

CURSO PRÉ – VESTIBULAR  
POPULAR - CPV

# FÍSICA

LÉLIO F MARTINS RIBEIRO

## TERMOLOGIA



### TEMPERATURA E DILATAÇÃO CALORIMETRIA GASES TERMODINÂMICA

## 1 – TEMPERATURA E DILATAÇÃO.

### 1.1 – TEMPERATURA

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



Quando dois corpos possuem a mesma temperatura, dizemos que estão em **equilíbrio térmico**.

Existe, na termodinâmica, um princípio chamado de lei zero da termodinâmica que afirma:

“ Se um corpo **A** está em equilíbrio térmico com um corpo **B** e **B** está em equilíbrio térmico com um corpo **C**, então **A** está em equilíbrio térmico com **C**.”

### 1.2 - CALOR

Calor é a energia térmica em trânsito de um corpo de maior temperatura a outro, de menor temperatura, quando postos em contato, até que ambos atinjam o equilíbrio térmico.



Quando dois corpos **A** e **B**, com temperaturas  $T_1$  e  $T_2$ , respectivamente, estão em contato, há um fluxo de calor do corpo de maior temperatura para o de menor. Tomemos, como exemplo,  $T_1 > T_2$ .

### 1.3 – ESCALAS TERMOMÉTRICAS

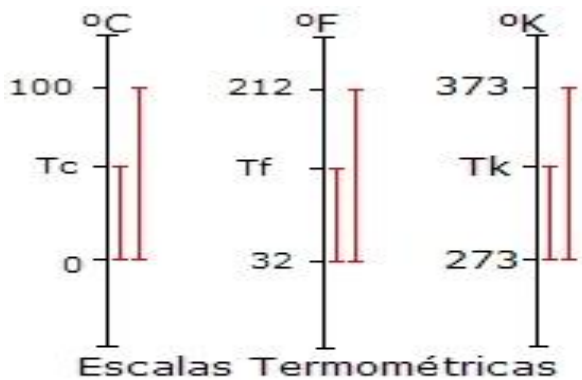
O aparelho destinado a medir temperatura é chamado de termômetro. Para construí-lo, precisamos de uma grandeza termométrica, ou seja, uma grandeza que varie em função da variação da temperatura do corpo.

No intuito de definirmos uma escala termométrica, tomamos como base os chamados **pontos fixos**. Foram escolhidos para pontos fixos, dois fenômenos que se reproduzem sempre nas mesmas condições: A **FUSÃO DO GELO** e a **EBULIÇÃO DA ÁGUA**, ambos sob a pressão normal.

Os valores atribuídos para os pontos fixos nas três escalas termométricas mais usadas são mostrados na tabela abaixo.

Escala	Fusão do gelo	Ebulição da água
Celsius	0°C	100°C
Fahrenheit	32°F	212°F
Kelvin	273K	373K

A figura abaixo ira auxiliar a compreensão do processo utilizado para converter uma escala na outra.



$$\frac{C-0}{100-0} = \frac{F-32}{212-32} = \frac{K-273}{373-273}$$

$$\frac{C}{100} = \frac{F-32}{180} = \frac{K-273}{100}$$

Simplificando todos os termos por 20, temos:

$$\frac{C}{5} = \frac{F-32}{9} = \frac{K-273}{5}$$

### EXERCÍCIO RESOLVIDO

1 – (UNIMEP-SP) Numa das regiões mais frias do mundo, o termômetro indica -76°F. Qual será o valor dessa temperatura na escala Celsius?

**SOLUÇÃO:**

$$\frac{C}{5} = \frac{F-32}{9} \rightarrow \frac{C}{5} = \frac{-76-32}{9} \rightarrow C = -60^{\circ}C$$

### 1.4 – DILATAÇÃO

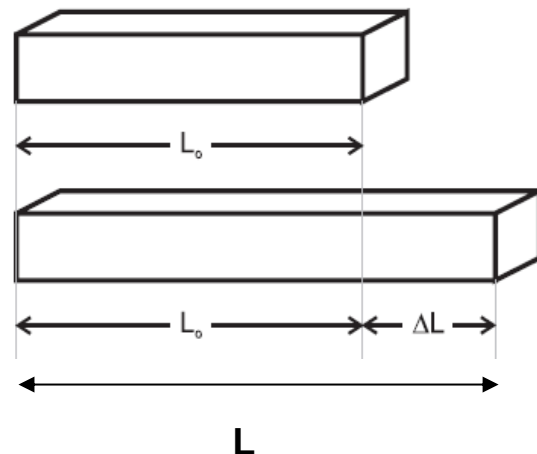
Quando aquecemos um corpo, as suas partículas passam a apresentar um aumento no grau de vibração. Com as partículas mais agitadas, ocorre um distanciamento maior entre elas.

A esse aumento na distância média entre as partículas de um corpo, devido ao aumento de temperatura, damos o nome de dilatação térmica.

#### A) Dilatação Linear.

Quando estivermos trabalhando com corpos cujo comprimento é muito mais evidente que seu volume, diremos que sua dilatação é linear.

Imagine uma barra que possua uma temperatura  $T_0$ , um comprimento  $L_0$ . Ao aquecermos esta barra até uma temperatura  $T$ , o seu comprimento passa a ser  $L$ . Veja a figura.



A barra sofreu uma dilatação  $\Delta L = L - L_0$  por causa da variação da temperatura  $\Delta T$ .

São três os fatores que influenciam nesta dilatação:

1 – O valor do comprimento inicial da barra. Quanto maior for o comprimento inicial  $L_0$ , maior será a dilatação verificada pela barra.

II – O material da barra. Para medir a dilatação de um certo material, usaremos uma grandeza chamada **coeficiente de dilatação linear** ( $\alpha$ ).

III – A variação de temperatura. Quanto maior a variação da temperatura, maior será a dilatação da barra.

A equação matemática que permite o cálculo da dilatação linear:

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

A unidade do coeficiente de dilatação linear é o inverso da unidade de temperatura.

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_0 \cdot \Delta T} \Rightarrow [\alpha] = \frac{[\Delta L]}{[L_0] \cdot [\Delta T]} = \frac{1}{[\Delta T]} = [\Delta T]^{-1}$$

É utilizado com maior frequência, o  $^{\circ}\text{C}^{-1}$ .

Em alguns exercícios, é pedido o valor do comprimento final da barra. Para encontrá-lo, podemos utilizar as equações:

$$\Delta L = L - L_0$$

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

Onde, a combinação destas duas equações chega-se a seguinte expressão:

$$L = L_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

## B) Dilatação superficial.

Ocorre se duas dimensões (o comprimento e a largura) apresentam alterações consideráveis quando o corpo é submetido a variações de temperatura.

A figura a seguir mostra uma placa que, a uma temperatura inicial  $T_0$ , possui uma área  $A_0$ . Quando esta placa é aquecida a uma temperatura  $T$ , a sua área passa a ser  $A$ .



A dilatação superficial pode ser calculada pela seguinte expressão:

$$\Delta A = A_0 \cdot \beta \cdot \Delta T$$

Onde  $\beta$  é chamado de coeficiente de dilatação superficial e depende de qual material é feita a placa.

## OBSERVAÇÕES:

I – A unidade do coeficiente de dilatação superficial é, também, o inverso da unidade de temperatura.

II) – Como a dilatação é, em duas dimensões, o coeficiente de dilatação superficial é o dobro do valor do coeficiente de dilatação linear para uma mesma substância.

$$\beta = 2 \cdot \alpha$$

III – O valor final da área da chapa pode ser calculada com a expressão:

$$A = A_0 \cdot (1 + \beta \cdot \Delta T)$$

## IV – Dilatação de furos

Ao aquecer uma chapa furada, observamos que o furo também se dilata. E a magnitude da dilatação indica que o furo se comporta como se fosse feito do mesmo material que o rodeia.



## C) Dilatação volumétrica.

Ocorre quando todas as dimensões do sólido sofrem dilatações mensuráveis após o aquecimento. A expressão matemática da dilatação volumétrica é análoga às anteriores.



$$\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta T$$

O valor do coeficiente de dilatação volumétrica de uma substância é o triplo do coeficiente de dilatação linear.

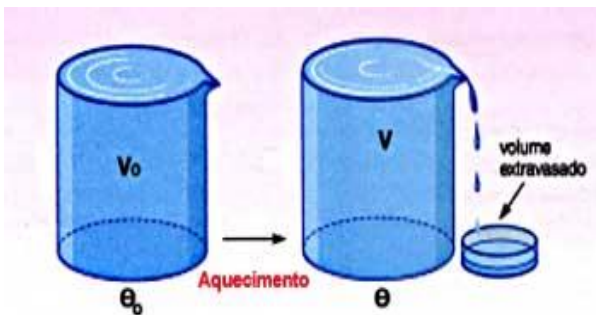
$$\gamma = 3 \cdot \alpha$$

Para o cálculo do volume final de um corpo, devemos utilizar:

$$V = V_0 \cdot (1 + \gamma \cdot \Delta T)$$

#### D) Dilatação dos líquidos.

Os líquidos ocupam um volume delimitado pelo frasco que os contém. Portanto, sua dilatação vai ser sempre volumétrica. Mas como também o frasco sempre se dilata, estamos diante de três dilatações volumétricas simultâneas: a real do líquido, a do frasco e a aparente.



Quando aquecemos igualmente o conjunto (Recipiente e Líquido), a dilatação do líquido será maior que a do recipiente e, portanto, parte do líquido irá transbordar.

A dilatação real do líquido é dada pela soma da dilatação aparente do líquido (volume que foi extravasado) e da dilatação volumétrica sofrida pelo recipiente.

$$\Delta V_{\text{Real}} = \Delta V_{\text{aparente}} + \Delta V_{\text{recipiente}}$$

$$\gamma_{\text{Real}} = \gamma_{\text{aparente}} + \gamma_{\text{recipiente}}$$

#### OBSERVAÇÃO:

Sempre que partimos de uma situação inicial onde o líquido e o recipiente possuem o mesmo volume, a dilatação aparente será a quantidade de líquido transbordada. Porém, se o

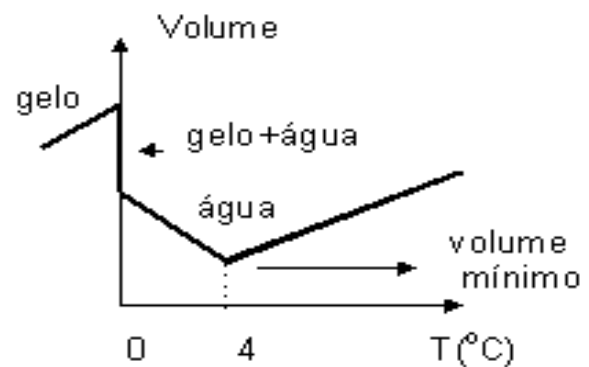
volume inicial do líquido for menor que o do recipiente, a dilatação aparente pode ser nula ou negativa. No primeiro caso, temos a dilatação do líquido igual à do recipiente e no segundo, a dilatação do líquido é menor que a do recipiente.

#### 1.5 – COMPORTAMENTO ANÔMOLO DA ÁGUA.

Afirmamos que quando um corpo é aquecido irá apresentar um aumento em suas dimensões, mas existe uma exceção a esta regra que é a água.

No intervalo de temperatura de 0°C a 4°C, a água se comporta de maneira oposta ao que foi dito até agora:

- I – Quando Aquecemos a água, de 0 °C a 4 °C, seu volume diminui.
- II – Quando resfriamos a água, de 0 °C a 4 °C, seu volume aumenta.
- III – Quando a água sofre solidificação a 0 °C, o seu volume aumenta.



A consequência mais importante do fenômeno é a preservação da vida subaquática em rios e lagos no inverno. Pense em um lago ou rio em uma região muito fria, no inverno, a temperatura ambiente é muito baixa o que provoca uma diminuição da temperatura da água. Quando a superfície da água atinge 4 °C, o seu volume é o menor possível e, por consequência, a sua densidade é maior, então esta se desloca para o fundo.

O congelamento do lago ou rio vai ocorrer da superfície para o fundo. Quando a água começa a solidificar, o gelo produzido possui uma densidade menor que da água líquida, ficando na superfície. Como o gelo é um isolante térmico ele irá diminuir consideravelmente as trocas de calor entre a água e o meio ambiente.

## EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

1) Com a finalidade de compensar a dilatação que ocorre nos trilhos de uma estrada de ferro, é deixado um vão ou folga de 0,036% do Comprimento de cada barra, à temperatura de 20°C. Calcule o coeficiente de dilatação linear do ferro, se aos 50°C as extremidades do trilho se tocam.

**Resolução:**

$$\Delta L = 0,036\% \text{ de } L_0 = \frac{0,036}{100} \cdot L_0 = 3,6 \cdot 10^{-4} \cdot L_0$$

$$T_0 = 20^\circ C$$

$$T = 50^\circ C$$

$$\Delta T = 50 - 20 = 30^\circ C$$

Então

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T \rightarrow 3,6 \cdot 10^{-4} L_0 = \alpha \cdot L_0 \cdot 30$$

$$\alpha = \frac{3,6 \cdot 10^{-4}}{30} = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ C^{-1}$$

2) Um objeto tem uma cavidade cuja capacidade é de 8 ml, a 20°C. Ele é aquecido até 120 °C. O coeficiente de dilatação linear desse objeto é igual a  $2 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ C^{-1}$ . Qual é, nessas condições, a variação da capacidade volumétrica da cavidade?

**Resolução:**

$$\Delta T = 120 - 20 = 100^\circ C$$

$$\gamma = 3 \cdot \alpha = 3 \times 2 \cdot 10^{-5} = 6 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ C^{-1}$$

$$\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta T = 6 \cdot 10^{-5} \cdot 8 \cdot 100$$

$$\Delta V = 0,048 \text{ ml}$$

## EXERCÍCIOS

1. (Vunesp) 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 sua leitura. Esse intervalo de tempo é necessário:

a) Para que o termômetro entre o equilíbrio térmico com o corpo do paciente.

b) Para que o mercúrio, que é muito pesado, possa subir pelo tubo capilar.

c) Para que o mercúrio passe pelo estrangulamento do tubo capilar.

d) Devido a diferença entre os valores do calor específico do mercúrio e do corpo humano.

e) Porque o coeficiente de dilatação do vidro é diferente do mercúrio.

2. (UEPB) Numa aula de física, um aluno é convocado a explicar fisicamente o que acontece quando um pedaço de ferro quente é colocada dentro de um recipiente de água fria. Ele declara: "O ferro é quente porque contém muito calor. A água é fria que o ferro porque tem menos calor que ele. Quando os dois ficam juntos, parte do calor contido no ferro passa para água, até que eles fiquem com o mesmo nível de calor....e aí eles ficam em equilíbrio". Tendo como referência as declarações do aluno e considerando os conceitos cientificamente corretos, analise as seguintes proposições:

I. Segundo o conceito atual de calor, a expressão "O ferro é quente porque contém muito calor" está errada.

II. Em vez de declarar: "... parte do calor contido no ferro passa para água", o aluno dizer que "existe uma transferência de temperatura entre eles".

III. "...até que eles fiquem com o mesmo nível de calor....e aí eles ficam em equilíbrio" é correto, pois quando dois corpos atingem o equilíbrio térmico seus calores específicos se igualam.

Assinale a alternativa correta:

- a) Todas as preposições são verdadeiras.  
 b) Apenas a preposição I é verdadeira.  
 c) Apenas a preposição II é verdadeira.  
 d) Apenas a preposição III é verdadeira.  
 e) Apenas as preposições I e III são verdadeiras.

3. (FMTM-MG) A fim de diminuir o risco de explosão durante um incêndio, os botijões de gás possuem um pequeno pino com aspecto de parafuso, conhecido como plugue fusível. Uma vez que a temperatura do botijão chegue a 172 °F, a liga metálica desse dispositivo de segurança se funde, permitindo que o gás escape. Em termos de nossa escala habitual, o derretimento do plugue ocorre, aproximadamente, a:

- a) 69 °C      c) 85 °C      e) 101 °C  
 b) 78 °C      d) 96 °C

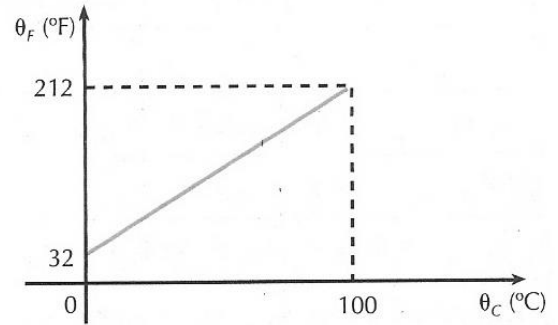
4. (FMTM-MG) Normalmente, o corpo humano começa a “sentir calor” quando a temperatura ambiente ultrapassa a marca de 24 °C. A partir daí, para manter seu equilíbrio térmico, o organismo passa eliminar calor através do suor. Se a temperatura corporal subir acima de 37 °C, é caracterizado como hipertermia e abaixo de 35 °C, hipotermia. Se a temperatura de uma pessoa com hipertermia variar de 37,3 °C para 39,3 °C, esta variação nas escalas Fahrenheit (°F) e Kelvin (K) será, respectivamente, de:

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

5. (FATEC-SP) Um termômetro de mercúrio foi calibrado de tal modo que a temperatura de 0 °C correspondesse a 4 cm de altura de coluna de mercúrio; a temperatura de 100 °C correspondesse a 8 cm de altura da coluna de mercúrio. A função que relaciona a temperatura  $\theta$  (em °C) e a altura  $h$  (em cm) é:

- a)  $\theta = 25h - 4$       d)  $\theta = 25(h - 4)$   
 b)  $\theta = 100(h - 4)$       e)  $\theta = 4(25 - h)$   
 c)  $\theta = 25(h - 1)$

6. (FATEC-SP) O gráfico abaixo relaciona as escalas termométricas Celsius e Fahrenheit.

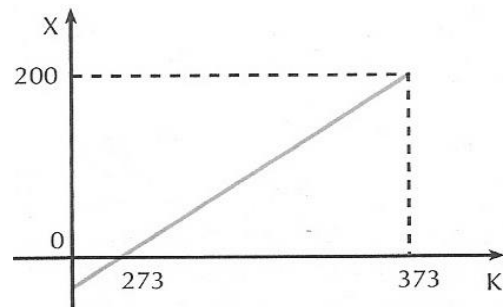


Um termômetro graduado na escala Celsius indica uma temperatura de 20 °C. A correspondente indicação de um termômetro graduado na escala Fahrenheit é:

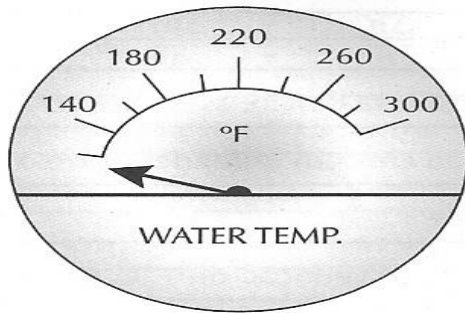
- a) 22 °F      c) 68 °F      e) 22 °F  
 b) 50 °F      d) 80 °F

7. (Unirio-RJ) O nitrogênio, à pressão de 1 atm, condensa-se a uma temperatura de -392 graus numa escala termométrica X. O gráfico representa a correspondência entre essa escala e a escala K (Kelvin). Em função dos dados apresentados no gráfico, podemos verificar que a temperatura de condensação do nitrogênio, em Kelvins, é dada por:

- a) 56      c) 100      e) 273  
 b) 77      d) 200



8. (Cefet-GO) Um medidor de temperatura importado dos Estados Unidos da América, utilizado para registrar a temperatura da água em alguns motores próprios para aviões, possui uma escala de temperatura em graus Fahrenheit (ver figura). Nesta escala, a temperatura do gelo fundente é considerada igual a 32 °F e a temperatura da água em ebulição igual a 212 °F. Se uma outra escala em graus Celsius fosse adicionada ao instrumento, quais seriam as novas marcações, com precisão inteira, em ordem crescente, correspondentes às marcações numeradas da escala original?



- a) 50 °C / 82 °C / 105 °C / 127 °C / 149 °C  
 b) 60 °C / 82 °C / 104 °C / 127 °C / 149 °C  
 c) 50 °C / 82 °C / 104 °C / 127 °C / 149 °C  
 d) 60 °C / 80 °C / 100 °C / 130 °C / 150 °C  
 e) 60 °C / 83 °C / 105 °C / 126 °C / 148 °C

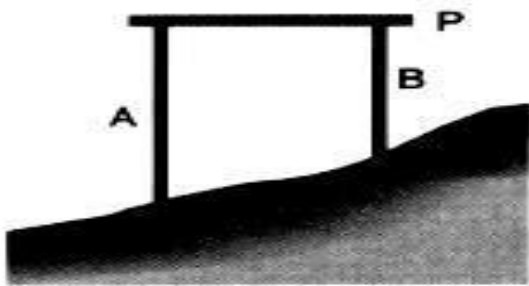
9. (ITA-SP) Um anel de cobre, a 25 °C, tem um diâmetro interno de 5,00 cm. Qual das opções abaixo corresponderá ao diâmetro interno deste mesmo anel a 275 °C, admitindo-se que o coeficiente de dilatação térmica do cobre no intervalo 0 °C a 300 °C, é constante e igual a

$$1,60 \times 10^{-5} \text{ C}^{-1} ?$$

- a) 4,98 cm      c) 5,02 cm      e) 5,12 cm  
 b) 5,00 cm      d) 5,08 cm

10. (UFRGS-RS) Uma plataforma P encontra-se apoiada na posição horizontal sobre duas colunas, A e B, a uma temperatura inicial  $T_0$ , sendo a altura da coluna A o dobro da altura da coluna B. Para que a plataforma P permaneça na posição horizontal em qualquer temperatura T, a relação entre os coeficientes de dilatação linear

$\alpha_A$  e  $\alpha_B$  das colunas A e B deve ser:

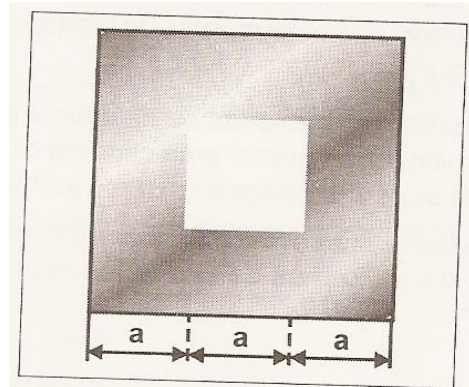


- a)  $\alpha_A = 0,2 \cdot \alpha_B$   
 b)  $\alpha_A = 0,5 \cdot \alpha_B$   
 c)  $\alpha_A = 1,0 \cdot \alpha_B$   
 d)  $\alpha_A = 1,5 \cdot \alpha_B$   
 e)  $\alpha_A = 2,0 \cdot \alpha_B$

11. (MACK-SP) Uma chapa de uma liga metálica de coeficiente de dilatação superficial  $2 \cdot 10^{-5} \text{ C}^{-1}$ . Tem área  $A_0$  à temperatura de 20 °C. Para que a área da placa aumente 1%, devemos elevar a temperatura para:

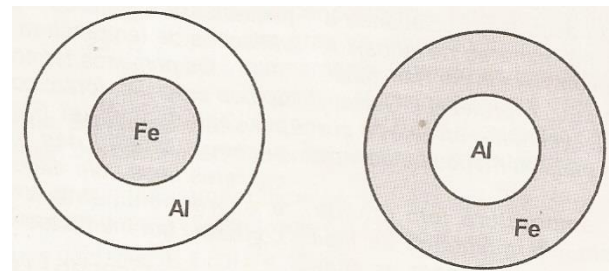
- a) 520 °C      c) 320 °C      e) 170 °C  
 b) 470 °C      d) 270 °C

12. (Odonto-Diamantina) Uma chapa quadrada de metal tem um furo quadrado no centro. Considere as dimensões indicadas na figura. Aumentando-se a temperatura da chapa, o seu perímetro aumenta 30,00mm. Neste caso o perímetro do furo irá:



- a) permanecer o mesmo  
 b) diminuir 30mm  
 c) aumentar 30mm  
 d) diminuir 10mm  
 e) aumentar 10mm

13. (UFMG) O coeficiente de dilatação térmica do alumínio (Al) é, aproximadamente, duas vezes o coeficiente de dilatação térmica do ferro (Fe). A figura mostra duas peças onde um anel feito de um desses metais envolve um disco feito do outro. A temperatura ambiente, os discos estão presos aos anéis.



Se as duas peças forem aquecidas uniformemente, é correto afirmar que:

- a) Apenas o disco de Al se soltará do anel de Fe.  
 b) Apenas o disco de Fe se soltará do anel de Al.

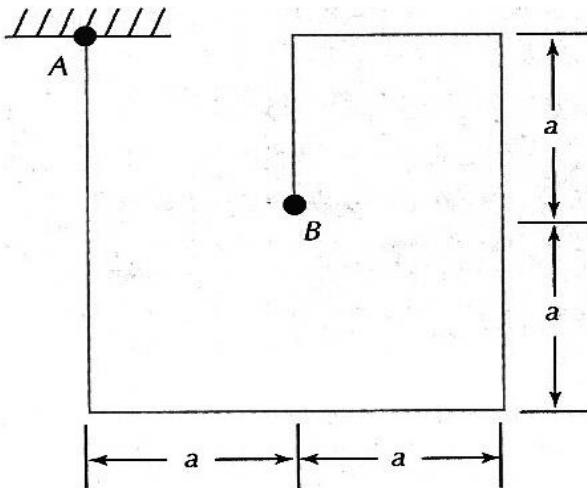
c) Os dois discos se soltarão dos respectivos anéis.

d) Os discos não se soltarão dos anéis.

14. (Itaúna-MG) Uma garrafa de plástico cheia de água é colocada no congelador de uma geladeira. No dia seguinte, verifica-se que a garrafa está toda trincada. Assinale a alternativa que melhor explica o fenômeno:

- a) O gelo afunda na água, quebrando a garrafa.  
 b) A densidade do gelo é maior que a da água.  
 c) Ocorre choque térmico devido a diferença de temperaturas.  
 d) O peso do gelo é maior que o peso da mesma massa de água.  
 e) Uma massa de água tem mais volume na fase sólida que na fase líquida.

15. (Uema) Um arame de aço, dobrado conforme a figura, está engatado no teto, no ponto A. Aumentando-se sua temperatura de maneira homogênea, a extremidade B terá um deslocamento que será mais bem representado por qual das setas?



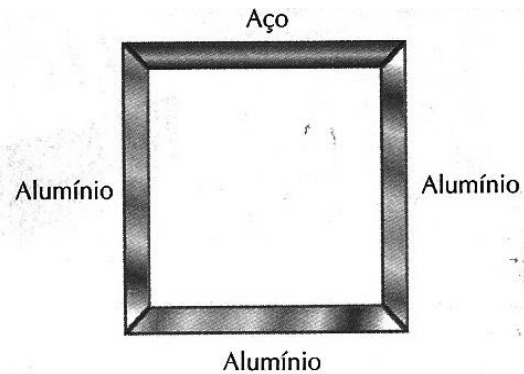
- a)  $\uparrow$                       c)  $\rightarrow$                       e)  $\leftarrow$   
 b)  $\square$                       d)  $\downarrow$

16. (Unirio-RJ) Um quadrado foi montado com três hastes de alumínio e uma haste de aço, todas inicialmente a mesma temperatura. Então o sistema é submetido a um processo de aquecimento, de forma que a variação de temperatura seja a mesma em todas as hastes.

Dados:

$$\alpha_{Al} = (25 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1})$$

$$\alpha_{aço} = (12 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1})$$



Podemos afirmar que, ao final do processo de aquecimento, a figura formada pelas hastes estará mais próxima de um:

- a) quadrado                      d) trapézio retângulo  
 b) retângulo                      e) trapézio isósceles  
 c) losango

17. (UEL-PR) Um recipiente de vidro de capacidade  $2,0 \cdot 10^2 \text{ cm}^3$  está completamente cheio de mercúrio, a  $0^\circ\text{C}$ . Aquecendo o conjunto a  $100^\circ\text{C}$ , o volume de mercúrio que extravasa, em  $\text{cm}^3$ , vale:

Dado: Coeficientes de dilatação volumétrica do vidro e do mercúrio são, respectivamente:

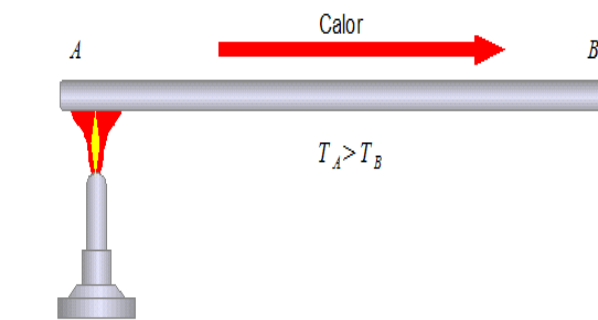
$$\gamma_{vid} = 4,0 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\gamma_{Hg} = 1,8 \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

- a)  $2,8 \cdot 10^{-4}$   
 b)  $2,8 \cdot 10^{-3}$   
 c)  $2,8 \cdot 10^{-2}$   
 d)  $2,8 \cdot 10^{-1}$   
 e) 2,8

18. Um frasco está inteiramente cheio com 2,0 litros de determinado líquido, que tem coeficiente de dilatação volumétrica  $5,0 \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ . Aquecendo-se o conjunto de  $50^\circ\text{C}$ , nota-se o transbordamento de 47 ml de líquido. Qual é o coeficiente de dilatação linear do material do qual é feito o frasco?

- a)  $1,0 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}$   
 b)  $2,0 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}$   
 c)  $3,0 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}$   
 d)  $4,0 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}$



## 2 - CALORIMETRIA

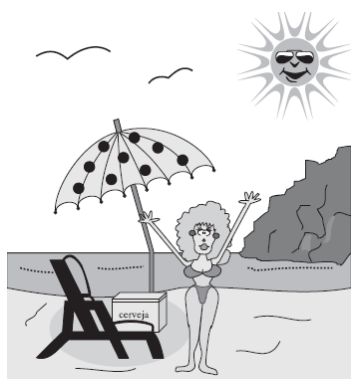
### 2.1 – CALOR

O calor é definido como sendo energia térmica transitando de um corpo de maior para um corpo de menor temperatura. Esta energia Térmica, é proveniente da agitação das moléculas que constituem o corpo.

Como o calor é uma forma de energia, iremos utilizar duas unidades: Joule (J) e a caloria (cal).

A relação entre estas duas unidades é:

$$1,0 \text{ cal} = 4,18 \text{ Joules}$$



Note que esta definição de calor nos faz concluir que expressões do tipo “hoje está calor”, são desprovidas de sentido, pois o calor é uma forma de energia que flui de um corpo para o outro, motivado pela diferença de temperatura.

## PROCESSOS DE TRANSMISSÃO DE CALOR

### A) Condução

É o principal processo de propagação de calor em sólidos. As moléculas com temperatura maior vibram mais, e sua vibração é transmitida às moléculas vizinhas. Como o número de moléculas no sólido é muito grande, o processo é relativamente lento.

Uma característica importante desse processo é que o transporte de energia pode realizar-se sem o transporte de matéria.

#### “OBS”

**É importante notar que, na condução, as partículas permanecem vibrando em torno de suas posições de equilíbrio. As partículas não se deslocam, ao contrário do que acontece com a energia.**

Fatores que influenciam o fluxo de calor entre dois pontos:

I) Área de contato: Quanto maior for a área de contato entre dois corpos, mais intenso será o fluxo de calor. Este fato explica porque encolhemos quando sentimos frio.

II) Espessura: Quanto maior a espessura do corpo, menor é o fluxo de calor. É por isso que usamos roupas grossas (grande espessura) durante o inverno.

