MÓDULO 6

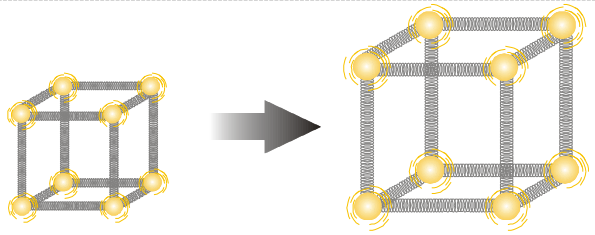
II - TERMOMETRIA

1- TEMPERATURA

Como se sabe, todos os corpos possuem partículas, que estão em constante movimento, isto é, em agitação térmica. Na mecânica, estuda-se que qualquer corpo em movimento possui energia cinética.

Chamando-se de energia térmica à soma das energias cinéticas das partículas de um corpo, define-se temperatura da seguinte forma:

> ***"TEMPERATURA é uma grandeza que esta relacionada com o nível de agitação térmica das partículas de um sistema ou a medida do nível da energia térmica média por partícula de um corpo ou sistema físico."***



ANTES DO AQUECIMENTO — APÓS O AQUECIMENTO

2- CALOR

Quando dois corpos com temperaturas diferentes são colocados em contato térmico, nota-se que a temperatura do corpo mais quente começa a diminuir, enquanto a do mais frio começa a aumentar. Isso ocorre devido à passagem da energia térmica do corpo mais quente para o mais frio. A essa energia térmica que flui no sentido indicado é denominada calor.

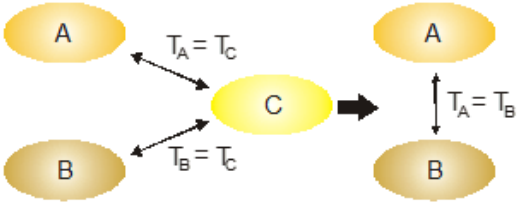
> "CALOR é a energia térmica em trânsito (movimento), devido exclusivamente uma diferença de temperatura. O calor passa ***espontaneamente*** do sistema de temperatura mais alta para o de temperatura mais baixa até que se obtenha o equilíbrio térmico".

OBS.: quando dois corpos estão com temperaturas iguais, dizemos que estão em **equilíbrio térmico** e não trocam calor entre si.

ATENÇÃO: pode-se falar em energia térmica de um corpo, porém jamais em calor de um corpo, pois o calor não pode estar contido num corpo.

3- PRINCÍPIO NÚMERO ZERO DA TERMODINÂMICA

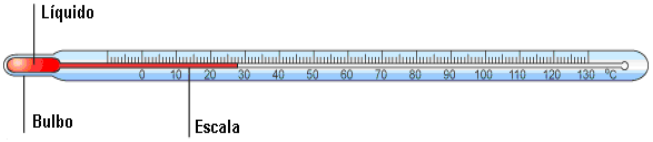
Se dois corpos, A e B, estiverem em equilíbrio térmico com um terceiro corpo, C, então A e B também estão em equilíbrio térmico entre si.



4- TERMÔMETRO

A temperatura é medida de forma indireta, isto é, mede-se uma grandeza auxiliar cujo valor depende da temperatura e, pelo valor dessa grandeza, obtém-se a temperatura. Essa grandeza auxiliar é chamada de grandeza termométrica. Por exemplo, como o comprimento de uma barra de metal varia com a temperatura, ele pode ser utilizado como grandeza termométrica. Montando uma tabela que associa cada comprimento a uma temperatura, teremos uma escala. Para medir a temperatura da barra, basta medir o seu comprimento e obter a temperatura através da escala. Essa barra funciona como um termômetro.

Na prática os termômetros não costumam ser feitos com barras, pois a dilatação de uma barra é muito pequena em relação ao seu comprimento, o que torna difícil a medição. Os termômetros mais comuns utilizam a dilatação de um líquido. Variando a temperatura, o volume do líquido no reservatório se altera, mudando o comprimento da coluna.

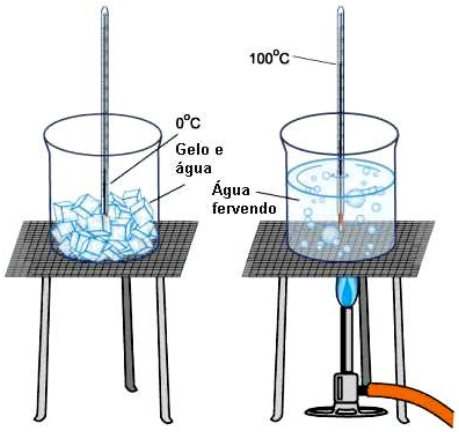


5- ESCALAS TERMOMÉTRICAS

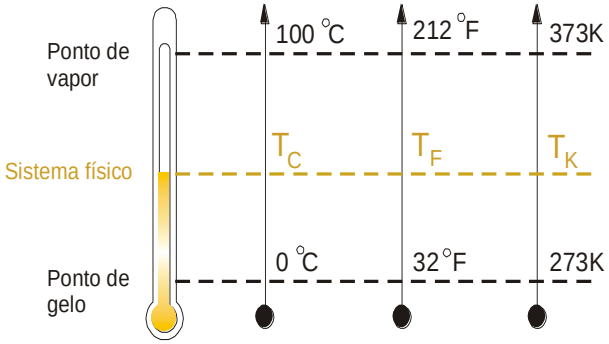
Você sabe que se quiser medir a largura de uma mesa, por exemplo, vai ter que decidir qual escala usar. Talvez você use o **metro**, talvez o **centímetro**. Pois bem, quando você precisar medir temperatura também terá que escolher uma escala. As três mais conhecidas e utilizadas são as escalas **Celsius** (**ºC**), **Fahrenheit** (**ºF**) e **Kelvin** (**K**).

Uma escala termométrica só é útil quando pode ser utilizada por muitas pessoas, de forma que as temperaturas medidas possam ser comparadas. Para isso, é preciso definir pontos fixos que possam ser facilmente reproduzidos cada vez que se quiser calibrar um termômetro. Tais pontos fixos, obtidos sob pressão normal (1atm), são os seguintes:

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

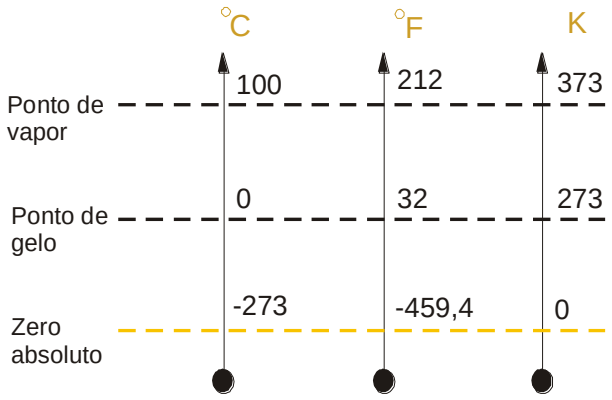


Principais escalas termométricas: Celsius, Fahrenheit e Kelvin.



OBS.:

1°) ZERO ABSOLUTO

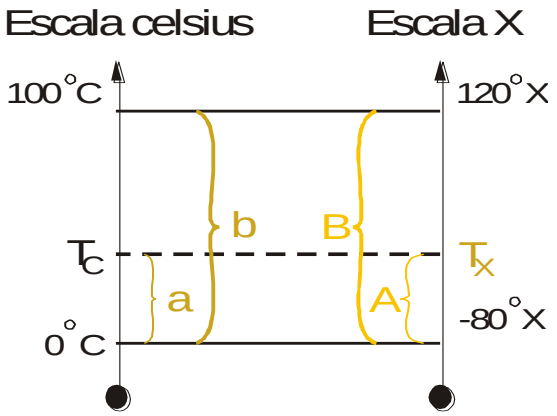


O limite inferior para a temperatura é denominado de zero absoluto. O zero absoluto (0 K = -273 ^{0}C) é inacessível na prática. Pode-se chegar bastante perto, mas, quanto mais perto dessa temperatura se chega, mais difícil fica para o corpo ceder energia térmica, pois essa transferência se faria para um outro corpo cujo grau médio de agitação das partículas fosse menor.

2°) As escala Celsius e Fahrenheit são denominadas relativas, já que a escolha dos pontos fixos e dos valores a eles atribuídos é arbitrária. As escalas absolutas (por exemplo, a escala Kelvin) têm como características o uso de um único ponto fixo, o *zero absoluto*, e a adoção como unidade do grau termométrico de uma das escalas usuais.

3°) Frio não existe! Pelo menos não como grandeza física. Um corpo esfria quando cede calor. Se um corpo pudesse receber frio, não existiria limite inferior de temperatura.

6- CONVERSÕES DE TEMPERATURA ENTRE ESCALAS



Conhecendo duas temperaturas de correspondência entre quaisquer duas escalas, para converter temperaturas basta fazer uma relação entre dois segmentos de uma escala com os correspondentes da outra escala.

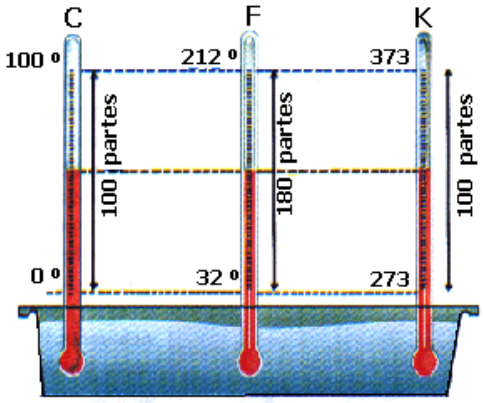
Assim, $\boxed{\frac{a}{b} = \frac{A}{B}}$

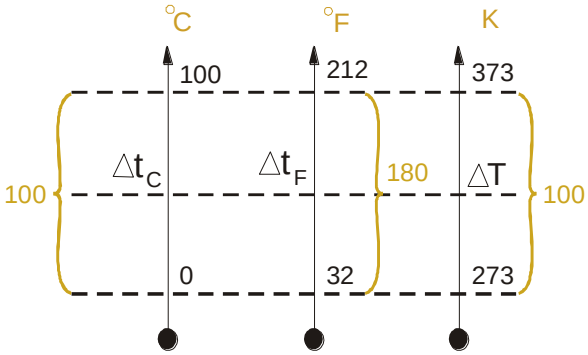
$$\frac{a}{b} = \frac{A}{B} \Rightarrow \frac{T_C - 0}{100 - 0} = \frac{T_X - (-80)}{120 - (-80)}$$

$$\frac{T_C}{100} = \frac{T_X + 80}{200} \Rightarrow \boxed{T_C = \frac{T_X + 80}{2}}$$

Função termométrica

7- DE VARIAÇÕES DE TEMPERATURA





$$\boxed{\frac{\Delta t_c}{100} = \frac{\Delta t_f}{180} = \frac{\Delta T}{100} \Rightarrow \frac{\Delta t_c}{5} = \frac{\Delta t_f}{9} = \frac{\Delta T}{5}}$$

$$\boxed{\Delta T = \Delta t_c \quad \Rightarrow \quad \Delta t_F = 1{,}8.\Delta t_c}$$

EXERCÍCIOS DE AULA

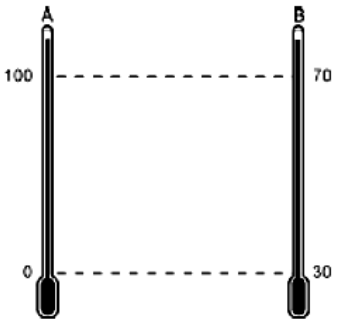
1. (VUNESP) Ao consultar seu livro de inglês, um estudante de veterinária observa que a temperatura normal de cães e gatos pode apresentar uma oscilação de 100,4 ºF até 103,1 ºF.

a) Determine o valor da menor temperatura expresso na escala Celsius.

b) Determine a correspondente variação da temperatura na escala Celsius.

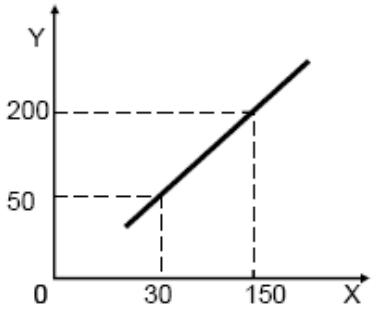
2. (UFBA) Num laboratório de termometria, um técnico calibrou um termômetro de mercúrio, de modo que a medida da altura da coluna, sob pressão normal, era de 5 cm, quando em equilíbrio com gelo fundente em água, e de 25 cm, quando em contato com água em ebulição. Determine, em centímetros, a altura da coluna do termômetro num ambiente a 25 ºC.

3. Dois termômetros A e B têm escalas que se correspondem como está indicado na figura.



Estabeleça a relação entre as leituras tA e tB dos dois termômetros para a temperatura de um sistema.

4. (UEL) O gráfico representa a relação entre duas escalas termométricas lineares X e Y. De acordo com ele, a temperatura de 150 ºY corresponde, em graus X, a



a) 90
b) 100
c) 110
d) 113
e) 130

5. (MACK) Um corpo apresenta acréscimo de temperatura de 20 ºC. O acréscimo de temperatura desse corpo é expresso na escala Fahrenheit por
a) 4 ºF
b) 10 ºF
c) 14 ºF
d) 36 ºF
e) 40 ºF

EXERCÍCIOS PROPOSTO

1. (UFRGS) Selecione a alternativa que preenche corretamente as lacunas do texto abaixo, na ordem em que elas aparecem.

Quando um corpo mais quente entra em contato com um corpo mais frio, depois de certo tempo ambos atingem a mesma temperatura. O que será que "passa" de um corpo para o outro quando eles estão a diferentes temperaturas? Será que é transferida a própria temperatura?

Em 1770, o cientista britânico Joseph Black obteve respostas para essas questões. Ele mostrou que, quando misturamos partes iguais de um líquido (leite, por exemplo) a temperaturas iniciais diferentes, as temperaturas de ambas as partes ..... significativamente; no entanto, se derramarmos um copo de leite morno num balde cheio de água a 0 °C e com vários cubos de gelo fundente, e isolarmos esse sistema como um todo, a temperatura do leite sofrerá uma mudança significativa, mas a temperatura da mistura de água e gelo não. Com esse simples experimento, fica confirmado que "aquilo" que é transferido neste processo ..... a temperatura.

A fim de medir a temperatura da mistura de gelo e água, um termômetro, inicialmente à temperatura ambiente, é introduzido no sistema e entra em equilíbrio térmico com ele. Nesse caso, o termômetro ..... uma variação em sua própria temperatura.
a) mudam - não é - sofre
b) não mudam - é - sofre
c) mudam - não é - não sofre
d) mudam - é - não sofre
e) não mudam - é - não sofre

2. (UFRS) A tabela a seguir fornece as temperaturas de fusão e de ebulição, sob pressão normal, de algumas substâncias.

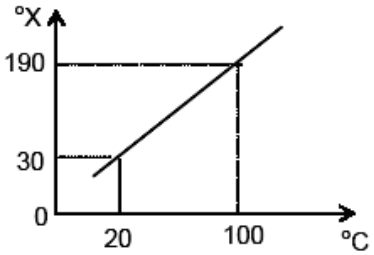
SUBSTÂNCIA	***FUSÃO***	***EBULIÇÃO***
Mercúrio	- 39º C	357º C
Álcool	- 115º C	78º C
Água	0º C	100º C
Éter	- 114º C	34,5º C
Parafina	60º C	300º C

Qual dessas substâncias seria a mais indicada para ser usada como substância termométrica em um termômetro cuja finalidade seria efetuar leituras de temperatura entre - 40º C e 40º?
a) Mercúrio
b) Álcool
c) Água
d) Éter
e) Parafina

3. (FURG) Um termômetro é graduado numa certa escala E que dá o valor 0° E para o gelo em fusão e 50° E para a água em ebulição. Quando esse termômetro marcar 10° E, a temperatura em graus Celsius será:
a) 5°C
b) 10° C
c) 20° C
d) 30° C
e) 50° C

4. (FATEC) O filme “Fahrenheit 9/11” tem seu título baseado, em parte, no título do romance “Fahrenheit 451”, que se refere a uma sociedade futurista na qual livros são proibidos e devem ser incinerados, o que acontece numa temperatura de 451°F (temperatura de combustão do papel). Lembrando que a escala Fahrenheit atribui os valores 32 e 212 para os pontos de fusão do gelo e de ebulição da água, respectivamente, a temperatura de combustão do papel, em °C é aproximadamente:
a) 30
b) 135
c) 183
d) 233
e) 451

5. (MACK) O gráfico abaixo estabelece a relação entre a escala termométrica X e a Celsius. Na escala X, o valor correspondente a 40 ºC é:
a) 60 ºX
b) 65 ºX
c) 70 ºX
d) 75 ºX
e) 80 ºX



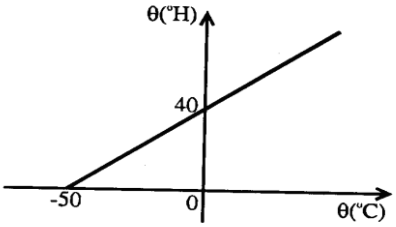
6. (UFSM) Sabe-se que a coluna de mercúrio de um termômetro cresce linearmente com a temperatura. Considere que o

comprimento dessa coluna seja de 3 cm, quando o termômetro estiver em equilíbrio térmico com o gelo em fusão e à pressão normal, *e* de 9 cm, quando o termômetro estiver em equilíbrio com os vapores de água em ebulição, também à pressão normal. Se o termômetro estiver marcando 35^0C, a coluna de mercúrio terá um comprimento de, em cm,
a) 2,1
b) 4,3
c) 5,1
d) 7,2
e)12.

7. (EU.CE) Uma estudante de enfermagem observa que a temperatura de certo paciente variou, num período, de 5° C. A variação correspondente na escala Fahrenheit será de:
a) 4°F
b) 9°F
c) 12°F
d) 13°F
e) 18°F

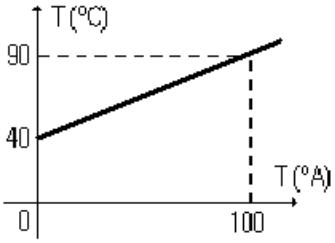
8. (UEL) O gráfico ao lado estabelece a relação entre uma escala hipotética de temperaturas e a escala Celsius. A temperatura da água em ebulição, sob pressão atmosférica normal, vale:

a) 60º H
b)80º H
c)100º H
d)120º H
e)150º H



9. (MACK) Sob pressão atmosférica normal, um termômetro graduado na escala Celsius e outro graduado numa escala termométrica arbitrária A se relacionam segundo o gráfico a seguir. Na escala A, a temperatura de ebulição da água é:

a) 100 ºA
b)120 ºA
c) 200 ºA
d) 210 ºA
e) 240 ºA



10. (FURG) Um termômetro mal calibrado indica 10º para a temperatura de fusão do gelo e 90º para a temperatura de ebulição da água. A leitura nesse termômetro, para a temperatura de 50^0C é
a) 44
b) 45
c) 48
d) 50
e) 52.

11. (UNIFESP) Quando se mede a temperatura do corpo humano com um termômetro clínico de mercúrio em vidro, procura-se colocar o bulbo do termômetro em contato direto com regiões mais próximas do interior do corpo e manter o termômetro assim durante algum tempo, antes de fazer a leitura. Esses dois procedimentos são necessários porque:

a) o equilíbrio térmico só é possível quando há contato direto entre dois corpos e porque demanda sempre algum tempo para que a troca de calor entre o corpo humano e o termômetro se efetive.
b) é preciso reduzir a interferência da pele, órgão que regula a temperatura interna do corpo, e porque demanda sempre algum tempo para que a troca de calor entre o corpo humano e o termômetro se efetive.
c) o equilíbrio térmico só é possível quando há contato direto entre dois corpos e porque é preciso evitar a interferência do calor específico médio do corpo humano.
d) é preciso reduzir a interferência da pele, órgão que regula a temperatura interna do corpo, e porque o calor específico médio do corpo humano é muito menor que o do mercúrio e do vidro.
e) o equilíbrio térmico só é possível quando há contato direto entre dois corpos e porque é preciso reduzir a interferência da pele, órgão que regula a temperatura interna do corpo.

12. (MACK) Um pesquisador dispõe de um termômetro C, de alta precisão, calibrado na escala Celsius e um termômetro F, defeituoso, calibrado na escala Fahrenheit. Para o ponto de gelo, o termômetro F assinala 30 ºF, e quando o termômetro C indica 40 ºC, ºF indica 106 ºF. O ponto de vapor no termômetro F corresponde a
a) 220 ºF
b) 212 ºF
c) 200 ºF
d) 100 ºF
e) 76 ºF

13. (MACK) Num determinado dia, em São Paulo, a temperatura ambiente foi igual à de Londres. Sabendo que, nesse dia, a temperatura de Londres foi 50 °F, a temperatura de São Paulo foi
a) 10 °C
b) 20 °C
c) 25 °C
d) 28 °C
e) 32 °C

14. (FDC) A temperatura de um corpo é F na escala Fahrenheit e C na escala Celsius. Sendo F – C = 72, o valor da temperatura na escala Celsius vale
a) 60
b) 50
c) 44
d) 38
e) 30

15. (MACK) A indicação de uma temperatura na escala Fahrenheit excede em 2 unidades o dobro da correspondente indicação na escala Celsius. Essa temperatura é
a) 300 ºC
b) 170 ºC
c) 150 ºC
d) 100 ºC
e) 50 ºC

16. (FURG) Por volta de 1700, Newton experimentou um termômetro de fabricação própria, tomando como pontos fixos a escala 0° para o ponto do gelo e 12° para a temperatura do corpo humano. Ao medir a temperatura de fusão de uma certa liga metálica, Newton achou 48° na sua escala. Admitindo-seque, na escala Celsius, a temperatura do corpo humano seja 36°C, qual é a temperatura de fusão da liga metálica na escala Celsius?
a) 90°C.
b) 73°C.
c) 190°C.
d) 144°C.
e) 100 °C.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

1. (Cefet-SP) Calor é:
a) energia em trânsito de um corpo para outro, quando entre eles há uma diferença de temperatura.
b) medido em graus de temperatura.
c) uma forma de energia que não existe nos corpos frios.
d) uma forma de energia que se atribui aos corpos quentes.
e) o mesmo que temperatura.

2. (AFA-SP) Assinale a alternativa que define corretamente calor.
a) Trata-se de um sinônimo de temperatura em um sistema.
b) É uma forma de energia contida no sistema.
c) É uma energia em trânsito, de um sistema a outro, devido à diferença de temperatura entre eles.
d) É uma forma de energia superabundante nos corpos quentes.
e) É uma forma de energia em trânsito do corpo mais frio para o corpo mais quente.

3. Analise as proposições a seguir e classifique cada uma como correta ou incorreta. Dê como resposta a soma dos números que precedem as proposições corretas.
(01) O calor deve ser medido somente em calorias.
(02) O trabalho mede transformação de energia e, portanto, pode ser medido em joules.
(04) Calor pode ser transformado em trabalho e vice-versa.
(08) Calor e temperatura são grandezas de mesma natureza.
(16) O calor de um corpo é igual à soma das energias cinéticas de suas moléculas. (06)

SOMA: _____

4. (FEI-SP) Um sistema isolado termicamente do meio possui três corpos, um de ferro, um de alumínio e outro de cobre. Após um certo tempo verifica-se que as temperaturas do ferro e do alumínio aumentaram. Podemos concluir que:
a) o corpo de cobre também aumentou a sua temperatura.
b) o corpo de cobre ganhou calor do corpo de alumínio e cedeu calor para o corpo de ferro.
c) o corpo de cobre cedeu calor para o corpo de alumínio e recebeu calor do corpo de ferro.
d) o corpo de cobre permanece com a mesma temperatura.
e) o corpo de cobre diminuiu a sua temperatura.

5. (Mackenzie) Uma pessoa mediu a temperatura de seu corpo, utilizando-se de um termômetro graduado na escala Fahrenheit e encontrou o valor 97,7 ºF. Essa temperatura, na escala Celsius, corresponde a:
a) 36,5 ºC.
b) 37,0 ºC.
c) 37,5 ºC.
d) 38,0 ºC.
e) 38,5 ºC.

6. (Unimep-SP) Numa das regiões mais frias do mundo, o termômetro indica -76 ºF. Qual será o valor dessa temperatura na escala Celsius?
a) -60.
b) -76.
c) -50,4.
d) -103.
e) +76.

7. (Mackenzie) A temperatura na "superfície externa" do Sol é de aproximadamente $6{,}0.10^3$ ºC. Se a escala termométrica utilizada fosse a Fahrenheit, essa temperatura seria indicada, aproximadamente, por:
a) $1{,}1.10^3$ ºF.
b) $4{,}3.10^3$ ºF.
c) $1{,}1.10^4$ ºF.
d) $4{,}3.10^4$ ºF.
e) $1{,}1.10^6$ ºF.

8. (Mackenzie) Numa cidade da Europa, no decorrer de um ano, a temperatura mais baixa no inverno foi de 23 ºF e a mais alta no verão foi de 86 ºF. A variação da temperatura, em graus Celsius, ocorrida nesse período, naquela cidade, foi:
a) 28,0 ºC.
b) 35,0 ºC.
c) 40,0 ºC.
d) 50,4 ºC.
e) 63,0 ºC.

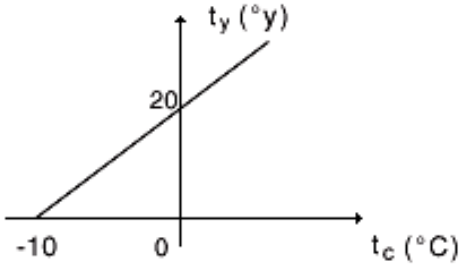
9. (Fatec) Ao aferir-se um termômetro mal construído, verificou-se que os pontos 100 ºC e 0 ºC de um termômetro correto correspondiam, respectivamente, a 97,0 ºC e -1,0 ºC do primeiro.
Se esse termômetro mal construído marcar 19,0 ºC, a temperatura correta deverá ser:
a) 18,4 ºC.
b) 19,4 ºC.
c) 20,4 ºC.
d) 23,4 ºC.
e) 28,4 ºC.

10. (Mackenzie) Na escala termométrica X, ao nível do mar, a temperatura do gelo fundente é -30 ºX e a temperatura de ebulição da água é 120 ºX. A temperatura na escala Celsius que corresponde a 0 ºX é:
a) 15 ºC.
b) 20 ºC.
c) 25 ºC.
d) 28 ºC.
e) 30 ºC.

11. (U.E. Feira de Santana-BA) Um termômetro construído com escala X mede -20 ºX para a temperatura de fusão do gelo ao nível do mar e 40 ºX para uma temperatura ambiente de 25 ºC. Considerando essa informação, é correto afirmar que a temperatura de vaporização da água, em ºX, ao nível do mar é:
a) 60.
b) 80.
c) 120.
d) 180.
e) 220.

12. (Fatec-SP) Uma escala termométrica arbitrária X atribui o valor -20 ºX para a temperatura de fusão do gelo e 120 ºX para a temperatura de ebulição da água, sob pressão normal. A temperatura em que a escala X dá a mesma indicação que a Celsius é:
a) 80.
b) 70.
c) 50.
d) 30.
e) 10.

13. (Uniube-MG) O gráfico mostra a relação de um termômetro y com as correspondentes indicações de um termômetro graduado na escala Celsius.



As indicações em que os valores numéricos das escalas coincidem são:
a) 20 ºy ou 20 ºC.

b) 40 ºy ou 40 ºC.
c) -40 ºy ou -40 ºC.
d) -20 ºy ou -20 ºC.
e) -10 ºy ou -10 ºC.

14. (PUC-Campinas) Um termômetro, graduado numa escala X, indica -32 ºX para o ponto de fusão do gelo e 148 ºX no ponto de ebulição da água. A indicação 58 ºX corresponde, em graus Celsius, a:
a) 18.
b) 45.
c) 50.
d) 96.
e) 106.

15. (Fatec-SP) Certa escala termométrica adota os valores -20 ºE e 280 ºE, respectivamente, para os pontos de fusão do gelo e ebulição da água, sob pressão de 1 atm. A fórmula de conversão entre essa escala e a escala Celsius é
a) $\theta_E = \theta_C + 20$.
b) $\theta_E = \theta_C - 20$.
c) $\theta_E = 3\theta_C - 20$.
d) $\theta_E = 3\theta_C + 20$.
e) $\theta_E = 3\theta_C$.

16. (Fatec) Lord Kelvin (título de nobreza dado ao célebre físico William Thompson, 1824-1907) estabeleceu uma associação entre a energia de agitação das moléculas de um sistema e a sua temperatura. Deduziu que a uma temperatura de -273,15 ºC, também chamada de zero absoluto, a agitação térmica das moléculas deveria cessar.
Considere um recipiente com gás, fechado e de variação de volume desprezível nas condições do problema e, por comodidade, que o zero absoluto corresponde a -273 ºC.
É correto afirmar:
a) O estado de agitação é o mesmo para as temperaturas de 100 ºC e 100 K.
b) À temperatura de 0 ºC o estado de agitação das moléculas é o mesmo que a 273 K.
c) As moléculas estão mais agitadas a -173 ºC do que a -127 ºC.
d) A -32 ºC as moléculas estão menos agitadas que a 241 K.
e) A 273 K as moléculas estão mais agitadas que a 100 ºC.

17. (Mackenzie-SP) Temos visto ultimamente uma farta divulgação de boletins meteorológicos nos diversos meios de comunicação e as temperaturas são geralmente indicadas nas escalas Fahrenheit e/ou Celsius. Entretanto, embora seja a unidade de medida de temperatura do SI, não temos visto nenhuma informação de temperatura em Kelvin. Se o boletim meteorológico informa que no dia as temperaturas mínima e máxima numa determinada cidade serão, respectivamente, 23 ºF e 41 ºF, a variação dessa temperatura na escala Kelvin é:
a) -7,8 K.
b) 10 K.
c) 32,4 K.
d) 283 K.
e) 291 K.

18. (Fatec) Um cientista coloca um termômetro em um béquer contendo água no estado líquido.
Supondo que o béquer esteja num local ao nível do mar, a única leitura que pode ter sido feita pelo cientista é:
a) -30 K.
b) 36 K.
c) 130 ºC.
d) 250 K.
e) 350 K.

19. (UEL) A temperatura na cidade de Curitiba, em um certo dia, sofreu uma variação de 15°C. Na escala Fahrenheit, essa variação corresponde a
a) 59
b) 45
c) 27
d) 18
e) 9

20. (UFC) O planeta Mercúrio é o que sofre a maior variação de temperatura no sistema solar. A temperatura da parte iluminada chega a 400 ºC, enquanto no lado escuro, cai a – 200 ºC. Essa variação de temperatura na escala Kelvin, é de
a) – 73 K
b) 273 K
c) 327 K
d) 600 K
e) 873 K

GABARITO

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

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

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

1) A	**2)** C	**3)** 6	**4)** E	**5)** A
6) A	**7)** C	**8)** B	**9)** C	**10)** B
11) E	**12)** C	**13)** D	**14)** C	**15)** C
16) B	**17)** B	**18)** E	**19)** C	**20)** D

MÓDULO 7

III- TRANSMISSÃO DE CALOR

1- FLUXO DE CALOR

Quando uma determinada quantidade de calor (Q) flui através de uma superfície de área A, define-se o **fluxo de calor** (ϕ) como a razão entre a quantidade de calor propagada e o intervalo de tempo de medição.

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

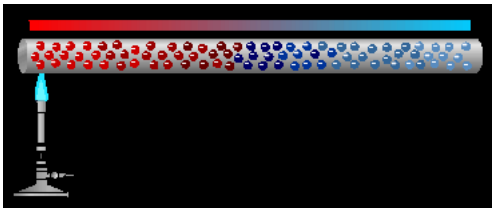
No **sistema internacional de medidas:** Unidade (ϕ) = $\frac{j}{s}$ = w

2- FORMAS DE PROPAGAÇÃO DO CALOR

O calor sempre se propaga no sentido da maior temperatura para a menor temperatura. Esse trânsito de energia pode ser processado de três modos diferentes: condução térmica, convecção térmica e irradiação térmica.

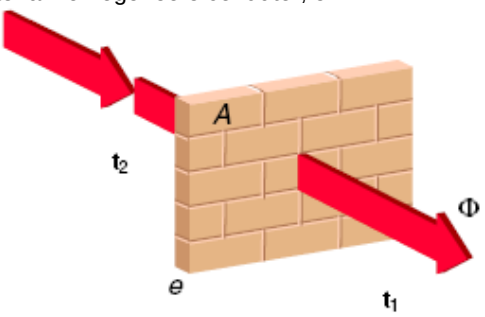
2.1- CONDUÇÃO TÉRMICA

É a propagação do calor em que a energia térmica é transmitida de partícula para partícula, mediante as colisões e alterações das agitações térmicas. Não há transporte de partículas, somente transmissão de energia térmica.



► LEI DE FOURIER (1768 – 1830)

Num regime estacionário de condução, o fluxo de calor, num material homogêneo e condutor, é:



♦ Diretamente proporcional à
- área A da secção transversal;
- diferença de temperatura Δt entre as extremidades;

♦ Inversamente proporcional à
- espessura (e) ou distância entre as extremidades.

Matematicamente: $\phi = K.\frac{A.\Delta t}{e}$

K = coeficiente de condutibilidade térmica que depende da natureza do material

Material	K ($\frac{cal}{s\ .\ cm\ .^{\circ}C}$)
Ar seco	0,00006
Lã	0,00009
Água	0,0014
Vidro	0,0015
Concreto	0,0025
Ferro	0,17
Alumínio	0,50
Ouro	0,70
Prata	0,97

Quanto maior é o coeficiente de condutibilidade térmica, maior é a quantidade de calor que pode ser conduzida num mesmo intervalo de tempo.

