível que uma substância receba calor e não sofra variação de temperatura.

II) Dois corpos, de massas diferentes, podem apresentar a mesma capacidade térmica.

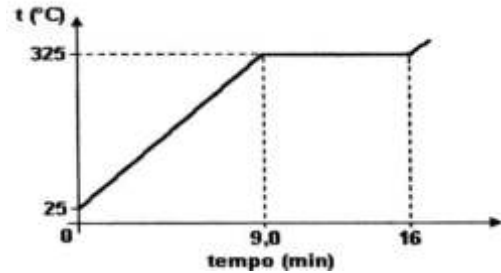
III) Dois corpos, A e B, de mesma massa, recebem igual quantidade de calor. Se, em consequência, A se aquece mais do que B, o calor específico de A é maior do que o de B.

É correto afirmar que somente:

- I é correta
- II é correta
- III é correta
- I e II são corretas
- II e III são corretas

14. Para ter um padrão de comparação, um estudante verificou que certa chama de um bico de Bunsen eleva de 10°C a temperatura de 200g de água em 4,0 minutos.

Depois, usando a mesma chama, obteve dados para a construção da curva de aquecimento de 500g de pequenas esferas de chumbo.



O estudante conclui corretamente que o calor específico do chumbo, antes de se fundir, vale, em cal/g°C,

- 0,010.
- 0,020.
- 0,030.
- 0,040.
- 0,050.

15. O calor pode ser transferido de um corpo a outro por condução, convecção e irradiação. A alternativa que *não* tem relação com a transferência de calor por irradiação é:

- as paredes de vidro de uma garrafa térmica são espelhadas
- bombons e chocolates são embrulhados em papel de alumínio
- é mais agradável usar roupas brancas em dias ensolarados
- uma pessoa sente “uma onda de calor” quando de frente a uma lareira
- O congelador deve ficar na parte superior das geladeiras

16. Uma garrafa térmica (frasco de Dewar) é feita de vidro espelhado para:

- evitar a perda de calor por convecção
- facilitar que o calor seja conduzido para o seu interior, aumentando a temperatura do líquido contido na garrafa
- evitar a fuga de vapor de água
- refletir a radiação infravermelha
- permitir o rápido equilíbrio térmico com o meio exterior.

17. O ar condicionado é um equipamento que, no verão, possibilita manter, em locais fechados, a temperatura inferior a do ambiente externo. A quantidade de calor que flui através de uma parede que separa dois ambientes, mantidos em temperaturas diferentes, é tanto *menor* quanto *maior* for:

- a espessura da parede
- a condutividade térmica do material da parede
- a diferença de temperatura entre os dois ambientes
- o intervalo de tempo de exposição
- a área da parede

18. Quando se passa álcool na pele, sente-se que ela esfria naquele local. Isso se deve ao fato de o álcool:

- ser normalmente mais frio do que a pele
- ser normalmente mais frio do que o ar
- absorver calor da pele para evaporar-se
- ser um isolante térmico

e) Ter baixa densidade

19. Em um dia calmo de verão, Paula encontra-se em uma praia sob forte incidência de raios solares. Lembrando-se de que o calor específico da água é bem maior do que o da terra, ela observou atentamente alguns fenômenos, buscando relacioná-los com as explicações e comentários apresentados pelo seu professor de Física para os mesmos.

Considerando a situação descrita, assinale com V (verdadeiro) ou F (falso) as proposições adiante.

- () Durante o dia, a temperatura da terra é maior do que a da água porque o calor específico da terra é menor do que o da água.
- () Durante a noite, a temperatura da água é menor do que a da terra porque o calor específico da água é maior do que o da terra.
- () Durante o dia, percebia-se na praia uma brisa soprando da terra para o mar. Uma possível justificativa é porque a massa de ar junto à terra estava mais aquecida do que a massa de ar junto ao mar.
- () Durante a noite, percebia-se na praia uma brisa soprando do mar para a terra. Uma possível justificativa é porque a massa de ar junto ao mar estava mais aquecida do que a massa de ar junto à terra.
- () Após o pôr-do-sol, a água se resfriou mais rapidamente do que a terra, porque o calor específico da água é maior do que o da terra.
- () Após o pôr-do-sol, a terra se resfriou mais rapidamente do que a água do mar, porque o calor específico da água é bem maior do que o da terra.
- () Foi possível observar que a água e a terra apresentaram a mesma temperatura, sempre.

20. Uma barra de alumínio de 50 cm de comprimento e área de seção transversal de 5 cm² tem uma de suas extremidades em contato térmico com uma câmara de vapor de água em ebulição (100°C). A outra extremidade está imersa numa cuba que contém uma mistura bifásica de gelo fundente (0°C):

A pressão atmosférica local é normal. Sabendo que o coeficiente de condutibilidade térmica do alumínio vale 0,5 cal/scm°C, calcule:

- a) a intensidade da corrente térmica através da barra, depois de estabelecido o regime permanente.
- b) a temperatura numa seção transversal da barra, situada a 40 cm da extremidade mais quente.

21. As maiores temperaturas em nosso planeta estão no Núcleo, chegando a mais de 400 °C . Acima do núcleo está o manto, a parte fluida do interior da Terra. A parte sólida que recobre a superfície do planeta é chamada crosta. Considere os fenômenos descritos abaixo, sobre o fluxo de calor em diferentes regiões do planeta:

- I) Calor é transferido do núcleo para camadas mais rasas da Terra, o que provoca movimentação da massa fluida do manto.
- II) A temperatura da crosta aumenta com a profundidade da crosta é chamada de gradiente

geotérmico, medido em °C/Km. Na crosta, o calor se propaga das camadas sólidas de rocha mais profundas para as de menor profundidade.

- III) A superfície da Terra é aquecida durante o dia por uma quantidade de energia enorme que chega do sol e se resfria à noite, liberando calor para a atmosfera.

As descrições acima enfatizam três processos de transferência de calor. Marque a alternativa com a correspondência correta entre cada fenômeno descrito e o respectivo processo de transferência de calor.

- a) I- Condução; II-Convecção; III-Radiação
- b) I- Convecção; II- Radiação; III-Condução
- c) I- Radiação; II-Condução; III-Convecção
- d) I- Condução; II- Radiação; III- Convecção
- e) I- Convecção; II- Condução; III-Radiação

22. Quando os astronautas da Estação Espacial Internacional precisam realizar missões fora do ambiente pressurizado da estação, eles usam trajes espaciais que são projetados para mantê-los vivos no ambiente extremamente hostil do espaço. Uma característica desses trajes é o sistema de resfriamento, que utiliza água circulando por tubos em contato com o corpo do astronauta para absorver o calor liberado por ele. Sem esse sistema, a temperatura no interior do traje iria subir e causar desconforto, pois o isolamento térmico do traje é extremamente eficiente e, durante os trabalhos fora da estação, os astronautas liberam uma quantidade de calor considerável. Medidas das taxas metabólicas de utilização de energia pelo corpo dos astronautas fornecem um valor médio de aproximadamente 200Kcal/h. Com base nessas informações e em seus conhecimentos de Física, analise as seguintes afirmativas:

- I) Se todo o gasto energético do astronauta durante uma hora fosse usado para aquecer uma quantidade de 10 litros de água, a temperatura da água se elevaria em 20 °C.
- II) A água é usada para o sistema do resfriamento porque tem grande capacidade de absorver calor, sofrendo pequenas variações de temperatura, ou seja tem alto calor específico.
- III) O sistema de resfriamento seria mais eficiente se fosse usado mercúrio, ao invés de água, pois o metal é muito melhor condutor de calor.
- IV) Se não houvesse o sistema de resfriamento, o interior do traje espacial ficaria muito mais quente que o corpo do astronauta devido à liberação de calor por ele

Estão corretas somente as afirmativas:

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

23. O efeito estufa é um fenômeno natural, característicos de planetas onde existe atmosfera. Ele acontece na atmosfera da Terra e também na de Vênus, onde o efeito é muito acentuado e a temperatura alcança valores de cerca de 460 °C. Embora importante para a manutenção da vida do

planeta, hoje é uma preocupação para muitos ambientalistas e cientistas. Com base em seus conhecimentos sobre o efeito estufa, analise as seguintes afirmativas.