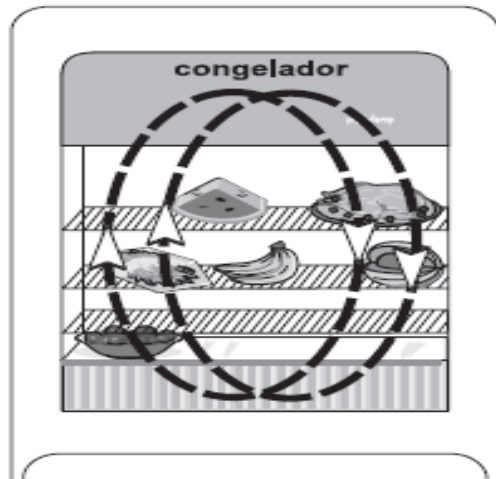
III) Diferença de temperatura entre os pontos: Quanto maior esta diferença, maior será o fluxo de calor.

IV) Tipo de material: Existe, materiais que são condutores e outros são isolantes térmicos.

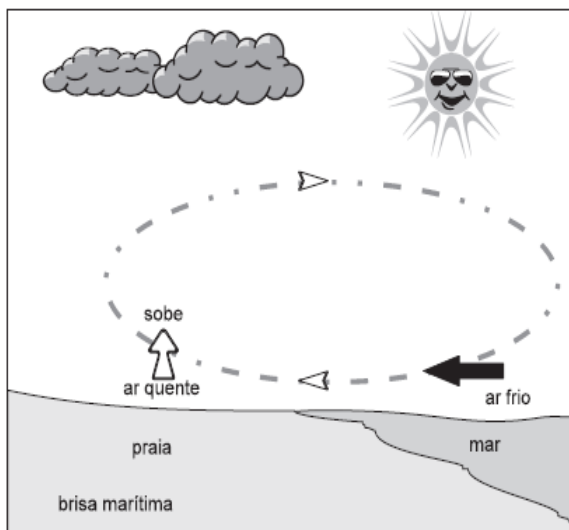
### B) Convecção

Convecção é o processo de transmissão de calor, no qual a energia se transfere junto com as massas fluídas que trocam de posições devido às suas diferentes densidades provocadas pelas diferenças de temperatura.

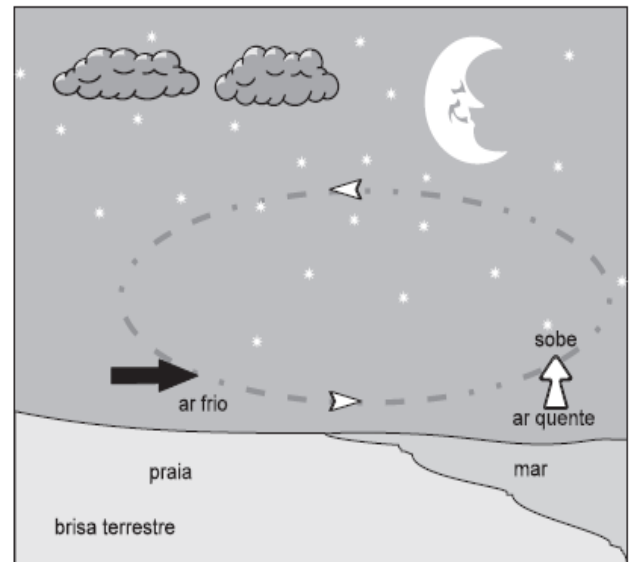
Obs. A convecção não ocorre no vácuo nem nos meios sólidos.

**Geladeira:**

Nos refrigeradores que funcionam com o sistema frost free (livre de gelo), a placa fria não fica na parte interna do aparelho, mas entre as paredes interna e externa traseira. Um conjunto de ventiladores provoca a circulação do ar, retirando ar quente e injetando o ar frio, resfriando a parte interna onde ficam os alimentos. As prateleiras são inteiriças, de vidro ou de plástico, fazendo com que cada compartimento receba ar gelado através de aberturas existentes na parede do fundo. A circulação de ar quente por convecção, ocorre nas prateleiras da porta, que são vazadas. O ar quente é retirado na parte superior da geladeira. A água formada por condensação escorre para um recipiente na parte inferior e evapora.



**Brisa Marítima:** O ar que está sobre a areia sobe e “abre um espaço” que é rapidamente ocupado pelo ar mais frio, que está sobre o mar. Forma-se assim uma corrente de ar que chamamos de “brisa marítima” pois sopra do mar para a terra.



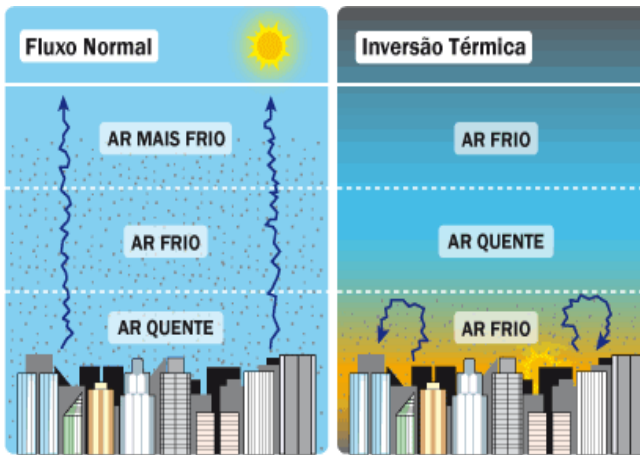
**Brisa terrestre:** Depois que o sol se põe, a água e a areia deixam de receber calor e começam a

esfriar. Mas a areia esfria rapidamente, e a água do mar demora a esfriar. Com isso, o ar que está sobre o mar fica quente do que o ar que está sobre a areia. Mais aquecido, fica menos denso e sobe. Assim, o ar que está sobre a areia se desloca em direção ao mar.

**Inversão térmica:**

As pessoas que vivem em grandes cidades como São Paulo, Tóquio, Cidade do México, entre outras, enfrentam o problema da inversão térmica. Ela ocorre quando os poluentes emitidos pelos veículos e pelas indústrias não conseguem se dispersar. O normal é que o ar próximo do solo absorva o calor emitido pela terra, se aqueça (ficando menos denso) e suba em movimento convectivo (correntes de convecção), dispersando-se.

A inversão térmica acontece quando uma camada de ar quente se sobrepõe ao ar que sofreu brusco resfriamento próximo ao solo, impedindo sua ascensão, fazendo os poluentes permanecerem na camada inferior. Isso ocorre com maior frequência à noite, quando o solo se esfria. Há inversão térmica durante todo o ano, porém no inverno elas ficam mais próximas ao solo e, por isso, são mais sentidas por nós.



No inverno, a camada de ar quente impede a subida dos gases poluentes.

A inversão térmica pode ocorrer em qualquer parte do planeta, mesmo em locais onde existam florestas.

### c) Irradiação

A irradiação é o único processo de transmissão de calor que permite transportar energia no vácuo. Isso se dá por meio de ondas eletromagnéticas, principalmente na faixa do infravermelho (irradiação térmica).

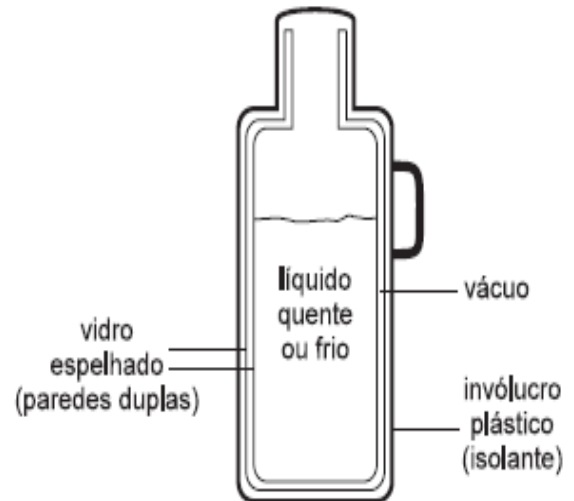
Todas as ondas eletromagnéticas transportam energia, mas apenas as correspondentes à faixa do infravermelho são chamadas de ondas de calor. Isso porque o infravermelho transforma-se mais facilmente em energia térmica ao ser absorvido.

Durante um banho de sol recebemos, dentre outras radiações, a ultravioleta e a infravermelha. A ultravioleta pode produzir bronzeamento e a infravermelha pode provocar aquecimento e, até mesmo queimaduras na pele.



A vida na terra pôde se desenvolver graças à energia emitida pelo sol. Essa estrela é uma fonte limitada de energia. Segundo as modernas teorias científicas, dentro de 5 bilhões de anos o sol será uma estrela morta.

### Observação: Garrafa térmica (Vaso de Dewar)

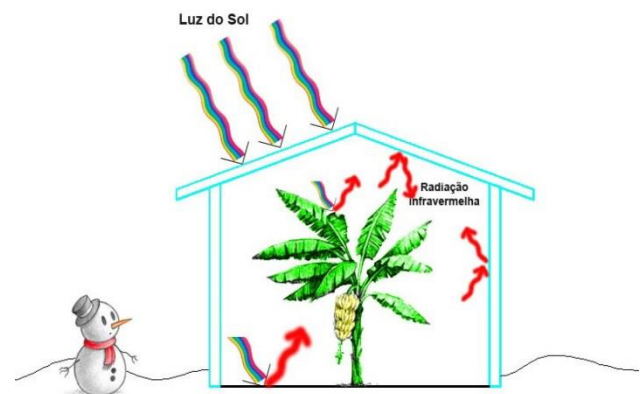


A função da garrafa térmica é evitar a troca de calor entre o meio ambiente e um corpo qualquer cuja, a temperatura deve manter.

As paredes duplas espelhadas dificultam a troca de calor por radiação, enquanto o vácuo entre essas paredes tenta evitar a troca de calor por condução e convecção.

### Estufas:

Estufas são recintos fechados com paredes e teto de vidro, utilizadas, principalmente em países de inverno rigoroso, para cultivo de verduras, legumes e flores etc....



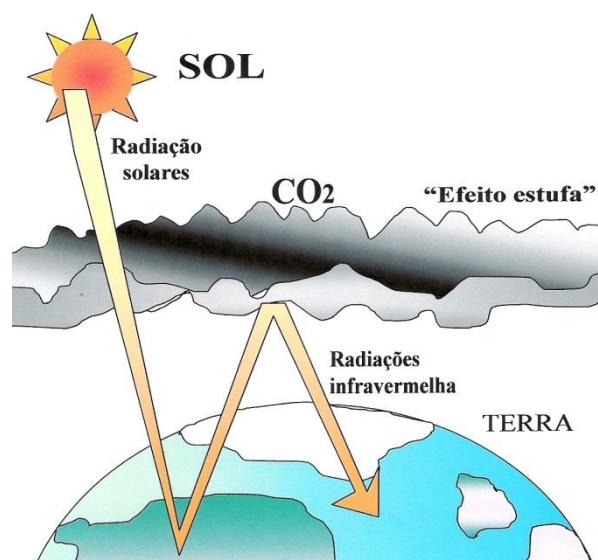
O vidro é transparente à luz visível e parcialmente opaco às **ondas de calor** (infravermelho).

As radiações **infravermelhas** na realidade constituem de uma gama de ondas de diversas frequências; aquelas que possuem menor frequência (portanto maior comprimento de onda) não conseguem passar pelo vidro, mas as de maior frequência (portanto de menor comprimento de onda), as mais próximas das radiações correspondentes à cor vermelha, conseguem passar com a luz visível e outras radiações. Uma parcela dessa energia é absorvida pelas plantas que estão no interior da estufa. Essas plantas aquecem e emitem parte da energia absorvida em forma de infravermelho, só que agora com comprimento de ondas maiores, que não conseguem passar pelo vidro e fica retido no interior da estufa. Desse modo, a temperatura permanece relativamente estável, mesmo que a temperatura externa esteja baixa.

#### O efeito estufa na atmosfera terrestre:

A atmosfera terrestre é formada principalmente por nitrogênio (78%), oxigênio (20,9%) e argônio (0,9%), aparecendo ainda em quantidades bem pequenas o neônio, o hélio,

o hidrogênio e outros gases. A essa composição devemos acrescentar os chamados “*gases estufa*”, que dificultam a dispersão dos raios solares que incidem sobre a terra. São eles o dióxido de carbono ( $CO_2$ ), o metano ( $CH_4$ ), o óxido nitroso ( $N_2O$ ) e os compostos de clorofluorcarbono ( $CFC$ ) provenientes da queima de carvão, petróleo (na forma de seus derivados), florestas e pastagens e da decomposição da madeira e de materiais orgânicos (como dejetos humanos e de outros animais). Além desses gases, o vapor de água na atmosfera também contribui para o efeito estufa.



A forma de retenção do calor na atmosfera é semelhante à de uma estufa: permite que a energia radiante penetre, mas dificulta a dissipação das radiações emitidas pela superfície aquecida da terra. Um grupo de cientistas norte-americanos calculou em  $1W/m^2$  a diferença entre a energia que a terra absorve de radiação solar e a energia que ela emite de volta para o espaço. Essa energia retida é importante para que haja vida animal e vegetal na terra, porém o crescimento da população humana, o desmatamento de florestas (que absorvem parte do  $CO_2$ ) e o ritmo acelerado da industrialização estão provocando um desequilíbrio, com aquecimento acima do normal. Geleiras estão derretendo; correntes marinhas de água quente (no oceano atlântico) estão mais aquecidas que o normal, provocando mais furacões que a média do último século; chuvas intensas inundam locais antes secos e estiagens ocorrem em locais antes castigados por intensas chuvas. Segundo dados de 2007 do Painel Internacional sobre mudanças

climáticas a temperatura global aumentou  $0,6^\circ C$  no século XX e pode aumentar entre  $1,1^\circ C$  e  $6,4^\circ C$  durante o século XXI caso medidas de prevenção não sejam tomadas.

(texto: Inversão térmica, estufas e efeito estufa na atmosfera terrestre)

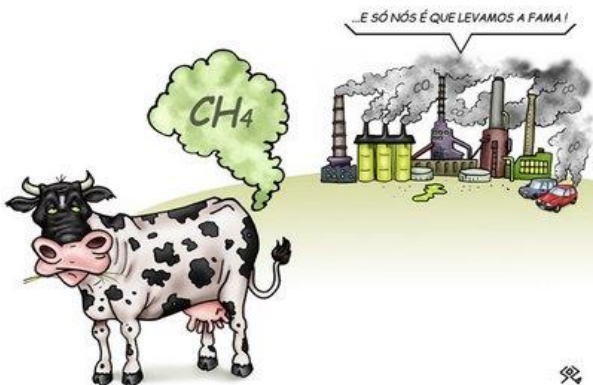
Fonte: FÍSICA 2/ Newton Villas Boas, Ricardo Helou Doca, Gualter José Biscuola. 1ª. Ed – São Paulo: Saraiva, 2010).



Na fotografia obtida por satélite, observamos a formação de três furacões. A formação dos furacões ocorre em razão do aquecimento da água do oceano.



A industrialização produz gases como o dióxido de carbono, o metano e os compostos de clorofluorcarbono, que poluem o planeta e funcionam como gases estufas.



O metano, gás do efeito estufa, responde por um

terço do aquecimento do planeta. A sua capacidade de reter calor na atmosfera é 23 vezes maior que a do gás carbônico. Cerca de 28% das emissões mundiais desse gás vêm da pecuária. O gado envia milhões de toneladas anuais de metano para a atmosfera (ruminação, fermentação intestinal, esterco). O metano também é liberado na queima de gás natural, em campos de arroz inundados, em aterros e lixões (decomposição de resíduos orgânicos), no esgoto, na queima do carvão e de material vegetal, entre outros. O metano permanece ativo na atmosfera por 12 anos.

Segundo relatório da FAO (nov. 2006), a pecuária prejudica mais o ambiente que os carros.

### 2.3 – CAPACIDADE TÉRMICA (C).

Quando dois ou mais corpos absorvem quantidades iguais de calor, a variação de temperatura que cada um sofre é, em geral, diferente uma da outra. A capacidade térmica nos informa a quantidade de calor necessária para variarmos de 1 grau a temperatura de um corpo qualquer.

Observe que, se considerarmos uma mesma quantidade de calor, quanto maior a capacidade térmica de um corpo, menor será a variação de temperatura por ele verificada.

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

A unidade mais utilizada para capacidade térmica é:

$$[C] = \frac{[Q]}{[\Delta T]} = \frac{\text{cal}}{^{\circ}\text{C}}$$

### 2.4 – CALOR ESPECÍFICO (c).

Vamos imaginar vários corpos feitos de um mesmo material, mas que possuam massas e capacidades térmicas diferentes. Quando cedermos a esses corpos a mesma quantidade de calor, podemos verificar que o aumento de temperatura deles será diferente. Percebemos que o corpo de maior massa terá o menor aumento de temperatura (maior capacidade térmica).

Se dividirmos a capacidade térmica de cada corpo por sua respectiva massa, encontraremos um valor constante. Esse valor constante é uma característica da substância de que são feitos os corpos, e recebe o nome de calor específico (c).

$$c = \frac{Q}{m \cdot \Delta T}$$

A unidade utilizada é:

$$[c] = \frac{[Q]}{[m] \cdot [\Delta T]} = \frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot ^{\circ}\text{C}}$$

Dizer que, o calor específico de um corpo é 1,0 cal/g °C significa que cada um grama desta substância necessita de 1 caloria para variar sua temperatura em 1 °C.

Existe uma expressão que fornece a quantidade de calor  $Q$ .

$$Q = m.c.\Delta T$$

O sinal de  $Q$  depende do sinal de  $\Delta T$

$\Rightarrow$  aquecimento

$\Delta T > 0 \rightarrow Q > 0$  Calor absorvido pelo corpo

$\Rightarrow$  Resfriamento

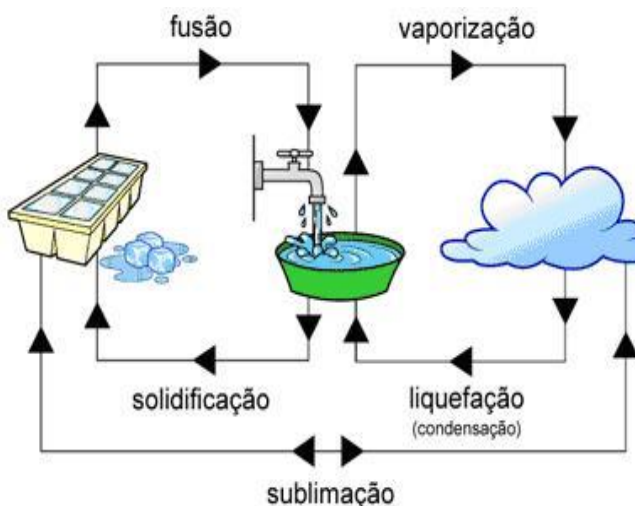
$\Delta T < 0 \rightarrow Q < 0$  Calor cedido pelo corpo

## 2.5 – PRINCÍPIO DA IGUALDADE DAS TROCAS DE CALOR.

“Em um sistema termicamente isolado, a soma do calor cedido e do calor recebido é igual a zero”.

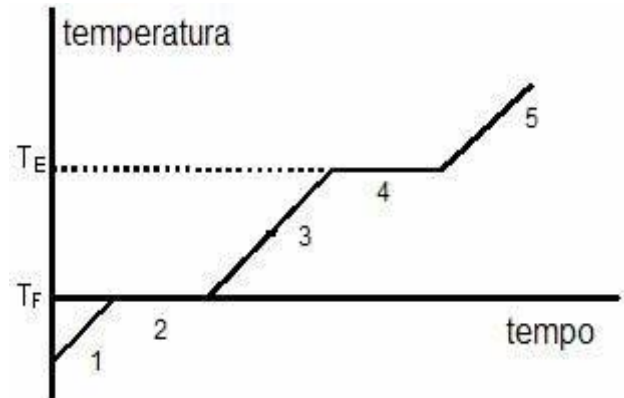
$$\sum Q_{\text{recebido}} + \sum Q_{\text{cedido}} = 0$$

## 2.6 – MUDANÇAS DE FASE.



### A) Curvas de aquecimento

É o diagrama que mostra a temperatura do corpo em função da quantidade de calor absorvida, neste caso para a água.



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

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

Região 2: o gelo está sofrendo fusão a 0 °C. A temperatura permanece constante nesta região até que todo gelo vire água líquida.

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

Região 4: a água está sofrendo vaporização. Enquanto toda água não evapore não há mudança de temperatura.

Região 5: o vapor de água sofre um aumento de temperatura.

### B) Calor latente.

Quando, sob determinada pressão, um corpo atinge a temperatura de mudança de fase, cessa a variação de temperatura. A energia térmica continua sendo utilizada na reorganização molecular da substância. A temperatura só volta a mudar quando o corpo todo tiver mudado de fase. A quantidade  $Q$  de calor latente necessária para transformar a fase de um corpo de massa  $m$  é dada, por:

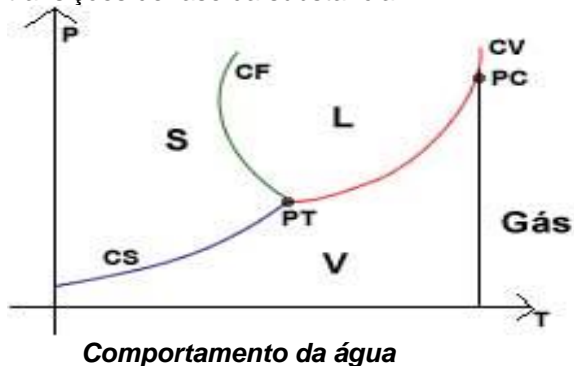
$$Q = m.L$$

A constante  $L$  é característica da substância e é denominada calor latente.

$$\begin{aligned} L_{\text{Fusão}} &= -L_{\text{Solidificação}} \\ L_{\text{Evaporação}} &= -L_{\text{Liquefação}} \end{aligned}$$

### C) Diagrama de fase

São gráficos da pressão em função da temperatura, nos quais é possível analisar as transições de fase da substância.



Curvas de sublimação (CS): Separa a fase sólida e de vapor.

Curva de fusão (CF): Separa a fase sólida da líquida. Se atravessada da esquerda para direita, ocorre uma fusão; se a passagem ocorre no sentido contrário, temos uma solidificação.

Curva de Vaporização (CV): Separa a fase líquida e a de vapor. Se atravessada da esquerda para direita, ocorre uma vaporização; se a passagem ocorre no sentido contrário, temos uma condensação.

Ponto triplice (PT): Estado da substância no qual coexistem as três fases.

Ponto Crítico (PC): Ponto na curva Cv, com temperatura a partir do qual o vapor é chamado de gás.

### EXERCÍCIOS

19. (UFES) O uso de chaminés para escape de gases quentes provenientes da combustão é uma aplicação do processo térmico de:

- a) Radiação    c) Absorção    e) Dilatação  
b) Condução    d) Convecção

20. (MACK-SP) Suponha que, ao levantar, você pise descalço no chão de ladrilhos do banheiro, após passar pelo assoalho de madeira da casa. Você terá a sensação de que o ladrilho é mais frio do que a madeira do assoalho, embora ambos estejam a temperatura ambiente. Tal fato ocorre, por que:

- a) A capacidade térmica da madeira é maior que a do ladrilho.  
b) O calor específico do ladrilho é menor que o da madeira.  
c) Os pés em contato com o ladrilho irradiam menos calor do que em contato com a madeira.  
d) A condutibilidade térmica do ladrilho é maior que a da madeira.  
e) A natureza esconde muitos mistérios.

21. (UNISA-SP) Uma panela com água está sendo aquecida num fogão. O calor das chamas se transmite através da parede do fundo da panela para a água que está em contato com essa parede e daí para o restante da água. Na ordem desta descrição, o calor se transmitiu predominantemente por:

- a) radiação e convecção  
b) radiação e condução  
c) convecção e radiação  
d) condução e convecção  
e) condução e radiação

22. (Fuvest-SP) Um amolador de facas, ao operar um esmeril, é atingido por fagulhas incandescentes, mas não se queima. Isso acontece porque as fagulhas:

- a) Têm calor específico muito grande.  
B) Têm temperatura muito baixa.  
C) Têm capacidade térmica muito Pequena.  
d) Estão em mudança de estado.  
e) Não transportam energia.

23. (UECE) Cedem-se, 684 cal a 200 g de ferro que estão a uma temperatura de 10 °C. Sabendo que o calor específico do ferro vale 0,114 cal/g °C, concluímos que a temperatura final do ferro será:

- a) 40 °C    c) 20 °C    e) 35 °C

- b) 10 °C            d) 30 °C

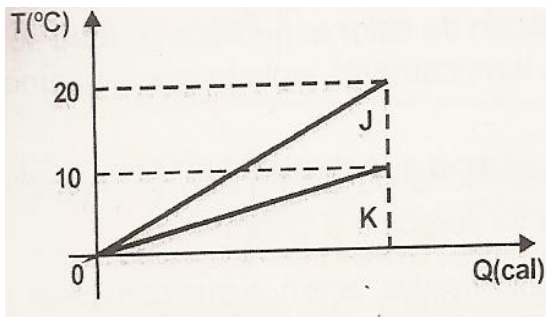
24. (MACK-SP) Um bloco de cobre

( $c = 0,094 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}}$ ) de 1,20 Kg é colocada num

forno até atingir o equilíbrio térmico. Nesta situação o bloco recebe 12.972 calorias. A variação da temperatura sofrida na escala Fahrenheit, é:

- a) 60 °F            c) 207 °F            e) 347 °F  
b) 115 °F          d) 239 °F

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



- a) 1/2            c) 1            e) 4  
b) 1/4            d) 2

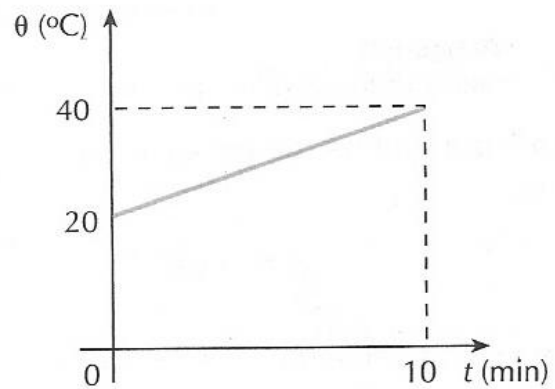
26. Dentro de um calorímetro ideal encontra-se um bloco de alumínio de 100g à temperatura de 25°C. O calor específico do alumínio é  $2,15 \cdot 10^{-1} \text{cal} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ . São colocados 200g de água no calorímetro à temperatura de 0°C. O equivalente de água do calorímetro é de 50g. Depois de algum tempo qual será aproximadamente, a temperatura no interior do calorímetro?

- a) 2,0 °C            d) 16 °C  
b) 23 °C            e) 6,6 °C  
c) 9,0 °C

27 – (MACK-SP) Um calorímetro de capacidade térmica 40cal/°C contém 110g de água, calor específico 1 cal/g.°C, a 90°C. A massa de alumínio, o calor específico 0,2 cal/g.°C, a 20°C que devemos colocar nesse calorímetro para resfriar a água a 80 °C é:

- a) 200g            c) 150g            e) 75g  
b) 180g            d) 125g

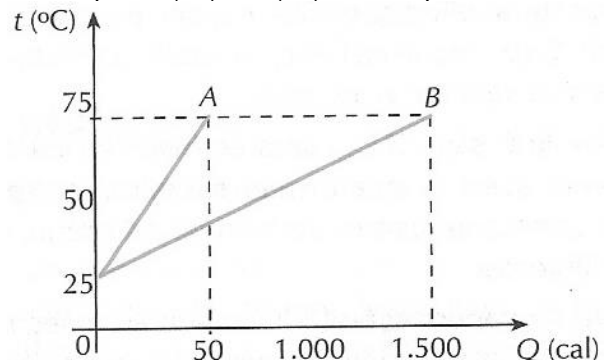
28. (UFV)



O gráfico anterior representa a variação de temperatura de um corpo sólido, em função do tempo, ao ser aquecido por uma fonte que libera energia a uma potencia constante de 150 cal/min. Como a massa do corpo é de 100g, o seu calor específico, em cal/g.°C, será de:

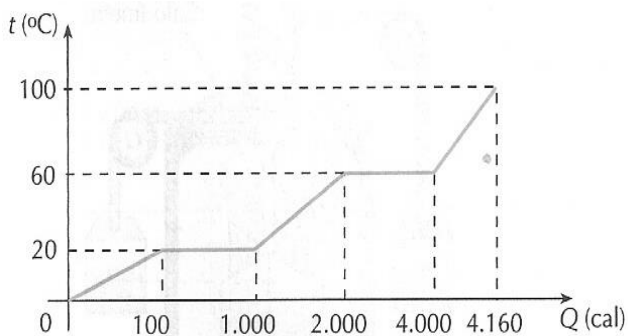
- a) 0,75            c) 7,50            e) 1,50  
b) 3,75            d) 0,80

29. (UFMG) O gráfico abaixo mostra como variam a temperatura de dois corpos A e B, cada um de massa igual a 100g, em função da quantidade de calor absorvida por eles. Os calores específicos dos corpos A ( $C_A$ ) e B ( $C_B$ ) são, respectivamente:



- a)  $c_A = 0,10 \text{cal} / \text{g} \cdot ^\circ\text{C}$  e  $c_B = 0,30 \text{cal} / \text{g} \cdot ^\circ\text{C}$   
b)  $c_A = 0,067 \text{cal} / \text{g} \cdot ^\circ\text{C}$  e  $c_B = 0,20 \text{cal} / \text{g} \cdot ^\circ\text{C}$   
c)  $c_A = 0,20 \text{cal} / \text{g} \cdot ^\circ\text{C}$  e  $c_B = 0,60 \text{cal} / \text{g} \cdot ^\circ\text{C}$   
d)  $c_A = 0 \text{cal} / \text{g} \cdot ^\circ\text{C}$  e  $c_B = 0,30 \text{cal} / \text{g} \cdot ^\circ\text{C}$   
e)  $c_A = 5,0 \text{cal} / \text{g} \cdot ^\circ\text{C}$  e  $c_B = 1,7 \text{cal} / \text{g} \cdot ^\circ\text{C}$

30. (Udesc) O gráfico a seguir representa a temperatura de uma substância, inicialmente no estado sólido, em função da quantidade de calor recebida. A massa da substância é de 50 gramas.



- a) O calor específico da substância no estado sólido é de 0,2 cal/g.°C.  
 b) O calor latente de fusão da substância é de 20 cal/g.  
 c) O calor específico da substância no estado líquido é de 0,5 cal/g.  
 d) O calor latente de vaporização da substância é de 80 cal/g.  
 e) O calor específico da substância no estado sólido é de 0,8 cal/g.°C.

31. (UEL-PR) Para se determinar o calor específico de uma liga metálica, um bloco de 500g dessa liga foi introduzido no interior de um forno a 250 °C. Estabelecido o equilíbrio térmico, o bloco foi retirado do forno e colocado no interior de um calorímetro de capacidade térmica 80cal/°C, contendo 400g de água a 20 °C. A temperatura final de equilíbrio foi obtida a 30 °C. Nessas condições, o calor específico da liga, em cal/g °C vale:

- a) 0,044      c) 0,030      e) 0,40  
 b) 0,036      d) 0,36

DADO: Calor específico da água: 1,0 cal/g °C

32. Em um calorímetro de capacidade térmica 42,5 cal/°C, que contém 250g de água a 50 °C, são colocados m gramas de gelo fundente. A temperatura de equilíbrio térmico é 10 °C. O valor de m é:

- a) 12  
 b) 95  
 c) 73  
 d) 48  
 e) 130

33. (UFRS-RS) Com 386 KJ de energia pode-se, aproximadamente,

- I) Fundir...Kg de gelo a 0 °C;  
 II) Elevar a temperatura de 1 Kg de água de 20 °C para...°C.  
 III) Evaporar...Kg de água a 100 °C.