Os materiais cujos coeficientes de condutibilidade térmica são elevados denominam-se bons condutores térmicos. Os de baixos coeficientes são chamados de maus condutores térmicos ou isolantes térmicos.

Num mesmo ambiente, se você tocar um objeto metálico com uma mão e um objeto de madeira com a outra, vai sentir que o primeiro está "mais frio" que o segundo, mesmo eles estando à mesma temperatura. O fato explica-se, pois o objeto metálico possui maior coeficiente de condutividade térmica.

Algumas aplicações práticas da condução térmica:

- As panelas usadas em uma cozinha devem ser metálicas para o calor se propagar rapidamente. Os cabos devem ser de madeira ou plástico, maus condutores de calor que dificultam a chegada de calor até as mãos.
- Em laboratório, os recipientes de vidro, ao serem aquecidos, devem ser colocados sobre telas metálicas. Estas, por serem bons condutores, distribuem o calor para toda base do recipiente.
- As lâmpadas usadas em minas de carvão são envolvidas por uma tela metálica, evitando que a chama passe para o lado externo e provoque explosões por causa dos gases inflamáveis existentes nessa minas.

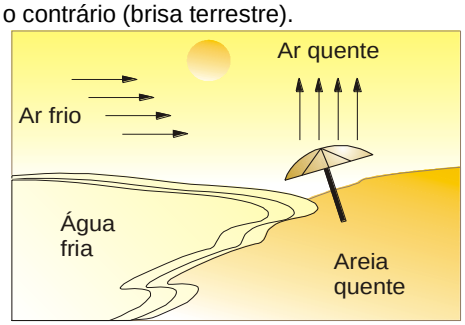
2.2- CONVECÇÃO

Os fluidos – estados líquido e gasoso – são maus condutores de calor. Sob ação da gravidade as substâncias menos densas tendem a flutuar sobre as mais densas. Quando aquecemos um fluido, salvo poucas exceções, a sua densidade diminui, e esse fluido tende a subir, visto que o fluido mais denso vai ocupar posições mais baixas.

A convecção não é bem um processo de transferência de energia (calor), mas sim um processo de transferência de massa. Em outras palavras, não é o calor que vai de um corpo para outro, mas é o corpo mais frio que vai ocupar o lugar deixado pelo corpo mais quente, por ação gravitacional.

Observações:

• Durante o dia, o ar próximo a superfície da Terra se aquece mais rapidamente do que o ar próximo a superfície do mar. O ar aquecido do continente sobe e o ar frio do mar desloca-se para o continente, formando-se a brisa marítima. A noite, acontece o contrário (brisa terrestre).

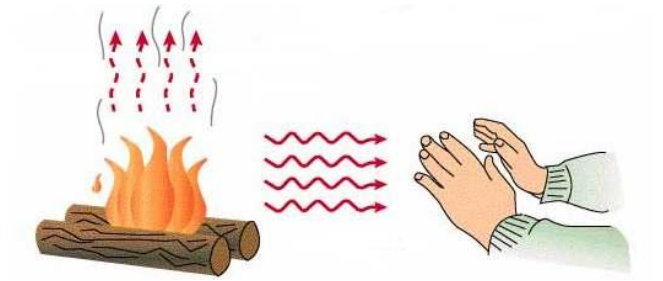


• As correntes de convecção são importantes para a dispersão de poluentes atmosféricos.

• No inverno, em algumas cidades, é freqüente o fenômeno da inversão térmica. Devido ao resfriamento da superfície da terra, as camadas de ar próximas à superfície ficam mais frias do que as camadas superiores e, mesmo durante o dia, o sol fraco de inverno não consegue reverter o processo. Isso provoca interrupção das correntes de convecção, e os poluentes permanecem junto ao solo e não se dispersam na atmosfera.

2.3- IRRADIAÇÃO TERMICA

É a transmissão de calor por de ondas eletromagnéticas, denominadas de onda de calor ou calor radiante. Enquanto a condução e a convecção somente ocorrem em meios materiais, a irradiação acontece tanto em determinados meios materiais como no vácuo.



A energia transmitida pelas ondas eletromagnéticas, ao serem absorvidas por um corpo, podem se converter em energia térmica. As radiações infravermelhas são chamadas de ondas de calor.

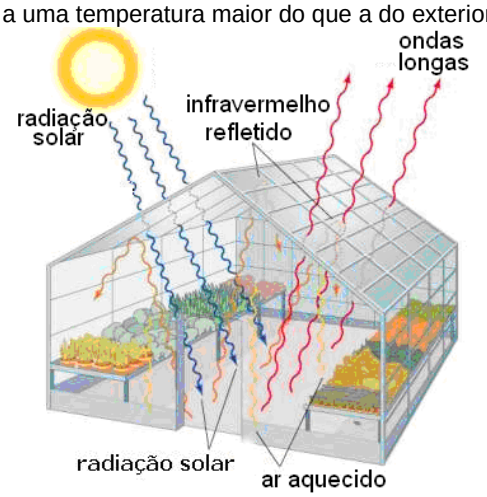
A energia radiante não aquece o meio em que se propaga. Ela só aquece quando é absorvida por ele.

As ondas de calor, ou calor radiante, geradas pelas agitações térmicas moleculares, são funções da temperatura. De uma maneira geral, podemos dizer que, em maior ou menor grau, todos os corpos emitem energia radiante devido à sua temperatura. Para nós o principal emissor de calor é o Sol. Com sua temperatura superficial da ordem de 6000 K, o Sol emite calor luminoso (calor acompanhado de luz), além de outras formas de ondas eletromagnéticas, que chegam a Terra exclusivamente por irradiação, pois atravessa uma grande região de vácuo.

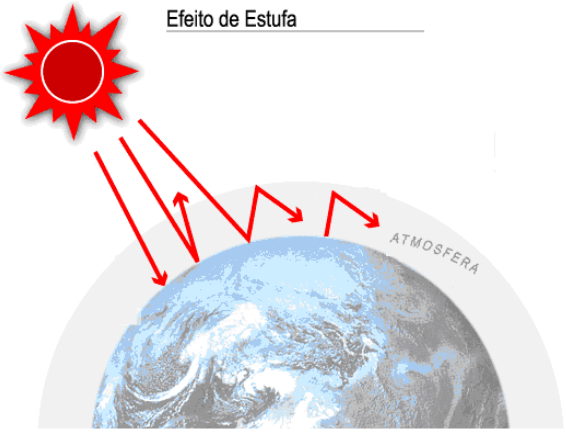
As lâmpadas incandescentes também emitem calor luminoso; já os fornos e os ferros de passar roupa emitem calor obscuro (calor não acompanhado de luz). A maioria dos corpos emitem calor obscuro.

3- ALGUMAS APLICAÇÕES DA IRRADIAÇÃO TÉRMICA:

• O teto de uma estufa de plantas é feito de vidro (ou plástico transparente), que é transparente à energia radiante que chega do sol e é opaco às ondas de calor (infravermelho) emitidas pelos corpos no interior da estufa. Assim, o interior da estufa é mantido a uma temperatura maior do que a do exterior.



• A atmosfera da terra também provoca o efeito estufa. O gás carbônico e os vapores de água presentes na atmosfera terrestre funcionam como o vidro: transparente a energia radiante que vem do sol (6 000 K) e opacos às ondas de calor emitida e refletidas pela Terra (300 K). Isso faz com que a Terra seja mantida a uma temperatura ideal para o desenvolvimento da vida.



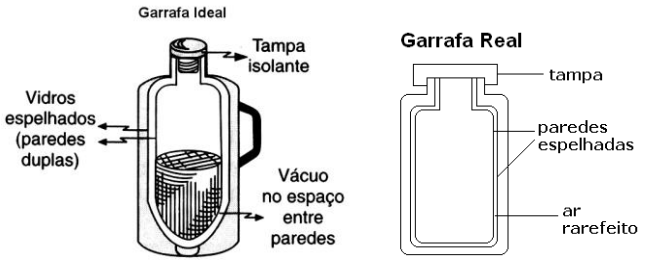
• **Garrafa térmica.**

A função de uma garrafa térmica é dificultar as trocas de calor de seu conteúdo com o ambiente externo. Dessa forma é construída de modo a evitar, tanto quanto possível, a condução, a convecção e a radiação. Isto é feito da seguinte maneira:

- A condução e a convecção são evitadas através de uma região de ar rarefeito (o ideal seria vácuo) entre as paredes duplas internas.

- A radiação é evitada através do espelhamento de suas paredes, tanto internamente quanto externamente. Assim, tenta-se evitar que a energia térmica transite do interior da mesma para o meio externo e vice-versa.

- Tampa isolante: dificulta a condução.

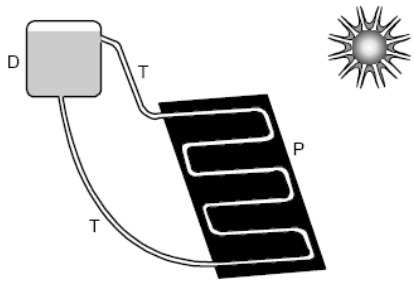


EXERCÍCIOS DE AULA

1. (UCSAL) Considere o texto abaixo com as lacunas.
"Numa geladeira, o ar frio _____ e o ar quente _____ para ser resfriado, numa continua corrente de _____. Para facilitar o resfriamento do ar, o sistema de refrigeração é colocado na parte _____ da geladeira."
As palavras que preenchem corretamente as lacunas são, respectivamente,

a) sobe - desce - convecção - superior
b) desce - sobe - convecção - superior
c) sobe - desce - condução - inferior
d) desce - sobe - condução - inferior
e) sobe - desce - radiação - superior

2. (FUVEST) A figura ilustra um sistema de aquecimento solar: uma placa metálica P pintada de preto e, em contato com ela, um tubo metálico encurvado; um depósito de água D e tubos de borracha T ligando o depósito ao tubo metálico.



O aquecimento da água contida no depósito D, pela absorção da energia solar, é devido basicamente aos seguintes fenômenos, pela ordem
a) condução, irradiação, convecção.
b) irradiação, condução, convecção.
c) convecção, condução, irradiação.
d) condução, convecção, irradiação.
e) irradiação, convecção, condução.

4. (UNIRIO) Para que a vida continue existindo em nosso planeta, necessitamos sempre do calor que emana o sol. Sabemos que esse calor está relacionado a reações de fusão nuclear no interior desta estrela. A transferência de calor do sol para nós ocorre através de
a) convecção
b) condução
c) irradiação
d) dilatação térmica
e) ondas mecânicas

5. (VUNESP) A garrafa térmica é um dispositivo capaz de minimizar a troca de calor de um líquido gelado ou quente, por um longo período de tempo. Feita com vidro de paredes duplas com ar rarefeito entre elas, tem suas faces, externa e interna, espelhadas. As faces espelhadas de uma garrafa térmica, assim construída, inibem a propagação do calor através de qual(is) processo(s)?
a) Condução, somente.
b) Convecção, somente.
c) Irradiação, somente.
d) Condução e irradiação, somente.
e) Condução e convecção, somente.

6. (FUVEST) Têm-se dois copos, com a mesma quantidade de água, um aluminizado A e outro negro N, que ficam expostos ao Sol durante uma hora. Sendo inicialmente as temperaturas iguais, é mais provável que ocorra o seguinte:

a) Ao fim de uma hora não se pode dizer qual temperatura é maior.
b) As temperaturas são sempre iguais em qualquer instante.
c) Após uma hora a temperatura de N é maior que a de A.
d) De início, a temperatura de A decresce (devido à reflexão) e a de N aumenta.
e) As temperaturas de N e de A decrescem (devido à evaporação) e depois crescem.

EXERCÍCIOS PROPOSTO

1. (UFRS) Para que dois corpos possam trocar calor é necessário que:
I – estejam a diferentes temperaturas.
II – tenham massas diferentes.
III – exista um meio condutor de calor entre eles.

Quais são as afirmações corretas?
a) Apenas I.
b) Apenas II.
c) Apenas I e II.
d) Apenas I e III.
e) I, II e III.

2. (MACK) Numa noite de inverno, o dormitório de Serginho apresentava uma temperatura ambiente de 10 ºC. Para não sentir frio durante a madrugada, ele esticou sobre a cama três cobertores de lã bem espessos e aguardou alguns minutos. Em seguida, deitou-se e percebeu que a cama continuava muito fria. Após um certo tempo na cama, bem coberto, sentiu que o "frio passou" e que a cama estava quente. Tal fato explica-se, pois:
a) o frio não existe e a sensação de Serginho era apenas psicológica.
b) os cobertores não são aquecedores, mas isolantes térmicos. Depois de Serginho deitar-se, seu corpo aqueceu a cama.
c) a cama provavelmente não tinha lençóis de lã e, então, o calor produzido pelos cobertores foi perdido para o ambiente. Quando Serginho se deitou, interrompeu esse processo.
d) os cobertores de lã provavelmente eram de cor clara e, por isso, demoraram muito para aquecer a cama. Após Serginho ter-se deitado, foi necessário mais algum tempo para que a cama ficasse quente.
e) a lã utilizada para a confecção dos cobertores é um aquecedor natural muito lento e a temperatura de Serginho, de aproximadamente 37 ºC, não era suficiente para aquecer a cama.

3. (FURG) Selecione a alternativa que supre as lacunas nas afirmações seguintes:

I – Nas proximidades de um forno muito aquecido, o calor chega até nós principalmente por.....

II – O calor do sol chega até nós por.....

III – O aquecimento da água em uma chaleira, colocada sobre uma chama, ocorre principalmente por.....

a) convecção; convecção; convecção.
b) convecção; condução; condução.
c) condução; radiação; convecção.
d) radiação; convecção; condução.
e) radiação; radiação; convecção.

4. (UFSM) O congelador é colocado na parte superior aos refrigeradores, pois o ar se resfria nas proximidades dele, _____ a densidade e desce. O ar quente que está na parte de baixo, por ser _____sobe e resfria-se nas proximidades do congelador. Nesse caso, o processo de transferência de energia na forma de calor recebe o nome de _____.

Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas.
a) aumenta - mais denso - convecção
b) diminui - mais denso - condução
c) aumenta - menos denso - condução
d) diminui - menos denso - irradiação
e) aumenta - menos denso - convecção

5. (ACAFE) É comum encontrarmos, nos estádios de futebol ou nas praias, vendedores carregando caixas de isopor contendo latinhas com bebidas geladas. Para que elas permaneçam geladas por mais tempo, deve-se colocar:
a) somente as latinhas com bebida no isopor.
b) gelo sob as latinhas com bebida.
c) as latinhas com bebida em água à temperatura de 0°C.
d) gelo sobre as latinhas com bebida.
e) gelo ao lado das latinhas com bebida.

6. (FATEC) Uma pessoa, em São Paulo, envolve com um cobertor uma pedra de gelo, com a finalidade de retardar sua fusão. Esse procedimento
a) não é adequado, pois a pedra de gelo derreterá mais rapidamente do que se estivesse descoberta, uma vez que o cobertor vai aquecê-la.
b) não é adequado, pois, sendo o cobertor um bom condutor de calor, ele não impedirá que o calor atinja a pedra.
c) é adequado, pois o cobertor dificulta que o gelo troque calor com o meio ambiente por condução.
d) é adequado, pois, sendo o cobertor um bom condutor de calor, ele facilitará a troca de calor com o meio ambiente.
e) não é adequado, pois, o cobertor facilitará a troca de calor com o meio ambiente, por convecção.

7. (ACAFE) Com relação à conservação e ao uso eficaz de uma geladeira, é **VERDADEIRO** afirmar que:
a) Deve-se retirar periodicamente o gelo do congelador porque, sendo este um mau condutor de calor, dificulta a absorção do calor dos alimentos.
b) É recomendável colocar toalhas plásticas nas prateleiras porque auxiliam na circulação do frio que deve ser absorvido pelos alimentos
c) Secar roupas atrás da geladeira não afeta o seu rendimento, apenas é perigoso por causa do risco de incêndio.
d) Se mantivermos a porta da geladeira aberta durante muito tempo, a temperatura ambiente na cozinha irá diminuir, por causa da saída do ar frio.
e) Para economizar energia deve-se concentrar os alimentos numa só prateleira a fim de impedir a circulação de calor no interior da geladeira.

8. (UFPel) O gaúcho adora um churrasco bem assado. Para isso, precisa de um bom braseiro e de uma carne gorda.
Levando em conta o que está escrito acima, podemos afirmar:

I – O calor do braseiro chega até a carne, principalmente por..... .

II – O calor propaga-se através da carne por ..... .

Marque a alternativa que completa corretamente, e na ordem apresentada, as lacunas das afirmativas acima.
a) condução e convecção
b) irradiação e convecção
e) convecção e condução
d) irradiação e condução
c) condução e irradiação

9. (FURG) Em uma sala que permaneceu fechada por vários dias, se tocamos objetos metálicos e objetos de madeira, sentimos os objetos metálicos mais frios do que os de madeira. Isso pode ser explicado porque
a) a temperatura dos objetos metálicos é inferior à dos móveis de madeira.
b) os objetos metálicos contém menos calor que os objetos de madeira.
c) os objetos metálicos não emitem energia na forma de radiação térmica.
d) os átomos presentes nos metais vibram menos do que os presentes na madeira.
e) os metais são bons condutores de calor.

10. (Unicinos-RS) O ar condicionado é um equipamento que, no verão, possibilita manter, em locais fechados, a temperatura inferior à do ambiente externo. A quantidade de calor que flui através de uma parede que separa dois ambientes, mantidos em temperaturas diferentes, é tanto *menor* quanto *maior* for:
a) a espessura da parede.
b) a condutividade térmica do material da parede.
c) a diferença de temperatura entre os dois ambientes.
d) o intervalo de tempo de exposição.
e) a área da parede.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

1. Leia atentamente as afirmativas abaixo:

I - para refrigerar um barril de chope, fechado, deve-se colocar gelo sobre o mesmo e nunca embaixo.

III - quando nos aproximamos de uma fogueira sentimos calor devido, principalmente, à condução térmica que se dá pelo ar.

III - os ventos em geral e as brisas litorâneas, em particular, são correntes de convecção gasosas. No litoral, durante o dia, as massas de ar sobre a Terra sobem, dando lugar ao ar que vem do mar para a Terra.

Entre as afirmativas, está(ão) correta(s)

a) somente I.
b) somente II.
c) II e III.
d) I e III.
e) I, II e III.

Instrução para as questões 02 e 03.

A propriedade de certos gases da atmosfera, para absorver parte do calor refletido pela superfície aquecida da Terra, produz o fenômeno denominado de efeito estufa, graças ao qual a temperatura média da superfície do planeta é mantida em cerca de 15 ºC. Embora seja um fenômeno natural e benéfico, a sua intensificação pode resultar em graves problemas ecológicos.

Entre os componentes da atmosfera, o gás carbônico e o vapor d'água são os mais responsáveis pelo aprisionamento da energia refletida. Entretanto, óxidos de nitrogênio, metano, freons e determinados tipos de partículas sólidas contribuem, também, para o fenômeno.

A combustão de materiais de origem fóssil, a exemplo do carvão de pedra, do petróleo e de seus derivados, em plan-

tas industriais, em automóveis e em aeronaves, bem como a queima de matéria orgânica natural, têm sido responsáveis pelo lançamento de grandes quantidades de CO_2, H_2O e partículas sólidas na atmosfera.

2. (UNIFACS) O efeito estufa, que resulta do aprisionamento do calor pela atmosfera terrestre, ocorre porque
a) a Terra, como todo bom absorvedor de energia térmica, é também um bom emissor.
b) o gás carbônico e o vapor d'água dificultam a propagação da radiação infravermelha emitida pela Terra.
c) só a luz visível pode se converter em energia térmica, por absorção.
d) o metano, os freons e certas partículas sólidas são transparentes à radiação infravermelha emitida pela Terra.
e) o calor proveniente do Sol propaga-se no vácuo, por condução.

3. (UNIFACS) Estima-se que, sem o efeito estufa, a temperatura média da Terra seria de 18 ºC abaixo de zero, o que corresponderia, na escala Kelvin, a
a) zero
b) 212
c) 255
d) 273
e) 291

4. (FATEC) O calor pode ser transmitido de um local para outro por três processos: o da radiação, o da condução e o da convecção. O aquecimento por convecção exige a presença de
a) um meio líquido ou gasoso.
b) um meio metálico.
c) vácuo.
d) um isolante perfeito.
e) um meio sólido.

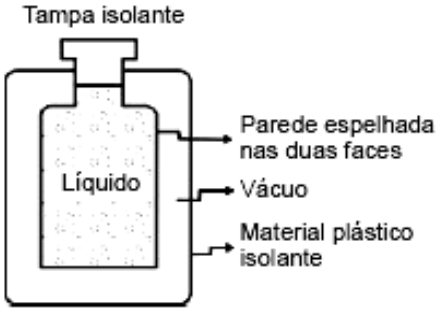
5. (UFES) Um ventilador de teto, fixado acima de uma lâmpada incandescente, apesar de desligado, gira lentamente algum tempo após a lâmpada estar acesa. Esse fenômeno é devido à
a) convecção do ar aquecido.
b) condução do calor.
c) irradiação da luz e do calor.
d) reflexão da luz.
e) polarização da luz.

6. (ESAM) O congelador (evaporador) de uma geladeira é localizado em sua parte superior porque a transmissão de calor em seu interior se faz, predominantemente, por convecção, e o ar
a) frio desce e o quente sobe.
b) quente sobe por ser mais denso.
c) frio desce por ser menos denso.
d) quente desce.
e) frio sobe.

7. (PUCSP) Nas garrafas térmicas, usa-se uma parede dupla de vidro. As paredes são espelhadas e entre elas há vácuo. Assinale a alternativa correta:
a) O vácuo entre as paredes evita perdas de calor por radiação.
b) As paredes são espelhadas para evitar perdas de calor por condução.
c) As paredes são espelhadas para evitar perdas de calor por radiação.
d) O vácuo entre as paredes acelera o processo de convecção.
e) As paredes são espelhadas para evitar perdas de calor por convecção.

8. (UNIRIO) Para que a vida continue existindo em nosso planeta, necessitamos sempre do calor que emana o sol. Sabemos que esse calor está relacionado a reações de fusão nuclear no interior desta estrela. A transferência de calor do sol para nós ocorre através de
a) convecção
b) condução
c) irradiação
d) dilatação térmica
e) ondas mecânicas

9. (UNIRIO)



A figura acima representa um corte transversal numa garrafa térmica hermeticamente fechada. Ela é constituída por duas paredes. A parede interna é espelhada em suas duas faces e entre ela e a parede externa existe uma região com vácuo. Como se explica o fato de que a temperatura de um fluido no interior da garrafa mantém-se quase que inalterada durante um longo período de tempo?
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.

10. (FMABC-SP) Atualmente, os diversos meios de comunicação vêm alertando a população para o perigo que a Terra começou a enfrentar já há algum tempo: o chamado "efeito estufa!. Tal efeito é devido ao excesso de gás carbônico, presente na atmosfera, provocado pelos poluentes dos quais o homem é responsável direto. O aumento de temperatura provocado pelo fenômeno deve-se ao fato de que:
a) a atmosfera é transparente á energia radiante e opaca para as ondas de calor;
b) a atmosfera é opaca à energia radiante e transparente para as ondas de calor;
c) a atmosfera é transparente tanto para a energia radiante como para as ondas de calor;
d) a atmosfera é opaca tanto para a energia radiante como para as ondas de calor;
e) a atmosfera funciona como um meio refletor para a energia radiante e como meio absorvente para as ondas de calor.

11. (FAPIPAR - PR) Uma carteira escolar é construída com partes de ferro e partes de madeira. Quando você toca a parte de madeira com a mão direita e a parte de ferro com a mão esquerda, embora todo o conjunto esteja em equilíbrio térmico:
a) a mão direita sente mais frio que a esquerda, porque o ferro conduz melhor o calor;
b) a mão direita sente mais frio que a esquerda, porque a convecção na madeira é mais notada que no ferro;
c) a mão direita sente mais frio que a esquerda, porque a convecção no ferro é mais notada que na madeira;

d) a mão direita sente menos frio que a esquerda, porque o ferro conduz melhor o calor;
e) a mão direita sente mais frio que a esquerda, porque a madeira conduz melhor o calor.

12. (UNITAU - SP) Num dia quente você estaciona o carro num trecho descoberto e sob um sol causticante. Sai e fecha todos os vidros. Quando volta, nota que "o carro parece um forno". Esse fato se dá por que:
a) o vidro é transparente à luz solar e opaco ao calor;
b) o vidro é transparente apenas às radiações infravermelhas;
c) o vidro é transparente e deixa a luz entrar;
d) o vidro não deixa a luz de dentro brilhar fora;
e) n.d.a.

13. Assinale a alternativa correta:
a) A condução e a convecção térmica só ocorrem no vácuo.
b) No vácuo, a única forma de transmissão do calor é por condução.
c) A convecção térmica só ocorre nos fluidos, ou seja, não se verifica no vácuo nem em materiais no estado sólido.
d) A radiação é um processo de transmissão do calor que só se verifica em meios sólidos.
e) A condução térmica só ocorre no vácuo; no entanto, a convecção térmica se verifica inclusive em matérias no estado sólido.

14. (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

15. (Enem) A refrigeração e o congelamento de alimentos são responsáveis por uma parte significativa do consumo de energia elétrica numa residência típica. Para diminuir as perdas térmicas de uma geladeira, podem ser tomados alguns cuidados operacionais:

I. Distribuir os alimentos nas prateleiras deixando espaços vazios entre eles, para que ocorra a circulação do ar frio para baixo e o ar quente para cima.
II. Manter as paredes do congelador com camada bem espessa de gelo, para que o aumento da massa de gelo aumente a troca de calor no congelador.
III. Limpar o radiador (“grade” na parte de trás) periodicamente, para que a gordura e a poeira que nele se depositam não reduzam a transferência de calor para o ambiente.

Para uma geladeira tradicional é correto indicar apenas:
a) a operação I.
b) a operação II.
c) as operações I e II.
d) as operações I e III.
e) as operações II e III.

16. (VUNESP) Uma garrafa de cerveja e uma lata de cerveja permanecem durante vários dias numa geladeira. Quando se pegam com as mãos desprotegidas a garrafa e a lata para retirá-las da geladeira, tem-se a impressão de que a lata está mais fria do que a garrafa. Este fato é explicado pelas diferenças entre
a) as temperaturas da cerveja na lata e da cerveja na garrafa.
b) as capacidades térmicas da cerveja na lata e da cerveja na garrafa.
c) os calores específicos dos dois recipientes.
d) os coeficientes de dilatação térmica dos dois recipientes.
e) as condutividades térmicas dos dois recipientes.

17. (Unifenas-MG) Analise as proposições:

I. A sensação de frio que uma pessoa tem está relacionada com a rapidez com que ela perde calor para o meio ambiente.
II. Entre as paredes de vidro de uma garrafa térmica (vaso de Dewar) faz-se vácuo para evitar trocas de calor com o meio ambiente por condução e por convecção.
III. Uma garrafa térmica, com café quente em seu interior, deve permanecer bem fechada para evitar trocas de calor com o meio externo, por convecção.

Estão corretas as preposições:
a) I e II.
b) II e III.
c) I e III.
d) I, II e III.
e) nenhuma.

18. (Mackenzie) Quando estamos numa sala onde a temperatura é 30ºC, dizemos que o ambiente está quente. Ao tocarmos na maçaneta de bronze de uma das portas, teremos a sensação quase imediata de que ela está fria, porém, ao tocarmos na porta, que é de madeira, levaremos um tempo bem maior para ter a mesma sensação. Tal fato se explica por ser o bronze um..... condutor de calor e a madeira um..... condutor. O “frio” que sentimos é a sensação de perda de calor que a mão sofre até se atingir o..... .

A alternativa que preenche correta e ordenadamente as lacunas é:
a) bom – mau – ponto tríplice.
b) mau – bom – repouso molecular.
c) bom – mau – repouso molecular.
d) mau – bom – equilíbrio térmico.
e) bom – mau – equilíbrio térmico.

19. (Olimpíada Brasileira de Física) Um estudante caminha descalço em um dia em que a temperatura ambiente é de 28 ºC. Em um certo ponto, o piso de cerâmica muda para um assoalho de madeira, estando ambos em equilíbrio térmico. O estudante tem então a sensação de que a cerâmica estava mais fria que a madeira. Refletindo um pouco, ele conclui corretamente que:
a) a sensação de que as temperaturas são diferentes de fato representa a realidade física, uma vez que a cerâmica tem uma capacidade calorífica menor que a madeira.
b) a sensação de que as temperaturas são diferentes não representa a realidade física, uma vez que a cerâmica tem uma capacidade calorífica menor que a madeira.
c) a sensação de que as temperaturas são diferentes de fato representa a realidade física, uma vez que a condutividade térmica da cerâmica é maior que a da madeira.
d) a sensação de que as temperaturas são diferentes não representa a realidade física, uma vez que a condutividade térmica da cerâmica é maior que a da madeira.
e) não há elementos físicos suficientes para afirmar se a sensação térmica corresponde ou não à realidade, uma vez que para tanto seria necessário saber os calores específicos da cerâmica, da madeira e também da pele humana.

20. (UNISINOS) Profissionais da área de saúde recomendam o uso de roupas claras para a prática de exercícios físicos, como caminhar ou correr, principalmente no verão. A preferência por roupas claras se deve ao fato de que elas:
a) absorvem menos radiação térmica do que as roupas escuras.
b) refletem menos a radiação térmica do que as roupas escuras.
c) absorvem mais a radiação térmica do que as roupas escuras.

d) impedem a formação de correntes de convecção com maior facilidade do que as roupas escuras.
e) favorecem a condução do calor por apresentarem maior condutibilidade térmica do que as roupas escuras.

GABARITO

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

1) A	**2)** B	**3)** E	**4)** E	**5)** D
6) C	**7)** A	**8)** D	**9)** E	**10)** A

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

1) D	**2)** B	**3)** C	**4)** A	**5)** A
6) A	**7)** C	**8)** C	**9)** C	**10)** A
11) D	**12)** A	**13)** C	**14)** D	**15)** D
16) E	**17)** D	**18)** E	**19)** C	**20)** A

MÓDULO 8

III – MUDANÇA DE FASE (SUBSTÂNCIAS PURAS E CRISTALINAS)

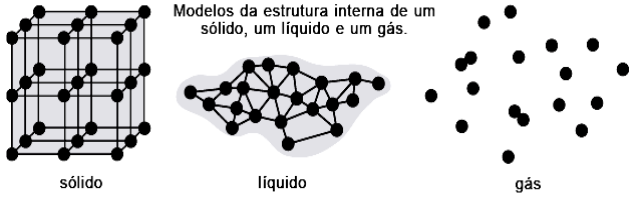
1- ESTADOS DA MATÉRIA

As substâncias se apresentam, na natureza, em três fases (ou estados) diferentes, denominadas fase sólida, fase líquida e fase gasosa.

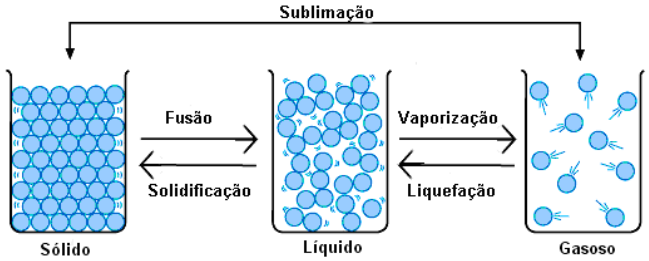
1.1- Estado sólido: os átomos se encontram muito próximos uns dos outros e ligados por forças elétricas relativamente grandes. Os sólidos apresentam forma própria e oferecem uma certa resistência a deformações.

1.2- Estado líquido: os átomos se encontram mais afastados uns dos outros do que no estado sólido e, conseqüentemente, as forças de ligação entre eles são mais fracas. Os líquidos não oferecem resistência à penetração e tomam a forma do recipiente onde são colocados.

1.3- Estado gasoso: o afastamento entre átomos ou moléculas é muito maior do que nos sólidos e líquidos, sendo praticamente nula a força de ligação entre essas partículas. Os gases não apresentam forma definida e ocupam sempre o volume total do recipiente onde estão contidos.



2- MUDANÇAS DE FASE



OBS.: VAPORIZAÇÃO

É a passagem do estado líquido para o gasoso e pode ocorrer de três formas diferentes:

- **EBULIÇÃO** - mudança de fase a determinada pressão e temperatura. A água entra em ebulição sob pressão de 1 atm à temperatura de 100 ºC.

- **EVAPORAÇÃO** - fenômeno que se observa a qualquer temperatura, através da superfície exposta ao meio ambiente. Isso ocorre porque as moléculas com maior velocidade escapam através da superfície livre do líquido. Ao ocorrer evaporação, a temperatura do líquido diminui, pois ao escaparem as moléculas com maior velocidade, diminui a energia cinética. Quanto maior é a área livre, maior é a evaporação.

- **CALEFAÇÃO** - fenômeno que ocorre a temperaturas acima da temperatura normal de vaporização. É observável, por exemplo, ao se deixar cair uma gota d'água numa chapa de metal, a uma temperatura acima do ponto de vaporização.