- I) Existem materiais, como o vidro, que permitem a passagem de luz, mas dificultam a passagem da radiação térmica. Numa estufa com cobertura de vidro, por exemplo, parte da luz que entra é absorvida pelas plantas. Estas, sendo aquecidas, emitem radiação infravermelha que tem dificuldades para atravessar o vidro e aquece o interior da estufa. Esse efeito é semelhante ao que acontece na atmosfera da Terra, daí o nome “efeito estufa”.
- II) O efeito estufa é importante porque retém o calor na Terra, possibilitando a vida de animais e vegetais. Sua intensificação é que é danosa, ocasionando o aumento da temperatura do planeta. Como consequência disto, entre outras coisas, parte da ilha do Marajó, poderá ser inundada e os furacões no Caribe poderão ser mais frequentes e devastadores.
- III) No efeito estufa a radiação solar atravessa a atmosfera, parte é absorvida pela Terra e parte é refletida. Uma parcela da radiação absorvida é reemitida na forma de raios ultravioleta (ondas de calor), que tem pequeno comprimento de onda, dos quais uma pequena parte é absorvida, principalmente pelo gás carbônico, vapor d’água e metano, nas altas camadas atmosféricas, criando um manto quente na superfície da Terra.
- IV) Na lua não há ocorrência de efeito estufa, em virtude de não existir atmosfera. Isto é uma das causas das temperaturas do nosso satélite variarem entre $-150\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante a noite e $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ o dia.

Estão corretas somente as afirmativas:

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

24. Amazônia pode ser fonte de CO_2 , diz estudo.

Trechos da floresta amazônica, considerada por muito tempo uma garantia do planeta contra o aquecimento global, podem estar, na verdade, lançando na atmosfera – mais do que absorvendo – o principal gás a causar o problema, de acordo com cientistas brasileiros e norte americanos.



Figura 1

Figura 2

Figura 3

Figura 1 – As folhas da vegetação viva usam a luz solar, água e CO_2 (dióxido de carbono) da atmosfera para produzir biomassa, que aprisiona o carbono. O subproduto é o oxigênio (O_2).

Figura 2 – Assim como os animais, as plantas também respiram, ou seja, usam oxigênio para consumir seu

alimento e produzir energia. O subproduto, desta vez, é o CO_2 , que leva carbono para a atmosfera.

Figura 3 – Os galhos, folhas e todas as sobras de matéria orgânica da floresta caem no chão e formam uma camada que é degradada por microorganismos, o que devolve mais CO_2 à atmosfera.

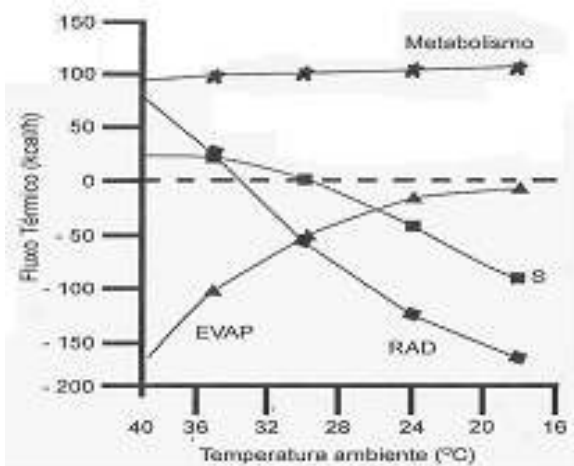
Uma consequência direta do excesso de gás carbônico (CO_2) emitido para a atmosfera, mostrado no texto acima, é a ocorrência do efeito estufa, o qual provoca o aquecimento global da Terra. A atmosfera é transparente às energias térmicas de altas frequências emitidas pelo Sol e que aquecem a Terra. Mas, devido ao CO_2 , a atmosfera é opaca às energias de baixas frequências re-emitidas pela Terra. Assim, a energia que deveria ser devolvida ao espaço, retorna à Terra. Com base no exposto, verifique, quais afirmações abaixo, são justificativas para a ocorrência desse fenômeno:

- I) A terra é aquecida pelo Sol através do processo de irradiação.
- II) O gás carbônico, liberado por decomposição da matéria orgânica depositada no solo, é levado à atmosfera, graças ao processo de condução térmica.
- III) A Terra re-emite a energia térmica com comprimentos de ondas mais longos.
- IV) O CO_2 e outros “gases do efeito estufa” são transparentes às radiações de comprimentos de onda curtos.

As afirmações corretas são:

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

25. Em um experimento para o estudo dos mecanismos de controle de temperatura do corpo humano, um indivíduo foi mantido em repouso em um ambiente com temperatura inicial de $40\text{ }^{\circ}\text{C}$, que foi gradativamente baixada até $16\text{ }^{\circ}\text{C}$. As trocas de calor que ocorreram entre o corpo do homem e o ambiente por evaporação (EVAP) e por radiação (RAD), foram medidas e estão representadas no gráfico abaixo, em unidades de kilocaloria por hora (kcal/h). Os fluxos de calor com valores positivos representam calor transferido do meio para o homem e aqueles com valores negativos representam fluxo de calor transferido do homem para o ambiente. É mostrada também a taxa de geração de calor pelo metabolismo do homem. O valor da soma das três curvas citadas é representado na curva S, ou seja, ela indica a taxa com que aumenta ou diminui a energia interna do corpo do homem.



Tendo com base as curvas do gráfico acima, analise as afirmativas abaixo:

- I) Abaixo de 30 °C a temperatura interna do corpo do homem aumentou para compensar o ambiente mais frio.
- II) A pele do homem estava na mesma temperatura do ambiente quando esta era de aproximadamente 30 °C.
- III) Em temperaturas acima de 35°C o corpo do homem irradiou calor para o ambiente.
- IV) Em temperaturas muito altas o método mais eficiente de liberação de calor é pela evaporação da transpiração.

Estão corretas apenas as afirmativas:

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

1 – ONDAS

CONCEITO DE ONDA

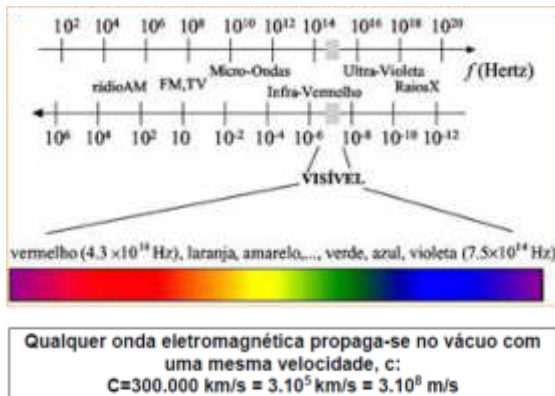
Onda é uma perturbação de um meio elástico, ou campo oscilante, que se propaga transportando energia e quantidade de movimento. Uma onda não transporta matéria.

NATUREZA DAS ONDAS

a) ondas mecânicas: são as constituídas por impulsos mecânicos que se transmitem através de vibrações das partículas que constituem o meio. Por esta razão, **as ondas mecânicas não se propagam no vácuo.** O som é uma mecânica.



b) ondas eletromagnéticas: são criadas por cargas elétricas vibrantes, cujo movimento de vibração origina campos elétricos e magnéticos oscilantes. As ondas eletromagnéticas se propagam no vácuo. As ondas de rádio, a luz e os raios X são exemplos de ondas eletromagnéticas.



Quanto a direção de propagação

ONDAS UNI, BI E TRIDIMENSIONAIS.

a- Ondas Unidimensionais: são aquelas se propagam em uma só direção. Ex.: ondas em cordas.

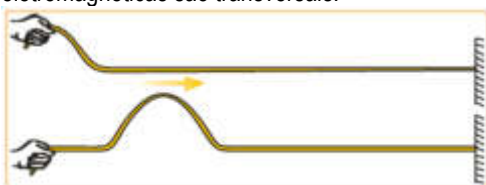
b- Ondas Bidimensionais: são aquelas que se propagam num plano. Ex.: ondas na superfície de um lago.

c- Ondas Tridimensionais: são aquelas que se propagam em todas as direções. Ex.: ondas sonoras no ar atmosférico.

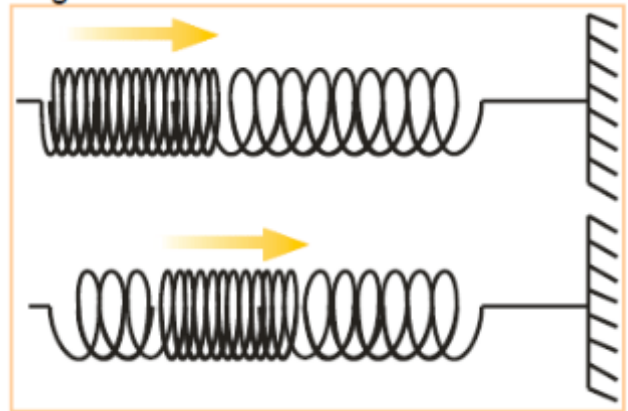
Quanto a direção de vibração

ONDAS TRANSVERSAIS, LONGITUDINAIS E MISTAS

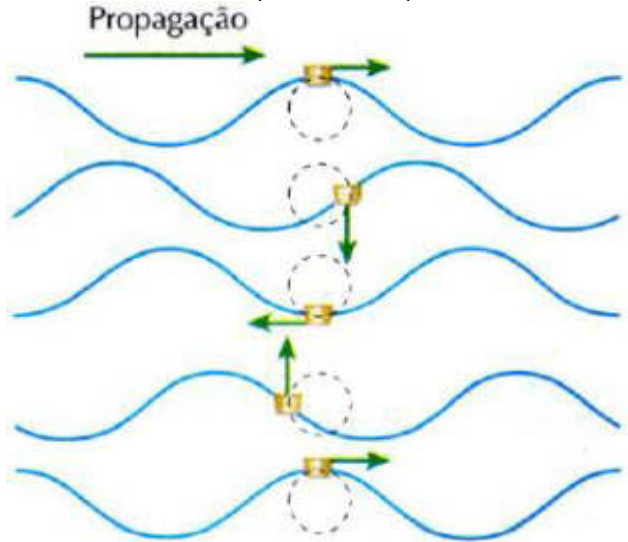
a- Ondas Transversais: são aquelas cujas vibrações são perpendiculares à direção de propagação. As ondas eletromagnéticas são transversais.



b- Ondas Longitudinais: são aquelas cujas vibrações coincidem com a direção de propagação. O som nos fluidos é uma onda longitudinal.

