

Anderson Luiz Pinheiro de Oliveira
Carlos Alexandre Barros de Almeida
Geógenes Melo de Lima

Termologia

em questão

1^a edição

ANDERSON LUIZ PINHEIRO DE OLIVEIRA
CARLOS ALEXANDRE BARROS DE ALMEIDA
GEÓGENES MELO DE LIMA

TERMOLOGIA EM QUESTÃO

1ª Edição

Natal – RN

Anderson Luiz Pinheiro de Oliveira

2014

Catlogação da publicação na fonte

O48t Oliveira, Anderson Luiz Pinheiro de.

Termologia em Questão / Anderson Luiz pinheiro de Oliveira; Carlos Alexandre Barros de Almeida; Lima, Geógenes Melo de. – Natal/RN, 2014.
112p.

ISBN: 978-85-8333-148-3

1. Termometria. 2. Calorimetria. 3. Termodinâmica –
I. Almeida, Carlos Alexandre Barros de. II. Lima,
Geógenes Melo de. III. Título.

15-664

CDU: 53

SOBRE OS AUTORES

ANDERSON LUIZ PINHEIRO DE OLIVEIRA

Licenciado em Física – UFRN

Mestre em Ensino de Ciências – UFRN

Doutorando em Ciências Climáticas – UFRN

CARLOS ALEXANDRE BARROS DE ALMEIDA

Licenciado em Física – UFPE

Mestre em Engenharia de Reatores Nucleares – UFPE

Doutor em Física dos Solos – UFPE

GEÓGENES MELO DE LIMA

Licenciado em Física – UFPB

Engenheiro Civil – UFPB

**Especialista em Metodologia do Ensino de Matemática e
Física - UNINTER**

APRESENTAÇÃO

A Física no Ensino Médio tem seus temas divididos em seis ramos: Mecânica, Termologia, Ondas, Óptica, Eletromagnetismo e Física Moderna. Desse modo, os princípios estudados e construídos ao longo dos séculos são organizados levando-se em conta os fenômenos em comum a cada grupo de ideias científicas contidas nesses ramos, muito embora é natural que hajam “conversas” entre temáticas de ramos diferentes.

O presente trabalho tem por objetivo disponibilizar os principais conceitos, princípios e leis relativas ao ramo Termologia de forma objetiva, dando ao leitor a oportunidade de praticar os conhecimentos a partir da resolução de exercícios propostos e atuais ao final de cada uma das partes em que a obra foi estruturada.

Termologia em questão encontra-se dividido em três partes: termometria, calorimetria e termodinâmica. Tal divisão permite organizar bem a forma como os sistemas se comportam sob os pontos de vista da variação da temperatura, das trocas de calor e da aplicação das leis da Termodinâmica.

Os autores.

SUMÁRIO

Parte I - Termometria	7
Energia térmica, temperatura e calor	8
Equilíbrio térmico	9
Escalas termométricas	9
O zero absoluto e a escala Kelvin	11
Varição da temperatura	11
Dilatação linear dos sólidos	13
Coefficiente de dilatação linear	14
Dilatação superficial dos sólidos	15
Dilatação volumétrica dos sólidos	16
Dilatação dos líquidos	18
Comportamento irregular da água	19
Exercícios propostos – parte I	21
Parte II – Calorimetria	35
O que é calor?	36
Transferência de calor	37
A lei de Fourier e o coeficiente de condutibilidade	38
Capacidade térmica ou calorífica	40
Calor específico	41
Quantidade de calor sensível	42
Potência de uma fonte térmica	42
Princípios da calorimetria	43
Estados físicos da matéria	44
Mudanças de estado físico	45

Quantidade de calor latente	46
Curva de aquecimento e resfriamento	47
Diagrama de fases	48
Exercícios propostos – parte II	51
Parte III - Termodinâmica	73
Gás perfeito ou ideal	74
Transformações gasosas	75
Lei de Boyle	76
Lei de Charles	76
Lei de Gay-Lussac	77
Lei geral dos gases ideais	78
Equação de estado de um gás ideal	78
Trabalho de um gás	79
Energia interna	80
1ª lei da termodinâmica	81
Transformações gasosas	81
Transformações cíclicas	83
2ª lei da termodinâmica	84
Rendimento de uma máquina térmica	85
O ciclo de Carnot	86
A máquina de Carnot e o zero absoluto	87
Exercícios propostos – parte III	88
Gabarito dos exercícios propostos	110

PARTE I - TERMOMETRIA

É a parte da Termologia que trata dos fenômenos voltados para o estudo da temperatura, termômetros e escalas termométricas. Além disso, destina-se a descrever fenômenos da natureza que passam por um processo de variação na sua temperatura, como é o caso da dilatação e contração térmica dos sólidos e líquidos.

Nessa parte da obra serão discutidos conceitos como temperatura, escalas termométricas, variação da temperatura, dilatação térmica dos sólidos e líquidos e comportamento irregular da água.

Ao final temos a oportunidade de praticar os conteúdos abordados a partir da resolução dos 37 exercícios propostos que foram escolhidos de forma a abranger o maior número de situações referentes à termometria.

AGITAÇÃO TÉRMICA

Movimento caótico dos átomos e das moléculas de um *sistema*. Quando são comparados os níveis de movimento das partículas de dois ou mais sistemas pode-se observar medidas diferentes na agitação térmica.

TEMPERATURA

Medida da agitação térmica das partículas de determinado sistema. Quando as partículas de um sistema encontram-se relativamente *rápidas*, a temperatura do sistema é alta. Caso contrário, a temperatura é baixa.

ENERGIA TÉRMICA

Energia associada aos *movimentos* das partículas de determinado sistema. A energia térmica de um sistema é *proporcional* à medida de sua temperatura.

CALOR

Forma de energia em *trânsito* entre sistemas devido, exclusivamente, à diferença de temperatura entre eles. O *sentido* do calor é do corpo de maior temperatura para o de menor temperatura. As unidades usuais do calor são caloria (cal) e joule (J), cuja equivalência é $1 \text{ cal} \approx 4,18 \text{ J}$.

EQUILÍBRIO TÉRMICO

Quando dois ou mais sistemas interagem, de modo que haja troca de calor, estes *tendem* a um estado, denominado equilíbrio térmico, que é caracterizado pela *uniformidade* de suas temperaturas.

MEDIDA DE TEMPERATURA

O instrumento utilizado para medir a temperatura de um sistema é o *termômetro*. Os diversos tipos de termômetros se diferenciam pela propriedade utilizada para a relação com a temperatura. O termômetro clínico, por exemplo, relaciona cada medida de temperatura com a altura da coluna de mercúrio no interior do bulbo.

ESCALAS TERMOMÉTRICAS

A medida da temperatura de um sistema pode ser dada a partir de uma escala termométrica. Entre as mais utilizadas se destacam: Celsius, Fahrenheit e Kelvin.

Água submetida à pressão normal (1 atmosfera)		
Escala	Ponto de fusão	Ponto de ebulição
Celsius	0 °C	100 °C
Fahrenheit	32 °F	212 °F
Kelvin	273 K	373 K

Tabela 1: Pontos de fusão e ebulição da água à pressão normal.

RELAÇÃO ENTRE ESCALAS TERMOMÉTRICAS

Para relacionar duas escalas, X e Y, é necessário conhecer duas medidas que representam o mesmo estado de agitação das partículas de determinado sistema.

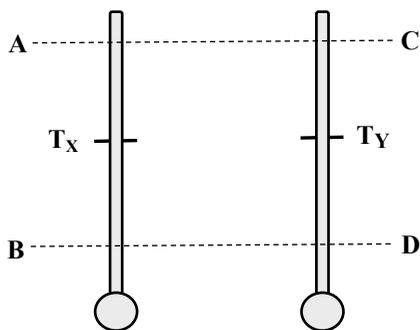


Figura 1: Relação entre as escalas genéricas X e Y

A relação entre duas medidas equivalentes de temperatura, T_X e T_Y , das escalas genéricas X e Y pode ser determinada a partir da expressão abaixo.

$$\boxed{\frac{T_X - B}{A - B} = \frac{T_Y - D}{C - D}}$$

Para as escalas Celsius, Fahrenheit e Kelvin a relação entre medidas equivalentes de temperatura são dadas pela expressão abaixo.

$$\boxed{\frac{T_C}{5} = \frac{T_F - 32}{9} = \frac{T_K - 273}{5}}$$

O ZERO ABSOLUTO E A ESCALA KELVIN

A temperatura de determinado sistema pode aumentar o tanto até onde se possa, sem *violar* uma lei da Física. Contudo, o mesmo não pode acontecer com a diminuição, ou seja, existe um valor *limite* de temperatura que não pode ser atingido. Tal medida de temperatura é conhecida como *zero absoluto* e corresponde, escala Kelvin, a zero ($T_K = 0 \text{ K}$). Por esse motivo a escala Kelvin não admite valores negativos. Nas escalas Celsius e Fahrenheit, o zero absoluto corresponde, respectivamente, a $-273 \text{ }^\circ\text{C}$ e $-459 \text{ }^\circ\text{F}$.

VARIAÇÃO DA TEMPERATURA

Diferença da medida da temperatura de determinado sistema entre dois instantes, utilizando uma mesma escala.

$$\Delta T = T_{FINAL} - T_{INICIAL}$$

Para relacionar duas variações entre escalas, ΔT_X e ΔT_Y , é necessário conhecer duas medidas que representam o mesmo estado de agitação das partículas de determinado sistema.

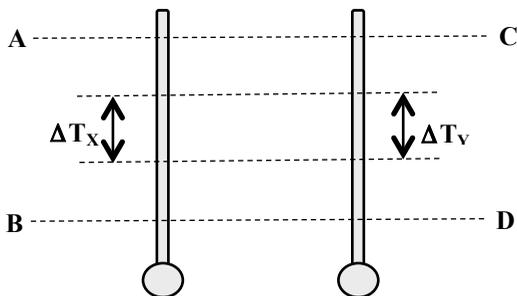


Figura 2: Relação entre as variações da temperatura entre as escalas genéricas X e Y

A relação entre as variações de temperatura, ΔT_X e ΔT_Y , das escalas genéricas X e Y pode ser determinada a partir da expressão abaixo.

$$\boxed{\frac{\Delta T_X}{A - B} = \frac{\Delta T_Y}{C - D}}$$

Com isso, a relação entre as variações das medidas de temperatura equivalentes para as escalas Celsius, Fahrenheit e Kelvin são definidas pela expressão abaixo.

$$\boxed{\Delta T_C = \Delta T_K = \frac{\Delta T_F}{1,8}}$$

DILATAÇÃO TÉRMICA DOS SÓLIDOS E LÍQUIDOS

Em virtude do aumento ou diminuição do grau de agitação das moléculas que constituem os sistemas de partículas na natureza, sejam sólidos, líquidos ou gasosos, ocorre o processo de dilatação térmica, quando aquecidos, e contração térmica, quando resfriados. Em muitas situações do cotidiano se faz necessário considerar a relevância desse fenômeno.

DILATAÇÃO LINEAR DOS SÓLIDOS

Ocorre quando uma das dimensões do corpo é muito maior do que as outras. Na verdade, a dilatação se dá ao longo das três dimensões. Nesse caso, o que se faz é desprezar o fenômeno nas dimensões que são menores, como é o caso de barras ou fios metálicos.

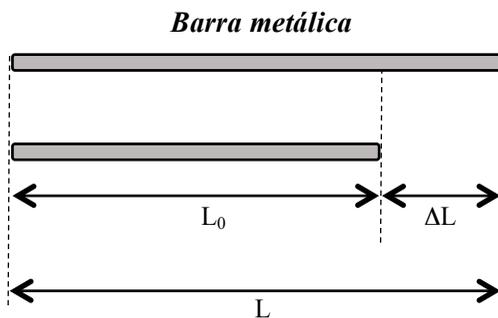


Figura 1: Variação do comprimento de uma barra metálica em função da variação da temperatura.

Dessa forma, tem-se que L é o comprimento da barra à temperatura T e L_0 o comprimento da barra à temperatura T_0 , de tal modo, que $T > T_0$. Portanto, a variação de comprimento $\Delta L = L - L_0$ é função da variação de temperatura $\Delta T = T - T_0$, que a barra fica submetida.

COEFICIENTE DE DILATAÇÃO LINEAR

Parâmetro experimental que tem a função de mostrar como o comprimento de certa substância se comporta ao sofrer uma variação na temperatura. Para determinar o coeficiente de dilatação linear (α) de uma substância é utilizada a expressão abaixo.

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_0 \cdot \Delta T}$$

A unidade do coeficiente de dilatação linear de uma substância é o inverso da escala de temperatura considerada, se a temperatura estiver sendo medida na escala Celsius, por exemplo, a unidade de α é o $^{\circ}\text{C}^{-1}$.

Para calcular a variação de comprimento ou o comprimento final da barra podem ser utilizadas as expressões abaixo.

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

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

Quando comparados os coeficientes de duas substâncias, aquela que tiver maior coeficiente de dilatação sofrerá maior variação de comprimento, considerando o mesmo comprimento inicial e a mesma variação da temperatura.

LÂMINA BIMETÁLICA

Dispositivo formado por dois metais de diferentes coeficientes de dilatação, fortemente ligados. A lâmina só se mantém retilínea na temperatura em que foi feita a colagem.

Se a temperatura variar, a lâmina deforma, pois os metais sofrerão distintas dilatações.

Na figura abaixo pode-se observar as possíveis deformações sofridas por uma lâmina bimetálica, considerando que o coeficiente de dilatação linear do metal A (claro) é maior do que o coeficiente do metal B (escuro), $\alpha_A > \alpha_B$.



Figura 2: Comportamento de uma lâmina bimetálica que sofre um aquecimento (no centro) e um resfriamento (à direita).

Esse tipo de dispositivo é muito utilizado em alarmes anti-incêndio e pisca-pisca de árvore de Natal.

DILATAÇÃO SUPERFICIAL DOS SÓLIDOS

Ocorre quando duas das dimensões do corpo são muito maiores do que a terceira. Observa-se em objetos como discos ou placas metálicas.

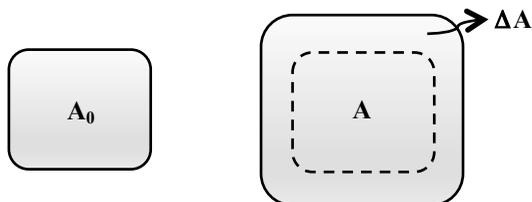


Figura 3: Placa a temperatura T_0 (esquerda); placa a temperatura T (direita).

Dessa forma, tem-se que A é a área da placa a temperatura T e A_0 a área da placa a temperatura T_0 , de tal modo que $T > T_0$. Portanto, a variação de área $\Delta A = A - A_0$ é função da variação de temperatura $\Delta T = T - T_0$, que a placa fica submetida.

Para duas dimensões a substância que forma o corpo é representada pelo coeficiente de dilatação superficial (β). Para determinar pode-se usar a expressão abaixo.

$$\beta = \frac{\Delta A}{A_0 \cdot \Delta T}$$

Para calcular a variação de área ou a área final do corpo podem ser utilizadas as expressões abaixo.

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

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

Para uma mesma substância pode-se demonstrar que o coeficiente de dilatação superficial é, aproximadamente, igual ao dobro do coeficiente de dilatação linear.

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

DILATAÇÃO VOLUMÉTRICA DOS SÓLIDOS

Ocorre quando são consideradas as dilatações em todas as dimensões.

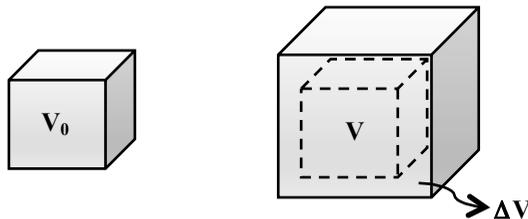


Figura 4: Comportamento de um cubo metálico que sofre uma variação de volume devido a uma variação na temperatura.

Dessa forma, tem-se que V é o volume do cubo à temperatura T e V_0 é o volume do cubo à temperatura T_0 , de tal modo, que $T > T_0$. Portanto, a variação de volume $\Delta V = V - V_0$ é função da variação de temperatura $\Delta T = T - T_0$, que o cubo fica submetido.

Para três dimensões a substância que forma o corpo é representada pelo coeficiente de dilatação volumétrico (γ). Para determinar-lo pode-se usar a expressão abaixo.

$$\gamma = \frac{\Delta V}{V_0 \cdot \Delta T}$$

Para calcular a variação de volume ou o volume final do corpo podem ser utilizadas as expressões abaixo.

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

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

Para uma mesma substância pode-se demonstrar que o coeficiente de dilatação volumétrico é, aproximadamente, igual ao triplo do coeficiente de dilatação linear.

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

DILATAÇÃO DO “VAZIO”

A experiência mostra que no caso de existir regiões internas ocas em determinado corpo, que esteja passando pelo processo de dilatação, ou contração, elas se comportam igualmente se fossem preenchidas pelo material mantendo, inclusive, o respectivo coeficiente de dilatação.

DILATAÇÃO DOS LÍQUIDOS

Para a descrição da dilatação térmica, ou contração, de um líquido deve-se considerar que este se encontra em um recipiente, portanto, o recipiente também fica suscetível ao fenômeno. Além disso, em geral, os líquidos dilatam mais do que os sólidos.

Considerando um recipiente (γ_R) completamente cheio de determinado líquido (γ_L), tem-se que os volumes iniciais (V_0) e as temperaturas iniciais (T_0) do recipiente e do líquido são iguais. Quando o conjunto (recipiente + líquido) passa por um aquecimento observa-se que o líquido começa a extravasar pelo ladrão.

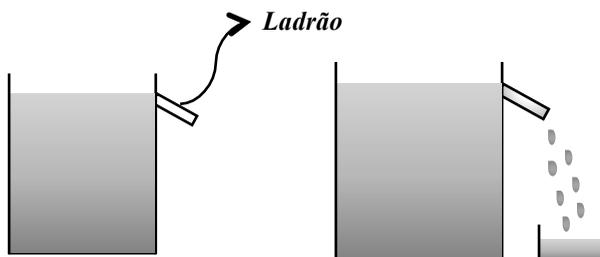


Figura 5: Líquido extravasando devido ao fenômeno da dilatação térmica.