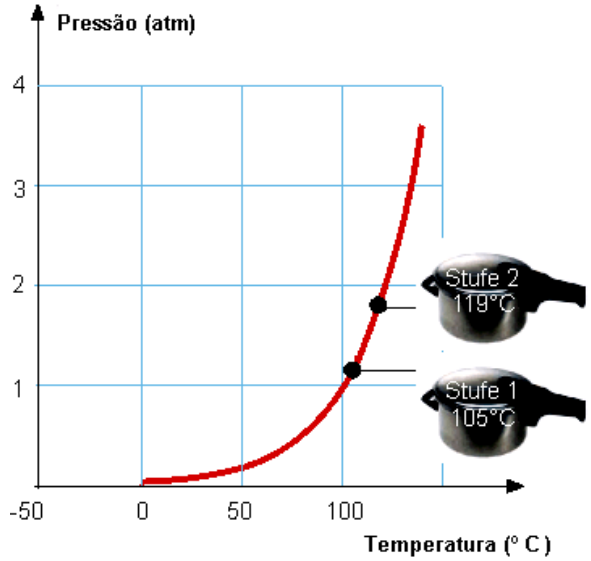
OBS.: Temperatura durante a mudança de estado

Nas substâncias puras, sob pressão constante, a temperatura não se altera durante a mudança de estado. Durante a ebulição da água a 1 atm, a temperatura permanece em 100 ºC e, se aumentarmos a intensidade da chama ocorre apenas o aumento da velocidade da ebulição.

3- INFLUÊNCIA DA PRESSÃO

Com exceção da fusão, em todas as outras mudanças de estado à medida que a pressão aumenta a temperatura em que ocorrem também aumenta.

No caso da água, por exemplo, à pressão de 1 atm a temperatura de ebulição é 100ºC. No entanto, a 9000 metros de altura, onde a pressão atmosférica é de, aproximadamente, 0,32 atm, a ebulição da água ocorre a 70ºC.



A fusão da maioria das substâncias tem comportamento idêntico, ou seja, quanto maior o valor da pressão, maior será a temperatura de fusão.

No entanto, a fusão de algumas substâncias, como a água, o ferro, o bismuto e o antimônio, foge à regra geral, isto é, à medida que aumenta a pressão diminui a temperatura na qual ocorre a fusão.

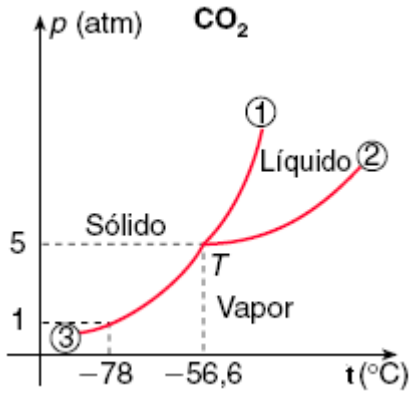
A fusão do gelo, sob pressão de 1 atm, ocorre a 0ºC. No entanto, com pressões superiores a 1 atm o gelo funde-se a uma temperatura mais baixa. Uma aplicação desse fato é o gelo sob a lâmina da bota do patinador (pressão muito grande) que se funde, apesar da sua temperatura ser inferior a 0ºC, permitindo que se deslize facilmente sobre a pista. Assim que o patinador acaba de passar, a pressão retorna a 1 atm e a água volta ao estado sólido, pois sua temperatura é inferior a 0ºC.

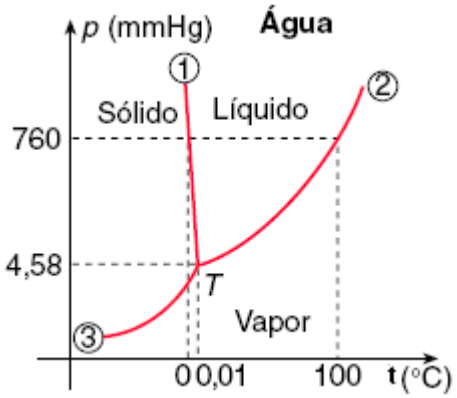
4- DIAGRAMA DE FASES DE SUBSTÂNCIAS PURAS:

O diagrama de fases de uma substância pura é uma representação gráfica dos valores da pressão e da temperatura que determinam o estado de agregação em que o corpo se encontra.

O diagrama de fases é composto de três curvas que delimitam três regiões distintas. As regiões se referem as fases à fase sólida, à fase líquida e à fase gasosa.

Como exemplo, vamos considerar os diagramas do gás carbônico (comportamento normal) e da água (exceção).



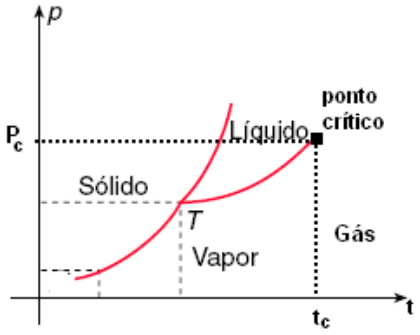


Curva de fusão (1): Delimita as regiões correspondentes às fases sólida e líquida. Cada ponto dela é representativo de um estado de equilíbrio entre essas fases.

Curva de vaporização (2): Delimita as regiões correspondentes às fases líquida e de vapor. Cada ponto dela é representativo de um estado de equilíbrio entre essas fases.

Curva de sublimação (3): Delimita as regiões correspondentes às fases sólida e de vapor. Cada ponto dela é representativo de um estado de equilíbrio entre essas fases.

4.1- Ponto Triplo: O ponto triplo representa as únicas condições de temperatura e pressão as quais as fases sólida, líquida e de vapor, de uma substância, coexistem em equilíbrio.



4.2- Temperatura Crítica: é a maior temperatura na qual o vapor de uma substância pode ser liquefeito, aumentando-se a pressão sobre ele.

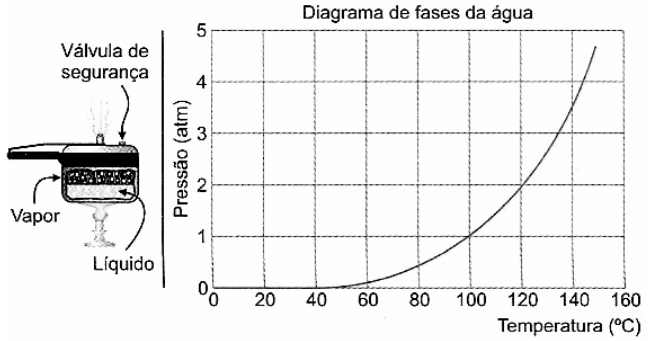
4.3-Pressão Crítica: é a pressão necessária para liquefazer um vapor que se encontra na temperatura crítica.

Obs.: Quando a temperatura de uma substância for maior do que sua temperatura crítica, ela não pode ser liquefeita, por maior que seja a pressão. Nesta condição, recebe o nome de gás.

EXERCÍCIOS DE AULA

1. (Mackenzie) No rótulo da embalagem de um produto importado está escrito: "conservar sob temperaturas de 5 °F a 23 °F". Se o ponto de fusão deste produto é -4 °C e o de ebulição é 40 °C, conclui-se que, no intervalo de temperatura recomendado, o produto se encontra:
a) sempre no estado sólido.
b) sempre no estado líquido.
c) sempre no estado gasoso.
d) no estado líquido e no estado gasoso.
e) no estado sólido e no estado líquido.

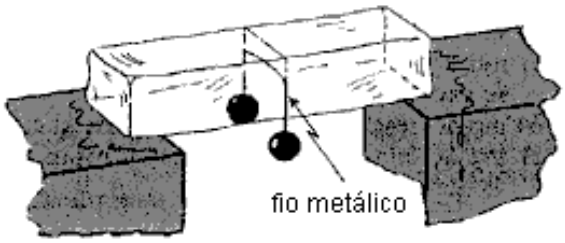
2. (Enem) A panela de pressão permite que os alimentos sejam cozidos em água muito mais rapidamente do que em panelas convencionais. Sua tampa possui uma borracha de vedação que não deixa o vapor escapar, a não ser pelo orifício central sobre o qual assenta um peso que controla a pressão. Quando em uso, desenvolve-se uma pressão elevada no seu interior. Para manuseá-la com segurança, 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 é um diagrama de fases da água são apresentados abaixo.



A vantagem do uso da panela de pressão é a rapidez para o cozimento e isso se deve:
a) à pressão no seu interior, que é igual à pressão externa.
b) à pressão no 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 de sua parede, que é maior que a das panelas comuns.

3. (Enem) Se, por economia, abaixarmos o fogo sob uma panela de pressão logo que se inicia a saída de vapor pela válvula, de forma simplesmente a manter a fervura, o tempo de cozimento:
a) será maior porque a panela “esfria”.
b) será menor porque diminui a perda de água.
c) será maior porque a pressão diminui.
d) será maior porque a evaporação diminui.
e) não será alterado porque a temperatura não varia.

4. (PUC-SP) Na experiência da figura, um fio metálico com pesos nas extremidades atravessa um bloco de gelo em temperatura inferior a 0ºC sem cortá-lo em dois. A região em contato com o fio se liquefaz, voltando a se solidificar após a passagem do fio. Por que isso ocorre?



5. (MACKENZIE-SP) No romance de Hans Ruesch, "Top of the world", são retratados os costumes dos esquimós. Durante o relato de uma caçada, lemos: "A temperatura fez-se mais fria, lá nas alturas, com 45 ou 51 graus centígrados (Celsius), abaixo de zero (...) - E eles precisavam ter o cuidado de não se esforçar, nem começar a transpirar (...)". Fisicamente, podemos dizer que a recomendação de não vir a transpirar se deve à possibilidade do fenômeno da:
a) vaporização do suor.
b) condensação do suor.
c) sublimação do suor.
d) solidificação do suor.
e) fusão do suor.

EXERCÍCIOS PROPOSTO

1. (FURG) Neste estado físico da matéria, as substâncias apresentam volume bem determinado e forma bem definida, sendo resistentes a deformações. Seus átomos ou moléculas encontram-se relativamente próximos uns dos outros, ligados por intensas forças elétricas, que os mantêm em posições bem definidas. Quando os átomos estão distribuídos de maneira organizada, em estruturas que se repetem, as substâncias são chamadas cristais. Por outro lado, quando a estrutura é desorganizada, são denominadas amorfas. A que estado físico o texto se refere?
a) Sólido
b) Líquido
c) Gasoso
d) Vapor
e) Plasma

2. (UDESC) Leia com atenção e analise as afirmativas abaixo relacionadas.

I – Você percebe que a água da panela em que você está cozinhando começou a *ferver*. Uma providência correta é baixar a chama do fogão, porque durante a ebulição a temperatura da água não se elevará mais até que todo o líquido tenha-se vaporizado e é desperdício fornecer mais calor, mantendo a chama alta.
II – O ponto de ebulição da água é sempre igual a 100° C, em qualquer ponto da superfície terrestre, não importando a latitude, porque a pressão atmosférica não exerce influência na sua temperatura de ebulição.
III – Uma panela de pressão pode representar economia, porque, quando fechada, a pressão no interior dela é maior do que a pressão atmosférica e a água atingirá temperaturas maiores do que 100° C, fazendo com que os alimentos cozinhem mais rapidamente.

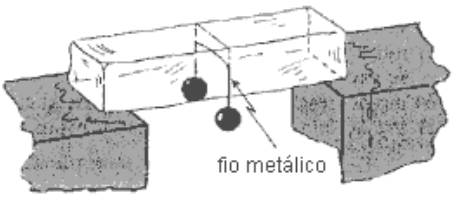
Assinale a alternativa **CORRETA**:
a) Somente a afirmativa III é verdadeira.
b) Somente a afirmativa II é verdadeira.
c) Somente as afirmativas I e III são verdadeiras.
d) Todas as afirmativas são verdadeiras.
e) Todas as afirmativas são falsas.

3. (ACAFE) A prendendo a cozinhar!
Para cozinhar um alimento, mergulhado em água, deve-se mantê-lo por alguns minutos em uma temperatura de 120ºC.
A alternativa **VERDADEIRA**, que representa o modo de conseguir este cozimento, é:
a) Colocar o alimento e a água numa panela comum, levar ao fogo até a água atingir a temperatura de 120ºC e esperar o tempo necessário.
b) Como a temperatura de ebulição da água é 100ºC, não conseguiremos nunca cozinhar este alimento.
c) Levar a água ao fogo em uma panela comum até atingir 120ºC, colocar o alimento e esperar o tempo necessário.
d) Colocar o alimento e a água numa panela de pressão fechada, levar ao fogo até a água atingir 120ºC e esperar o tempo necessário.

e) Colocar o alimento e a água numa panela de barro, levar ao fogo até a água atingir a temperatura de 120ºC e esperar o tempo necessário.

4. (FURG) A água, num local de grande altitude, ferve:
a) a 100°C, porque a temperatura de ebulição não depende da altitude e nem da pressão atmosférica.
b) numa temperatura acima de 100° C porque quanto maior a altitude maior é a temperatura de ebulição.
c) numa temperatura acima de 100°C porque quanto maior a pressão atmosférica maior é a temperatura de ebulição.
d) numa temperatura abaixo de 100°C porque quanto menor a pressão atmosférica menor é a temperatura de ebulição.
e) numa temperatura abaixo de 100°C porque quanto maior a pressão atmosférica menor é a temperatura de ebulição.

5. (PUC) Colocando um arame fino sobre uma barra de gelo, preso a dois pesos iguais, conforme a figura, notamos que o arame atravessa a barra sem, no entanto, parti-la. Explicamos o fato assim:



a) por ser suficiente fino, o arame passa através do gelo sem deslocar as moléculas deste.
b) o arame parte o gelo, mas este tem a propriedade de soldar-se.
c) pela pressão do arame, o gelo derrete; deixando de existir a pressão do arame, o gelo refaz-se.
d) o arame atua como catalisador à sua passagem.
e) não há explicação plausível para o fenômeno.

6. (PUC) A tabela abaixo mostra algumas cidades com suas respectivas altitudes:

Cidade	Altitude(m)
A	3.000
B	1.000
C	0
D	-100

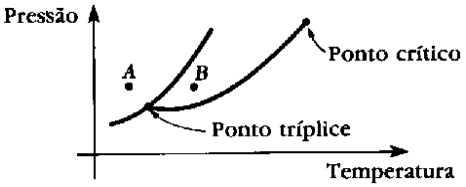
Nas condições ambientais, a menor temperatura de ebulição da água e a maior pressão atmosférica serão encontradas, respectivamente, nas cidades:
a) C e D
b) A e D
c) B e C
d) C e A
e) D e A

7. (ACAFE) Três termômetros de mercúrio são colocados durante um mesmo intervalo de tempo sob exposição direta do Sol. O termômetro A é normal, B tem o bulbo pintado de preto e C tem o bulbo recoberto por uma gaze úmida. Com relação às *temperaturas indicadas pelos termômetros*, é **VERDADEIRO** afirmar:
a) $T_A = T_B = T_C$
b) $T_C > T_A > T_B$
d) $T_B > T_C > T_A$
c) $T_A > T_B > T_C$
e) $T_B > T_A > T_C$

8. (ACAFE) Em Florianópolis, a água congela a **0ºC** e ferve a **100ºC**, num recipiente aberto. Em São Joaquim, que está a **1360m** de altitude, a água, num recipiente aberto, congela _____ **0ºC** e ferve _____ **100ºC**.
A alternativa que completa o enunciado, em seqüência, é:
a) acima de - abaixo de
b) abaixo de - abaixo de
c) acima de - acima de
d) abaixo de - acima de
e) também a - também a

9. (UFSM) Assinale a alternativa que completa corretamente o sentido das frases.
Costuma-se soprar sobre a superfície de um líquido quente para que ele esfrie. Esse procedimento está correto: a pressão dos vapores _____, acarretando que a velocidade de evaporação do líquido _____ e que a temperatura do líquido _____, pois uma parcela da energia foi consumida na evaporação.
a) diminui - aumenta - diminui
b) diminui - diminui - diminui
c) diminui - aumenta - aumenta
d) aumenta - aumenta - aumenta
e) aumenta - diminui - diminui

O enunciado é para as questões 10 e 11: A figura representa o diagrama de fase de uma substância simples.



10. (UFPA) Se a substância simples for expandida isotermicamente a partir do estado B, ela sofrerá:
a) fusão
b) liquefação
c) solidificação
d) sublimação
e) vaporização

11. (UFPA) Uma mudança do estado A para o estado B chama-se:
a) ebulição
b) fusão
c) sublimação
d) vaporização
e) solidificação

12. (FM Santos -SP) O bismuto aumenta de volume ao solidificar-se. Um aumento de pressão sobre uma amostra de bismuto:
a) faz com que diminua sua temperatura de fusão;
b) faz com que aumente sua temperatura de fusão;
c) não altera sua temperatura de fusão;
d) pode alterar sua temperatura de fusão, dependendo da geometria da amostra.

13. (CESCEA-SP) A água aumenta seu volume quando é solidificada a partir do estado líquido. O CO_2 diminui seu volume quando é solidificado a partir do estado líquido. Podemos dizer sobre os pontos de fusão dessas substâncias que:
a) os pontos de fusão de ambas aumentam com o aumento de pressão.
b) o ponto de fusão da água aumenta enquanto o do CO_2 diminui com o aumento da pressão.
c) o ponto de fusão da água diminui enquanto o do CO_2 aumenta com o aumento da pressão
d) os pontos de fusão de ambas permanecem constantes com a pressão.

14. (U.Moji das Cruzes-SP) Considere as seguintes proposições relativas à fusão:
I - A temperatura em que se dá a fusão depende exclusivamente da natureza da substância e da pressão;
II - Enquanto se processa a fusão, a temperatura do sistema se mantém constante, quaisquer que sejam as demais condições.
III - Para a maioria das substâncias, a fusão se dá com aumento de volume.

Sobre essas proposições podemos afirmar que:
a) todas as proposições são corretas.
b) todas as proposições são incorretas.
c) II e III são incorretas, mas I é correta.
d) I e III são corretas, mas II é incorreta.
e) só II é correta.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

1. Um nadador tem uma acentuada sensação de frio ao sair de uma piscina em um dia de vento. Isso ocorre porque
a) o vento é mais frio na beira de piscinas.
b) o corpo do nadador estava acostumado com o calor d'água.
c) o esforço na natação esgota o calor do corpo.
d) o vento dificulta a evaporação.
e) o vento facilita a evaporação.

2. Quando o vapor d'água se condensa na atmosfera para dar origem a uma tempestade, a temperatura do ar na região aumenta sensivelmente, porque
a) ao se condensar, o vapor desprende calor para a atmosfera.
b) a pressão diminui, permitindo que o calor propague mais livremente.
c) a pressão aumenta, dando a sensação de aumento de temperatura.
d) a condensação é a mudança de estado isotérmica.
e) a condensação é um processo endotérmico.

3. As águas colocadas em moringas de barro são mais frias do que o ambiente porque
a) o barro sempre retira calor da água quando colocado junto dela.
b) o barro, sendo poroso, deixa escapar calor pelos poros.
c) uma pequena porção de água vasa pelos poros e, ao evaporar, retira calor
da água que fica.
d) a água tem alto calor específico.
e) o barro é mais frio que o ambiente.

4. (FUVEST) Nos dias frios, quando uma pessoa expele ar pela boca, forma-se uma espécie de fumaça junto ao rosto. Isto ocorre porque a pessoa
a) expele ar quente, que condensa o vapor de água existente na atmosfera.
b) expele o ar quente e úmido, que esfria, ocorrendo a condensação dos vapores expelidos.
c) expele ar frio, que provoca a condensação do vapor de água na atmosfera.
d) provoca a evaporação da água existente no ar.
e) provoca a liquefação do ar, com seu calor.

5. (PUC) Sabe-se que a água pode entrar em ebulição em diferentes temperaturas. A grandeza física que modifica a temperatura de ebulição da água é denominada:
a) volume.
b) calor específico.
c) calor latente.
d) pressão.
e) massa.

6. Quando se passa álcool na pele, sente-se que ela esfria naquele local. Isso se deve ao fato de o álcool:
a) ser normalmente mais frio que a pele.
b) ser normalmente mais frio do que o ar.
c) absorver calor da pele para evaporar.
d) ser isolante térmico.
e) ter baixa densidade.

7. Cidade como Rio Grande e Pelotas, onde a umidade relativa do ar é bastante elevada, muitas vezes, mesmo a temperaturas relativamente baixas, 25°C, por exemplo, sentimos um desconforto térmico (sensação de calor opressivo). Isto se dá porque:
a) a pressão máxima de vapor independe da temperatura.
b) a umidade relativa dificulta a evaporação do suor.
c) o vapor de água contido no ar está muito denso.
d) o vapor de água contido no ar fornece calor ao organismo.
e) nenhuma das anteriores.

8. (UNISSINOS) Uma criança aperta dois cubinhos de gelo um contra o outro e observa que eles ficam "grudados". Isso ocorre porque o aumento de pressão..... a temperatura de fusão e a volta às condições de pressão normal provoca a ..... .
a) aumenta ; fusão
b) aumenta ; solidificação
c) não modifica ; fusão
d) diminui; solidificação
e) diminui; fusão

9. (UFRGS) A maioria dos corpos aumenta de volume quando recebe energia transferida por diferença de temperatura.
Qual das alternativas refere-se a um processo que isso NÃO acontece?
a) Água é aquecida de 20°C a 70°C.
b) Gelo no ponto de fusão (0°C) é aquecido e se funde.
c) O mercúrio de um termômetro é aquecido de 20°C a 70°C.
d) Mercúrio sólido no ponto de fusão (-39°C) é aquecido e se funde.
e) Um bloco de alumínio é aquecido de 20°C a 70°C.

10. (UFRGS) As moléculas de um líquido encontram-se em permanente agitação, movimentando-se em todas as direções, com velocidades de módulos variados. Algumas das moléculas que atingem a superfície do líquido, com valores de velocidade suficientemente altos conseguem escapar do seu interior. Considerando que são as moléculas de maior velocidade que escapam do líquido e que as de menor velocidade nele permanecem, a energia cinética média das moléculas do líquido diminui, o que representa um decréscimo da sua temperatura. O número de moléculas que escapa por unidade de tempo depende de fatores como a temperatura do líquido, a área de sua superfície livre e a ventilação nas proximidades dessa superfície.
O texto acima refere-se ao fenômeno de:
a) evaporação.
b) sublimação.
c) fusão.
d) condensação.
e) solidificação.

11. (PUC-MG) A água entra em ebulição à temperatura de 100ºC, quando submetida a uma pressão de 1 atm. Um antigo livro de Física diz que "é possível que a água entre em ebulição à temperatura ambiente". Sobre esse enunciado, podemos seguramente afirmar que:
a) é verdadeiro, somente se a pressão sobre a água for muito menor que 1 atm.
b) é falso, não havendo possibilidade de a água entrar em ebulição à temperatura ambiente.
c) é verdadeiro, somente se a pressão sobre a água for muito maior que 1 atm.
d) é verdadeiro, somente se a temperatura ambiente for muito elevada, como ocorre em clima de deserto.
e) é verdadeiro somente para a "água pesada", tipo de água em que cada átomo de hidrogênio é substituído pelo seu isótopo conhecido como deutério.

12. (CESGRANRIO) A sensação de frio que experimentamos, quando, num dia ensolarado, saímos da água do mar, se deve fundamentalmente:
a) à evaporação da água residual que fica sobre nossa pele após nos banharmos;
b) ao fato de a temperatura da água do mar ser algo menor do que a temperatura ambiente;

c) ao elevado calor específico da água;
d) à perda do isolamento térmico antes proporcionado pela água quando nela ainda estávamos imersos;
e) à filtragem do calor dos raios solares pela água que ainda molha nossa pele após sairmos da água.

13. (Mackenzie) No rótulo da embalagem de um produto importado está escrito: "conservar sob temperaturas de 5 °F a 23 °F". Se o ponto de fusão deste produto é -4 °C e o de ebulição é 40 °C, conclui-se que, no intervalo de temperatura recomendado, o produto se encontra:
a) sempre no estado sólido.
b) sempre no estado líquido.
c) sempre no estado gasoso.
d) no estado líquido e no estado gasoso.
e) no estado sólido e no estado líquido.

14. (UFES) Os cozinheiros sabem que um bom pudim deve ser cozido em banho-maria: a fôrma contendo o pudim é mergulhada em um recipiente no qual se mantém água fervendo. A razão física para esse procedimento é que:
a) o cozimento se dá a pressão controlada.
b) o cozimento se dá a temperatura controlada.
c) a água é um bom isolante térmico.
d) o peso aparente do pudim é menor, devido ao empuxo (Princípio de Arquimedes).
e) a expansão volumétrica do pudim é controlada.

15. (U. Juiz de Fora-MG) 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 por que a pessoa pode diminuir a intensidade da chama e ainda assim a água continua a ferver.
a) Durante a mudança de estado, a quantidade de calor cedida para a água diminui e sua temperatura aumenta.
b) Durante a mudança de estado, a quantidade de calor cedida para a água e sua temperatura diminuem.
c) Apesar de o calor estar sendo cedido mais lentamente, na mudança de estado, enquanto houver água em estado líquido na vasilha, sua temperatura não varia.
d) O calor é cedido mais lentamente para a água, aumentando a temperatura de mudança de estado da água.
e) O calor é cedido mais lentamente para a água, diminuindo a temperatura de mudança de estado da água.

16. (Cefet-PR) A experiência de Tyndall mostra que um arame pode atravessar um bloco de gelo sem separá-lo em partes. Tal experiência comprova que:
a) o arame é um bom condutor de calor.
b) aumentando-se a pressão, todas as substâncias aumentam seu ponto de fusão.
c) aumentando-se a pressão, todas as substâncias diminuem seu ponto de fusão.
d) sob pressão maior, o gelo pode fundir numa temperatura até 4 °C.
e) aumentando-se a pressão, a temperatura de fusão do gelo diminui.

17. (Unimes-SP) A água entra em ebulição em Santos, ao nível do mar, a 100 °C. Já no alto do Monte Everest, cuja altitude é de aproximadamente 8000 m, a água entra em ebulição a 72 °C. Esta diferença é justificada pelo fato de que:
a) no Monte Everest, a pressão atmosférica é muito menor que a de Santos.
b) no Monte Everest, o ar frio impede o maior aquecimento da água.
c) em Santos, o calor é transferido com maior facilidade para a água.
d) no Monte Everest, a força gravitacional é muito menor do que a de Santos.
e) em grandes altitudes, há a formação natural de geleiras que impedem altas temperaturas.

18. (Efoa-MG) Uma panela de pressão com água até a metade é colocada no fogo. Depois que a água está fervendo, a panela é retirada do fogo e, assim que a água pára de ferver, ela é colocada debaixo de uma torneira de onde sai água fria. É observado que a água dentro da panela volta a ferver. Isto se deve ao fato de:
a) a água fria esquentar ao entrar em contato com a panela, aumentando a temperatura interna.
b) a água fria fazer com que o vapor dentro da panela condense, abaixando a pressão interna.
c) a temperatura da panela abaixar, contraindo o metal e aumentando a pressão interna.
d) a água fria fazer com que o vapor dentro da panela condense, aumentando a pressão interna.
e) a temperatura da panela abaixar, dilatando o metal e abaixando a pressão interna.

19. (UF-Viçosa-MG) É possível liquefazer-se um gás:
a) comprimindo-o a qualquer temperatura.
b) aumentando sua temperatura a qualquer pressão.
c) resfriando-o até uma temperatura abaixo da crítica e comprimindo-o.
d) comprimindo-o a uma temperatura acima da crítica.
e) diminuindo sua pressão acima da temperatura crítica.

20. (Ufla-MG) Um botijão de gás liquefeito de petróleo (gás de cozinha) apresenta um intenso vazamento na válvula. Podemos afirmar que:
a) o botijão ficará com a temperatura inalterada.
b) o botijão ficará com temperatura muito baixa, pois cederá energia ao gás para que este se vaporize.
c) o botijão ficará muito quente, porque o gás cede energia ao botijão para se vaporizar.
d) o botijão ficará muito quente, porque o gás escapa com grande velocidade.
e) o botijão ficará com temperatura inalterada, pois o processo ocorre sem trocas de calor.

GABARITO

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

1) A	**2)** C	**3)** D	**4)** D	**5)** C
6) B	**7)** E	**8)** A	**9)** A	**10)** E
11) B	**12)** A	**13)** C	**14)** D	

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

1) E	**2)** A	**3)** C	**4)** B	**5)** D
6) C	**7)** B	**8)** D	**9)** B	**10)** A
11) A	**12)** A	**13)** B	**14)** B	**15)** C
16) E	**17)** A	**18)** B	**19)** C	**20)** B

MÓDULO 9

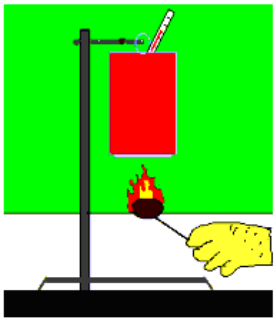
IV - CALORIMETRIA

1- INTRODUÇÃO

Como já foi visto anteriormente, denominamos de calor à transferência de energia térmica de um corpo de temperatura mais alta para outro de temperatura mais baixa, cessando o fluxo quando ambos atingem o equilíbrio térmico.

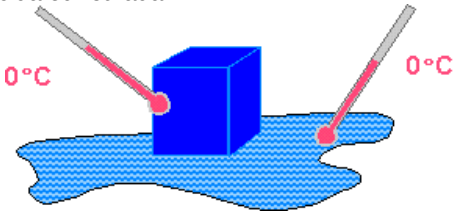
2- CALOR SENSÍVEL

É a quantidade de calor que é fornecida ou retirada de uma substância, produz variação de temperatura.



3- CALOR LATENTE

É a quantidade de calor que provoca mudança de fase, ao ser fornecida ou retirada.



4- CAPACIDADE TÉRMICA DE UM CORPO

A capacidade térmica de um corpo é definida pela relação entre a quantidade de calor sensível trocada (recebida ou cedida) e a correspondente variação de temperatura.

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

Unidades: $\frac{cal}{°C}; \frac{J}{k}$, etc.

Significado Físico: A capacidade térmica significa a quantidade de calor que devemos fornecer ou retirar um corpo, para que sua temperatura sofra uma variação unitária.

5- CALOR ESPECÍFICO DE UMA SUBSTÂNCIA

Para caracterizar termicamente uma substância e poder compará-la com outras, devemos determinar qual a sua **capacidade térmica específica (calor específico)**, ou seja, qual é a capacidade térmica que se obtém quando se considera uma unidade de massa da substância. O calor específico de uma substância é dado por:

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

Unidades: $\frac{cal}{g°C}, \frac{J}{kg.K}$, etc.

Significado Físico: O calor específico significa a quantidade de calor que devemos fornecer ou retirar de uma unidade de massa de um material para que a temperatura varia uma umidade.

Observações:

- A água é uma das substâncias que apresenta maior calor específico.
- O calor específico depende do estado físico da substância.
- Geralmente, o calor específico é considerado constante, mas, na realidade, ele depende da temperatura e da pressão.
- Se fornecermos a mesma quantidade de calor, a massas iguais, de substâncias diferentes, sofrerá maior variação de temperatura, a substância que possuir o menor calor específico.
- A capacidade térmica é uma propriedade do corpo enquanto o calor específico é uma característica da substância que constitui o corpo.
- Uma caloria (1 cal) é a quantidade de calor necessária para variar em 1 °C (entre 14,5 °C e 15,5 °C) a temperatura de 1 g de água.

6- CÁLCULO DE QUANTIDADE DE CALOR SENSÍVEL

$$Q = m.c.\Delta T \quad \text{ou} \quad Q = C.\Delta T$$

7- POTÊNCIA

$$P = \frac{Q}{\Delta t_{tempo}}$$

8- CÁLCULO DA QUANTIDADE DE CALOR LATENTE

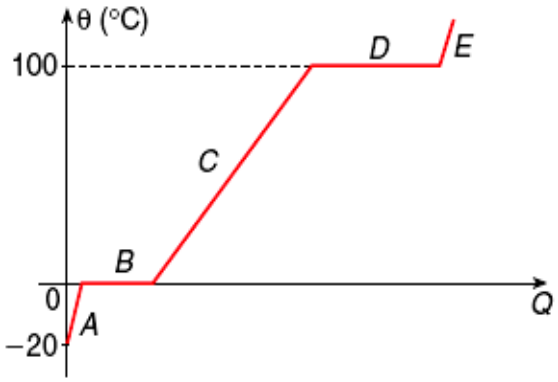
$$Q = mL$$

Q = quantidade de calor
M = massa que muda de fase
L = calor latente de mudança de fase

Significado Físico do Calor Latente: O valor de um calor latente nos informa a quantidade de calor que devemos fornecer ou retirar de uma unidade de massa de certa substância, para que ela mude de fase.

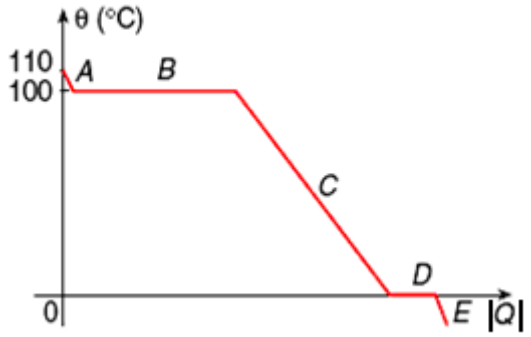
9- CURVAS DE AQUECIMENTO E RESFRIAMENTO DA ÁGUA (P = 1 atm)

a- Curva de aquecimento



A: aquecimento do gelo.
B: fusão do gelo (a 0 ºC).
C: aquecimento da água líquida.
D: vaporização da água líquida (a 100 ºC).
E: aquecimento do vapor.