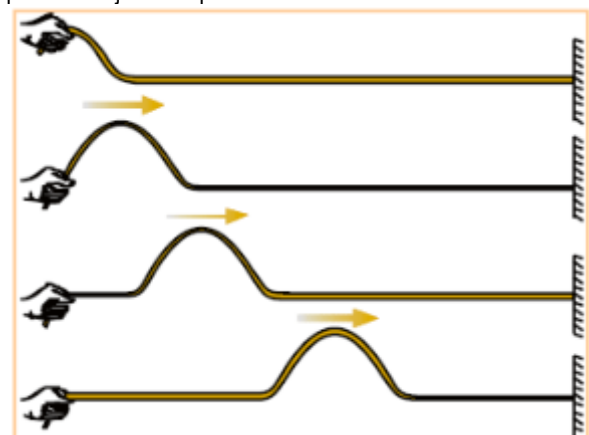


c- Ondas Mistas: são ondas em que as partículas vibram longitudinal e transversalmente, ao mesmo tempo. O som nos sólidos e as ondas nas superfícies dos líquidos são ondas mistas.



PULSOS (ONDA SIMPLES)

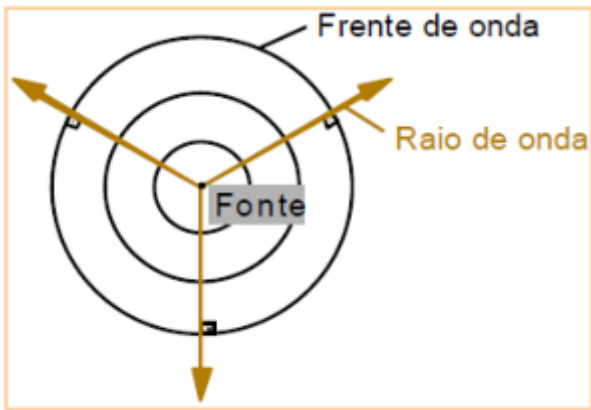
Chama-se pulso a onda que corresponde a uma perturbação simples, ou seja, quando produzimos num meio um único abalo. Quando produzimos em um meio, vários abalos, o meio é percorrido por um conjunto de pulsos chamado trem de onda.



FRENTE DE ONDA E RAIOS DE ONDA

a- Frente de Onda: é a fronteira entre a região atingida pela onda e a região ainda não atingida.

b- Raio de Onda: é uma linha orientada que tem origem na fonte de onda e é perpendicular às frentes de onda. Os raios de onda indicam a direção e o sentido de propagação das ondas num meio.



PERÍODO

O período (T) de uma onda é o tempo necessário para que um ponto do meio onde a onda se propaga execute uma oscilação (vibração) completa. Unidade de medida no SI: segundo (s)

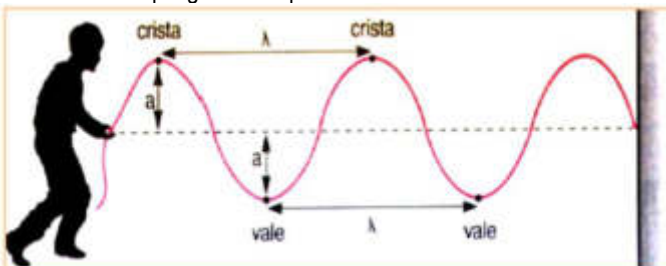
FREQUÊNCIA

A frequência (f) de uma onda é o número de oscilações (vibrações) executadas por qualquer ponto do meio onde ela se propaga, na unidade de tempo. A relação entre a frequência e o período é dado por: Unidade de medida no SI: s⁻¹ = Hertz (Hz)

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

COMPRIMENTO DE ONDA

O comprimento de onda (λ) é o espaço percorrido por uma onda no intervalo de tempo igual a um período.



No caso de um trem de ondas periódicas, a distância entre dois "vales" consecutivos ou duas "cristas" consecutivas é igual a um comprimento de onda.

Sendo V a velocidade de propagação da onda, será o produto desta velocidade pelo período.

$$v = \lambda \cdot f$$

EXERCÍCIOS DE AULA

01. (FURG) As seguintes afirmações estão relacionadas às ondas eletromagnéticas.

- I. A luz é uma onda transversal.
- II. A velocidade da luz no vácuo é diferente para cada cor.
- III. A radiação infravermelha corresponde a um comprimento de onda menor do que o da cor vermelha.

Quais estão corretas?

- a) Apenas I b) Apenas II c) Apenas I e II
- d) Apenas II e III e) Todas

02. Entre as afirmações seguintes há uma errada. Qual?

- a) Os raios de onda são sempre perpendiculares à frente de onda.
- b) Toda onda transporta energia, sem transportar matéria.
- c) Nas ondas planas, as frentes de onda são superfícies esféricas concêntricas com a fonte.

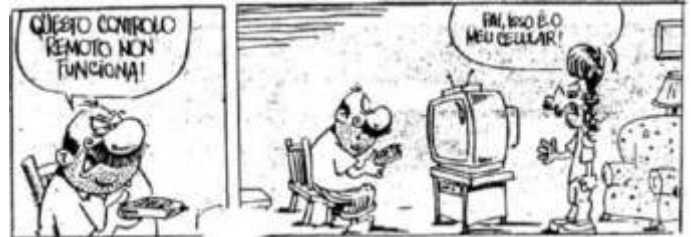
d) À medida que uma onda se propaga num meio, os pontos atingidos pela perturbação recebem sempre a mesma energia.

e) Nas ondas bidimensionais retas, as frentes de onda são retas paralelas.

03. (MACK) Um menino na beira de um lago observou uma rolha que flutuava na superfície da água, completando uma oscilação vertical a cada 2 s, devido à ocorrência de ondas. Esse menino estimou como sendo 3 m a distância entre duas cristas consecutivas. Com essas observações, o menino concluiu que a velocidade de propagação dessas ondas era de

- a) 0,5 m/s b) 1,0 m/s c) 1,5 m/s
- d) 3,0 m/s e) 6,0 m/s

04. (UNISINOS)



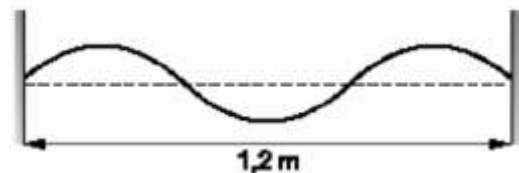
O controle remoto e o telefone celular são emissores de ondas eletromagnéticas. A respeito das ondas eletromagnéticas afirma-se que:

- I- são ondas transversais.
- II- não se propagam no vácuo.
- III- as que têm maior frequência têm menor comprimento de onda.

Das afirmações acima:

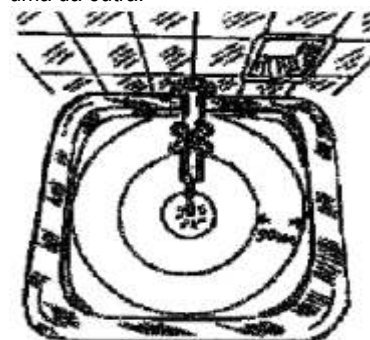
- a) somente I é correta.
- b) Somente II é correta.
- c) Somente I e II são corretas.
- d) Somente I e III são corretas.
- e) I, II e III são corretas.

05. (PUCSP) Uma onda senoidal que se propaga por uma corda (como mostra a figura) é produzida por uma fonte que vibra com uma frequência de 150 Hz. O comprimento de onda e a velocidade de propagação dessa onda são



- a) λ = 0,8 m e v = 80 m/s
- b) λ = 0,8 m e v = 120 m/s
- c) λ = 0,8 m e v = 180 m/s
- d) λ = 1,2 m e v = 180 m/s
- e) λ = 1,2 m e v = 120 m/s

06. (UFPEL) O estudante Marcelo observa uma torneira com defeito que pinga 30 gotas por minuto na água de um tanque. Na superfície do líquido, formam-se ondas circulares cujas cristas distam 3,0 cm uma da outra.