Como líquidos tendem a dilatar mais que os sólidos, deve-se considerar que o volume de líquido que extravasa (ΔV_{AP}) não corresponde à dilatação sofrida pelo líquido. Na verdade, o volume extravasado corresponde à diferença entre a dilatação real do líquido, $\Delta V_L = V_0 \cdot \gamma_L \cdot \Delta T$, e a dilatação sofrida pelo recipiente, $\Delta V_R = V_0 \cdot \gamma_R \cdot \Delta T$.

$$\Delta V_{AP} = \Delta V_L - \Delta V_R$$

Associando ao volume de líquido extravasado um coeficiente de dilatação aparente (γ_{AP}), tem-se que a relação entre os coeficientes é dada pela expressão abaixo.

$$\gamma_{AP} = \gamma_L - \gamma_R$$

COMPORTAMENTO IRREGULAR DA ÁGUA

Quando certa massa de água é aquecida no intervalo de temperatura entre 0 °C e 4 °C observa-se uma diminuição no volume da amostra, contrariando o fenômeno da dilatação.

Esse comportamento é explicado a partir das ligações de Hidrogênio, que se tornam instáveis nesse intervalo de temperatura, fazendo com que espaços vazios entre as moléculas, quando a água se encontra na fase sólida, sejam preenchidos, diminuindo, assim, o volume.

Aquecendo entre 0 °C e 4 °C → diminuição do volume;

Resfriando entre 4 °C e 0 °C → aumento do volume.

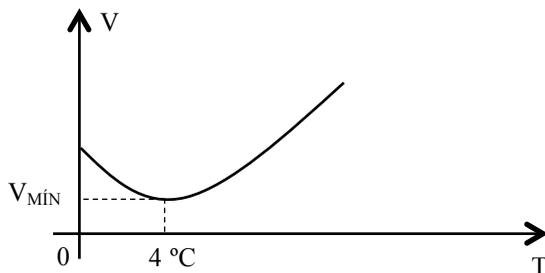


Figura 6: Comportamento do volume da água em função da temperatura.

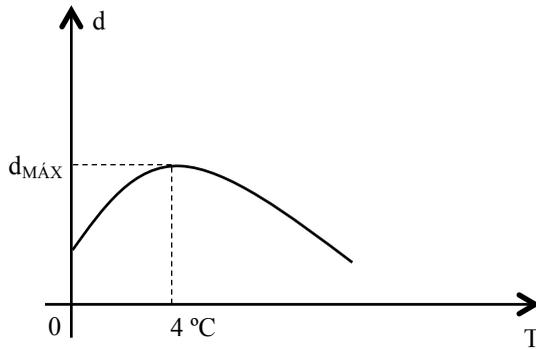


Figura 7: Comportamento da densidade da água em função da temperatura.

Nos gráficos acima observa-se que certa massa de água atinge o volume mínimo à temperatura de $4\text{ }^{\circ}\text{C}$, com isso, sua densidade é máxima nessa medida de temperatura.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS – PARTE I

01 - (UERJ) Observe na tabela os valores das temperaturas dos pontos críticos de fusão e de ebulição, respectivamente, do gelo e da água, à pressão de 1 atm, nas escalas Celsius e Kelvin.

Pontos críticos	Temperatura	
	°C	K
fusão	0	273
ebulição	100	373

Considere que no intervalo de temperatura entre os pontos críticos do gelo e da água, o mercúrio em um termômetro apresenta uma dilatação linear. Nesse termômetro, o valor na escala Celsius correspondente à temperatura de 313 K é igual a

- a) 20. b) 30. c) 40. d) 60.

02 - (ACAFE SC) Largamente utilizados na medicina, os termômetros clínicos de mercúrio relacionam o comprimento da coluna de mercúrio com a temperatura. Sabendo-se que quando a coluna de mercúrio atinge 2,0 cm, a temperatura equivale a 34 °C e, quando atinge 14 cm, a temperatura equivale a 46 °C. Ao medir a temperatura de um paciente com esse termômetro, a coluna de mercúrio atingiu 8,0 cm. A alternativa correta que apresenta a temperatura do paciente, em °C, nessa medição é

- a) 36. b) 42. c) 38. d) 40.

03 - (ACAFE SC) A variação da temperatura corporal pode ser considerada um mecanismo de aviso de que algo no corpo está com problemas. A temperatura de $36,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ é considerada normal para o corpo humano e após $38\text{ }^{\circ}\text{C}$ considera-se que a pessoa está com febre. De acordo com a Física, a alternativa correta sobre temperatura é

- a) A temperatura é uma grandeza física vetorial.
- b) A escala de temperatura chamada Kelvin não apresenta valores negativos.
- c) O zero absoluto aparece apenas na escala Celsius.
- d) Quanto maior a agitação das moléculas de um corpo menor será sua temperatura.

04 - (FAMECA SP) A hipotermia é a perda excessiva do calor, abaixando a temperatura do organismo nos indivíduos. Segundo a Organização Mundial da Saúde, uma temperatura de $89,6\text{ }^{\circ}\text{F}$ já é considerada uma hipotermia moderada, temperatura que, na escala Celsius, corresponde a

- a) 34.
- b) 33.
- c) 31.
- d) 30.
- e) 32.

05 - (Fac. de Ciências da Saúde de Barretos SP) A temperatura de $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ no ser humano é considerada como aquela que anuncia o início da hipertermia ou excesso de calor. Considerando uma escala termométrica arbitrária E, cujos pontos fixos são $-10\text{ }^{\circ}\text{E}$ para o ponto do gelo e $80\text{ }^{\circ}\text{E}$ para o ponto de vapor, sua indicação numérica para o estado inicial de hipertermia é

- a) 62.
- b) 26.
- c) - 13.
- d) 32.
- e) 40.

06 - (MACK SP) A diferença entre as temperaturas de ebulição do álcool etílico e do éter etílico, sob pressão de $1,0\text{ atm}$, é $78,0\text{ }^{\circ}\text{F}$. Sabendo-se que a temperatura de ebulição desse éter é $35,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, conclui-se que a temperatura de ebulição desse álcool é

a) 8,3 °C. b) 35,3 °C. c) 43,3 °C. d) 78,3 °C. e) 105,4 °C.

07 - (UFGD) Um turista americano, ao se preparar para visitar o Brasil, faz sua mala incluindo muitos casacos, pois foi informado que a temperatura média no país a ser visitado seria de 41 graus. Considerando que nos EUA a temperatura é medida em Fahrenheit, qual temperatura em graus Celsius o turista esperava se deparar no Brasil?

a) -10 °C. b) -5 °C. c) 0 °C. d) 5 °C. e) 10 °C.

08 - (UERN) Em um determinado aeroporto, a temperatura ambiente é exibida por um mostrador digital que indica, simultaneamente, a temperatura em 3 escalas termométricas: Celsius, Fahrenheit e Kelvin. Se em um determinado instante a razão entre a temperatura exibida na escala Fahrenheit e na escala Celsius é igual a 3,4, então a temperatura registrada na escala Kelvin nesse mesmo instante é

a) 272 K. b) 288 K. c) 293 K. d) 301 K.

09 - (UEFS BA) Pesquisadores sugerem a possibilidade de computação quântica baseada em tecnologias padronizadas de fabricação de microeletrônicos, utilizando um material semicondutor, rênio ou nióbio, sobre uma superfície semicondutora que, quando resfriada próximo do zero absoluto, exibe comportamento quântico. Dentre os valores, o mais próximo do zero absoluto é

a) 1 °C. b) 31°F. c) -4 K. d) 274 K. e) -270 °C.

10 - (MACK SP) Um turista, ao descer no aeroporto de Londres, observa que o valor da temperatura indicada por um termômetro graduado na escala Fahrenheit supera em 40 o valor da indicação de outro termômetro graduado na escala Celsius. A temperatura em Londres era de

- a) 10 °C. b) 14 °C. c) 20 °C. d) 24 °C. e) 28 °C.

11 - (UESPI) Um estudante está lendo o romance de ficção científica “Fahrenheit 451”, de Ray Bradbury. Num certo trecho, uma das personagens afirma que 451 °F é a temperatura na escala Fahrenheit em que o papel de que são feitos os livros entra em combustão. O estudante sabe que, nesta escala, as temperaturas de fusão e ebulição da água são respectivamente iguais a 32 °F e 212 °F. Ele conclui, acertadamente, que 451 °F é aproximadamente equivalente a

- a) 100 °C. b) 205 °C. c) 233 °C. d) 305 °C. e) 316 °C.

12 - (UFTM) Um casal de norte-americanos visitou a Bahia e experimentou o tradicional acarajé, aprendendo que lá, quente, além do que se espera para essa palavra, pode ser traduzido como muito apimentado! De qualquer modo, gostaram dessa comida, gostaram tanto, que pediram a receita. Para a versão apimentada da palavra “quente”, não tiveram dificuldades para a tradução, entretanto, para expressar a temperatura de 200 °C na qual os bolinhos eram fritos, tiveram que realizar uma conversão, encontrando o valor em Fahrenheit, correspondente a

- a) 93 °F. b) 168 °F. c) 302 °F. d) 392 °F. e) 414 °F.

13 - (UNCISAL) Em um certo dia, a temperatura ambiente em Porto Alegre, RS, era de 10 °C. No mesmo instante, em Maceió, AL, os termômetros registravam 30 °C. Essa variação de temperatura, se registrada em termômetros graduados na escala *Fahrenheit*, seria de

- a) 18 °F. b) 24 °F. c) 32 °F. d) 36 °F. e) 42 °F.

14 - (URCA CE) Uma escala termométrica X é construída de modo que um termômetro marque $10\text{ }^{\circ}\text{X}$ e $90\text{ }^{\circ}\text{X}$, respectivamente, para as temperaturas de fusão e ebulição da água à pressão atmosférica normal. O valor da temperatura na escala X que corresponde a $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ é

a) $34\text{ }^{\circ}\text{X}$. b) $36\text{ }^{\circ}\text{X}$. c) $38\text{ }^{\circ}\text{X}$. d) $40\text{ }^{\circ}\text{X}$. e) $42\text{ }^{\circ}\text{X}$.

15 - (MACK SP) A partir da década de 1960, a escala termométrica Réaumur passa a ser pouco utilizada. Nessa escala, sob pressão normal, atribuía-se, para a água, $0\text{ }^{\circ}\text{Ré}$ para a temperatura de fusão e $80\text{ }^{\circ}\text{Ré}$ para a temperatura de ebulição. A temperatura normal do corpo humano ($36,5\text{ }^{\circ}\text{C}$) seria dada na escala Réaumur por

a) $58,6\text{ }^{\circ}\text{Ré}$. b) $47,9\text{ }^{\circ}\text{Ré}$. c) $39,4\text{ }^{\circ}\text{Ré}$. d) $33,7\text{ }^{\circ}\text{Ré}$. e) $29,2\text{ }^{\circ}\text{Ré}$.

16 - (PUC SP) No LHC (Grande Colisor de Hádrons), as partículas vão correr umas contra as outras em um túnel de 27 km de extensão, que tem algumas partes resfriadas a $-271,25^{\circ}\text{C}$. Os resultados oriundos dessas colisões, entretanto, vão seguir pelo mundo todo. A grade do LHC terá 60 mil computadores. O objetivo da construção do complexo franco-suíço, que custou US\$ 10 bilhões e é administrado pelo Cern (Organização Europeia de Pesquisa Nuclear, na sigla em Francês), é revolucionar a forma de se enxergar o Universo.



www1.folha.uol.com.br/folha/ciencia/ult306u442867.shtml – Publicada em 09/09/2008. Consultada em 05/04/2010

A temperatura citada no texto, expressa nas escalas fahrenheit e kelvin, equivale, respectivamente, aos valores aproximados de

- a) – 456 e 544. b) – 456 e 2. c) 520 e 544.
d) 520 e 2. e) – 456 e – 2.

17 - (UFPB) Ao visitar uma feira de tecnologia, um homem adquiriu um termômetro digital bastante moderno. Ao chegar em casa, guardou o termômetro na caixa de primeiro socorros e jogou fora a embalagem aonde estava o manual de uso do termômetro. Um certo dia, o seu filho apresentou um quadro febril. Ele, então, usou o termômetro para aferir a temperatura da criança. Para sua surpresa, o visor digital do termômetro indicou que a criança estava com a temperatura de 312. Nesse contexto, a explicação mais provável para essa medida de temperatura é que o termômetro esteja graduado na

- a) escala Celsius e, quando convertido para a escala Fahrenheit, a temperatura da criança corresponderá a 79 °F.
b) escala Fahrenheit e, quando convertido para a escala Celsius, a temperatura da criança corresponderá a 39 °C.
c) escala Kelvin e, quando convertido para a escala Celsius, a temperatura da criança corresponderá a 39 °C.
d) escala Celsius e, quando convertido para escala Kelvin, a temperatura da criança corresponderá a 273 K.

e) escala Fahrenheit e, quando convertido para a escala Kelvin, a temperatura da criança corresponderá a 0 K.

18 - (FATEC SP) Durante a aula de termometria, o professor apresenta aos alunos um termômetro de mercúrio, graduado na escala Kelvin que, sob pressão constante, registra as temperaturas de um corpo em função do seu volume V conforme relação $T_K = m.V + 80$. Sabendo que m é uma constante e que à temperatura de 100 K o volume do corpo é 5 cm^3 , os alunos podem afirmar que, ao volume $V = 10 \text{ cm}^3$ a temperatura do corpo será, em kelvin, igual a

- a) 200. b) 120. c) 100. d) 80. e) 50.

19 - (Univag MT) Uma haste metálica homogênea tem comprimento 2,001 m no ponto de congelamento da água e 2,009 m no ponto de ebulição da água, sob pressão atmosférica normal. Quando seu comprimento for de 2,004 m, sua temperatura, em graus Celsius, será

- a) 38,0. b) 36,0. c) 36,5. d) 37,5. e) 37,0.

20 - (UFG GO) Uma longa ponte foi construída e instalada com blocos de concreto de 5 m de comprimento a uma temperatura de $20 \text{ }^\circ\text{C}$ em uma região na qual a temperatura varia ao longo do ano entre $10 \text{ }^\circ\text{C}$ e $40 \text{ }^\circ\text{C}$. O concreto destes blocos tem coeficiente de dilatação linear de $10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$. Nessas condições, qual distância em cm deve ser resguardada entre os blocos na instalação para que, no dia mais quente do verão, a separação entre eles seja de 1 cm?

- a) 1,01. b) 1,10. c) 1,20. d) 2,00. e) 2,02.

ferroviária é de 4,4 cm. Sabendo que o coeficiente de dilatação linear da linha ferroviária é de $1,2 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, podemos afirmar que num dia de verão em que a temperatura ambiente é de $45 \text{ } ^\circ\text{C}$, o novo espaçamento entre dois trilhos consecutivos desta linha ferroviária medirá

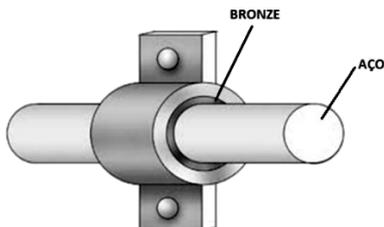
Observação: considere que as extremidades de trilhos consecutivos estão livres para expandir.

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

25 - (FATEC SP) A água líquida (densidade = $1,00 \text{ g/cm}^3$) e o gelo (densidade = $0,92 \text{ g/cm}^3$) apresentam densidades volumétricas diferentes. Ao colocar um recipiente com água num congelador, após certo tempo, ela se solidificará, sua massa permanecerá constante e seu volume se alterará. Quando colocamos 100 g de água líquida num congelador, ao transformar-se em gelo, seu volume

- a) aumentará para, aproximadamente, 192 cm^3 .
b) aumentará para, aproximadamente, 145 cm^3 .
c) aumentará para, aproximadamente, 109 cm^3 .
d) diminuirá para, aproximadamente, 96 cm^3 .
e) diminuirá para, aproximadamente, 92 cm^3 .

26 - (UFRN) Em uma oficina mecânica, o mecânico recebeu um mancal “engripado”, isto é, o eixo de aço está colado à bucha de bronze, conforme mostra a figura abaixo. Nessa situação, como o eixo de aço está colado à bucha de bronze devido à falta de uso e à oxidação entre as peças, faz-se necessário separar essas peças com o mínimo de impacto de modo que elas possam voltar a funcionar normalmente.



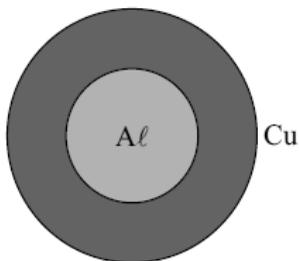
Existem dois procedimentos que podem ser usados para separar as peças: o aquecimento ou o resfriamento do mancal (conjunto eixo e bucha). Sabendo-se que o coeficiente de dilatação térmica linear do aço é menor que o do bronze, para separar o eixo da bucha, o conjunto deve ser

- a) aquecido, uma vez que, nesse caso, o diâmetro do eixo aumenta mais que o da bucha.
- b) aquecido, uma vez que, nesse caso, o diâmetro da bucha aumenta mais que o do eixo.
- c) esfriado, uma vez que, nesse caso, o diâmetro da bucha diminui mais que o do eixo.
- d) esfriado, uma vez que, nesse caso, o diâmetro do eixo diminui mais que o da bucha.

27 - (UEFS BA) Observou-se que um trilho de aço com 10,0 m de comprimento, que se encontrava inicialmente a uma temperatura 25 °C, com o aumento da temperatura, teve um acréscimo de 2,4 mm no seu comprimento. Sabendo-se que o valor médio do coeficiente de dilatação linear do aço é $1,2 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, a temperatura final do trilho, em °C, foi de

- a) 40.
- b) 42.
- c) 45.
- d) 48.
- e) 50.

28 - (Universidade Municipal de São Caetano do Sul SP) Um anel de cobre deve ser encaixado sem folga em um disco de alumínio, conforme mostra a figura.



Antes do encaixe e à temperatura ambiente, o furo do anel possui um raio ligeiramente menor do que o raio do disco. Sendo o coeficiente de dilatação térmica linear do alumínio maior que o do cobre, para se atingir o objetivo do encaixe, no menor intervalo de variação de temperatura, deve-se

- a) resfriar apenas o anel de cobre.
- b) aquecer apenas o disco de alumínio.
- c) resfriar apenas o disco de alumínio.
- d) aquecer apenas o anel de cobre.
- e) aquecer ambos.

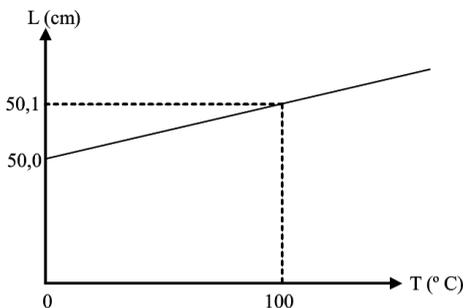
29 - (MACK SP) Uma pequena placa de certa liga metálica de coeficiente de dilatação linear médio igual a $20 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ possui um orifício de diâmetro 5,0 mm. Essa placa deve ser presa sobre uma superfície por meio de um pino de diâmetro 5,1 mm, inserido nesse orifício. Para que seja possível prender essa placa com esse pino, nós a aquecemos sem que ocorra a mudança do estado de agregação de seu material. A variação de temperatura mínima, que deve sofrer essa placa, para conseguirmos fixá-la é de

- a) 1000 °C. b) 700 °C. c) 500 °C. d) 300 °C. e) 200 °C.