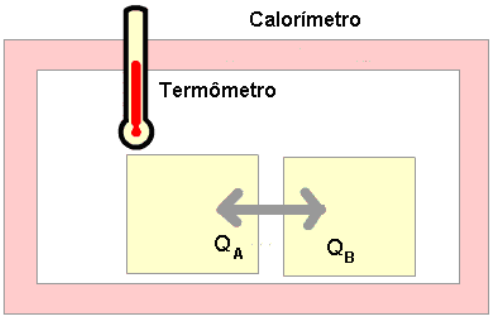
b- Curva de resfriamento



A: resfriamento do vapor.
B: condensação do vapor (a 100 ºC).
C: resfriamento da água líquida.
D: solidificação da água (a 0 ºC).
E: resfriamento do gelo.

10- PRINCÍPIOS DAS TROCAS DE CALOR

Se dois ou mais corpos são misturados, constituindo um sistema termicamente isolado, havendo entre eles apenas trocas de calor temos:

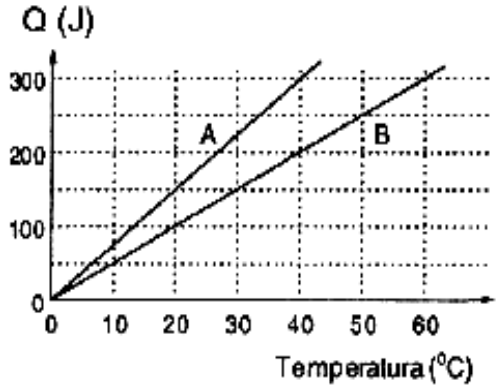


$$\sum Qcedido + \sum Qrecebido = 0$$

CALOR CEDIDO → negativo
CALOR RECEBIDO → positivo

EXERCÍCIOS DE AULA

1. (VUNES) A figura mostra as quantidades de calor Q absorvidas, respectivamente, por dois corpos, A e B, em função de suas temperaturas.



a) Determine a capacidade térmica CA do corpo A e a capacidade térmica CB do corpo B, em J/ºC.

b) Sabendo que o calor específico da substância de que é feito o corpo B é duas vezes maior que o da substância de A, determine a razão m_A/m_B entre as massas de A e B.

2. (VUNESP) Num mesmo local e ocasião, massas diferentes de água pura são aquecidas lado a lado, em dois recipientes abertos, desde a temperatura ambiente até começarem a ferver. Assinale a alternativa correta em relação aos valores, para os dois recipientes, das

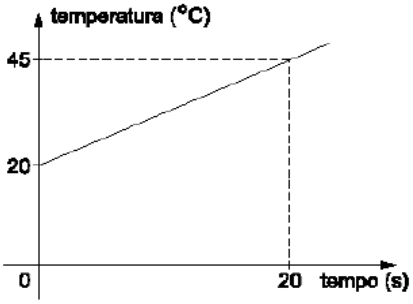
I - quantidades de calor recebidas pelas massas de água desde o início do aquecimento até começarem a ferver (despreze quaisquer tipos de perda);

II - temperaturas finais atingidas pelas massas de água e

III - densidades (ou massas específicas) das massas de água quando estão fervendo.

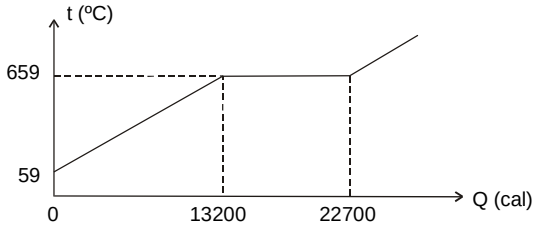
	I	II	III
a)	iguais	- iguais	- iguais
b)	diferentes	- diferentes	- diferentes
c)	iguais	- diferentes	- diferentes
d)	diferentes	- iguais	- diferentes
e)	diferentes	- iguais	- iguais

3. (FATEC) O gráfico representa a temperatura de uma amostra de 200 g de areia, em função do tempo de aquecimento. A areia recebe energia de uma fonte, cuja potência constante é de 210 J/s.



Adotando-se 1 cal = 4,2 J, o calor específico da areia considerada vale, em cal/g ºC,
a) 0,80
b) 0,50
c) 0,40
d) 0,30
e) 0,20

4. (UFPEL) Um pequeno bloco de alumínio, de massa igual a 100 g, inicialmente à temperatura de 59°C, recebe calor sob pressão normal, como mostra o gráfico abaixo.



Nessas condições, podemos afirmar que o calor específico do alumínio e seu calor latente de fusão valem, respectivamente,
a) 0, 20 cal/g°C e 227 cal/g.
b) 0,20 cal/g°C e 95 cal/g.
c) 0,22 cal/g°C e 227 cal/g.
d) 0,22 cal/g°C e 95 cal/g.
e) 0,16 cal/g°C e 95 cal/g.

5. (UNIBAHIA) Considere um calorímetro de capacidade térmica 50 cal/ºC, contendo 500 g de água a 20 ºC, no qual se introduz um pedaço de ferro de 500 g de massa, a 320 ºC. Com base nessas informações e sabendo-se que (c_{Fe} = 0,1 cal/gºC), pode-se afirmar que a temperatura de equilíbrio térmico do sistema é igual a
a) 20 ºC
b) 25 ºC
c) 30 ºC
d) 40 ºC
e) 45 ºC

6. (FDC) Foi feito 1,0 litro de chá, cuja temperatura é de 90 ºC. Para servi-lo à temperatura de 10 ºC, certa massa de gelo a –20 ºC é colocada no chá. Suponha que a temperatura de equilíbrio da mistura seja 10 ºC.
Dado:
Calor específico do gelo = 0,50 cal/g ºC;
Calor específico do chá = 1,0 cal/g ºC;
Calor latente de fusão do gelo = 80 cal/g;
Densidade do chá = 1,0 g/cm3
A massa de gelo, em gramas, é
a) 500
b) 600
c) 700
d) 800
e) 900

EXERCÍCIOS PROPOSTO

1. (MACK) Uma mesma quantidade de calor é fornecida a massas iguais de água e alumínio inicialmente a mesma temperatura. A temperatura final do corpo de alumínio é maior que a da água, pois o alumínio tem:
a) maior calor específico.
b) menor calor específico.
c) menor calor latente.
d) maior densidade.
e) menor densidade.

2. (FURG) Dois blocos de mesma massa, um de cobre e outro de chumbo, inicialmente a 20° C, são aquecidos por chamas idênticas. Após um determinado tempo de aquecimento, constata-se que o bloco de cobre atinge a temperatura de 120°C, enquanto o de chumbo chega a 320°C. Essa diferença nas temperaturas finais ocorre porque o cobre apresenta maior
a) calor específico.
b) massa.
c) densidade.
d) temperatura inicial.
e) coeficiente de dilatação.

3. (UFSC) Em um dia calmo de verão, Paula encontra-se em uma praia sob forte incidência de raios solares. Lembrando-se de que o calor específico da água é bem maior do que o da terra, ela observou atentamente alguns fenômenos, buscando relacioná-los com as explicações e comentários apresentados pelo seu professor de Física para os mesmos.
Considerando a situação descrita, assinale a(s) proposição(ões) **CORRETA(S)**.

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

Soma (____)

4. (FURG) Considere as afirmativas sobre os processos envolvendo calor.

I – O aquecimento da Terra pelo Sol se dá pelo processo de convecção.
II – Por ter um alto calor específico, a água dos oceanos desempenha um papel fundamental na regulação térmica do planeta.
III – Os casacos de lã são apreciados no inverno porque impedem a entrada do frio do ambiente no corpo da pessoa, deixando-a com mais quantidade de calor.

Quais afirmativas são corretas?
a) apenas I.
b) apenas II.
c) apenas III.
d) apenas I e III.
e) I, II e III.

5. (FURG) Selecione a alternativa que completa corretamente as frases abaixo.

I – Quanto maior a altitude, menor é a pressão atmosférica e ..... é a temperatura de ebulição da água.
II – Durante o dia a temperatura no deserto é muito elevada, e durante a noite sofre uma grande redução. Isso ocorre em virtude do ..... calor específico da areia.
III – Uma roupa escura absorve ..... quantidade de radiação que uma roupa clara.
IV – A transferência de calor do Sol para a terra é feita pelo processo de ..... .

A alternativa que completa corretamente as lacunas das frases é:
a) menor - grande - maior - convecção
b) menor - pequeno – maior - radiação
c) maior - pequeno - igual - convecção
d) maior - pequeno - menor - radiação
e) maior - grande - menor - convecção

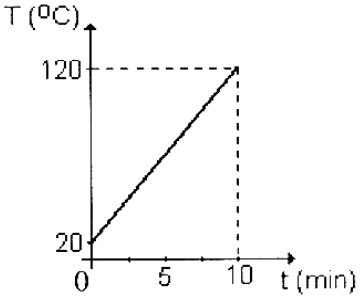
6. (UFSM) Considere as seguintes afirmações:

I. A temperatura está relacionada com energia cinética média das molécula.
II. A capacidade térmica de um corpo representa a quantidade de energia na forma de calor que deve ser fornecida ao corpo, para que a temperatura desse corpo aumente de 1°C.
III. O calor específico de uma substância representa a quantidade de energia na forma de calor que deve ser fornecida à unidade de massa da substância, para que a temperatura dessa substância aumente de 1°C.

Está(ão) correta(s)
a) apenas I.
b) apenas I e II.
c) apenas III.
d) apenas II e III.
e) I, II e III.

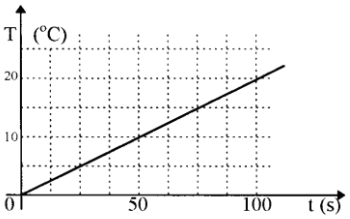
7. (FURG) O gráfico representa a temperatura de um corpo em função do tempo, ao ser aquecido por uma fonte que fornece calor a uma potência constante de 180 cal/min. Se a massa do corpo é 200 g, então o seu calor específico vale:

a) 0,180 cal/g.ºC.
b) 0,150 cal/g.ºC.
c) 0,120 cal/g.ºC.
d) 0,090 cal/g.ºC.
e) 0,075 cal/g.ºC.



8. (UFRS) Uma amostra de metal, cuja capacidade térmica é de 250 J/°C, recebe calor, aproveitando totalmente a energia fornecida por uma fonte de potência constante. A evolução da temperatura T da amostra em função do tempo t está registrada no gráfico. Qual a potência da fonte?

a) 0,50 W
b) 25 W
c) 50 W
d) 500 W
e) 2500 W



9. (UFPEL) No nordeste do Brasil, as condições de insolação favorecem o uso do fogão solar, cujo funcionamento é baseado na concentração de energia por meios de espelhos. A água absorve 2 x 10^4 calorias por minuto quando aquecida num determinado tipo de fogão solar. Determine o tempo necessário para aquecer 4 kg de água de 30ºC a 80ºC. Considere o calor específico da água igual a 1cal/gºC.

10. (EFO ALFENAS–MG) A quantidade de calor necessária para transformar 50 g de água, a 20 °C, em vapor de água, a 140 °C, é:
Dados:
$c_{água}$ = 1 cal / g °C
c_{vapor} = 0,5 cal / g °C
$L_{vaporização}$ = 540 cal / g

a) 32000 cal
b) 27000 cal
c) 1000 cal
d) 4000 cal
e) 64000 cal

11. (FURG) Um bloco de cobre de 10g de massa, ao ser retirado de um forno, possui uma temperatura de 500ºC. Em seguida o bloco é mergulhado em 100g de água que inicialmente encontra-se a 4ºC. Considere-se os calores específicos. C_{cobre}=0,1 cal/gºC e $C_{água}$= 1 cal/gºC. Desprezando-se as possíveis trocas de calor com o ambiente, a temperatura de equilíbrio em ºC será:

a) T= -100/99
b) T= 100/101
c) T= 900/101
d) T= 900/99
e) T= 504/2

12. (UFPEL) Para tomar um bom chimarrão, é necessário que água utilizada esteja à temperatura de 80ºC. Numa garrafa térmica, são colocados 900g de água a 100ºC. Desprezando as trocas de calor entre a água e a garrafa térmica, responda à seguinte questão e justifique sua resposta. Que massa de água, a 20ºc, devemos colocar na garrafa para obter a temperatura ideal para o chimarrão?

13. (UFPEL) Um certo calorímetro contém 80 g de água à temperatura de 15ºC. Adicionando à água do calorímetro 40 g de água a 50ºC, observa-se que a temperatura do sistema, ao ser atingido o equilíbrio térmico, é de 25ºC. Pode-se afirmar que a capacidade térmica do calorímetro é igual a:
a) 20 cal/ºC
b) 10 cal/ºC
c) 15 cal/ºC
d) 25 cal/º
e) 5 cal/ºC

14. (FATEC) Uma xícara com 200g de água quente é esfriada tendo a temperatura diminuída de 20°C. Considere o calor específico da água igual a 1,0 cal/g°C e o calor latente de fusão do gelo igual a 80 cal/g. A quantidade de calor perdida por esta água é suficiente para fundir uma quantidade de gelo fundente, em gramas, igual a
a) 50
b) 40
c) 32
d) 16
e) 2,5

15. (UFRGS) Uma mistura de gelo e água em estado líquido, com massa total de 100g, encontra-se à temperatura de 0°C. Um certo tempo após receber 16.000 J de calor, a mistura acha-se completamente transformada em água líquida a 20°C. Qual era, aproximadamente, a massa de gelo contida na mistura inicial? [Dados: calor de fusão do gelo = 334,4J/g; calor específico da água = 4,18 J/g (g. °C)].
a) 22,8 g
b) 38,3 g
c) 47,8 g
d) 72,8 g
e) 77,2 g

16. (FURG) Para aquecer certa massa de água de 10°C a 30°C, foi gasta uma quantidade Q_1 de calor. Para aquecer a metade desta massa de 28°C a 38°C, seria necessária uma quantidade de calor igual a:
A) 4 Q_1
B) $Q_1/4$
C) $Q_1/2$
D) 2 Q_1
E) Q1

08. (FFFCMPA) Considere as seguintes afirmações sobre termologia.

I. O calor específico é uma propriedade das substâncias e a capacidade térmica é uma propriedade de determinado corpo.

II. A capacidade térmica pode ser expressa em J/K, e calor específico pode ser expresso em J/(kg.K).

III. Sabe-se que o calor específico do vidro é 0,20 cal/(g.ºC) e o do ouro é 0,031 cal/g.ºC. Assim, se a mesma quantidade de água, a 50ºC for colocada em dois recipientes de mesma massa, a 20ºC, um de vidro e outro de ouro, a temperatura de equilíbrio térmico entre a água e os recipientes será maior no de ouro.

Quais estão corretas?
A) Apenas II.
B) Apenas I e II.
C) Apenas I e III.
D) Apenas II e III.
E) I, II e III.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

1. (UFRS) A quantidade de calor necessário, em média, para elevar de 1ºC a temperatura de 1g de uma substância é igual numericamente, a grandeza:
a) capacidade térmica
b) equivalente térmico
c) calor de fusão
d) calor latente
e) calor especifico.

2. (PUC) A Geografia ensina que o clima de regiões perto do mar caracteriza-se por uma grande estabilidade térmica, contrariamente, a regiões no interior de continente, onde a temperatura varia muito entre o dia e a noite, esse fenômeno é devido:
a) a grande condutividade térmica da água.
b) a pequena condutividade térmica da água.
c) a grande densidade da água.
d) ao grande calor específico da água.
e) ao pequeno calor específico da água.

3. (PUC) Na maioria das situações em que se precisa estabilidade térmica, como, por exemplo, na refrigeração de motor de automóvel, emprega-se água. A principal razão desse emprego da água é devida
a) à sua condutividade térmica baixa.
b) ao seu calor específico elevado.
c) ao seu calor específico reduzido.
d) ao seu ponto de fusão baixo.
e) à sua composição química estável.

4. (UFPEL) Um bloco de chumbo está sendo fundido.

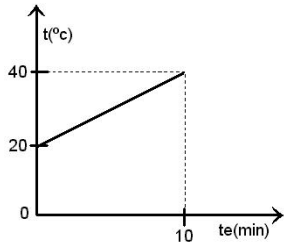
Durante esse processo, à pressão constante, é correto afirmar que
a) ele recebe calor e sua temperatura aumenta.
b) ele cede calor e sua temperatura aumenta.
c) ele recebe calor e sua temperatura permanece constante.
d) o calor evidenciado é sensível, pois há mudança de temperatura.
e) ele cede calor e sua temperatura diminui.

5. (UFRS) Dois cubos, A e B, maciços e homogêneos, são feitos de um mesmo metal e têm arestas que medem, respectivamente, 1cm e 2cm.
Selecione a alternativa que preenche corretamente as lacunas do parágrafo abaixo.

Nas mesmas condições de temperatura e pressão, os dois cubos têm valores ..... de calor específico, têm valores ..... de calor latente de fusão e, quando colocados na ordem AB, ficam em ordem..... de capacidade térmica.
a) diferentes – diferentes – crescente
b) diferentes – diferentes – decrescente
c) iguais - iguais - decrescente
d) iguais - iguais - crescente
e) iguais - diferentes - crescente

6. (PUC-Campinas-SP) Admita que o corpo humano transfira calor para o meio ambiente na razão de 2,0 kcal/min. Se esse calor pudesse ser aproveitado para aquecer água de 20 °C até 100 °C, a quantidade de calor transferida em 1 hora aqueceria uma quantidade de água, em kg, igual a:
Dado: calor específico da água = 1,0 kcal/kg °C
a) 1,2.
b) 1,5.
c) 1,8.
d) 2,0.
e) 2,5.

7. (FUVEST) O gráfico abaixo representa a variação da temperatura de um corpo sólido, em função do tempo, ao ser aquecido por uma fonte que libera energia a uma potência constante de 150 cal/min. Como a massa do corpo é de 100g, o seu calor específico, em cal/gºC será de:

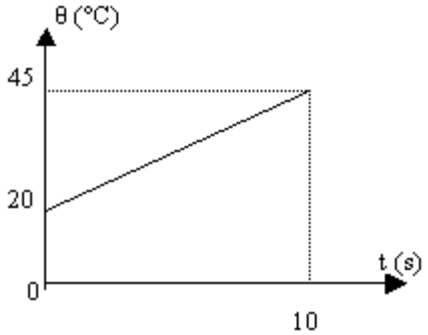


a) 0,75
b) 3,75
c) 7,50
d) 0,80
e) 1,50

8. (ACAFE) Uma panela com 1,0kg de água a 20^{0}C é colocada para aquecer, atingindo a temperatura de ebulição em 4,0 minutos, num local onde a pressão atmosférica é normal. A partir desse instante, o tempo necessário para vaporizar toda a água da panela, em minutos, é:
Dados: $c_{água}$ = 1 cal / g °C; c_{vapor} = 0,5 cal / g °C
$L_{vaporização}$ = 540 cal / g
a) 35
b) 15
c) 27
d) 50
e) 63

9. (UFSM) Um corpo de 400g e calor específico de 0,2cal/g°C, a uma temperatura de 10°C, é colocado em contato térmico com outro corpo de 200g e calor específico de 0,1cal/g°C, a uma temperatura de 60°C. A temperatura final, uma vez estabelecido o equilíbrio térmico entre os dois corpos, será de
a) 14°C
b) 15°C
c) 20°C
d) 30°C
e) 40°C

10. (Mackenzie) Uma fonte térmica fornece 55 cal/s com potência constante. Um corpo de massa 100 g absorve totalmente a energia proveniente da fonte e tem temperatura variando em função do tempo, conforme o gráfico abaixo.
A capacidade térmica desse corpo e o calor específico da substância de que é constituído são, respectivamente, iguais a:

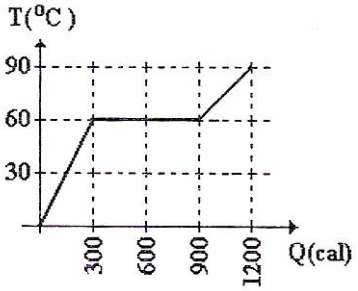


a) 2,2 cal/°C e 0,022 cal/g °C.
b) 2,2 cal/°C e 0,22 cal /g °C.
c) 2,2 cal/°C e 2,2 cal/g °C.
d) 22 cal /°C e 0,22 cal/g °C.
e) 22 cal/°C e 0,022 cal/g °C.

11. (Unifesp-SP) Dois corpos, A e B, com massas iguais e a temperaturas t_A = 50 °C e t_B = 10 °C, são colocados em contato até atingirem a temperatura de equilíbrio. O calor específico

de A é o triplo do de B. Se os dois corpos estão isolados termicamente, a temperatura de equilíbrio é:
a) 28 °C.
b) 30 °C.
c) 37 °C.
d) 40 °C.
e) 45 °C.

12. (FURG) O gráfico representa a temperatura de 10 g de um líquido, inicialmente a 0ºC, em função do calor absorvido por ele. Quais são, respectivamente, os valores do calor específico, calor de vaporização e temperatura de ebulição de líquido?



a) $0{,}2\,\frac{cal}{g.^{o}C}$, $60\,\frac{cal}{g}$ e 90ºC.

b) $0{,}5\,\frac{cal}{g.^{o}C}$, $300\,\frac{cal}{g}$ e 90ºC.

c) $0{,}5\,\frac{cal}{g.^{o}C}$, $60\,\frac{cal}{g}$ e 60ºC.

d) $5{,}0\,\frac{cal}{g.^{o}C}$, $300\,\frac{cal}{g}$ e 60ºC.

e) $10{,}0\,\frac{cal}{g.^{o}C}$, $600\,\frac{cal}{g}$ e 60ºC.

13. (UFC-CE) A capacidade térmica de uma amostra de água é 5 vezes maior que a de um bloco de ferro. A amostra de água se encontra a 20 ºC e a do bloco, a 50 ºC. Colocando-os num recipiente termicamente isolado e de capacidade térmica desprezível a temperatura final de equilíbrio é:
a) 25 °C.
b) 30 °C.
c) 35 °C.
d) 40 °C.

14. (UEL-PR) Os cinco corpos, apresentados na tabela abaixo, 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	0,092
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.
b) chumbo.
c) cobre.
d) ferro.
e) latão.

15. (PUC-Campinas) Em um calorímetro de capacidade térmica 40 cal/°C, que contém 200 g de água a 25 °C, são colocados 100 g de gelo a -10 °C. Atingido o equilíbrio térmico, a temperatura final, em °C, será:
Dados:
calor latente de fusão do gelo = 80 cal/g
calor específico do gelo = 0,50 cal/g °C
a) -2,0.
b) Zero.
c) 2,0.
d) 10.
e) 15.

16. (UFAL) Misturam-se 200 g de água a 17 °C com certa quantidade de gelo a -10 °C. Para que o equilíbrio térmico se estabeleça a 0 °C, a massa do gelo, em gramas, é, no mínimo, igual a:
Dados:
calor específico do gelo = 0,50 cal/g °C
calor específico da água = 1,0 cal/g °C
calor latente de fusão do gelo = 80 cal/g
a) 20.
b) 40.
c) 67.
d) 80.
e) 90.

17. (UFRGS) Um cubo de gelo com massa de 2 kg, já na temperatura de fusão da água, está inicialmente em repouso a 10 m acima de uma superfície rígida. Ele cai livremente e se choca com esta superfície. Qual é, aproximadamente, a máxima massa de gelo que pode se fundir nesse processo?
Dados: Calor de fusão do gelo = 80 cal/g; 1 cal = 4,18 J; aceleração gravitacional = 10 m/s².
a) 0,2 g
b) 0,6 g
c) 1,0 g
d) 1,2 g
e) 1,5 g

18. (FURG) Um objeto de massa *m,* com temperatura de 20 ^{0}C, é lançado verticalmente com velocidade inicial v, atingindo uma altura máxima de 50 m e uma temperatura de 21 ^{0}C. Caso não existisse o atrito com o ar, a altura alcançada seria de 100m, e sua temperatura permaneceria constante. Assumindo que a energia desprendida no atrito é totalmente absorvida pelo objeto, então, o calor específico desse objeto é
a) 300 J/(kg ^{0}C).
b) 400 J/(kg ^{0}C).
c) 500 J/(kg ^{0}C).
d) 600 J/(kg ^{0}C).
e) 1000 J/(kg ^{0}C).

19. (UFSM) Um bloco de 10kg de gelo a 0ºC é lançado, com uma velocidade de 10 m/s, sobre uma pista áspera à mesma temperatura. Devido ao atrito, o bloco pára. Supondo que toda energia mecânica foi recebida pelo corpo como energia interna e considerando o calor latente de fusão do gelo 335 J/g, a massa do gelo que derrete é, em g, aproximadamente,
a) 1,5
b) 6
c) 15
d) 60
e) 120

20. (UCPel) Um calorímetro, cuja capacidade térmica é igual a 20 cal / ºC, contém 300 g de água. A temperatura do sistema calorímetro-água é de 40ºC, inicialmente. Adicionando-se à água 500 g de gelo fundente (0ºC), qual será a massa de gelo derretida até o estabelecimento do equilíbrio térmico?
Calor específico da água = 1,0 cal / g.ºC
Calor de fusão do gelo = 80 cal / g
a) 500 g
b) 300 g
c) 340 g
d) 150 g
e) 160 g

GABARITO

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

1) B	2) A	3) 33	4) B	5) B
6) E	7) D	8) C	9) 10 min	10) A
11) C	12) 300g	13) A	14) A	15) A

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

1) E	2) D	3) B	4) C	5) D
6) B	7) A	8) C	9) C	10) D
11) D	12) C	13) A	14) E	15) B
16) B	17) B	18) C	19) A	20) E

MÓDULO 10

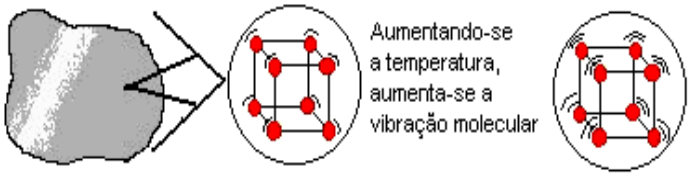
V – DILATAÇÃO TÉRMICA

1- INTRODUÇÃO

A experiência mostra que, sob condições normais, todo corpo, ao sofrer variações de temperatura, apresenta também alterações na sua forma: é a dilatação térmica.

Essa alteração é devida a modificações na sua estrutura atômica, que passa a vibrar com amplitude diferente da primitiva.

É necessário salientar que a massa do corpo não varia; ocorre apenas uma modificação estrutural.

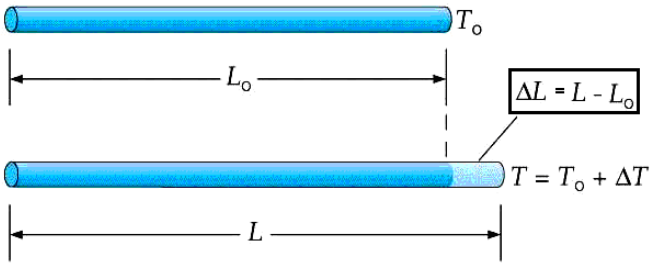


Todo corpo ao dilatar-se, o faz volumetricamente. Entretanto, dependendo da relação entre as medidas de suas dimensões, a dilatação pode ser considerada linear, superficial ou volumétrica. Ela será linear, quando duas de suas dimensões forem relativamente pequenas, se comparadas com a terceira. As barras longas, trilhos, fios, etc. dilatam-se linearmente. Caso apenas uma de suas dimensões puder ser ignorada, a dilatação será admitida como superficial. As placas finas dilatam-se superficialmente. Na dilatação volumétrica, todas as três dimensões devem ser consideradas.

2- DILATAÇÃO LINEAR

Embora o aumento ou diminuição das dimensões do sólido ocorra nas três dimensões, dizemos na dilatação linear que tal estudo será realizado somente em uma dimensão pois, consideramos desprezível a dilatação nas outras duas dimensões. A dilatação linear é aplicada a corpos que possuem uma das dimensões muito maior do que as outras.

Experimentalmente, verifica-se que a dilatação térmica linear ΔL sofrida pela barra é proporcional as seguintes grandezas:



• o comprimento inicial da barra (L_0), isto é, se 1 m da barra se dilata de 1mm, 2m vão dilatar-se de 2 mm, e assim sucessivamente, para uma mesma varia';cão de temperatura.

• variação de temperatura (ΔT), isto é, quanto mais aquecemos a barra, maior é, proporcionalmente, a sua dilatação (ΔL).

Pelas propriedades das proporções, podemos então dizer que a dilatação térmica é proporcional ao produto dessas duas grandezas.

Para transformarmos essa proporção numa igualdade, introduzimos uma constante (α), que é característica do material sólido usado na experiência, obtendo:

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

A constante α é denominada **coeficiente de dilatação linear** do material e sua unidade é $°C^{-1}$.

OBS.: SIGNIFICADO FÍSICO DO COEFICIENTE DE DILATAÇÃO LINEAR

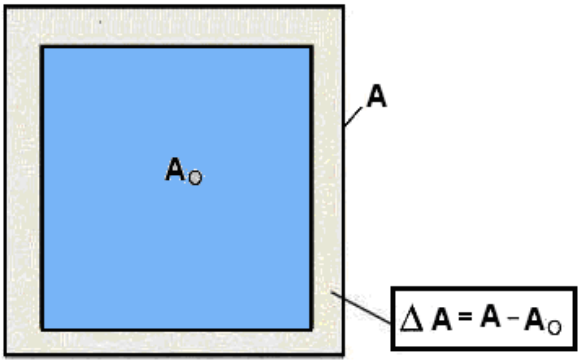
α - coeficiente de dilatação linear - é a variação de comprimento que sofre uma barra de determinado material de comprimento unitário quando a sua temperatura varia de uma unidade.

$\alpha_{Pb} = 27.10^{-6}\ °C^{-1}$ $\rightarrow$ uma barra de chumbo com 1 m de comprimento dilata-se 0,000027 m ao sofrer uma variação de temperatura de 1 ºC.

Substância	Coeficiente de dilatação linear (α) em $ºC^{-1}$
aço	$1,1 \times 10^{-5}$
alumínio	$2,4 \times 10^{-5}$
chumbo	$2,9 \times 10^{-5}$
cobre	$1,7 \times 10^{-5}$
ferro	$1,2 \times 10^{-5}$
latão	$2,0 \times 10^{-5}$
ouro	$1,4 \times 10^{-5}$
prata	$1,9 \times 10^{-5}$
vidro comum	$0,9 \times 10^{-5}$
vidro pirex	$0,3 \times 10^{-5}$
zinco	$6,4 \times 10^{-5}$

3- DILATAÇÃO SUPERFICIAL:

A dilatação superficial é aplicada para corpos que possuem duas das dimensões muito maiores do que a terceira dimensão. Neste caso considera-se a dilatação em duas dimensões e despreza-se a que ocorre na terceira.



Nas condições, iniciais, a área da chapa é Ao, após aquecida, a área da chapa a ser A.

Experimentalmente, verifica-se que a dilatação térmica superficial (ΔA) sofrida pela chapa é proporcional às seguintes grandezas:

• a área inicial da chapa (A_o) – se uma chapa de $1m^2$ se dilata 1 mm^2, então uma chapa de 2 m^2, de mesmo material e sofrendo a mesma variação de temperatura, vai se dilatar 2 mm^2;

• a variação de temperatura (ΔT) – quanto mais aquecemos, maior é, proporcionalmente, a dilatação (ΔA).

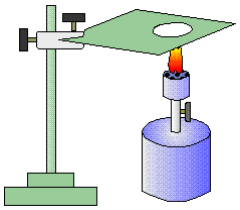
A transformação dessa proporção numa igualdade se faz com a introdução de uma constante (β), denominada **coeficiente de dilatação superficial** do material, e obtemos:

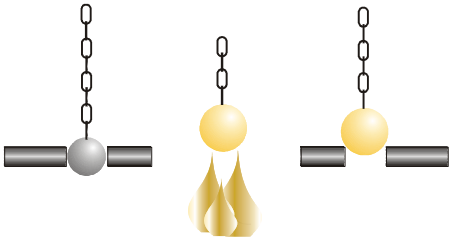
$$\Delta A = \beta . A_0 . \Delta T$$

A unidade do coeficiente de dilatação superficial β é $°C^{-1}$.

OBS.: ORIFÍCIO EM UMA SUPERFÍCIE

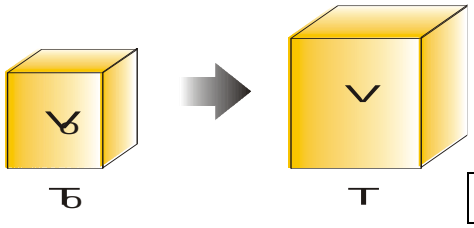
Quando se aquece uma chapa com um orifício, ela se dilata como se fosse inteiriça, ou seja, o orifício se dilata como se fosse constituído do mesmo material.





4- DILATAÇÃO VOLUMÉTRICA OU CÚBICA:

A dilatação volumétrica (ΔV) corresponde à variação do volume de um sólido submetido a uma variação de temperatura ΔT. Assim, um sólido que apresenta um volume V_0, na temperatura T_0, e volume V na temperatura $T > T_0$, apresenta uma variação de volume ΔV diretamente proporcional a V_0 e diretamente proporcional a ΔT.



$$\Delta V = V - V_0$$

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

ΔV = o quanto o corpo aumentou seu volume
V_o = volume inicial do corpo
γ = coeficiente de dilatação volumétrica (depende do material)
ΔT = variação da temperatura (T_f - T_i)

5- RELAÇÃO ENTRE OS COEFICIENTES

$$\frac{\alpha}{1} = \frac{\beta}{2} = \frac{\gamma}{3} \quad \Rightarrow \quad \beta = 2.\alpha \quad e \quad \gamma = 3.\alpha$$

EXERCÍCIOS DE AULA

1. (UFPEL) Os livros de Física definem o coeficiente de dilatação linear do material que, constitui uma barra através da expressão matemática $\alpha = \Delta L / L_o . \Delta t$, onde α é o coeficiente de dilatação linear, L_o é o comprimento da barra temperatura mais baixa, Δt é a variação de temperatura e ΔL a variarão de comprimento.