Utilizando o Sistema Internacional de Unidades, responda às seguintes perguntas e justifique suas respostas.

- Qual é o período das ondas que se propagam na água do tanque?
- Qual a frequência dessas ondas?
- Qual a velocidade de propagação das ondas formadas?

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (UFRS) Considere as afirmações abaixo:

- As ondas luminosas são constituídas pelas oscilações de um campo elétrico e de um campo magnético.
- As ondas sonoras precisam de um meio material para se propagar.
- As ondas eletromagnéticas não precisam de um meio material para se propagar.

Quais delas são corretas?

- apenas I
- apenas I e II
- apenas I e III
- apenas II e III
- I, II e III

02. (UFRS) Classifique cada exemplo de onda (coluna da direita) de acordo com o tipo correspondente (coluna da esquerda).

- 1- longitudinal () ondas sonoras
() ondas de rádio
- 2- transversal () onda em uma corda de violão.

A sequência de números que estabelece as associações correta na coluna da direita, quando lida de cima para baixo, é:

- 1 - 2 - 2
- 1 - 1 - 2
- 2 - 1 - 2
- 1 - 2 - 1
- 2 - 1 - 1

03. (UNISINOS) Para evitar acidentes e oferecer mais segurança nas viagens, locomotivas da RFFSA passam a usar, a partir de março do ano passado, um sistema inédito de comunicação via micro-ondas (Zero Hora, 10/09/93).

As micro-ondas, amplamente utilizadas nas telecomunicações, são ondas com frequência do que as ondas luminosas.

As lacunas são corretamente preenchidas, respectivamente, por:

- mecânicas; maior
- mecânicas; menor
- sonoras; maior
- eletromagnéticas; menor
- eletromagnética; maior

04. (UFRS) Em qual das alternativas as radiações eletromagnéticas mencionadas encontram-se em ordem crescente de suas frequências?

- Luz visível, raios X e infravermelho
- Raios X, infravermelho e ondas de rádio
- Raios gama, luz visível e micro-ondas
- Raios gama, micro-ondas e raios X
- Ondas de rádio, luz visível e raios X

05. (UFRS) Considere as seguintes afirmações:

I- A velocidade de propagação da luz é a mesma em todos os meios.

II- As micro-ondas, usadas em telecomunicações para transportar sinais de TV ou conversações telefônicas, são eletromagnéticas.

III- Ondas eletromagnéticas são ondas do tipo longitudinal.

Quais estão corretas?

- apenas I
- apenas II
- apenas I e III
- apenas II e III
- I, II e III

06. (UFSP) Cientistas descobriram que a exposição das células humanas endoteliais à radiação dos telefones celulares pode afetar a rede de proteção do cérebro. As micro-ondas emitidas pelos celulares deflagram mudanças na estrutura da proteína dessas células, permitindo a entrada de toxinas no cérebro.

As micro-ondas geradas pelos telefones celulares são ondas de mesma natureza que

- o som, mas de menor frequência.
- a luz, mas de menor frequência.

- o som, e de mesma frequência.
- a luz, mas de maior frequência.
- o som, mas de maior frequência.

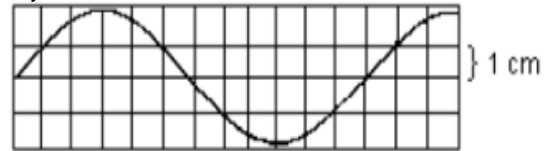
07. (UCS) Os raios X, as radiações infravermelha e ultravioleta, bem como a luz visível são radiações eletromagnéticas que transportam energia na sua propagação. Tendo presentes as radiações eletromagnéticas acima, é correto afirmar que:

- todas apresentam a mesma velocidade no vácuo.
- a radiação ultravioleta tem velocidade maior na água do que no vácuo.
- todas se propagam em qualquer meio com a mesma velocidade com que se propagam no vácuo.
- o raio X tem maior comprimento de onda do que a radiação infravermelha.
- a luz amarela tem frequência menor do que a luz vermelha.

08. (UFRS) A velocidade de propagação das ondas eletromagnéticas no ar é de aproximadamente $3 \cdot 10^8$ m/s. Uma emissora de rádio que transmite sinais (ondas eletromagnéticas) com frequência de $9,7 \cdot 10^6$ Hz pode ser sintonizada em ondas curtas na faixa (comprimento de onda) de aproximadamente:

- 19 m.
- 25 m.
- 31 m.
- 49 m.
- 60 m.

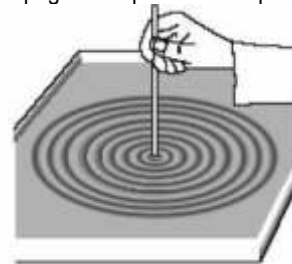
09. (Fund. Carlos Chagas-SP) O gráfico representa a forma de um fio, em um determinado instante, por onde se propaga uma onda, cuja velocidade é 6 cm/s.



Determine:

- a amplitude da onda;
- o comprimento de onda;
- a frequência da onda.

10. (PUCSP) Utilizando um pequeno bastão, um aluno produz, a cada 0,5 s, na superfície da água, ondas circulares como mostra a figura. Sabendo-se que a distância entre duas cristas consecutivas das ondas produzidas é de 5 cm, velocidade com que a onda se propaga na superfície do líquido é

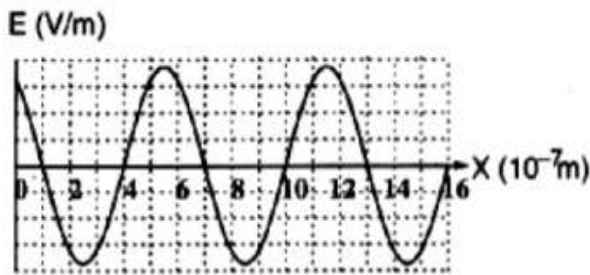


- 2,0 cm/s
- 2,5 cm/s
- 5,0 cm/s
- 10 cm/s
- 20 cm/s

11. (FATEC) No centro de um tanque com água, uma torneira pinga a intervalos regulares de tempo. Um aluno contou 10 gotas pingando durante 20 s de observação e notou que a distância entre duas cristas sucessivas das ondas circulares produzidas na água do tanque era de 20 cm. Ele pode concluir corretamente que a velocidade de propagação das ondas na água é de

- 0,10 m/s
- 0,20 m/s
- 0,40 m/s
- 1,0 m/s
- 2,0 m/s

12. (VUNESP) A figura representa, num determinado instante, o valor (em escala arbitrária) do campo elétrico E associado a uma onda eletromagnética que se propaga no vácuo, ao longo do eixo X, correspondente a um raio de luz de cor laranja. A velocidade da luz no vácuo vale $3,0 \cdot 10^8$ m/s.



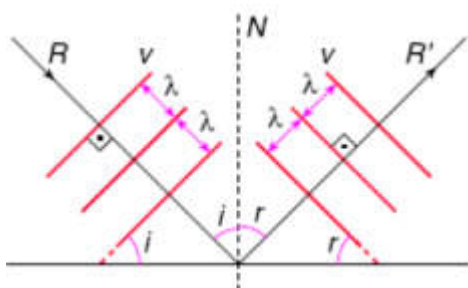
Podemos concluir que a frequência dessa luz de cor laranja vale, em hertz, aproximadamente,

- a) 180 b) $4,0 \cdot 10^{-15}$ c) $0,25 \cdot 10^{15}$
d) $2,0 \cdot 10^{-15}$ e) $0,5 \cdot 10^{15}$

II - FENÔMENOS ONDULATÓRIOS

REFLEXÃO DE ONDAS

Reflexão é o fenômeno que consiste em uma onda atingir a superfície de separação de dois meios e voltar para o meio de onde vinha.



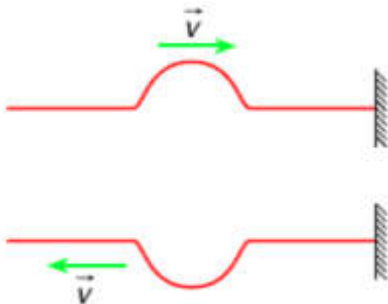
a- PROPRIEDADES DA REFLEXÃO

1º- Na reflexão, a frequência, a velocidade e o comprimento de onda não variam.

2º- Ondas transversais em cordas

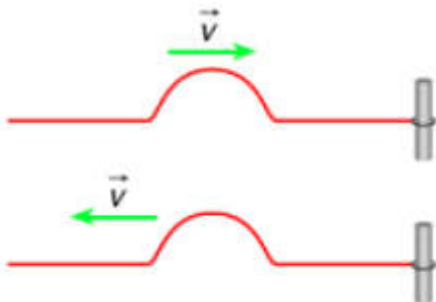
EXTREMIDADE FIXA

Se a extremidade da corda é fixa, o pulso sofre reflexão com inversão de fase, mantendo todas as outras características.