30 - (UNIOESTE PR) O funcionário de uma ferrovia precisa instalar um segmento de trilho para recompor uma linha férrea. O comprimento sem trilho é de 25,00 m. O funcionário sabe que a temperatura no local da instalação varia de 10 °C, no inverno, a 40 °C, no verão. O coeficiente de dilatação térmica do aço, material do qual o trilho é fabricado, é igual a $14 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$. Se a manutenção ocorrer no inverno, qual dos valores listados abaixo aproxima-se mais do máximo comprimento que o funcionário deve cortar o trilho para encaixar no espaço a ser preenchido?

- a) 25,00 m. b) 24,90 m. c) 25,01 m. d) 24,99 m. e) 24,95 m.

31 - (UFJF MG) O comprimento de uma barra de latão varia em função da temperatura, segundo a Figura 4 a seguir. O coeficiente de dilatação linear do latão, no intervalo de 0 °C a 100 °C, vale:



- a) $1,00 \cdot 10^{-5} / ^\circ\text{C}$. b) $5,00 \cdot 10^{-5} / ^\circ\text{C}$. c) $2,00 \cdot 10^{-5} / ^\circ\text{C}$.
d) $1,00 \cdot 10^{-4} / ^\circ\text{C}$. e) $5,00 \cdot 10^{-4} / ^\circ\text{C}$.

32 - (UNIMONTES MG) Um recipiente completamente cheio com água é aquecido. Após um certo tempo, a água transborda. Nessa situação, o volume que transborda mede

- a) a dilatação da água menos a do recipiente.
b) a dilatação absoluta do recipiente.
c) a dilatação aparente da água.
d) a dilatação do recipiente mais a da água.

33 - (UESPI) Uma jarra de vidro encontra-se fechada, de modo bem justo, com uma tampa metálica. Ninguém, numa sala com vários estudantes, consegue abri-la. O professor informa que os coeficientes de dilatação térmica volumétrica do vidro e do metal são respectivamente iguais a $2,7 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ e $6,9 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, e pede a um estudante que utilize esta informação para abrir a jarra. O estudante consegue fazê-lo colocando a jarra em contato com um jato de

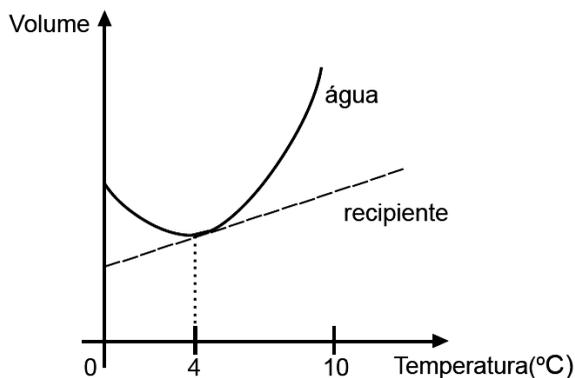
- a) água fria, pois a tampa irá se contrair mais que a jarra devido à variação de temperatura.
b) água fria, pois a tampa irá se contrair menos que a jarra devido à variação de temperatura.

- c) água fria, pois a tampa irá se dilatar mais que a jarra devido à variação de temperatura.
- d) água quente, pois a tampa irá se dilatar mais que a jarra devido à variação de temperatura.
- e) água quente, pois a tampa irá se dilatar menos que a jarra devido à variação de temperatura.

34 - (UFPE) Em uma chapa metálica é feito um orifício circular do mesmo tamanho de uma moeda. O conjunto (chapa com a moeda no orifício), inicialmente a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, é levado a um forno e aquecido até $225\text{ }^{\circ}\text{C}$. Após o aquecimento, verifica-se que o orifício na chapa ficou maior do que a moeda. Dentre as afirmativas abaixo, indique a que está correta:

- a) o coeficiente de dilatação da moeda é maior do que o da chapa metálica.
- b) o coeficiente de dilatação da moeda é menor do que o da chapa metálica.
- c) o coeficiente de dilatação da moeda é igual ao da chapa metálica, mas o orifício se dilatou mais porque a chapa é maior que a moeda.
- d) o coeficiente de dilatação da moeda é igual ao da chapa metálica, mas o orifício se dilatou mais porque o seu interior é vazio.
- e) nada se pode afirmar sobre os coeficientes de dilatação da moeda e da chapa, pois não é dado o tamanho inicial da chapa.

35 - (PUC RS) As variações de volume de certa quantidade de água e do volume interno de um recipiente em função da temperatura foram medidas separadamente e estão representadas no gráfico abaixo, respectivamente, pela linha contínua (água) e pela linha tracejada (recipiente).



Estudantes, analisando os dados apresentados no gráfico, e supondo que a água seja colocada dentro do recipiente, fizeram as seguintes previsões:

- I. O recipiente estará completamente cheio de água, sem haver derramamento, apenas quando a temperatura for 4°C .
- II. A água transbordará apenas se sua temperatura e a do recipiente assumirem simultaneamente valores acima de 4°C .
- III. A água transbordará se sua temperatura e a do recipiente assumirem simultaneamente valores acima de 4°C ou se assumirem simultaneamente valores abaixo de 4°C .

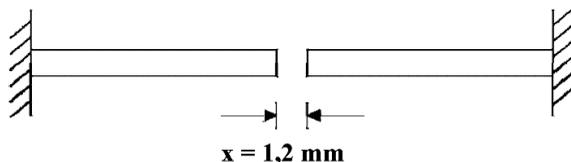
A(s) afirmativa(s) correta(s) é/são

- a) I, apenas.
- b) I e II, apenas.
- c) I e III, apenas.
- d) II e III, apenas.
- e) I, II e III.

36 - (UERGS) A dilatação de sólidos, líquidos e gases é um fenômeno relacionado à variação da temperatura e tem muitas aplicações no dia-a-dia das pessoas. Sobre dilatação, é correto afirmar que:

- a) O volume de 1 kg de água é maior a 4 °C do que a 2 °C.
- b) O volume de 1 kg de água é menor a 4 °C do que a 2 °C.
- c) O tamanho de um furo em uma placa metálica diminui quando esta é aquecida.
- d) O volume de água, a 0 °C, resultante do derretimento de um cubo de gelo, a 0 °C, é maior que o volume do cubo de gelo original.
- e) As unidades dos coeficientes de dilatação linear, superficial e volumétrica são, respectivamente, °C/m, °C/m² e °C/m³.

37 - (FFFCMPA RS) Considere a figura abaixo que representa duas vigas de concreto de 5,0 m de comprimento, fixas em uma das extremidades, com uma separação de 1,2 mm entre as outras duas extremidades, à temperatura de 15 °C.



Sabendo-se que o coeficiente de dilatação linear do concreto é $1,2 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, as duas vigas ficarão encostadas quando a temperatura atingir

- a) 12° C.
- b) 15° C.
- c) 20° C.
- d) 25° C.
- e) 35° C.

PARTE II – CALORIMETRIA

É a parte da Termologia que trata dos fenômenos voltados para o estudo do calor, a forma como a energia térmica flui entre sistemas e os possíveis efeitos causados, caracterizando os corpos e substâncias a partir de parâmetros que possam contribuir com o estudo em questão.

Nessa parte da obra serão discutidos conceitos como calor, formas de transferência de calor, calor sensível, calor latente, calor específico, curvas de aquecimento e resfriamento e diagrama de fases de uma substância.

Ao final temos a oportunidade de praticar os conteúdos abordados a partir da resolução dos 43 exercícios propostos que foram escolhidos de forma a abranger o maior número de situações referentes à calorimetria.

O QUE É CALOR?

Diferentemente de temperatura, que por ser uma grandeza primitiva, ou seja, seu significado chega até nós de forma intuitiva através das sensações táteis de “frio” ou “quente”, de modo que ao tentarmos defini-la não estamos a rigor definindo a grandeza temperatura, mas sim quantificando um dos efeitos que sua variação acarreta em um corpo que é a mudança no grau de agitação das moléculas que compõem esse corpo.

Já o calor, esse sim pode ser definido ao nosso nível de estudo como sendo uma modalidade de energia que é transmitida de um corpo para outro quando entre eles for verificada uma diferença de temperatura.

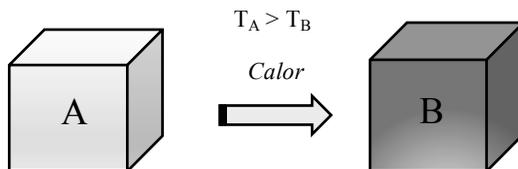


Figura 1: Sentido do fluxo de calor.

UNIDADES DE CALOR

A unidade usual do calor é a caloria definida pela quantidade de calor necessária para elevar a temperatura de 1 grama de água, sob condições normais de pressão, de 14,5 °C para 15,5 °C.

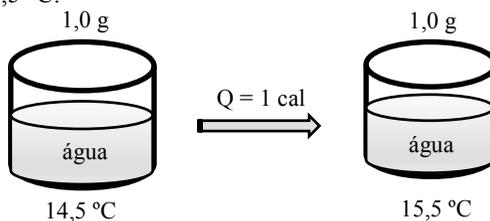


Figura 2: Definição de caloria.

A quantidade de calor necessária para elevar a temperatura de um corpo de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ é diferente da que se precisa para elevar a temperatura do mesmo corpo de $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $21\text{ }^{\circ}\text{C}$, ou de $88\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $89\text{ }^{\circ}\text{C}$. É por esta razão que precisamos especificar o intervalo de temperatura ao definirmos caloria. Toda via, a diferença por não ser significativa é comum se desprezar essa flutuação em torno de um valor médio.

A unidade caloria guarda consigo a equivalência $1\text{ cal} \approx 4,18\text{ joules (J)}$.

TRANSFERÊNCIA DE CALOR

Como já foi mencionado, o calor é uma forma de energia térmica que é transmitida entre corpos que apresentam uma diferença de temperatura entre si. Nesse tópico vamos comentar o modo com que esse calor é transmitido de um corpo para outro, que pode ser por condução, convecção e irradiação.

Na condução a transferência de calor é feita de molécula a molécula, sem que haja transporte das mesmas.

Na convecção a transferência de calor também se faz de molécula a molécula, mas, simultaneamente, verifica-se um transporte de matéria: moléculas frias se deslocam para regiões mais quentes e moléculas quentes para regiões mais frias.

Na irradiação a transferência de calor é feita de um corpo para outro, mesmo que entre eles não exista qualquer ligação material. A energia térmica de um corpo é transformada em energia radiante que se propaga por meio de ondas eletromagnéticas. Estas são transformadas novamente em calor, quando absorvidas pelo corpo sobre o qual incidem.

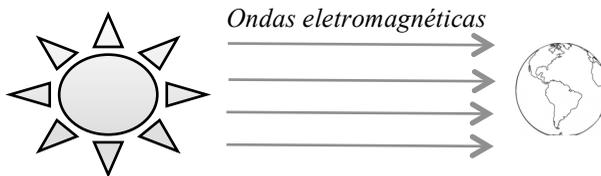


Figura 3: O Sol transmite calor para a Terra através do processo de irradiação térmica.

Como as ondas eletromagnéticas não necessitam de um meio material para se propagar, é através dessas ondas que o Sol transmite calor para a Terra e os outros planetas do Sistema Solar.

A LEI DE FOURIER E O COEFICIENTE DE CONDUTIBILIDADE

Quando a transmissão de calor por condução se processa em regime estacionário, para determinar o fluxo de calor (Φ) pode-se utilizar a expressão abaixo.

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

De tal modo que o fluxo de calor deve ser entendido como sendo a quantidade de calor (Q) que atravessa um material por unidade de tempo (Δt).

Considerando, ainda, o fluxo através de um corpo submetido a uma diferença de temperatura entre seus

extremos ($\Delta T = T_{\text{QUENTE}} - T_{\text{FRIO}}$), de área transversal A e comprimento e , como mostra a figura abaixo.

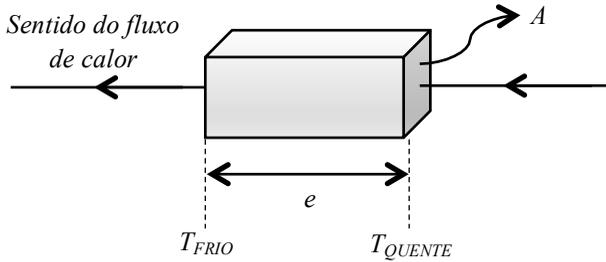


Figura 4: Corpo submetido a um fluxo de calor.

O fluxo no interior do corpo é definido pela lei de Fourier, expressa matematicamente pela expressão abaixo.

$$\Phi = \frac{k.A.(T_{\text{QUENTE}} - T_{\text{FRIO}})}{e}$$

Nessa lei, a substância da qual o corpo é formado é representada pelo coeficiente de condutibilidade (k) cuja unidade mais usual é cal/s.cm.°C.

Substância	Coefficiente de condutibilidade (cal/s.cm.°C)
Prata	0,97
Cobre	0,92
Ferro	0,12
Água	0,00143
Borracha	0,00045
Cortiça	0,00013
Lã	0,000086
Ar	0,000055

Tabela 1: Coeficiente de condutibilidade.

Quando uma substância possui um elevado coeficiente de condutibilidade é denominada *condutor*, caso contrário é denominada *isolante*.

Os metais em geral são bons condutores térmicos, enquanto que a borracha ou a cortiça são bons isolantes.

CAPACIDADE TÉRMICA OU CALORÍFICA

A capacidade térmica (C) de um *corpo* é definida pela razão entre a quantidade de calor (Q) cedida ou recebida pelo corpo e a correspondente variação de sua temperatura (ΔT).

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

A unidade usual da capacidade térmica é cal/°C. No SI, a unidade é J/K.

Tomando como base a figura abaixo, pode-se verificar, por exemplo, que $C = 5 \text{ cal/}^\circ\text{C}$ significa que são necessárias 5 calorias para se obter a variação de cada grau Celsius na temperatura do corpo em questão.

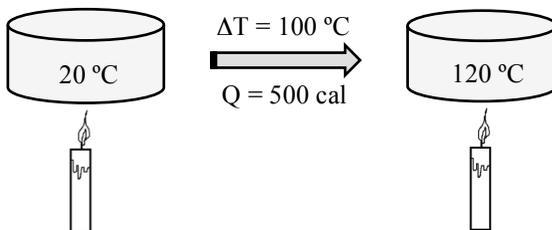


Figura 5: Corpo com capacidade térmica $C = 5 \text{ cal/}^\circ\text{C}$.

CALOR ESPECÍFICO

O calor específico (c) de uma substância é a razão entre a capacidade térmica (C) de um corpo dela constituído e sua massa (m).

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

Partindo da definição de caloria, constatamos que a massa de 1,0 g de água necessita de uma quantidade de 1,0 cal para sofrer uma elevação de temperatura $\Delta T = 1,0 \text{ }^\circ\text{C}$, ou seja, o calor específico da água é de 1,0 cal/g. $^\circ\text{C}$.

A tabela abaixo contém a medida do calor específico de algumas substâncias.

Substância	Calor específico (cal/g. $^\circ\text{C}$)
Água	1,000
Gelo	0,550
Mercúrio	0,033
Alumínio	0,217
Ferro	0,114
Ar	0,240

Tabela 2: Calor específico.

Das informações contidas nessa tabela observa-se que a água possui um calor específico relativamente alto. Por isso, a água pode absorver grandes quantidades de calor sem que haja uma considerável variação em sua temperatura e, com isso, é utilizada com frequência em sistemas refrigeração.

QUANTIDADE DE CALOR SENSÍVEL

A quantidade de calor necessária para que um corpo, constituído com determinada substância, sofra apenas variação em sua temperatura, sem que ocorra uma mudança de estado físico, é medida pelas fórmulas:

$$Q = C.\Delta T$$

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

A expressão acima é denominada equação fundamental da calorimetria. Tal quantidade de calor pode ter sinal positivo ou negativo conforme o calor trocado pelo corpo seja, por ele, recebido ou cedido.

$Q_{\text{RECEBIDO}} > 0 \rightarrow$ Calor recebido pelo sistema;

$Q_{\text{CEDIDO}} < 0 \rightarrow$ Calor cedido pelo sistema;

$Q = 0 \rightarrow$ não ocorre troca de calor.

POTÊNCIA DE UMA FONTE TÉRMICA

Quando uma fonte térmica fornece calor para um corpo, esse não absorve integralmente o calor fornecido, pois parte dele se perde no processo e é absorvido pelo meio exterior, ou seja, quando se fala em quantidade de calor absorvido por um corpo considera-se a quantidade de calor efetivamente aproveitado por ele, que é menor que a quantidade gerada pela fonte.

Desta forma pode-se definir potência (P) de uma fonte térmica como sendo a razão entre a quantidade de calor (Q) decido pela fonte e o intervalo de tempo (Δt) de duração da troca de calor entre a fonte e o corpo.

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

A unidade de potência é cal/s; cal/min. No SI, a unidade é J/s (1 J/s = 1 watt).

PRINCÍPIOS DA CALORIMETRIA

i) Princípio das trocas de calor:

Se dois ou mais corpos, que trocam entre si apenas calor, constituem um sistema isolado, a soma das quantidades de calor cedidas por uns é igual à soma das quantidades de calor recebidas pelos outros.

$$\sum Q_{RECEBIDO} + \sum Q_{CEDIDO} = 0$$

ii) Segundo princípio da Termodinâmica:

O calor só pode passar de um corpo de temperatura mais alta para outro de temperatura mais baixa. Este princípio será amplamente discutido em Termodinâmica, contudo ele permite verificar qual o corpo que recebe e o que cede calor.

iii) Princípio das transformações inversas:

A quantidade de calor recebida por um sistema isolado durante determinada transformação é igual à quantidade de calor que o sistema cede ao realizar a transformação inversa.

ESTADOS FÍSICOS DA MATÉRIA

Na natureza, as substâncias se apresentam basicamente em três estados de agregação: sólido, líquido ou gasoso, de acordo com a organização microscópica de suas estruturas, ou seja, considerando a intensidade das forças eletromagnéticas e a proximidade de suas partículas.