Com base no enunciado, responda:

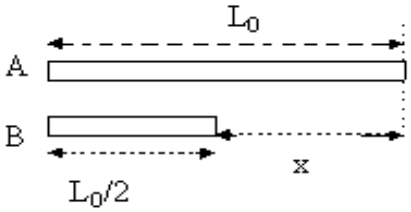
a) O que deveria acontecer com a barra, para que o coeficiente de dilatação linear do seu material fosse nulo?
b) Se a barra fosse constituída de cobre, o coeficiente de dilatação calculado seria $\alpha = 17 \times 10^{-6}$ $°C^{-1}$. Qual o significado físico deste valor?

2. (FEI-SP) Qual o coeficiente de dilatação volumétrica de uma barra metálica que experimenta um aumento de 0,1% em seu comprimento para uma variação de temperatura de 100ºC?

3. (PUC-SP) A tampa de zinco de um frasco de vidro agarrou no gargalo de rosca externa e não foi possível soltá-lo. Sendo os coeficientes de dilatação linear do zinco e do vidro, respectivamente, 30.10^{-6} e $8,5.10^{-6}$ $°C^{-1}$, como proceder? Justifique sua resposta. Temos a disposição um caldeirão com água quente e outro com água gelada.

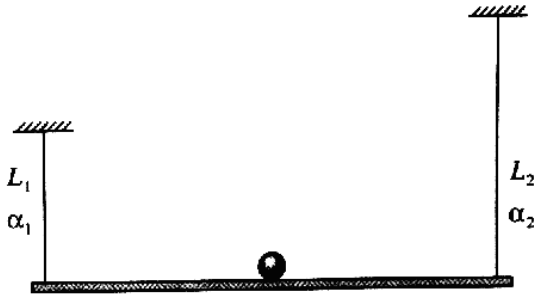
4. (PUC) Copos de vidro comum quebram facilmente quando submetidos a variações bruscas de temperatura. Usando copos de vidro pirex, diminui a possibilidade de isso ocorrer. Esse fato se explica porque o vidro pirex possui
a) alto grau de dureza.
b) baixo calor específico
c) alto coeficiente de dilatação térmica.
d) baixo coeficiente de dilatação térmica.
e) baixo ponto de fusão.

5. (UNIP) Considere duas barras homogêneas A e B cujos comprimentos a uma mesma temperatura t_0 são respectivamente iguais a L_0 e $L_0/2$. O coeficiente de dilatação linear da barra B é duas vezes maior que o da barra A ($\propto_B = 2\propto_A$). As barras são aquecidas a uma mesma temperatura t. A diferença x entre os comprimentos das barras A e B:



a) permanece constante e igual a $L_0/2$
b) aumenta quando a temperatura aumenta.
c) diminui quando a temperatura aumenta.
d) torna-se igual a L_0 quando $t = 2t_0$.
e) pode aumentar ou diminuir quando a temperatura aumenta.

6. A figura mostra uma barra metálica mantida na horizontal por dois fios metálicos com comprimentos iniciais L_1 e L_2 e coeficientes de dilatação térmica α_1 e α_2. Determine a relação $\frac{L_1}{L_2}$ para que a esfera apoiada na barra permaneça em equilíbrio ao se aquecer o conjunto.



EXERCÍCIOS PROPOSTO

1. (FURG) Sabendo-se que a dilatação linear de uma barra de certo material de comprimento inicial L_o, sujeita a uma variação de temperatura Δt é dada pela expressão $\Delta L = \alpha L_o \Delta t$, considere as seguintes afirmativas.

I – Barras de diferentes materiais, sujeitas à mesma variação de temperatura, poderão sofrer a mesma variação de comprimento.

II – Para duas barras com diferentes coeficientes de dilatação, sujeitas à mesma variação de temperatura, a que tiver o maior coeficiente de dilatação sempre sofrerá uma maior variação de comprimento.

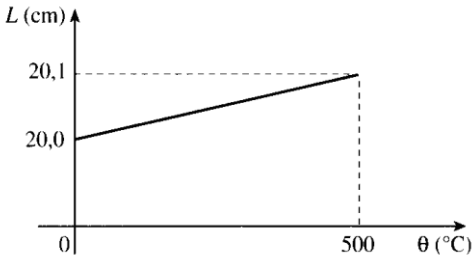
III – Para barras de mesmo material, sujeitas à mesma variação de temperatura, quanto maior for o comprimento inicial da barra, maior será a dilatação.

Pode-se afirmar que:
a) apenas a afirmativa I está correta.
b) apenas as afirmativas I e III estão corretas.
c) apenas as afirmativas I e II estão corretas.
d) apenas as afirmativas II e III estão corretas.
e) todas as afirmativas estão corretas.

2. (UEPG) A maioria das estruturas de construções residenciais é feita com uma combinação de concreto (mistura de cimento, areia, pedra e água) e aço. A essa combinação é dado o nome de concreto armado. Um dos motivos de sua utilização é o fato de que o concreto e o aço apresentam determinada característica térmica semelhante, o que diminui sensivelmente a probabilidade de surgirem tensões térmicas. A grandeza que mede essa característica térmica é denominada:
a) coeficiente de condutibilidade térmica.
b) calor específico.
c) capacidade térmica.
d) coeficiente de dilatação.
e) coeficiente de convecção do calor.

3. (ITE-SP) O comprimento de uma haste metálica em função da temperatura é dada abaixo. O coeficiente de dilatação linear desse metal será, em°C^{-1}:

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

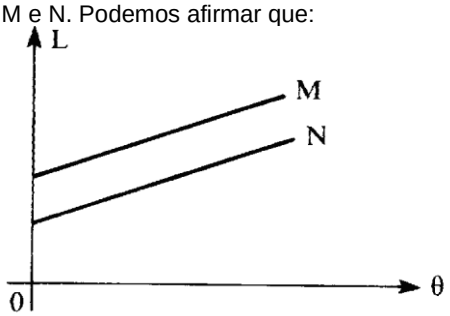


4. (FURG) Considere um termômetro baseado na expansão linear de um certo material. Sabendo que a uma temperatura de 10 °C, o comprimento do material é de 1 cm, e, a 40 °C, o comprimento é de 1,5 cm, podemos afirmar que o coeficiente de dilatação linear desse material é
a) $1{,}0 \times 10^{-2}$ / °C.
b) $1{,}3 \times 10^{-2}$ / °C.
c) $1{,}5 \times 10^{-2}$ / °C.
d) $1{,}7 \times 10^{-2}$ / °C.
e) $1{,}9 \times 10^{-2}$ / °C.

5. (MACK) Uma barra metálica apresenta, à temperatura de 15ºC, comprimento de 100 cm. O coeficiente de dilatação linear da barra é 5.10^{-5} $ºC^{-1}$. A temperatura na qual o comprimento dessa barra será de 100,2 cm é:
a) 40ºC
b) 42ºC
c) 45ºC
d) 52ºC
e) 55ºC

6. (PUC) Uma barra metálica com comprimento de 3m, é aquecida de 20º C até 520º C. Em conseqüência do aquecimento, ela se alonga de 2 cm. Determinando-se o seu coeficiente de dilatação linear encontra-se, em $ºC^{-1}$, o valor:
a) $50{,}0 . 10^{-6}$
b) $20{,}0 . 10^{-6}$
c) $13{,}3 . 10^{-6}$
d) $10{,}3 . 10^{-6}$
e) $8{,}30 . 10^{-6}$

7. (FEE Queiroz-CE) O gráfico representa a variação dos comprimentos, em função da temperatura, de duas barras metálicas M e N. Podemos afirmar que:



a) os coeficientes de dilatação das barras M e N são iguais.
b) a barra M tem maior coeficiente de dilatação do que a barra N.
c) o coeficiente de dilatação da barra M é menor do que o da barra N.
d) as barras M e N têm sempre o mesmo comprimento.
e) n.d.a.

8. (UNIFOR) Suponha que existam duas barras, X e Y, cujos gráficos do comprimento L, em função da temperatura t, são lineares e paralelos conforme o gráfico. De acordo com o gráfico, a relação entre os coeficientes de dilatação linear α_x e α_y, respectivamente das barras X e Y, podem ser expressos por:

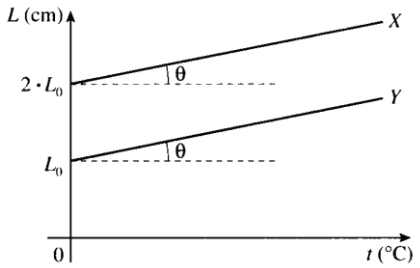
a) $\frac{\alpha_x}{\alpha_y} = \frac{1}{4}$

b) $\frac{\alpha_x}{\alpha_y} = \frac{1}{2}$

c) $\frac{\alpha_x}{\alpha_y} = 1$

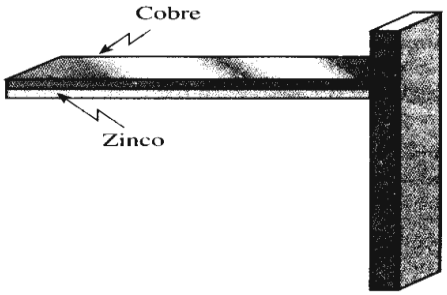
d) $\frac{\alpha_x}{\alpha_y} = 2$

e) $\frac{\alpha_x}{\alpha_y} = 4$



9. (UFRGS) Os respectivos coeficientes de dilatação linear, α_A e α_B, de duas hastes metálicas, A e B, guardam entre si a relação $\alpha_B = 2\alpha_A$. Ao sofrerem um aquecimento de 20 °C, a partir da temperatura ambiente, as hastes exibem a mesma variação ΔL no seu comprimento. Qual é a relação entre os respectivos comprimentos iniciais, L_A e L_B, das hastes?
a) $L_B = 2\ L_A$.
b) $L_B = 4\ L_A$.
c) $L_B = L_A$.
d) $L_B = L_A/4$
e) $L_B = L_A/2$.

10. (FAAP–SP) Uma lâmina bimetálica é construindo soldando-se uma lâmina de cobre de coeficiente de dilatação linear $\alpha_1 = 17.10^{-6}$ °C^{-1} e uma de zinco, cujo coeficiente de dilatação linear é $\alpha_2 = 26.10^{-6}$ °C^{-1}. Na temperatura ambiente (25 °C) a lâmina está reta é colocada na horizontal, como mostra a figura. Podemos afirmar que:



a) a 60 °C a lâmina permanecerá reta.
b) a 60 °C a lâmina se curvará para cima.
c) a 60 °C a lâmina se curvará para baixo.
d) ela se curvará para baixo a qualquer temperatura.
e) ela se curvará para cima a qualquer temperatura.

11. (FURG) Analise cada uma das seguintes afirmativas relacionadas à termodinâmica e indique se são verdadeiras (V) ou falsas (F).
( ) Átomos ou moléculas de um corpo, seja no estado sólido, líquido ou gasoso, estão em constante movimento.
( ) O limite inferior para a temperatura de um corpo, já obtido em laboratório, é de –273 °C (zero absoluto), situação em que os átomos cessam seus movimentos.
( ) Uma lâmina bimetálica, constituída de duas lâminas de metais diferentes, que é plana na temperatura ambiente, entorta ao ser aquecida.
( ) Quando dois corpos distintos são colocados em contato, isolados de influências externas, após um certo tempo eles atingem uma situação de mesma energia interna.

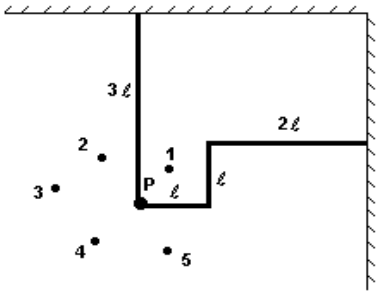
Quais são, respectivamente, as indicações corretas?
a) F - F - V - V
b) F - V - F - V
c) V - V - F - F
d) V - F - V - F
e) V - F - V - V

12. (FURG) Uma chapa metálica tem um orifício circular, como mostra a figura, e está a uma temperatura de 10 °C. A chapa é aquecida até uma temperatura de 50 °C.

Enquanto ocorre o aquecimento, o diâmetro do orifício
a) aumenta continuamente.
b) diminui continuamente.
c) permanece inalterado.
d) aumenta e depois diminui.
e) diminui e depois aumenta.

13. (UFSM) O coeficiente de dilatação superficial do ferro é 24 x 10^{-6} °C^{-1}. Supondo o ferro uma substância isotrópica, seu coeficiente de dilatação cúbica será
a) 6 x 10^{-6} °C^{-1}
b) 12 x 10^{-6} °C^{-1}
c) 24 x 10^{-6} °C^{-1}
d) 36 x 10^{-6} °C^{-1}
e) 48 x 10^{-6} °C^{-1}

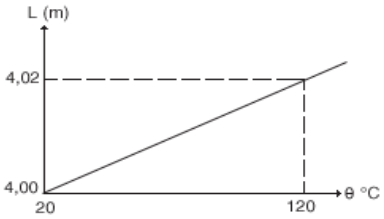
14. (PUC) Um fio metálico está firmemente preso a duas paredes, tendo o formato e dimensões como mostra a figura.



Quando esse fio for aquecido uniformemente, haverá uma dilatação térmica do mesmo. Nesse caso o ponto P tenderá a deslocar-se em direção à posição
a) 1
b) 2
c) 3
d) 4
e) 5

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

1. (Mackenzie) O gráfico adiante nos permite acompanhar o comprimento de uma haste metálica em função de sua temperatura. O coeficiente de dilatação linear do material que constitui essa haste vale:

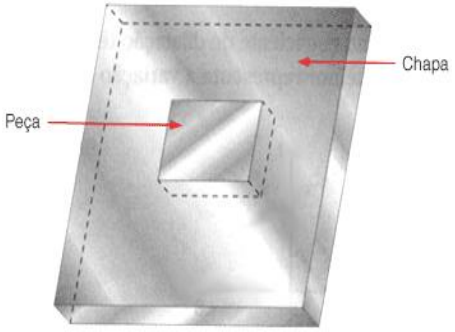


a) 2.10^{-5} ºC^{-1}.
b) 4.10^{-5} ºC^{-1}.
c) 5.10^{-5} ºC^{-1}.
d) 6.10^{-5} ºC^{-1}.
e) 7.10^{-5} ºC^{-1}.

2. (Olimpíada Paulista de Física) É muito comum acontecer de, quando copos iguais são empilhados, colocando-se um dentro do outro, dois deles ficarem emperrados, tornando-se difícil separá-los. Considerando o efeito da dilatação térmica, pode-se afirmar que é possível retirar um copo de dentro do outro se:

a) os copos emperrados forem mergulhados em água bem quente.
b) no copo interno for despejada água quente e o copo externo for mergulhado em água bem fria.
c) os copos emperrados forem mergulhados em água bem fria.
d) no copo interno for despejada água fria e o copo externo for mergulhado em água bem quente.
e) não é possível separar os dois copos emperrados considerando o efeito de dilatação térmica.

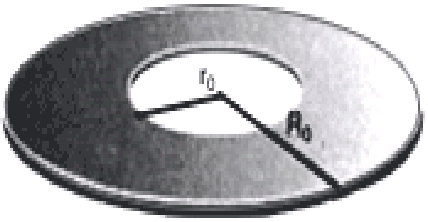
3. (UFMT) Uma peça retangular maciça de alumínio encaixa-se perfeitamente em um buraco feito em uma outra chapa de alumínio, como mostra a figura. Analise as afirmativas e dê como resposta a soma dos números que antecedem as afirmações corretas.



(01) Se a peça e a chapa forem aquecidas até uma mesma temperatura, a peça passará a não se encaixar perfeitamente no buraco da chapa.
(02) Se somente a chapa for aquecida, a peça se encaixará com folga no buraco da chapa.
(04) Se somente a chapa for resfriada, a peça passará a não se encaixar no buraco da chapa.
(08) Se somente a peça for resfriada, então ela passará a se encaixar com folga no buraco da chapa.
(16) Se somente a peça for aquecida, então ela passará a não se encaixar no buraco da chapa.

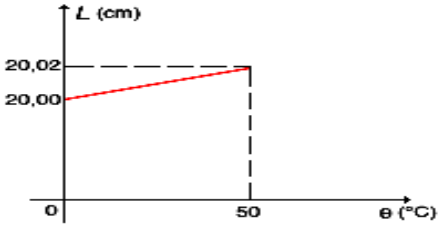
SOMA:_____

4. (UEL-PR) Considere uma arruela de metal com raio interno r_0 e raio externo R_0, em temperatura ambiente, tal como representado na figura abaixo. Quando aquecida a uma temperatura de 200 ºC, verifica-se que:



a) o raio interno r_0 diminui e o raio externo R_0 aumenta.
b) o raio interno r_0 fica constante e o raio externo R_0 aumenta.
c) o raio interno r_0 e o raio externo R_0 aumentam.
d) o raio interno r_0 diminui e o raio externo R_0 fica constante.
e) o raio interno r_0 aumenta e o raio externo R_0 fica constante.

5. (UFF) O gráfico mostra como varia o comprimento L de uma barra metálica em função da temperatura (θ). Podemos afirmar que o coeficiente de dilatação volumétrica do metal é:



a) $2{,}0.10^{-5}$/ºC.
b) $6{,}0.10^{-5}$/ºC.
c) $4{,}0.10^{-5}$/ºC.
d) $8{,}0.10^{-5}$/ºC.
e) $10{,}0.10^{-5}$/ºC.

6. (Cesgranrio) Um bloco de certo metal tem seu volume dilatado de 200 cm^3 para 206 cm^3 quando sua temperatura aumenta de 20 ºC para 520 ºC. Se um fio desse mesmo metal, tendo 100 cm de comprimento a 20 ºC, for aquecido até a temperatura de 520 ºC, então seu comprimento em centímetros passará a valer:
a) 101.
b) 102.
c) 103.
d) 106.
e) 112.

7. (UFRGS) Selecione a alternativa que completa corretamente as lacunas nas afirmações seguintes:

I - Num dia quente, os fios elétricos entre dois postes de luz encurvam-se ..... do que num dia frio.
II - Para aumentar de 20 ºC a temperatura de 1,0 kg de ferro, é necessário ..... calor do que para aumentar, também de 20 ºC, igual quantidade de massa de água, estando ambos a uma temperatura inicial de 15 ºC.
III - Uma panela de ferro escura esfria ..... rapidamente do que uma panela de ferro clara, logo após terem sido retiradas simultaneamente de um forno onde se encontravam aquecidas à mesma temperatura.

a) menos - menos - mais
b) menos - mais - menos
c) mais - mais - menos
d) mais - menos - menos
e) mais - menos - mais

8. (UFRGS) Um sólido homogêneo apresenta a 5 °C um volume igual a 4,00 dm^3. Aquecido até 505 °C, seu volume aumenta 0,06 dm^3. Qual o coeficiente de dilatação linear aproximado do material desse sólido?
a) 3x10-5 $°C^{-1}$
b) 2x10-5 $°C^{-1}$
c) 1,5x10-5 $°C^{-1}$
d) 1x10-5 $°C^{-1}$
e) 0,5x10-5 $°C^{-1}$

9. (UFRGS) O fato de barras de ferro contidas em uma viga de concreto não provocarem rachaduras no concreto explica-se pela semelhança que existe entre os valores do:
a) calor específico desses materiais.
b) calor de fusão desses materiais.
c) coeficiente de condutividade térmica desses materiais.
d) coeficiente de dilatação linear desses materiais.
e) coeficiente de atrito desses materiais.

10. (UEL) Uma barra metálica, inicialmente à temperatura de 20 ºC, é aquecida até 260 ºC e sofre uma dilatação igual a 0,6% do seu comprimento inicial. O coeficiente de dilatação linear médio do metal, nesse intervalo de temperatura, em $ºC^{-1}$, vale
a) $2{,}5 \cdot 10^{-4}$
b) $4{,}0 \cdot 10^{-4}$
c) $2{,}5 \cdot 10^{-5}$
d) $4{,}0 \cdot 10^{-5}$
e) $2{,}5 \cdot 10^{-6}$

11. (MACK) Uma placa de aço (coeficiente de dilatação linear = $1{,}0 \cdot 10^{-5}$ $°C^{-1}$) tem o formato de um quadrado de 1,5 m de lado e encontra-se a uma temperatura de 10 °C. Nessa temperatura, retira-se um pedaço da placa com formato de um disco de 20 cm de diâmetro e aquece-se, em seguida, apenas a placa furada, até a temperatura de 510 °C. Recolocando-se o

disco, mantido a 10 °C, no "furo" da placa a 510 °C, verifica-se uma folga, correspondente a uma coroa circular de área:
a) 1,57 cm^2
b) 3,14 cm^2
c) 6,3 cm^2
d) 12,6 cm^2
e) 15,7 cm^2

12. (FEI) O coeficiente de dilatação superficial de um material homogêneo e isotrópico é $2,62 \cdot 10^{-5}$ $°C^{-1}$. Os seus coeficientes de dilatação linear e volumétrica valerão, respectivamente,
a) $5,24 \cdot 10^{-5}$ $°C^{-1}$ e $9,86 \cdot 10^{-5}$ $°C^{-1}$
b) $3,93 \cdot 10^{-5}$ $°C^{-1}$ e $1,31 \cdot 10^{-5}$ $°C^{-1}$
c) $9,86 \cdot 10^{-5}$ $°C^{-1}$ e $5,24 \cdot 10^{-5}$ $°C^{-1}$
d) $1,31 \cdot 10^{-5}$ $°C^{-1}$ e $5,24 \cdot 10^{-5}$ $°C^{-1}$
e) $1,31 \cdot 10^{-5}$ $°C^{-1}$ e $3,93 \cdot 10^{-5}$ $°C^{-1}$

13. (PUCCAMP) Um pino metálico, a uma dada temperatura, ajusta-se perfeitamente no orifício de uma placa metálica. Se a placa for aquecida, verifica-se que
a) haverá contração apenas do orifício da placa.
b) haverá contração do pino e da placa.
c) o pino não mais passará pelo orifício.
d) o pino passará mais facilmente pelo orifício.
e) n.d.a.

14. (UEL) O volume de um bloco metálico sofre um aumento de 0,6% quando sua temperatura varia de 200 ºC. O coeficiente de dilatação linear médio desse metal, em $ºC^{-1}$, vale
a) $1,0 \cdot 10^{-5}$
b) $3,0 \cdot 10^{-5}$
c) $1,0 \cdot 10^{-4}$
d) $3,0 \cdot 10^{-4}$
e) $3,0 \cdot 10^{-3}$

15. (UFMS) A temperatura de uma moeda de cobre aumenta de 100 ºC e seu diâmetro cresce 0,18%. Assim, é **correto** afirmar que
(01) o aumento percentual na área da moeda é de 0,36%.
(02) o aumento percentual na espessura da moeda é de 0,18%.
(04) o aumento percentual no volume da moeda é de 0,54%.
(08) o aumento percentual na massa da moeda é nulo.
(16) não é possível determinar o coeficiente de dilatação linear da moeda apenas com esses dados.

Soma: _____

GABARITO

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

1) B	**2)** D	**3)** D	**4)** D	**5)** E
6) C	**7)** C	**8)** B	**9)** E	**10)** B
11) D	**12)** A	**13)** D	**14)** D	

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

1) C	**2)** D	**3)** 30	**4)** C	**5)** B
6) A	**7)** E	**8)** D	**9)** D	**10)** C
11) B	**12)** E	**13)** D	**14)** A	**15)** 15

MÓDULO 11

VI – DILATAÇÃO DOS LÍQUIDOS

1- DILATAÇÃO DOS LÍQUIDOS

Inicialmente, vamos observar alguns fatos a respeito do estado líquido da matéria, que a experiência demonstra:

1 – os líquidos adquirem a forma do recipiente que contém;

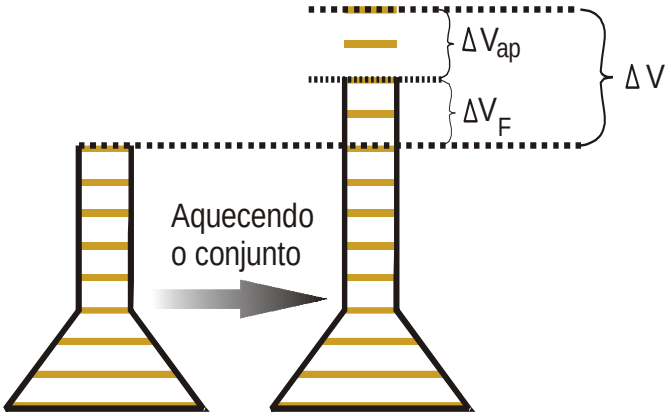
2 – os líquidos dilatam-se mais acentuadamente que os sólidos;

3 – a dilatação segue as mesmas leis que orientam a dilatação dos sólidos;

4 – no estudo da dilatação dos líquidos, deve-se levar em consideração a dilatação do recipiente que contém o líquido.

Como um líquido está sempre contido em um recipiente sólido, que também se dilata, não é possível observar a variação real de volume de um líquido. Ao aquecermos um líquido, a variação de volume que se observa é chamada aparente (ΔV_{ap}). A variação real de volume do líquido (ΔV_L) é obtida somando-se a variação aparente (ΔV_{ap}) com a variação do volume do frasco (ΔV_f).

Observe a dilatação hipotética de um líquido que preenche totalmente um frasco



CONCLUSÃO 1: Ao aquecer um frasco cujo volume está totalmente preenchido por um líquido, o volume de líquido derramado mede a dilatação aparente.

CONCLUSÃO 2:

$$\Delta V_L = \Delta V_{ap} + \Delta V_F$$

CONCLUSÃO 3 :

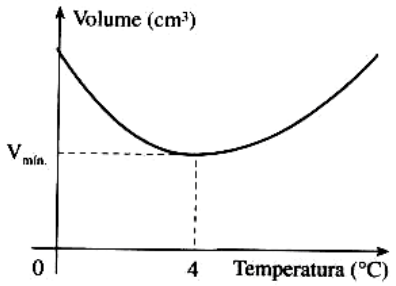
$$\gamma_L = \gamma_{ap} + \gamma_F$$

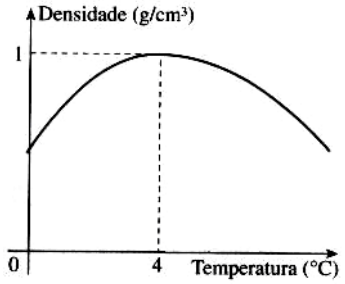
$$\Delta V_L = V_O \cdot \gamma_L \cdot \Delta T$$
$$\Delta V_F = V_O \cdot \gamma_F \cdot \Delta T$$
$$\Delta V_{ap} = V_O \cdot \gamma_{ap} \cdot \Delta T$$

Substância	Coeficiente de dilatação volumétrica (γ) em $ºC^{-1}$
álcool	100×10^{-5}
gases	$3,66 \times 10^{-3}$
gasolina	11×10^{-4}
mercúrio	$18,2 \times 10^{-5}$

2 - DILATAÇÃO ANÔMALA DA ÁGUA

Se aquecermos, sob pressão normal, uma certa quantidade de água a 0 ºC, verificamos que enquanto a temperatura estiver aumentando entre 0 ºC e 4 ºC a água reduzirá de volume, atingindo o seu volume mínimo a 4 ºC. Somente a partir dessa temperatura é que o volume da água aumentará à medida em que a temperatura aumentar.





A razão desse estranho comportamento da água está em sua constituição molecular. As moléculas de água, nos estados sólido e líquido, estão unidas umas às outras por um tipo especial de ligação, de natureza elétrica: as pontes de hidrogênio.

As moléculas da água no estado sólido formam uma estrutura aberta em forma hexagonal, com espaços vazios no seu interior. Esses espaços vazios não existem no líquido, que não apresentam um arranjo organizado.

EXERCÍCIOS DE AULA

1. O tanque de um automóvel está completamente cheio com 40,00 litros de gasolina, a 10ºC. Ao ficar o carro estacionado, submetido ao aquecimento solar, verificou-se um transbordamento de gasolina. Por quê?

2. Considere o coeficiente de dilatação cúbica da gasolina igual a $9{,}6 \times 10^{-4}\ {}^{o}C^{-1}$ e a temperatura final, após o aquecimento mencionado no exercício anterior, igual a 40ºC. Calcule a dilatação volumétrica da gasolina.

3. Aquece-se um tubo de ensaio completamente preenchido por um determinado líquido. Verifica-se que o nível do líquido, em relação ao tubo, não sofre alteração. O que se pode afirmar a respeito dos coeficientes de dilatação real do líquido (γ_R), volumétrica do tubo de ensaio (γ_{REC}) e aparente (γ_{AP})?

4. (UFGO) Justifique, de modo sucinto, a afirmação abaixo: "Um corpo flutua em água a 20ºC. Quando a temperatura da água subir para 40ºC, o volume submerso do corpo aumentará".

5. (FEI-SP) Um recipiente de vidro tem capacidade $C_o = 91{,}000\ cm^3$ a 0ºC e contém, a essa temperatura, 90,000 cm³ de mercúrio. A que temperatura o recipiente estará completamente cheio de mercúrio?

Vidro: $\alpha = 3{,}2 \times 10^{-6}\ {}^{o}C^{-1}$

Mercúrio: $\gamma = 182 \times 10^{-6}\ {}^{o}C^{-1}$

6. (UFPEL) Um recipiente de forma cilíndrica, sem tampa, esta completamente cheio de um líquido. Posto sobre a chama de uma boca de um fogão, verifica-se que o nível do líquido inicialmente baixa . Por que isso acontece?

EXERCÍCIOS PROPOSTO

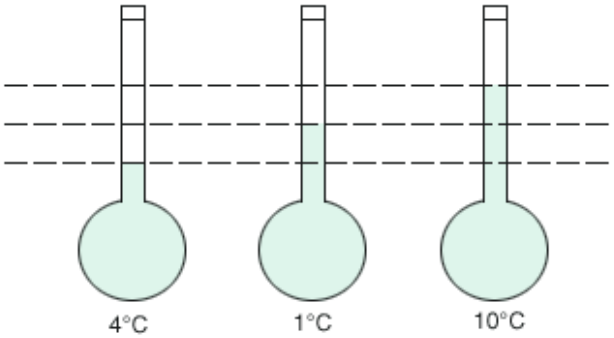
1. (Univ.Uberlândia–MG) Você enche totalmente o tanque de gasolina de seu carro e o estaciona ao sol. Ao voltar, verifica que uma certa quantidade de gasolina derramou .Então você conclui que:
a) só a gasolina se dilatou;
b) a quantidade de gasolina derramada representa sua dilatação real.
c) a dilatação real da gasolina foi maior que a do tanque;
d) o tanque se dilatou mais que a gasolina
e) o coeficiente de dilatação da gasolina é menor que o coeficiente de dilatação volumétrica do material do tanque.

2. (PUC) Um vendedor de gasolina colocou 20,0 x 10^3 litros de gasolina no tanque de seu caminhão, à temperatura de 15,0 °C. Supondo que ele tenha vendido toda a gasolina à temperatura de 35,0 °C, e que o coeficiente de dilatação volumétrica dessa gasolina seja igual a 1,00 x 10^{-3} $^{o}C^{-1}$, o acréscimo de volume, em litros, devido à expansão térmica, foi
a) 20
b) 40
c) 100
d) 200
e) 400

3. (F.C.Chagas) Um frasco, cuja capacidade a zero graus Celsius é 2000cm³, está cheio até a boca com determinado líquido. O conjunto foi aquecido de 0ºC para 100ºC, transbordando 14cm³. O coeficiente de dilatação aparente desse líquido, em relação ao material do frasco, é igual a:
a) 7. 10^{-6} $^{o}C^{-1}$
b) 7. 10^{-5} $^{o}C^{-1}$
c) 7. 10^{-4} $^{o}C^{-1}$
d) 7 . 10^{-3} $^{o}C^{-1}$
e) 7 . 10^{-2} $^{o}C^{-1}$

4. (FURG) As moléculas da água no estado cristalino (gelo) se organizam em estruturas hexagonais com grandes espaços vazios. Ao ocorrer a fusão, essas estruturas são rompidas e as moléculas se aproximam umas das outras, ocasionando redução no volume da substância. O aumento da densidade ocorre inclusive na fase líquida, de 0 a 4°C.
O texto acima explica o conceito de:
a) calor específico.
b) evaporação.
c) dilatação anômala.
d) capacidade térmica.
e) dilatação aparente.

5. (UFLA) Um bulbo de vidro conectado a um tubo fino, com coeficiente de dilatação desprezível, contendo certa massa de água na fase líquida é mostrado abaixo em três situações de temperatura. Na primeira, o sistema está a 4ºC; na segunda, a 1ºC e, na terceira, a 10ºC. Conforme a temperatura, a água ocupa uma certa porção do tubo. Tal fenômeno é explicado



a) pelo aumento de volume da água de 0ºC a 4ºC, seguido da diminuição do volume a partir de 4ºC.
b) pela diminuição da densidade da água de 0ºC a 4ºC, seguido do aumento da densidade a partir de 4ºC.
c) pelo aumento do volume da água a partir de 0ºC.
d) pelo aumento da densidade da água de 0ºC a 4ºC, seguido da diminuição da densidade a partir de 4ºC.
e) pela diminuição do volume da água a partir de 0ºC.