EXTREMIDADE LIVRE

Se a extremidade é livre, o pulso refletido não sofre inversão de fase. A onda mantém todas as suas características.



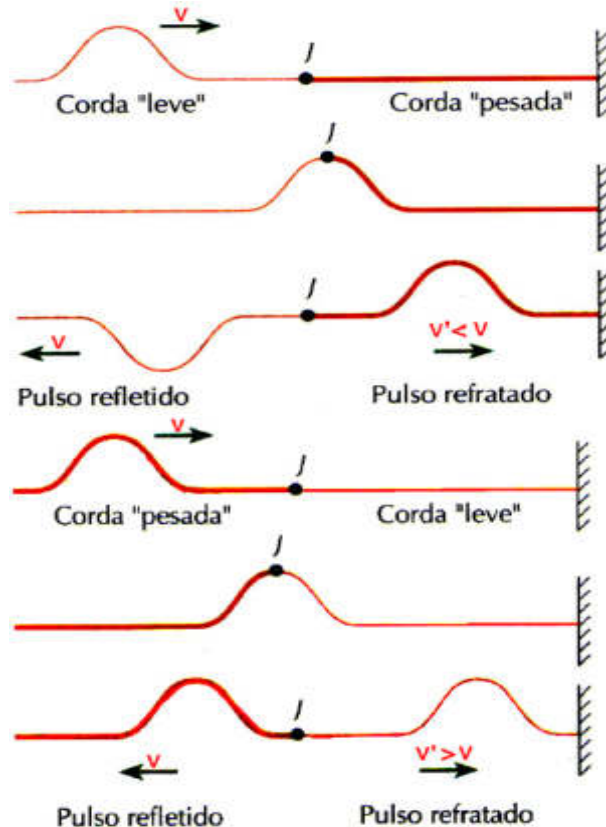
REFRAÇÃO DE ONDAS

Refração é o fenômeno que consiste em uma onda passar de um meio para outro diferente, com alteração na sua velocidade de propagação.

a- PROPRIEDADES DA REFRAÇÃO

A Frequência e a Fase não variam

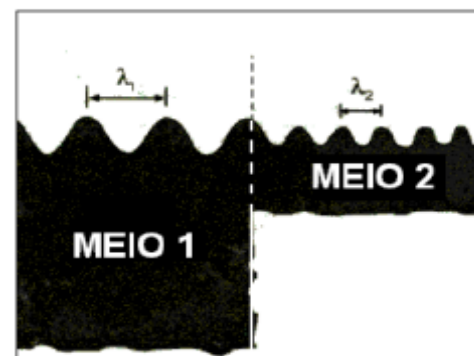
A onda refratada está sempre em concordância de fase com a incidente.



A mesma conclusão acima é válida para as ondas eletromagnéticas. Quando o segundo meio é mais refringente que o primeiro, a luz se reflete com inversão de fase. A velocidade e o comprimento de onda variam na mesma proporção. Isto acontece porque a frequência é a mesma nos dois meios.

$$\frac{\sin i_1}{\sin i_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

Quando uma onda na superfície de um líquido, muda de profundidade, ocorre também refração.

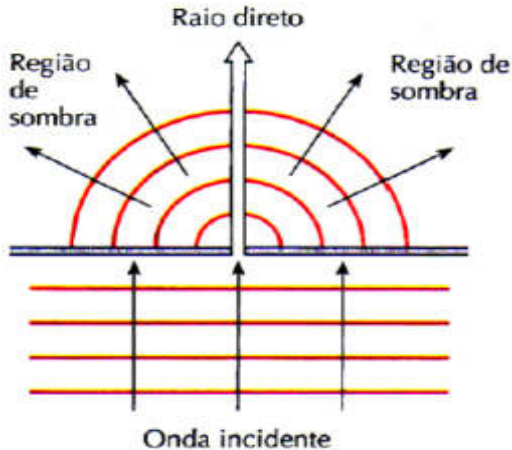


$$\lambda_1 > \lambda_2 \Leftrightarrow v_1 > v_2$$

DIFRAÇÃO

É o fenômeno pelo qual uma onda tem a capacidade de contornar um obstáculo. A difração é uma consequência do princípio de

Huyghens, que diz: cada ponto de uma frente de onda, num determinado instante, é uma fonte de ondas secundárias, com mesmas características da onda inicial.

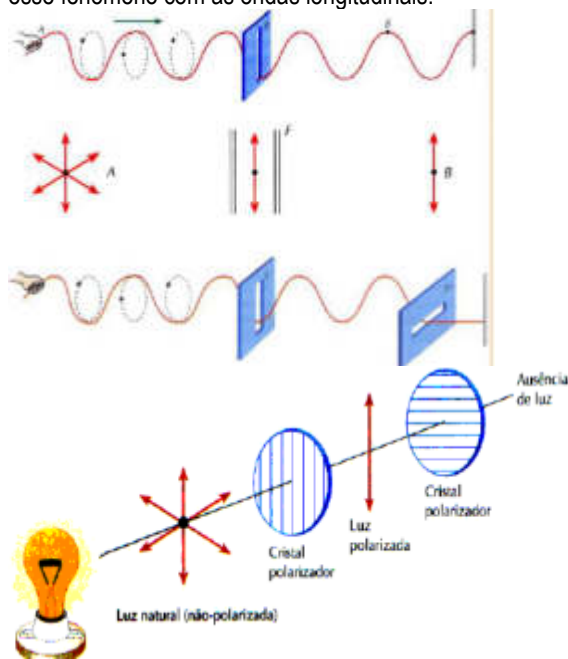


A difração pode ser observada sempre que uma onda ultrapassa um obstáculo ou uma abertura cujas dimensões sejam comparáveis ao seu comprimento de onda. É um fenômeno que pode ocorrer com qualquer tipo de onda. A difração da luz só é nítida quando a dimensão do obstáculo for muito pequena

$$(\lambda \approx 5 \cdot 10^{-7} \text{ m}).$$

POLARIZAÇÃO

Uma onda natural (não polarizada) é aquela que possui várias direções de vibração, em relação a direção de propagação. Polarizar uma onda é fazê-la vibrar em uma única direção. A polarização é exclusiva das ondas transversais, não ocorrendo esse fenômeno com as ondas longitudinais.



PRINCÍPIO DA SUPERPOSIÇÃO

A perturbação resultante em cada ponto do meio, durante a superposição, é a adição das perturbações que seriam causadas pelas ondas separadamente.

Depois da superposição, as ondas têm a mesma forma que antes e continuam a se propagar como antes (Independência das ondas).

INTERFERÊNCIA

Ocorre pela superposição de duas ou mais ondas, de mesma natureza, que se propagam no mesmo meio.

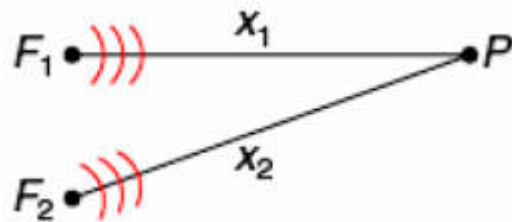
a- Interferência construtiva

$$A = A_1 + A_2$$

b- Interferência destrutiva

$$A = A_1 - A_2$$

INTERFERÊNCIA EM DUAS DIMENSÕES



$\Delta x = x_2 - x_1$: diferença entre os caminhos percorridos pelas ondas que se superpõem em P.

1º) Ondas em fase:

• interferência construtiva

$$\Delta = p \frac{\lambda}{2} \quad (p: \text{número par})$$

• interferência destrutiva

$$\Delta = i \frac{\lambda}{2} \quad (i: \text{número ímpar})$$

2º) Ondas em oposição de fase:

• interferência construtiva

$$\Delta = i \frac{\lambda}{2} \quad (i: \text{número ímpar})$$

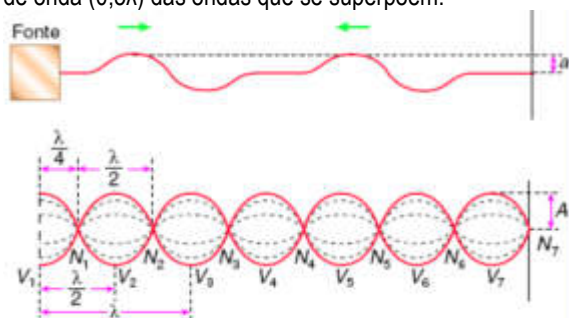
• interferência destrutiva

$$\Delta = p \frac{\lambda}{2} \quad (p: \text{número par})$$

ONDAS ESTACIONÁRIAS

Quando duas ondas periódicas de frequências, comprimentos de ondas e amplitudes iguais e de sentidos contrários se superpõem num dado meio, ocorre a formação de uma figura de interferência denominada ondas estacionárias.