- i) **Estado sólido:** átomos relativamente próximos e forças intermoleculares intensas, mantendo sua forma invariável e o volume constante. O que diferencia um sólido de outro é uma propriedade denominada *rigidez*;
- ii) **Estado líquido:** átomos mais afastados e forças intermoleculares fracas, mantendo seu volume constante e forma variável. Os líquidos são caracterizados por propriedade denominada *fluidéz*. Nos líquidos também costuma-se analisar a intensidade do atrito entre camadas durante um escoamento, tal característica é denominada *viscosidade*. A água, por exemplo, escoam com mais facilidade do que o óleo, logo é menos viscosa;
- iii) **Estado gasoso:** átomos, praticamente, independentes e forças intermoleculares quase inexistentes, fazendo com que uma massa de gás adquira a forma e o volume do recipiente que o encerra.

MUDANÇAS DE ESTADO FÍSICO

Quando um corpo troca calor, cede ou absorve, sob determinada pressão, e atinge a temperatura de mudança de estado de agregação, cessa a variação de temperatura. O calor trocado, a partir desse instante, passa a ser utilizado na reorganização molecular da substância, ou seja, ocorre a mudança no estado de agregação do corpo.

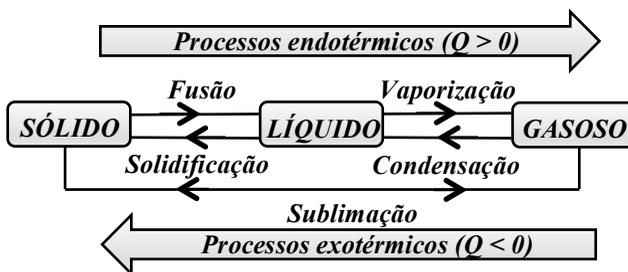


Figura 6: Diagrama de mudanças de estado de agregação e os respectivos processos endotérmicos e exotérmicos.

É importante destacar que ao se falar em experimentar uma quantidade de calor seja cedendo, seja recebendo, tratam-se de processos que podem ser endotérmicos ou exotérmicos.

A vaporização, passagem de uma substância da fase líquida para a gasosa, pode ocorrer de três formas:

- i) **Evaporação:** processo que ocorre à temperatura ambiente, em qualquer temperatura ou pressão, de forma lenta, predominantemente na superfície do líquido, onde tendem a se concentrar as partículas mais rápidas. Como exemplos desse processo, podem-se citar a evaporação das águas de rios, lagos e oceanos e a secagem das roupas;

- ii) **Ebulição:** processo que ocorre a uma determinada temperatura, que é específica para cada substância e que depende da pressão a que fica submetida. A água, por exemplo, entra em ebulição a 100 °C quando submetida à pressão normal, 1 atm;
- iii) **Calefação:** processo muito rápido e que ocorre quando certa massa de um líquido entra em contato com uma superfície cuja temperatura se encontra muito alta. É o que acontece quando colocamos uma frigideira, recém retirada do fogão, em contato com um jato de água podemos observar a passagem abrupta da água em estado líquido para o gasoso.

QUANTIDADE DE CALOR LATENTE

Quantidade de calor trocada por um corpo, sem que haja variação na temperatura, e pode ser calculada a partir da expressão abaixo.

$$Q = m.L$$

A constante L é caracterizada pela substância e é denominada calor latente, seu valor depende, ainda, do tipo de mudança de estado de agregação.

A unidade mais usual para o calor latente é cal/g. No SI, a unidade é J/kg.

No nosso cotidiano é possível conviver com a substância água nos três estados de agregação. Para essa substância os valores do calor latente são expressos na tabela abaixo.

Calor latente de fusão	$L_F = + 80 \text{ cal/g}$
Calor latente de solidificação	$L_S = - 80 \text{ cal/g}$
Calor latente de vaporização	$L_V = + 540 \text{ cal/g}$
Calor latente de condensação	$L_C = - 540 \text{ cal/g}$

Tabela 3: Medidas do calor latente da água.

Pode-se observar que as quantidades de energia envolvidas na vaporização ou condensação são maiores do que na fusão ou solidificação.

CURVA DE AQUECIMENTO E RESFRIAMENTO

Diagramas que mostram o comportamento da temperatura de uma substância em função da quantidade de calor absorvida, na curva de aquecimento, ou cedida, na curva de resfriamento.

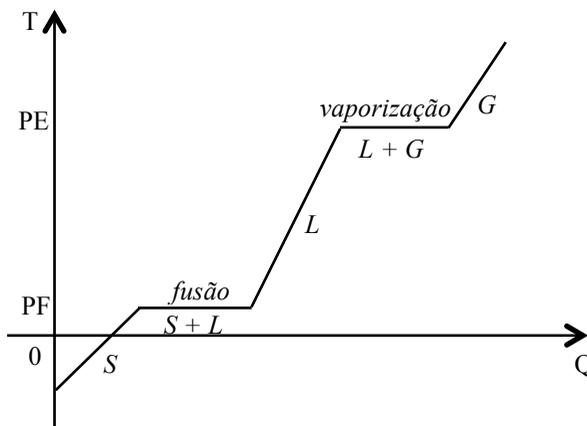


Figura 7: Curva de aquecimento.

Os parâmetros horizontais representam as transições de fase da substância. As temperaturas indicadas por PF e PE representam, respectivamente, os pontos de fusão e ebulição da substância, sob determinada pressão. Os estados físicos são representados pelas letras S (sólido), L (líquido) e G (gasoso). Durante a mudança de fase, observa-se a coexistência entre dois estados.

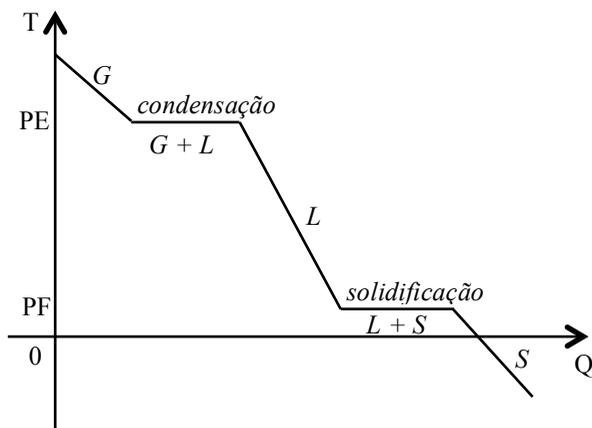


Figura 8: Curva de resfriamento.

Na curva de aquecimento destacam-se as transições de fase fusão e vaporização, enquanto na curva de resfriamento destacam-se a solidificação e a condensação.

DIAGRAMA DE FASES

Diagrama de fases de uma substância é o gráfico que representa as curvas de mudança de fase. No diagrama de uma substância é mostrada a relação entre a pressão e a temperatura representando, com fidelidade, o seu estado físico, além de permitir a determinação da temperatura de

mudança de fase para qualquer que seja a pressão a que a substância esteja submetida.

A figura a seguir mostra os aspectos dos diagramas de fases para substâncias normais e para as exceções.

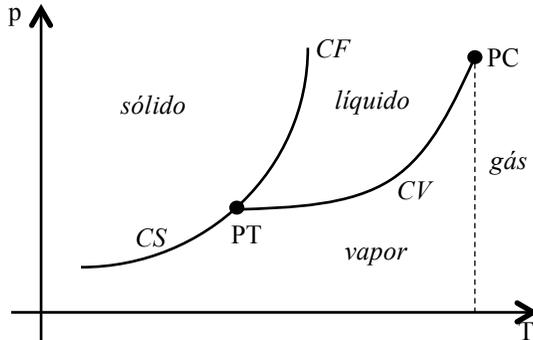


Figura 9: Diagrama de fases para substâncias normais.

- **Curva de sublimação (CS):** separa as fases sólida e vapor. Sobre essa curva há coexistências da substância nas duas fases;
- **Curva de fusão (CF):** separa as fases sólida e líquida. Sobre essa curva há coexistências da substância nas duas fases;
- **Curva de vaporização (CV):** separa as fases líquida e vapor. Sobre essa curva há coexistências da substância nas duas fases;
- **Ponto triplo (PT):** estado da substância caracterizado pela coexistência da mesma nas três fases;
- **Ponto crítico (PC):** ponto na curva de vaporização que indica a temperatura na qual o vapor passa a ser chamado de gás, sendo o gás a fase em que não ocorre mais

condensação por compressão isotérmica (mesma temperatura).

A maioria das substâncias seguem o comportamento mostrado na figura 9, como o CO_2 .

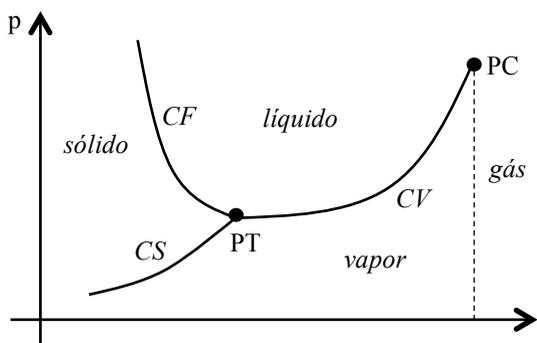


Figura 10: Diagrama de fases para substâncias com comportamento irregular.

Contudo, existem substâncias que possuem o comportamento irregular, como a água. Para essas substâncias o diagrama de fases possui a estrutura mostrada na figura 10.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS – PARTE II

01 - (Anhembi Morumbi SP) O fabricante de uma bolsa térmica à base de gel informa que é necessário que a bolsa fique 8,0 minutos imersa em água fervente para atingir a temperatura de 60 °C. Considerando a capacidade térmica da bolsa igual a 300 cal/°C e a temperatura inicial de 20 °C, é correto afirmar que a taxa média de absorção de calor pela bolsa nesse processo, em cal/min, é igual a

- a) 7500. b) 2500. c) 5000. d) 1500. e) 9000.

02 - (UERJ) Um sistema é constituído por uma pequena esfera metálica e pela água contida em um reservatório. Na tabela, estão apresentados dados das partes do sistema, antes de a esfera ser inteiramente submersa na água.

Partes do sistema	Temperatura inicial (°C)	Capacidade térmica (cal/°C)
esfera metálica	50	2
água do reservatório	30	2000

A temperatura final da esfera, em graus Celsius, após o equilíbrio térmico com a água do reservatório, é cerca de

- a) 20. b) 30. c) 40. d) 50.

03 - (Univag MT) Uma pessoa em dieta deseja perder 6,0 kg de gordura fazendo atividades físicas durante uma hora por dia. Supondo que durante as atividades físicas ela perca em

média 15 kcal/min e que 1 g de gordura libera 9 kcal, o tempo necessário para que essa pessoa perca o peso desejado, em horas, é

- a) 58. b) 54. c) 62. d) 60. e) 56.

04 - (IFRS) Um bloco de madeira e outro de alumínio, isolados do meio ambiente, encontram-se em equilíbrio térmico. Nessa condição, podemos afirmar que

- a) a temperatura do bloco de alumínio é maior que a do bloco de madeira.
b) o bloco de alumínio está cedendo calor para o bloco de madeira.
c) o fluxo de calor entre o bloco de alumínio e o de madeira foi interrompido.
d) o calor está fluindo do bloco de madeira para o de alumínio.
e) o calor específico do alumínio é menor do que o calor específico da madeira.

05 - (FPS PE) Uma amostra de 500 ml de água pura está inicialmente na temperatura normal do corpo humano (37°C). Uma segunda amostra de água pura com volume 1 litro e na temperatura 100 °C é adicionada à amostra inicial de água. Considerando que só ocorrem trocas térmicas entre as amostras de água, a temperatura final da mistura será:

- a) 37° C. b) 73° C. c) 85° C. d) 67° C. e) 79° C.

06 - (UDESC) Um atleta, ao final de uma partida de futebol, deseja tomar água gelada. Para satisfazer sua vontade, o atleta coloca 100 g de gelo em sua garrafa térmica que contém 450 g de água à temperatura de 20 °C. Sabendo que o gelo se

funde e está a uma temperatura de 0 °C, a temperatura final atingida pela água, na situação de equilíbrio térmico, é:

- a) 2,0 °C. b) 34 °C. c) 2,5 °C. d) 1,5 °C. e) 16 °C.

07 - (UCS RS) Se um pouco de café quente é derramado, na mesma quantidade, sobre a camisa e a calça de uma pessoa e ela quase que imediatamente sente aumentar a temperatura na região da camisa onde caiu o café, mas praticamente não sente aumento de temperatura na região da calça onde caiu o café, pode-se dizer que o tecido da

- a) calça tem maior capacidade térmica do que o tecido da camisa.
b) calça tem maior calor latente do que o tecido da camisa.
c) camisa tem maior índice adiabático do que o tecido da calça.
d) calça tem menor capacidade térmica do que o tecido da camisa.
e) camisa tem maior calor latente do que o tecido da calça.

08 - (UNIRG TO) Um novo modelo de fogão a gás traz algumas chamas com as seguintes potências:

Chama	Potência (W)
Chama tripla	3700
Chama rápida	2800
Chama semirrápida	1750
Chama auxiliar	1000

Disponível em: <<http://www.fischer.com.br/a/produto/fogao-cooktop-fischer-5q-tc-gasmesa-vidro>>. Acesso em: 17 out. 2013.

Considerando-se o exposto, qual é a diferença de tempo, em segundos, que um litro de água inicialmente a 25 °C, na chama rápida e na chama auxiliar, leva para iniciar o processo de fervura? Dados: 1 cal \approx 4J; $c_{\text{água}} = 1 \text{ cal/g}\cdot^{\circ}\text{C}$.

- a) 300. b) 193. c) 107. d) 81.

09 - (PUC RS) Uma forma de aquecer água é usando aquecedores elétricos de imersão, dispositivos que transformam energia elétrica em energia térmica, mediante o uso de resistores elétricos. Um desses aquecedores, projetado para fornecer energia na razão de 500 calorias por segundo, é utilizado no aquecimento de 500 gramas de água, da temperatura de 20 °C para 80 °C. Considerando que toda a energia transferida é aproveitada no aquecimento da água e sabendo que o calor específico da água é $c = 1,0 \text{ cal/g}\cdot^{\circ}\text{C}$, o tempo necessário para atingir 80 °C é igual a

- a) 60 s. b) 68 s. c) 75 s. d) 84 s. e) 95 s.

10 - (UNIFOR CE) O café é uma das bebidas mais consumidas no mundo. O Brasil ainda é um dos maiores exportadores desta rubiácea. Para saborear uma xícara desta bebida em uma cafeteria da cidade, André verificou que a xícara só estava morna. O café foi produzido a 100 °C. A xícara era de porcelana cujo calor específico $c_x = 0,26 \text{ cal/g}\cdot^{\circ}\text{C}$ e sua temperatura antes do contato com o café era de 25 °C. Considerando o calor específico do café de $c_c = 1,00 \text{ cal/g}\cdot^{\circ}\text{C}$, a massa da xícara $m_x = 50 \text{ g}$ e a massa do café $m_c = 150 \text{ g}$, a temperatura aproximada da xícara detectada por André, supondo já atingido o equilíbrio térmico e

considerando não ter havido troca de calor com o ambiente, era

- a) 94 °C. b) 84 °C. c) 74 °C. d) 64 °C. e) 54 °C.

11 - (PUC RJ) Um líquido é aquecido através de uma fonte térmica que provê 50,0 cal por minuto. Observa-se que 200 g deste líquido se aquecem de 20,0 °C em 20,0 min. Qual é o calor específico do líquido, medido em cal/(g.°C)?

- a) 0,0125. b) 0,25. c) 5,0. d) 2,5. e) 4,0.

12 - (Fac. Santa Marcelina SP) O metabolismo basal é entendido como a potência mínima gasta para o organismo manter as funções vitais durante o repouso. No quadro estão representados valores aproximados do metabolismo basal médio de alguns animais.

Animal	Metabolismo basal (watt/quilograma)
pombo	5,0
cachorro	1,3
homem	1,2
boi	1,0

Para uma situação em que todos esses animais estão na fase adulta, a ordem crescente de perda de energia total em 1 hora de repouso é

- a) boi, homem, cachorro, pombo.
b) boi, pombo, homem, cachorro.
c) pombo, boi, cachorro, homem.
d) pombo, cachorro, homem, boi.
e) boi, cachorro, homem, pombo.

13 - (MACK SP) Um estudante no laboratório de física, por descuido, colocou 200 g de água líquida ($c = 1 \text{ cal/g.}^\circ\text{C}$) a 100°C no interior de um calorímetro de capacidade térmica $5 \text{ cal/}^\circ\text{C}$, que contém 100 g de água a 20°C . A massa de água líquida a 0°C , que esse aluno deverá adicionar no calorímetro, para que a temperatura de equilíbrio térmico volte a ser 20°C , é

- a) 900 g. b) 800 g. c) 700 g. d) 600 g. e) 500 g.

14 - (UEPA) Uma dona de casa, ao servir o café da manhã, percebe que o mesmo já havia esfriado. O tempo necessário para aquecer 200 g de café, de 25°C até 85°C , utilizando uma cafeteira elétrica de 100 W de potência, em minutos, é igual a Dado: Calor específico do café = $4000 \text{ J/kg.}^\circ\text{C}$.

- a) 2. b) 4. c) 6. d) 8. e) 10.

15 - (UEG GO) Considere dois objetos metálicos idênticos. Durante um longo período de tempo, um deles fica em contato térmico com água em ebulição, enquanto o outro permanece em contato com gelo em fusão. Imediatamente ao serem separados do contato térmico, os dois objetos diferem na quantidade de

- a) calor.
b) temperatura.
c) calor latente.
d) trabalho.

16 - (UEG GO) Alguns conceitos de física aparecem comumente no cotidiano e são equivocadamente interpretados. Com relação a esse fato, o conceito correto é o seguinte:

- a) calor é energia térmica em trânsito, enquanto temperatura caracteriza a energia térmica de um sistema em equilíbrio.
- b) energia é a medida de uma força atuando sobre um determinado corpo em movimento.
- c) massa é a medida de inércia, enquanto peso é a intensidade da força gravitacional.
- d) movimento e repouso são consequências da velocidade uniforme de um corpo material.

17 - (ACAFE SC) Em clínicas de reabilitação realiza-se tratamento com pacientes em piscinas aquecidas. Uma determinada piscina contém 60 m^3 de água, a uma temperatura de $10 \text{ }^\circ\text{C}$, cuja densidade é $1,0 \text{ g/cm}^3$. Desprezando as perdas de calor para o meio ambiente, deseja-se aquecer a água da piscina até atingir uma temperatura de $25 \text{ }^\circ\text{C}$. A alternativa correta que apresenta a quantidade de calor, em cal, para realizar tal intento é

- a) $1,5 \cdot 10^6$.
- b) $2,0 \cdot 10^5$.
- c) $1,0 \cdot 10^7$.
- d) $3,0 \cdot 10^6$.