6. (Unificado-RJ) Um industrial propôs construir termômetros comuns de vidro, para medir temperaturas ambiente entre 1° C e 40° C, substituindo o mercúrio por água destilada. Cristóvão, um físico, se opôs, justificando que as leituras no termômetro não seriam confiáveis, porque:
a) a perda de calor por radiação é grande.
b) o coeficiente de dilatação da água é constante no intervalo de 0° C a 100° C.
c) o coeficiente de dilatação da água entre 0° C e 4° C é negativo.
d) o calor específico do vidro é maior que o da água.
e) há necessidade de um tubo capilar de altura aproximadamente 13 vezes maior do que o exigido pelo mercúrio.

7. (PUC) Quando um frasco completamente cheio de líquido é aquecido, este transborda um pouco. O volume do líquido transbordado mede:
a) a dilatação absoluta do líquido;
b) a dilatação absoluta do frasco;
c) a dilatação aparente do frasco;
d) a dilatação aparente do líquido;
e) a dilatação do frasco mais a do líquido

8. (UEL) Um copo de vidro de capacidade 100 cm3, a 20,0 ºC, contém 98,0 cm3 de mercúrio a essa temperatura. O mercúrio começará a extravasar quando a temperatura do conjunto, em ºC, atingir o valor de
Dados: Coeficiente de dilatação cúbica:
- mercúrio = $180 \cdot 10^{-6}$ ºC^{-1}
- vidro = $9{,}00 \cdot 10^{-6}$ ºC^{-1}
a) 300
b) 240
c) 200
d) 160
e) 140

9. (UEL) Um recipiente de vidro de capacidade $2{,}0 \cdot 10^2$ cm^3 está completamente cheio de mercúrio, a 0 ºC. Os coeficientes de dilatação volumétrica do vidro e do mercúrio são, respectivamente, $4{,}0 \cdot 10^{-5}$ ºC^{-1} e $1{,}8 \cdot 10^{-4}$ ºC^{-1}. Aquecendo o conjunto a 100 ºC, o volume de mercúrio que extravasa, em cm^3, vale
a) 2,8 . 10– 4
b) 2,8 . 10– 3
c) 2,8 . 10– 2
d) 2,8 . 10– 1
e) 2,8

10. (PUCRJ) Uma companhia compra $1{,}0 \cdot 10^4$ litros de petróleo a 30 ºC. Se o petróleo, cujo coeficiente de dilatação volumétrica é $9{,}0 \cdot 10^{-4}$ ºC^{-1}, for vendido à temperatura de 10 ºC, qual a perda da companhia em litros?
a) 180 L
b) 90 L
c) $9 \cdot 10^{-3}$ L
d) $2{,}7 \cdot 10^{-2}$ L
e) $1{,}8 \cdot 10^{-2}$ L

11. (FURG) Quando resfriamos uma determinada quantidade de água de 4°C até 0°C, ocorre que:
a) o volume aumenta e a densidade diminui.
b) o volume diminui e a densidade aumenta.
c) o volume e a densidade diminuem.
d) o volume permanece constante e a densidade diminui.
e) o volume e a densidade aumentam.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

1. (MACK) Quando um recipiente totalmente preenchido com um líquido é aquecido, a parte que transborda representa sua dilatação ..... A dilatação ..... do líquido é dada pela ..... da dilatação do frasco e da dilatação ..... Com relação à dilatação dos líquidos, assinale a alternativa que, ordenadamente, preenche de modo correto as lacunas do texto acima.
a) aparente — real— soma — aparente
b) real — aparente — soma — real
c) aparente — real — diferença — aparente
d) real — aparente — diferença — aparente
e) aparente — real — diferença — real

2. (Uesb-BA) Um tanque cheio de gasolina de um automóvel, quando exposto ao sol por algum tempo, derrama uma certa quantidade desse combustível. Desse fato, conclui-se que:
a) só a gasolina se dilatou.
b) a quantidade de gasolina derramada representa sua dilatação real.
c) a quantidade de gasolina derramada representa sua dilatação aparente.
d) o tanque dilatou mais que a gasolina.
e) a dilatação aparente da gasolina é igual à dilatação do tanque.

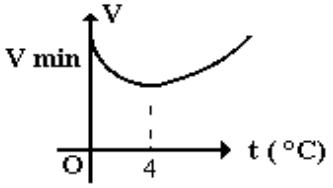
3. (MACK) Em uma experiência para determinarmos o coeficiente de dilatação linear do vidro, tomamos um frasco de vidro de volume 1000 cm3 e o preenchemos totalmente com mercúrio (coeficiente de dilatação volumétrico = $1{,}8 \cdot 10^{-4}$°C^{-1}).
Após elevarmos a temperatura do conjunto de 100ºC, observamos que 3 cm^3
de mercúrio transbordam.
Dessa forma, podemos afirmar que o coeficiente de dilatação linear do vidro
que constitui esse frasco vale
a) $5{,}0 \cdot 10^{-5}$°C^{-1}
b) $4{,}0 \cdot 10^{-5}$°C^{-1}
c) $3{,}0 \cdot 10^{-5}$°C^{-1}
d) $2{,}0 \cdot 10^{-5}$°C^{-1}
e) $1{,}0 \cdot 10^{-5}$°C^{-1}

4. (PUC-PR) Sobre a dilatação térmica dos corpos, é correto afirmar:
I. A água, ao ser aquecida, sempre diminui de volume.
II. Quando uma chapa metálica com um furo se dilata, o furo diminui.
III. O aumento do comprimento de uma haste metálica é diretamente proporcional ao seu comprimento inicial.

a) Somente a afirmativa I é verdadeira.
b) Somente a afirmativa II é verdadeira.
c) Somente a afirmativa III é verdadeira.
d) As afirmativas II e III são verdadeiras.
e) As afirmativas I e III são verdadeiras.

5. (ACAFE) Quando aquecemos determinada massa de água de 0°C a 4°C:
a) o volume diminui e a densidade aumenta;
b) o volume aumenta e a densidade diminui;
c) o volume e a densidade diminuem;
d) o volume e a densidade aumentam;
e) nada se pode afirmar a respeito.

6. (FURG) O gráfico abaixo mostra o comportamento do volume de uma determinada massa de água, em função da temperatura.



Analisando o gráfico, observamos que a densidade da água
a) é mínimo a 4°C.
b) é constante qualquer que seja a temperatura.
c) diminui com o aumento da temperatura.
d) aumenta a partir de 4°C.
e) aumenta de 0 a 4°C.

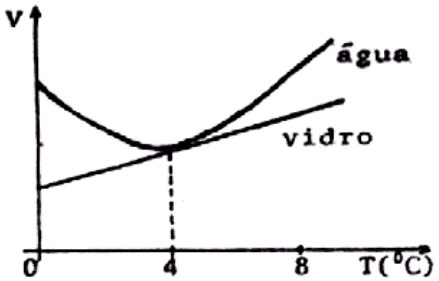
7. (UFRS) Deseja-se construir um termômetro de escala linear, com pontos extremos 2 °C e 80 °C, e que utilize o volume como variável termométrica. Nesse termômetro **não** é conveniente usar a água como substância termométrica porque
a) o coeficiente volumétrico de dilatação do vidro é maior do que o da água.
b) a água não se dilata com o aumento da temperatura
c) à pressão de uma atmosfera, a água entraria em ebulição no ponto máximo da escala.
d) à pressão de uma atmosfera, a água congelaria no ponto mínimo da escala.
e) a dilatação da água não é linear na faixa de temperaturas da escala.

8. (Unificado-RJ) Um industrial propôs construir termômetros comuns de vidro, para medir temperaturas ambiente entre 1° C e 40° C, substituindo o mercúrio por água destilada. Cristóvão, um físico, se opôs, justificando que as leituras no termômetro não seriam confiáveis, porque:
a) a perda de calor por radiação é grande.
b) o coeficiente de dilatação da água é constante no intervalo de 0° C a 100° C.
c) o coeficiente de dilatação da água entre 0° C e 4° C é negativo.
d) o calor específico do vidro é maior que o da água.
e) há necessidade de um tubo capilar de altura aproximadamente 13 vezes maior do que o exigido pelo mercúrio.

9. (PUC-SP) Quando uma planta nova permanece numa temperatura abaixo de zero, ela morre porque:
a) foi queimada pelo frio.
b) com a reduzida temperatura, altera-se o processo de metabolismo.
c) a água existentes nos vasos e nas células, ao solidificar-se, aumenta de volume e rompe as paredes dos vasos e das membranas.
d) a camada de gelo que se forma sobre as folhas impede a respiração.

10. Uma certa massa de água líquida sob pressão normal sofre um aquecimento a partir de uma determinada temperatura. Nessas condições, podemos afirmar que:
a) o volume de água permaneceu constante se o aquecimento foi de 0°C a 4°C.
b) o volume de água aumentou se o aquecimento foi de 0°C e 4°C
c) o volume de água tanto pode ter aumentado, como diminuído, devido ao seu comportamento anômalo.
d) o volume de água diminuiu segundo a lei $\Delta V = \gamma \cdot V_0 \cdot \Delta\theta$.
e) o volume de água aumentou segundo a lei $\Delta V = \gamma \cdot V_0 \cdot \Delta\theta$.

11. (UFRGS) O gráfico mostra a variação de volume V de uma certa quantidade de água e do volume interno de um recipiente de vidro que a contém, em função de suas temperaturas (T). Supondo-se que a 4 ºC o recipiente se encontre inteiramente cheio de água, esta transbordará do recipiente, se a temperatura da água e a do recipiente assumirem valores:



a) entre 0 ºC e 4 ºC, apenas.
b) acima de 4 ºC, apenas.
c) abaixo de 0 ºC, apenas.
d) acima de 10 ºC, apenas.
e) ou acima ou abaixo de 4 ºC.

12. (UFRGS) Durante o aquecimento de um litro de água de 20 °C a 60 °C, o que ocorre com o volume e a densidade dessa água, respectivamente?
a) permanece o mesmo - aumenta
b) aumenta - diminui
c) aumenta - aumenta
d) diminui - aumenta
e) diminui - diminui

Instrução: As questões **13** e **14** refere-se ao enunciado abaixo.

Dois cubos metálicos com dimensões idênticas, um de ouro (A), outro de chumbo (B), estão sobre uma placa aquecedora, inicialmente em temperatura ambiente.
A tabela abaixo apresenta algumas das propriedades térmicas desses dois materiais.

Propriedades Térmicas	A Ouro	B Chumbo
Condutividade térmica (W/(m.K))	317	35
Coeficiente de dilatação linear (10^{-6}/K)	15	29
Calor específico (J/(kg.K))	130	130
Densidade/Massa específica (kg/m^3)	19600	11400

13. (UFRGS) Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do texto abaixo, na ordem em que aparecem.
No topo de cada cubo é colocada uma cabeça de fósforo que fica em contato direto com o cubo. Os dois cubos são aquecidos a uma temperatura final levemente superior à de ignição do fósforo.
Com base nos dados da tabela, conclui-se que o fósforo acenderá primeiro no cubo ___ e que a aresta do cubo A será _____ do cubo B no estado de equilíbrio térmico.

(A) A – menor que a
(B) A – maior que a
(C) B – maior que a
(D) B – menor que a
(E) A – igual à

14. (UFRGS) Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do texto abaixo, na ordem em que aparecem.
Em outro experimento, a cada um dos cubos é fornecida, independentemente, a mesma quantidade de calor. A temperatura final do cubo A será _____ que a do B, e a variação de energia interna dos cubos será _____.

(A) maior - positiva
(B) maior - negativa
(C) maior - zero
(D) menor- zero
(E) menor- positiva

GABARITO

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

1) C	**2)** E	**3)** B	**4)** C	**5)** D
6) C	**7)** D	**8)** E	**9)** E	**10)** A

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

1) A	**2)** C	**3)** A	**4)** C	**5)** A
6) E	**7)** E	**8)** C	**9)** C	**10)** C
11) E	**12)** B	**13)** A	**14)** E	

MÓDULO 12

ESTUDO DOS GASES

1 - TEORIA CINÉTICA DOS GASES

O estudo que faremos é válido para gases ideais ou perfeitos cujas características são estabelecidas por uma série de postulados que constituem a teoria cinética dos gases. Segundo essa teoria, as moléculas do gás ideal:

1°) movem-se desordenadamente (movimento caótico) e, embora apresentem velocidades variáveis de uma para outra, admite-se que se movimentam com uma mesma velocidade escalar média;

2°) não exercem ação mútua, isto é, não interagem por mais próxima que estejam, exceto durante as colisões;

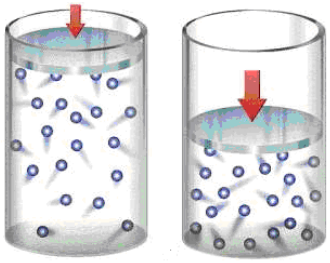
3°) as colisões das moléculas entre si e com as paredes do recipiente são perfeitamente elásticas e de duração desprezível;

4°) apresentam volume próprio desprezível, em comparação com o volume ocupado pelo gás;

O comportamento de um gás real se aproxima do comportamento de um gás ideal a altas temperaturas e baixas pressões. A pressão exercida pelo gás é o resultado do bombardeio ocasionado pelas moléculas em seu movimento caótico. Então, à primeira vista parece paradoxal que um gás , em alta temperatura exerça baixa pressa, de acordo com a condição estabelecida para que o gás real tenha comportamento próximo do ideal. No entanto, a baixa pressão é possível desde que a quantidade de moléculas no recipiente seja pequena. Em outras palavras, podemos dizer que a referida condição exige que se tenha um gás real rarefeito em alta temperatura.

2 - VARIÁVEIS DE ESTADO

As grandezas: temperatura, pressão, volume, além de outras são chamadas variáveis de estado de um gás, pois definem o estado em que se encontra o gás dentro do sistema.



$$\boxed{CNTP \Rightarrow P = 1\,atm \text{ e } T = 0\,°C = 273\,K}$$

Obs.: A temperatura será sempre na escala ABSOLUTA

$$\boxed{T = t_c + 273}$$

2.1 - PRESSÃO

A pressão exercida por um gás é devido ao choques das moléculas contra as paredes do recipiente.

2.2 - VOLUME

Os gases não têm volume próprio; o volume de um gás é o volume do recipiente que o contém.

3 - CONCEITO DE MOL

Do mesmo modo como uma dúzia representa 12 unidades de uma mesma espécie, **1 mol** representa $6{,}02.10^{23}$ unidades de uma mesma espécie.

Por exemplo, 1 mol de qualquer substância contém sempre o mesmo número de partículas, ou seja, $6{,}02.10^{23}$. Ao afirmar que 1 mol de CO_2 corresponde à massa de 44g, dizemos que $6{,}02.10^{23}$ moléculas de CO_2 têm massa de 44g.

Chama-se **massa molar (M)** de uma substância a **massa (m)** em gramas, de 1 mol de partículas (moléculas, átomos, íons, elétrons, etc.) da substância. Se determinada substância apresenta uma massa m diferente da massa molar (M), então o número de mols (n) pode ser calculado:

$$\boxed{n = \frac{m}{M}}$$

n = número de mols
M = massa molar
m = massa.

4 - EQUAÇÃO DE ESTADO DE UM GÁS (EQUAÇÃO DE CLAPEYRON)

As variáveis do estado de um gás ideal (P, V, T) estão relacionadas com a quantidade de gás. No século passado, o físico francês Clapeyron verificou que a razão $\frac{P.V}{T}$ é diretamente proporcional ao número de mols (n) de um gás ideal.

$$\boxed{P.V = n.R.T}$$

Nessa expressão conhecida como **equação de Clapeyron**, R é a constante de proporção também chamada constante universal dos gases ideais, cujo valor depende das unidades de pressão, volume e temperatura.

$$R = 0.082\,\frac{atm.L}{mol.K} = 8{,}31\,\frac{joules}{mol.K} = 2{,}0\,\frac{cal}{mol.K}$$

5 - LEI GERAL DOS GASES PERFEITOS

Considerando dois estados diferentes de uma mesma quantidade de gás ideal (número n de mols) : o estado 1, caracterizado pelos valores p_1, V_1, e T_1 das variáveis de estado, e o estado 2, caracterizado pelos valores p_2, V_2 e T_2.

Aplicando-se a equação de Clapeyron para esses dois estados, teremos

$$p_1.V_1 = n.R.T_1 \quad \text{e} \quad p_2.V_2 = n.R.T_2$$

Dividindo membro a membro:

$$\frac{p_1.V_1}{p_2.V_2} = \frac{n.R.T_1}{n.R.T_2} \quad \therefore \quad \boxed{\frac{P_1.V_1}{T_1} = \frac{P_2.V_2}{T_2}}$$

6 - TRANSFORMAÇÕES GASOSAS

6.1 - Transformação Isotérmica (Lei de Boyle-Mariotte)

Uma transformação gasosa, em que a temperatura se mantém constante e a pressão e o volume variam, denomina-se isotérmica.

$$P.V = K \Rightarrow P = \frac{K}{V} \quad \Rightarrow \quad P \propto \frac{1}{V}$$

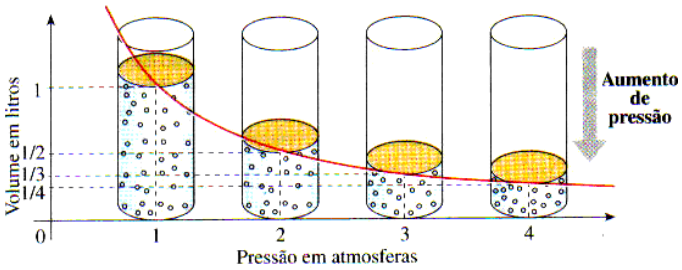
"Para uma dada massa de gás ideal, mantida a temperatura constante, a pressão é inversamente proporcional ao volume."

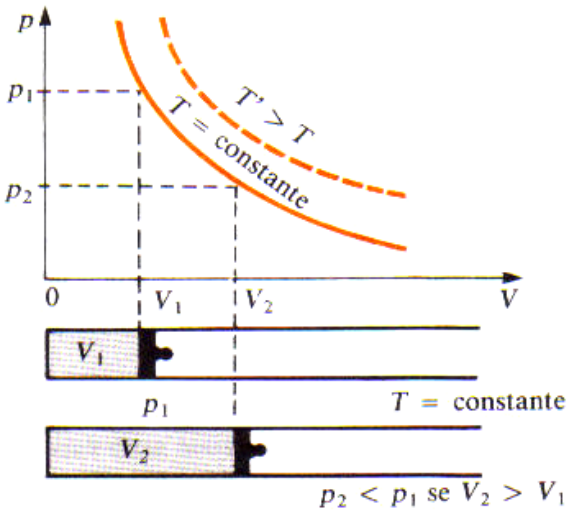
$$\frac{P_1.V_1}{T_1} = \frac{P_2.V_2}{T_2} \Rightarrow T_1 = T_2 \Rightarrow \boxed{P_1.V_1 = P_2.V_2}$$

DIAGRAMA P x V

O gráfico de uma transformação isotérmica no diagrama P x V é uma hipérbole eqüilátera e denomina-se isoterma.

Todos os pontos da isoterma possuem a mesma temperatura T.





OBS.: Analisando a equação de Clapeyron (P . V = n . R . T), conclui-se que quanto maior for o valor de T, maior será o valor do produto P. V. Portanto, quanto mais elevada for a temperatura do gás, mais afastada dos eixos estará a isoterma.

6.2 - Transformação Isométrica, Isocórica ou Isovolumétrica (Lei de Charles)

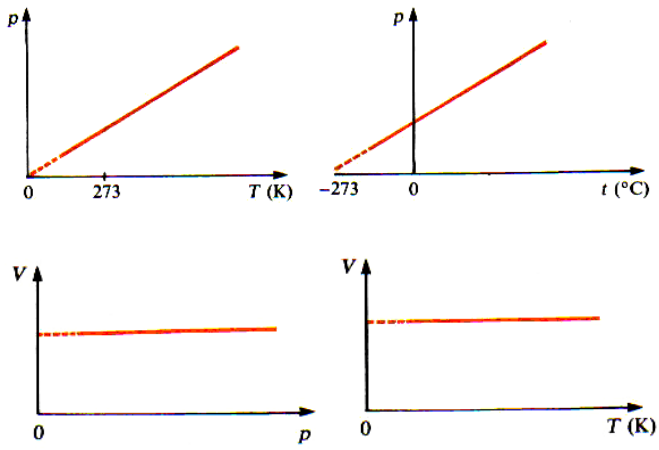
Uma transformação gasosa, em que o volume é mantido constante, variando a temperatura e a pressão, denomina-se isométrica,isocórica ou isovolumétrica.

$$\frac{P}{T} = K \Rightarrow P = K.T \Rightarrow \quad P \propto T\,(K)$$

"Para uma dada massa de gás ideal, mantida a volume constante, a pressão é diretamente proporcional a temperatura absoluta."

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

- DIAGRAMAS:



6.3- TRANSFORMAÇÃO ISOBÁRICA (LEI GAY-LUSSAC)

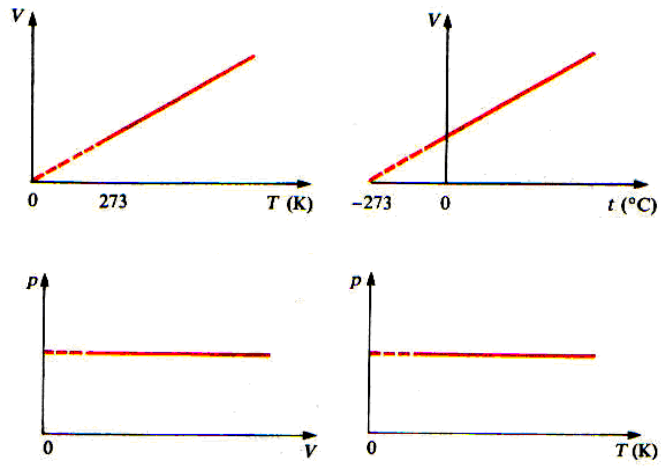
Uma transformação gasosa, em que a pressão é mantida constante, variando a temperatura e o volume, denomina-se isobárica.

$$\frac{V}{T} = K \Rightarrow V = K.T \Rightarrow \quad V \propto T\,(K)$$

"Para uma dada massa de gás ideal, mantida a pressão constante, o volume é diretamente proporcional a temperatura absoluta."

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

- DIAGRAMAS:



EXERCÍOS DE AULA

1. (FATEC) Um mol de gás perfeito, à temperatura de 0 ºC e pressão de 1,0 atm, ocupa um volume de 22,4 litros. Para conter dois mols de gás perfeito à temperatura de 27 ºC e pressão de 2,0 atm, um recipiente rígido deve ter um volume, em litros, cujo valor é mais próximo de

a) 5,0
b) 15
c) 25
d) 40
e) 60

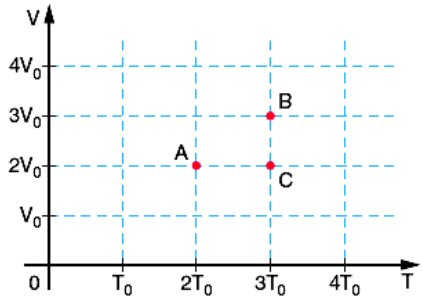
2. (UEFS) Um cilindro contém oxigênio à pressão de 2 atm, sendo o volume de 3 litros e a temperatura de 300 K. O gás é conduzido pelos seguintes processos:

- aquecido à pressão constante até 500 K;
- resfriado a volume constante até 250 K.

Com base nessa informação, pode-se concluir que a pressão final atingida pelo oxigênio foi de

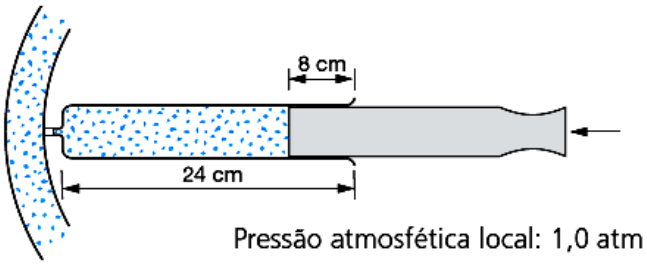
a) 2,0 atm
b) 1,5 atm
c) 1,0 atm
d) 0,8 atm
e) 0,5 atm

3. (UFRGS) Os pontos *A*, *B* e *C* do gráfico, que representa o volume (V) como função da temperatura absoluta (T), indicam três estados de uma mesma amostra de gás ideal. Sendo pA, pB e pC as pressões correspondentes aos estados indicados, podemos afirmar que:



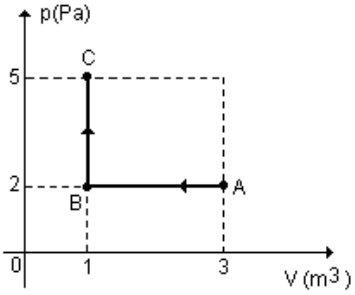
a) $p_A > p_B > p_C$
b) $p_A > p_B < p_C$
c) $p_A = p_B > p_C$
d) $p_A = p_B < p_C$
e) $p_A < p_B > p_C$

4. (UECE) Uma bomba de bicicleta tem um comprimento de 24 cm e está acoplada a um pneumático. Inicialmente, o pistão está recuado e a pressão do ar no interior da bomba é 1,0 atm. É preciso avançar o pistão de 8,0 cm, para que a válvula do pneumático seja aberta. Quando isso ocorrer, a pressão, em atm, na câmara de ar, supondo que a temperatura foi mantida constante, será:



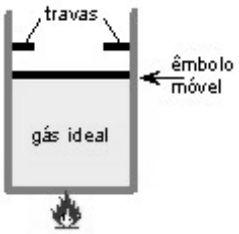
a) 1,5
b) 2,0
c) 2,5
d) 3,0

5. (INATEL-MG) O diagrama a seguir representa uma transformação ABC de um gás ideal. A temperatura do gás no estado A é igual a 27ºC. Calcule a temperatura do gás no estado B e no estado C, em ºC.



EXERCÍCIOS PROPOSTOS

1. (UFAM) A figura mostra um recipiente cilíndrico, com um gás ideal, sendo aquecido por uma fonte de calor. O cilindro é dotado de um êmbolo móvel e possui travas que impedem o movimento de expansão deste êmbolo, a partir de um certo volume. Supondo que este volume tenha sido alcançado e que o recipiente continue sendo aquecido, pode-se afirmar que a relação que melhor descreve a transformação sofrida pelo gás, nestas condições, é:



a) $\frac{V}{T} = \text{constante}$.

b) $pV = \text{constante}$.

c) $\frac{p}{T} = \text{constante}$.

d) $\frac{p}{V} = \text{constante}$.

e) $\frac{V}{p} = \text{constante}$

2. (FURG) Analise as afirmações abaixo:

I - Uma amostra de um gás ideal que ocupa um volume de 0,5 litros a 20ºC ocupará um volume de 1,0 litro a 40ºC se a pressão permanecer constante.

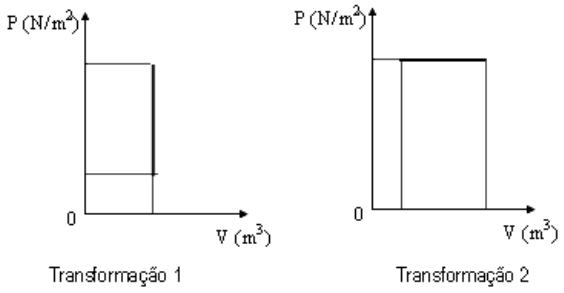
II - Um pedaço de metal a 100ºC é mergulhado na água contida em uma panela a 0º C. Quando atingido o equilíbrio térmico, e desprezado perdas de calor para o ambiente, a temperatura do sistema será necessariamente 50ºC.

III - Calor é energia que flui entre duas regiões quando entre elas há uma diferença de temperatura.

Quais as afirmações corretas?
a) Apenas a I.
b) Apenas a III.
c) Apenas I e II.
d) Apenas I e III.
e) Todas.

3. (FURG) Um gás ideal, a uma pressão de 100 atm e temperatura de 50k, sofre uma transformação isovolumétrica, atingindo uma temperatura de 10k. A sua pressão final será
a) 0,20 atm
b) 20 atm
c) 500 atm
d) 0,5 atm
e) 5 atm

4. (UFRGS) Na figura abaixo, os diagramas p x V representam duas transformações termodinâmicas de uma amostra de gás ideal.

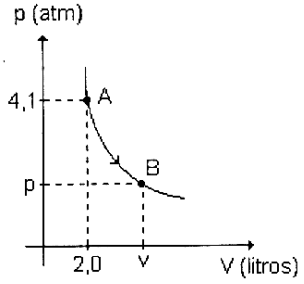


As transformações respectivamente, 1 e 2 denominam-se,
a) adiabática e isotérmica.
b) isobárica e isométrica.
c) isométrica e isotérmica.
d) adiabática e isobárica.
e) isométrica e isobárica.

INSTRUÇÃO: O diagrama P – V da figura se refere às questões 5 e 6.

O sistema constitui-se de oxigênio (O_2), cuja massa molecular é 32 g/mol. O mesmo está sofrendo transformação no sentido indicado pela seta. Considere que o oxigênio se comporta como gás ideal (gás perfeito).

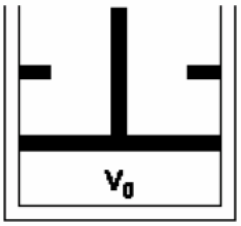
Dado: $R = 0{,}082\frac{atm.litro}{mol.k} = 8{,}31\frac{joule}{mol.k}$



5. (FURG) No diagrama da figura, se a temperatura do gás no estado "A" é 200 K, que massa de oxigênio está sofrendo transformação?
a) 2g.
b) 8g.
c) 16g.
d) 32g.
e) 64g.

6. (FURG) Que tipo de transformação o gás está sofrendo?
a) Transformação isovolumétrica.
b) Expansão isobárica.
c) Compressão isobárica.
d) Compressão isotérmica.
e) Nada se pode dizer com os dados disponíveis.

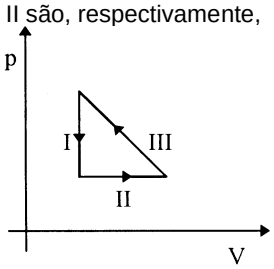
7. (FUVEST) Um gás, contido em um cilindro, à pressão atmosférica, ocupa um volume v_0, à temperatura ambiente T_0 (em kelvin). O cilindro contém um pistão, de massa desprezível, que pode mover-se sem atrito e que pode até, em seu limite máximo, duplicar o volume inicial do gás. Esse gás é aquecido, fazendo com que o pistão seja empurrado ao máximo e também com que a temperatura do gás atinja quatro vezes T_0. Na situação final, a pressão do gás no cilindro deverá ser



a) metade da pressão atmosférica.
b) igual à pressão atmosférica.
c) duas vezes a pressão atmosférica.
d) três vezes a pressão atmosférica.
e) quatro vezes a pressão atmosférica.

8. (UFSM) O gráfico do comportamento do volume de um gás ideal, em função da temperatura Celsius e a pressão constante, é uma reta. A interseção do prolongamento dessa reta com o eixo das temperaturas:
a) deve estar em um ponto qualquer da porção positiva desse eixo.
b) deve coincidir com o ponto t = 0°C.
c) pode estar em qualquer ponto desse eixo.
d) deve estar em ponto qualquer da porção negativa desse eixo.
e) só pode estar em um determinado ponto da porção negativa desse eixo.

9. (UFRS) Um gás ideal sofre as transformações I, II e III indicadas no diagrama da pressão p em função do volume V. As transformações I e II são, respectivamente,



a) Isobárica e isovolumétrica.
b) Isovolumétrica e isobárica.
c) Isotérmica e isovolumétrica
d) Isovolumétrica e adiabática.
e) Isovolumétrica e adiabática.

10. (UECE) Acerca do comportamento de uma determinada amostra de gás ideal são feitas as seguintes afirmações:

I. Sob pressão constante, o volume é diretamente proporcional à temperatura absoluta.

II. O volume é diretamente proporcional à pressão, se a temperatura se mantém constante.

III. A volume constante, a pressão é inversamente proporcional à temperatura absoluta.

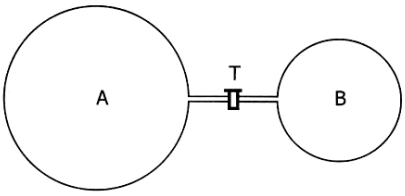
a) apenas I é correta

b) apenas II é correta
c) apenas III é correta
d) I, II e III são corretas
e) I, II e III são falsas

11. (ACAFE) Um motorista, antes de iniciar uma viagem, calibra os pneus do carro com uma pressão de 24 lbf/pol^2 à temperatura de 27º C. Ao encerrar a viagem, verifica que a pressão dos pneus é de 26,4 lbf/pol^2. *Desprezando-se a dilatação dos pneus*, é **VERDADEIRO** afirmar:

a) A temperatura dos pneus no final da viagem é de 300 K.
b) O ar nos pneus sofreu uma transformação adiabática.
c) O ar nos pneus sofreu uma transformação isotérmica.
d) A temperatura dos pneus no final da viagem é de 57º C.
e) A variação da temperatura do ar nos pneus é inversamente proporcional à variação da pressão dos pneus.

12. (UGRGS) Na figura abaixo estão representados dois balões de vidro, A e B, com capacidades de 3 litros e de 1 litro, respectivamente. Os balões estão conectados entre si por um tubo fino munido da torneira T, que se encontra fechada. O balão A contém hidrogênio à pressão de 1,6 atmosferas. O balão B foi completamente esvaziado.



Abre-se, então, a torneira T, pondo os balões em comunicação, e faz-se também com que a temperatura dos balões e do gás retorne ao seu valor inicial. (Considere 1 atm igual a 10^5 N/m^2).