O caso mais simples, em que ocorre esse tipo de interferência, é o de uma corda esticada onde as ondas produzidas numa extremidade se superpõem às ondas refletidas na extremidade oposta. Verifica-se que, se estabelecer uma onda estacionária na corda, há pontos desta que permanecem sempre em repouso, onde a interferência é, portanto, sempre destrutiva. Tais pontos são denominados nós ou nodos. Pelo contrário, há pontos que vibram com amplitude máxima e são denominados ventres. A distância entre nós consecutivos correspondente à metade do comprimento de onda ($0,5\lambda$) das ondas que se superpõem.



V (ventres): pontos da corda que oscilam com amplitude máxima ($A = 2a$).

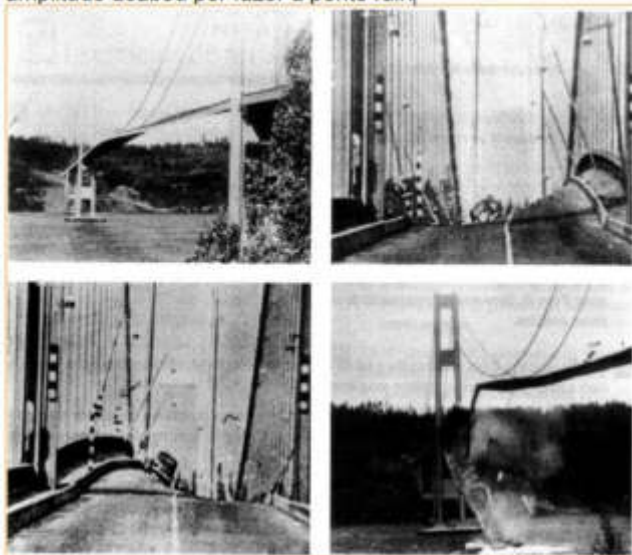
N (nós ou nodos): pontos da corda que não vibram.

RESONÂNCIA

É o fenômeno, em que um corpo ou sistema passa a vibrar (oscilar) após ser atingido por uma onda com frequência natural de oscilação deste corpo ou sistema. A ressonância ocorre quando há transferência de energia entre dois sistemas que oscilam com a mesma frequência. Na ressonância, há um aumento progressivo da amplitude de oscilação. Um exemplo bem simples é o balanço infantil. Quando ele é liberado de uma certa altura, oscila com uma frequência que lhe é característica. Se ao fim de uma oscilação completa, dermos um empurrão, estaremos fornecendo energia ao balanço na frequência com que ele oscila normalmente. Ocorre então uma ressonância mecânica, de modo que o balanço vai armazenando a energia fornecida, e a amplitude do seu movimento vai crescendo gradativamente.

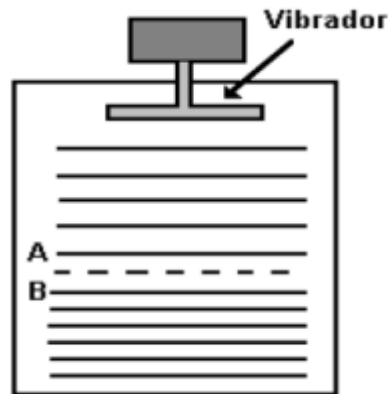


Uma ocorrência dramática, ligada a esse fenômeno, verificou-se no estado de Washington, nos Estados Unidos, em 1940. A ponte sobre o rio Tacoma entrou em ressonância com o vento e começou a vibrar. O aumento contínuo da amplitude acabou por fazer a ponte ruir.



EXERCÍCIOS DE AULA

01. (UFPEL) Em uma cuba de ondas, o professor de Física, utilizando um vibrador de frequência “P”, produz ondas planas, como mostra a figura. A estudante Angelita, participando da experiência, percebe que a distância entre duas cristas sucessivas das ondas no meio B é a metade da distância entre duas cristas no meio A.



Com base no enunciado, responda:

a) A frequência das ondas que se propagam no meio B é maior, menor ou igual à frequência das ondas que se propagam em A? Justifique sua resposta.

b) Qual a velocidade das ondas que se propagam no meio B, se vale 340 m/s a velocidade de propagação das ondas no meio A?

02. (UFPEL) Um feixe de luz monocromática vermelha, de frequência igual a $4,6 \times 10^{14}$ Hz, propaga-se no ar e penetra num bloco de vidro.

a) Qual a cor do feixe luminoso que se propaga no interior do bloco? Por quê?

b) Quando a luz passa do ar para o vidro, a sua velocidade de propagação aumenta, permanece constante ou diminui? Por quê?

c) Quanto ao comprimento de onda da radiação luminosa, podemos afirmar que aumenta, diminui ou não varia, quando a luz penetra no bloco de vidro? Justifique a resposta.

03. (ITA) Uma onda transversal é aplicada sobre um fio preso pelas extremidades, usando-se um vibrador cuja frequência é 50 Hz. A distância média entre os pontos que praticamente não se movem é 47 cm. Então, a velocidade das ondas nesse fio é:

- a) 47 m/s b) 23,5 m/s c) 0,94 m/s
- d) 1,1 m/s e) outro valor

04. (UFCE) Para que ocorra difração, a onda deve encontrar:

- a) um obstáculo de dimensões muito menores que seu comprimento de onda.
- b) uma fenda de dimensões muito maiores que seu comprimento de onda.
- c) uma fenda de dimensões muito menores que seu comprimento de onda.
- d) uma fenda ou obstáculo de dimensões da mesma ordem de grandeza do seu comprimento de onda.

05. (UFRS) Selecione a alternativa que apresenta as palavras que preenchem corretamente as três lacunas nas seguintes afirmações, respectivamente:

O fenômeno de uma onda contornar um obstáculo é denominado

Um pulso em uma corda inverte-se ao se refletir na extremidade

Em uma onda as partículas do meio vibram na direção de propagação da onda.

- a) difração - fixa - transversal
- b) difração - fixa - longitudinal
- c) difração - livre - transversal
- d) refração - livre - longitudinal
- e) refração - fixa - transversal

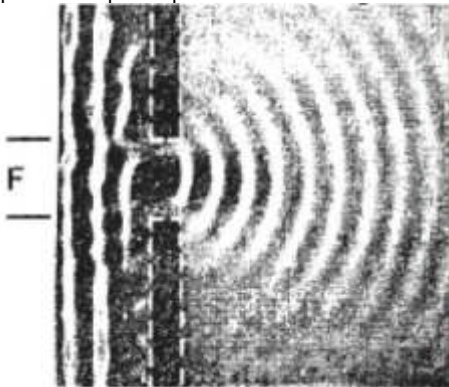
06. (UFMS) A _____ é o fenômeno pelo qual a luz torna os obstáculos, desviando-se de sua trajetória retilínea.

A _____ ocorre apenas em ondas transversais, como a luz.

A _____ é o fenômeno pelo qual a luz é decomposta nas suas componentes monocromáticas.

Selecione a alternativa que completa corretamente as lacunas:

- a) difração, dispersão, absorção.
 b) dispersão, absorção, polarização.
 c) polarização, dispersão, absorção.
 d) difração, polarização, dispersão.
 e) polarização, absorção, dispersão.
07. (UFRS) Duas cordas de violão foram afinadas de modo a emitirem a mesma nota musical. Golpeando-se uma delas, observa-se que a outra também oscila, embora com menor intensidade. Esse fenômeno é conhecido por:
 a) batimentos. b) interferência. c) polarização.
 d) ressonância e) amortecimento.
08. (ACAFE) A luz é formada por ondas transversais. O fenômeno que comprova esta afirmação denomina-se:
 a) reflexão. b) interferência. c) polarização.
 d) difração. e) refração.
09. (PUC) A velocidade de uma onda sonora no ar é 340m/s, e seu comprimento de onda é 0,340m. Passando para outro meio, onde a velocidade do som é o dobro (680m/s), os valores da frequência e do comprimento de onda no novo meio serão, respectivamente,
 a) 400Hz e 0,340m b) 500Hz e 0,340m
 c) 1000Hz e 0,680m d) 1200Hz e 0,680m
 e) 1360Hz e 1,360m
10. (FATEC) Assinale a alternativa correta.
 a) Ondas de rádio são ondas mecânicas.
 b) Toda onda transversal é eletromagnética.
 c) Na reflexão de uma onda, seu comprimento e sua velocidade sofrem alteração, mas sua frequência se mantém.
 d) Quando uma onda passa de um meio mais refringente para outro menos refringente, ocorre mudança no comprimento de onda, mas não na sua frequência.
 e) Uma onda que se propaga pelo vácuo é uma onda mecânica.
11. (UFRGS) Um trem de ondas planas de comprimento de onda, que se propaga para a direita em uma cuba com água, incide em um obstáculo que apresenta uma fenda de largura F . Ao passar pela fenda, o trem de ondas muda sua forma, como se vê na fotografia abaixo. Qual é o fenômeno físico que ocorre com a onda quando ela passa pela fenda?