18 - (UEFS BA) Um calorímetro com capacidade térmica de $5,0 \text{ cal/}^\circ\text{C}$ contém, no seu interior, $130,0 \text{ g}$ de um líquido a temperatura de $20,6 \text{ }^\circ\text{C}$. Para determinar o calor específico do líquido, foram introduzidos, no calorímetro, $100,0 \text{ g}$ de cobre aquecido a uma temperatura de $95,0 \text{ }^\circ\text{C}$. Considerando-se o calor específico do cobre como sendo $0,09 \text{ cal/g}\cdot^\circ\text{C}$ e

sabendo-se que o equilíbrio térmico se estabeleceu a $35,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, o calor específico do líquido, em $\text{cal/g}\cdot^{\circ}\text{C}$, é igual a

- a) 0,20. b) 0,25. c) 0,30. d) 0,35. e) 0,40.

19 - (UCS RS) A operação de uma lâmpada incandescente baseia-se no aquecimento, por corrente elétrica, de um filamento metálico, até que esse atinja uma determinada temperatura e, por transmissão de energia, seja capaz de sensibilizar sistemas óticos, como um olho ou uma câmera fotográfica. Essa transmissão de energia acontece por

- a) convecção.
b) radiação.
c) condução.
d) compressão adiabática.
e) fusão.

20 - (UNIFOR CE) Para diminuir os efeitos da perda de calor pela pele em uma região muito “fria” do país, Gabrielle realizou vários procedimentos. Assinale abaixo aquele que, ao ser realizado, minimizou os efeitos da perda de calor por irradiação térmica.

- a) Fechou os botões das mangas e do colarinho da blusa que usava.
b) Usou uma outra blusa por cima daquela que usava.
c) Colocou um gorro, cruzou os braços e dobrou o corpo sobre as pernas.
d) Colocou um cachecol de lã no pescoço e o enrolou com duas voltas.
e) Vestiu uma jaqueta jeans sobre a blusa que usava.

21 - (Fac. Santa Marcelina SP) Para aliviar a congestão nasal e melhorar a respiração, o médico recomendou ao paciente uma sessão de sauna a vapor. Dentro da cabine da sauna, mantida à temperatura constante, o vapor d'água, um banco de madeira e uma barra de aço encontram-se em equilíbrio térmico. O paciente, ao entrar na sauna e sentar-se no banco de madeira, encosta-se na barra de aço e tem a sensação de que a barra está mais quente do que a madeira do banco e mais quente do que o ar saturado de vapor d'água. O paciente teve essa sensação porque

- a) a temperatura da barra de aço é superior à temperatura da madeira.
- b) o vapor d'água é melhor condutor térmico do que a barra de aço.
- c) a temperatura da barra de aço é superior à temperatura do vapor d'água.
- d) a madeira é melhor condutor térmico do que a barra de aço.
- e) a barra de aço é melhor condutor térmico do que a madeira.

22 - (UFG GO) Umidade é o conteúdo de água presente em uma substância. No caso do ar, a água na forma de vapor pode formar um gás homogêneo e incolor se sua concentração no ar estiver abaixo do limite de absorção de vapor de água pelo ar. Este limite é chamado de ponto de orvalho e caracteriza a saturação a partir da qual ocorre a precipitação de neblina ou gotículas de água. O ponto de saturação de vapor de água no ar aumenta com a temperatura. Um fato interessante ligado à umidade do ar é que, em um dia muito quente, o ser humano sente-se termicamente mais confortável em um ambiente de baixa umidade. Esse fato se deve ao calor

- a) recebido pelo corpo por irradiação.
- b) cedido para a água por convecção.
- c) recebido do vapor por condução.

- d) cedido para o vapor por convecção.
- e) cedido pelo corpo por condução.

23 - (UDESC) Assinale a alternativa incorreta a respeito dos conceitos de termologia ou de processos termodinâmicos, envolvendo transferências de energia entre dois corpos.

- a) Quanto maior a altitude, menor é a pressão atmosférica e menor é a temperatura de ebulição da água.
- b) Quando as moléculas de um meio material vibram, o calor é transmitido por condução.
- c) A convecção é um processo de transferência de calor que ocorre somente em meios fluidos.
- d) A temperatura de um corpo é a medida da quantidade de calor contida nele.
- e) A radiação é um processo de transferência de calor que, também, ocorre se os corpos estiverem no vácuo.

24 - (ACAFE SC) Uma dona de casa preparou uma sopa para seu neto que estava doente. Pegou um prato e encheu com sopa, esperando que o neto viesse para a mesa. Após alguns minutos o rapaz sentou-se e começou a comer. No entanto, quando pegou a colher de alumínio que estava dentro da sopa sentiu que ela estava mais quente que o fundo do prato de vidro. Lembrando-se das suas aulas de física fez algumas reflexões.

Analise as reflexões feitas pelo rapaz a luz dos conhecimentos da física.

- I. A colher de alumínio tem maior condutividade térmica que o prato de vidro.

II. Para esfriar a sopa mais rapidamente posso soprar o vapor que sai dela por evaporação para longe, assim, facilito esse processo de vaporização.

III. Se eu levantar o prato e colocar a mão abaixo da sua base sem tocá-lo, vou sentir o calor por irradiação.

IV. Quanto mais próxima a temperatura do cabo da colher com a temperatura da sopa maior será o fluxo de calor através da colher.

V. A transmissão do calor que se dá da sopa para o prato é por convecção.

Todas as afirmações corretas estão nos itens:

- a) I – IV – V.
- b) I – II – III.
- c) II – III – IV.
- d) III – IV – V.

25 - (UFRN) Recentemente, tem-se falado muito sobre os possíveis danos que o uso contínuo de aparelhos celulares pode trazer ao ser humano. Por sua vez, muitas pessoas que já utilizaram o celular encostado à orelha, por um tempo suficientemente longo, perceberam que a região em torno desta se aqueceu. Isso se explica pelo fato de que

- a) o celular absorve ondas eletromagnéticas, que são transformadas em radiação ultravioleta e aquecem os tecidos da região da orelha.
- b) o celular emite ondas sonoras, as quais são absorvidas pelos tecidos da região da orelha, aquecendo-a.
- c) o celular emite ondas eletromagnéticas, as quais são absorvidas pelos tecidos da região da orelha, aquecendo-a.

d) o celular absorve ondas sonoras, que são transformadas em radiação infravermelha que aquecem os tecidos da região da orelha.

26 - (UFRN) O calor e suas formas de propagação se manifestam em diversas situações tanto na Natureza quanto nas atividades humanas. Assim, fenômenos aparentemente muito diferentes são semelhantes, quando analisados mais detidamente.

Veja-se, por exemplo: A energia do Sol que aquece nosso Planeta e a energia emitida pelo magnetron do forno de microondas, que aquece os alimentos colocados em seu interior, são fenômenos que envolvem propagação de calor.

Pode-se afirmar que as formas de propagação de energia entre o Sol e a Terra e entre o magnetron e os alimentos são, respectivamente

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

27 - (Fac. Santa Marcelina SP) Nos ambientes climatizados artificialmente, os aparelhos de ar condicionado são colocados na parte superior do ambiente, assim como os aquecedores são colocados na parte inferior. Esses posicionamentos são explicados porque, dessa forma,

- a) a condução do calor é mais rápida.
- b) há formação das correntes de convecção.
- c) a condução do calor é facilitada para todos os lados.
- d) as correntes de convecção ficam mais rápidas.
- e) a radiação do calor se faz uniformemente.

28 - (IFRS) Após alguns anos de instabilidades climáticas, o inverno de 2013, no Rio Grande do Sul, caracterizou-se por

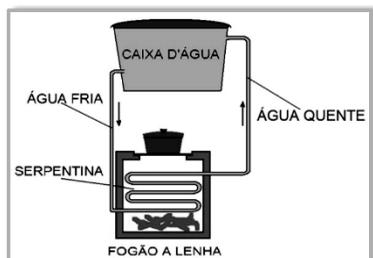
um comportamento climático condizente com a estação do ano. Nesse período houve chuvas, temperaturas baixas, geadas e, em algumas regiões, até neve. Fenômenos que embelezam a natureza e atraem muitos turistas para o Estado, proporcionando um grande desenvolvimento na economia.

Sobre esses fenômenos climáticos, pode-se afirmar que, na formação das geadas, há _____ da água, enquanto que, no derretimento da neve, há _____ da mesma.

Assinale a alternativa que preenche, corretamente, as lacunas do enunciado acima.

- a) condensação – liquefação.
- b) fusão – solidificação.
- c) solidificação – condensação.
- d) solidificação – fusão.
- e) solidificação – liquefação.

29 - (UFRN) O uso de tecnologias associadas às energias renováveis tem feito ressurgir, em Zonas Rurais, técnicas mais eficientes e adequadas ao manejo de biomassa para produção de energia. Entre essas tecnologias, está o uso do fogão a lenha, de forma sustentável, para o aquecimento de água residencial. Tal processo é feito por meio de uma serpentina instalada no fogão e conectada, através de tubulação, à caixa d'água, conforme o esquema mostrado na Figura abaixo.



Na serpentina, a água aquecida pelo fogão sobe para a caixa d'água ao mesmo tempo em que a água fria desce através da tubulação em direção à serpentina, onde novamente é realizada a troca de calor.

Considerando o processo de aquecimento da água contida na caixa d'água, é correto afirmar que este se dá, principalmente, devido ao processo de

- a) condução causada pela diminuição da densidade da água na serpentina.
- b) convecção causada pelo aumento da densidade da água na serpentina.
- c) convecção causada pela diminuição da densidade da água na serpentina.
- d) condução causada pelo aumento da densidade da água na serpentina.

30 - (PUC MG) Num dia “frio”, em sua casa, uma pessoa desloca-se descalça da sala para a cozinha. Trata-se na verdade de um mesmo ambiente, com pisos diferentes. O piso da sala é de madeira, enquanto o da cozinha é de cerâmica lisa. Quando ela pisa no chão da cozinha, sente um “frio” intenso em seus pés. Essa sensação ocorre porque:

- a) a temperatura da sala é maior do que a da cozinha, uma vez que a cerâmica é mais densa que a madeira.

- b) a cerâmica tem uma temperatura menor que a madeira, devido à sua condutividade térmica ser menor.
- c) a cerâmica tem maior condutividade térmica e, portanto, parece mais fria, embora os dois pisos estejam à mesma temperatura.
- d) a madeira tem maior condutividade térmica e, portanto, parece mais quente, embora os dois pisos estejam à mesma temperatura.

31 - (UFTM) A respeito dos processos de transmissão de calor, considere:

- I. na convecção, o calor é transferido de um lugar para outro tendo como agentes os próprios fluidos;
- II. na condução, ocorre a transferência de energia cinética entre as partículas;
- III. na irradiação, o calor é transmitido sob a forma de ondas eletromagnéticas.

É correto o contido em

- a) I, apenas.
- b) II, apenas.
- c) I e II, apenas.
- d) II e III, apenas.
- e) I, II e III.

32 - (UNIFOR CE) Em um projeto de engenharia, o técnico desenhou uma sala com um aparelho condicionador de ar próximo ao chão como se vê na figura. O condicionador de ar tinha como objetivo o resfriamento do ambiente. Um engenheiro, analisando o desenho, condenou a instalação do aparelho na forma projetada. Assinale a opção abaixo que melhor justifica a atitude do engenheiro.

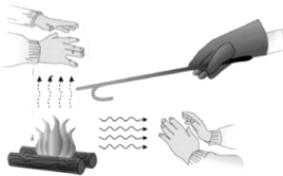


- a) Neste caso, o ar é aquecido por radiação por isto o aparelho deve ficar na parte mais alta da parede.
- b) O aparelho deve ser colocado na parte superior por força do Princípio da Convecção, onde a energia térmica se transmite com o deslocamento para cima do ar aquecido.
- c) O aparelho de ar condicionado irradia calor para dentro da sala então deve ser instalado na parte alta da parede.
- d) O ar, neste caso, é resfriado por condução então o aparelho deve ficar mais alto para otimizar o conforto térmico.
- e) O aparelho deve ficar mais alto porque o calor é energia térmica em trânsito por causa de uma diferença de temperatura.

33 - (UNIOESTE PR) Num dia de inverno a temperatura no interior de uma casa é 25°C e no exterior é 5°C . A perda de calor, através de uma janela ($k_{\text{vidro}} = 0,2 \text{ cal/s.m.}^{\circ}\text{C}$) de espessura 2 mm e área $0,5 \text{ m}^2$, em uma hora é

- a) 3600 cal. b) 3600 kcal. c) 36 kcal. d) 360 J. e) 3600 J.

34 - (UNIFOR CE) Quando há diferença de temperatura entre dois corpos ou entre as partes de um mesmo corpo, ocorre transferência de calor. É a troca de energia calorífica entre dois sistemas de temperaturas diferentes. Assim, considerando as afirmativas abaixo, assinale a verdadeira:



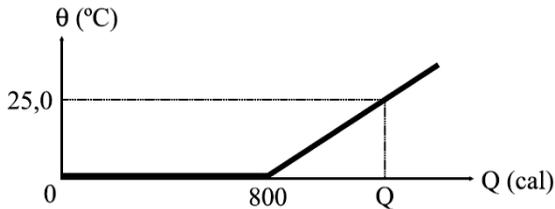
- a) Ao colocar a mão sob uma lâmpada acesa, sem tocá-la, tem-se a sensação de calor. Esse fenômeno é explicado pela irradiação térmica.
- b) Quando um ambiente é resfriado, esse resfriamento é feito pela parte inferior, pois a tendência é o fluido frio descer.
- c) Em uma cidade litorânea como Fortaleza, durante o dia, a terra se aquece mais que o mar. Esse fenômeno é explicado pela irradiação térmica.
- d) Convecção térmica é o fenômeno responsável por fazer o calor do Sol chegar à Terra.
- e) Na circulação de ar em geladeira, está presente o fenômeno da condução.

35 - (UPE) Uma das extremidades de uma barra metálica isolada é mantida a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, e a outra extremidade é mantida a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ por uma mistura de gelo e água. A barra tem $60,0\text{ cm}$ de comprimento e uma seção reta com área igual a $1,5\text{ cm}^2$. O calor conduzido pela barra produz a fusão de $9,0\text{ g}$ de gelo em 10 minutos. A condutividade térmica do metal vale em W/m.K :

Dado: calor latente de fusão da água = $3,5 \cdot 10^5\text{ J/kg}$.

- a) 100. b) 180. c) 240. d) Zero. e) 210.

36 - (MACK SP) O gráfico abaixo mostra a variação da quantidade de calor (Q) com a temperatura (θ) de um cubo de gelo de massa m , inicialmente a $0,00\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Considere: calor latente de fusão do gelo $L = 80,0$ cal/g e calor específico da água $c = 1,00$ cal/g.°C. A quantidade de calor (Q), em kcal, necessária para que toda massa m se transforme em água a $25,0$ °C é

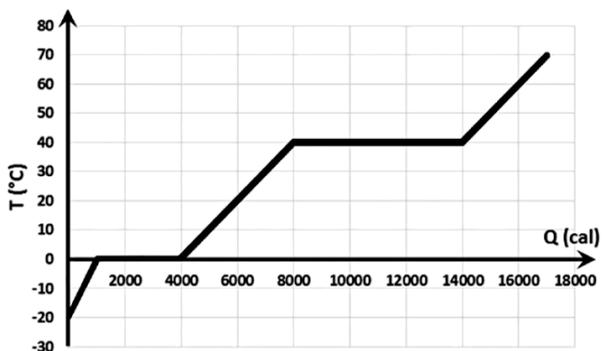
- a) 1,05. b) 1,15. c) 1,25. d) 1,35. e) 1,45.

37 - (UFU MG) A água, assim como diversas substâncias, diminui suas dimensões ao ser resfriada. No entanto, a água apresenta um comportamento, dito anômalo, entre as temperaturas de 0°C e 4°C . Nessa faixa de temperaturas, ela dilata ao ser resfriada e contrai ao ser aquecida. Qual dos fatos descritos abaixo é um efeito desse comportamento físico anômalo da água?

- a) Um recipiente totalmente cheio de água, que transborda ao ser aquecido.
 b) Um bloco de gelo, que flutua em água quando em equilíbrio térmico.
 c) Uma nuvem, que precipita como chuva de granizo ao encontrar uma região mais fria.
 d) Uma camada de gelo, que se forma sobre as plantas em uma madrugada fria.

38 - (FATEC SP) Em uma aula da disciplina de Física no curso de Soldagem da Fatec, o docente responsável retoma

com os alunos um tópico visto por eles no Ensino Médio. Explica como efetuar a análise de um gráfico de mudança de estado de uma determinada substância pura hipotética. Para isso, basta avaliarmos as grandezas físicas representadas nos eixos e o gráfico formado pela relação entre essas grandezas. Nesse gráfico, o trecho que apresenta inclinação indica mudança de temperatura por absorção de energia, e o que apresenta platô (trecho horizontal) indica mudança de estado por absorção de energia.

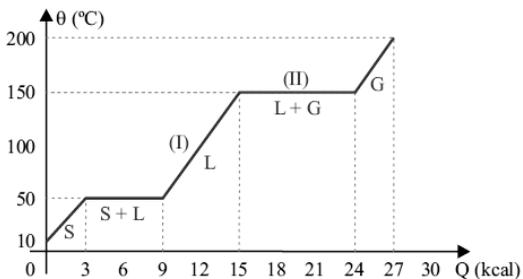


Após essa explicação, ele pergunta aos alunos qual foi a quantidade total de energia absorvida pela substância entre o fim da mudança de estado para o líquido, até o fim da mudança de estado para o gasoso.

A resposta correta a essa pergunta, em calorias, é

- a) 2000.
- b) 4000.
- c) 6000.
- d) 10000.
- e) 14000.

39 - (Fac. Direito de Sorocaba SP) O gráfico a seguir mostra o comportamento de uma substância durante o seu aquecimento, a partir do estado sólido.



S = sólido; L = líquido; G = gasoso

Os calores associados aos segmentos I e II, assinalados no gráfico, são chamados, respectivamente, de

- calor latente e calor específico.
- calor de combustão e calor latente.
- calor de aquecimento e calor latente.
- calor específico e calor latente.
- calor latente e calor de combustão.

40 - (UEA AM) É possível passar a matéria do estado sólido diretamente para o gasoso, evitando a fase líquida. Tal fenômeno físico se verifica comumente no gelo seco e na naftalina, mas também pode ocorrer com a água, dependendo das condições de temperatura e pressão. A essa passagem dá-se o nome de

- condensação.
- sublimação.
- fusão.
- vaporização.
- calefação.

41 - (IFGO) As substâncias podem ser divididas em dois grandes grupos: o das substâncias que, ao se fundirem, diminuem de volume; e o daquelas que aumentam de volume. Abaixo estão, respectivamente, representados esses dois grupos.