Dados: Calor de fusão do gelo: 335 J/g; calor específico da água: 4,19 J/g °C; Calor de vaporização da água: 2.268 J/g.

Assinale a alternativa que preenche de forma correta as três lacunas, respectivamente.

- a) 1; 100; 6,75      d) 1000; 100; 6,75  
 b) 1000; 80; 0,15      e) 1; 100; 0,15  
 c) 1; 80; 0,15

34. (Méd.Pouso Alegre) Das afirmações abaixo:

I) O calor específico de um material indica a quantidade de calor necessária para fundir 1g de material.

II) O coeficiente de dilatação volumétrica de um material é a variação de volume em relação  $V_0$  para cada grau de temperatura.

III) O calor de fusão de um material indica a quantidade de calor necessária para fundir completamente  $1m^3$  desse material.

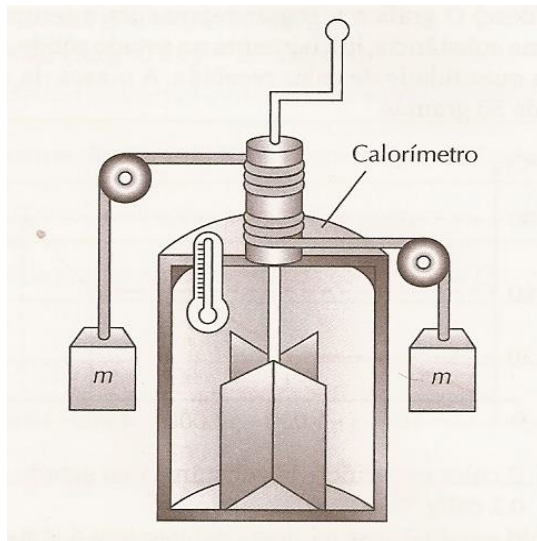
Podemos Dizer Que:

- a) somente a I está correta.  
 b) somente a III está correta.  
 c) somente a II está correta.  
 d) somente a II e III estão corretas.  
 e) todas estão corretas.

35. O calor específico da água líquida vale 1 cal ; o calor latente de fusão do gelo vale 80 cal/g. A quantidade de calor necessária para transformar 200g de gelo a 0 °C em 20 °C será, em Kcal, igual A:

- a) 2  
 b) 4  
 c) 8  
 d) 20  
 e) 22

36- (Uesc-BA)



A figura representa um arranjo experimental similar àquele utilizado por Joule para demonstrar que é necessário transformar aproximadamente 4,2 J de energia mecânica para se obter 1 cal. Deixando-se cair um peso 50,0 N, 20 vezes, de uma determinada altura, um sistema de pás entra em rotação, agitando 1 kg de água contida no recipiente isolado termicamente, variando a temperatura da água de 1,5 °C. Desprezando-se os efeitos das forças dissipativas, a capacidade térmica do recipiente e sabendo-se que o corpo cai com velocidade praticamente constante e que o calor específico da água é de 1,0 cal/g °C, é correto afirmar que altura inicial do corpo é igual, em m, a:

- 6,3
- 8,0
- 10,0
- 13,0
- 15,0

### 3 - GASES

#### 3.1 – GÁS IDEAL

O modelo do gás ideal foi fundamental no desenvolvimento da física e da química da primeira metade do século XIX, uma vez que o estudo dos gases é muito complicado devido o movimento de suas moléculas. O tratamento destas é puramente estatístico, outra dificuldade que existe é a grande quantidade de gases, cada um com características particulares. Para sanar todas as dificuldades do estudo dos gases foi criado o modelo do gás ideal.

Para ser ideal, um gás teria que apresentar as seguintes características:

- As moléculas não interagem entre si.
- Os choques entre as moléculas e as paredes do recipiente são perfeitamente elásticos [não há perda de energia].
- As dimensões das moléculas são desprezíveis em comparação com o volume do recipiente.
- O movimento das moléculas é permanente e totalmente aleatório.
- 

#### 3.2 – VARIÁVEIS DE ESTADO DE UM GÁS

O estado de um gás corresponde a um conjunto de diversas variáveis macroscópicas. Delas analisaremos apenas três: a pressão  $P$ , o volume  $V$  e a temperatura absoluta  $T$ .

Uma observação importante é que quando referimos em velocidade, esta deve ser entendida como a média de velocidades das partículas do gás ( $\overline{V}$ ).

#### 3.3 – TRANSFORMAÇÕES GASOSAS

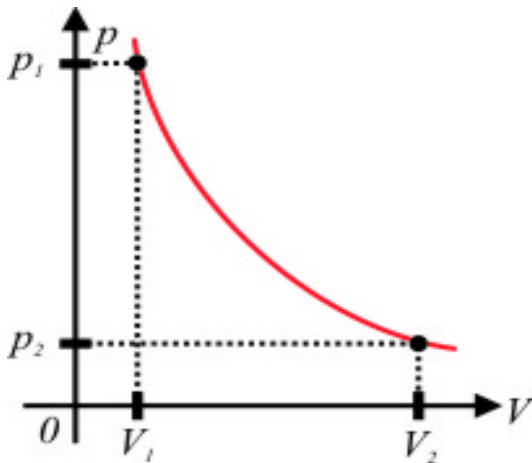
##### A) Tipos de transformações

- Isotérmica: Ocorre à temperatura constante.
- Isobárica: Ocorre sob pressão constante.
- Isométrica ou isocórica: Ocorre a volume constante.
- Adiabática: ocorre sem troca de calor com o meio externo.

### B) Lei de Boyle – Mariotte (Transformação isotérmica)

A temperatura se mantém constante nessa transformação, enquanto a pressão e o volume são inversamente proporcionais.

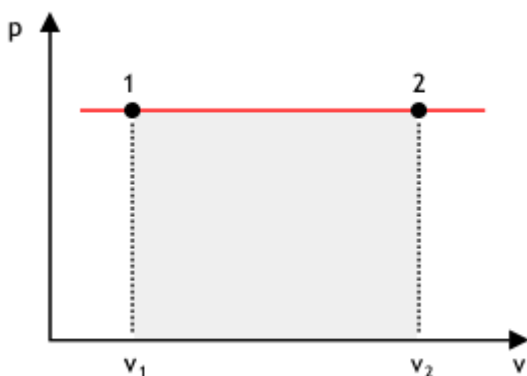
O gráfico da pressão em função do volume é uma hipérbole chamada isoterma.



$$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2$$

### C) Lei de Gay – Lussac (Transformação isobárica)

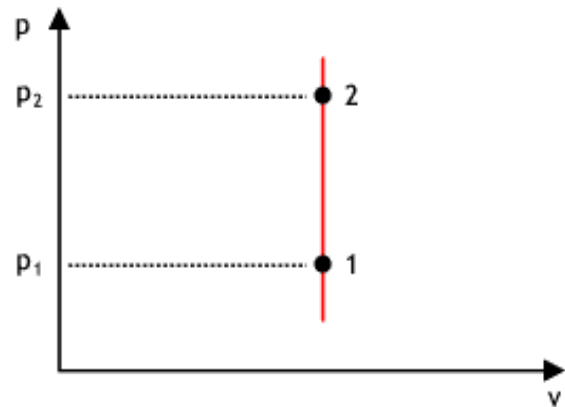
A pressão se mantém constante, ao passo que o volume e a temperatura absoluta são diretamente proporcionais.



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

### D) Lei de Charles (Transformação isovolumétrica)

O volume se mantém constante, ao passo que a pressão e a temperatura absoluta são diretamente proporcionais.



$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

### E) Equação de Clapeyron

A equação de Clapeyron relaciona as variáveis da pressão, do volume e a temperatura, incluindo a massa da substância gasosa como variável durante uma transformação.

Vamos relembrar alguns conceitos:

- O mol de qualquer gás contém o mesmo número de moléculas, chamado número de Avogadro:  

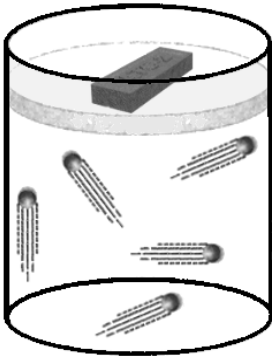
$$N = 6,023 \cdot 10^{23} \text{ moléculas}$$
- Volume molar é o volume ocupado por um mol de gás, nas condições normais de temperatura e pressão, o volume de um gás perfeito vale:  

$$22,4L$$
- O número de mols de uma determinada massa  $m$  de um gás pode ser expresso por:  

$$n = \frac{m}{M}$$
, onde  $n$  é o  $n^\circ$  de mols e  $m$  é a massa do gás.

Vamos imaginar um gás que possua um número de mols  $n$ . Esse gás está contido em um

recipiente de volume  $V$ , possui uma temperatura  $T$  e exerce uma pressão  $P$  sobre o recipiente.



A relação entre as variáveis de estado é dada pela equação de Clapeyron:

$$P.V = n.R.T$$

$R$  é a constante universal dos gases, cujo valor depende somente das unidades.

Os principais valores de  $R$  são:

$$R = 8,31 \text{ J / mol.K}$$

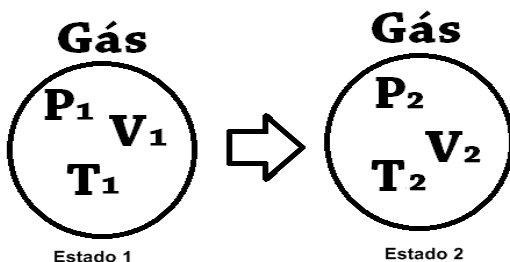
Quando a pressão for dada em atmosferas e o volume, em litros.

$$R = 0,082 \text{ atm.L / mol.K}$$

Em ambos os casos o número de mols deve ser trabalhado em mol e a temperatura em Kelvin.

## F) Equação geral dos gases perfeitos

Diremos que um gás sofreu uma transformação quando as grandezas ( $P$ ,  $T$  e  $V$ ) se modificarem. A figura abaixo mostra um gás ideal em dois estados diferentes.



Se considerarmos que a massa de gás permanece a mesma dentro do recipiente, o número de mols,  $n$ , é constante.

Assim, podemos escrever a equação de Clapeyron para os dois estados do gás.

$$\text{Estado.1: } P_1.V_1 = nRT_1 \rightarrow \frac{P_1.V_1}{T_1} = n.R \dots (I)$$

$$\text{Estado.2: } P_2.V_2 = nRT_2 \rightarrow \frac{P_2.V_2}{T_2} = n.R \dots (II)$$

As duas equações anteriores são iguais. Assim,

$$\frac{P_1.V_1}{T_1} = \frac{P_2.V_2}{T_2}$$

Que é a equação geral dos gases.

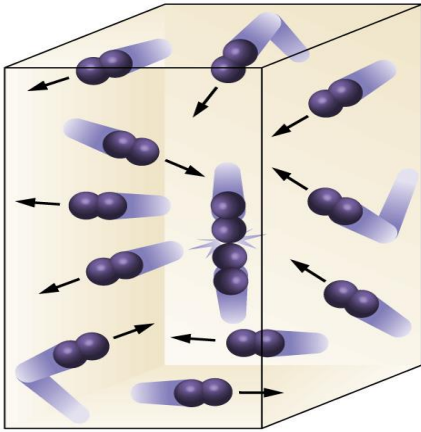
## 3.4 – TEORIA CINÉTICA DO GÁS PERFEITO

A teoria cinética do gás perfeito foi desenvolvida a partir da aplicação das leis da mecânica de Newton a sistemas microscópicos dos gases, ou seja, suas partículas.

Algumas hipóteses são levantadas ao comportamento das moléculas de um gás perfeito.

- Todas as moléculas são idênticas, tendo forma de “esferas rígidas”.
- Todas as moléculas estão em movimento desordenado, em todas as direções.
- Os choques das moléculas com a parede do recipiente são completamente elásticos.
- Entre os choques as moléculas movem em MRU.
- As moléculas não exercem forças de ação mútua entre si, exceto durante o choque.
- As moléculas têm tamanho desprezível.

As moléculas do gás estão em constante movimento, chocando com as paredes do recipiente, causando o aparecimento de uma força  $F$ , que age contra as paredes.



Aplicando as leis da mecânica ao fenômeno descrito, a expressão da pressão em função da velocidade média das moléculas de um gás é:

$$P = \frac{1}{3} \cdot \frac{m}{V} \cdot (\overline{v})^2$$

**Exemplo:** Um extintor de capacidade 5L estão contidos 60g de gás  $\text{CO}_2$  a  $0^\circ\text{C}$ . A  $0^\circ\text{C}$  a velocidade média das partículas do  $\text{CO}_2$  é igual a 400 m/s. Determine a pressão em atm que indica o manômetro acoplado ao extintor. Admita que o  $\text{CO}_2$  se comporte como um gás perfeito.

$$P = \frac{1}{3} \cdot \frac{m}{V} \cdot v^2 \rightarrow P = \frac{1}{3} \cdot \frac{60 \cdot 10^{-3}}{5 \cdot 10^{-3}} \cdot (400)^2$$

$$P = 6,4 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$$

Em atmosferas, temos:

$$1 \text{ atm} = 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$x = 6,4 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$x = 6,4 \text{ atm}$$

## 4 – TERMODINÂMICA

### 4.1 – INTRODUÇÃO

A termodinâmica é a ciência que estuda as relações entre calor e o trabalho, que ocorrem durante determinados fenômenos, tais como expansão ou a compressão de um gás.

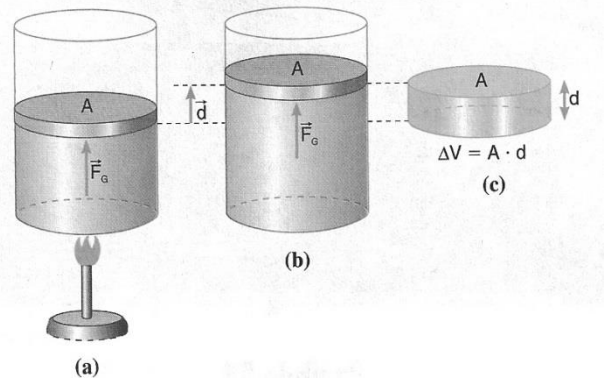
Alguns termos serão muito utilizados:

- Sistema: é o conjunto de elementos que é objeto de um determinado estudo.  
Exemplo:  
Bule de café + café
- Sistema isolado: é aquele que não pode trocar energia com o meio externo.
- Ciclo: é o conjunto de transformações em que, após o seu término, o gás encontra-se nas mesmas condições iniciais.

### 4.2-TRABALHO EM TRANSFORMAÇÕES GASOSAS

#### A) Trabalho em uma transformação isobárica

Na figura abaixo, representamos um gás ideal contido num cilindro cuja, a seção reta tem área  $A$  e que é munido de um êmbolo. Como o gás neste caso vai sofrer uma pressão constante (Isobárica), de modo que o êmbolo vai ter um deslocamento  $d$ .



Como a força tem o mesmo sentido do deslocamento, o trabalho da força exercida pelo gás será dado por:

$$W_G = F_G \cdot d \quad 1$$

Mas, sendo  $P_G$  as pressões exercidas pelo gás, têm:

2

De 1 e 2, temos:

$$W_G = F_G \cdot d = P_G \cdot \underset{\text{volume}}{A \cdot d}$$

$$W_G = P_G \cdot (\Delta V)$$

Então:

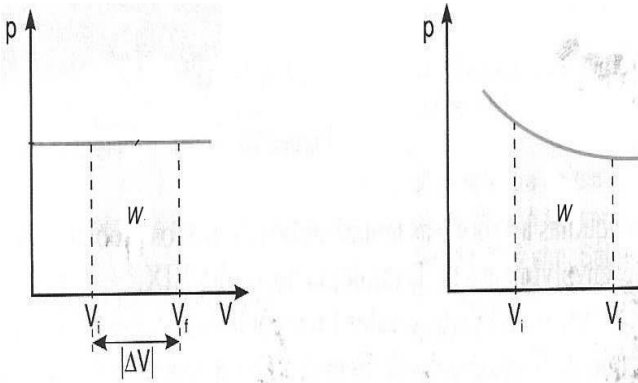
$$W = P \Delta V$$

### B) Trabalho em uma transformação isométrica.

$$W = 0$$

### C) Trabalho em uma transformação qualquer

Em uma transformação qualquer (inclusive a isobárica), podemos calcular o trabalho através da área sob o gráfico de pressão versus volume.



### D) Sinal do trabalho

- ▷ *Expansão* :  $(\Delta V > 0) \therefore W > 0$
- ▷ *Compressão* :  $(\Delta V < 0) \therefore W < 0$
- ▷ *Ciclos* : *Sentido – horário* :  $W > 0$
- ▷ *Ciclos* : *anti – horário* :  $W < 0$

## 4.3 – ENERGIA INTERNA DE UM GÁS (U)

Sabemos que as partículas de um gás estão em constante movimentação e que quanto maior a temperatura maior será a movimentação dessas partículas.

Devido a essa movimentação, dizemos que estas partículas possuem certa energia cinética. Daremos o nome de energia interna (U) de um gás à soma das energias cinéticas das suas partículas.

$$U = \frac{3}{2} n \cdot R \cdot T$$

Ou,

$$U = \frac{3}{2} P \cdot V$$

Note que:

- I) No aquecimento:  $\Delta T > 0 \Rightarrow \Delta U > 0$
- II) No resfriamento:  $\Delta T < 0 \Rightarrow \Delta U < 0$

### Exemplo:

Considere um gás perfeito, monoatômico na temperatura de 0 °C, sob a pressão de 1 atm, ocupando um volume de 56L. Sabendo que a velocidade quadrática média das moléculas é 1 840 m/s, determine a massa do gás.

Resolução

$$P = 1 \text{ atm} = 1.10^5 \text{ N} / \text{m}^2$$

$$V = 56 \text{ L} = 56.10^3 \text{ m}^3$$

$$v = 1840$$

$$U = E_c \Rightarrow \frac{3}{2} PV = \frac{mv^2}{2}$$

$$3PV = mv^2$$

$$3 \cdot 1.10^5 \cdot 56.10^3 = m \cdot (1840)^3$$

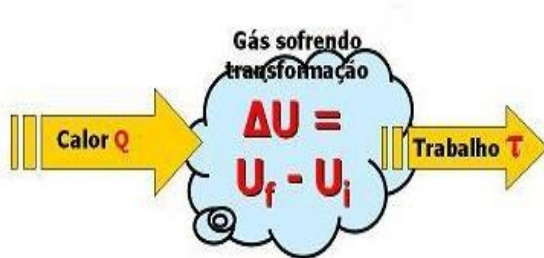
$$m \approx 0,00496 \text{ Kg}$$

$$m \approx 5 \text{ g}$$

## 4.4 – 1ª LEI DA TERMODINÂMICA

Pelo princípio da conservação de energia, sabemos que um sistema jamais pode criar ou destruir energia; portanto, se um sistema recebe

energia, esta deve ser armazenada por ele ou fornecida para o ambiente, sob forma de trabalho, ou devem acontecer as duas coisas simultaneamente.



A primeira lei da termodinâmica é outra forma de escrevermos o princípio de conservação de energia.

$$Q = W + \Delta U$$

Ou,

$$\Delta U = Q - W$$

Onde,  $Q$  é a quantidade de calor trocada,  $w$  é o trabalho e  $\Delta U$  é a energia interna.

#### a) Sinais de $\Delta U$ e $Q$

Gás recebe calor:  $Q > 0$

Gás cede calor:  $Q < 0$

Aquecimento:  $\Delta T > 0 \Rightarrow \Delta U > 0$

Resfriamento:  $\Delta T < 0 \Rightarrow \Delta U < 0$

#### b) Aplicações da 1ª Lei da termodinâmica nas transformações gasosas:

##### I) Transformação isotérmica

Se a temperatura é constante,  $\Delta U = 0$ .

$$Q = W$$

Essa expressão sugere que, mesmo recebendo calor, a temperatura do gás não se altera, pois toda a energia recebida é gasta sob forma de trabalho.

##### II) Transformação isobárica

Nesse caso os três termos da 1ª Lei são diferentes de zero. Logo:

$$Q = W + \Delta U$$

Se o gás receber calor, parte dessa energia será utilizada para realizar trabalho e a outra parte será armazenada sob forma de energia interna.

Se o gás ceder calor, o trabalho será realizado sobre o gás e a sua temperatura irá diminuir.

##### III) Transformação isovolumétrica

Quando o volume permanece constante, não há realização de trabalho.

$$Q = \Delta U$$

Isso significa que todo calor recebido pelo gás é armazenado sob forma de energia interna. Por outro lado, se o gás ceder calor, ele utiliza a sua energia interna para tal fim.

##### IV) Transformação adiabática

É a transformação que processa sem troca de calor entre o gás e o meio externo  $Q=0$ . assim:

$$W = -\Delta U$$

Note que se o gás realizar trabalho (aumento do volume,  $W > 0$ ), a sua energia interna diminui (diminuição de temperatura,  $\Delta U < 0$ ). Por outro lado, se o meio externo realizar trabalho sobre o gás (diminuição de volume,  $W < 0$ ), a energia interna do gás irá aumentar (aumento de temperatura,  $\Delta U > 0$ ).

#### Exemplo:

Um cilindro com êmbolo móvel contém hélio a pressão de  $2,0 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2$ . Fornecendo 5 KJ de calor ao sistema, é registrada uma expansão de  $1,0 \cdot 10^5 \text{ cm}^3$ , a pressão constante. Determine o trabalho realizado e a energia interna nessa situação.

Resolução:

*Dados*

$$P = 2 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2$$

$$Q = 5 \text{ KJ} = 5000 \text{ J}$$

$$\Delta V = 1 \cdot 10^5 \text{ cm}^3 = 1 \cdot 10^{-1} \text{ m}^3$$

Cálculo do trabalho

$$W = P\Delta V \Rightarrow W = 2 \cdot 10^4 \cdot 1 \cdot 10^{-1}$$

$$W = 2 \cdot 10^3 = 2000 \text{ J}$$

Cálculo da variação da energia interna

$$Q = W + \Delta U$$

$$5000 = 2000 + \Delta U$$

$$\Delta U = 3000 \text{ J}$$

#### 4.5 – 2ª LEI DA TERMODINÂMICA

Quando aplicamos a 1ª lei da termodinâmica à transformação isotérmica, encontramos uma situação absurda: Como  $Q = W$ , seria possível de se obter um aproveitamento de 100% do calor recebido por um gás. Na prática, não se obtém esse rendimento.

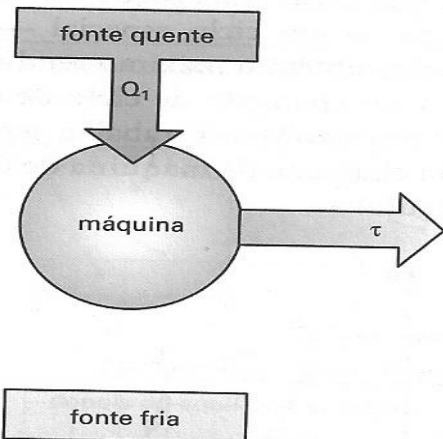
A 2ª lei da termodinâmica tem diversos enunciados. O que segue é o enunciado de Kelvin – Planck e nos interessa particularmente pela discussão que envolve o rendimento de máquinas térmicas reais.

É impossível construir um dispositivo que, operando em ciclo termodinâmico, converta totalmente o calor recebido em trabalho.

Desta maneira, o rendimento de qualquer máquina térmica é inferior a 100%. Na realidade, os rendimentos das máquinas térmicas mais comumente usadas estão situadas muito abaixo deste limite. Um exemplo são as locomotivas a vapor, o rendimento é cerca de 10%, nos motores a gasolina não ultrapassa dos 30% e nos motores a diesel que estão entre as máquinas mais eficientes, o rendimento situa-se em torno de 40%.



**FIGURA 1:** Esquema de máquina térmica. A segunda lei garante que há perda de calor na realização de trabalho.



*Máquina térmica “proibida”:* todo o calor absorvido da fonte quente se transforma em trabalho.

#### • Rendimento de uma máquina térmica.

Denomina-se rendimento,  $\eta$ , de uma máquina térmica a relação entre trabalho,  $W$ , que ela realiza em cada ciclo, e o calor,  $Q_1$ , absorvido, durante, o ciclo, da fonte quente, isto é,

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

Na fig. 1 vemos claramente, pela conservação da energia, que  $Q_1 = T + Q_2$  ou  $T = Q_1 - Q_2$ . Então podemos expressar o rendimento de uma máquina térmica da seguinte maneira:

$$\eta = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$$

Ou

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

#### Exemplo:

Uma máquina térmica efetua 20 ciclos em 4 segundos. Em cada ciclo ele retira 1,2 Kcal de uma fonte quente e libera 0,8 Kcal para uma fonte fria.

Adote 1 cal = 4 J

- a) Qual o trabalho realizado pelo motor a cada ciclo?

- b) Qual o rendimento de cada ciclo?  
c) Determine a potencia da maquina.

Resolução:

A) Dados:

$$Q_1 = 1,2Kcal = 1200cal$$

$$Q_2 = 0,8Kcal = 800cal$$

Utilizando a 2ª lei da termodinâmica, temos:

$$Q_1 = W + Q_2 \rightarrow 1200 = W + 800$$

$$W = 400cal$$

$$W = 1600J$$

B)

$$\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} \rightarrow \eta = 1 - \frac{800}{1200}$$

$$\eta = 0,33$$

$$\eta = 33\%$$

C)

O trabalho realizado durante 20 ciclos é:

$$1 \text{ ciclo} \text{ ----- } 1600 \text{ J}$$

$$20 \text{ ciclos} \text{ ----- } X$$

$$X = 32000 \text{ J}$$

A potencia é dada por:

$$P_{otencia} = \frac{W}{\Delta T} \rightarrow P_{otencia} = \frac{32000}{4}$$

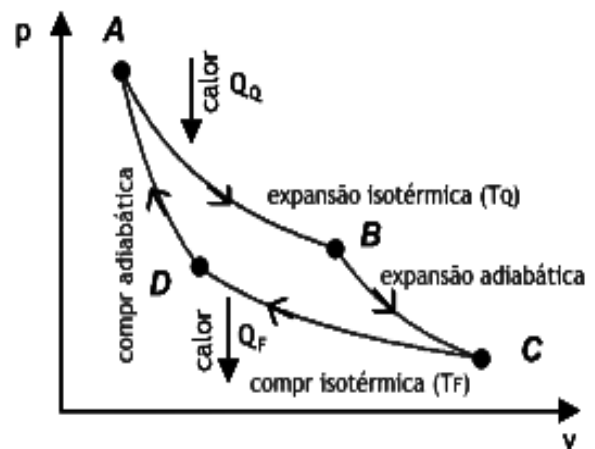
$$P_{otencia} = 8000w$$

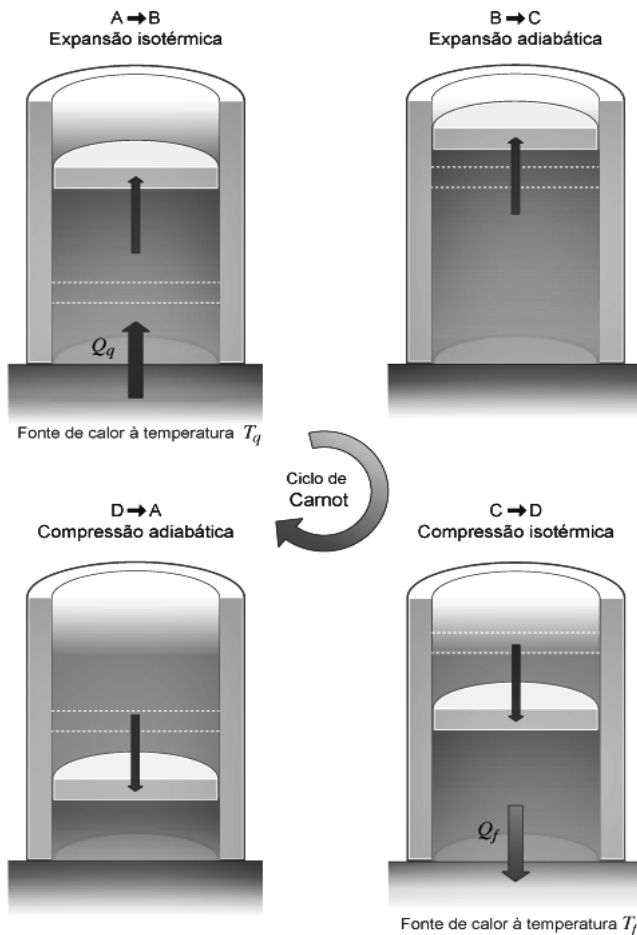
#### 4.6 – CICLO DE CARNOT

Sabendo que o rendimento de uma maquina térmica nunca será de 100%, podemos imaginar uma maneira de se aproveitar o máximo possível o calor recebido.

O físico Sadi Carnot descobriu um ciclo de transformações (Ciclo de Carnot) no qual o rendimento será maior possível.

O ciclo de Carnot se constitui de: duas transformações isotérmicas, alternadas com duas transformações adiabáticas, representadas na figura abaixo.

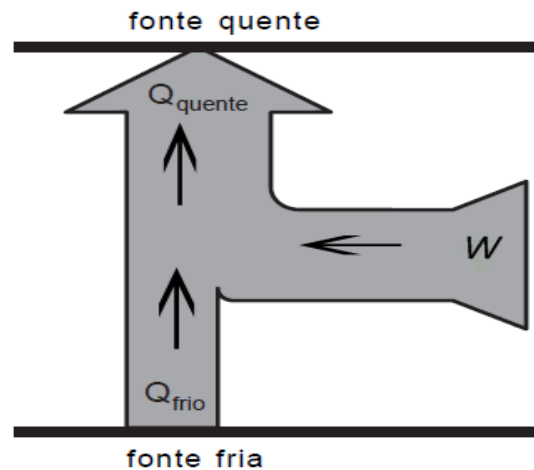




$$\eta = 1 - \frac{T_F}{T_Q}$$

- Refrigerador

O refrigerador funciona como uma máquina térmica operando em “sentido contrário”.

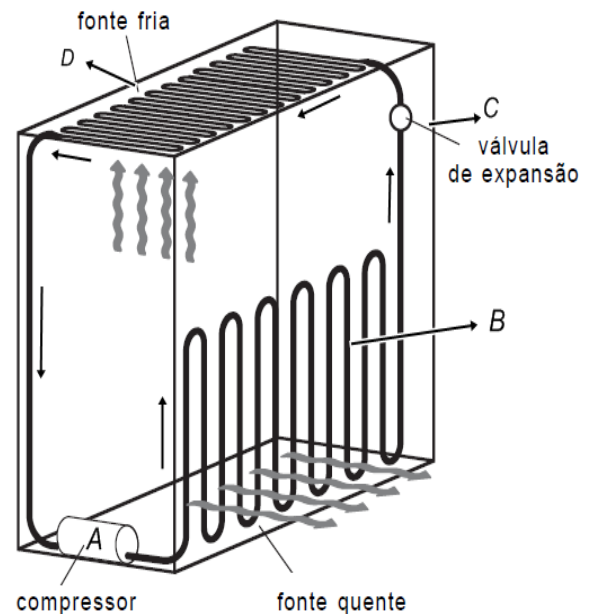


Na transformação isotérmica, AB, o gás absorve calor  $Q_Q$  enquanto se expande. Este calor é absorvido de uma fonte à temperatura  $T_Q$ . Isolando termicamente o sistema, deixamos que ele continue a se expandir. O sistema não troca calor com a vizinhança e sua temperatura cai para o valor  $T_F$ . Esta transformação adiabática é representada pela curva BC. De C para D temos uma compressão isotérmica, no qual o gás cede calor a fonte fria à temperatura  $T_F$  e, finalmente, com uma compressão adiabática DA o gás retorna as condições iniciais.