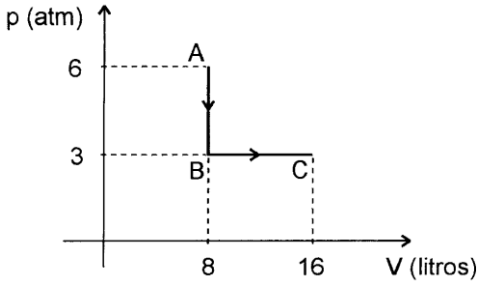
Qual é, em N/m^2, o valor aproximado da pressão a que fica submetido o hidrogênio?

a) 4,0 x 10^4.
b) 8,0 x 10^4.
c) 1,2 x 10^5.
d) 1,6 x 10^5.
e) 4,8 x 10^5.

13. (UFLA) Um sistema constituído por um gás ideal sofre transformação com variações das coordenadas P, V, T e m, passando de um estado inicial (1) para um estado final (2). Considerando $P_2 = 2P_1$, $V_1 = 2V_2$, $T_1 = 300$ K e $T_2 = 450$ K, pode-se afirmar que a relação entre as massas m_1/m_2 é

a) 0,67
b) 0,38
c) 1,50
d) 2,67
e) 1,00

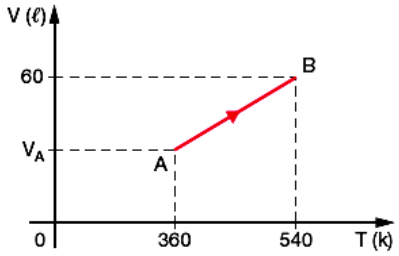
14. (FURG) Certa massa de gás ideal sofre as transformações AB e BC, representadas no gráfico p x V (pressão x volume) da figura abaixo.



Sobre o gás, é correto afirmar que

a) a temperatura do gás em B é maior do que em A
b) a temperatura do gás em C é menor do que em B.
c) a temperatura do gás em C é maior do que em A.
d) a transformação AB é isotérmica.
e) a transformação BC é isobárica.

15. (UNIC-MT) O gráfico representa a transformação de uma certa quantidade de gás ideal do estado *A* para o estado *B*. O valor de VA é:



a) 540 litros.
b) 25 litros.
c) 40 litros.
d) 60 litros.
e) 360 litros.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

1. (PPCV) Uma certa massa de gás ideal possui um volume V. Para duplicar o volume do gás deve-se:

I - duplicar sua temperatura absoluta, mantendo constante sua pressão.

II - duplicar sua pressão e duplicar sua temperatura absoluta.

III - manter sua temperatura absoluta constante e reduzir sua pressão pela metade.

Quais das alternativas estão corretas

a) Apenas I.
b) Apenas II.
c) Apenas III.
d) Apenas I e III.
e) Apenas II e III.

2. (ITA) Calcular a massa de gás hélio (massa molecular 4,0) contida num balão, sabendo-se que o gás ocupa um volume igual a 5,0 m^3 e está a uma temperatura de -23 °C e a uma pressão de 30 cmHg.

a) 1,86 g
b) 46 g
c) 96 g
d) 186 g
e) 385 g

3. (VUNESP) Numa transformação isobárica, o volume de uma certa massa de um gás perfeito altera-se de 3 litros para 6 litros. Sabendo-se que a temperatura inicial do gás era de 77 ºC, qual a sua temperatura ao final da transformação, expressa em graus Celsius? Lembre-se de que a Lei de Gay-Lussac, que rege a transformação isobárica, só é válida para temperaturas expressas em Kelvin.

a) 700
b) 427
c) 350
d) 273
e) 154

4. (FUVEST) Uma certa quantidade de gás perfeito passa por uma transformação isotérmica. Os pares de pontos pressão (P) e volume (V), que podem representar esta transformação, são:

a) b) c)

P	V
4	2
8	1

P	V
3	9
4	16

P	V
2	2
6	6

d)

P	V
3	1
6	2

e)

P	V
1	2
2	8

5. (UFSM) Uma bolha de gás ideal, com volume V, é solta no fundo de um lago onde a pressão é o dobro da pressão existente na superfície. Supondo que a temperatura da água é constante, a bolha chegará à superfície, com um volume:
a) V/3
b) V/2
c) V
d) 3V/2
e) 2V

6. (FEI) A pressão que um gás exerce em uma superfície é devida:
a) ao choque entre as moléculas.
b) à força de atração entre as moléculas.
c) ao choque das moléculas com a superfície considerada.
d) à força de repulsão entre as moléculas.
e) à força com que a superfície atrai as moléculas.

7. (MACK) Um pesquisador transferiu uma massa de gás perfeito à temperatura de 27 ºC para outro recipiente de volume 20% maior. Para que a pressão do gás nesse novo recipiente seja igual à inicial, o pesquisador teve de aquecer o gás de:
a) 20 ºC
b) 30 ºC
c) 40 ºC
d) 50 ºC
e) 60 ºC

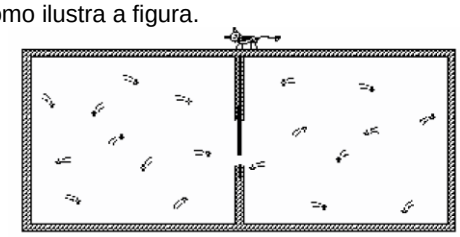
8. (MACK) O motorista de um automóvel calibrou os pneus, à temperatura de 17 °C, em 25 libra-força/polegada^2. Verificando a pressão dos pneus após ter percorrido certa distância, encontrou o valor de 27,5 libra-força/polegada^2. Admitindo o ar como gás perfeito e que o volume interno dos pneus não sofre alteração, a temperatura atingida por eles foi de:
a) 18,7 °C
b) 34 °C
c) 46 °C
d) 58 °C
e) 76 °C

9. (MACK) Certa massa de gás perfeito, contida em um recipiente de volume 2 litros, tem temperatura de – 73 °C, sob pressão de 38 cm de Hg. Essa massa gasosa é totalmente transferida para outro recipiente, de volume 1 litro. Para que a pressão do gás nesse recipiente seja de 1,5 atm, devemos elevar sua temperatura de :
a) 50 °C
b) 100 ºC
c) 200 ºC
d) 250 °C
e) 300 °C

10. (UCSAL) Uma dada massa de gás sofre uma transformação isovolumétrica. Nessa transformação, é correto afirmar que
a) a pressão e a temperatura absoluta assumem valores proporcionais.
b) a pressão e a temperatura Celsius assumem valores proporcionais.
c) a pressão sempre aumenta.
d) o volume é igual ao produto da pressão pela temperatura.
e) a temperatura sempre aumenta.

11. (UEL) Um *freezer* é programado para manter a temperatura em seu interior a –19 ^{0}C. Ao ser instalado, suponha que a temperatura ambiente seja de 27 ^{0}C. Considerando que o sistema de fechamento da porta a mantém hermeticamente fechada, qual será a pressão no interior do *freezer* quando ele tiver atingido a temperatura para a qual foi programado?
a) 0,72 atm
b) 0,78 atm
c) 0,85 atm
d) 0,89 atm
e) 0,94 atm

12. (UFSCAR) Maxwell, notável físico escocês da segunda metade do século XIX, inconformado com a possibilidade da morte térmica do Universo, conseqüência inevitável da Segunda Lei da Termodinâmica, criou o "demônio de Maxwell", um ser hipotético capaz de violar essa lei. Essa fictícia criatura poderia selecionar as moléculas de um gás que transitassem entre dois compartimentos controlando a abertura que os divide, como ilustra a figura.



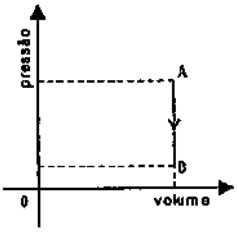
Por causa dessa manipulação diabólica, as moléculas mais velozes passariam para um compartimento, enquanto as mais lentas passariam para o outro. Se isso fosse possível,
a) esse sistema nunca entraria em equilíbrio térmico.
b) esse sistema estaria em equilíbrio térmico permanente.
c) o princípio da conservação da energia seria violado.
d) não haveria troca de calor entre os dois compartimentos.
e) haveria troca de calor, mas não haveria troca de energia.

13. (UESC) A teoria cinética dos gases apresenta um modelo microscópico para o gás ideal. De acordo com essa teoria, as moléculas de um gás
a) encontram-se em movimento ordenado.
b) não exercem força umas sobre as outras, quando colidem.
c) possuem a mesma velocidade média, para qualquer que seja a temperatura do gás.
d) interagem entre si através de colisões perfeitamente elásticas e de duração desprezível.
e) interagem com as paredes do recipiente que as contém através de colisões perfeitamente inelásticas e de curta duração.

14. (UCSAL) Colocam-se 22 g de dióxido de carbono, cuja massa molar é 44 g, num volume de 8,2 litros, à temperatura de 300 K. Considerando-se o comportamento desse gás como o de gás perfeito e sendo dada a constante universal dos gases perfeitos R = 0,082 $\frac{atm.L}{mol.K}$, a pressão exercida pelo gás, em atm, é de
a) 0,5
b) 1,0
c) 1,5
d) 2,0
e) 3,0

15. (FATEC) Um gás ideal exerce pressão de 2 atm a 27 ºC. O gás sofre uma transformação isobaricana qual seu volume sofre um aumento de 20%. Supondo não haver alteração na massa do gás, sua temperatura passou a ser, em ºC:
a) 32
b) 54
c) 87
d) 100
e) 120

16. (UEFS) Ao absorver calor, um gás ideal passa do estado A para o estado B, conforme o diagrama pressão x volume, representado acima. Considerando essas informações, pode-se afirmar que, nessa transformação, houve



a) redução do volume do gás.
b) redução da temperatura do gás.
c) aumento da energia interna do gás.
d) conversão de calor em trabalho.
e) realização de trabalho do meio externo sobre o gás.

GABARITO

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

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

EXERCÍCIOS FIXAÇÃO

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

MÓDULO 13

TERMODINÂMICA

1 - INTRODUÇÃO

A Termodinâmica é parte da física que estuda a quantificação efetiva das transformações entre calor e trabalho. Todo estudo na termodinâmica toma como referência um Sistema Termodinâmico, que é um conjunto constituído de um fluido (na maioria dos casos, um gás perfeito) contido em um recipiente, podendo estar ou não em contato direto com o ambiente. Os sistemas podem ser classificados a seguinte maneira:

Sistema Aberto: Através da fronteira, pode-se trocar com o meio externo energia e matéria.

Sistema Fechado: Pode-se trocar energia, mas não matéria.

Sistema Isolado: A fronteira do sistema impede trocas de energia e matéria.

2 - TRANSFORMAÇÕES TERMODINÂMICAS

2.1- Transformação irreversível

Transformação na qual um sistema, uma vez atingido o estado final de equilíbrio, não retorna ao estado inicial ou a quaisquer estados intermediários, sem a ação de agentes que modifiquem o meio externo (trabalho).

2.2- Transformação reversível

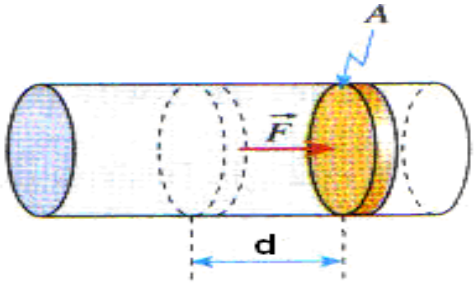
Transformação que pode ocorrer em ambos os sentidos, passando por todas as etapas intermediárias, sem que isso cause modificações definitivas ao meio externo.

3 - TRABALHO

Iniciaremos o estudo da Termodinâmica com a idéia de trabalho de um sistema termodinâmico. Em particular, os gases aplicam forças nas paredes dos recipientes que os contêm, e essas forças podem realizar trabalho. Vejamos como calcular o trabalho realizado ou recebido por um gás, dependendo da transformação que ele sofre.

3.1- TRABALHO SOB PRESSÃO CONSTANTE

Vamos obter a expressão que nos permite calcular o trabalho trocado pelo gás durante uma transformação gasosa. Para efeito de simplificação vamos considerar uma expansão isobárica.



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

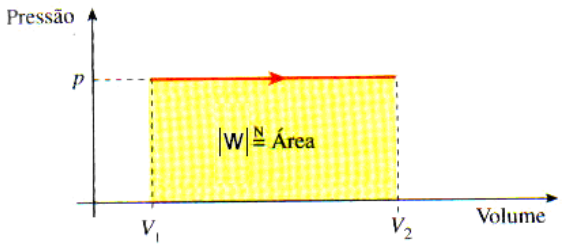
$$W = F.d \Rightarrow W = P.A.d$$

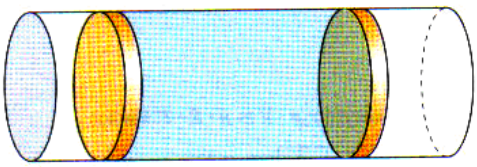
$$\Delta V = A.d \Rightarrow W = P.\Delta V$$

$$\boxed{W = P.\Delta V = P.(V_F - V_I)}$$

V aumenta ($V_2 > V_1$) → sistema realiza trabalho → $W > 0$
V diminui ($V_2 < V_1$) → sistema recebe trabalho → $W < 0$
V constante ($V_2 = V_1$) → sistema não troca trabalho → $W = 0$

No caso de uma transformação isobárica, o trabalho $W = P.\Delta V$ na transformação, corresponde a área do retângulo hachurado.

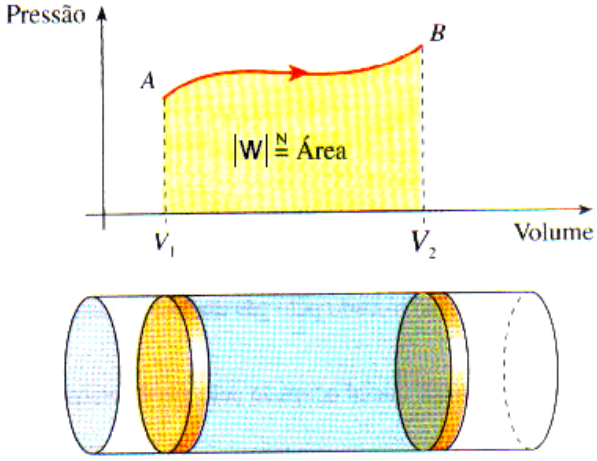




$$\boxed{W = P.\Delta V = n.R.\Delta T}$$

3.2 - TRABALHO NUMA TRANSFORMAÇÃO QUALQUER

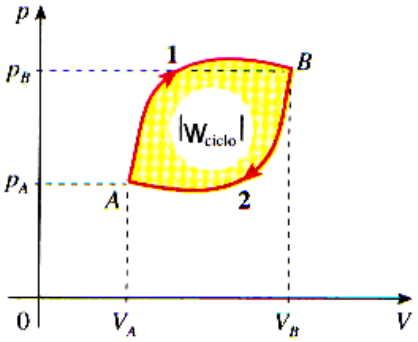
O trabalho sendo calculado pela área pode ser generalizado e é válido mesmo que a pressão exercida pelo gás varie durante a transformação, bastando para isso considerar que o gás passa por uma série de pequenas transformações isobáricas.

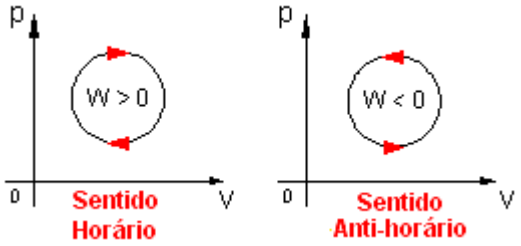


$$\overset{N}{W} = ÁREA$$

3.3 - TRANSFORMAÇÃO CÍCLICA

Uma transformação gasosa é chamada cíclica quando o estado final do gás coincide com o seu estado inicial, ou seja, no estado final os valores da pressão, do volume e da temperatura do gás coincidem com os valores iniciais. O trabalho realizado ou recebido pelo gás é determinado pela área interna do ciclo descrito pelo gás.





4 - ENERGIA INTERNA (U)

Chamamos de energia interna de um sistema a energia, sob qualquer forma, que ele tem armazenada dentro de si.

Entre as formas de energia interna podemos destacar a energia cinética de translação das partículas, a energia cinética de rotação das partículas e a energia potencial de ligação entre as partículas.

A energia interna de uma massa depende exclusivamente da temperatura absoluta e representa, num gás ideal monoatômico, a energia cinética das moléculas.

$$U = E_c = \frac{3}{2} n.R.T = \frac{3}{2} P.V \Leftrightarrow \Delta U = \frac{3}{2} n.R.\Delta T$$

T aumenta → U aumenta → ΔU > 0
T diminui → U diminui → ΔU < 0
T constante → U constante → ΔU = 0

Numa mudança de fase, a temperatura não varia, mas a energia interna varia de acordo com a quantidade de calor que o sistema recebeu ou cedeu.

A energia interna de um sistema é função de ponto, isto é, que o seu valor depende exclusivamente do estado (do ponto) em que se encontra o sistema, não importa como ele chegou até este estado. Isso permite concluir que a variação de energia interna não depende dos estados intermediários. É importante salientar que num ciclo a variação de energia interna é nula.

5 - LEI DE JOULE

A energia interna de uma dada massa de gás ideal é função exclusiva da temperatura.

OBS.: A variação da energia interna não depende do processo. Depende apenas das temperaturas inicial e final do processo.

6 - ENERGIA CINÉTICA MÉDIA POR MOLÉCULA

O modelo de gás perfeito estabelece que as moléculas gasosas movem-se caoticamente.

A energia cinética média por molécula de um gás não depende da natureza específica do gás. Assim, gases diferentes à mesma temperatura possuem igual energia cinética média por molécula. È possível deduzir que a energia cinética média por molécula de um gás perfeito é diretamente proporcional a temperatura absoluta T.

A constante de proporcionalidade k é denominada constante de Boltzmann. Essa constante corresponde a relação entre duas constantes físicas: a constante universal dos gases R e o número de Avogadro N_A. Assim, utilizando as unidades do SI:

$$k = \frac{R}{N_A} = \frac{8{,}31}{6{,}02.10^{23}} = 1{,}38.10^{-23} J/K$$

Substituindo na equação anterior

$$e_c = \frac{3}{2} k.T = \frac{3}{2}.\frac{R}{N_A}.T$$

$$\frac{m.v^2}{2} = \frac{3}{2}.\frac{R}{N_A}.T \Rightarrow v^2 = \frac{3.R.T}{M}$$

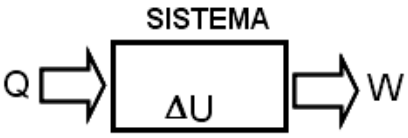
A velocidade quadrática média é diretamente proporcional a temperatura absoluta T e inversamente proporcional a sua massa molar M. A velocidade quadrática média depende da natureza do gás.

7- PRIMEIRA LEI DA TERMODINÂMICA

Um gás pode trocar energia com o meio de duas maneiras: sob a forma de calor (Q) ou sob a forma de trabalho (W). Essas trocas energéticas refletem-se sobre a energia interna do gás, que pode aumentar, diminuir ou permanecer constante. A variação da energia interna do gás (ΔU) é dada pela

chamada *Primeira Lei da Termodinâmica*, que pode ser assim enunciada:

A variação da energia interna de um sistema **ΔU** é dada pela diferença entre a quantidade **Q** de calor trocada com o meio e o trabalho **W** realizada ou recebido durante o processo.



$$\boxed{\Delta U = Q - W}$$

recebe calor $\rightarrow Q > 0$
cede calor $\rightarrow Q < 0$

8 - APLICAÇÕES DA PRIMEIRA LEI

8.1 - TRANSFORMAÇÃO ISOTÉRMICA

Como a temperatura é constante, a variação da energia interna do gás é nula:

$$\boxed{T = \text{constante} \rightarrow \Delta U = 0 \rightarrow Q = W}$$

Numa transformação isotérmica, o calor trocado pelo gás com o meio externo é igual ao trabalho realizado no mesmo processo.

8.2 - TRANSFORMAÇÃO ISOBÁRICA

Em uma transformação isobárica (pressão constante) a temperatura Absoluta e volume são diretamente proporcionais.

Em uma expansão isobárica, como o volume aumenta (W>0) a temperatura absoluta também aumenta (ΔU>0), implicando que o sistema recebe calor e realiza trabalho.

$$V \uparrow (W > 0),\ T \uparrow (\Delta U > 0) \Rightarrow Q > 0$$

Em uma compressão isobárica, como o volume diminui (W<0) a temperatura absoluta também diminui (ΔU<0), implicando que o sistema cede calor e recebe trabalho.

$$V \downarrow (W < 0),\ T \downarrow (\Delta U < 0) \Rightarrow Q < 0$$

8.3 - TRANSFORMAÇÃO ISOVOLUMÉTRICA

Como o volume é constante, o trabalho realizado é nulo:

$$\boxed{V = \text{constante} \rightarrow W = O \rightarrow Q = \Delta U}$$

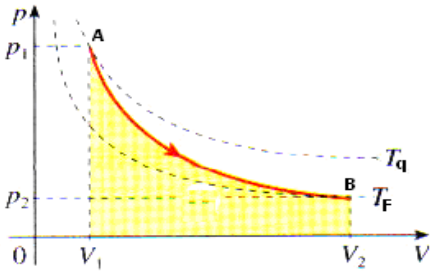
O sistema recebe calor a temperatura aumenta ou, ao contrário, cede calor e a temperatura diminui.

8.4 - TRANSFORMAÇÃO ADIABÁTICA

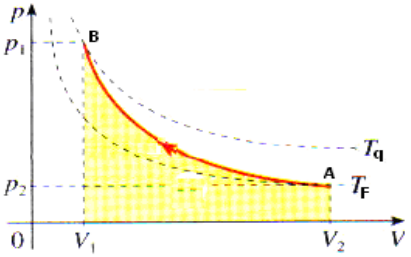
É uma transformação em que não ocorre troca de calor com o meio externo.

$$\boxed{Q = O \rightarrow \Delta U = -W}$$

- *expansão adiabática:* a temperatura e a pressão diminuem.



- *compressão adiabática:* a temperatura e a pressão aumentam.

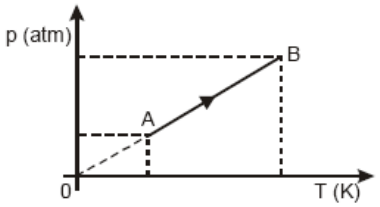


Importante

Se um sistema termodinâmico recebe uma quantidade de calor **Q** menor que a quantidade de energia utilizada para a realização do trabalho **W**, a sua energia interna **U** diminui e conseqüentemente a temperatura também diminui.

EXERCÍOS DE AULA

1. (CESGRANRIO) Um gás ideal evolui de um estado A para um estado B, de acordo com o gráfico abaixo:



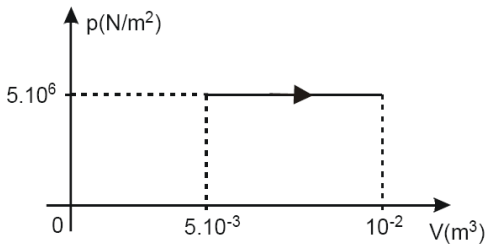
São feitas três afirmações a respeito desse gás, ao evoluir de A para B:

I - O seu volume aumentou.
II - Ele realizou trabalho.
III - Ele recebeu calor.

É(são) verdadeira(s)
a) apenas I.
b) apenas II.
c) apenas III.
d) apenas I e II.
e) I, II e III.

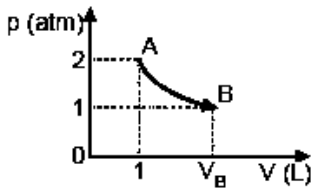
2. (VUNESP) Um gás, que se comporta como gás ideal, sofre expansão sem alteração de temperatura, quando recebe uma quantidade de calor Q = 6 J.
a) Determine o valor ΔU da variação da energia interna do gás.
b) Determine o valor do trabalho T realizado pelo gás durante esse processo.

3. (FUVEST) Um mol de um gás ideal dobra o seu volume num processo de aquecimento isobárico (ver figura). Calcule



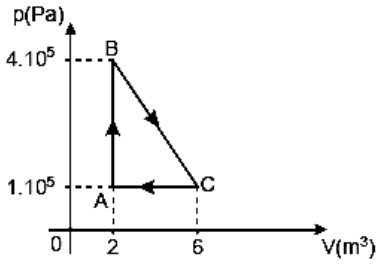
a) o trabalho mecânico realizado pelo gás.
b) a variação da energia interna do gás nesse processo.

4. (FUVEST) Um mol de moléculas de um gás ideal sofre uma transformação isotérmica reversível A → B mostrada na figura. (Dado: R = 0,082 atm.L.K^{-1}.mol^{-1})



a) Determine o volume V_B.
b) Sabendo que o gás efetuou um trabalho igual a 5,7 J, qual a quantidade de calor que ele recebeu?

5. (FUVEST) Certa quantidade de gás considerado perfeito sofre um ciclo de transformações, representado no diagrama.

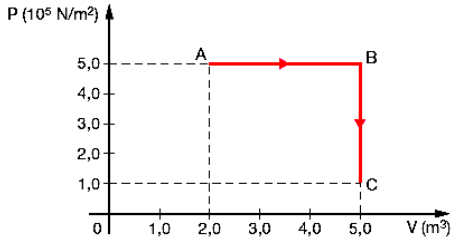


Calcular o trabalho realizado pelo gás ao descrever o ciclo ABCA, em joules, e o calor Q trocado entre o gás e o meio, em calorias.
Usar: 1 cal = 4,18 J

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

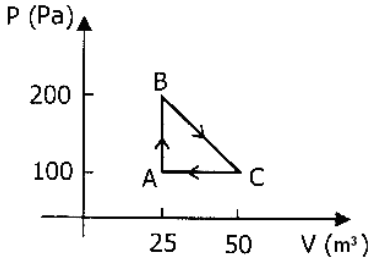
1. (VUNESP) Uma bexiga vazia tem volume desprezível; cheia, o seu volume pode atingir 4,0 . 10^{-3} m^3. O trabalho realizado pelo ar para encher essa bexiga, à temperatura ambiente, realizado contra a pressão atmosférica, num lugar onde o seu valor é constante e vale 1,0 . 10^5 Pa, é no mínimo de
a) 4 J
b) 40 J
c) 400 J
d) 4.000 J
e) 40.000 J

2. (Unifor-CE) Um gás ideal sofre a transformação A → B → C indicada no diagrama.



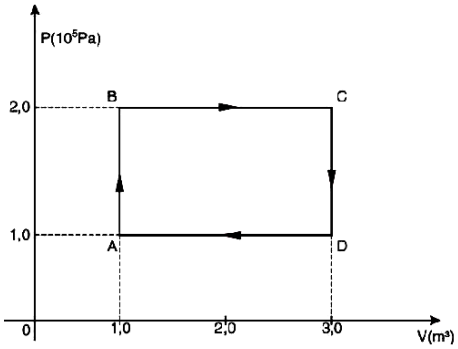
O trabalho realizado pelo gás nessa transformação, em joules, vale:
a) 2,0 . 10^6
b) -1,5 . 10^6
c) 1,5 . 10^6
d) -1,2 . 10^6
e) 1,2 . 10^6

3. (UFRGS) Uma amostra de gás ideal, quando submetida à pressão P_A = 100 Pa, ocupa o volume V_A = 25 m^3. O ponto A do diagrama P x V abaixo representa esse estado. A partir do ponto A, a amostra sofre três transformações termodinâmicas e completas o ciclo que aparece no diagrama.



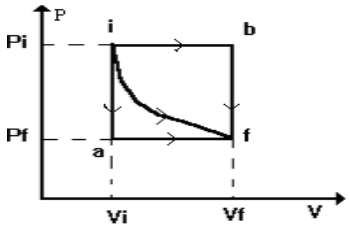
Qual é o trabalho líquido realizado pelo gás no ciclo completo?
a) 1,25 J.
b) 2,50 J.
c) 1,25 x 10^3 J.
d) 2,50 x 10^3 J.
e) 2,50 x 10^6 J.

4. (UFPEL) Um sistema realiza o ciclo ABCDA representado na figura abaixo.



A partir do gráfico e baseado em seus conhecimentos sobre Termodinâmica, é correto afirmar que
a) o trabalho realizado durante a transformação cíclica foi nulo porque a situação final do gás é exatamente igual à inicial.
b) não houve transformação cíclica e sim duas transformações termodinâmicas, uma isocórica e outra isobárica.
c) o trabalho realizado durante a transformação cíclica foi de 4.10^{5}J.
d) o trabalho realizado durante a transformação cíclica foi de 2.10^{5}J.
e) é impossível determinar o valor do trabalho durante a transformação cíclica, já que as transformações não representam o Ciclo de Carnot.

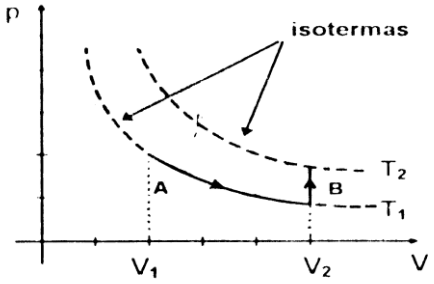
5. (FURG) O diagrama PV abaixo representa três possíveis processos pêlos quais um gás pode ser expandido de um volume inicial Vi, a um volume final Vf.



Podemos afirmar que o trabalho realizado pelo gás
a) no processo ibf é menor do que no processo iaf.
b) no processo ibf é igual ao no processo iaf.
c) no processo if é maior do que no processo iaf.
d) no processo if é maior do que no processo ibf.
e) nos três processos, ibf, if e iaf é o mesmo.

6. (UFSM) Um gás ideal sofre uma expansão adiabática. Então, o gás _____ energia na forma de calor com a vizinhança, e a sua temperatura final é _____ inicial.
Assinale a alternativa que completa, corretamente, as lacunas.
a) não troca – menor que a
b) não troca – maior que a
c) não troca – a mesma
d) troca – menor que a
e) troca – maior que a

7. (UFRS) Um gás ideal sofre um processo em duas etapas, conforme ilustra a diagrama pV abaixo. Na etapa A ele aumenta seu volume em uma expansão isotérmica, ao passo que na etapa B ele é aquecido a volume constante.



Selecione a alternativa que preenche corretamente as lacunas na afirmação seguinte: Na etapa A a energia interna do gás ....., ao passo que na etapa B a energia interna do gás ..... .
a) aumenta - permanece constante
b) permanece constante - aumenta
c) permanece constante - diminui
d) diminui - aumenta
e) aumenta - diminui

8. (UFRS) Um gás perfeito é aquecido dentro de um recipiente de volume constante. Nessas condições,
a) aumenta a energia cinética média de translação das moléculas desse gás.
b) é realizado trabalho sobre o gás.
c) a pressão do gás diminui.
d) a pressão do gás permanece constante.
e) ocorre uma transformação adiabática.

9. (UFRGS) Um recipiente hermeticamente fechado, de paredes rígidas e permeáveis à passagem de calor, contém certa quantidade de gás à temperatura absoluta T.

Selecione a alternativa que preenche corretamente as lacunas no parágrafo abaixo, na ordem em que elas aparecem.
Se o recipiente for mergulhado em um tanque contendo um líquido à temperatura absoluta 2T, a temperatura do gás ....., e sua energia interna ..... .
a) diminuirá - diminuirá
b) diminuirá - permanecerá constante
c) permanecerá constante - aumentará
d) aumentará - aumentará
e) aumentará - permanecerá constante

10. (UFPEL) Considere as seguintes afirmações:

I. Numa expansão adiabática de um gás ideal não há troca de calor com o meio externo.

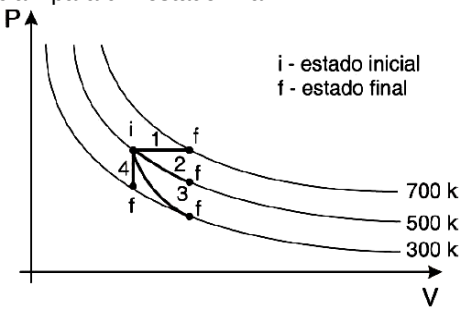
II. Quando a temperatura absoluta de um gás ideal duplica, a pressão aumenta por um fator 2.

III. Para uma transformação isobárica, um aumento de temperatura ocasionará uma redução de volume.

Está(ão) correta(s) a(s) afirmativa(s)
a) apenas I e III.
b) apenas II e III.
c) apenas III.
d) I, II e III.
e) apenas I.

11. (UFPEL) Durante a expansão adiabática de um gás,
a) sua pressão aumenta.
b) sua temperatura diminui.
c) sua energia interna aumenta.
d) sua densidade aumenta.
e) seu volume diminui.

12. (UFPEL) O diagrama P-V abaixo representa quatro processos numerados de 1 a 4 que levam um gás ideal de um estado inicial i para um estado final f .



Baseado em seus conhecimentos e no enunciado da questão, os quatro processos são, respectivamente,
a) adiabático, isocórico, isotérmico e isobárico.
b) isobárico, isotérmico, isocórico e adiabático.
c) isobárico, isotérmico, adiabático e isocórico.
d) isotérmico, adiabático, isocórico e isotérmico.
e) isobárico, isocórico, adiabático e isotérmico.

13. (FURG) Considere as seguintes afirmativas:

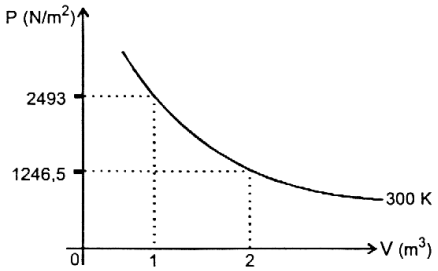
I. Um processo isotérmico ocorre à temperatura constante.