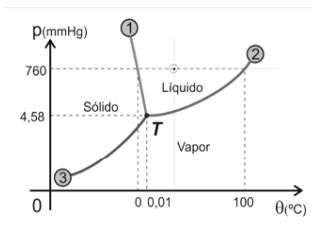


Figura 01

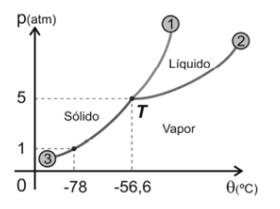


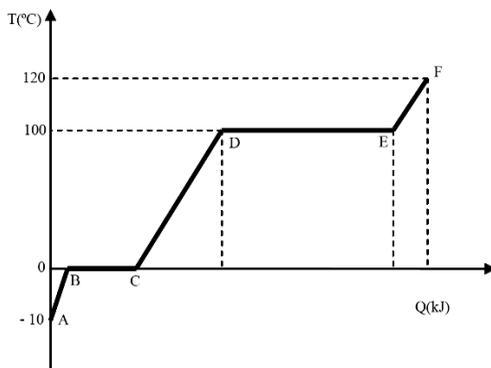
Figura 02

Disponível em: <<http://fisikanarede.blogspot.com.br/2012/08/diagramade-fases.html>>. Acesso em: 28 jun. 2013. [Adaptado]

Sobre esse assunto, é correto afirmar que

- a) a água, o ferro, o bismuto e o antimônio são exemplos de substâncias representadas pela Figura 02.
- b) se em um auto forno de uma siderúrgica, onde preexiste ferro fundido, for colocada uma grande barra de ferro sobre a superfície do ferro fundido, ela imergirá, pois sua densidade é maior no estado sólido do que no estado líquido.
- c) as substâncias representadas pela Figura 01, ao se solidificarem, diminuem sua densidade e, por isso, boiam em seus respectivos líquidos.
- d) o aumento da pressão ocasiona uma redução na temperatura de ebulição em ambos os grupos.
- e) sabendo que o ponto T é o ponto de coexistência da substância nos três estados de agregação, somente conseguiremos que uma substância sublime para valores de pressão superiores ao do ponto triplo.

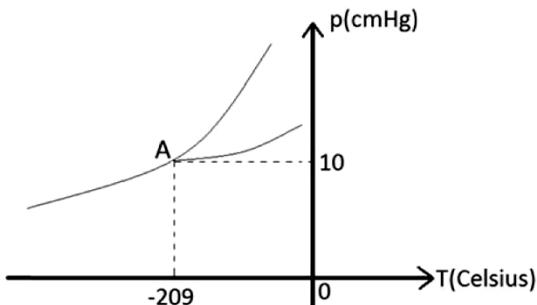
42 - (UFPR) O gráfico abaixo, obtido experimentalmente, mostra a curva de aquecimento que relaciona a temperatura de uma certa massa de um líquido em função da quantidade de calor a ele fornecido.



Sabemos que, por meio de gráficos desse tipo, é possível obter os valores do calor específico e do calor latente das substâncias estudadas. Assinale a alternativa que fornece corretamente o intervalo em que se pode obter o valor do calor latente de vaporização desse líquido.

- a) AB.
- b) BD.
- c) DE.
- d) CD.
- e) EF.

43 - (UFU MG) O gráfico abaixo representa a pressão em função da temperatura para uma amostra de um determinado gás. Nas condições indicadas pelo ponto A, tal amostra coexiste em estado sólido, líquido e gasoso.



Considere que esta mesma amostra seja submetida a três situações:

Situação A: temperatura de -209°C e pressão de 12 cmHg .

Situação B: temperatura de -100°C e pressão de 10 cmHg .

Situação C: temperatura de -240°C e pressão de 5 cmHg .

Nas situações A, B e C, os estados físicos em que se encontra a amostra são, respectivamente,

- a) líquido, gasoso e líquido.
- b) sólido, líquido e sólido.
- c) sólido, gasoso e gasoso.
- d) líquido, sólido e gasoso.

PARTE III – TERMODINÂMICA

A Termodinâmica estuda as relações entre as quantidades de calor trocadas e os trabalhos realizados num processo físico envolvendo um corpo ou um sistema de corpos e o resto do universo, que denominamos meio exterior.

Por exemplo, um gás contido num cilindro provido de um êmbolo, ao ser aquecido, age com uma força sobre o êmbolo, deslocando-o. Assim, o sistema (gás) recebe calor do meio exterior e a força aplicada pelo sistema, realiza um trabalho τ sobre o meio exterior.

Nessa parte da obra serão discutidos conceitos como gás ideal, leis dos gases ideais, equação de estado de um gás, trabalho, energia interna, 1ª lei da Termodinâmica, ciclos termodinâmicos, máquinas térmicas e a 2ª lei da termodinâmica.

Ao final temos a oportunidade de praticar os conteúdos abordados a partir da resolução dos 41 exercícios propostos que foram escolhidos de forma a abranger o maior número de situações referentes à termodinâmica.

GÁS PERFEITO OU IDEAL

Modelo de gás que considera certa massa de partículas em movimento caótico, que colidem elasticamente umas com as outras e possuem um volume muito pequeno quando comparado com o volume do recipiente que as encerram.

VARIÁVEIS DE ESTADO DE UM GÁS IDEAL

Grandezas físicas utilizadas na descrição do comportamento térmico de um gás ideal. Essas grandezas possuem dependência entre si que são descritas por um conjunto de leis.

- i) **Volume:** considerando que as partículas de um gás ideal estão em movimento caótico e confinadas em um recipiente, tem-se que o volume do gás é dado pelo volume interno do recipiente;
- ii) **Pressão:** a pressão do gás está caracterizada pela relação entre as colisões das partículas com as paredes do recipiente e a área interna do recipiente;
- iii) **Temperatura:** a temperatura de um gás está relacionada com a *média das velocidades* com que suas partículas se movem, ou seja, representa o nível de agitação das partículas do gás. A temperatura de um gás deve ser expressa em valores na escala Kelvin.

ESTADO TÉRMICO DE UM GÁS IDEAL

O estado térmico de certa massa de gás ideal é caracterizado pelos valores de Volume (V), Pressão (p) e Temperatura (T) em determinado instante.

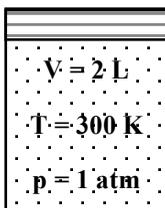


Figura 1: Massa de gás ideal com volume $V = 2\text{ L}$, temperatura $T = 300\text{ K}$ e pressão $p = 1\text{ atm}$.

TRANSFORMAÇÕES GASOSAS

Um gás ideal passa por uma transformação quando uma de suas variáveis de estado sofre uma mudança na sua medida. A experiência mostra que quando uma das variáveis se altera pelo menos mais uma passará por uma alteração.



Figura 2: Transformação gasosa em que o volume permaneceu constante.

As possíveis transformações que certa massa de gás ideal pode sofrer são descritas a partir de um conjunto de leis

(lei de Boyle, lei de Charles, lei de Gay-Lussac e lei Geral) como descrevemos a seguir:

LEI DE BOYLE

Quando certa massa de um gás ideal passa por uma transformação em que sua temperatura permanece constante (*transformação isotérmica*) a pressão e o volume do gás são *inversamente proporcionais*.

$$p_{inicial} \cdot V_{inicial} = p_{final} \cdot V_{final}$$

No gráfico $p \times V$, representado abaixo, uma transformação isotérmica é descrita por uma hipérbole denominada *isoterma*.

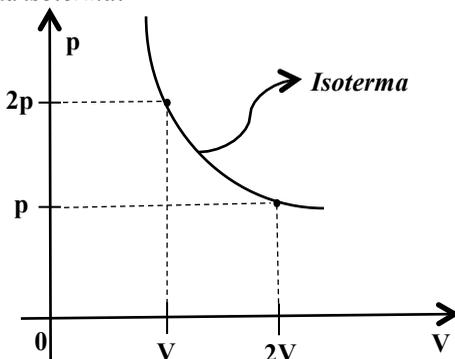


Figura 3: Gráfico de uma transformação isotérmica.

Além disso, quanto mais afastada da origem estiver uma isoterma, maior será a temperatura por ela representada.

LEI DE CHARLES

Quando certa massa de um gás ideal passa por uma transformação em que sua pressão permanece constante (*transformação isobárica*) o volume e a temperatura absoluta do gás são *diretamente proporcionais*.

$$\frac{V_{inicial}}{T_{inicial}} = \frac{V_{final}}{T_{final}}$$

No gráfico V x T, a seguir, uma transformação isobárica é descrita por uma reta.

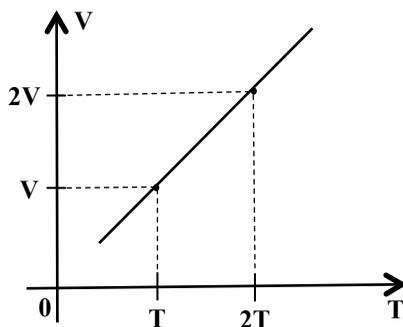


Figura 4: Gráfico de uma transformação isobárica.

LEI DE GAY-LUSSAC

Quando certa massa de um gás ideal passa por uma transformação em que seu volume permanece constante (*transformação isovolumétrica, isométrica ou isocórica*) a pressão e a temperatura absoluta do gás são *diretamente proporcionais*.

$$\frac{P_{inicial}}{T_{inicial}} = \frac{P_{final}}{T_{final}}$$

No gráfico $p \times T$, visualizamos a uma transformação isovolumétrica é descrita por uma reta.

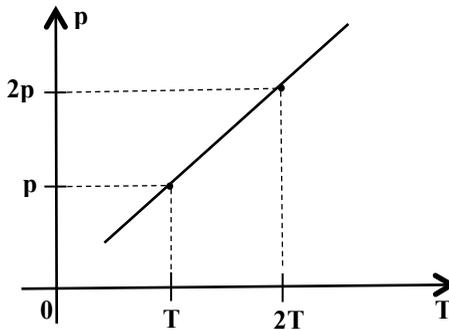


Figura 5: Gráfico de uma transformação isovolumétrica.

LEI GERAL DOS GASES IDEAIS

Quando certa massa de um gás ideal passa por uma transformação de tal modo que se verifica uma alteração em todas as medidas de suas variáveis de estado é constante a relação $\frac{p \cdot V}{T}$.

$$\frac{P_{inicial} \cdot V_{inicial}}{T_{inicial}} = \frac{P_{final} \cdot V_{final}}{T_{final}}$$

EQUAÇÃO DE ESTADO DE UM GÁS IDEAL

Cada estado de equilíbrio de um gás ideal é caracterizado pelas variáveis de estado e pelo *número de mols* que compõem o gás. Como o número de mols (n) é definido pela relação entre a massa do gás (m) e sua massa molar (M), a equação de estado, também conhecida como equação de Clapeyron, é definida abaixo.

$$p.V = \frac{m}{M} . R.T$$

$$p.V = n.R.T$$

Nessa expressão, R é a constante universal dos gases ideais e vale $R = 0,082 \text{ atm.L/mol.K}$ ou $R = 8,31 \text{ J/mol.K}$.

TRABALHO DE UM GÁS

Quando um gás sofre uma variação de volume, $\Delta V = V_{\text{FINAL}} - V_{\text{INICIAL}}$, durante uma transformação à pressão constante p , ocorre um trabalho definido pela expressão abaixo.

$$\tau = p.\Delta V$$

Quando o sistema como um todo produz um deslocamento ao agir com uma força sobre o meio exterior, o trabalho realizado é denominado externo. O gás, ao se expandir desloca o êmbolo, e realiza um trabalho externo sobre o meio que o envolve.

Quando o trabalho executado por uma parte do sistema sobre outra do mesmo sistema é chamado de trabalho interno. Assim, as forças de interação entre as moléculas do gás realizam um trabalho interno.

Na expansão, o gás realiza trabalho $\rightarrow \tau > 0$;

Na compressão, o gás sofre trabalho $\rightarrow \tau < 0$.

A área do gráfico $p \times V$ fornece o módulo do trabalho realizado.

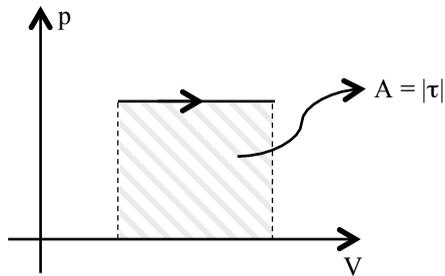


Figura 6: Propriedade gráfica do trabalho.

A propriedade gráfica permite o cálculo do módulo do trabalho das transformações isobáricas e também das que ocorrem com pressão variável.

ENERGIA INTERNA

A energia total de um sistema é composta de duas parcelas: a energia externa e a energia interna.

A energia externa do sistema é devido às relações que ele guarda com seu meio exterior (a energia cinética e a energia potencial).

A energia Interna do sistema relaciona-se com suas condições intrínsecas. Num gás, corresponde às parcelas da energia térmica, que se associa ao movimento de agitação

térmica das moléculas, a energia potencial está associada às forças internas conservativas.

Sabe-se que a energia interna de um sistema gasoso composto por n mols e que se encontra a uma temperatura absoluta T é dada pela expressão abaixo, conhecida como a lei de Joule.

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

Para certa massa de gás que sofre uma variação na sua temperatura, $\Delta T = T_{\text{FINAL}} - T_{\text{INICIAL}}$, tem-se a variação da energia interna que é dada pela expressão abaixo.

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

No aquecimento, a energia interna aumenta $\rightarrow \Delta U > 0$;

No resfriamento, a energia interna diminui $\rightarrow \Delta U < 0$;

Para T constante, a energia interna fica constante $\rightarrow \Delta U = 0$.

1ª LEI DA TERMODINÂMICA

Do calor (Q) fornecido ou retirado de um sistema, uma parte é usada para efetuar trabalho (τ) e o restante para variar a sua energia interna (ΔU). Isto expressa a conservação de energia.

$$\Delta U = Q - \tau$$

TRANSFORMAÇÕES GASOSAS

Aplicando o primeiro princípio da termodinâmica às transformações gasosas, é possível analisar o comportamento do calor trocado, do trabalho realizado e da energia interna do sistema.

- i) **Transformação isotérmica:** como a temperatura não varia, a variação de energia interna do gás é nula ($\Delta U = 0$).

$$Q = \tau$$

Numa transformação isotérmica, o calor trocado pelo gás com o meio exterior é igual ao trabalho realizado no mesmo processo. No processo isotérmico, não há variação de temperatura, mas há troca de calor!

- ii) **Transformação isobárica:** numa expansão isobárica, a quantidade de calor recebida é maior que o trabalho realizado ($\Delta U > 0 \rightarrow Q > \tau$).

$$Q = \Delta U + \tau$$

- iii) **Transformação isovolumétrica:** como não há variação no volume, logo o trabalho realizado é nulo ($\tau = 0$).

$$Q = \Delta U$$

Numa transformação isovolumétrica, a variação da energia interna do gás é igual à quantidade de calor trocada com meio exterior.

iv) Transformação adiabática: não há troca de calor com o meio exterior. Essa transformação pode ocorrer quando o gás está contido no interior de um recipiente termicamente isolado do ambiente ou sofrer expansões e compressões suficientemente rápidas para que as trocas de calor com o ambiente possam ser consideradas desprezíveis ($Q = 0$).

$$\Delta U = -\tau$$

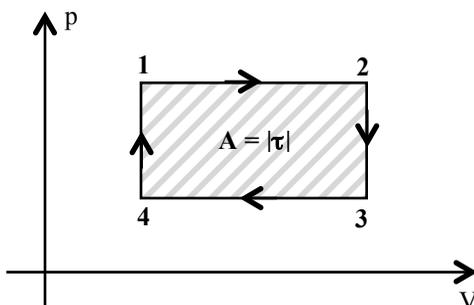
Numa transformação adiabática a variação de energia interna é igual em módulo e de sinal contrário ao trabalho realizado na transformação.

Na expansão adiabática o trabalho é realizado pelo gás (sistema realiza trabalho sobre o meio). Assim, o volume aumenta e a temperatura diminui, pois a energia interna diminui. Em consequência, a pressão também diminui.

Na compressão adiabática o trabalho é realizado sobre o gás (meio realiza trabalho sobre o sistema). Assim, o volume diminui e a temperatura aumenta, pois a energia interna aumenta e a pressão também aumenta.

TRANSFORMAÇÃO CÍCLICA

É aquela em que, após sucessivas transformações gasosas, o gás volta ao estado inicial.



Considerando todo o ciclo 1, 2, 3 e 4, o trabalho total realizado é dado pela soma algébrica dos trabalhos nas diferentes etapas do ciclo.

$$\tau_{TOTAL} = \tau_{12} + \tau_{23} + \tau_{34} + \tau_{41}$$

Ao completar um ciclo, tem-se que o sistema retorna ao estado inicial de tal modo que não há variação na temperatura ($\Delta T = 0$), logo, não há variação na energia interna ($\Delta U = 0$).

$$Q = \tau$$

Portanto, o calor trocado numa transformação cíclica é usado para realizar trabalho. O sinal do trabalho realizado é determinado pelo sentido do ciclo.

Sentido horário $\rightarrow \tau > 0$;

Sentido anti-horário $\rightarrow \tau < 0$.

2ª LEI DA TERMODINÂMICA

Dentre as duas leis da termodinâmica, a segunda é a que tem maior aplicação na construção de máquinas e utilização na indústria, pois trata diretamente do rendimento das máquinas térmicas.

O segundo princípio da termodinâmica possui enunciados que, aparentemente, tratam de situações distintas.

Enunciado de Clausius

O calor não pode fluir, de forma espontânea, de um corpo de temperatura menor para um outro corpo de temperatura mais alta.

Tendo como consequência que o sentido natural do fluxo de calor é da temperatura mais alta para a mais baixa e que para que o fluxo seja inverso é necessário que um agente externo realize um trabalho sobre este sistema.

Enunciado de Kelvin-Planck

É impossível a construção de uma máquina que, operando em um ciclo termodinâmico, converta toda a quantidade de calor recebido em trabalho.

Este enunciado implica que, não é possível que um dispositivo térmico tenha um rendimento de 100%, ou seja, por menor que seja, sempre há uma quantidade de calor que não se transforma em trabalho efetivo.

RENDIMENTO DE UMA MÁQUINA TÉRMICA

Dispositivo que funciona entre duas fontes, fonte fria e fonte quente, e em ciclos cuja função é converter calor em trabalho.

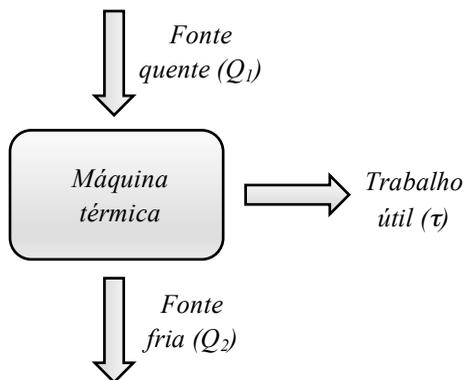


Figura 8: Esquema de uma máquina térmica.