Quando um dispositivo opera segundo este ciclo, dizemos que ele é uma “máquina de Carnot”. A importância do ciclo de Carnot é devida ao teorema seguinte, conhecido como “Teorema de Carnot”:

“Nenhuma máquina térmica que opere entre duas fontes, às temperaturas  $T_Q$  e  $T_F$ , pode ter maior rendimento que uma máquina de Carnot operando entre estas mesmas fontes”.

- Rendimento da máquina de Carnot



Para compreender o funcionamento de uma geladeira comum, observe a figura acima, que representa esquematicamente as principais partes deste aparelho. Na serpentina B, o gás que circula no refrigerador (que costuma ser o freon ou outro gás), está liquefeito sob a pressão produzida pelo compressor A (acionado pelo motor). Este líquido, passando por um estrangulamento em C, sofre uma expansão, ao penetrar na tubulação do refrigerador, D, onde ele

se apresenta como uma mistura de líquido e vapor a uma temperatura relativamente baixa. Este resfriamento ocorre em virtude da expansão brusca (mudança de fase) na qual o gás realiza trabalho utilizando sua própria energia interna. A tubulação estando em contato com o ambiente do congelador, D, absorve calor deste, o que leva o restante do líquido a ser evaporar. O gás passa, então, de D para o compressor, onde é novamente liquefeito pelo trabalho da força de pressão que o pistom realiza sobre ele. Ao ser liquefeito, o gás libera calor, que é transferido para o ar ambiente na serpentina B. É por este motivo que a parte posterior do refrigerador, onde está situada a serpentina B deve estar voltada para o um local onde haja circulação do ar, para facilitar a transferência de calor da serpentina para o ambiente.

Em resumo, vemos que o refrigerador funciona retirando calor  $Q_F$  do congelador em D, recebendo um trabalho  $T$  no compressor e rejeitando uma quantidade de calor  $Q_Q$  para o ambiente, em B.

Nas geladeiras de degelo automático, quando o termostato desliga o compressor, ele liga um conjunto de resistores acoplados à placa fria. O gelo derretido escorre por canaletas e se acumula em um reservatório existente na parte inferior do refrigerador, onde evapora.

Nos refrigeradores que funcionam com sistema *frost free* (livres de gelo), a placa fria não fica na parte interna do aparelho, mas entre as paredes interna e externa traseira. Um conjunto de ventiladores provoca a circulação do ar, esfriando a parte interna. A água formada pela condensação escorre para um recipiente na parte inferior e evapora. Assim, não é preciso fazer o descongelamento.

- Rendimento do refrigerador.

$$\varepsilon = \frac{Q_F}{W}$$

como,

$$Q_Q = Q_F + W$$

$$W = Q_Q - Q_F$$

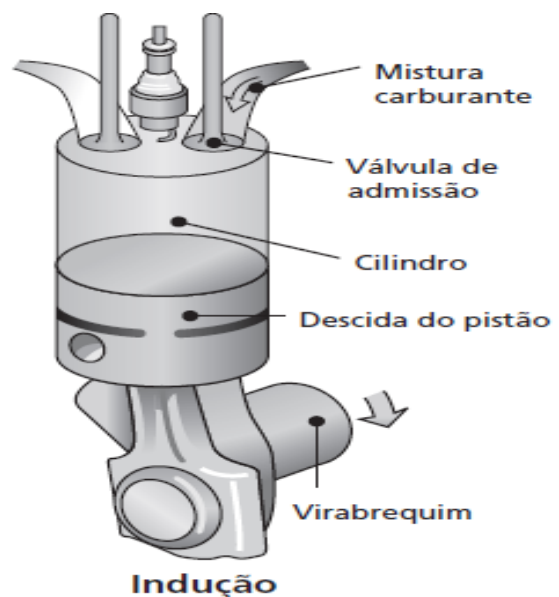
$$\boxed{\varepsilon = \frac{Q_F}{Q_Q - Q_F}} \dots \text{ou} \dots \boxed{\varepsilon = \frac{T_F}{T_Q - T_F}}$$

- Como funcionam os motores de combustão interna, de quatro tempos, utilizados nos automóveis?

Em 1876 o alemão Nicolaus August Otto construiu o primeiro motor com ciclo de quatro tempos. Esse motor apresenta as quatro fases: *indução*, *compressão*, *ignição* e *exaustão*, que encontramos nos atuais motores. Antes do *motor Otto*, Nicolas Leonard Sadi Carnot estabeleceu o primeiro projeto teórico de motor de dois tempos, na França, em 1824. Em 1859, o belga Etienne Lenoir construiu um motor a gás semelhante a um motor a vapor. Em 1867, Otto construiu um motor melhor que o de Etienne e ganhou como prêmio a medalha de ouro na Feira Mundial de Paris (1867).

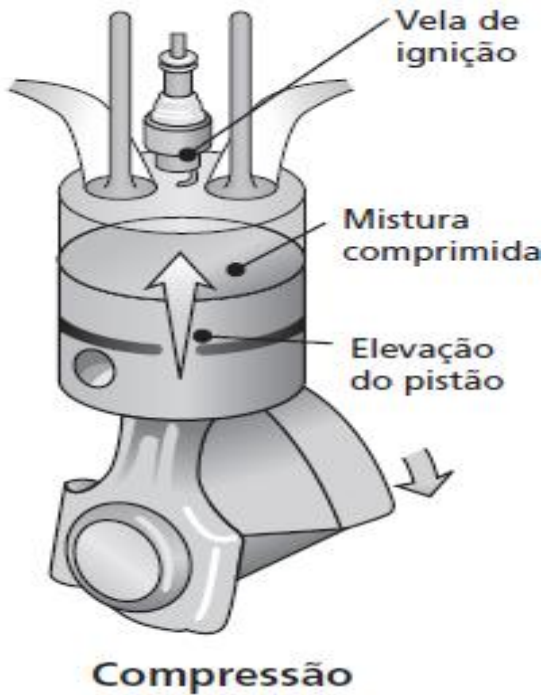
A seguir apresentamos as quatro fases do funcionamento do motor Otto, motor de quatro tempos:

**1 – Fase de indução.** Uma mistura carburante é absorvida através da válvula de admissão para o cilindro quando o virabrequim, que gira, empurra o pistão para baixo.

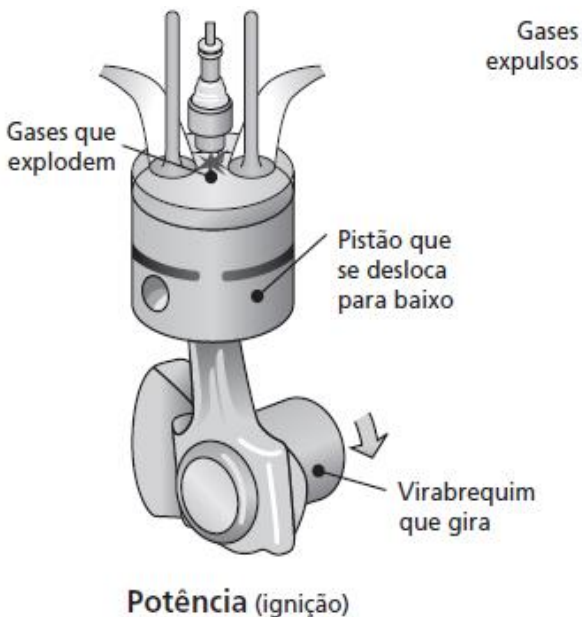


**2 – Fase de compressão.** A válvula de admissão se fecha; a mistura é comprimida à medida que o

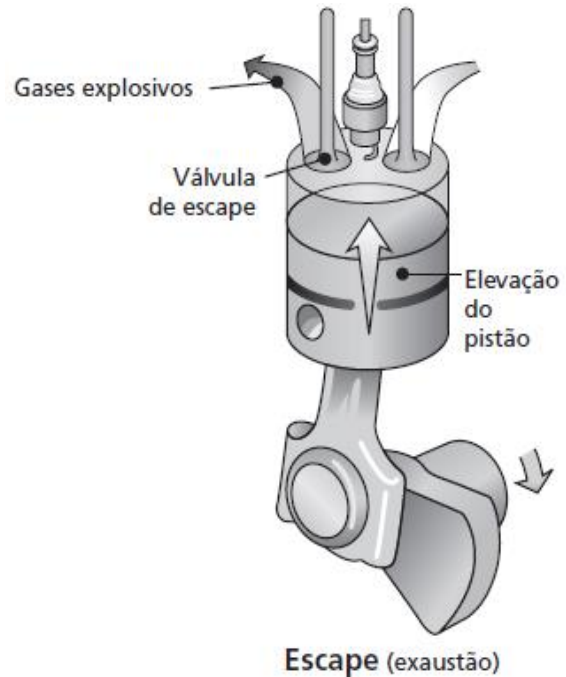
pistão se eleva e, antes que este chegue à parte superior, a vela se acende.



**3 – Fase de potência.** A mistura acende-se; os gases quentes que se expandem, formados na explosão, fazem com que o pistão abaixe novamente, acionando o virabrequim.



**4 – Fase de escape.** Na quarta etapa do ciclo, a válvula de escape se abre e os gases são expulsos pelo pistão que se eleva.



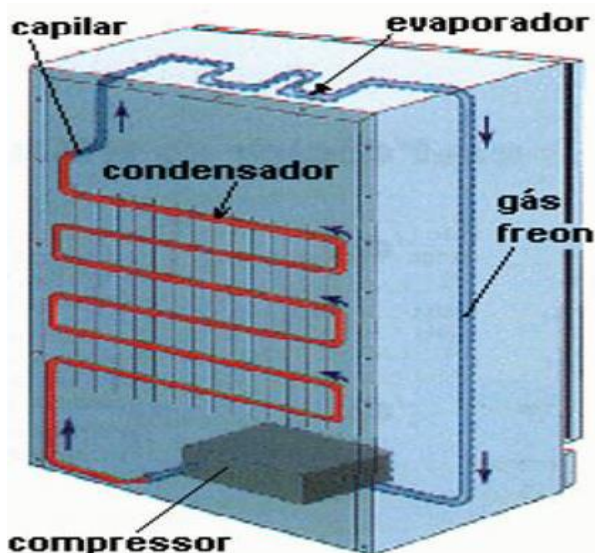
O motor de combustão interna utiliza como combustível uma mistura de derivados de petróleo e/ou vegetais (álcool ou óleo) e ar. Essa mistura combustível é injetada em cada cilindro pela parte superior, onde existe um pequeno orifício. O pistão eleva-se, comprimindo a mistura, e a vela produz uma faísca. A explosão do combustível força o pistão a descer, produzindo a potência. Em seguida o pistão sobe, provocando a saída dos gases resultantes da combustão. Como cada cilindro produz potência a ser utilizada apenas quando na descendente, necessitamos de vários cilindros com ciclos defasados, para que seja produzida energia continuamente. Nos motores do tipo Diesel, o princípio básico é o mesmo, mudando-se apenas a taxa de compressão. Enquanto os motores Otto operam com taxas de compressão entre 6:1 e 12:1, o motor Diesel opera com taxas entre 16:1 e 20:1. Essa taxa de compressão corresponde à razão entre o máximo volume admitido e o mínimo volume no início da admissão. Para taxas de compressão maiores, 12:1 ou mais, precisamos utilizar combustíveis com maior poder antidetonante. As gasolinas de alta octanagem se caracterizam por resistirem mais à compressão do que as gasolinas comuns. Assim, os automóveis devem mudar sua regulagem do motor quando passam a utilizar combustíveis com mais octanas. Observemos que a diferença entre a gasolina comum e a de alta octanagem é apenas o poder antidetonante; cada uma delas libera por volta de 45 kJ/g.

## EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

1) Um dos aparelhos indispensáveis em uma residência é a geladeira. A refrigeração de seu interior é feita de forma não espontânea. Retira-se energia térmica da parte interna e transfere-se essa energia para o ambiente da cozinha. A transferência de energia térmica só é espontânea quando o calor transita no sentido de temperaturas decrescentes. Na parte interna da geladeira há o congelador, no qual, normalmente, a substância fréon se vaporiza a baixa pressão, absorvendo a energia térmica. O fréon, no estado gasoso, expande-se até o radiador (serpentina traseira), no qual, sob alta pressão, se condensa, liberando energia térmica para o meio externo. A pressão do fréon é aumentada no radiador devido a um compressor e diminuída no congelador devido a uma válvula. A eficiência  $\varepsilon$  de uma geladeira é determinada pela razão entre a energia térmica  $Q$  que é retirada do seu congelador e o trabalho  $\tau$  que o compressor teve que realizar.

$$\varepsilon = \frac{Q}{\tau}$$

A energia térmica que o radiador transfere para o ambiente é a soma da energia térmica retirada do congelador com o trabalho realizado pelo compressor. O desenho representa uma geladeira doméstica:



Considere a geladeira ideal cujo compressor tenha potência útil igual a 5,0 kW. Se, durante cada minuto de funcionamento desse compressor, o radiador (serpentina traseira) transfere para o meio ambiente  $4,5 \cdot 10^5 \text{ J}$  de energia térmica, a eficiência do refrigerador é igual a:

- a) 33%   b) 50%   c) 67%   d) 75%   e) 100%

Resolução:

$$P = 5,0 \text{ kW} = 5000 \text{ W} = 5000 \frac{\text{J}}{\text{s}}$$

A cada segundo, o trabalho realizado pelo compressor vale:  $\tau = 5000 \text{ J}$

A energia transferida para o ambiente a cada minuto vale:  $4,5 \cdot 10^5 \text{ J}$

$$Q_Q = \frac{4,5 \cdot 10^5}{60} = 7500 \text{ J} \quad \begin{aligned} Q_Q &= Q_F + \tau \\ Q_F &= Q_Q - \tau \end{aligned}$$

$$\varepsilon = \frac{Q_F}{\tau} = \frac{Q_Q - \tau}{\tau} = \frac{7500 - 5000}{5000} = 0,5$$

50%

## Exercícios

37. A pressão, o volume e a temperatura de um gás que está distante de seu ponto de condensação estão relacionadas com a quantidade de gás expressa em número de mols (1 mol de molécula de qualquer gás representa  $6,023 \cdot 10^{23}$  (moléculas do gás)). Esta relação pode ser expressa matematicamente por:  $P \cdot V / T = n \cdot R$ , onde  $R$  constante e igual a  $8,31 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$  e  $n$  é o número de mols. Com base nestas informações, determine o número de mols que permanecem numa caixa de volume  $V$  que está fechada com 10,0 mols de ar, à pressão de 5,0 atm, na temperatura ambiente, e foi aberta, passando a ter a pressão de 1 atm e mantendo a temperatura ambiente.

- a) 1                      c) 3                      e) 5  
b) 2                      d) 4

38. Temos 1 mol de gás perfeito sujeito a uma pressão de 1 atm e uma temperatura de  $0^\circ \text{C}$ .

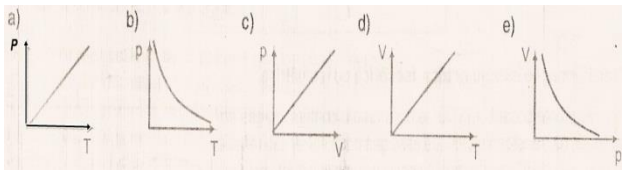
Determine o volume ocupado por esse gás, sabendo que  $R = 0,082 \text{ atm.L} / \text{mol.K}$ .

- a) 18,0 L      c) 20,5 L      e) 23,6 L  
b) 20,0 L      d) 22,4 L

39. Certa quantidade de vapor de água é introduzida numa seringa, a uma temperatura de 500 K, e ocupa um volume de  $5 \text{ cm}^3$ . Fechada a entrada, o vapor exerce uma pressão de 4,0 atm nas paredes da seringa. Quando o êmbolo é solto, é empurrado pelo vapor, fazendo o volume chegar a  $16,0 \text{ cm}^3$  e a temperatura 400 K. Qual é a pressão no interior da seringa?

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

40. (PGV-SP) Uma pessoa fecha com a palma da mão a extremidade de uma seringa e com a outra mão puxa o êmbolo até as proximidades da outra extremidade, mantendo a temperatura constante. O gráfico  $P \times V$  que melhor representa este processo é:



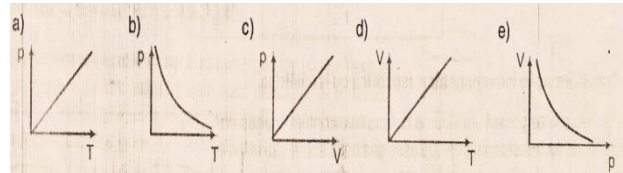
41. (UNIMEP-SP) 15 litros de uma determinada massa gasosa encontram-se a uma pressão de 8 atm e à temperatura de  $30^\circ \text{ C}$ . Ao sofrer uma expansão isotérmica, seu volume passa a 20 Litros. Qual será a nova pressão?

- a) 10 atm      c) 8 atm      e) 4 atm  
b) 6 atm      d) 5 atm

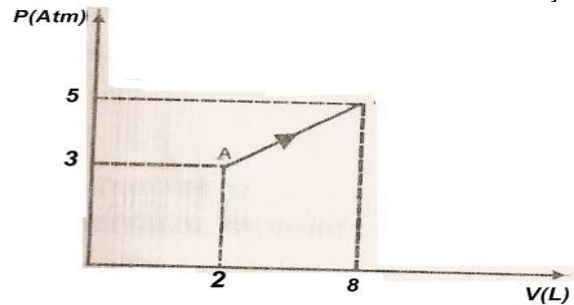
42. (UCS-RS) Certa massa gasosa inicial sofre uma transformação a volume constante, conhecida como lei de Charles. A sua pressão inicial é de uma atmosfera e sua temperatura passa de 400 K para 500 K. A pressão da massa gasosa passa para:

- a) 0,80 atm      c) 1,50 atm      e) 1,80 atm  
b) 1,25 atm      d) 1,70 atm

43. (PUC-MG) Nos gráficos abaixo,  $P$  é a pressão e,  $V$  é o volume e  $T$  é a temperatura absoluta de um gás perfeito. O gráfico que representa uma transformação isobárica é o da alternativa:



44. Um gás ideal sofre a transformação  $A \rightarrow B$  indicada na figura. Sendo  $1 \text{ atm} = 1.10^5 \text{ N} / \text{m}^2$ , Qual é o trabalho realizado nessa transformação?



- a) 2000 J      c) 2400 J      e) 2800 J  
b) 2100 J      d) 2500 J

45. (UFPR) Considere um gás ideal sendo submetido a vários processos termodinâmicos a partir de um mesmo estado inicial. Sobre esta situação quais informações são verdadeiras, faça a soma destas para dar a resposta:

(01) se o processo for isométrico (isocórico), o trabalho realizado pelo gás será nulo.

(02) Se o processo for uma expansão isotérmica, haverá uma diminuição da pressão do gás.

(04) Se o processo for isotérmico, a energia interna do gás permanecerá constante.

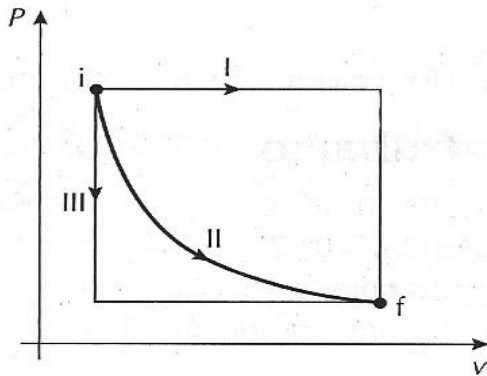
(08) A temperatura atingida pelo gás no estado final não depende do processo escolhido.

(16) Se o processo for adiabático, o gás trocará calor com o meio externo.

(32) Se o volume for diminuído, num processo isobárico, haverá um aumento de temperatura do gás.

- a) 15              C) 13              e) 22  
b) 11              d) 40

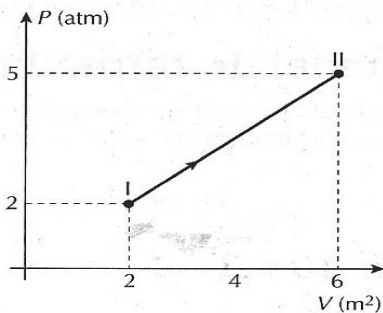
46. (UFMG) Um gás ideal, num estado inicial  $i$ , pode ser levado a um estado final  $f$  por meio dos processos I, II e III, representados neste diagrama de pressão versus volume:



Sejam  $W_I, W_{II}$  e  $W_{III}$  os módulos dos trabalhos realizados pelo gás nos processos  $I, II$  e  $III$ , respectivamente. Com base nessas informações é correto afirmar que:

- $W_I < W_{II} < W_{III}$
- $W_I = W_{II} = W_{III}$
- $W_I = W_{II} > W_{III}$
- $W_I > W_{II} > W_{III}$
- $W_I > W_{II} = W_{III}$

47. (PUC-PR) Um gás perfeito se expande, passando do estado I para o estado II, conforme mostra o diagrama.

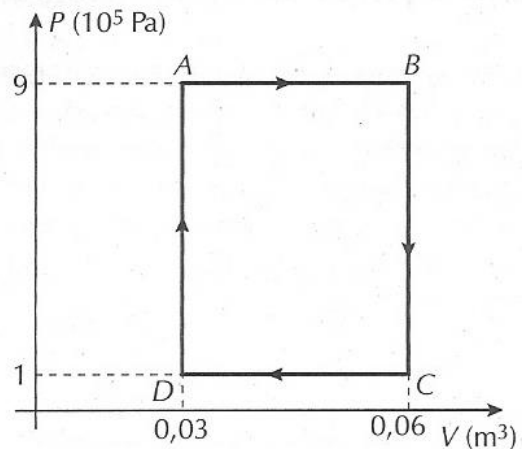


Considerar  $1 \text{ atm} = 1.10^5 \text{ Pa}$  e  $1 \text{ cal} = 4 \text{ J}$ .

Sabe-se que, na transformação, o gás absorveu  $2.10^5 \text{ cal}$  de calor. Pode-se afirmar que, na transformação do estado I para o estado II:

- O gás realiza trabalho negativo de  $14.10^5 \text{ J}$ .
- O gás sofre uma perda de  $12.10^5 \text{ J}$  em sua energia interna.
- A energia interna do gás sofre um aumento de  $22.10^5 \text{ J}$ .
- O gás sofre resfriamento e perde  $6.10^5 \text{ J}$  de energia interna.
- O gás realiza trabalho de  $8.10^5 \text{ J}$  e não sofre variação em sua energia interna.

48. (UFRJ) Um mol de gás ideal realiza o processo cíclico ABCD representado a seguir no gráfico de  $P \times V$ :



O rendimento da máquina que utiliza esse ciclo é de 0,8. O trabalho no ciclo e o calor fornecido ao gás, em quilojoules, valem respectivamente:

- 24 e 30
- 8 e 10
- 54 e 42
- 12 e 16
- 16 e 20

49. (UFRGS-RS) Enquanto se expande, um gás recebe o calor  $Q = 100 \text{ J}$  e realiza o trabalho  $W = 70 \text{ J}$ . Ao final do processo, afirmar que a energia interna do gás:

- aumentou  $170 \text{ J}$
- aumentou  $100 \text{ J}$
- aumentou  $30 \text{ J}$
- diminuiu  $70 \text{ J}$
- diminuiu  $30 \text{ J}$

50. (Univali-SC) uma máquina térmica opera segundo o ciclo de Carnot entre as temperaturas de  $400 \text{ K}$  e  $280 \text{ K}$ , recebendo  $1.200 \text{ J}$  de calor da fonte quente. O calor rejeitado para a fonte fria e o trabalho realizado pela máquina, em joules, são, respectivamente:

- 840 e 360
- 1000 e 1000
- 500 e 1500
- 1400 e 600
- 700 e 1300

51. (Inatel-MG) Suponha que um inventor lhe ofereça uma máquina que extrai  $25.10^6 \text{ cal}$  de uma fonte à uma temperatura de  $400 \text{ K}$  e rejeita  $10.10^6 \text{ cal}$  para uma fonte de  $200 \text{ K}$ , entregando

um trabalho de  $63.10^6 J$ . Com base nos princípios da termodinâmica, podemos afirmar que:

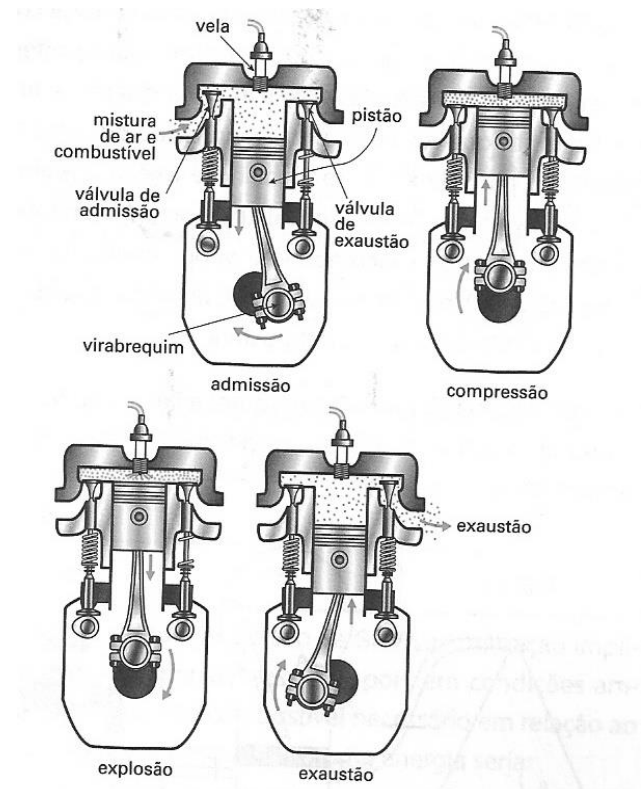
- a) Satisfaz a 1ª e a 2ª lei
- b) Não satisfaz a 1ª e a 2ª lei
- c) Satisfaz somente a 1ª
- d) Satisfaz somente a 2ª lei

Considere 1 cal = 4,2 J.

52. (UPF- RS) Um ciclo de Carnot trabalha entre duas fontes térmicas: uma quente, em temperatura de  $227^\circ C$ , e uma fria, em temperatura de  $-73^\circ C$ . O rendimento dessa máquina, em percentual, é de:

- a) 10
- b) 25
- c) 35
- d) 50
- e) 60

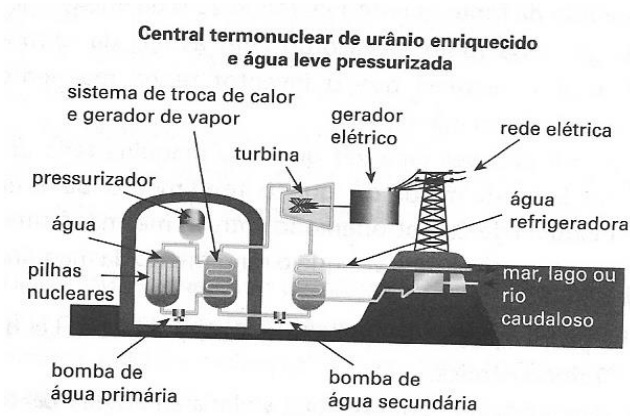
53. (UEG-GO) Os motores usados em veículos são normalmente de combustão interna e de quatro tempos. A finalidade dos motores é transformar a energia térmica do combustível em trabalho. De modo geral, eles são constituídos de várias peças, entre elas: as válvulas, que controlam a entrada e a saída do fluido combustível; a vela, onde se dá a faísca que provoca a explosão; o virabrequim (árvore de manivelas), que movimenta o motor; e os êmbolos, que são acoplados a ele. No tempo 1 ocorre a admissão do combustível, a mistura de ar e vapor de álcool ou gasolina produzida no carburador: o virabrequim faz o êmbolo descer enquanto a válvula de admissão se abre, reduzindo a pressão interna e possibilitando a entrada de combustível à pressão atmosférica. No tempo 2 ocorre a compressão: com as válvulas fechadas o êmbolo sobe, movido pelo virabrequim, comprimindo a mistura ar-combustível rapidamente. No tempo 3 ocorre a explosão: no ponto em que a compressão é máxima, produz-se nos terminais da vela, uma faísca elétrica que provoca a explosão do combustível e seu aumento de temperatura; a explosão empurra o êmbolo para baixo, ainda com as válvulas fechadas; No tempo 4 ocorre a exaustão: o êmbolo sobe novamente, a válvula de exaustão abre-se, expulsando os gases queimados na explosão e reiniciando o ciclo.



De acordo com o texto e com a termodinâmica, é correto afirmar:

- a) No tempo 1 o processo é isovolumétrico
- b) No tempo 2 o processo é adiabático
- c) No tempo 3 o processo é isobárico
- d) No tempo 4 o processo é isotérmico
- e) Um ciclo completo no motor quatro tempos é realizado após uma volta completa da árvore de manivelas

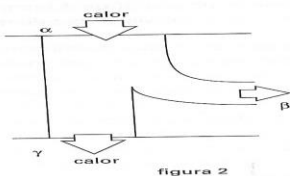
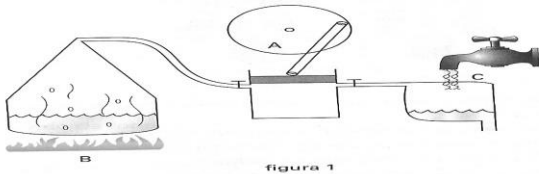
54) (UEL-PR) O reator utilizado na usina nuclear de Angra dos Reis -ANGRA 2-é do tipo PWR (Pressurized Water Reactor). O sistema PWR é constituído de três circuitos: o primário, o secundário e de água de refrigeração. No primeiro, a água é forçada a passar pelo núcleo do reator a pressões elevadas, 135 atm, e à temperatura de  $320^\circ C$ . Devido à alta pressão, a água não entra em ebulição e, ao sair do núcleo do reator, passa por um segundo estágio, constituído por um sistema de troca de calor, onde se produz vapor de água que vai acionar a turbina que transfere movimento ao gerador de eletricidade. Na figura estão indicados os vários circuitos do sistema PWR:



Considerando as trocas de calor que ocorrem em uma usina nuclear como ANGRA-2, é correto afirmar:

- a) O calor removido do núcleo do reator é utilizado integralmente para produzir trabalho na turbina.
- b) O Calor do sistema de refrigeração é transferido ao núcleo do reator através do trabalho realizado pela turbina
- c) Todo o calor fornecido pelo núcleo do reator é transformado em trabalho na turbina, por isso, o reator nuclear tem eficiência total.
- d) O calor do sistema de refrigeração é transferido na forma de calor ao núcleo do reator e na forma de trabalho à turbina.
- e) Uma parte do calor fornecido pelo núcleo do reator realiza trabalho na turbina, e outra parte é cedida ao sistema de refrigeração.

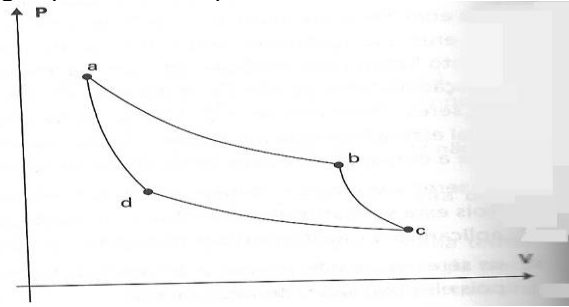
55) (UFV-MG) Nas figuras abaixo temos a ilustração de uma máquina térmica e sua respectiva representação esquemática



a) Preencha a tabela a seguir associando as partes identificadas pelas letras **A, B e C**, Na figura 1 com os elementos identificados pelas letras gregas  $\alpha, \beta$  e  $\gamma$ .

Figura 1	Figura 2
A	
B	
C	

b) Considerando que a máquina opera, aproximadamente, segundo um ciclo de Carnot, conforme ilustrado abaixo, preencha o quadro a seguir para cada etapa do ciclo.