- a) Difração. b) Dispersão. c) Interferência.
 d) Reflexão. e) Refração.
12. (UFMG) O muro de uma casa separa Laila de sua gatinha. Laila ouve o miado da gata, embora não consiga enxergá-la. Nessa situação, Laila pode ouvir, mas não pode ver sua gata, PORQUE
 a) a onda sonora é uma onda longitudinal e a luz é uma onda transversal.
 b) a velocidade da onda sonora é menor que a velocidade da luz.
 c) a frequência da onda sonora é maior que a frequência da luz visível.
 d) o comprimento de onda do som é maior que o comprimento de onda da luz visível.
13. (FUVEST) Uma onda sonora, propagando-se no ar com frequência f , comprimento de onda λ e velocidade v , atinge a

superfície de uma piscina e continua a se propagar na água. Neste processo, pode-se afirmar que:

- a) apenas f varia.
 b) apenas v varia.
 c) apenas f e λ variam.
 d) apenas λ e v variam.
 e) apenas f e v variam.
14. (UEL) Há algum tempo um repórter de televisão noticiou uma marcha em algum lugar do Brasil. Em dado momento, citou que os seus integrantes pararam de marchar quando estavam passando sobre uma ponte, com medo de que pudesse cair. Na ocasião, o repórter atribuiu tal receio a "crendices populares". Com base nos conceitos da Física, é correto afirmar que os integrantes da marcha agiram corretamente, pois a ponte poderia cair devido ao fenômeno da(o):
 a) Reverberação. b) Interferência. c) Ressonância.
 d) Batimento. e) Efeito Doppler.

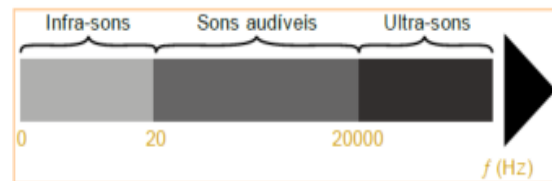
III - ONDAS SONORAS

CONCEITO

As ondas sonoras são de origem mecânica pois são produzidas por deformações em um meio elástico.



O ouvido normal é excitado por ondas sonoras de frequência entre 20 Hz e 20.000 Hz.



Quando a frequência é maior que 20.000 Hz, as ondas são ditas ultrassônicas, e menor que 20 Hz, infrassônicas. O som não se transmite no vácuo, porque exigem um meio material para a sua propagação.

VELOCIDADE

As ondas sonoras propagam-se em meios sólidos, líquidos e gasosos, com velocidades que dependem das diferentes características dos materiais. De um modo geral, as velocidades maiores são nos sólidos e as menores nos gases. A temperatura praticamente não influi na velocidade do som nos meios sólidos e líquidos, mas nos meios gasosos tem importância vital. No ar, a velocidade aumenta com a temperatura, numa razão próxima de 55 cm/s para cada grau Celsius de temperatura.

A velocidade do som é característica do meio material que se propaga.

Meio	Velocidade (m/s) à 25 °C
Ar	346
Hidrogênio	1 339
Água	1 498
Alcool	1 207
Alumínio	5 000
Ferro	5 200
Vidro	4540

QUALIDADES FISIOLÓGICAS DO SOM

Altura

É a qualidade que permite classificar os sons em graves e agudos.

Grave ou baixo \Rightarrow frequência menor
 Agudo ou alto \Rightarrow frequência maior

A voz do homem tem frequência que varia entre 100 Hz e 200 Hz e a da mulher entre 200 Hz e 400 Hz, portanto, a voz do homem costuma ser mais grave ou grossa (baixa), enquanto a da mulher costuma ser aguda ou fina (alta).

Intensidade

É a qualidade que permite distinguir um som forte de um som fraco.

Forte ⇒ grande intensidade sonora (potência) - maior amplitude
Fraco ⇒ pequena intensidade sonora (potência) - menor amplitude

Timbre

É a qualidade que permite classificar os sons de mesma altura e de mesma intensidade, emitidos por fontes diferentes. Por exemplo, por um piano e por um violino.

EFEITO DOPPLER

A frequência que qualquer fenômeno manifesta a um observador depende dos estados de movimento da fonte e do observador. O efeito Doppler se manifesta tanto com ondas sonoras como com a luz.

Denominando f' a frequência recebida pelo observador e f a frequência emitida pela fonte, temos:

Aproximação ⇒ $f' > f$ Afastamento ⇒ $f' < f$

$$f' = f \left(\frac{v \pm v_o}{v \pm v_f} \right)$$

v_s = Velocidade do som

v_f = Velocidade fonte

v_o = Velocidade do observador

f = Frequência real emitida pela fonte

f' = Frequência aparente recebida pelo observador



$v_o \rightarrow (+)$ Observador se aproxima da fonte

$v_o \leftarrow (-)$ Observador se afasta da fonte

$v_f \rightarrow (+)$ Fonte se afasta do observador

$v_f \leftarrow (-)$ Fonte se aproxima do observador

$v_o = 0$ - Observador está parado

$v_f = 0$ - fonte está parada

6.1- EFEITO DOPPLER PARA A LUZ

Fonte se afasta	$f' < f$	Desvio para vermelho
Fonte se aproxima	$f' > f$	Desvio para o violeta

EXERCÍCIOS DE AULA

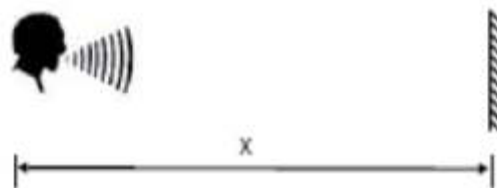
01. (PUCSP) O ouvido humano é capaz de perceber ondas sonoras de frequência entre 20 e 20.000 Hz, aproximadamente. Entretanto, sabe-se que alguns animais são capazes de perceber ondas longitudinais de frequência maior, os ultrassons. Um cachorro pode perceber ultrassons de até 50.000 Hz. Se um apito produzir, no ar,

ondas longitudinais de comprimento 10 mm, por quem elas serão ouvidas? Justifique.

02)(FURG) Se duas ondas sonoras, uma de frequência $f_1=15.000\text{Hz}$ e outra de frequência $f_2 = 150\text{Hz}$, propagam-se no ar, então a relação entre seus comprimentos de onda λ_1 e λ_2 , é

- a) $\lambda_1 = \lambda_2$.
- b) $\lambda_1 = 150\lambda_2$
- c) $\lambda_1 = \lambda_2/150$
- d) $\lambda_1 = 100\lambda_2$.
- e) $\lambda_1 = \lambda_2/100$

03. (UNICAMP) O menor intervalo de tempo entre dois sons percebido pelo ouvido humano é de 0,10 s. Considere uma pessoa defronte a uma parede em um local onde a velocidade do som é de 340 m/s.



a) Determine a distância x para a qual o eco é ouvido 3,0 s após a emissão da voz.

b) Determine a menor distância para que a pessoa possa distinguir a sua voz e o eco.

04. (UFRS) Quais as características das ondas sonoras que determinam, respectivamente, as sensações de altura e intensidade do som?

- a) Frequência e amplitude.
- b) Frequência e comprimento de onda.
- c) Comprimento de onda.
- d) Amplitude e comprimento de onda.
- e) Amplitude e frequência.

05. Em relação às ondas sonoras, a afirmação correta é:

- a) Quanto mais grave é o som, maior será sua frequência.
- b) Quanto maior amplitude de um som, mais agudo ele será.
- c) O timbre de um som está relacionado com sua propagação.
- d) Podemos distinguir dois sons de mesma altura e mesma intensidade emitidos por duas pessoas diferentes, porque eles possuem timbres diferentes.
- e) A intensidade de um som é caracterizada pela sua frequência.

06. (UFMS) O efeito Doppler-Fizeau ocorre se existir _____ entre uma fonte de ondas periódicas e o observador. Este perceberá a _____ como maior, se a fonte se _____ dele.

Selecione a alternativa que completa corretamente as lacunas.

- a) movimento, frequências, aproximar.
- b) interferência, frequências, aproximar.
- c) movimento, amplitude, afastar.
- d) movimento, frequências, afastar.
- e) interferência, intensidade, aproximar.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

1. (MACK) Uma onda sonora de comprimento de onda 68 cm se propaga no ar com velocidade de 340 m/s. Se esse som se propagar na água, ele terá a frequências de

- a) 600 Hz b) 500 Hz c) 400 Hz d) 300 Hz
- e) 200 Hz

02. (UFRS) Selecione a alternativa que apresenta as palavras que preenchem corretamente as três lacunas nas afirmações seguintes, respectivamente.

I. No ar, as ondas sonoras de maior têm menor

II. As ondas sonoras são

- a) velocidade - comprimento de onda - longitudinais
- b) frequência - velocidade - transversais
- c) frequência - comprimento de onda - longitudinais
- d) comprimento de onda - velocidade - transversais
- e) velocidade - frequência - longitudinais

03. (UFRGS) Dois sons no ar com a mesma altura diferem em intensidade. O mais intenso tem, em relação ao outro,

- a) apenas maior frequência.
- b) apenas maior amplitude.
- c) apenas maior velocidade de propagação.
- d) maior amplitude e maior velocidade de propagação
- e) maior amplitude, maior frequência e maior velocidade de propagação.