O trabalho realizado (τ) é dado pela diferença entre o calor recebido pela fonte quente (Q_1) e o calor enviado para fonte fria (Q_2).

$$\tau = Q_1 - Q_2$$

O rendimento de uma máquina térmica (η) é definido pela razão entre o trabalho útil realizado (τ) pela máquina e a quantidade de calor recebida pela fonte quente (Q_1).

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

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

O CICLO DE CARNOT

Carnot idealizou um ciclo que proporcionaria rendimento máximo a uma máquina térmica. Tal ciclo consta de quatro transformações gasosas (duas transformações adiabáticas alternadas com duas transformações isotérmicas), todas elas reversíveis, sendo o ciclo também reversível.

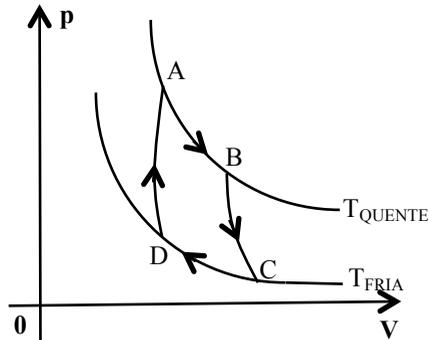


Figura 9: Ciclo de Carnot.

- **AB:** expansão isotérmica;
- **BC:** expansão adiabática;
- **CD:** compressão isotérmica;
- **DA:** compressão adiabática;

Para a máquina térmica de Carnot vale a relação abaixo.

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

Portanto, o rendimento máximo de uma máquina térmica é definido pela expressão abaixo.

$$\eta_{MÁX} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

De tal modo, que T_1 e T_2 são, respectivamente, as temperaturas das fontes quente e fria.

Máquina térmica *permitida* $\rightarrow \eta < \eta_{MÁX}$;

Máquina térmica *proibida* $\rightarrow \eta \geq \eta_{MÁX}$.

A MÁQUINA DE CARNOT E O ZERO ABSOLUTO

A máquina térmica de Carnot teria um rendimento igual a 100 %, caso exista um sistema cuja temperatura seja igual a 0 K (zero absoluto). Como tal rendimento viola o segundo princípio da termodinâmica, essa temperatura é inatingível!

EXERCÍCIOS PROPOSTOS – PARTE III

01 - (UECE) Seja um recipiente metálico fechado e contendo ar comprimido em seu interior. Considere desprezíveis as deformações no recipiente durante o experimento descrito a seguir: a temperatura do ar comprimido é aumentada de $24\text{ }^{\circ}\text{C}$ para $40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Sobre esse gás, é correto afirmar-se que

- a) sua pressão permanece constante, pois já se trata de ar comprimido.
- b) sua pressão aumenta.
- c) sua energia interna diminui, conforme prevê a lei dos gases ideais.
- d) sua energia interna permanece constante, pois o recipiente não muda de volume e não há trabalho realizado pelo sistema.

02 - (UECE) Um gás ideal é mantido em um reservatório esférico de raio constante constituído de material bom condutor de calor. É correto afirmar que a pressão desse gás

- a) diminui se houver aumento de temperatura do recipiente.
- b) aumenta com a temperatura do recipiente até que o gás mude para o estado líquido.
- c) mantém-se constante independente da temperatura do recipiente.
- d) aumenta se houver aumento de temperatura do recipiente.

03 - (UDESC) Um sistema fechado, contendo um gás ideal, sofre um processo termodinâmico isobárico, provocando mudança de temperatura de 200°C para 400°C . Assinale a alternativa que representa a razão aproximada entre o volume final e o inicial do gás ideal.

- a) 1,5. b) 0,5. c) 1,4. d) 2,0. e) 1,0.

04 - (UECE) Considere um gás ideal que passa por dois estados, através de um processo isotérmico reversível. Sobre a pressão P e o volume V desse gás, ao longo desse processo, é correto afirmar-se que

- a) PV é crescente de um estado para outro.
b) PV é constante.
c) PV é decrescente de um estado para outro.
d) PV é inversamente proporcional à temperatura do gás.

05 - (IFGO) Certa massa gasosa, ocupando um volume de 28 L (litros), a temperatura de 280 K, é aquecida sob pressão constante até a temperatura de 400 K. O volume ocupado pelo gás nessa nova temperatura será de:

- a) 45 L. b) 40 L. c) 50 L. d) 55 L. e) 58 L.

06 - (Fac. Cultura Inglesa SP) Desodorizadores de ambiente, sob a forma de aerossol, contêm como propelente um gás inflamável sob pressão. Nas embalagens de alguns desses produtos há o alerta:

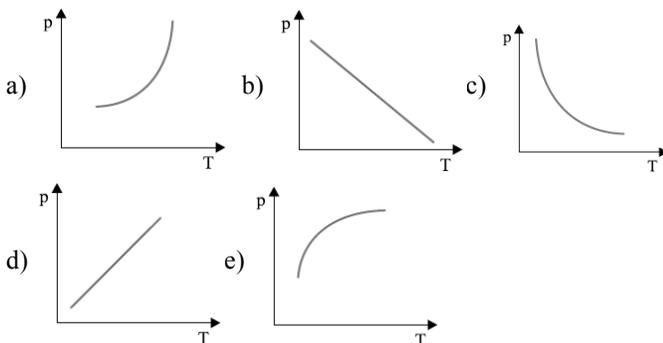
Não exponha à temperatura superior a 50 °C. Mantenha longe do fogo, de superfícies aquecidas e de chama piloto. Não jogue no incinerador mesmo que a embalagem esteja vazia. Essas recomendações são importantes, pois, com o aumento de temperatura,

- a) a pressão do gás aumenta, podendo haver explosão.
b) a pressão do gás diminui, podendo haver implosão.
c) o volume do gás diminui, podendo haver implosão.

d) o número de moléculas do gás aumenta, podendo haver explosão.

e) o número de moléculas do gás diminui, podendo haver implosão.

07 - (FMJ SP) Certo número de moléculas de um gás perfeito encontra-se confinado em um recipiente rígido. Ao receber calor de uma fonte externa, sua pressão (p) e sua temperatura absoluta (T) são alteradas. O gráfico que representa, qualitativamente, essa transformação é



08 - (UFPR) Considere que num recipiente cilíndrico com êmbolo móvel existem 2 mols de moléculas de um gás A à temperatura inicial de 200 K. Este gás é aquecido até a temperatura de 400 K numa transformação isobárica. Durante este aquecimento ocorre uma reação química e cada molécula do gás A se transforma em duas moléculas de um gás B. Com base nesses dados e nos conceitos de termodinâmica, é correto afirmar que o volume final do recipiente na temperatura de 400 K é

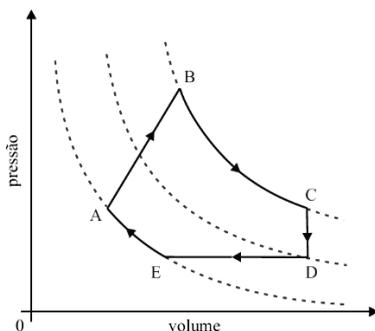
a) 3 vezes menor que o valor do volume inicial.

b) de valor igual ao volume inicial.

c) 2 vezes maior que o valor do volume inicial.

- d) 3 vezes maior que o valor do volume inicial.
- e) 4 vezes maior que o valor do volume inicial.

09 - (Unicastelo SP) Um gás ideal sofre a transformação cíclica ABCDEA representada no diagrama, no qual as três linhas tracejadas representam isotermas.



É correto afirmar que

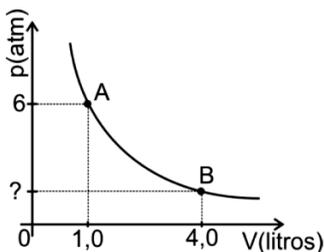
- a) analisando a temperatura do gás durante toda a transformação, pode-se concluir que, em nenhum momento, ela repetiu o valor atingido no estado D.
- b) nas cinco etapas que compõem o ciclo, o gás teve sua temperatura elevada em apenas uma e diminuída em duas delas.
- c) houve trabalho realizado pelas forças de pressão do gás em quatro das cinco etapas desse ciclo e, em três delas, ele foi positivo.
- d) começando a transformação gasosa no estado A, para que o gás retorne a esse estado, ele precisa receber energia em forma de calor em todas as etapas do ciclo.

e) em cada uma das transformações parciais AB, BC, CD, DE e EA sofridas pelo gás, pelo menos uma das três variáveis de estado (P, V e T) permaneceu constante.

10 - (FATEC SP) Uma das atrações de um parque de diversões é a barraca de tiro ao alvo, onde espingardas de ar comprimido lançam rolhas contra alvos, que podem ser derrubados. Ao carregar uma dessas espingardas, um êmbolo comprime 120 mL de ar atmosférico sob pressão de 1 atm, reduzindo seu volume para 15 mL. Considerando que o ar se comporte como um gás ideal e que o processo seja isotérmico. Pode-se afirmar que a pressão do ar após a compressão será, em atm,

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

11 - (ACAFE SC) No estudo da termodinâmica é apresentado um gráfico do comportamento de certa massa de gás (considerado ideal) que é levada isotermicamente do estado A para o estado B.



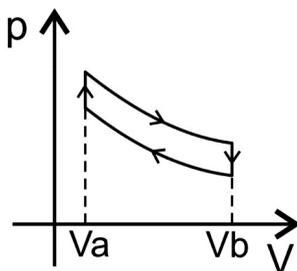
A pressão do gás, em atm, no estado B é

- a) 1,0. b) 4,0. c) 2,5. d) 1,5.

12 - (UEFS BA) Um balão estratosférico foi preenchido parcialmente com $300,0 \text{ m}^3$ de gás hélio, a 27°C , no nível do mar. Quando o balão atingiu uma determinada altura, onde a pressão é $1,0\%$ da pressão no nível do mar e a temperatura é de $-53,0^\circ\text{C}$, o volume ocupado pelo gás, em 10^4 m^3 , era, aproximadamente, igual a

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

13 - (UCS RS) Os motores a combustão, como o dos automóveis movidos a gasolina ou a álcool, são classificados como máquinas térmicas que, operando em ciclos, entre fontes de calor quentes e frias, e recebendo e liberando fluidos operantes, produzem trabalho. Suponha um motor a combustão hipotético que possua um gás ideal como fluido operante e que nunca o troque. As transformações de estado desse gás ideal, durante um ciclo de operação do motor, estão representadas no gráfico pressão X Volume abaixo. Conclui-se que o gás ideal



- a) tem, durante todo o ciclo, a mesma temperatura.
 b) tem, durante todo o ciclo, o mesmo volume.
 c) gera quantidade de calor liberado mais trabalho executado maior do que a quantidade de calor recebido.
 d) tem, durante todo o ciclo, sua pressão variando.

e) mantém o produto da sua pressão pelo seu volume constante durante todo o ciclo, de modo que sua temperatura sempre varie.

14 - (FPS PE) Uma amostra gasosa formada por dois mols de um gás ideal é mantida em um recipiente hermeticamente fechado com volume 0.03 m^3 e na temperatura 27° C . Considerando que a constante universal dos gases perfeitos vale por $R = 8,31 \text{ J}/(\text{mol.K})$, a pressão do gás será aproximadamente de

a) 0,6 atm. b) 1,0 atm. c) 1,6 atm. d) 2,6 atm. e) 3,0 atm.

15 - (FAVIP PE) Gases reais, como o oxigênio e o hidrogênio, têm propriedades físicas distintas. No entanto, sob determinadas condições, eles tendem ao mesmo comportamento dito de um gás ideal, regido pela equação $p.V = n.R.T$. Assinale a seguir a única condição que favorece a tendência ao comportamento do tipo gás ideal.

- a) Baixas temperaturas.
- b) Altas pressões.
- c) Baixas densidades.
- d) Volume grande.
- e) Volume pequeno.

16 - (UNIMONTES MG) Um garoto discute com seu pai sobre a quantidade de ar necessária para encher o pneu de alguns veículos. Ele diz ao pai ter observado que, ao calibrar o pneu da sua bicicleta, no calibrador do posto de gasolina, o painel registrou 40 libras-força/polegada² e que, quando seu pai enche o pneu do carro usando o mesmo calibrador, o painel registra apenas 28 libras-força/polegada². O pai, conhecedor do assunto, explica que esses valores observados

por ele são medidas da pressão interna dos pneus, que dependem, para uma mesma temperatura, da relação n/V , onde n é o número de moles e V é o volume interno. Com base na explicação do pai, é correto afirmar que

- a) o pneu da bicicleta suporta mais ar que o pneu do carro, considerando que ambos estejam corretamente calibrados.
- b) a relação n/V é maior no pneu do carro que no pneu da bicicleta.
- c) quando corretamente calibrados, a relação n/v é a mesma nos pneus da bicicleta e do carro.
- d) a relação n/V é menor no pneu do carro que no pneu da bicicleta.

17 - (FPS PE) Um balão contendo gás hélio está na temperatura ambiente ($T = 20^\circ\text{C} \approx 293\text{K}$) e na pressão atmosférica ($p = 1,0 \text{ atm} \approx 10^5 \text{ Pascal}$). O balão contém 2 mols deste gás nobre. Assuma que o gás hélio comporta-se como um gás ideal e que a constante universal dos gases perfeitos $R = 8,31 \text{ (J/mol.K)}$. Determine o volume aproximado ocupado pelo gás no interior do balão.

- a) $0,50 \text{ m}^3$. b) $5,00 \text{ m}^3$. c) $2,50 \text{ m}^3$. d) $10,00 \text{ m}^3$. e) $0,05 \text{ m}^3$.

18 - (UERJ) A bola utilizada em uma partida de futebol é uma esfera de diâmetro interno igual a 20 cm. Quando cheia, a bola apresenta, em seu interior, ar sob pressão de 1,0 atm e temperatura de 27°C .

Considere $\pi = 3$, $R = 0,080 \text{ atm.L.mol}^{-1}.\text{k}^{-1}$ e, para o ar, comportamento de gás ideal e massa molar igual a 30 g.mol^{-1} . No interior da bola cheia, a massa de ar, em gramas, corresponde a

- a) 2,5. b) 5,0. c) 7,5. d) 10,0.

19 - (UFG GO) Durante a ebulição da água em um recipiente aberto, formam-se muitas bolhas de vapor de 2 mm de diâmetro, em média. A variação da pressão com a profundidade da bolha pode ser desprezada. A quantidade de matéria, em mol, que há no interior de uma bolha é, aproximadamente, de

Dados: $R \approx 8 \text{ J/mol.K}$; $p_0 \approx 10^5 \text{ N/m}^2$; $\pi \approx 3$.

- a) $1,0 \cdot 10^{-4}$.
- b) $5,0 \cdot 10^{-7}$.
- c) $1,3 \cdot 10^{-7}$.
- d) $1,0 \cdot 10^{-7}$.
- e) $5,3 \cdot 10^{-10}$.

20 - (IFGO) Considerando duas expansões gasosas ideais, uma isobárica e outra adiabática, é correto afirmar que:

- a) Na expansão isobárica, haverá uma redução da energia interna do gás.
- b) Na expansão adiabática, o volume e a temperatura sofrem redução.
- c) Em ambas as expansões, a temperatura sofre aumento.
- d) Na expansão adiabática, não há trocas de calor e a energia interna do gás sofre redução.
- e) Na expansão adiabática, o produto da pressão pelo volume se mantém constante.

21 - (UEFS BA) Um gás hélio com massa de 16,0 g, a 27 °C, contido em um recipiente de vidro, absorve uma quantidade de calor igual a 400,0 cal. Desprezando-se a dilatação volumétrica do recipiente e sabendo-se que a massa molar desse gás é igual a 4,0 g, considerando-se 1,0 cal igual a 4,0 J e a constante universal dos gases perfeitos, $R = 8,3 \text{ J.mol}^{-1}.\text{k}^{-1}$

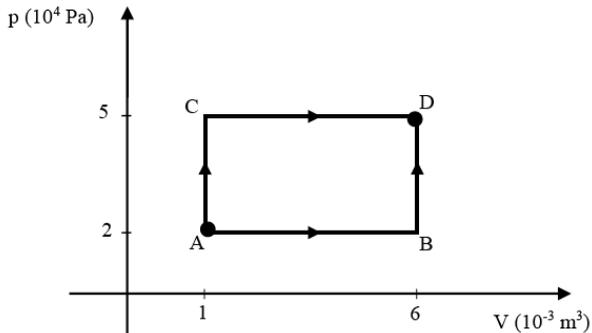
¹, a temperatura final desse gás, no SI, é, aproximadamente, igual a

- a) 32. b) 59. c) 270. d) 332. e) 373.

22 - (FPS PE) Uma amostra de um gás ideal absorve uma quantidade de calor $Q = 6000$ Joules de uma fonte térmica e realiza um trabalho, expandindo-se a pressão constante ($p = 1000$ Pa) de um volume inicial $V_i = 1,0$ m³ até um volume final $V_f = 3,0$ m³. A variação da energia interna ΔE_{int} do gás no processo de expansão isobárica será dada por:

- a) 400 Joules. b) 100 Joules. c) 4000 Joules.
d) 10 Joules. e) 1000 Joules.

23 - (UDESC) O diagrama pV, representado na figura, retrata diferentes processos termodinâmicos. Nos processos ACD e ABD são fornecidos 600 J e 450 J de energia na forma de calor ao sistema, respectivamente.



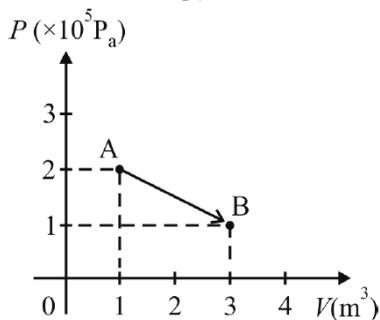
Com base nas informações e no diagrama acima, analise as proposições.

- I. A variação da energia interna do processo ACD é maior que a variação da energia interna do processo ABD.
- II. A variação da energia interna é igual nos processos ACD e ABD e é equivalente a 350 J.
- III. O trabalho realizado no processo CD é maior que o trabalho realizado em AB.

Assinale a alternativa correta.

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

24 - (ESCS DF) O gráfico abaixo mostra a transformação sofrida por um mol de um gás monoatômico ideal. Com base nesse gráfico e considerando a constante universal dos gases $R = 8,31 \text{ J/mol.K}$, assinale a opção correta.



- a) O trabalho realizado pelo referido gás na transformação de A para B é maior que $3,5 \cdot 10^5 \text{ J}$.