Etapa do ciclo	Processo (isotérmico, isovolumétrico ou adiabático)	Calor transferido pela maquina (nulo, recebido ou cedido)
A - B		
B - C		
C - D		
D - A		

**GABARITO**

1	A	28	A
2	B	29	A
3	B	30	C
4	E	31	A
5	D	32	E
6	C	33	E
7	B	34	C
8	B	35	D
9	C	36	A
10	B	37	B
11	A	38	D
12	E	39	E
13	B	40	E
14	E	41	B
15	B	42	B
16	E	43	D
17	E	44	C
18	A	45	A
19	D	46	D
20	D	47	D
21	D	48	A
22	C	49	C
23	A	50	A
24	C	51	A
25	A	52	E
26	E	53	B
27	d	54	E

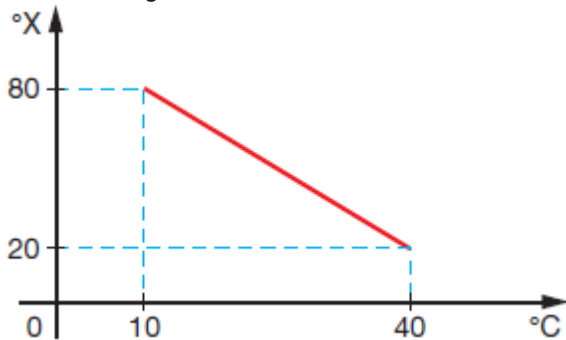
55 – a)  $\beta, \alpha$  e  $\gamma$

b) isot, adiab, isot, adia rec,nul,ced,nul

### LISTA DE EXERCÍCIOS EXTRAS I

1 - Um corpo está numa temperatura que, em °C, tem a metade do valor medido em °F. Determine essa temperatura na escala Fahrenheit.

2 - (Unifor-CE) Uma escala de temperatura arbitrária X está relacionada com a escala Celsius de acordo com o gráfico abaixo.



As temperaturas de fusão do gelo e de ebulção da água, sob pressão normal, na escala X valem, respectivamente:

- a) -100 e 50                      d) 100 e -100  
b) -100 e 0                        e) 100 e 50  
c) -50 e 50

3 - (Cesgranrio-RJ) Uma caixa de filme fotográfico traz a tabela apresentada abaixo, para o tempo de revelação do filme, em função da temperatura dessa revelação.

Temperatura	65 °F (18 °C)	68 °F (20 °C)	70 °F (21 °C)	72 °F (22 °C)	75 °F (24 °C)
Tempo (em minutos)	10,5	9	8	7	6

A temperatura em °F corresponde exatamente ao seu valor na escala Celsius, apenas para o tempo de revelação, em min, de:

- a) 10,5   b) 9   c) 8   d) 7   e) 6

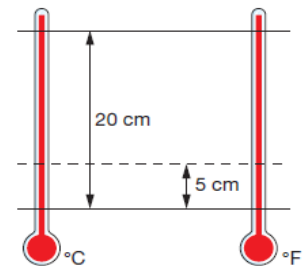
4 - (UEPI) Duas escalas termométricas arbitrárias, E e G, foram confeccionadas de tal modo que as suas respectivas correspondências com a escala Celsius obedecem à tabela abaixo.

Escala C	Escala E	Escala G
180 °C	—	70 °G
100 °C	70 °E	—
0 °C	20 °E	10 °G

A relação de conversão entre as escalas E e G é dada por:

- a)  $t_E = \left(\frac{3}{2}\right)t_G + 5$                       d)  $t_G = t_E - 10$   
b)  $t_G = \frac{(2t_E + 50)}{3}$                               e)  $t_G = 2t_E - 5$   
c)  $t_E = \frac{3(t_G - 10)}{2}$

5 - (UFBA) As indicações para o ponto de fusão do gelo e de ebulção da água sob pressão normal de dois termômetros, um na escala Celsius e outro na escala Fahrenheit, distam 20 cm, conforme a figura. A 5 cm do ponto de fusão do gelo, os termômetros registram temperaturas iguais a:



- a) 25 °C e 77 °F  
b) 20 °C e 40 °F  
c) 20 °C e 45 °F  
d) 25 °C e 45 °F  
e) 25 °C e 53 °F

6 - (Unifor-CE) Fazendo-se passar vapor d'água por um tubo metálico oco, verifica-se que a sua temperatura sobe de 25 °C para 98 °C. Verifica-se também que o comprimento do tubo passa de 800 mm para 801 mm. Pode-se concluir daí que o coeficiente de dilatação linear do metal vale, em °C<sup>-1</sup>:

- a)  $1,2 \cdot 10^{-5}$                                       d)  $2,5 \cdot 10^{-5}$   
b)  $1,7 \cdot 10^{-5}$                                       e)  $2,9 \cdot 10^{-5}$   
c)  $2,1 \cdot 10^{-5}$

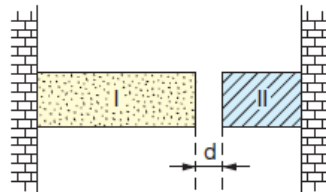
7 - (União-MG) No continente europeu uma linha férrea da ordem de 600 km de extensão tem sua temperatura variando de -10 °C no inverno até 30 °C no verão. O coeficiente de dilatação linear do material de que é feito o trilho é  $10^{-5} \text{ °C}^{-1}$ . A variação de comprimento que os trilhos sofrem na sua extensão é, em metros, igual a:

- a) 40                      c) 140                      e) 240  
b) 100                      d) 200

8 - (Unipa-MG) Considere o microsistema abaixo formado por duas pequenas peças metálicas, I e II, presas em duas paredes laterais. Observamos que, na temperatura de  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , a peça I tem tamanho igual a  $2\text{ cm}$ , enquanto a peça II possui apenas  $1\text{ cm}$  de comprimento. Ainda nesta temperatura as peças estavam afastadas apenas por uma pequena distância  $d$  igual a  $5 \times 10^{-3}\text{ cm}$ . Sabendo-se que o coeficiente de dilatação linear  $\alpha_I$  da peça I é igual

a  $3 \times 10^{-5}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$  e que o da peça II ( $\alpha_{II}$ ) é igual a  $4 \times 10^{-5}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ , qual deve ser a temperatura do sistema, em  $^{\circ}\text{C}$ , para que as duas peças entrem em contato sem empenar?

- a) 20  
b) 35  
c) 50  
d) 65



e) nenhuma das opções acima

9 - (UEBA) Uma peça de zinco é construída a partir de uma chapa quadrada de lado  $30\text{ cm}$ , da qual foi

retirado um pedaço de área de  $500\text{ cm}^2$ . Elevando-se de  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$  a temperatura da peça restante, sua área final, em centímetros quadrados, será mais próxima de:

- (Dado: coeficiente de dilatação linear do zinco =  $2,5 \times 10^{-5}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ )  
a) 400                      c) 405                      e) 416  
b) 401                      d) 408

10 - (MACK-SP) Uma placa de aço sofre uma dilatação de  $2,4\text{ cm}^2$ , quando aquecida de  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Sabendo que o coeficiente de dilatação linear médio do aço, no intervalo considerado, é  $1,2 \times 10^{-6}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ , podemos afirmar que a área da placa, antes desse aquecimento, era:

- a)  $200,0\text{ m}^2$                       d)  $1,0\text{ m}^2$   
b)  $100,0\text{ m}^2$                       e)  $0,010\text{ m}^2$   
c)  $2,0\text{ m}^2$

11 - (Unirio-RJ) Um estudante pôs em prática uma experiência na qual pudesse observar alguns conceitos relacionados à “Dilatação Térmica dos Sólidos”. Ele utilizou dois objetos: um fino fio de cobre de comprimento  $4L$ , com o qual montou um quadrado, como mostra a figura I, e uma chapa quadrada, também de cobre, de espessura desprezível e área igual a  $L^2$ , como mostra a

figura II. Em seguida, o quadrado montado e a chapa, que se encontravam inicialmente à mesma temperatura, foram colocados num forno até que alcançassem o equilíbrio térmico com este.



Figura I  
Quadrado formado com o fio de cobre



Figura II  
Chapa de cobre de área  $L^2$

Assim, a razão entre a área da chapa e a área do quadrado formado com o fio de cobre, após o equilíbrio térmico destes com o forno, é:

- a) 5                      b) 4                      c) 3                      d) 2                      e) 1

12 - (Cesesp-PE) O tanque de gasolina de um carro, com capacidade para  $60\text{ litros}$ , é completamente cheio a  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , e o carro é deixado num estacionamento onde a temperatura é de  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Sendo o coeficiente de dilatação volumétrica da gasolina igual a  $1,1 \times 10^{-3}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ , e considerando desprezível a variação de volume do tanque, a quantidade de gasolina derramada é, em litros:

- a) 1,32                      b) 1,64                      c) 0,65                      d) 3,45                      e) 0,58

13 - (Unifor-CE) Um recipiente de vidro de capacidade  $500\text{ cm}^3$  contém  $200\text{ cm}^3$  de mercúrio, a  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Verifica-se que, em qualquer temperatura, o volume da parte vazia é sempre o mesmo. Nessas condições, sendo  $\gamma$  o coeficiente de dilatação volumétrica do mercúrio, o coeficiente de dilatação linear do vidro vale:

- a)  $\frac{\gamma}{15}$                       c)  $\frac{\gamma}{5}$                       e)  $\frac{6\gamma}{5}$   
b)  $\frac{2\gamma}{15}$                       d)  $\frac{3\gamma}{5}$

14 - (UFMA) Se o vidro de que é feito um termômetro de mercúrio tiver o mesmo coeficiente de dilatação cúbica do mercúrio, pode-se dizer, corretamente, que esse termômetro:

- a) não funciona  
 b) funciona com precisão abaixo de 0 °C  
 c) funciona com precisão acima de 0 °C  
 d) funciona melhor do que os termômetros comuns  
 e) funciona independente de qualquer valor atribuído

### Respostas

a (1) b (2) c (3) d (4) e (5)  
 f (6) g (7) h (8) i (9) j (10) k (11) l (12) m (13) n (14) o (15)

### LISTA DE EXERCÍCIOS EXTRAS II

**15 - (UFAL)** O calor específico do chumbo é 0,031 cal/g . °C. Em um trabalho científico, esse valor deve ser expresso, no Sistema Internacional, em J/kg . K. Lembrando que 1 cal = 4,186 J, o calor específico do chumbo é, no Sistema Internacional:

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

**16 –** Em cada uma das situações descritas a seguir você deve reconhecer o processo de transmissão de calor envolvido: condução, convecção ou radiação.

- I. As prateleiras de uma geladeira doméstica são grades vazadas para facilitar a ida da energia térmica até o congelador por [...]
- II. O único processo de transmissão de calor que pode ocorrer no vácuo é a [...]
- III. Em uma garrafa térmica, é mantido vácuo entre as paredes duplas de vidro para evitar que o calor saia ou entre por [...].

Na ordem, os processos de transmissão de calor que você usou para preencher as lacunas são:

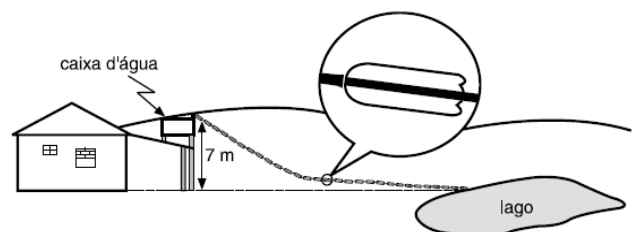
- a) condução, convecção e radiação;  
 b) radiação, condução e convecção;  
 c) condução, radiação e convecção;  
 d) convecção, condução e radiação;  
 e) convecção, radiação e condução;

**17 – (U.F.São Carlos-SP)** Um grupo de amigos compra barras de gelo para um churrasco, num dia de calor. Como as barras chegam com algumas horas de antecedência, alguém sugere

que sejam envolvidas num grosso cobertor para evitar que derretam demais. Essa sugestão

- a) é absurda, porque o cobertor vai aquecer o gelo, derretendo-o ainda mais depressa.  
 b) é absurda, porque o cobertor facilita a troca de calor entre o ambiente e o gelo, fazendo com que ele derreta ainda mais depressa.  
 c) é inócua, pois o cobertor não fornece nem absorve calor ao gelo, não alterando a rapidez com que o gelo derrete.  
 d) faz sentido, porque o cobertor facilita a troca de calor entre o ambiente e o gelo, retardando o seu derretimento.  
 e) faz sentido, porque o cobertor dificulta a troca de calor entre o ambiente e o gelo, retardando o seu derretimento.

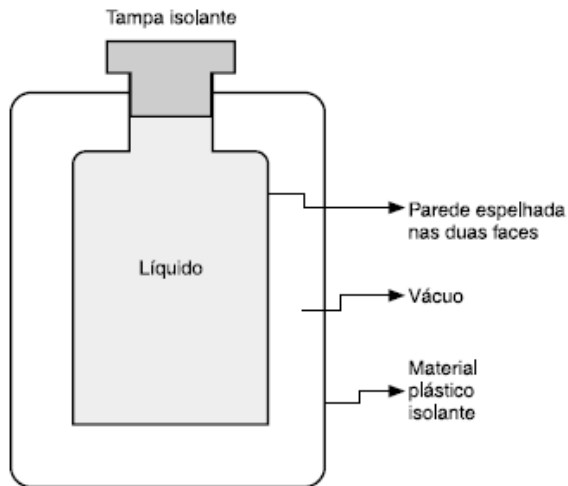
**18 – (UnB-DF)** O agricultor Luno Russo, preocupado com a necessidade de abastecer sua residência com água aquecida para ser usada na pia da cozinha e para o banho das pessoas de sua família, construiu um dispositivo valendo-se de uma mangueira longa de cor preta e garrafas plásticas vazias de refrigerante. Um furo feito na base das garrafas permitiu lhe atravessá-las com a mangueira, formando um longo colar, como mostra a figura abaixo. Com uma das pontas da mangueira mergulhada em um lago próximo à residência e a outra extremidade atingindo, a 7 m de altura, a caixa d'água de sua casa, ele conseguiu o suprimento de água aquecida de que necessitava. Para seu orgulho e alegria, em um dia sem nuvens, ele pôde verificar que a temperatura da água ao sair pelas torneiras atingia 45°C.



Com relação à situação apresentada, julgue os seguintes itens.

- ( ) A temperatura da água na saída das torneiras poderia ser maior que 45°C se a caixa d'água fosse revestida externamente com uma camada grossa de isopor.  
 ( ) As garrafas plásticas no dispositivo do Sr. Luno funcionam como uma superfície refletora para as radiações infra-vermelhas oriundas da mangueira aquecida.  
 ( ) Em um dia nublado, o mesmo resultado seria esperado caso fosse usada uma mangueira de cor clara.  
 ( ) Para poder elevar a água desde o nível do lago até a entrada da caixa d'água, é necessário o uso de um sistema de bombeamento.



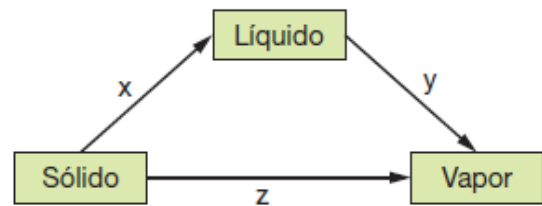


- a) A temperatura só permanecerá inalterada, se o líquido estiver com uma baixa temperatura.  
 b) As faces espelhadas da parede interna impedem totalmente a propagação do calor por condução.  
 c) Como a parede interna é duplamente espelhada, ela reflete o calor que chega por irradiação, e a região de vácuo evita a propagação do calor através da condução e convecção.  
 d) Devido à existência de vácuo entre as paredes, o líquido não perde calor para o ambiente através de radiação eletromagnética.  
 e) Qualquer material plástico é um isolante térmico perfeito, impedindo, portanto, toda e qualquer propagação de calor através dele.

24 - (UFGO)

- I – A elevação de temperatura acarreta aumento na distância média entre os átomos de um sólido. Por isso o sólido se dilata.  
 II – Os ventos são causados pela variação da densidade do ar em camadas diferentes aquecidas.  
 III – Quando aquecemos um anel ou, de um modo geral, uma placa que apresenta um orifício, verifica que, com a dilatação da placa, o orifício também tem suas dimensões aumentadas, dilatando-se como se o orifício fosse feito do mesmo material da placa.  
 IV – Quando a temperatura da água é aumentada entre 0 °C e 4 °C, o seu volume permanece constante. Se sua temperatura crescer acima de 4°C, ela se dilata normalmente.  
 Das afirmações acima, podemos dizer que:  
 a) somente I e II são corretas.  
 b) somente II e III são corretas.  
 c) somente I, II e III são corretas.  
 d) somente II, III e IV são corretas.  
 e) todas estão corretas].

25 - (Unifor-CE) O esquema abaixo representa as três fases de uma substância pura, e as setas indicam algumas mudanças de fases possíveis.



- As setas x, y e z correspondem, respectivamente, a:  
 a) liquefação, vaporização e condensação.  
 b) fusão, vaporização e sublimação.  
 c) liquefação, condensação e vaporização.  
 d) fusão, sublimação e vaporização.  
 e) solidificação, liquefação e sublimação.

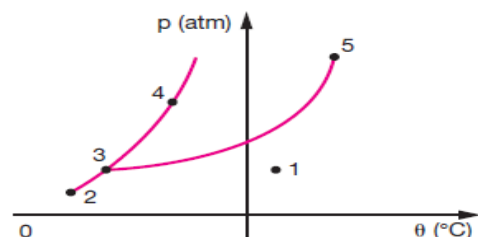
26 - (UFSM) Quando se está ao nível do mar, observa-se que a água ferve a uma temperatura de 100 °C. Subindo uma montanha de 1 000 m de altitude, observa-se que:

- a) a água ferve numa temperatura maior, pois seu calor específico aumenta.  
 b) a água ferve numa temperatura maior, pois a pressão atmosférica é maior.  
 c) a água ferve numa temperatura menor, pois a pressão atmosférica é menor.  
 d) a água ferve na mesma temperatura de 100 °C, independente da pressão atmosférica.  
 e) a água não consegue ferver nessa altitude.

27 - (UFRN) Um copo de água está à temperatura ambiente de 30 °C. Joana coloca cubos de gelo dentro da água. A análise dessa situação permite afirmar que a temperatura da água irá diminuir porque:

- a) o gelo irá transferir frio para a água  
 b) a água irá transferir calor para o gelo  
 c) o gelo irá transferir frio para o meio ambiente  
 d) a água irá transferir calor para o meio ambiente

28 - (UFLA-MG) É mostrado o diagrama de fases de uma substância hipotética, apresentando pontos com numeração de 1 a 5.



Assinale a alternativa correta de acordo com a condição que representa cada número:

- a) 1: fase de vapor; 2: fase sólida; 3: ponto crítico; 4: equilíbrio sólido-líquido; 5: ponto triplo.

b) 1: fase de vapor; 2: equilíbrio líquido-vapor; 3: ponto triplo; 4: equilíbrio sólido-vapor; 5: ponto crítico.

c) 1: fase líquida; 2: fase sólida; 3: equilíbrio sólido - vapor; 4: equilíbrio sólido-líquido; 5: fase de vapor.

d) 1: fase de vapor; 2: equilíbrio sólido-vapor; 3: equilíbrio líquido-vapor; 4: fase líquida; 5: ponto triplo.

e) 1: fase de vapor; 2: equilíbrio sólido-vapor; 3: ponto triplo; 4: equilíbrio sólido-líquido; 5: ponto crítico.

15) E : 16) E : 17) E : 18) V - V - F - V  
19) C : 20) C : 21) V - F - V - F - F - F  
22) B : 23) C : 24) C : 25) B : 26) C  
27) B : 28) E

### LISTA DE EXERCÍCIOS EXTRAS III

**29** - (ITA-SP) O ar dentro de um automóvel fechado

tem massa de 2,6 kg e calor específico de 720 J/kg °C. Considere que o motorista perde calor a uma taxa constante de 120 joules por segundo e que o aquecimento do ar confinado se deva exclusivamente ao calor emanado pelo motorista. Quanto tempo levará para a temperatura variar de 2,4 °C a 37 °C?

- a) 540 s                      c) 420 s                      e) 300 s  
b) 480 s                      d) 360 s

**30** - (UEL-PR) Os cinco corpos, apresentados na tabela, estavam à temperatura ambiente de 15 °C quando foram, simultaneamente, colocados num recipiente que continha água a 60 °C.

Material	Massa (g)	Calor específico (cal/g °C)
alumínio	20	0,21
chumbo	200	0,031
cobre	100	0,091
ferro	30	0,11
latão	150	0,092

Ao atingirem o equilíbrio térmico, o corpo que recebeu maior quantidade de calor foi o de:

- a) alumínio                      c) cobre                      e) latão  
b) chumbo                      d) ferro

**31** - (UNEB-BA) Um bloco de gelo de 200 g encontra-se a -20 °C. Se o calor específico do gelo é 0,5 cal/g °C, o calor latente de fusão do gelo é 80 cal/g e o calor específico da água é 1 cal/g °C,

A quantidade de calor necessária para que o bloco de gelo atinja a temperatura de 10 °C, sob pressão normal, é:

- a) 10 kcal                      d) 40 kcal  
b) 20 kcal                      e) 50 kcal  
c) 30 kcal

**32 - 389**(USC-RS) Num calorímetro com 200 g de água a 20 °C adicionam-se 50 g de gelo a 0 °C. Os calores específicos da água e do gelo são, respectivamente, 1,0 cal/g °C e 0,5 cal/g °C, e o calor latente de fusão do gelo, 80 cal/g. Após as trocas de calor, haverá no calorímetro:

- a) uma mistura de água e gelo a 0 °C  
b) uma mistura de água e gelo a 5 °C  
c) apenas água a 0 °C  
d) apenas gelo a 0 °C  
e) uma mistura de água e gelo a -5 °C  
(FEI-SP) O enunciado a seguir refere-se às questões 33 e 34.

Uma cafeteira de café expresso funciona com uma resistência elétrica que fornece 10 000 cal/min. Para se obter um café com leite são necessários 50 ml

de água a 100 °C para o café e 40 g de vapor de água a 100 °C para aquecer o leite. Considerar a temperatura inicial da água 20 °C e desprezar as perdas de calor na cafeteira.

Dados:  $c_{H_2O} = 1 \text{ cal} / \text{g}^\circ\text{C}$  e  $L_{vap} = 540 \text{ cal} / \text{g}$ .

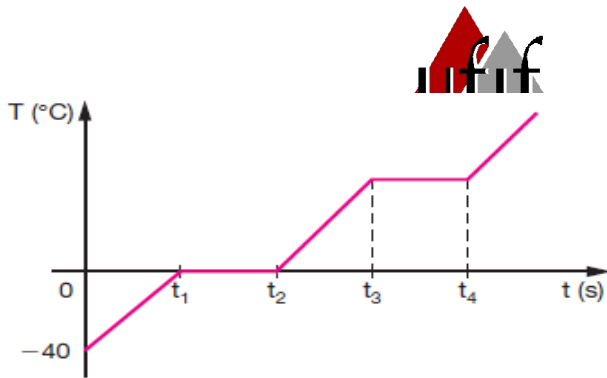
**33** - Quanto tempo é necessário para se obter somente café?

- a) 60 s    b) 48 s    c) 30 s    d) 24 s    e) 15 s

**34** - Qual é a quantidade de calor necessária para produzir o vapor que aquece o leite?

- a) 21 600 cal                      d) 19 200 cal  
b) 24 800 cal                      e) 4 800 cal  
c) 3 600 cal

**35** - (UFU-MG) Utilizando-se uma fonte de fornecimento contínuo de calor, aquece-se, à pressão constante de 1 atmosfera, 100 g de gelo, que são transformados em vapor superaquecido. A figura seguinte ilustra a variação da temperatura do sistema com o tempo.



- a) Em que intervalo de tempo ocorre a fusão?  
 b) Em que intervalo de tempo ocorre a vaporização?  
 c) Considerando o calor específico do gelo igual a  $0,55 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$  e o calor latente de fusão igual a  $80 \text{ cal/g}$ , qual é a quantidade de calor absorvida pelo sistema, do instante inicial ao instante  $t_2$ ?

#### Gabarito

29) a) 30) e) 31) b) 32) c) 33) d) 34) b) 35) c)  $Q = 10200 \text{ Cal}$



## HIDROSTÁTICA

### CURSO PRÉ – VESTIBULAR POPULAR - CPV

## FÍSICA

Lélio F Martins Ribeiro

## MECÂNICA DOS FLUIDOS

### 5 – HIDROSTÁTICA

#### 5.1 - INTRODUÇÃO

Este é um tema relativamente curto, mas de grande importância, tanto pelos aspectos históricos como pelo caráter prático. A hidrostática se baseia nos teoremas de Stevin, Pascal e Arquimedes. Através deste estudo, poderemos entender o motivo de navios flutuarem, o porquê de balões flutuarem e o mecanismo pelo qual um avião consegue voar.

#### 5.2 – DENSIDADE ABSOLUTA OU MASSA ESPECÍFICA ( $d$ )

Densidade é a grandeza que indica a medida da concentração de massa de uma substância em determinado volume, dada pela razão entre a massa da substância e o volume correspondente. Quanto maior essa razão, maior a massa contida em determinado volume e maior é a densidade da substância.

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

Unidade de densidade:

$$I - [d] = \frac{kg}{m^3} \text{ (Sistema Internacional)}$$

$$II - [d] = \frac{g}{cm^3}$$

$$III - [d] = \frac{kg}{\ell}$$

A conversão entre as unidades deverá ser feita da seguinte forma:

$$\text{Unidade (I)} \rightarrow \text{(II)}: \frac{kg}{m^3} = \frac{10^3 g}{10^6 cm^3} = 10^{-3} \cdot \frac{g}{cm^3}$$

$$\text{Unidade (II)} \rightarrow \text{(III)}: \frac{g}{cm^3} = \frac{10^{-3} kg}{10^{-3} \ell} = \frac{kg}{\ell}$$

Lembrando que:

$$1 cm^3 = 1 \ell$$

#### EXEMPLO:

Um objeto feito de ouro maciço tem 500 g de massa e  $25 cm^3$  de volume. Determine a densidade do objeto em  $g/cm^3$  e  $kg/m^3$ .

Resolução

$$d = \frac{m}{V} \Rightarrow d = \frac{500}{25} \Rightarrow \boxed{d = 20 g/cm^3}$$

$$\text{como: } 1 g = 10^{-3} kg$$

e

$$1 cm^3 = 10^{-6} m^3, \text{ então}$$

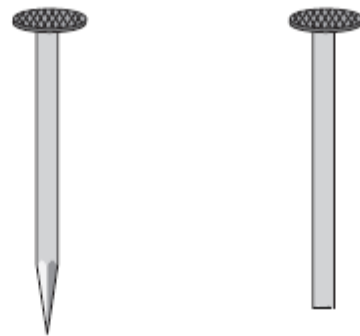
$$d = 20 \cdot \frac{10^{-3} kg}{10^{-6} m^3} \Rightarrow \boxed{d = 2 \cdot 10^4 \frac{kg}{m^3}}$$

Observação: para converter  $g/cm^3$  para  $kg/m^3$ , basta multiplicá-la por  $10^3$ .

### 5.3 – PRESSÃO

Quando se afia a lâmina de uma faca, o objetivo é diminuir a área de contato entre ela e o material a ser cortado. Assim, podemos cortar mais facilmente sem que seja necessário aumentar a intensidade da força exercida sobre a faca.

Se você martelar os dois pregos contra a parede, verá que o prego pontudo entrará na parede com mais facilidade.

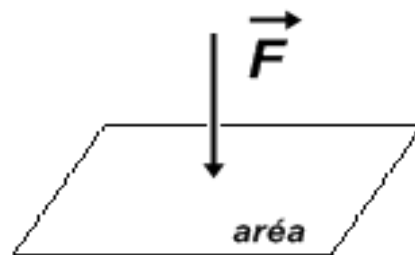


Prego "tipo A"

Prego "tipo B"

O prego pontudo entra na parede com mais facilidade porque a pressão que ele exerce sobre a parede é maior. Assim, quanto menor for a área de aplicação da força, mais facilmente o prego entrará na parede, pois maior será a pressão que ela exercerá sobre a parede.

Definimos como pressão a razão entre a intensidade da força aplicada e a área de aplicação desta força.



$$\boxed{p = \frac{F}{A}}$$

Para o cálculo da pressão, estamos levando em conta que a força aplicada é perpendicular à área de aplicação. Caso essa força seja inclinada em relação a área, devemos considerar somente a componente perpendicular.

Unidades de pressão:

$$I - [p] = \frac{N}{m^2} = \text{pascal}(pa) \quad (\text{SI})$$

$$II - [p] = \text{atmosfera}(atm)$$

$$III - [p] = \text{Centímetro de mercúrio}(cm\ Hg)$$

A relação entre estas unidades é a seguinte:

$$1atm = 76cmHg \cong 1,0 \cdot 10^5 Pa$$

Eventualmente são usadas as unidades Dina por centímetro quadrado ( $dyn/cm^2$ ) e bar.

$$1Pa = 10dyn/cm^2$$

$$1bar = 10^6 dyn/cm^2 = 10^5 Pa$$

#### EXEMPLO:

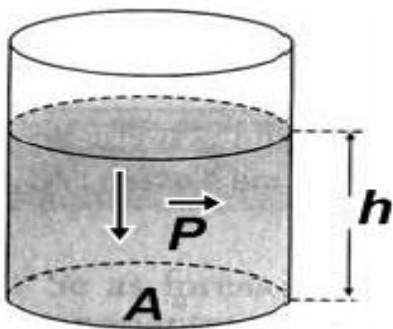
O salto fino de um sapato tem área de  $64cm^2$ . A pessoa que vai calçá-lo têm um peso igual a 512 N, e que esse peso esteja distribuído apenas no salto, então a pressão média exercida no piso é:

$$A = 64cm^2 = 64 \cdot 10^{-4} m^2 \rightarrow p = \frac{F}{A}$$

$$p = \frac{512}{64 \cdot 10^{-4}} \rightarrow p = 8,0 \cdot 10^4 N/m^2$$

#### 5.4 – PRESSÃO EM LÍQUIDOS

É a pressão exercida pelo peso de uma coluna fluida em equilíbrio. Considere um cilindro com um líquido até a altura  $h$  e de área  $A$ . O líquido exerce uma pressão na base do recipiente devido ao seu peso.



$$\text{Assim: } p = \frac{P_{\text{líquido}}}{A}$$

O peso do líquido é o produto de sua massa pela aceleração da gravidade ( $P = mg$ ).

$$p = \frac{m_{\text{líquido}} \cdot g}{A}$$

$$\text{Como } d = \frac{m}{V} \rightarrow m_{\text{líquido}} = d_{\text{líquido}} \cdot V_{\text{líquido}}$$

$$\text{Dessa forma: } p = \frac{d_{\text{líquido}} \cdot V_{\text{líquido}} \cdot g}{A}$$

Mas o volume do líquido é igual ao do recipiente. Para um cilindro, o volume é dado pelo produto entre a área da base e a sua altura.

$$p = \frac{d_{\text{líquido}} \cdot A \cdot h \cdot g}{A}$$

Onde obtemos:

$$p = d_{\text{líquido}} \cdot g \cdot h$$

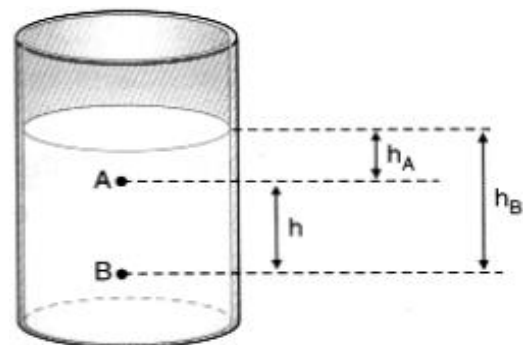
Esta é a expressão para o cálculo da pressão exercida devida a coluna de um fluido.