II. Um processo adiabático é aquele onde não ocorre transferência de calor para dentro ou para fora do sistema.

III. Um processo isobárico sempre ocorre à pressão constante.

São verdadeiras as afirmativas:
a) I e II.
b) I, II e III.
c) I e III.
d) I.
e) nenhuma das afirmativas.

14. (UFSM) A figura representa, no diagrama PxV, a expansão isotérmica que um mol de gás ideal sofre, ao receber 1728J de energia na forma de calor. O trabalho realizado na expansão de 1 m^3 para 2 m^3 é, em J,



a) 0
b) 270
c) 870
d) 1728
e) 1870

15. (UFRGS) Considere as afirmações abaixo, referentes a processos de transformação de estado de gases ideais.

I – Em uma expansão adiabática, para cada unidade de trabalho realizado pelo sistema, a energia interna do sistema diminui de duas unidades.

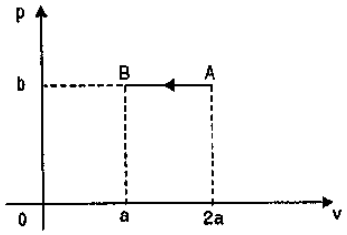
II – Em uma expansão isotérmica, a quantidade de calor recebida pelo sistema é o dobro do trabalho realizado pelo sistema.

III – Em uma transformação isovolumétrica, o aumento na energia interna do sistema é igual à quantidade de calor recebida pelo sistema.

a) Apenas a I.
b) Apenas a II.
c) Apenas a III.
d) Apenas I e II.
e) Apenas II e III.

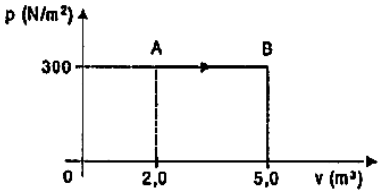
EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

1. (UCSAL) Considere a transformação isobárica AB, sofrida por uma amostra de gás perfeito, que está representada pelo gráfico, pressão x volume, abaixo. Sobre essa transformação é correto afirmar que



a) a energia da amostra de gás não se alterou.
b) o trabalho realizado pelo gás foi 2.a.b, em módulo.
c) a temperatura do gás diminuiu.
d) o gás converteu calor em trabalho
e) o gás não trocou calor com o ambiente.

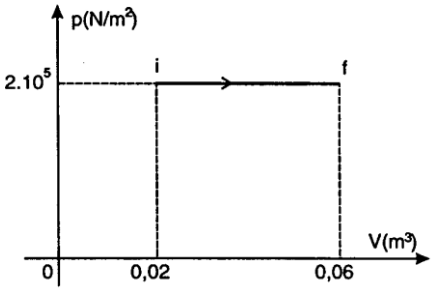
2. (UCSAL) Na transformação isobárica, indicada no gráfico, o gás recebeu do ambiente 1.200 J de energia. O trabalho realizado pelo gás e a variação de sua energia interna nessa transformação foram, em joules, respectivamente, de



a) 300 e 1.500
b) 600 e 900
c) 900 e 300
d) 1.200 e 150
e) 1.500 e zero

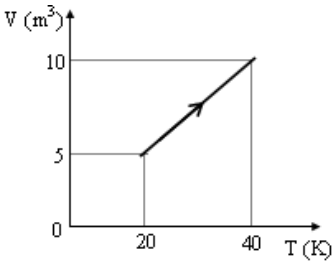
3. (UNISINOS) Máquinas térmicas, como o motor a gasolina, funcionam segundo uma seqüência de transformações formando ciclos termodinâmicos.

Supondo que na transformação isobárica representada no diagrama p x V, o calor absorvido seja Q = 12000 J, então a variação da energia interna, em J, é



a) 2000.
b) 4000.
c) 6000.
d) 8000.
e) 10000

4. (UFRGS) Em uma transformação termodinâmica sofrida por uma amostra de gás ideal, o volume e a temperatura absoluta variam como indica o gráfico abaixo, enquanto a pressão se mantém igual a 20 N/m^2.



Sabendo-se que nessa transformação o gás absorve 250 J de calor, pode-se afirmar que a variação de sua energia interna é de

a) 100 J.
b) 150 J.
c) 250 J.
d) 350 J.
e) 400 J.

5. (P.M.Pouso Alegre) Um gás, mantido a volume constante, recebe 240 J do calor do meio ambiente. O trabalho realizado pelo gás e sua variação de energia interna serão respectivamente:

a) 240J e zero
b) zero e 240J
c) 120J e 120J
d) zero e 120J
e) -240J e 240J

6. (UFRS) Analise as seguintes afirmações:

I – É possível que um sistema absorva calor e a sua temperatura baixe.

II – É possível que um sistema não absorva calor e a sua temperatura varie.

III – Mesmo que sejam deixados durante muito tempo no interior do congelador de um refrigerador, dois objetos, um de alumínio e outro de plástico, não poderão atingir a mesma temperatura.

Quais afirmações são corretas?

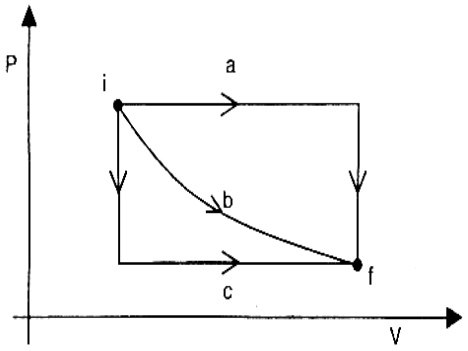
a) Apenas a I.
b) Apenas a II.
c) Apenas a III.
d) Apenas I e II.
e) Apenas II e III.

7. (FURG) Um gás ideal é comprimido tão rapidamente que o calor trocado com o ambiente é desprezível. Durante o processo é correto afirmar que:

a) a energia interna do gás é constante .

b) o trabalho realizado pelo gás é nulo.
c) o gás não troca energia com a vizinhança.
d) o gás sofre uma transformação isobárica.
e) a temperatura do gás aumenta.

8. (UFSM)



No gráfico, representam-se, em função do volume, as pressões exercidas por uma massa de gás quando está passa do mesmo estado inicial i, a um mesmo estado final f, através de três processos diferentes, a, b, e c. Afirma-se, então, que, nos três processos, a

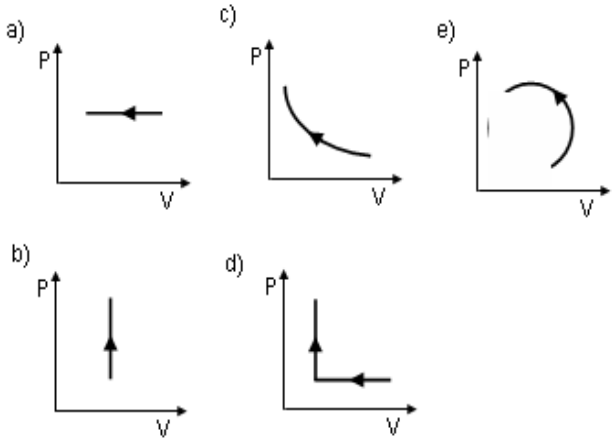
I – energia trocada na forma de calor é a mesma.

II – energia trocada na forma de trabalho é a mesma.

III – variação de energia interna do sistema gasoso é a mesma.

Está(ão) correta(s)
a) apenas I.
b) apenas II.
c) apenas I e II.
d) apenas III.
e) apenas I e III.

9. (FURG) Uma bomba de encher pneus de bicicleta é acionada rapidamente, tendo a extremidade de saída do ar vedada. Conseqüentemente, o ar é comprimido. Nessas condições, assinale qual das alternativas abaixo expressa corretamente o gráfico da variação da pressão com o volume desse gás.



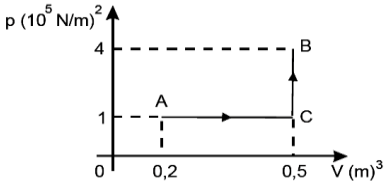
10. (UFPEL – MODIFICADA) Perfumes, desodorantes, inseticidas e muitos outros produtos podem ser encontrados na forma de aerossóis. No instante em que pressionamos a válvula reguladora do frasco que contém um desses produtos, o gás se expande rapidamente.

Então, pela Primeira Lei da Termodinâmica, conclui-se que a transformação descrita no texto é
a) não é adiabática e, portanto, há troca de energia com o meio exterior.
b) adiabática e, portanto, não há troca de energia, na forma de calor, com o meio exterior.
c) isobárica, e a energia interna do gás permanece constante.
d) isocórica, e a variação da energia interna do gás aumenta.
e) isotérmica, e não há variação da energia interna.

11. (UFSCAR) Uma pequena quantidade de um gás ideal é mantida hermeticamente fechada dentro de um cilindro rígido dotado de um êmbolo. Puxando-se rapidamente o êmbolo, verifica-se uma diminuição na temperatura do gás. Em relação à transformação sofrida por este gás, é verdadeiro afirmar que
a) o volume aumentou, num processo isobárico.
b) a pressão diminuiu, num processo isovolumétrico.
c) o volume aumentou, num processo isotérmico.
d) o volume aumentou proporcionalmente mais do que a pressão diminuiu.
e) a pressão diminuiu proporcionalmente mais do que o volume aumentou.

12. (UNEB) Um gás ideal sofre uma expansão isobárica, variando seu volume de 2 m^3 até 5 m^3. Se o trabalho realizado sobre o gás foi de 30 J, a pressão mantida durante a expansão, em N/m^2, foi de
a) 10
b) 12
c) 14
d) 16
e) 18

13. (FEI) Uma amostra de um gás perfeito é levado do estado A para o estado B, segundo a transformação ACB, conforme indica o diagrama.



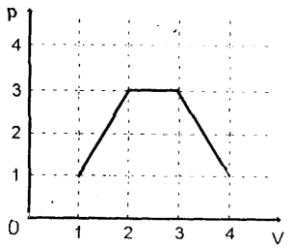
O trabalho realizado pelo gás durante a transformação é
a) 3 . 10^4 J
b) 4,5 . 10^4 J
c) 7,5 . 10^4 J
d) 10,5 . 10^4 J
e) 12 . 10^4 J

14. (MACK) Um gás, contido em um recipiente dotado de um êmbolo que pode se mover, sofre uma transformação. Nessa transformação fornecemos 800 cal ao gás e ele realiza o trabalho de 209 J. Sendo 1 cal = 4,18 J, o aumento da energia interna desse gás foi de:
a) 209 J
b) 3.135 J
c) 3.344 J
d) 3.553 J
e) 3.762 J

15. (UFSM) Um gás ideal sofre uma transformação: absorve 50 cal de energia na forma de calor e expande-se realizando um trabalho de 300J. Considerando 1 cal = 4,2 J, a variação da energia interna do gás é, em J, de
a) 250
b) -250
c) 510
d) -90
e) 90

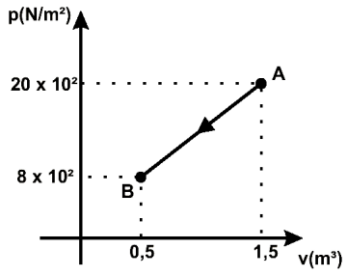
16. (UFRGS) O diagrama abaixo representa, em unidades arbitrárias, a pressão (p) em um recipiente contendo um gás

ideal, como função do volume (v) do gás, durante um processo de expansão.



Selecione a alternativa que preenche corretamente as lacunas no parágrafo abaixo, na ordem em que elas aparecem.
Na etapa em que o volume aumenta de 1 para 2, a energia interna do gás .....; na etapa em que o volume aumenta de 2 para 3, a energia interna do gás .....; na etapa em que o volume aumenta de 3 para 4, a energia interna do gás ..... .
a) diminui - permanece constante - diminui.
b) diminui - permanece constante - aumenta.
c) aumenta - permanece constante - diminui.
d) aumenta - aumenta - aumenta.
e) aumenta - aumenta - diminui.

17. (UFPEL) Um gás ideal monoatômico (n = 0,5 mol) sofre uma transformação, AB, indicada na figura abaixo.
Sendo R =8,3J/molK, os valores aproximados do trabalho e da quantidade de calor, na transformação AB, são, respectivamente, iguais a



a) $-2{,}10 \times 10^3$J e $-6{,}78 \times 10^3$J.
b) $-1{,}40 \times 10^3$J e $6{,}78 \times 10^3$J.
c) $-1{,}40 \times 10^3$J e $-5{,}30 \times 10^3$J.
d) $-3{,}18 \times 10^3$J e $-5{,}49 \times 10^3$J.
e) $-3{,}18 \times 10^3$J e $7{,}37 \times 10^3$J.

GABARITO

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

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

EXERCÍCIOS FIXAÇÃO

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

MÓDULO 14

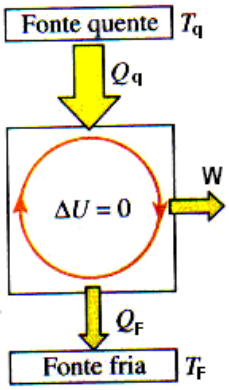
9 - SEGUNDA LEI DA TERMODINÂMICA (ENUNCIADO DE KELVIN-PLANCK)

É impossível construir uma máquina operando em ciclos, cujo único efeito seja retirar calor da fonte quente e convertê-lo integralmente em trabalho.

10 - CONVERSÃO DE CALOR EM TRABALHO (MÁQUINA TÉRMICA)

Máquina térmica é todo o dispositivo que converte continuamente calor em trabalho útil utilizando um fluido, dito trabalhante, que realiza ciclos de sentido horário entre duas temperaturas diferentes.

Para que uma máquina consiga converter calor em trabalho, de modo contínuo, deve operar em ciclos entre duas fontes térmicas, uma quente e outra fria: retira calor da fonte quente (Q_q), converte-o parcialmente em trabalho (W), e o restante (Q_F) rejeitado para a fonte fria.



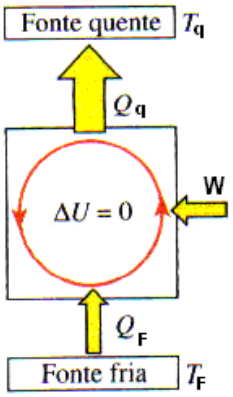
$$W = Q_q - Q_F$$

O rendimento de uma máquina térmica pode ser expresso por:

$$n = \frac{W}{Q_q} \quad \Rightarrow \quad n = 1 - \frac{Q_f}{Q_q}$$

11 - MÁQUINA FRIGORÍFICA:

Numa máquina frigorífica o fluido trabalhante realiza um ciclo em sentido anti-horário. O calor passa da fonte fria para a fonte quente (a passagem não é espontânea) é custa de um trabalho externo.



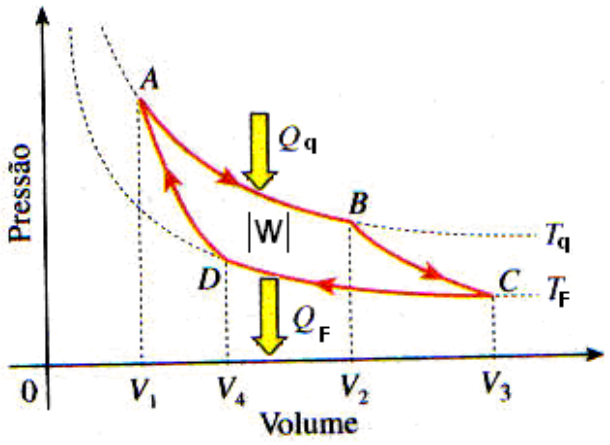
A eficiência da máquina frigorífica é dada por:

$$e = \frac{Q_F}{\tau}$$

12 - CICLO DE CARNOT

O ciclo de Carnot proporciona o rendimento máximo de uma máquina térmica.

O ciclo é composto por duas transformações adiabáticas alternadas e duas transformações isotérmicas, todas elas reversíveis, sendo o ciclo também reversível.



A → B → Exp. Isotérmica
B → C → Exp. Adiabática
C → D → Comp. Isotérmica
D → A → Comp. Adiabática

12.1 - RENDIMENTO MÁXIMO

O rendimento do ciclo de Carnot é função exclusiva das temperaturas absolutas das fontes quente (T_q) e fria (T_F), não dependendo, portanto da substância trabalhante utilizada.

$$\left|\frac{Q_F}{Q_q}\right| = \frac{T_F}{T_q} \quad \Rightarrow \quad \boxed{n = 1 - \frac{T_F}{T_q}}$$

Nenhuma máquina térmica operando entre as mesmas temperaturas pode apresentar rendimento maior do que o previsto para a máquina de Carnot.

IMPORTANTE:
O zero absoluto é a temperatura da fonte fria de uma máquina de Carnot que apresenta rendimento 100% (η = 1). Como o rendimento de 100% é impossível, o **Zero Absoluto** é inatingível.

13 - ENTROPIA (S)

Quando ocorre uma transformação termodinâmica, uma parte da energia é aproveitada e outra é desperdiçada em forma desorganizada e inútil, conhecida como energia térmica.

A entropia mede a degradação da energia organizada para uma energia desorganizada Nos processos naturais, irreversíveis (como uma pedra caindo no chão), a entropia aumenta, pois a energia potencial gravitacional da pedra (energia organizada) é degradada em calor **ΔS >0.**
Para processos isotérmicos reversíveis temos:

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

Nos processos naturais (irreversíveis), a entropia aumenta. Admitindo-se que o Universo seja um sistema isolado, a entropia do Universo sempre aumenta.

EXERCÍOS DE AULA

1. (UFSM) Coloque V (verdadeira) ou F (falsa) para cada uma das afirmativas a seguir, relacionadas com o conceito de calor.
( ) Não há maneira de passar calor de uma fonte fria para uma fonte quente.
( ) Calor é energia transferida de uma parte a outra de um sistema, exclusivamente em decorrência de uma diferença de temperatura.
( ) Ë impossível construir um dispositivo que, operando em ciclos, transforme integralmente o calor absorvido em trabalho.
A seqüência correta é
a) F – F – V
b) V – F – V
c) V – F – F
d) F – V – V
e) F – V – F

2. (PUCC-SP) A turbina de um avião tem rendimento de 80% do rendimento de uma máquina ideal de Carnot operando às mesmas temperaturas. Em vôo de cruzeiro, a turbina retira calor da fonte quente a 127 °C e ejeta gases para a atmosfera que está a -33 °C. O rendimento dessa turbina é de:
a) 80%
b) 64%
c) 50%
d) 40%
e) 32%

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

1. (UFSM) Assinale verdadeira (V) ou falsa (F) em cada uma das afirmativas.
( ) É impossível transferir energia na forma de calor de um reservatório térmico à baixa temperatura para outro com temperatura mais alta.
( ) É impossível construir uma máquina térmica que, operando em ciclos, transforme em trabalho toda a energia a ela fornecida na forma de calor.
( ) Em uma expansão adiabática de um gás ideal, o trabalho é realizado ás custas da diminuição da energia interna do gás.
( ) Em uma expansão isotérmica de um gás ideal, o trabalho é realizado ás custas da diminuição da energia interna do gás.
A seqüência correta é
a) F - V - F - V.
b) F - V - V - F.
c) F - F - V - V.
d) V - F - F - V.
e) V - F - V - F.

2. (FURG) Analise as seguintes afirmações, referentes á segunda lei da termodinâmica.
I – Se uma máquina térmica, operando em ciclos, retira 100 J de calor da fonte quente, então ela pode produzir até 100 J de trabalho.
II – Uma máquina térmica, que opere em ciclo de Carnot, tem um rendimento de 100%.
III – O rendimento de uma máquina de térmica será máximo quando ela operar em ciclo de Carnot.
Estão corretas:
a) Apenas a I.
b) Apenas a II.
c) Apenas a III.
d) Apenas a I e II.
e) Apenas a II e III.

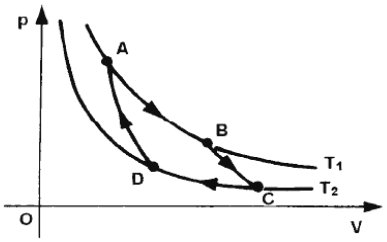
3. (PUC) Um gás perfeito realiza um ciclo de Carnot. A temperatura da fonte fria é de 127ºC e a da fonte quente é 427ºC. O rendimento do ciclo é:
a) 3,4%
b) 70%

c) 43%
d) 57
e) 7%

4. (UNIMEP–SP) Uma máquina térmica de Carnot tem um rendimento de 40% e a temperatura da fonte fria é 27ºC. A temperatura da fonte quente é:
a) 227ºC
b) 45ºC
c) 500ºC
d) 750ºC
e) 477ºC

5. (FURG) Analisa cada uma das seguintes afirmativas relacionadas à Segunda Lei da Termodinâmica e indique se são verdadeiras (V) ou falsas (F).
( ) Em uma máquina térmica, a transformação de energia em trabalho nunca se dá totalmente.
( ) Calor flui espontaneamente de sistemas mais frios para sistemas mais quentes.
( ) Carnot idealizou um ciclo totalmente reversível com o qual se obteria o máximo rendimento possível.
Quais são, respectivamente, as indicações corretas?
a) F - F - V
b) F - V - F
c) F - V - V
d) V - F - V
e) V - V - F

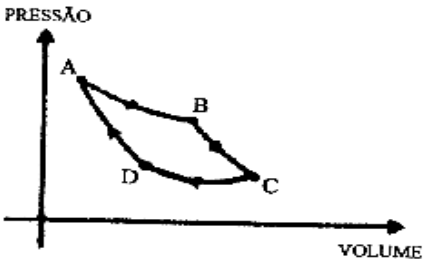
6. (UFBA) A figura a seguir representa o ciclo de Carnot realizado por um gás ideal que sofre transformações numa máquina térmica. Considere-se que o trabalho útil fornecido pela máquina, em cada ciclo, é igual a 1.000 J e, ainda, que:
θ_1 = 127 ºC , θ_2 = 27 ºC , 1 cal = 4,2 J .



Nessas condições, conclui-se corretamente que
(01) de A até B, o gás é expandido isobaricamente.
(02) de B até C, o gás sofre uma expansão isotérmica.
(04) de C até D, o gás é comprimido isotermicamente.
(08) de D até A, o gás sofre compressão sem trocar calor com o meio externo.
(16) o rendimento da máquina depende da substância utilizada.
(32) a quantidade de calor retirado da fonte quente é aproximadamente igual a 952 cal.

SOMA:_____

7. (UFSM)



Indique se é verdadeira (V) ou falsa (F) cada uma das afirmativas a seguir, relacionadas ao Ciclo de Carnot percorrido no sentido das flechas, conforme a figura.
( ) Os processos A $\rightarrow$ B e C $\rightarrow$ D são isotérmicos, e os processos B $\rightarrow$ C e D $\rightarrow$ A, adiabáticos.
( ) O Ciclo, percorrido conforme indicam as flechas, representa uma máquina refrigeradora.
( ) O sistema absorve calor no processo A $\rightarrow$ B e libera calor no processo C $\rightarrow$ D.

A seqüência correta é
a) V - V - F
b) F - F - V
c) V - F - F
d) F - V - F
e) V - F – V

8. (UFSM) Considere as afirmações:
I – É impossível construir uma máquina térmica que, operando em ciclos, retire energia na forma de calor de uma fonte, transformando-a integralmente em trabalho.
II – Refrigeradores são dispositivos que transferem energia na forma de calor de um sistema de menor temperatura para outro de maior temperatura.
III – A energia na forma de calor não passa espontaneamente de um corpo de menor temperatura para outro de maior temperatura.
Está(ão) correta(s):
a) Apenas I.
b) Apenas II.
c) Apenas I e III.
d) Apenas a II e III.
e) I, II e III.

9. (CEFET-PR) O 2° princípio da Termodinâmica pode ser enunciado da seguinte forma: "É impossível construir uma máquina térmica operando em ciclos, cujo único efeito seja retirar calor de uma fonte e convertê-lo integralmente em trabalho." Por extensão, esse princípio nos leva a concluir que:
a) sempre se pode construir máquinas térmicas cujo rendimento seja 100%;
b) qualquer máquina térmica necessita apenas de uma fonte quente;
c) calor e trabalho não são grandezas homogêneas;
d) qualquer máquina térmica retira calor de uma fonte quente e rejeita parte desse calor para uma fonte fria;
e) somente com uma fonte fria, mantida sempre a 0°C, seria possível a uma certa máquina térmica converter integralmente calor em trabalho.

10. (UFRGS) Considere as seguintes afirmações:
I - É possível aumentar a temperatura de um gás sem que necessariamente ele se encontre em contato com uma fonte de calor.
II - Aumentando a energia cinética média das moléculas de um gás, aumenta a sua temperatura.
III - Numa máquina térmica, o calor cedido a um gás pode apenas em parte ser usado para realizar trabalho.
Quais estão corretas?
a) Apenas II
b) Apenas III
c) Apenas I e II
d) Apenas I e III
e) I, II e III

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

1. (UCSAL) Uma máquina térmica opera entre duas fontes de calor cujas temperaturas são 27 ºC e 227 ºC, respectivamente. Se ela retira da fonte quente 1,5 . 10^7 cal por dia de funcionamento, o máximo de trabalho que ela pode realizar, no mesmo período, em joules, é
Dado: 1 cal = 4,2 J
a) 6,3 . 105
b) 2,5 . 106
c) 6,3 . 106
d) 2,5 . 107
e) 6,3 . 107

2. (UEL) O processo cíclico na máquina de Carnot, que é uma máquina térmica teórica de rendimento máximo, é constituído de duas transformações:
a) isotérmicas e duas adiabáticas
b) isotérmicas e duas isobáricas
c) isotérmicas e duas isométricas
d) isobáricas e duas adiabáticas
e) isobáricas e duas isométricas

3. (UEL) Uma máquina térmica de Carnot é operada entre duas fontes de calor a temperaturas de 400 K e 300 K. Se, em cada ciclo, o motor recebe 1 200 calorias da fonte quente, o calor rejeitado por ciclo à fonte fria, em calorias, vale:
a) 300
b) 450
c) 600
d) 750
e) 900

4. (UEL) Uma determinada máquina térmica deve operar em ciclo entre as temperaturas de 27 °C e 227 °C. Em cada ciclo ela recebe 1 000 cal da fonte quente. O máximo de trabalho que a máquina pode fornecer por ciclo ao exterior, em calorias, vale:
a) 1 000
b) 600
c) 500
d) 400
e) 200

5. (UFRS) Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas abaixo.

A função do compressor de uma geladeira é a de aumentar a pressão sobre o gás freon contido na tabulação. Devido à rapidez com que ocorre a compressão, esta pode ser considerada uma transformação..... .

A temperatura e a pressão do gás se elevam. Como não há trocas, o trabalho realizado pelo compressor é igual à variação de energia ..... do gás.
a) adiabática; interna
b) isotérmica; cinética
c) isotérmica; interna
d) adiabática; potencial
e) isobárica; interna

6. (UFRGS) Um jornal noticia que um inventor excêntrico e desconhecido está anunciando um motor térmico que opera segundo um novo ciclo, no qual a totalidade do calor extraído de uma fonte de calor é transformada em trabalho. O jornal também informa que a comunidade científica recebeu com ceticismo a notícia, uma vez que a existência de tal mecanismo violaria uma lei física bem estabelecida. Que lei física estaria sendo frontalmente violada, caso o motor anunciado funcionasse de fato com o desempenho divulgado?
a) A lei da conservação da quantidade de movimento.
b) A segunda lei de Newton.
c) A primeira lei da Termodinâmica.
d) A segunda lei da Termodinâmica.
e) A lei que traduz a equivalência entre massa e energia.

7. (UFRGS) Uma máquina térmica ideal opera recebendo 450 J de uma fonte de calor e liberando 300 J no ambiente. Uma Segunda máquina térmica ideal opera recebendo 600 J e liberando 450 J. Se dividirmos o rendimento da Segunda máquina pelo rendimento da primeira máquina, obteremos
a) 1,50
b) 1,33
c) 1,00
d) 0,75
e) 0,25

8. Considere as seguintes afirmações:
I - É possível aumentar a temperatura de um gás sem que necessariamente ele se encontre em contato com uma fonte de calor.
II - Nenhuma máquina térmica que opere entre duas temperaturas dadas pode apresentar maior rendimento que a máquina de Carnot que opere entre as mesmas temperaturas
IIII - Se um sistema recebe 150 J de energia em forma de calor e 100 J na forma de trabalho, a variação de sua energia interna é de 250 J.
Quais estão corretas?
a) Apenas I
b) Apenas III
c) Apenas I e II
d) Apenas I e III
e) I, II e III

9. (UFSM) Assinale verdadeira (V) ou falsa (F) em cada uma das afirmativas.
( ) É impossível transferir energia na forma de calor de um reservatório térmico à baixa temperatura para outro com temperatura mais alta.
( ) É impossível construir uma máquina térmica que, operando em ciclos, transforme em trabalho toda a energia a ela fornecida na forma de calor.
( ) Em uma expansão adiabática de um gás ideal, o trabalho é realizado ás custas da diminuição da energia interna do gás.
( ) Em uma expansão isotérmica de um gás ideal, o trabalho é realizado ás custas da diminuição da energia interna do gás.
A seqüência correta é
a) F – V – F – V.
b) F – V – V – F.
c) F – F – V – V.
d) V – F – F – V.
e) V – F – V – F.

10. (UFRGS) Selecione a alternativa que preenche corretamente as lacunas no parágrafo abaixo, na ordem em que elas aparecem.

A entropia de um sistema termodinâmico isolado nunca .....: se o sistema sofre uma transformação reversível, sua entropia .....;

Se o sistema sofre uma transformação irreversível, sua entropia ..... .
a) aumenta – permanece constante – diminui.
b) aumenta – diminui – permanece constante.
c) diminui – aumenta – aumenta.
d) diminui – permanece constante – aumenta.
e) diminui – permanece constante – permanece constante.

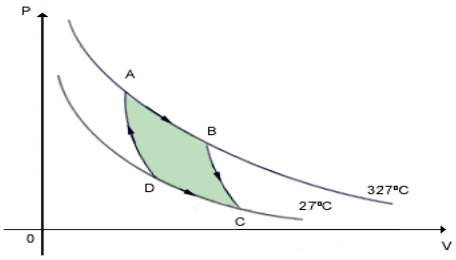
11. (PUC) O Segundo Princípio da Termodinâmica pode ser enunciado da seguinte forma: “Nenhuma máquina térmica, operando em ciclo, pode transformar em _____ todo o _____ a ela fornecido”.

a) calor	Trabalho
b) trabalho	Calor
c) força	Calor
d) força	Impulso
e) trabalho	impulso

12. (PUC-SP) O rendimento de uma máquina térmica:
a) depende apenas da temperatura da fonte quente.
b) é tanto maior quanto maior a diferença de temperaturas das fontes quente e fria.
c) depende apenas da temperatura da fonte fria.
d) não depende das temperaturas das fontes e sim das transformações envolvidas.
e) nunca pode ultrapassar a 30 %.

13. (UFS-SE) Uma máquina térmica opera no ciclo de Carnot entre as fontes fria a 27 °C e quente a 327 °C. Em cada ciclo a

máquina fornece um trabalho de 1200 J. O ciclo ABCDA de Carnot está representado a seguir.



Analise as afirmações que seguem.

(01) A área da região assinalada no gráfico é numericamente igual a 1200 J.

(02) O rendimento da máquina térmica é de 40%.

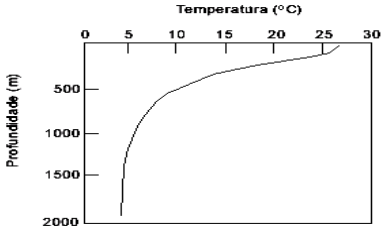
(04) A transformação AB é uma expansão adiabática e o vapor operante se aquece.

(08) A transformação BC é uma compressão isobárica e o vapor operante perde calor.

(16) Em cada ciclo, o vapor operante recebe 2400 J de calor e sua energia interna não se altera.

Dê como resposta a soma dos números que precedem as afirmações corretas. SOMA:_____

14. (UFSC) O uso de combustíveis não-renováveis, como o petróleo, tem sérias implicações ambientais e econômicas. Uma alternativa energética em estudo para o litoral brasileiro é o uso da diferença de temperatura da água na superfície do mar (fonte quente) e de águas mais profundas (fonte fria) em uma máquina térmica para realizar trabalho. (Desconsidere a salinidade da água do mar para a análise das respostas).



Assinale a(s) proposição(ões) correta(s).

(01) Supondo que a máquina térmica proposta opere em um ciclo de Carnot, teremos um rendimento de 100%, pois o ciclo de Carnot corresponde a uma máquina térmica ideal.

(02) Uma máquina com rendimento igual a 20% de uma máquina ideal, operando entre 7 ºC e 37 ºC, terá um rendimento menor que 10%.

(04) Na situação apresentada, a temperatura mais baixa da água é de aproximadamente 4 ºC pois, ao contrário da maioria dos líquidos, nesta temperatura a densidade da água é máxima.

(08) É impossível obter rendimento de 100% mesmo em uma máquina térmica ideal, pois o calor não pode ser transferido espontaneamente da fonte fria para a fonte quente.

(16) Não é possível obtermos 100% de rendimento, mesmo em uma máquina térmica ideal, pois isto viola o princípio da conservação da energia.

Dê como resposta a soma dos números que precedem as proposições corretas.

GABARITO

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

1) B	**2)** C	**3)** C	**4)** A	**5)** D	**6)** 44
7) E	**8)** E	**9)** D	**10)** E		

EXERCÍCIOS FIXAÇÃO

1) D	**2)** A	**3)** E	**4)** D	**5)** A	**6)** D
7) D	**8)** E	**9)** B	**10)** D	**11)** D	**12)** B
13) 21	**14)** 14				