- b) O processo sofrido por esse gás, ao ir do estado A para o estado B, é isotérmico.
- c) A quantidade de calor absorvida pelo gás, nesse processo, foi superior a $4,0 \cdot 10^5$ J.
- d) A energia interna do gás ideal aumenta, mas sua temperatura não.

25 - (UFT TO) No mundo dos quadrinhos, muita coisa é permitida. Por exemplo, o Homem-de-gelo é capaz de esfriar objetos e ambientes. Os quadrinhos não dizem, mas é possível supor que o calor retirado dos objetos e do ambiente seja absorvido pelo próprio super-herói. Nesse caso, ele deveria esquentar até, eventualmente, ferver, evaporar ou queimar. O princípio físico que permite tirar essa conclusão é a Lei:

- a) Boyle.
- b) Zero da Termodinâmica.
- c) 2ª da Termodinâmica.
- d) Stefan-Boltzmann.
- e) 1ª da Termodinâmica.

26 - (UECE) Em um dado experimento um gás ideal armazenado em um recipiente metálico tem seu volume reduzido muito rapidamente, de modo que se possa aproximar como nula qualquer transferência de calor com o meio externo. Em um segundo experimento com o mesmo sistema a velocidade de compressão é muito menor, de modo que não se possa usar essa aproximação. Suponha que antes do início dos dois processos de compressão o gás esteja em equilíbrio térmico com o meio. Assim, pode-se afirmar corretamente que

- a) nos dois experimentos houve perda de energia interna do gás para o meio.
- b) no segundo experimento houve ganho de energia interna do gás.

- c) somente no primeiro experimento houve perda de energia interna do gás para o meio.
 d) somente no segundo experimento houve perda de energia interna do gás para o meio.

27 - (UDESC) A Figura 2 apresenta um ciclo termodinâmico descrito por um gás. Assinale a alternativa que apresenta, para este ciclo, a variação de energia interna do gás e o trabalho por ele realizado, respectivamente.

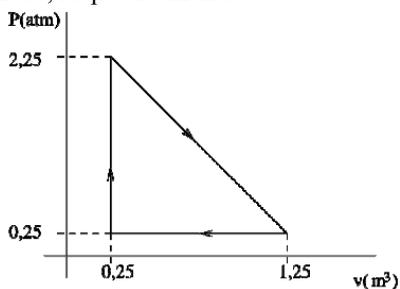


Figura 2

- a) 0,0J e $1,5 \cdot 10^5$ J. b) 1,0J e $2,0 \cdot 10^5$ J. c) 0,0J e $0,0 \cdot 10^5$ J.
 d) 0,0J e $1,0 \cdot 10^5$ J. e) 0,5J e $0,5 \cdot 10^5$ J.

28 - (UNIMONTES MG) Num processo adiabático, um trabalho $W = 12$ J é realizado por dois moles de um gás ideal. A variação da energia interna do gás, nesse processo, é igual a

- a) 12 J. b) - 6 J. c) - 12 J. d) zero.

29 - (UEFS BA) Aplicando a primeira lei da termodinâmica às transformações de um gás ideal, analise as afirmativas, marcando com V as verdadeiras e com F, as falsas.

- () O calor trocado em uma transformação isobárica é igual a zero.
 () A variação da energia interna em uma transformação isocórica é igual ao calor trocado.

() O trabalho realizado em uma transformação isotérmica é igual à variação da energia interna.

() O calor trocado em uma transformação cíclica é igual ao trabalho realizado.

A alternativa que indica a sequência correta, de cima para baixo, é a

a) F V F V. b) F F V F. c) F V V V. d) V V F F. e) V F F V.

30 - (UERN) A variação da energia interna de um gás perfeito em uma transformação isobárica foi igual a 1200 J. Se o gás ficou submetido a uma pressão de 50 N/m^2 e a quantidade de energia que recebeu do ambiente foi igual a 2000 J, então a variação de volume sofrido pelo gás durante o processo foi

a) 10 m^3 . b) 12 m^3 . c) 14 m^3 . d) 16 m^3 .

31 - (UNIUBE MG) Dentre as duas leis da termodinâmica, a segunda é a que tem maior aplicação na construção de máquinas e utilização na indústria, pois trata diretamente do rendimento das máquinas térmicas.

Dois enunciados, aparentemente diferentes, ilustram a 2ª Lei da Termodinâmica, os enunciados de Clausius e Kelvin-Planck:

Enunciado de Clausius:

O calor não pode fluir, de forma espontânea, de um corpo de temperatura menor, para um outro corpo de temperatura mais alta.

Enunciado de Kelvin-Planck:

É impossível a construção de uma máquina que, operando em um ciclo termodinâmico, converta toda a quantidade de calor recebido em trabalho.

Fonte: <http://www.sofisica.com.br/conteudos/Termologia/Termodinamica/2leidatermodinamica.php>

Sobre as definições acima e sobre a segunda lei da termodinâmica são feitas algumas afirmações:

I. O enunciado de Clausius determina o sentido natural do fluxo de calor que vai da temperatura mais alta para a mais baixa, e, para que o fluxo seja inverso, é necessário que um agente externo realize um trabalho sobre esse sistema, tal como o que ocorre nos refrigeradores.

II. O enunciado de Kelvin Planck implica que é possível existir um dispositivo térmico que tenha um rendimento de 100%.

III. Em certa situação, um motor a vapor realiza um trabalho de 24kJ. Quando lhe foi fornecida uma quantidade de calor igual a 46kJ, o rendimento esperado dessa máquina foi de 100%, pois ela transformou integralmente calor em trabalho útil.

IV. No ciclo de Carnot, o rendimento máximo teórico de uma máquina a vapor, cujo fluido entra a 500°C e abandona o ciclo a 300°C, foi de, aproximadamente, 26%.

Estão CORRETAS as afirmações contidas em

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

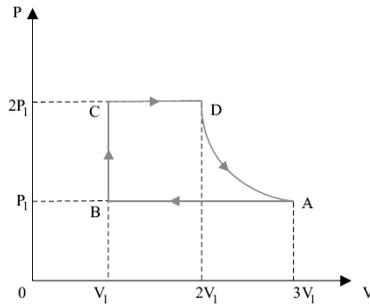
32 - (UNIFOR CE) A primeira lei da termodinâmica trata da conservação de energia; a segunda lei da termodinâmica trata da impossibilidade de transferência de calor de uma fonte mais fria para uma fonte mais quente sem a realização de trabalho. Podemos verificar a aplicação dessas leis, hoje em dia, na produção de energia por meio de fontes alternativas sem ocasionar danos ao meio ambiente. Esta busca por fontes alternativas de energia deve-se à escassez das fontes de energia não renováveis. São exemplos de energia não renováveis:

- a) petróleo, solar, carvão, nuclear e biogás.
b) petróleo, gás natural, nuclear, biomassa e geotérmica.
c) petróleo, carvão, nuclear, bicombustíveis e solar.
d) petróleo, carvão, nuclear, gás natural e óleo de xisto.
e) petróleo, carvão, geotérmica, óleo de xisto e biomassa.

33 - (UNIMONTES MG) Um motor de Carnot opera entre 600 K e 450 K, absorvendo $6,30 \cdot 10^4$ J por ciclo. O trabalho realizado, por ciclo, e a eficiência desse motor são, respectivamente

- a) 42750 J e 50%. c) 37350 J e 65%.
b) 15750 J e 25%. d) 47250 J e 75%.

34 - (FGV) O gráfico da pressão (P), em função do volume (V) de um gás perfeito, representa um ciclo de transformações a que o gás foi submetido.



A respeito dessas transformações, é correto afirmar que a transformação

- AB é isobárica e que a relação T_A/T_B entre as temperaturas absolutas nos respectivos estados A e B vale 3.
- BC é isotérmica e que a relação T_B/T_C entre as temperaturas absolutas nos respectivos estados B e C vale $1/2$.
- CD é isobárica e que a relação T_C/T_D entre as temperaturas absolutas nos respectivos estados C e D vale $2/3$.
- AD é isotérmica e que o calor trocado com o meio ambiente nessa transformação é nulo.
- AD é adiabática e que o calor trocado com o meio ambiente nessa transformação é igual ao trabalho realizado pelo gás no ciclo.

35 - (PUC SP) Para uma determinada máquina térmica de Carnot, a relação das temperaturas absolutas entre a fonte quente e a fonte fria é de $10/8$. A cada ciclo realizado por essa máquina, cujo período é de 2s, ela retira 500cal da fonte quente. Determine a potência útil para essa máquina. Adote $1 \text{ cal} = 4\text{J}$.

- 50W.
- 100W.
- 200W.
- 250W.
- 400W.

36 - (UEFS BA) De acordo com seus conhecimentos de termodinâmica, marque com V as verdadeiras e com F, as falsas.

- () A energia interna de uma dada massa de gás é função exclusiva da temperatura termodinâmica.
- () A área do diagrama pressão x volume representa, numericamente, o trabalho realizado por um gás.
- () O fenômeno de expansão adiabática, que exibe a variação da energia interna $\Delta U < \text{zero}$, pode ser percebido em uma bomba de ar manual quando enche uma bola de ar.

A alternativa que indica a sequência correta, de cima para baixo, é a

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

37 - (UFPEL RS) De acordo a Termodinâmica considere as seguintes afirmações.

- I. A equação de estado de um gás ideal, $p.V = n.R.T$, determina que a pressão, o volume, a massa e a temperatura podem assumir, simultaneamente, quaisquer valores arbitrários.
- II. A pressão que um gás exerce sobre as paredes do recipiente que o contém pode ser descrita pelas colisões contínuas das moléculas desse gás contra as paredes do recipiente.
- III. A energia cinética média das moléculas de um gás depende do quadrado da temperatura absoluta.
- IV. As unidades da constante universal dos gases, R, no Sistema Internacional de Unidades (S.I) é dada em J/(mol K).

São falsas apenas as afirmações

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

38 - (UNIR RO) Em uma mesa redonda, três cientistas debatem a respeito de um ecossistema. De acordo com as leis da Termodinâmica, marque V para as afirmativas verdadeiras e F para as falsas.

() *Cientista 1* – A energia absorvida e armazenada pelas espécies produtoras é completamente aproveitada por toda a rede alimentar composta pelos produtores, consumidores primários, secundários e terciários, e pelos decompositores.

() *Cientista 2* – A afirmação do *Cientista 1* é inadmissível, pois, de acordo com a segunda lei da Termodinâmica, é impossível existir um sistema que transforme integralmente em trabalho o calor absorvido de uma fonte a uma dada temperatura.

() *Cientista 3* – A afirmação do *Cientista 1* é inadmissível, porque viola a primeira lei da Termodinâmica.

Marque a sequência correta.

a) F, F, V. b) F, V, V. c) F, V, F. d) V, F, F. e) F, F, F.

39 - (IFSP) A Lei da Conservação da Energia assegura que não é possível criar energia nem a fazer desaparecer. No funcionamento de determinados aparelhos, a energia é conservada por meio da transformação de um tipo de energia em outro. Em se considerando um telefone celular com a bateria carregada e em funcionamento, durante uma conversa entre duas pessoas, assinale a alternativa que corresponde à

sequência correta das possíveis transformações de energias envolvidas no celular em uso.

- a) Térmica/cinética/sonora. d) Química/elétrica/sonora.
- b) Cinética/térmica/elétrica. e) Luminosa/elétrica/térmica.
- c) Química – sonora – cinética.

40 - (UFRN) O Sol irradia energia para o espaço sideral. Essa energia tem origem na sua autocontração gravitacional. Nesse processo, os íons de hidrogênio (prótons) contidos no seu interior adquirem velocidades muito altas, o que os leva a atingirem temperaturas da ordem de milhões de graus. Com isso, têm início reações exotérmicas de fusão nuclear, nas quais núcleos de hidrogênio são fundidos, gerando núcleos de He (Hélio) e propiciando a produção da radiação, que é emitida para o espaço. Parte dessa radiação atinge a Terra e é a principal fonte de toda a energia que utilizamos.

Nesse contexto, a sequência de formas de energias que culmina com a emissão da radiação solar que atinge a terra é

- a) Térmica → Potencial Gravitacional → Energia de Massa → Cinética → Eletromagnética.
- b) Cinética → Térmica → Energia de Massa → Potencial Gravitacional → Eletromagnética.
- c) Energia de Massa → Potencial Gravitacional → Cinética → Térmica → Eletromagnética.
- d) Potencial Gravitacional → Cinética → Térmica → Energia de Massa → Eletromagnética.

41 - (UDESC) Considere as proposições relacionadas à Teoria da Termodinâmica.

- I. Em uma expansão isotérmica de um gás ideal, todo calor absorvido é completamente convertido em trabalho.
- II. Em uma expansão adiabática a densidade e a temperatura de um gás ideal diminuem.
- III. A Primeira Lei da Termodinâmica refere-se ao Princípio de Conservação de Energia.
- IV. De acordo com a Segunda Lei da Termodinâmica, uma máquina térmica que opera em ciclo jamais transformará calor integralmente em trabalho, se nenhuma mudança ocorrer no ambiente.

Assinale a alternativa correta:

- a) Somente as afirmativas I, II e III são verdadeiras.
- b) Somente as afirmativas I, III e IV são verdadeiras.
- c) Somente as afirmativas II, III e IV são verdadeiras.
- d) Somente as afirmativas I e II são verdadeiras.
- e) Todas as afirmativas são verdadeiras.

SIGLAS E ABREVIACOES DOS EXERCICIOS PROPOSTOS

Associao Catarinense Fundao Educacional – ACAFE/SC.
Centro Universitário Várzea Grande – UNIVAG/MT.
Centro Universitário UnirG – UNIRG/TO.
Escola Superior de Ciências da Saúde – ESCS/DF.
Fac. de Ciências da Saúde de Barretos/SP.
Fac. Cultura Inglesa/SP.
Fac. de Direito de Sorocaba/SP.
Fac. Santa Marcelina/SP.
Faculdade de Medicina de Catanduva – FAMECA/SP.
Faculdade de Medicina de Jundiá – FMJ/SP.
Faculdade de Tecnologia de São Paulo – FATEC/SP.
Faculdade Pernambucana de Saúde – FPS/PE.
Faculdade Vale do Ipojuca – FAVIP/PE.
Fundaao Faculdade Federal de Ciências Médicas de Porto Alegre – FFFCMPA/RS.
Fundaao Getúlio Vargas – FGV.
Instituto Federal de Educao, Ciência e Tecnologia de Goiás – IFGO.
Instituto Federal de Educao, Ciência e Tecnologia de São Paulo – IFSP.
Instituto Federal de Educao, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – IFRS.
Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais – PUC/MG.
Pontifícia Universidade Católica de São Paulo – PUC/SP.
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro – PUC/RJ.
Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul – PUC/RS.
Universidade Anhembi Morumbi – UAM/SP.
Universidade Camilo Castelo Branco – UNICASTELO/SP.

Universidade de Caxias do Sul – UCS/RS.
Universidade de Fortaleza – UNIFOR/CE.
Universidade de Pernambuco – UPE.
Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC/RS.
Universidade de Uberaba – UNIUBE/MG.
Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC.
Universidade do Estado do Amazonas – UEA/AM.
Universidade do Estado do Pará – UEPA.
Universidade Estadual de Ciências da Saúde de Alagoas – UNICISAL.
Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS/BA.
Universidade Estadual de Goiás – UEG/GO.
Universidade Estadual de Montes Claros – UNIMONTES/MG.
Universidade Estadual do Ceará – UECE.
Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE/PR.
Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE/SP.
Universidade Estadual do Piauí – UESPI.
Universidade Estadual do Rio de Janeiro – UERJ.
Universidade Estadual do Rio Grande do Norte – UERN.
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS.
Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD.
Universidade Federal da Paraíba – UFPB.
Universidade Federal de Goiás – UFG GO.
Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF MG.
Universidade Federal de Pelotas – UFPel RS
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE.
Universidade Federal de Rondônia – UNIR/RO.
Universidade Federal de Tocantins – UFT/TO.
Universidade Federal de Uberlândia – UFU/MG.
Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN.
Universidade Federal do Paraná – UFPR.
Universidade Federal do Triângulo Mineiro – UFTM.
Universidade Municipal de São Caetano do Sul/SP.
Universidade Presbiteriana Mackenzie – Mack/SP.
Universidade Regional do Cariri – URCA/CE.

GABARITO DOS EXERCÍCIOS PROPOSTOS

EXERCÍCIOS PROPOSTOS – PARTE I

01	c	11	c	21	b	31	c
02	d	12	d	22	a	32	a
03	b	13	d	23	a	33	d
04	e	14	a	24	e	34	b
05	b	15	e	25	c	35	c
06	d	16	b	26	b	36	b
07	d	17	c	27	c	37	d
08	c	18	b	28	c		
09	e	19	d	29	a		
10	a	20	b	30	d		

EXERCÍCIOS PROPOSTOS – PARTE II

01	d	12	d	23	d	34	a
02	b	13	b	24	b	35	e
03	d	14	d	25	c	36	a
04	c	15	b	26	d	37	b
05	e	16	c	27	b	38	d
06	a	17	a	28	d	39	d
07	a	18	b	29	c	40	b
08	b	19	b	30	c	41	c
09	a	20	c	31	e	42	c
10	a	21	e	32	b	43	c

11 b 22 e 33 b

EXERCÍCIOS PROPOSTOS – PARTE III

01	b	12	d	23	b	34	a
02	d	13	d	24	c	35	c
03	c	14	c	25	e	36	b
04	b	15	c	26	d	37	a
05	b	16	d	27	d	38	c
06	a	17	e	28	c	39	d
07	d	18	b	29	a	40	d
08	e	19	c	30	d	41	e
09	b	20	d	31	a		
10	e	21	d	32	d		
11	d	22	c	33	b		

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, B.; MÁXIMO, A. **Curso de física**. São Paulo: Scipione, 2000.

BAUER, W.; WESTFALL, G.; e DIAS, H. **Física para Universitários: termodinâmica**. Porto Alegre: AMGH, 2012.

BONJORNO, R.; BONJORNO, J. **Física fundamental**. São Paulo: FTD, 1993.

CALÇADA, S.; SAMPAIO, J. **Física clássica**. São Paulo: Saraiva, 2012.

GASPAR, A. **Física térmica**. São Paulo: Ática, 2000.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de física**. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

HEWITT, P. **Física Conceitual**. São Paulo: Bookman, 2002.

KUHN, T. **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: Perspectiva, 1975.

TIPLER, P. **Física**. Rio de Janeiro: LTC, 1995.

IFRN
Editora 0000

“O mundo é um lugar perigoso de se viver, não por causa daqueles que fazem o mal, mas sim por causa daqueles que observam e deixam o mal acontecer”

Albert Einstein

Agência Brasileira do ISBN

ISBN 978-85-918465-0-4



9 788591 846504