**OBSERVAÇÃO:** A pressão exercida exclusivamente por um líquido é chamada de pressão manométrica porque é medida com um instrumento específico denominado manômetro.

Os manômetros de postos de gasolina medem a pressão dos pneus dos carros na unidade prática  $lb_f / pol^2$  (libra-força por polegada quadrada) também chamada psi.

#### 5.5 – TEOREMA DE STEVIN

Um recipiente como mostrado abaixo contém um líquido homogêneo e dois pontos no interior deste líquido.



O ponto B está a uma profundidade maior. Então a pressão em B será maior que a pressão em A.

$$p_A = d_{\text{liq}} \cdot g \cdot h_A$$

$$p_B = d_{\text{liq}} \cdot g \cdot h_B$$

A diferença de pressão entre os pontos B e A é, portanto:

$$p_B - p_A = d_{\text{liq}} \cdot g \cdot h_B - d_{\text{liq}} \cdot g \cdot h_A$$

$$p_B - p_A = d_{\text{liq}} \cdot g \cdot (h_B - h_A)$$

#### TEOREMA:

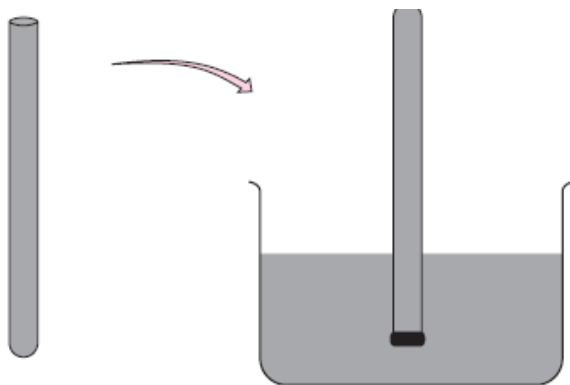
“A diferença de pressão entre dois pontos em um fluido é proporcional à diferença de profundidade entre esses pontos”

### • PRESSÃO ATMOSFÉRICA

Até o século XVII, pouco se sabia sobre a pressão atmosférica. Muitas pessoas nem acreditavam que de fato ela existia.

Um físico italiano chamado Evangelista Torricelli, por volta de 1630, realizou uma experiência que comprovou a existência da pressão atmosférica e, além disso, determinou o seu valor.

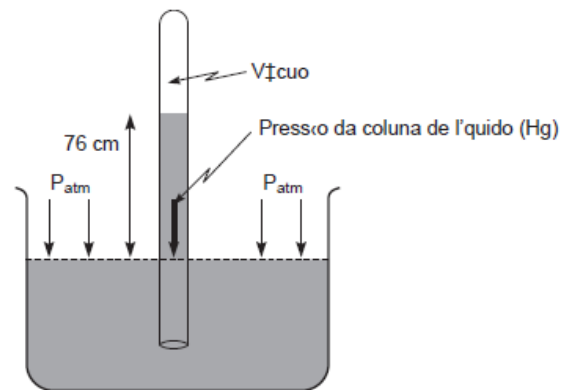
Torricelli teve uma ótima idéia: primeiro apanhou um recipiente cheio de mercúrio (aquele líquido prateado usado nos termômetros). Depois, pegou um tubo fechado de um lado e o encheu com mercúrio. Em seguida, tapou a outra extremidade e mergulhou o tubo no recipiente (com a parte tapada virada para baixo).



Ao destapar o tubo, ele observou que a coluna de mercúrio desceu até atingir uma certa altura: 76 cm.

A pressão exercida pela coluna de mercúrio é igual à pressão atmosférica, pois ela é capaz de equilibrar a coluna.

É importante notar que, dentro do tubo, fica uma região sem ar: o vácuo. Se fosse feito um buraco no topo do tubo, o ar entraria e a coluna desceria, até atingir o mesmo nível do mercúrio no recipiente, pois seria pressionada pela atmosfera.



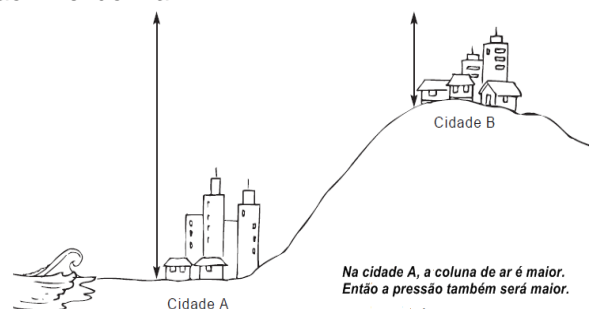
A pressão atmosférica ( $p_{\text{atm}}$ ) equivale à pressão exercida por uma coluna de mercúrio de 76 cm de altura.

$$p_{\text{atm}} = 76\text{cmHg}$$

$$p_{\text{atm}} = 1\text{atm} = 76\text{cmHg} = 760\text{mmHg}$$

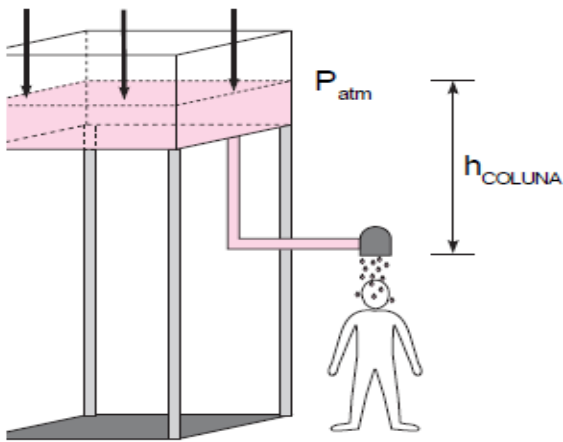
Pressão atmosférica é a pressão que a atmosfera exerce sobre a superfície da Terra.

Se a pressão depende diretamente da força, nesse caso, o peso do ar e, esse, depende da quantidade de moléculas que existe lá para cima, então, quanto menor for a espessura da atmosfera, menor será sua pressão e vice-versa. Portanto, a pressão atmosférica diminui com a altitude, isto é, com a altura do local, em relação ao nível do mar.



### • PRESSÃO TOTAL

$$p_{total} = p_{atm} + d \cdot g \cdot h$$



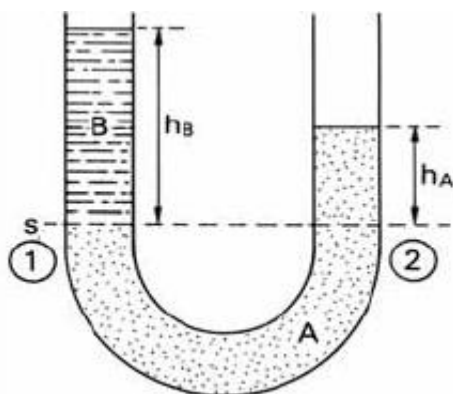
A pressão da água no chuveiro será tanto maior quanto mais alta estiver a caixa de água, pois a pressão nesse ponto é igual à pressão atmosférica mais a pressão da coluna de água, que, como sabemos, depende da altura da coluna de água acima daquele ponto.

- VASOS COMUNICANTES

Pontos situados na mesma superfície horizontal e pertencente ao mesmo líquido têm pressões iguais.

EXEMPLO:

No tubo em U da figura, tem-se água e óleo em equilíbrio. Sendo  $h_A = 10\text{cm}$  a altura de água, determine a altura  $h_B$  do óleo, sendo dados:  $d_A = 1,0\text{g/cm}^3$  (densidade da água);  $d_B = 0,8\text{g/cm}^3$  (densidade do óleo).



RESOLUÇÃO

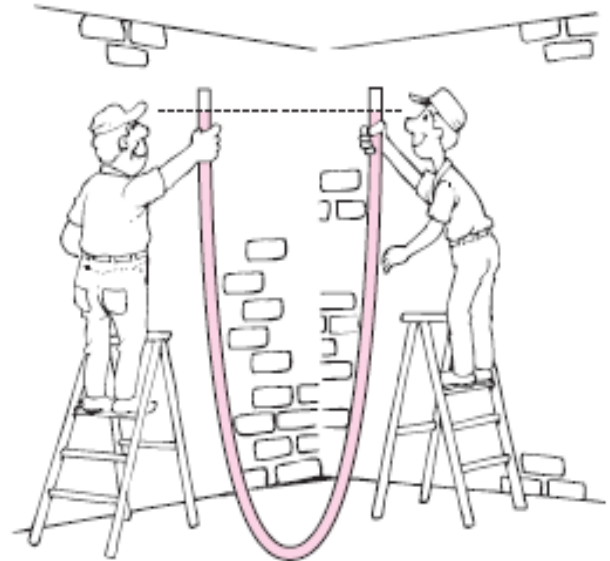
$$p_1 = p_2 \rightarrow p_{atm} + d_B \cdot g \cdot h_B = p_{atm} \cdot d_A \cdot g \cdot h_A$$

$$d_B \cdot h_B = d_A \cdot h_A \rightarrow 0,8 \cdot h_B = 1 \cdot 10$$

$$h_B = 12,5\text{cm}$$

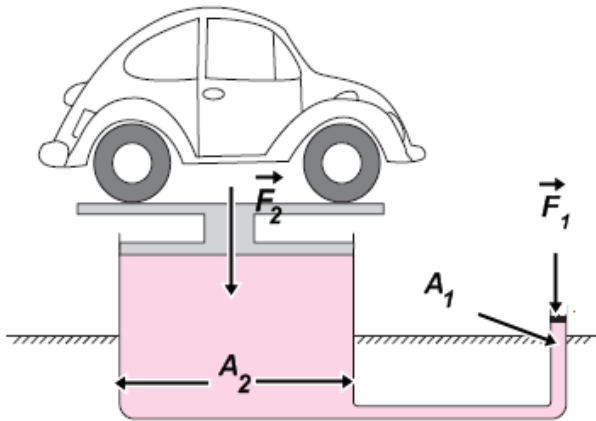
EXEMPLO:

Um exemplo muito simples de um sistema desse tipo é a mangueira transparente, com água dentro, que os pedreiros usam nas construções para nivelar, por exemplo, duas paredes ou uma fileira de azulejos.

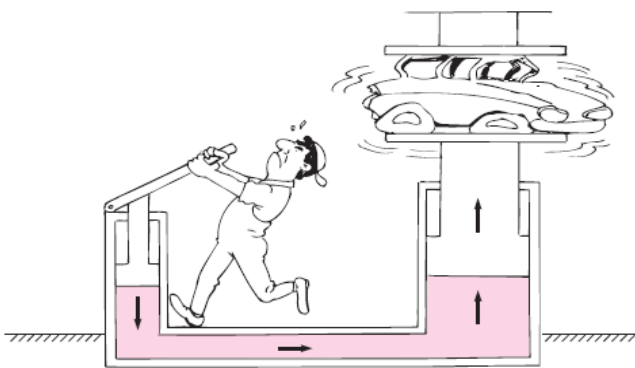


## 5.6 – PRINCÍPIO DE PASCAL

Um acréscimo de pressão em um ponto de dado fluido é transmitido integralmente a todos os pontos desse fluido.



$$p_1 = p_2 \rightarrow \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$



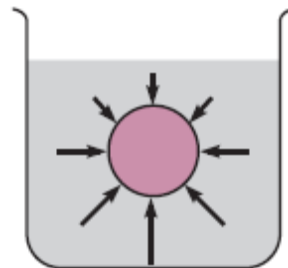
A força que fazemos no pistão menor é multiplicada por um fator que depende da relação entre as áreas dos pistões. Esse fator é dado por  $A/a$ . Por isso, dizemos que esse equipamento é um multiplicador de forças. O princípio de utilização do elevador hidráulico é o mesmo utilizado em alguns tipos de cadeiras de dentista, na prensa hidráulica e também nos freios hidráulicos dos automóveis.



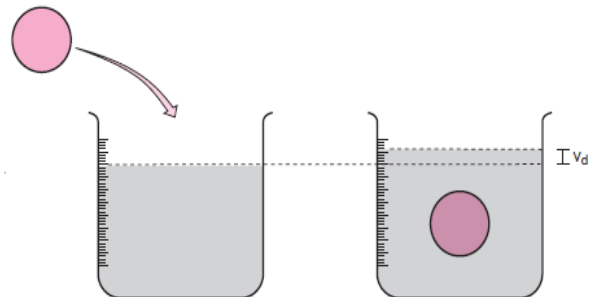
O sistema de freios de carro se baseia nesse princípio.

## 5.7 – PRINCÍPIO DE ARQUIMEDES (EMPUXO)

Quando um corpo é imerso em fluido, pontos diferentes de sua superfície são submetidos a diferentes pressões (os pontos mais profundos estão sobre uma pressão maior que os mais rasos). O efeito total dessa variação de pressões é uma força vertical para cima, denominada EMPUXO.



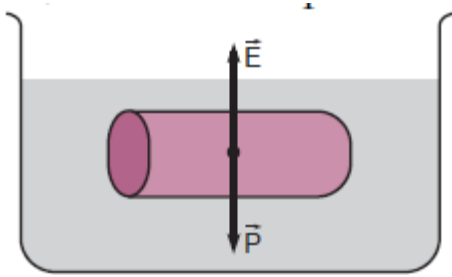
Todo corpo total ou parcialmente imerso num fluido que se encontra em equilíbrio estático recebe uma força vertical para cima, cujo o módulo equivale ao peso da porção de líquido deslocado pelo corpo.



$$E = d_L \cdot V_{deslocado} \cdot g$$

### • EQUILÍBRIO DE CORPOS FLUTUANTES

Um corpo sólido introduzido em um fluido, dependendo de sua densidade, pode apresentar uma das seguintes situações;



SITUAÇÃO 1:  $P > E$

O peso do objeto é maior que o empuxo: o objeto afunda até tocar o fundo.

SITUAÇÃO 2:  $P = E$

O peso do objeto é igual ao empuxo: o objeto fica parado onde foi abandonado.

SITUAÇÃO 3:  $P < E$

O peso do objeto é menor que o empuxo: o objeto sobe no líquido.

#### EXEMPLO:

Um mergulhador e seu equipamento têm massa total de 80 kg. Qual deve ser o volume total do mergulhador para que o conjunto permaneça em equilíbrio imerso na água?

Dados:  $g = 10 \text{ m/s}^2$ ;  $d_{\text{água}} = 10^3 \text{ kg/m}^3$ ;

Resolução

$$E = P$$

$$d \cdot V_{\text{al}} \cdot g = mg$$

$$10^3 \cdot V = 80$$

$$V = 8 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3$$

## 5.8 – Curiosidades

### • Construção de barragens

O teorema de Stevin diz que quanto maior a profundidade no interior de um fluido maior será a pressão. Então na construção de barragens e

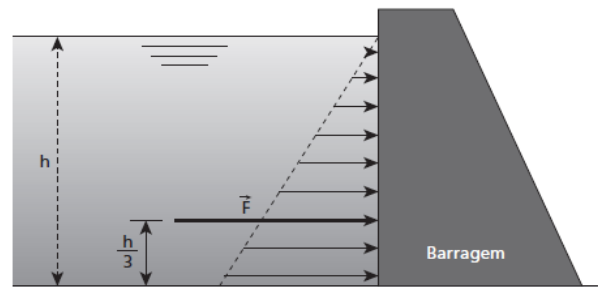
diques, a espessura desses retentores de água cresce uniformemente do topo para a base.

$$P = P_{\text{atm}} + \rho gh$$

Como a pressão cresce com a profundidade, a força também crescerá com o aumento desta.

$$P = \frac{F}{A} \rightarrow \uparrow F = \uparrow PA$$

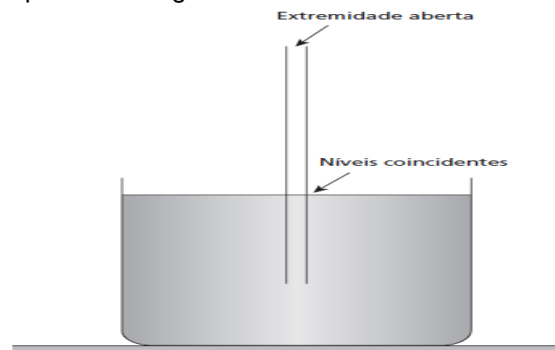
Assim, para que a estrutura fique devidamente resistente, é preciso que a espessura da parede acompanhe esse comportamento, aumentando com a profundidade, como está representado abaixo.



O centro de pressões (CP) é o ponto onde está aplicada a força resultante ( $\vec{F}$ ) exercida contra a parede molhada da barragem. É importante destacar que esse ponto situa-se a uma altura  $h/3$  em relação ao fundo, em que  $h$  é a “espessura” da lâmina d’água do reservatório.

### • Funcionamento do canudinho

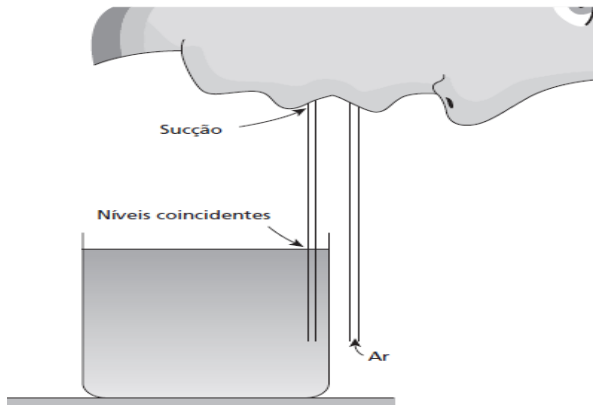
Se a extremidade superior do canudinho estiver aberta ao ar, a pressão exercida sobre o refrigerante, tanto no canudinho como no copo, será a pressão atmosférica. Dessa forma, o nível livre do líquido no interior do canudinho coincidirá com o nível livre do refrigerante no copo, como representa a figura.



Com a sucção na extremidade aberta do duto, porém, reduz-se a pressão exercida sobre o líquido contido no seu interior e o refrigerante sobe, deslocando-se rumo à boca da pessoa, onde a pressão do ar é menor que a pressão atmosférica. O fluxo ocorre no sentido da maior

para a menor pressão como se o fluido buscasse estabelecer um equilíbrio de pressões.

Por outro lado, se uma pessoa sugar simultaneamente as extremidades superiores de dois canudinhos, um mergulhado no refrigerante e outro colocado fora do copo, como indica a figura, ela não conseguirá sorver o líquido. Isso ocorrerá porque no interior da boca a pressão será sempre a pressão atmosférica e, sem diferença de pressões, não ocorre o escoamento do fluido.



Da mesma forma, é impossível que o refrigerante suba por um canudinho furado numa região acima do líquido. Não se estabelece uma diferença de pressões adequada e o líquido não se eleva.

- **Flutuação de aves aquáticas**

A plumagem que reveste a parte do corpo da ave imersa na água é dotada de muita gordura. Além disso, ao eriçar as penas de sua região peitoral, a ave faz com que sua plumagem fique encharcada de água. Com isso, as moléculas de gordura aderem-se entre si, o mesmo ocorrendo com as moléculas de água, o que produz o fenômeno da tensão superficial que inibe a penetração da água externa para dentro da plumagem. Tudo se passa como se o volume do peitoral da ave ficasse maior. O aumento do volume de água deslocado produz então um empuxo adicional que equilibra parte do peso do animal, facilitando sua flutuação.



## EXERCÍCIOS

1 – Uma peça tem massa  $4,80 \cdot 10^{-2} \text{ kg}$  e volume de  $1,20 \text{ cm}^3$ . A densidade absoluta do material da peça expressa em unidades SI, é:

- $4,00 \cdot 10^4$
- $8,00 \cdot 10^4$
- $1,12 \cdot 10^{-2}$
- $1,12 \cdot 10^4$
- $6,00 \cdot 10^4$

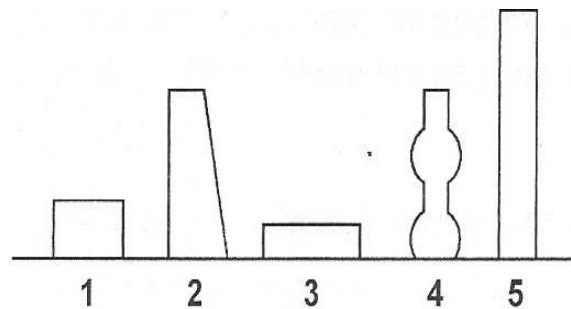
2 – Um recipiente cheio de álcool (Densidade absoluta igual a  $0,80 \text{ g/cm}^3$ ) apresenta massa 30 g, é cheio de água ( $1,0 \text{ g/cm}^3$ ), tem massa de 35 g. A capacidade do recipiente é:, em  $\text{cm}^3$ , de:

- 20
- 25
- 30
- 35
- 40

3 – O salto de um sapato masculino tem área de  $64 \text{ cm}^2$ . Supondo que a pessoa que o calce tenha o peso igual a 512 N e que este peso esteja distribuído apenas no salto, então a pressão média exercida no piso vale:

- $12 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2$
- $8 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2$
- $6 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2$
- $4 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2$
- $2 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2$

4 – (UFV) A figura representa cinco recipientes cheios de água e abertos na parte superior.



Em qual deles a pressão que a água exerce sobre a base é maior?

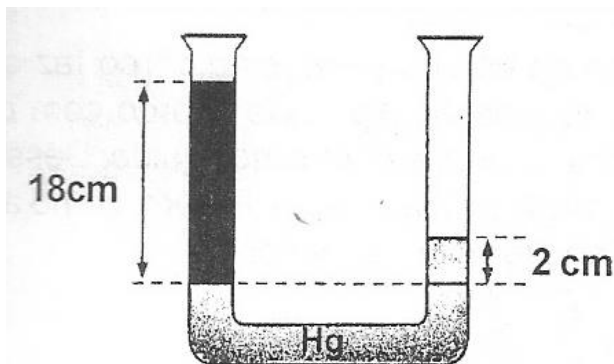
- 1
- 2

- c) 3  
d) 4  
e) 5

5 – A diferença de pressão estática medida entre dois pontos dentro de um líquido em equilíbrio estático é de  $5 \cdot 10^3 \text{ N/m}^2$ . Sabendo que o líquido é a água com densidade absoluta  $d = 10^3 \text{ kg/m}^3$  e que no local a gravidade é  $10 \text{ m/s}^2$ , o desnível entre os dois pontos é de:

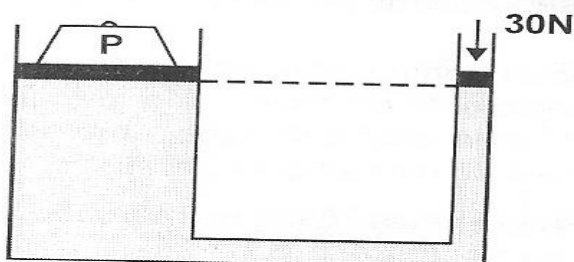
- a) 3,5  
b) 0,5  
c) 0,2  
d) 4,5  
e) 6,2

6 – (MACK-SP) observe a figura, onde há mercúrio de densidade  $13,6 \text{ g/cm}^3$  e outro líquido não miscível com o primeiro, cuja a densidade é aproximadamente:



- a)  $12,2 \text{ g/cm}^3$   
b)  $1,5 \text{ g/cm}^3$   
c)  $0,15 \text{ g/cm}^3$   
d)  $9 \text{ g/cm}^3$

7 – (UNESP-SP) As áreas dos pistões do dispositivo hidráulico da figura mantêm a relação  $50 : 2$ . verifica-se que um peso  $p$ , quando colocado no pistão maior, é equilibrado por uma força de  $30 \text{ N}$  no pistão menor, sem que o nível do fluido nas duas colunas se altere.



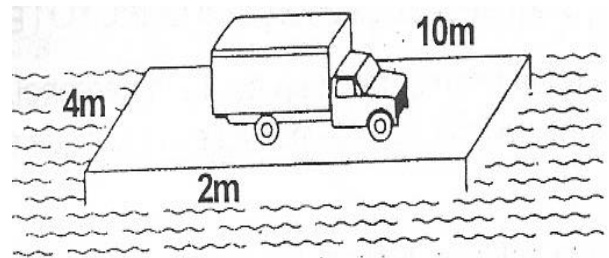
De acordo com o princípio de pascal, o peso  $P$  vale:

- a) 20  
b) 30  
c) 60  
d) 500  
e) 750

8 - (UFMG) uma esfera de alumínio está flutuando na superfície da água contida em um recipiente, com metade de seu volume submerso. Assinale a opção **CORRETA**.

- a) A densidade do alumínio é igual à metade da densidade da água.  
b) A esfera é oca e a densidade da esfera é igual à metade da densidade da água.  
c) A esfera é maciça e a densidade da esfera é igual à metade da densidade da água.  
d) A esfera é maciça e a densidade da esfera é igual ao dobro da densidade da água.

9 – (MACK-SP) Um bloco, com as dimensões indicadas na figura e material de densidade  $0,2 \text{ g/cm}^3$ , flutua em água pura, servindo como ponte. Quando um caminhão passa sobre ele, o volume da parte submersa é 25% do volume do bloco. Deste modo, podemos afirmar que a massa do caminhão é:

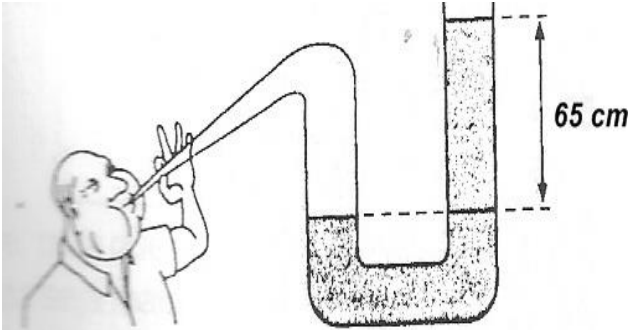


- a) 2.000 kg  
b) 4.000 kg  
c) 16.000 kg  
d) 20.000 kg  
e) 36.000

10 – (FESP-PE) Um bloco de plástico que pesa  $96,0 \text{ N}$ , mergulhado na água, fica com o "peso" reduzido a  $16,0 \text{ N}$ . Mergulhado no óleo de soja, fica com o peso aparente de  $32,0 \text{ N}$ . A densidade do óleo de soja em  $\text{g/cm}^3$ , segundo essa experiência, é de:

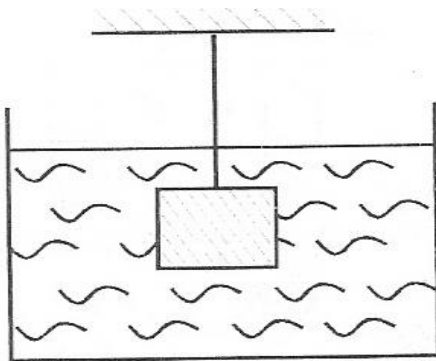
- a) 2,0  
b) 0,5  
c) 0,33  
d) 1,20  
e) 0,8

11 – Com o máximo de expiração, um estudante, soprando de um lado do manômetro cujo o líquido manométrico é a água, produz um nível do líquido de aproximadamente 65 cm entre os dois ramos do tubo manométrico. Nestas condições, pode-se afirmar que a pressão efetiva exercida pelos pulmões do estudante é de:



- a)  $6,5 Pa$   
 b)  $6,5 \cdot 10 Pa$   
 c)  $6,5 \cdot 10^2 Pa$   
 d)  $6,5 \cdot 10^3 Pa$   
 e)  $6,5 \cdot 10^4 Pa$

O enunciado abaixo refere-se a questão 12 e 13.



Em um recipiente contendo M grama de água, coloca-se um corpo de massa m e volume V, suspenso por um fio como mostra a figura acima. Sejam E, P e  $P_a$  os módulos do empuxo, do peso do corpo e do peso da água.

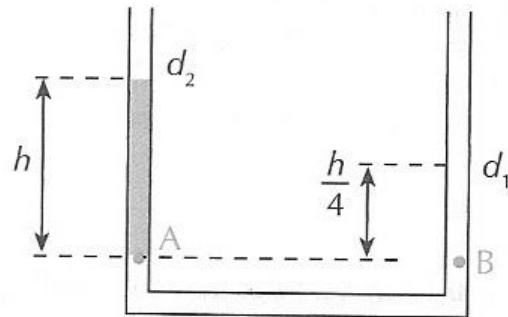
12 – (PUC-MG) O módulo da tensão T, no fio, é dado por:

- a)  $T = P$   
 b)  $T = P - E$   
 c)  $T = E$   
 d)  $T = P + E$   
 e)  $T = P / E$

13 – (PUC-MG) O módulo da força resultante que atua no fundo do recipiente é:

- a)  $F = P_a$   
 b)  $F = P_a - E$   
 c)  $F = E$   
 d)  $T = P_a + E$   
 e)  $T = P_a / E$

14 – (Uece) a figura abaixo mostra um tubo em U, de extremidades abertas, contendo dois líquidos imiscíveis de densidades  $d_1$  e  $d_2$ , respectivamente.



As alturas de suas colunas são indicadas. Portanto a relação entre as densidades dos dois líquidos é:

- a)  $d_1 = d_2$   
 b)  $d_1 = 2d_2$   
 c)  $d_1 = 4d_2$   
 d)  $d_1 = 8d_2$

15 – (UNIPAC) Uma prensa hidráulica possui pistões com diâmetros 10cm e 20cm. Se uma força de 120N atua sobre o pistom menor, pode-se afirmar que esta prensa estará em equilíbrio quando sobre o pistom maior atuar uma força de:

- a. 30N  
 b. 60N  
 c. 480N  
 d. 240N  
 e. 120N

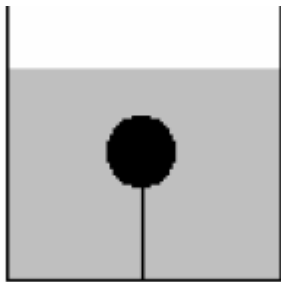
16 - (UFV 95) Uma lata com dois orifícios encontra-se parada, imersa em um recipiente com água. O orifício superior comunica-se com o exterior através de uma mangueira. Ao injetarmos ar pela mangueira, é correto afirmar que a lata:

- a. afundará  
 b. subirá  
 c. aumentará de peso  
 d. permanecerá parada.  
 e. receberá ar pelo orifício inferior.

17 - (UFV) Sabe-se que certos peixes possuem certa estrutura denominada bexiga natatória, que tem por finalidade lhes permitir permanecer imersos a uma certa profundidade. A função física da bexiga natatória é controlar a densidade média do peixe de forma a:

- alterar a densidade da água
- manter o empuxo menor que seu peso
- manter o empuxo maior que seu peso
- manter o empuxo igual que seu peso
- alterar a sua massa

18 - Uma bola com volume de  $0,002m^3$  e densidade  $200kg/m^3$  encontra-se presa ao fundo de um recipiente que contém água, através de um fio conforme a figura. Determine a intensidade da tração no fio que segura a bola. (Considere  $g = 10m/s^2$ )



- 4N
- 8N
- 12N
- 16N
- 20N

### Gabarito

1	A	10	E
2	B	11	D
3	B	12	B
4	E	13	A
5	B	14	C
6	B	15	C
7	E	16	B
8	B	17	D
9	B	18	D

### LISTA DE EXERCÍCIOS EXTRAS IV

1. (UFRJ) Considere um avião comercial em vôo de cruzeiro. Sabendo que a pressão externa a uma janela de dimensões  $0,30\text{ m} \times 0,20\text{ m}$  é um quarto da pressão interna, que por sua vez é igual a  $1\text{ atm}$  ( $10^5\text{ N/m}^2$ ):



- indique a direção e o sentido da força sobre a janela em razão da diferença de pressão;
- calcule o seu módulo;

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

- Qual a máxima profundidade recomendada a um mergulhador?

Adote pressão atmosférica igual a  $10^5\text{ N/m}^2$ ;

$g = 10\text{ m/s}^2$  e densidade da água =  $10^3\text{ Kg/m}^3$ .

