

ANTÔNIO MÁXIMO
BEATRIZ ALVARENGA

2

FÍSICA

CONTEXTO
& APLICAÇÕES

FÍSICA | ENSINO MÉDIO
MANUAL DO PROFESSOR



editora scipione

**Material de
divulgação da
Editora
Scipione**

código da coleção
27535COL22

SUMÁRIO

UNIDADE

1 Temperatura — Dilatação — Gases

- 1. Temperatura e dilatação
- 1.1 Temperatura – Escalas termométricas 13
- 1.2 Dilatação dos sólidos 17
- 1.3 Dilatação dos líquidos 24
- 1.4 Termômetros e escalas termométricas 27
- Pratiqué Física 34
- Problemas e testes 35
- 2. Comportamento dos gases
- 2.1 Transformação isotérmica 38
- 2.2 Transformação isobárica 41
- 2.3 Lei de Avogadro 45
- 2.4 Equação de estado de um gás ideal 48
- 2.5 Modelo molecular de um gás 51
- 2.6 A evolução do modelo molecular da matéria 59
- Pratiqué Física 59
- Problemas e testes 62
- Infográfico 64

6

2

UNIDADE Calor

- 3. Termodinâmica
- 3.1 O calor como energia 69
- 3.2 Transferência de calor 71
- 3.3 Capacidade térmica e calor específico 79
- 3.4 Trabalho em uma variação de volume 84
- 3.5 A 1ª lei da Termodinâmica 87
- 3.6 Aplicações da 1ª lei da Termodinâmica 90
- 3.7 Máquinas térmicas – A 2ª lei da Termodinâmica 95
- Pratiqué Física 101
- Problemas e testes 104
- 4. Mudanças de fase
- 4.1 Sólidos, líquidos e gases 124
- 4.2 Fusão e solidificação 130
- 4.3 Vaporização e condensação 133
- 4.4 Influência da pressão 138
- 4.5 Sublimação – Diagrama de fases 141
- 4.6 Comportamento de um gás real 144
- Pratiqué Física 148
- Problemas e testes 150
- Infográfico 152

Apêndice

- D.1 Transferência de calor – Estudo quantitativo 106
- D.2 Máquinas térmicas – Ciclo de Carnot 113
- Problemas e testes 121

7

3

UNIDADE

Óptica e ondas

- 5. Reflexão da luz
- 5.1 Introdução 157
- 5.2 Reflexão da luz 163
- 5.3 Espelho plano 166
- 5.4 Espelhos esféricos 171
- 5.5 Imagem de um objeto estenso 178
- 5.6 A equação dos espelhos esféricos 182
- 5.7 A velocidade da luz 186
- Pratiqué Física 192
- Problemas e testes 195
- 6. Refração da luz
- 6.1 Refração da luz 198
- 6.2 Alguns fenômenos relacionados com a refração 203
- 6.3 Dispersão da luz 209
- 6.4 Lentes esféricas 214
- 6.5 Formação de imagens nas lentes 220
- 6.6 Instrumentos ópticos 224
- 6.7 As ideias de Newton sobre a natureza da luz e as cores dos objetos 230
- Pratiqué Física 237
- Problemas e testes 239
- 7. Movimento ondulatório
- 7.1 Movimento harmônico simples 242
- 7.2 Ondas em uma corda 247
- 7.3 Ondas na superfície de um líquido 253
- 7.4 Difração 258
- 7.5 Interferência 262
- 7.6 Interferência com a luz 265
- 7.7 Ondas sonoras 270
- 7.8 O efeito Doppler 280
- Pratiqué Física 284
- Problemas e testes 287
- Apêndice
- E.1 As equações do movimento harmônico simples 289
- E.2 Cordas vibrantes e tubos sonoros 294
- E.3 As equações do efeito Doppler 300
- Problemas e testes 303
- Infográfico 306

Respostas 308

Sugestões de leitura 317

Bibliografia 318

Índice remissivo 319

8

No item observação podemos definir como critério de avaliação relacionado aos princípios éticos na construção da cidadania.

INTEGRANDO... TERMODINÂMICA E CORPO HUMANO

No estudo da Termodinâmica, vimos que a primeira lei relaciona a variação de energia interna ΔU com a troca de calor Q e com o trabalho ζ , por meio da expressão:

$$\Delta U = Q - \zeta$$

Aplicamos esta lei para sistemas gasosos, mas será que poderíamos aplicá-la aos processos energéticos do corpo humano (FIGURA 3.47)?

Como dissemos, essa lei tem origem no princípio de conservação de energia. Esse princípio, por sua vez, tem validade universal, portanto igualmente, as trocas energéticas de nosso corpo. Nesse caso, precisamos associar a cada um dos três termos da lei um tipo diferente de energia envolvida em nossas funções biológicas. O mapa conceitual abaixo (FIGURA 3.48) apresenta, de forma simplificada, as transformações de energia presentes nos processos biológicos do corpo humano.