05. (UFRS) Analise cada uma das seguintes afirmações relacionadas com ondas sonoras e indique se é verdadeira (V) ou falsa (F).

() Analisando os sons produzidos num piano, verifica-se que a nota lá (440 Hz) é mais grave do que a nota dó (256 Hz).

() A onda sonora não se propaga da Terra para a Lua.

() Uma onda sonora audível pode ser difratada.

Quais são, respectivamente, as indicações corretas?

- a) F – V – V
- b) F – F – V
- c) F – V – F
- d) V – F – F
- e) V – V – F

06. (UCS) O ouvido humano distingue no som as seguintes qualidades: altura, intensidade e timbre. Abaixo, são apresentados três exemplos relacionados a essas qualidades.

1 – O barulho do tráfego na cidade é de aproximadamente 90dB, e o barulho de um avião a jato aterrissando é de 140dB.

2 – O homem costuma emitir sons entre 100 e 200 Hz, e a mulher, sons entre 200 e 400 Hz. Dizemos, então, que a voz do homem é mais grave que a da mulher.

3 – Uma mesma nota musical produz sensações diferentes quando emitida por um violino e por um piano.

Observando a ordem dos exemplos, assinale a alternativa que apresenta as qualidades correspondentes a cada um deles.

- a) 1 – timbre; 2 – altura; 3 – intensidade
- b) 1 – altura; 2 – intensidade; 3 – timbre
- c) 1 – intensidade; 2 – timbre; 3 – altura
- d) 1 – timbre; 2 – intensidade; 3 – altura
- e) 1 – intensidade; 2 – altura; 3 – timbre

07. (FURG) O sonar é um aparelho capaz de emitir ondas sonoras na água e captar seus ecos (ondas refletidas), permitindo, com isso, a localização de objetos sob a água. Sabendo-se que o sonar de um submarino recebe as ondas refletivas pelo casco de um navio 6 segundos após a emissão das mesmas e que a velocidade de propagação do som na água do mar é 1 520 m/s, determine a distância entre o submarino e o navio. As velocidades do navio e do submarino são desprezíveis se comparadas à velocidade do som.

- a) 1520 m. b) 3040 m. c) 4560 m.
- d) 6080 m. e) 9120 m.

08. (UFSM) A velocidade de propagação de uma onda sonora aumenta ao passar do ar para a água, portanto o comprimento de onda _____ e a frequência _____.

Selecione a alternativa que completa corretamente as lacunas.

- a) aumenta – não se altera.
- b) não se altera – aumenta.
- c) aumenta – diminui.
- d) diminui – aumenta.
- e) diminui – não se altera.

09. (MACKENZIE) um geofísico, para determinar a profundidade de um poço de petróleo, utilizou uma fonte sonora na abertura desse poço, emitindo pulsos de onda de frequência 440 Hz e comprimento de onda de 75 cm. Recebendo o eco desses pulsos após 6 s de sua emissão, o geofísico determinou que a profundidade do poço é de:

- a) 495 m b) 990 m c) 1 485 m
- d) 1 980 m e) 3 960 m

10. (FUVEST) O ouvido humano é capaz de ouvir sons entre 20 Hz e 20.000 Hz aproximadamente. A velocidade do som no ar é aproximadamente 340 m/s. O som mais grave que o ouvido humano é capaz de ouvir tem comprimento de onda:

- a) 1,7 cm b) 58,8 mm c) 17 m
- d) 6800 m e) 6800 km

11. (UFRS) Selecione a alternativa que apresenta as palavras que preenchem corretamente as três lacunas nas frases seguintes, respectivamente.

I – Aumentando a amplitude de uma onda sonora, aumenta a sua

II – O som da nota musical de 264 Hz (dó) é mais do que o som da nota musical de 396 Hz (sol).

III – No ar, o som percorre aproximadamente um quilômetro em cada..... segundos.

- a) intensidade - grave - três
- b) frequência - grave - cinco
- c) intensidade - grave - cinco
- d) frequência - agudo - cinco
- e) frequência - agudo - três

12. (UFSM) Um ouvinte, ao aproximar-se de uma fonte sonora em repouso, perceberá _____ da onda sonora

- a) a frequência, inalterada
- b) a frequência, aumentada
- c) a frequência, diminuída
- d) o comprimento de onda, aumentado
- e) o comprimento de onda, inalterado

13. (UFRS) Considere as seguintes afirmações:

I – O apito do trem, para um observador em repouso, é mais agudo quando o trem está se aproximando do que quando o trem está se afastando do observador.

II – Quando uma fonte de ondas sonoras se aproxima de um observador fixo ocorre um encurtamento do comprimento de onda entre o observador e a fonte.

III – Quando um observador se aproxima de uma fonte sonora fixa, a frequência do som ouvido é maior do que quando o observador está em repouso.

Quais estão corretas?

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

14. (FURG) O efeito Doppler é caracterizado por:

- A) um deslocamento na frequência detectada, devido ao movimento da fonte vibratória que se aproxima ou se afasta do receptor.
- B) um deslocamento na frequência detectada, apenas quando a fonte vibratória se aproxima do receptor.
- C) um deslocamento na frequência detectada, apenas quando a fonte vibratória se afasta do receptor.
- D) um deslocamento na velocidade detectada, devido ao movimento da fonte vibratória que se aproxima ou se afasta do receptor.
- E) uma frequência constante detectada, devido ao movimento da fonte vibratória que se aproxima ou se afasta do receptor.

15. (UEL) Considere as afirmações abaixo.

I - O eco é um fenômeno causado pela reflexão do som num anteparo.

II - O som grave é um som de baixa frequência.

III - Timbre é a qualidade que permite distinguir dois sons de mesma altura e intensidade emitidos por fontes diferentes.

São corretas as afirmações

- a) I, apenas. b) I e II, apenas. c) I e III, apenas.
d) II e III, apenas. e) I, II e III.

16. (UFU) Para evitar a poluição sonora, devemos limitar nos sons

- a) a intensidade. b) a altura. c) o timbre.

d) os batimentos. e) o comprimento das ondas.

17. (VUNESP) Pesquisadores da UNESP, investigando os possíveis efeitos do som no desenvolvimento de mudas de feijão, verificaram que sons agudos podem prejudicar o crescimento dessas plantas, enquanto que sons mais graves, aparentemente, não interferem no processo.

[Ciência e Cultura 42 (7) supl.: 180-1, julho 1990].

Nesse experimento o interesse dos pesquisadores fixou-se principalmente na variável física

- a) velocidade. b) umidade. c) temperatura.

d) frequência. e) intensidade.

18.

. (FEI-SP) Um jornal publicou, recentemente, um artigo sobre o ruído e sua influência na vida dos seres vivos.

Esse artigo comentava, por exemplo, que, se uma vaca ficasse passeando pela Avenida Paulista durante um certo tempo, ela não daria mais leite, e uma galinha deixaria de botar ovos. Considerando $I_0 = 10^{-12} \text{W/m}^2$, num local onde o ruído atinge 80dB , a intensidade sonora, em W/m^2 , é:

19. O nível de ruído no interior de uma estação de metrô é de 100 dB. Calcule a intensidade física sonora no interior da estação. A mínima intensidade física audível é de $I_0 = 10^{-12} \text{W/m}^2$

20. A intensidade sonora de um som emitido por um aparelho é igual a 10^{-9}W/m^2 . Calcule o nível sonoro desse som.

21. Um som emitido por um alto-falante tem intensidade igual a 10^2W/m^2 e sofre um decréscimo de 20% quando um observador se afasta 50m da fonte. Calcule o nível sonoro na posição onde se encontra o observador.

Dado: $\log 8 = 0,9$

22. Uma fonte sonora emitindo um som de 900 Hz se aproxima com velocidade de 20 m/s de um observador parado. Supondo que a velocidade do som no ar é 320 m/s, ao determinar a frequência sonora ouvida pelo observador vamos encontrar:

23. Uma fonte sonora que emite um som de frequência. de 1000 Hz se aproxima de um observador com a velocidade de 40 m/s. O observador se aproxima da fonte com velocidade de 5 m/s. Sendo a velocidade do som no ar de 340 m/s, determine a frequência ouvida pelo observador.

24. Uma fonte sonora estacionária emite um som de frequência 340 Hz. A velocidade do som no ar é de 340 m/s. Determine em que sentido, em relação à fonte, e com que velocidade deve se mover um observador para ouvir um som de frequência 360 Hz.

25. Uma fonte sonora que emite um som de frequência 528 Hz se aproxima de um observador parado com velocidade de 72 km/h. Sendo a velocidade do som no ar de 340 m/s, calcule a frequência recebida pelo observador.