- Qual a máxima velocidade de movimentação na vertical recomendada para um mergulhador?

3. (UFV-MG) O esquema abaixo ilustra um dispositivo, usado pelos técnicos de uma companhia petrolífera, para trabalhar em águas profundas (sino submarino).



- Explique porque a água não ocupa todo o interior do sino, uma vez que todo ele está imerso em água.

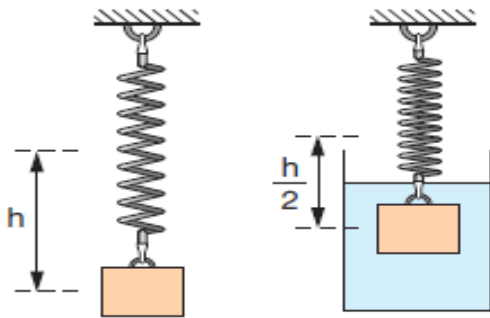
- Determine a pressão no interior do sino.

Dados: pressão atmosférica:  $1,0 \times 10^5\text{ N/m}^2$

aceleração da gravidade:  $9,8\text{ m/s}^2$  massa

específica da água do mar:  $1,2 \times 10^3\text{ Kg/m}^3$

4. (Unitau-SP) A figura mostra um corpo de massa  $m$  pendurado na extremidade de uma mola. Quando solto vagarosamente no ar, a máxima deformação da mola é  $h$ . Quando solto, nas mesmas condições, completamente imerso num líquido de massa específica  $d$ , a máxima deformação da mola é  $\frac{h}{2}$ . Determine o volume do corpo, considerando a massa específica do ar igual a  $d_0$ .



5. (UnB-DF) A camada mais externa da Terra, denominada crosta, não possui resistência suficiente para suportar o peso de grandes cadeias de montanhas. Segundo uma teoria atualmente aceita, para que as cadeias de montanhas mantenham-se em equilíbrio, é necessário que possuam raízes profundas, como ilustrado no lado esquerdo da figura abaixo, para flutuar sobre o manto mais denso, assim como os icebergs flutuam nos oceanos. Para estimar a profundidade da raiz, considere que uma cadeia de montanhas juntamente com sua raiz possa ser modelada, ou seja, representada de maneira aproximada, por um objeto homogêneo e regular imerso no manto, como mostrado no lado direito da figura. Sabendo que as densidades da crosta e do manto são, respectivamente,  $\rho_c = 2,7 \text{ g/cm}^3$  e  $\rho_m = 3,2 \text{ g/cm}^3$  e supondo que a cadeia de montanhas tenha 3 000 m de altitude, ou seja, atinge 13 000 m de altura a partir do manto, calcule, em quilômetros, a profundidade da raiz no manto, utilizando o modelo simplificado. Despreze a parte fracionária de seu resultado, caso exista.

Resposta:

5) 70,27 km

3) b)  $18,64 \cdot 10^7 \text{ N/m}^2$ ; 4)  $v = \frac{2g}{1} \text{ km}$

b)  $F = 4,5 \cdot 10^7 \text{ N}$ ; 2) a) h 30m; b)  $v = 1 \text{ m/s}$

1) a)  $F_{\text{grav}} = 4F_{\text{emp}}^{\text{m}} \text{ , sentido de centro ; fora}$

CURSO PRÉ – VESTIBULAR  
POPULAR - CPV

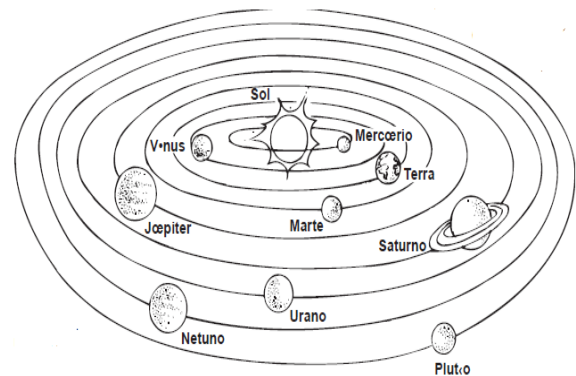
FÍSICA

Lélio F Martins Ribeiro

GRAVITAÇÃO  
UNIVERSAL



LEIS DE KEPLER

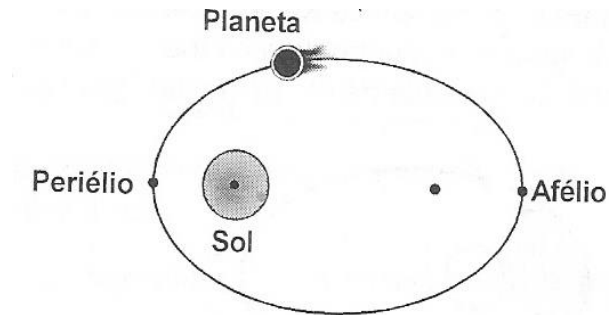


## 6 – GRAVITAÇÃO UNIVERSAL

### 6.1 – INTRODUÇÃO

Desde cedo, na história da humanidade, há registros de observações dos corpos celestes. Escritos chineses falam de fenômenos astronômicos, como eclipses, surgimentos de cometas etc. Os antigos navegantes orientavam-se pelo movimento da lua e pelas estrelas. As mitologias grega, romana e de outros povos colocavam seus deuses no céu e procuravam explicar os fenômenos observados como manifestações divinas. Mais tarde, houve uma teoria chamada GEOCENTRICA em que a terra era o centro do universo e todos os corpos celestes giravam em torno dela. Há algum tempo passamos a acreditar no modelo HELIOCENTRICO, onde é a terra juntamente com os outros planetas que giram em torno do sol.

Vamos trabalhar com as leis de Kepler e com as leis de Newton para explicar essa bela teoria.



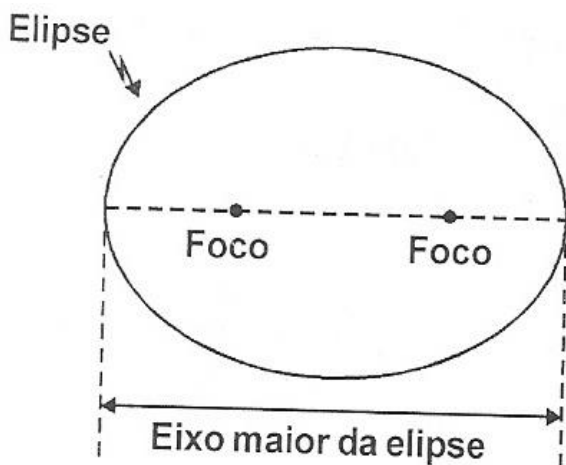
Esta lei mostra apenas a forma da órbita e é válida não só para o movimento dos planetas em torno do sol. Se estivermos estudando o movimento de translação da lua, a sua órbita será também, uma elipse e a terra ocupará um dos focos desta elipse.

A principal consequência desta lei é mostrar que a distância entre o sol e um planeta não é constante. No caso particular da terra, há uma época do ano que estamos mais próximos do sol e, em outro período, estamos mais afastados do sol. Ao contrário do que parece para muitas pessoas, não é esta variação de distância que provoca as estações do ano.

### 6.2 – LEIS DE KEPLER

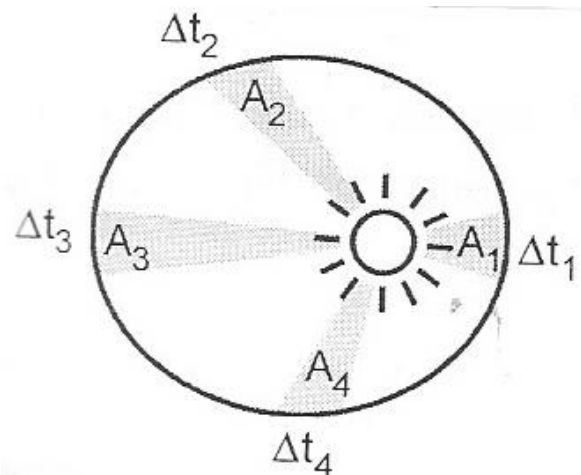
#### A) 1ª lei de Kepler: lei das órbitas

“Os planetas giram ao redor do sol com órbitas elípticas, sendo que o sol ocupa um dos focos desta elipse.”



#### B) 2ª Lei de Kepler: Lei das áreas

“A linha imaginária que liga um planeta ao sol descreve áreas iguais em tempos iguais.”



$$\Delta T_1 = \Delta T_2 = \Delta T_3 = \Delta T_4 \rightarrow A_1 = A_2 = A_3 = A_4$$

Para que a área percorrida seja igual nas duas regiões da figura anterior, é necessário que a distância percorrida seja maior na região do periélio do que na região do afélio. Como o tempo

gasto nas duas regiões é o mesmo, podemos concluir que a velocidade de um planeta é maior quando ele está próximo do sol.

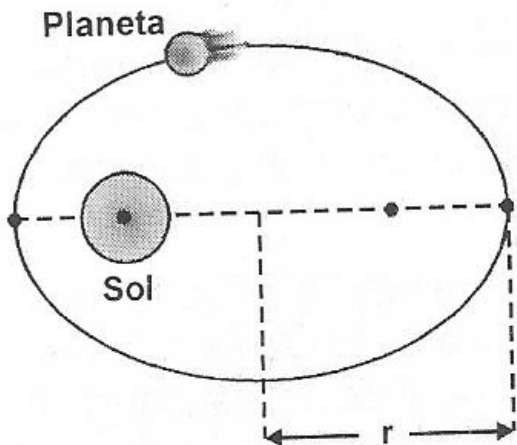
Em geral:

$$\frac{A_1}{\Delta T_1} = \frac{A_2}{\Delta T_2} = \text{constante}$$

Se  $A_1 = A_2 \rightarrow \Delta T_1 = \Delta T_2$

**C) 3ª Lei de Kepler: Lei dos períodos**

“Para um mesmo sistema orbital, o quadrado do período de translação de um planeta é proporcional ao cubo de sua distância média ao sol.”



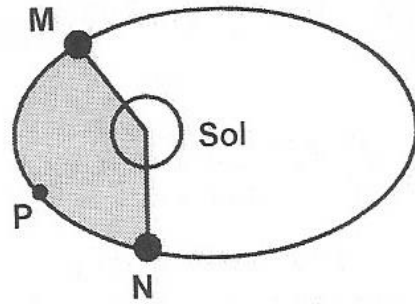
$$\frac{r^3}{T^2} = \text{constante}$$

O Quanto mais afastado do sol um planeta estiver, maior será o tempo por ele gasto para completar uma volta, Assim o planeta que possui o menor período de translação no sistema solar é Mercúrio (cerca de 88 dias terrestres) e o de maior período é Plutão (mais de 240 anos depois).

**Exemplo:**

(Odonto-Diamantina) As leis de Kepler definem o movimento da terra em torno do sol. Na figura, a área hachurada é igual a um quarto da área total da elipse. Assim, o tempo gasto pela

terra para percorrer o trajeto MPN é, aproximadamente, em meses, igual a:



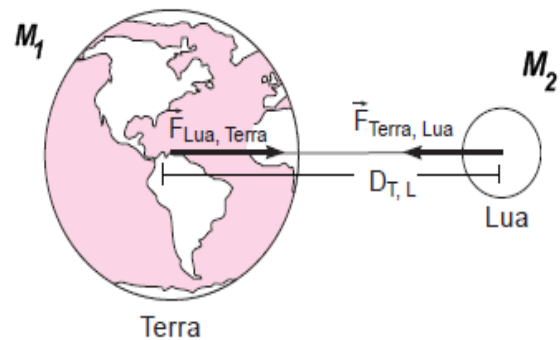
Resolução

$$\frac{A_1}{\Delta T_1} = \frac{A_2}{\Delta T_2} \rightarrow \frac{\frac{1}{4}A}{\Delta T_1} = \frac{A}{12}$$

$$\Delta T_1 \cdot A = 3A \rightarrow \Delta T_1 = 3 \text{ meses}$$

**6.3 – LEI DE NEWTON DA GRAVITAÇÃO UNIVERSAL**

Newton conseguiu unificar a mecânica terrestre com a mecânica celeste com sua lei da gravitação universal que estabelece que quaisquer pares de corpos no universo se atraem, com forças cuja, as intensidades são proporcionais a suas massas e inversamente proporcional ao quadrado de distância que os separa.



$$F_G = G \frac{M_1 M_2}{r^2}$$

Onde G é a constante universal da gravitação:

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2$$

### Exemplo

O módulo da força de atração gravitacional entre duas pequenas esferas de massa  $m$  iguais, cujo centros estão separados por uma distância  $d$ , é a força de atração entre elas é  $F$ . Substituindo-se uma das esferas por outra de massa  $2m$  e reduzindo-se a distância entre os centros das esferas para  $d/2$ , resulta uma força gravitacional de módulo?

- a)  $F$                       c)  $4F$                       e)  $16F$   
 b)  $2F$                       d)  $8F$

Resolução

$$F = G \frac{m \cdot m}{d^2} = G \frac{m^2}{d^2}$$

$$F_1 = G \frac{2m \cdot m}{\left(\frac{d}{2}\right)^2} = G \frac{8m^2}{d^2}$$

$$\frac{F}{F_1} = \frac{G \frac{m^2}{d^2}}{G \frac{8m^2}{d^2}} = \frac{1}{8} \rightarrow F_1 = 8F$$

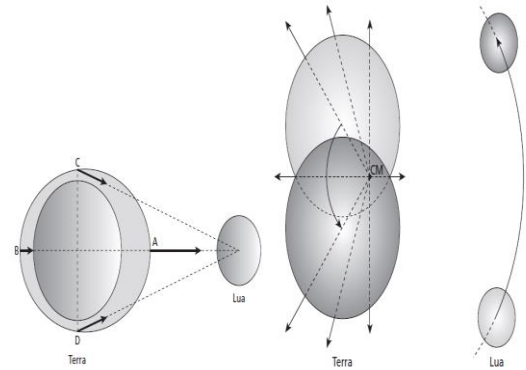
- **Marés**

Marés são elevações e rebaixamentos periódicos verificados na superfície livre dos mares em cada intervalo de 6 h, (aproximado). Com isso, são notadas em um mesmo local duas marés altas (cheias) e duas marés baixas (vazantes) em cada período de 24 horas (um dia). Em algumas regiões da Terra, a linha de água, observada em relação a marcos fixos em relação ao solo, chega a elevar-se 15 m, mas, em média, as subidas de nível situam-se abaixo desse valor.

Dois fatores são preponderantes na ocorrência do fenômeno: atrações gravitacionais da Lua e do Sol – sendo a atração da Lua a mais importante – e o movimento de translação da Terra em torno do centro de massa do sistema Terra–Lua.

Devido à influência gravitacional da Lua, entretanto, a água sofre uma atração mais intensa do lado em que se encontra o satélite e menos intensa do lado oposto. Isso ocorre porque uma maior proximidade entre massas intensifica a ação gravitacional (Lei do inverso do quadrado da distância). Dessa maneira, provoca-se uma

distribuição não uniforme da massa líquida, que adquire uma forma oval, mais “estufada” nas regiões dos pontos **A** e **B**, onde ocorrem simultaneamente marés altas, e mais “achatada” nas regiões dos pontos **C** e **D**, onde ocorrem simultaneamente marés baixas. Veja a ilustração a seguir, feita propositalmente fora de escala, para uma melhor compreensão.

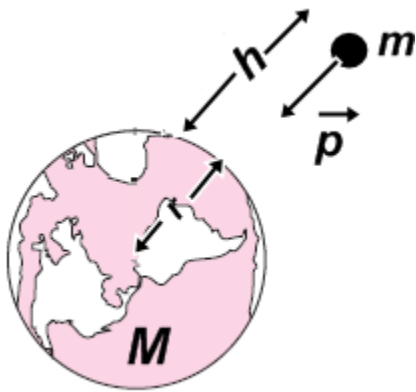


Considerando-se constante o volume total de água sobre a Terra, as menores aglomerações líquidas verificadas nas regiões dos pontos **C** e **D** provocam migração de fluido para as regiões dos pontos **A** e **B**. É importante destacar que, embora a atração gravitacional exercida pela Lua colabore para “esvaziar a maré” na região do ponto **B**, nessa região também se verifica maré alta.

A intensidade da influência gravitacional do Sol é muito maior que a da Lua. A diferença entre os módulos das forças gravitacionais solares exercidas nas regiões dos pontos **A** e **B**, porém, é cerca de 2,5 vezes menor que a diferença entre os módulos das forças gravitacionais lunares exercidas nessas mesmas regiões. Por isso, a relevância do Sol no fenômeno das marés é bem menor que a da Lua. A justificativa para esse fato é que a distância entre o Sol e a Terra – cerca de 150 milhões de quilômetros – é muito maior que o diâmetro terrestre – aproximadamente 12 800 km –, o que torna o gradiente de aceleração da gravidade solar muito pequeno através do planeta.

## 6.4 – ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE

Como exemplo, vamos imaginar um corpo de massa  $m$  seja colocado dentro do campo gravitacional terrestre. Haverá uma força de atração gravitacional entre este corpo e a terra. Esta atração é chamada de força peso.



Assim:

$$P = F_G$$

$$m \cdot g = G \frac{M \cdot m}{r^2}$$

N a superfície do planeta de Massa M e raio r:

$$g = G \frac{M}{r^2}$$

Num ponto de altura h em relação a superfície:

$$g = G \frac{M}{(r+h)^2}$$

Destas expressões vemos que a aceleração da gravidade depende da massa do planeta que estamos estudando (no caso terra) e a distância do ponto considerado e o centro desse planeta.

## 6.5 – MOVIMENTO ORBITAL

Vamos considerar um satélite de massa m que se movimenta em uma órbita circular em torno da terra. Para este satélite, a força gravitacional funciona como a força centrípeta, pois em todo instante de tempo ela altera a direção do vetor velocidade.

$$F_c = F_G \rightarrow m \frac{v^2}{r} = G \frac{M \cdot m}{r^2}$$

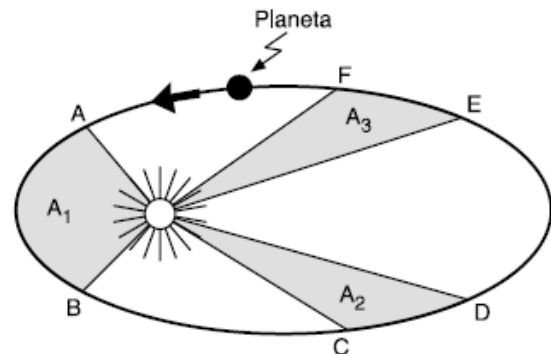
$$v = \sqrt{G \frac{M}{r}}$$

## EXERCÍCIOS

1 – (UESC-BA) De acordo com as leis de Kepler, um planeta girando em torno do Sol.

- descreve órbitas circulares;
- tem velocidade linear constante;
- é mais veloz ao passar pelo afélio;
- é localizado por um raio vetor que varre áreas iguais em tempos iguais;
- possui período de revolução maior que outro planeta mais distante.

2 – (UERJ) A figura ilustra o movimento de um planeta em torno do sol.



Se os tempos gastos para o planeta se deslocar de A para B, de C para D e de E para F são iguais, então as áreas  $A_1, A_2$  e  $A_3$  apresentam a seguinte relação:

- $A_1 = A_2 = A_3$
- $A_1 > A_2 = A_3$
- $A_1 < A_2 < A_3$
- $A_1 > A_2 > A_3$

3 – (Univali-SC) Os tripulantes da Estação Espacial Mir saem dela para fazerem reparos nos captadores solares de geração de energia elétrica e mantêm-se flutuando em órbita em torno da Terra devido:

- à atração gravitacional da Terra;
- aos equipamentos especiais de que dispõem;
- ao fato de suas massas serem nulas no espaço;
- ao fato de se encontrarem no vácuo;
- ao fato de estarem a grande altitude.

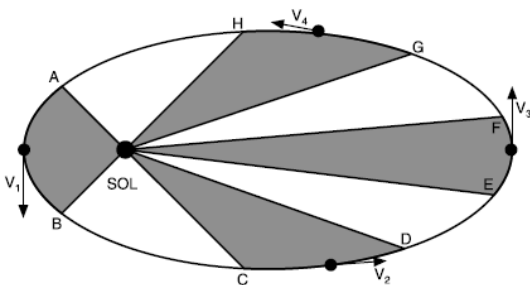
4 – (Fuvest-SP) A Estação Espacial Internacional, que está sendo construída num esforço conjunto de diversos países, deverá orbitar a uma distância do centro da Terra igual a 1,05 do raio médio da Terra. A razão  $R = F_e / F$ , entre a força  $F_e$  com que a Terra atrai um corpo nessa Estação e a força  $F$  com que a Terra atrai o mesmo corpo na superfície da Terra, é aproximadamente de:

- a) 0,02
- b) 0,05
- c) 0,10
- d) 0,50
- e) 0,90

5 - (Unicap-PE) Assinale verdadeiro (V) ou falso (F).

- ( ) A lei da gravitação universal diz que a matéria atrai matéria na razão direta do produto das massas e inversa da distância entre elas.
- ( ) O peso de um corpo de 12 kg que se encontra a uma altura igual ao raio da Terra é de 60 N.
- ( ) A 1ª Lei de Kepler, conhecida como a lei das órbitas, afirma que os planetas descrevem uma órbita circular em torno do Sol.
- ( ) De acordo com a 3ª Lei de Kepler, quanto mais longe do Sol estiver o planeta maior será o seu período de revolução.
- ( ) Se um corpo rígido está sob a ação de duas forças de mesmo módulo, mesma direção e sentidos contrários, concluímos que a resultante das forças é zero, logo, ele está em equilíbrio.

6 – (UFMT) Considere que o esboço da elipse abaixo representa a trajetória de um planeta em torno do Sol, que se encontra em um dos focos da elipse. Em cada trecho, o planeta é representado no ponto médio da trajetória naquele trecho. As áreas sombreadas são todas iguais e os vetores  $V_1, V_2, V_3$  e  $V_4$  representam as velocidades do planeta nos pontos indicados.



Considerando as leis de Kepler, é correto afirmar que:

01. Os tempos necessários para percorrer cada um dos trechos sombreados são iguais;

02. O módulo da velocidade  $V_1$  é menor do que o módulo da velocidade  $V_2$ ;

04. No trecho GH a aceleração tangencial do planeta tem o mesmo sentido de sua velocidade;

08. No trecho CD a aceleração tangencial do planeta tem sentido contrário ao de sua velocidade;

16. Os módulos das velocidades  $V_1, V_2$  e  $V_3$  seguem a relação  $V_1 > V_2 > V_3$ .

Dê, como resposta, a soma das afirmativas corretas.

7 – (UERJ) Segundo a lei da gravitação universal de Newton, a força gravitacional entre dois corpos é diretamente proporcional ao produto de suas massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre seus centros de gravidade.

Mesmo que não seja obrigatoriamente conhecido pelos artistas, é possível identificar o conceito básico dessa lei na seguinte citação:

- a) “Trate a natureza em termos do cilindro, da esfera e do cone, todos em perspectiva.” (Paul Cézane)
- b) “Hoje, a beleza (...) é o único meio que nos manifesta puramente a força universal que todas as coisas contêm.” (Piet Mondrian)
- c) “Na natureza jamais vemos coisa alguma isolada, mas tudo sempre em conexão com algo que lhe está diante, ao lado, abaixo ou acima.” (Goethe)
- d) “Ocorre na natureza alguma coisa semelhante ao que acontece na música de Wagner, que embora tocada por uma grande orquestra, é intimista.” (Van Gogh)

8 – (PUC-RS) As telecomunicações atuais dependem progressivamente do uso de satélites geo-estacionários. A respeito desses satélites, é correto dizer que:

- a) seus planos orbitais podem ser quaisquer;
- b) todos se encontram à mesma altura em relação ao nível do mar;
- c) a altura em relação ao nível do mar depende da massa do satélite;
- d) os que servem os países do hemisfério norte estão verticalmente acima do Pólo Norte;
- e) se mantêm no espaço devido à energia solar.

9 –(UFSE) Considere um satélite de massa  $m$  que órbita em torno de um planeta de massa  $M$ , a uma distância  $D$  do centro do planeta e com período de revolução  $T$ . Sendo  $F$  a intensidade da força de atração entre o planeta e o satélite, a lei

da Gravitação Universal pode ser reconhecida na expressão:

$$a) \frac{T^3}{D^2} = \text{constante}$$

$$b) \frac{T^2}{D} = Mm$$

$$c) \frac{Mm}{F} = \text{constante}$$

$$d) \frac{Mm}{FD^2} = \text{constante}$$

$$d) \frac{MmF}{D^2} = \text{constante}$$

10 – (U. Alfenas - MG) A força de atração gravitacional entre dois corpos é diretamente proporcional ao produto das massas dos corpos e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre eles. A constante de proporcionalidade, denominada constante universal da gravitação ( $G$ ), foi descoberta por Henry Cavendish, cem anos após Isaac Newton ter comprovado a existência da força de atração gravitacional. Cavendish mediu tal força em laboratório e encontrou para  $G$ , o valor  $6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N.m}^2 / \text{kg}^2$ . Uma garota e um rapaz, de massas respectivamente iguais a 60 kg e 80 kg encontram-se a um metro de distância um do outro. A força de atração gravitacional entre eles tem valor, em N, aproximadamente igual a:

$$a) 3,20 \cdot 10^{-7}$$

$$b) 3,20 \cdot 10^{-11}$$

$$c) 3,20 \cdot 10^{-15}$$

$$d) 5,34 \cdot 10^{-9}$$

$$e) 5,34 \cdot 10^{-13}$$

11 - (UFRN) Satélites de comunicação captam, amplificam e retransmitem ondas eletromagnéticas. Eles são normalmente operados em órbitas que lhes possibilitam permanecer imóveis em relação às antenas transmissoras e receptoras fixas na superfície da Terra. Essas órbitas são chamadas geoestacionárias e situam-se a uma distância fixa do centro da Terra.

A partir do que foi descrito, pode-se afirmar que, em relação ao centro da Terra, esse tipo de satélite e essas antenas terão:

- a) a mesma velocidade linear, mas períodos de rotação diferentes;
- b) a mesma velocidade angular e o mesmo período de rotação;

c) a mesma velocidade angular, mas períodos de rotação diferentes;

d) a mesma velocidade linear e o mesmo período de rotação.

12 - (UFRN) A força-peso de um corpo é a força de atração gravitacional que a Terra exerce sobre esse corpo. Num local onde o módulo da aceleração da gravidade é  $g$ , o módulo da força-peso de um corpo de massa  $m$  é  $P = m \cdot g$  e o módulo da força gravitacional que age sobre esse

corpo, nessa situação, é  $F_G = G \frac{M \cdot m}{r^2}$ , sendo  $G$

a constante de gravitação universal,  $M$  a massa da Terra e  $r$  a distância do centro de massa do corpo ao centro da Terra. Pode-se, então, escrever:  $P = F_G$ .

(Nota:  $r$  é igual à soma do raio da Terra com a altura na qual o corpo se encontra em relação à superfície da Terra.)

Do que foi exposto, conclui-se que:

- a) Quanto maior a altura, maior a força-peso do corpo.
- b) Quanto maior a altura, menor a força-peso do corpo.
- c) O valor da aceleração da gravidade não varia com a altura.
- d) O valor da aceleração da gravidade depende da massa ( $m$ ) do corpo.

(UFMG-2008 - Adaptada) Um astronauta, de pé sobre a superfície da Lua, arremessa uma pedra, horizontalmente, a partir de uma altura de 1,25 m, e verifica que ela atinge o solo a uma distância de 15 m. Considere que o raio da Lua é de  $1,6 \cdot 10^6 \text{ m}$  e que a aceleração da gravidade na sua superfície vale  $1,6 \text{ m/s}^2$ . Com base nessas informações responda as questões 13 e 14.

13 - CALCULE o módulo da velocidade com que o astronauta arremessou a pedra.

14 - CALCULE o módulo da velocidade com que, nas mesmas condições e do mesmo lugar, uma pedra deve ser lançada, também horizontalmente, para que, após algum tempo, ela passe novamente pelo local de lançamento.

15 – (CESGRANRIO) Qual é, aproximadamente, o valor do módulo da aceleração de um satélite em órbita circular em torno da terra, a uma altitude 5 vezes o raio da terra.

a)  $25m / s^2$

b)  $9,8m / s^2$

c)  $5m / s^2$

d)  $2m / s^2$

e)  $0,3m / s^2$

16 – (UFOP) A velocidade orbital de um satélite que gira em torno da terra depende, apenas das seguintes grandezas:

- a) massa do satélite e da terra.
- b) massa do satélite e o raio de órbita.
- c) massa da terra e raio de órbita.
- d) massa do sol e raio de órbita.
- e) raio de órbita.

17 – (UERJ) A tabela abaixo ilustra uma das leis do movimento dos planetas: a razão entre o cubo da distância D de um planeta ao Sol e o quadrado do seu período de revolução T em torno do Sol é constante. O período é medido em anos e a distância em unidades astronômicas (UA). A unidade astronômica é igual à distância média entre o Sol e a Terra. Suponha que o Sol esteja no centro comum das órbitas circulares dos planetas.

PLANETA	T <sup>2</sup>	D <sup>3</sup>
MERCÚRIO	0,058	0,058
VÊNUS	0,378	0,378
TERRA	1,00	1,00
MARTE	3,5	3,5
JÚPITER	141	141
SATURNO	868	868

Um astrônomo amador supõe ter descoberto um novo planeta no sistema solar e o batiza como planeta X. O período estimado do planeta X é de 125 anos. Calcule:

- a) a distância do planeta X ao Sol em UA;
- b) a razão entre a velocidade orbital do planeta X e a velocidade orbital da Terra.

18 – (UFSC) Durante aproximados 20 anos, o astrônomo dinamarquês Tycho Brahe realizou rigorosas observações dos movimentos planetários, reunindo dados que serviram de base para o trabalho desenvolvido, após sua morte, por seu discípulo, o astrônomo alemão Johannes Kepler (1571-1630). Kepler, possuidor de grande habilidade matemática, analisou cuidadosamente os dados coletados por Tycho Brahe, ao longo de

vários anos, tendo descoberto três leis para o movimento dos planetas. Apresentamos, a seguir, o enunciado das três leis de Kepler.

1ª. lei de Kepler: Cada planeta descreve uma órbita elíptica em torno do Sol, da qual o Sol ocupa um dos focos.

2ª. lei de Kepler: O raio-vetor (segmento de reta imaginário que liga o Sol ao planeta) “varre” áreas iguais, em intervalos de tempo iguais.

3ª. lei de Kepler: Os quadrados dos períodos de translação dos planetas em torno do Sol são proporcionais aos cubos dos raios médios de suas órbitas.

Assinale a(s) alternativa(s) que apresenta(m) conclusões correta(s) das leis de Kepler:

01. A velocidade média de translação de um planeta em torno do Sol é diretamente proporcional ao raio médio de sua órbita.

02. O período de translação dos planetas em torno do Sol não depende da massa dos mesmos.

04. Quanto maior o raio médio da órbita de um planeta em torno do Sol, maior será o período de seu movimento.

08. A 2ª. lei de Kepler assegura que o módulo da velocidade de translação de um planeta em torno do Sol é constante.

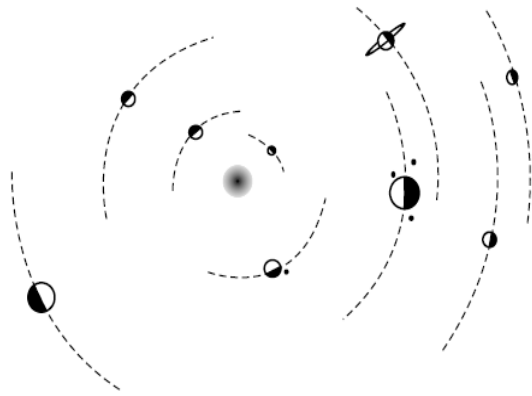
16. A velocidade de translação da Terra em sua órbita aumenta à medida que ela se aproxima do Sol e diminui à medida que ela se afasta.

32. Os planetas situados à mesma distância do Sol devem ter a mesma massa.

64. A razão entre os quadrados dos períodos de translação dos planetas em torno do Sol e os cubos dos raios médios de suas órbitas apresentam um valor constante.

Dê como resposta a soma das alternativas corretas.

19 – (UFBA)



Planeta	Raio Médio da órbita (em milhões de km)	Massa (em km)
Mercúrio	58	$3,3 \cdot 10^{23}$
Vênus	108	$4,9 \cdot 10^{24}$
Terra	150	$6,0 \cdot 10^{24}$

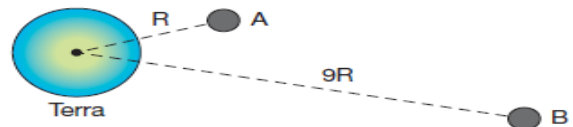
Considerando-se a figura, os dados apresentados na tabela e a constante de gravitação universal igual a  $6,67 \cdot 10^{-11}$  unidades do SI, é correto afirmar:

- 01. A massa da Terra é cerca de 18 vezes maior que a massa de Mercúrio.
  - 02. O movimento dos planetas em torno do Sol obedece à trajetória que todos os corpos tendem a seguir por inércia.
  - 04. A constante de gravitação universal, expressa em unidades do sistema internacional, é igual a  $6,67 \cdot 10^{-11} N \cdot m^2 / kg^2$ .
  - 08. O período de revolução da Terra é maior que o de Vênus.
  - 16. A aceleração da gravidade, na superfície de Mercúrio, é nula.
  - 32. O ponto de equilíbrio de um objeto situado entre a Terra e a Lua, sob a ação exclusiva de forças gravitacionais desses corpos, localiza-se mais próximo da Lua.
- Dê, como resposta, a soma das alternativas corretas.

1	D
2	A
3	A
4	E
5	F,F,F,V,F
6	29
7	C
8	B
9	D
10	A
11	B
12	B
13	30 m/s
14	$1,6 \cdot 10^3 m / s^2$
15	E
16	C
17	A:25 UA;B:1/5
18	86
19	13

**LISTA DE EXERCÍCIOS EXTRAS V**

1 - Um satélite artificial A se move em órbita circular em torno da Terra com um período de 25 dias. Um outro satélite B possui órbita circular de raio 9 vezes maior do que A. Calcule o período do satélite B.



2 - (PUCC-SP) Considere um planeta que tenha raio e massa duas vezes maiores que os da Terra. Sendo a aceleração da gravidade na superfície da Terra igual a  $10m / s^2$ , na superfície daquele planeta ela vale, em metros por segundo ao quadrado:

3 - (UFMS-RS) Dois corpos esféricos de mesma massa têm seus centros separados por uma certa distância, maior que o seu diâmetro. Se a massa de um deles for reduzida à metade e a distância entre seus centros, duplicada, o módulo da força de atração gravitacional que existe entre eles estará multiplicado por:

4 - (Unicamp-SP) Um míssil é lançado horizontalmente em órbita circular rasante à superfície da Terra. Adote o raio da Terra  $R = 6\ 400$  km e, para simplificar, tome 3 como valor aproximado de  $\pi$ .

- a) Qual é a velocidade de lançamento?  
b) Qual é o período da órbita?

5 - (UFRJ) A tabela abaixo ilustra uma das leis do movimento dos planetas: a razão entre o cubo da distância  $D$  de um planeta ao Sol e o quadrado do seu período de revolução  $T$  em torno do Sol é constante. O período é medido em anos e a distância em unidades astronômicas (UA). A unidade astronômica é igual à distância média entre o Sol e a Terra. Suponha que o Sol esteja no centro comum das órbitas circulares dos planetas.

Planeta	Mercúrio	Vênus	Terra	Marte	Júpiter	Saturno
$T^2$	0,058	0,378	1,00	3,5	141	868
$D^3$	0,058	0,378	1,00	3,5	141	868

Um astrônomo amador supõe ter descoberto um novo planeta no sistema solar e o batiza como planeta X. O período estimado do planeta X é de 125 anos. Calcule:

- a) a distância do planeta X ao Sol em UA.  
b) a razão entre a velocidade orbital do planeta X e a velocidade orbital da Terra.

6 - (Fuvest-SP) Estamos no ano de 2095 e a "interplanetariamente" famosa FIFA (Federação Interplanetária de Futebol Amador) está organizando o Campeonato Interplanetário de Futebol, a se realizar em Marte no ano 2100. Ficou estabelecido que o comprimento do campo deve corresponder à distância do chute de máximo alcance conseguido por um bom jogador.

Na Terra esta distância vale  $L_T = 100$  m. Suponha que o jogo seja realizado numa atmosfera semelhante à da Terra e que, como na Terra, possamos desprezar os efeitos do ar, e ainda, que a máxima velocidade que um bom jogador consegue imprimir à bola seja igual à na Terra. Suponha que  $\frac{M_M}{M_T} = 0,1$  e  $\frac{R_M}{R_T} = 0,5$

onde  $M_M$  e  $R_M$  são a massa e o raio de Marte e  $M_T$  e  $R_T$  são a massa e raio da Terra.

- a) Determine a razão  $\frac{g_M}{g_T}$  entre os valores da aceleração da gravidade em Marte e na Terra.  
b) Determine o valor aproximado  $L_M$ , em metros, do comprimento do campo em Marte.  
c) Determine o valor aproximado do tempo  $t_M$ , em segundos, gasto pela bola, em um chute de máximo alcance, para atravessar o campo em Marte (adote  $g_T = 10 \text{ m/s}^2$ ).

7 - (Inatel-MG) Um satélite permanece em órbita circular terrestre de raio  $R$  com velocidade tangencial  $v$ . Qual deverá ser a velocidade tangencial desse satélite para permanecer em órbita circular lunar de mesmo raio  $R$ ? Considere a massa da Lua 81 vezes menor que a da Terra.

8 - A União Astronômica Internacional (UAI) deliberou em 2006 por rebaixar plutão à categoria de planeta anão, ou planetóide, ao mesmo tempo em que promoveu Ceres e Xena, considerados até então asteróides, à mesma categoria de plutão, isto é, planetas anões. Com isso, o sistema solar conta agora,, de acordo com essa nova classificação, com oito planetas e três planetas anões. Para avaliar os efeitos da gravidade de plutão, considere as relações dadas a seguir, em valores aproximados:

Massa da terra  $M_T = 500$  vezes a massa de plutão  $M_P$ . Raio da terra  $R_T = 5$  vezes o raio de Plutão  $R_P$ .

- a) Determine o peso na superfície de Plutão, de uma massa que na superfície da terra pesa 40 N;  
b) Estimar a altura máxima  $H$ , em metros, que uma bola lançada verticalmente com a velocidade  $V$  atingiria em plutão. Na terra, onde a aceleração da gravidade é  $10 \text{ m/s}^2$ , essa mesma bola, lançada também verticalmente com a mesma velocidade, atinge uma altura máxima de 1,5 m.

Respostas

- 1) 675 dias ;  
2)  $5 \text{ m/s}^2$  ;  
3)  $F_G' = \frac{1}{8} F$   
4) a)  $v = 8000 \text{ m/s}$  , b) 4800 s ;  
5) a)  $D_x = 25 \text{ u.a}$  , b)  $\frac{v_x}{v_T} = \frac{1}{5}$  ;  
6) a)  $\frac{g_M}{g_T} = 0,4$  , b)  $L_M = 250 \text{ m}$  , c)  $T_M = 11 \text{ s}$  ;  
7)  $V_L = \frac{1}{9} V_T$  ;  
8) a)  $P_P = 2,0 \text{ N}$  , b)  $H_P = 30 \text{ m}$

“O único lugar onde o sucesso vem antes do trabalho é no dicionário”. Albert Einstein

---

**CURSO PRÉ – VESTIBULAR  
POPULAR - CPV**

## **FÍSICA**

**Lélio F Martins Ribeiro**

## **QUESTÕES**

**UFJF**



1 – (UFJF – 2002) Quando uma pessoa cozinha um ovo numa vasilha com água, pode diminuir a intensidade da chama do fogo que aquece a vasilha tão logo a água começa a ferver. Baseando-se na Física, assinale a alternativa que explica porque a pessoa pode diminuir a intensidade da chama e ainda assim a água continua a ferver.

- Durante a mudança de estado, a quantidade de calor cedido para a água diminui e sua temperatura aumenta.
- Durante a mudança de estado, a quantidade de calor cedido para a água e sua temperatura diminuem.
- Apesar do calor estar sendo cedido mais lentamente, na mudança de estado, enquanto houver água em estado líquido na vasilha, sua temperatura não varia.
- O calor é cedido mais lentamente para a água, aumentando a temperatura de mudança de estado da água.
- O calor é cedido mais lentamente para a água, diminuindo a temperatura de mudança de estado da água.

2 – (UFJF – 2004) A figura mostra um balão utilizado para estudos atmosféricos. O balão,

quando vazio, tem uma massa de 49 kg. Quando o balão é preenchido por um gás cuja massa é 1 kg, passa a ter um volume de  $110 \text{ m}^3$ . Considerando a densidade do ar igual a  $1,3 \text{ kg/m}^3$  e  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , a tensão da corda que prende o balão ao solo é:



- 1420 N.
- 940 N.
- 1100 N.
- 930 N.
- 1430 N.

3 – (UFJF – 2004) Um aquecedor dissipa 800W de potência, utilizada totalmente para aquecer 1 kg de água, cuja temperatura inicial é de  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ . Adotando-se  $1 \text{ cal} = 4,2 \text{ J}$  e o calor específico da água  $1 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$ , o tempo necessário para atingir a temperatura de  $100 \text{ }^\circ\text{C}$  é:

- 100 s.
- 200 s.
- 42 s.
- 80 s.
- 420 s.

**Use, quando necessário:**

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

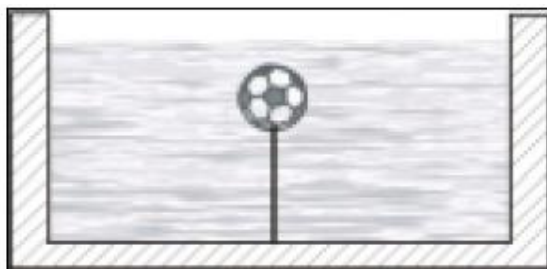
Densidade da água  $\rho = 10^3 \text{ kg/m}^3$

1 litro =  $1 \text{ dm}^3 = 10^{-3} \text{ m}^3$

4 – (UFJF – 2005) Supondo-se que um grão de feijão ocupe o espaço equivalente a um paralelepípedo de arestas  $0,5 \text{ cm} \times 0,5 \text{ cm} \times 1,0 \text{ cm}$ , qual das alternativas abaixo melhor estima a ordem de grandeza do número de feijões contido no volume de um litro?

- 10
- $10^2$
- $10^3$
- $10^4$
- $10^5$

5 - Uma bola de futebol, cujo volume é 4,0 litros e a massa 0,30 kg, é mantida totalmente submersa na água, presa ao fundo de uma piscina por um fio inextensível, de massa e volume desprezíveis, como mostra a figura ao abaixo.



A tração no fio é:

- a) 40 N  
 b) 3,7 N            d) 43 N  
 c) 4,3 N            e) 37 N

6 – (UFJF – 2006) Considere dois satélites **A** e **B**, com massas  $M_A$  e  $M_B$  ( $M_A > M_B$ ), respectivamente, que giram em torno da Terra em órbitas circulares, com velocidades constantes de módulo  $v$ . Considerando que somente atue sobre eles a força gravitacional da Terra, podemos afirmar que:

- a) **A** tem órbita de raio maior que **B**.  
 b) **A** tem órbita de raio menor que **B**.  
 c) os dois satélites têm órbitas de raios iguais.  
 d) a razão entre os raios das órbitas de **A** e de **B**

$$\text{é } \frac{M_A}{M_B}.$$

- e) a razão entre os raios das órbitas de **A** e de **B**

$$\text{é } \frac{M_B}{M_A}.$$

7 – (UFJF – 2006) Quando se abre uma torneira de forma que saia apenas um “filete” de água, a área da seção reta do filete de água abaixo da boca da torneira é tanto menor quanto mais distante dela, por que:

- a) como a velocidade da água distante da boca da torneira é maior devido à ação da força gravitacional, para que haja conservação da massa, a área da seção reta do filete tem que ser menor.  
 b) uma vez que a velocidade da água distante da boca da torneira é menor devido à ação da força gravitacional, para que haja conservação da massa, a área da seção reta do filete tem que ser menor.  
 c) a velocidade da água caindo não depende da força gravitacional e, portanto, para que haja

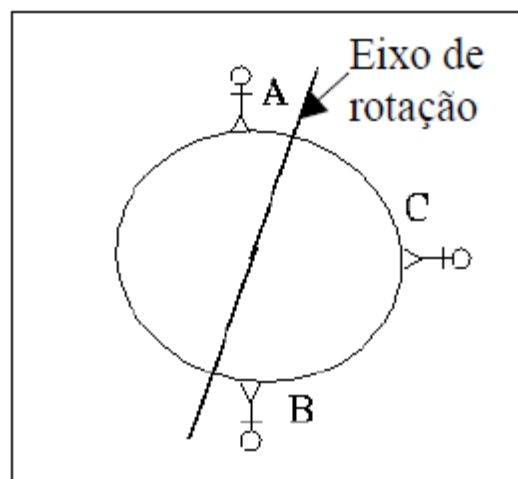
conservação da massa, a área da seção reta do filete tem que ser menor.

- d) as interações entre as moléculas da água tornam-se mais intensas devido à ação da força gravitacional e, assim, a área da seção reta do filete distante da boca da torneira fica menor.  
 e) devido à velocidade com que a água sai, a boca da torneira é projetada para que a água seja concentrada mais distante da boca.

8 – (UFJF – 2006) Há pessoas que preferem um copo de cerveja com colarinho e outras sem o colarinho. O colarinho é espuma que contém ar em seu interior. Considere que a cerveja seja colocada num copo com isolamento térmico. Do ponto de vista físico, a função do colarinho pode ser:

- a) apenas estética.  
 b) a de facilitar a troca de calor com o meio.  
 c) a de atuar como um condutor térmico.  
 d) a de atuar como um isolante térmico.  
 e) nenhuma.

9 – (UFJF – 2007) Sabemos que o planeta Terra, onde habitamos sua superfície, pode ser considerado uma esfera achatada nos pólos. A figura abaixo representa a Terra com pessoas em algumas posições sobre ela (**A**, **B** e **C**). Levando-se em consideração a Lei da Gravitação Universal, qual ou quais posições são realmente possíveis?



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

10 – (UFJF – 2007) Considere uma pessoa que consuma **1200** kcal de energia diariamente e que

80% dessa energia seja transformada em calor. Se esse calor for totalmente transferido para 100 kg de água, qual variação de temperatura ocorreria na água? (1 cal = 4,18 J, calor específico da água = 4,18 kJ/kg.K).

- a) 1,0 °C.
- b) 9,6 °C.
- c) 1,2 °C.
- d) 8,0 °C.
- e) 10 °C.

11 – (UFJF – 2007) Um cubo flutua em água com três quartos de seu volume imerso. Qual a densidade do cubo? (densidade da água  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ ).

- a) 250 kg/m<sup>3</sup>
- b) 500 kg/m<sup>3</sup>
- c) 750 kg/m<sup>3</sup>
- d) 1000 kg/m<sup>3</sup>
- e) 1500 kg/m<sup>3</sup>

12 – (UFJF - 2009) O **mmHg** (milímetro de mercúrio) é uma unidade de medida de pressão porque:

- a) equivale ao peso de uma coluna de mercúrio de 1mm de diâmetro.
- b) equivale ao comprimento horizontal de 1 mm de mercúrio.
- c) equivale à pressão exercida por uma coluna de mercúrio de 1 mm de altura.
- d) equivale à pressão exercida por uma coluna de mercúrio de 1 mm de diâmetro.
- e) equivale ao peso de uma coluna de mercúrio de 1 mm de altura.

13 – (UFJF – 2009) Aumenta-se a pressão de certa quantidade de gás ideal, inicialmente à pressão  $P_1$ , volume  $V_1$  e temperatura  $T_1$ , através de dois processos diferentes. No primeiro processo, o gás é aquecido com o volume do gás mantido constante até a pressão dobrar de valor. No segundo processo, o gás, partindo das mesmas condições iniciais ( $P_1, V_1, T_1$ ) é resfriado à pressão constante até o volume ser reduzido à metade e depois, mantendo constante o volume

reduzido, é aquecido até que a pressão dobre de valor. Sobre esses dois processos, podemos afirmar que:

- a) a temperatura final atingida em ambos os processos é a mesma.
- b) a variação da energia interna do gás em ambos os processos é a mesma.
- c) o trabalho realizado sobre o gás em ambos os processos é o mesmo.
- d) a temperatura final atingida no primeiro processo é maior que a temperatura final atingida no segundo processo.
- e) e) o trabalho realizado sobre o gás, no primeiro processo, é diferente de zero.

14 – (PISM – triênio 2008 – 2010) Em uma passagem do poema *Os lusíadas* (canto X, 89) de Luís de Camões (1525-1580), brilharam os astros. Um belo exemplo da influência do pensamento científico nas artes. O Sol é descrito poeticamente como *O claro olho do céu* e a Lua, no verso final da estrofe, aparece sob a denominação de *Diana*:

*Debaixo deste grande firmamento,  
Vês o céu de Saturno, deus antigo;  
Júpiter logo faz o movimento,  
E Marte abaixo, bélico inimigo;  
O claro olho do céu, no quarto assento,  
E Vênus, que os amores traz consigo;  
Mercúrio, de eloqüência soberana;  
Com três rostos, debaixo vai Diana.*

Nesta bela e curiosa estrofe, os astros aparecem em versos sucessivos. Essa passagem revela que:

- a) Camões admitia a concepção prevalecente em sua época, segundo a qual a Terra era fixa e ocupava o centro do Universo.
- b) Camões mostra-se afinado ao pensamento de Kepler, já descrevendo qualitativamente o sistema de acordo com as leis de Kepler.
- c) A concepção admitida por Camões encontra-se de pleno acordo com uma análise qualitativa da lei da gravitação universal de Newton.
- d) Essa descrição de Camões concorda com a visão de Galileu de que a terra estaria em movimento.
- e) Camões acreditava no modelo heliocêntrico de Copérnico.

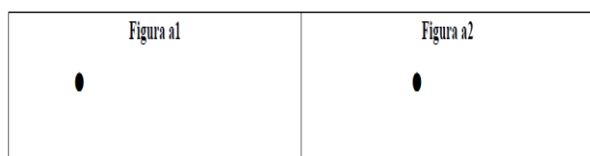
15 – (Pism – triênio 2010/2012) Examinemos a seguinte notícia de jornal: “O satélite de comunicação V23 foi colocado em órbita da Terra de modo que ele permaneça sempre acima da cidade de Atenas”. Considerando-se a notícia, é **CORRETO** afirmar que:

- a) o jornal cometeu um enorme equívoco, pois isso é impossível acontecer.

- b)** a velocidade angular do satélite terá que ser, obrigatoriamente, igual à velocidade angular da Terra.
- c)** a velocidade de rotação da Terra é o dobro daquela do satélite.
- d)** a gravidade no local, onde se encontra o satélite, é nula.
- e)** a velocidade tangencial do satélite terá que ser obrigatoriamente igual à da Terra.

16 – (UFJF-2006) Considere um objeto de densidade  $2,7 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$  e volume  $10^{-3} \text{ m}^3$  mantido totalmente imerso num líquido incompressível de densidade  $13,5 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ , por meio de um dinamômetro preso ao fundo do recipiente. O recipiente é colocado num elevador.

- a) Na **figura a1**, faça o diagrama de forças no objeto e identifique as forças, como visto por um observador em um referencial inercial, quando o elevador sobe com velocidade constante. Na **figura a2**, desenhe a força resultante.



- b) Determine a força medida no dinamômetro na situação do item a.

- c) Na **figura c1**, faça o diagrama de forças no objeto e identifique as forças, como visto por um observador em um referencial inercial, quando o elevador sobe acelerado com o módulo do vetor aceleração igual a  $5 \text{ m/s}^2$ . Na **figura c2**, desenhe a força resultante. (Nota: **não use** as mesmas denominações para forças que sejam diferentes das obtidas no **item a**).



- d) Determine a força medida no dinamômetro na situação do item c.

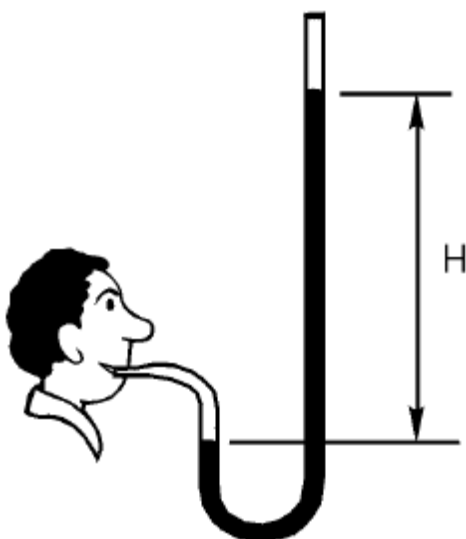
17 – (UFJF – 2006) Um bloco de chumbo de 6,68 kg é retirado de um forno a  $300^\circ\text{C}$  e colocado sobre um grande bloco de gelo a  $0^\circ\text{C}$ . Supondo que não haja perda de calor para o meio externo, qual é a quantidade de gelo que deve ser fundida?

**Dados:** calor específico do gelo a  $0^\circ\text{C} = 2100 \text{ J/(kg.K)}$  calor latente de fusão do gelo =  $334 \cdot 10^3 \text{ J/Kg}$  calor específico do chumbo =  $230 \text{ J/(kg.K)}$  calor latente de fusão do chumbo =  $24,5 \times 10^3 \text{ J/kg}$  temperatura de fusão do chumbo =  $327^\circ\text{C}$

18 – (UFJF – 2010) Com a finalidade de se fazer café, um recipiente com 0,5 L de água é aquecido em um fogão. A temperatura da água aumenta desde  $25^\circ\text{C}$  até  $100^\circ\text{C}$ . Considere para a água: densidade  $d = 1,0 \text{ kg/L}$ ; calor latente de vaporização  $L_v = 540 \text{ cal/g}$ ; calor específico =  $c 1,0 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$ .

- a) Calcule a quantidade de calor cedida à água, para que sua temperatura aumente desde  $25^\circ\text{C}$  até  $100^\circ\text{C}$ .
- b) Supondo que a quantidade de calor total cedida à água, até o momento em que se apaga a chama do fogão, foi de  $145500 \text{ cal}$ , calcule o volume de água, em litros, que ficou no recipiente para ser utilizada no preparo do café.

19 – (UFJF – 2004) Um aluno inventivo resolve medir a pressão que consegue fazer ao soprar uma mangueira. Para isso, enche uma mangueira transparente, de  $1 \text{ cm}$  de diâmetro, com água e sopra em uma das extremidades, deixando aberta a outra extremidade, como mostra a figura abaixo.



- a) Se a diferença de altura  $H$  entre os níveis da água for de  $0,7\text{ m}$ , calcule a pressão que o aluno será capaz de exercer.
- b) Se a mangueira usada tivesse o dobro do diâmetro, isto é,  $2\text{ cm}$ , 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.

Use, quando necessário:

Densidade da água  $\rho = 1000\text{ kg/m}^3$

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

Constante universal dos gases ideais  $R = 8,2\text{ J/mol K}$

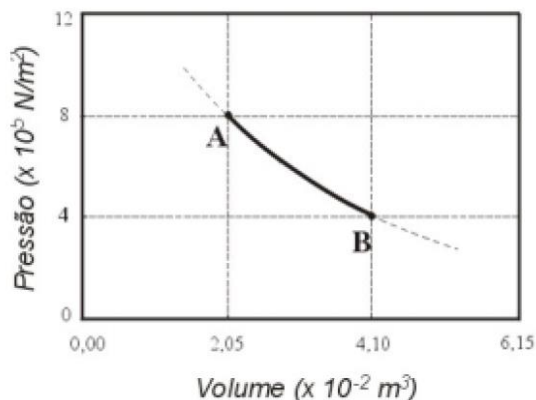
1 libra  $\cong 5,0\text{ N}$

1 polegada  $\cong 2,5\text{ cm}$

Constante de Planck,  $h = 4,13 \times 10^{-15}\text{ eV}\cdot\text{s}$

Velocidade da luz,  $c = 3,0 \times 10^8\text{ m/s}$

- 20 – (UFJF – 2005) Um recipiente de volume  $0,0205\text{ m}^3$  contém uma massa de  $0,640\text{ kg}$  de oxigênio sob pressão de  $8,00 \cdot 10^5\text{ N/m}^2$ . O volume do sistema é dobrado através de um processo termodinâmico isotérmico, como mostra o gráfico da figura.



- a) Sabendo-se que o oxigênio comporta-se como um gás ideal de massa molar  $M = 32\text{ g}$ , calcule a temperatura  $T$  do sistema.

- b) Calcule o valor aproximado do trabalho realizado pelo sistema entre os pontos A e B, supondo que a isoterma é uma linha reta nesta região.
- c) Indique o valor aproximado do calor  $\Delta Q$  absorvido pelo sistema no processo de expansão isotérmica de A para B, justificando sua resposta.

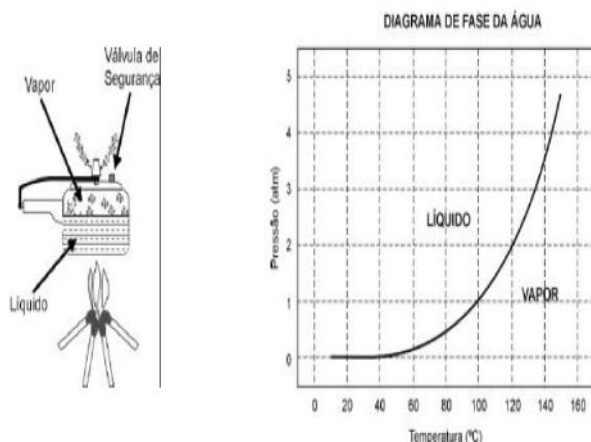
21 – (UFJF – 2011) Um funcionário de uma lanchonete precisa aquecer  $1,0$  litro de água que, inicialmente, está à temperatura ambiente  $T_0 = 25^\circ\text{C}$ . Para isso, ele utiliza o ebulidor de água, mostrado na figura ao lado, que possui uma resistência  $R = 12,1\text{ W}$  e é feito para funcionar com a diferença de potencial  $V = 110\text{ Volts}$ . Ele mergulha o ebulidor dentro da água, liga-o e sai para atender um cliente.



- a) Calcule o tempo para a água atingir a temperatura  $T_0 = 100^\circ\text{C}$ .
- b) Calcule o tempo para a água evaporar completamente.
- c) Esboce o gráfico da temperatura em função do tempo para o processo de aquecimento e vaporização da água.

22 - (ENEM – 1999) A panela de pressão permite que os alimentos sejam cozidos em água muito mais rapidamente do que em panelas convencionais. Sua tampa possui uma borracha de vedação que não deixa o vapor escapar, a não ser através de um orifício central sobre o qual assenta um peso que controla a pressão. Quando em uso, desenvolve-se uma pressão elevada no seu interior. Para a sua operação segura, é necessário observar a limpeza do orifício central e a existência de uma válvula de segurança, normalmente situada na tampa. O esquema da panela de pressão e um diagrama de fase da água são apresentados abaixo.

A vantagem do uso de panela de pressão é a rapidez para o cozimento de alimentos e isto se deve:



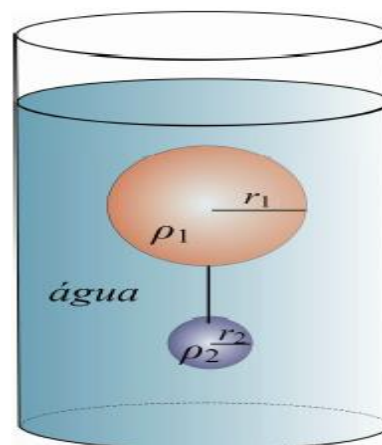
- (A) à pressão no seu interior, que é igual à pressão externa.  
 (B) à temperatura de seu interior, que está acima da temperatura de ebulição da água no local.  
 (C) à quantidade de calor adicional que é transferida à panela.  
 (D) à quantidade de vapor que está sendo liberada pela válvula.  
 (E) à espessura da sua parede, que é maior que a das panelas comuns.

23) (ENEM – 2011) Um motor só poderá realizar trabalho se receber uma quantidade de energia de outro sistema. No caso, a energia armazenada no combustível e, em parte, liberada durante a combustão para que o aparelho possa funcionar. Quando o motor funciona, parte da energia convertida ou transformada na combustão não pode ser utilizada para realização de trabalho. Isso quer dizer que há vazamento de energia em outra forma.

De acordo com o texto, as transformações de energia que ocorrem durante o funcionamento do motor são decorrentes de a

- a) liberação de calor dentro do motor ser impossível.  
 b) realização de trabalho pelo motor ser incontrolável.  
 c) conversão integral de calor em trabalho ser impossível.  
 d) transformação de energia térmica em cinética ser impossível.

24) (UFJF-2012)



Um estudante de Física faz um experimento no qual ele prende duas esferas de densidades  $\rho_1$

e  $\rho_2$  e raios  $r_1$  e  $r_2$  relacionados por  $\rho_1 = \frac{\rho_2}{2}$  e

. O estudante amarra as esferas com um barbante de massa desprezível e coloca o conjunto dentro de um grande tanque contendo água. Como mostra a Figura ao lado, o conjunto de esferas flutua totalmente submerso na água, mantendo uma tração ( $\vec{T}$ ) no barbante.

a) Faça diagramas de forças que atuam nas esferas e identifique cada uma das forças.

b) Calcule os módulos das forças de empuxo que atuam em cada esfera.

c) Calcule as densidades das esferas.

d) Calcule o módulo da tração  $\vec{T}$  que atua no barbante.

### GABARITO

1	C
2	D
3	E
4	C
5	E
6	C
7	A
8	D
9	D
10	B

11	C
12	C
13	D
14	A
15	B
16	$a)F_D = 108N; d)a = 0,5m / s^2$ $F'_D = 162N$
17	1,38 kg
18	a) 3700 cal; b) 0,300 L
19	$P \cong 1,1 \cdot 10^5 N / m^2; b) mesma.altura$
20	$a)1,0 \cdot 10^2 K; b)W = 12,3 \cdot 10^3 J;$ $c)W = 12,3 \cdot 10^3 J$
21	a) 3 / 5 seg; b) 43,05
22	B

23) C

24) b) 41,9 N , 5,2 N ; c)  $1,8g / cm^3$  ; d) 4,19 N

### BIBLIOGRAFIA:

BONJORNO.J.R et al. Física 1: Mecânica. São Paulo: FTD, 1992.

BONJORNO.J.R et al. Física 2: Termologia, óptica geométrica, ondulatória. São Paulo: FTD, 1992.

GASPAR, Alberto. Física: Volume único. 1º ed. São Paulo: Ática, 2005.

BÔAS.V.B; DOCA.R.H; BISCOLA.G.J . Tópicos de Física 2. Manual do Professor.São Paulo: Saraiva.

BÔAS.V.B; DOCA.R.H; BISCOLA.G.J . Tópicos de Física 1. Manual do Professor.São Paulo: Saraiva.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Física ensino médio total**. 2ª vol. Vários Autores.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA.

### Vestibulares anteriores.

<http://siga.ufjf.br/index.php?module=vestibular&action=main:vestibular:provasant>