FIGURA 3.47. Algumas formas de trocas energéticas no corpo humano: alimentação e prática esportiva.

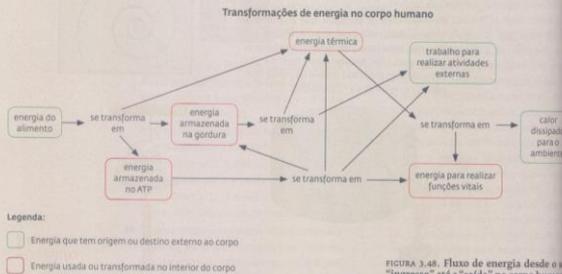


FIGURA 3.48. Fluxo de energia desde o seu "ingresso" até a "saída" no corpo humano.

Uma abordagem detalhada dessa aplicação seria muito complexa para o Ensino Médio, mas podemos simplificá-la. Perceba que toda forma de energia destacada em vermelho é energia interna ao corpo (U). Aplicando a primeira lei da Termodinâmica para o corpo humano, assumimos que essa energia interna varia somente pelo acréscimo ou decréscimo de energia armazenada na gordura: se houver depósito de gordura, a energia interna vai aumentar e, portanto, $\Delta U > 0$; se houver metabolização ("queima") de gordura, a energia interna vai diminuir e, nesse caso, $\Delta U < 0$.

Via que essa simplificação é razoável se pensarmos que a energia térmica (ver mapa conceitual), que depende da temperatura do corpo e de sua massa, se mantém constante, variando apenas em situações adversas, como em caso de febre ou hipotermia. Além disso, vamos supor que a energia armazenada no ATP e usada para realizar funções vitais – como circulação do sangue, batimento cardíaco, respiração, funcionamento de órgãos, entre outras – também se mantém constante. Por fim, vamos desprezar a perda de energia com a eliminação de fezes e urina. Apesar de ser limitado por esses pressupostos, veremos que nosso modelo contém, em muitos aspectos, com aquilo que observamos no dia a dia.

No nosso modelo, ζ representa o trabalho que realizamos (ou energia que gastamos) em atividades como andar, falar, praticar esporte, etc.

Finalmente, Q será positivo ($Q > 0$) quando representar o ingresso de energia obtida pelo alimento e será negativo ($Q < 0$) quando representar a dissipação (perda) de calor para o ambiente.

APLICANDO A PRIMEIRA LEI DA TERMODINÂMICA AO NOSSO CORPO

No exemplo a seguir usaremos a unidade de medida quilocaloria (1 kcal = 1 000 cal) quando nos referirmos ao valor calórico dos alimentos. Apesar de ainda hoje as pessoas usarem o termo *caloria* quando se referem à alimentação, uma *caloria alimentar* é, na verdade, um quilocaloria.

Via a seguir como a primeira lei da Termodinâmica, quando aplicada ao corpo humano, está intimamente relacionada com o ganho ou a perda de massa corporal:

Imagine que você tenha gastado em um dia, para realizar trabalho externo, um total de 3 000 kcal de energia (ou seja, $E = 3\,000$ kcal) e dissipado mais 500 kcal para o ambiente na forma de calor. Nesse dia sua dieta alimentar foi de 2 000 kcal. Portanto:

$$Q = -500 \text{ kcal} + 2\,000 \text{ kcal}$$

Como usar a primeira lei nessa situação?

Pela primeira lei, teremos:

$$\Delta U = Q - \zeta \Rightarrow \Delta U = -500 + 2\,000 - 3\,000 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta U = -1\,500 \text{ kcal}$$

Uma vez que em nosso modelo a energia interna só varia por meio do depósito ou "queima" de gordura, nesse caso o seu corpo teve de queimar gordura correspondente a 1 500 kcal. Portanto, quando gastamos mais energia do que consumimos (3 500 kcal > 2 000 kcal), perdemos gordura, ou seja, emagrecemos!

Observação: É importante lembrar que não devemos gastar mais energia do que consumimos para nos manter saudáveis. As atividades físicas devem estar aliadas a uma alimentação equilibrada, ao acompanhamento médico-nutricional e de um profissional de Educação Física, que avalie não apenas a quantidade de exercícios físicos, mas principalmente a qualidade deles, levando em conta suas necessidades, as particularidades do seu corpo e as atividades com as quais você tem mais afinidade.

PESQUISE E RESPONDA

1. Pesquise na internet a quantidade de:

- energia disponível para utilizarmos quando "queimamos" 1 kg de gordura do nosso corpo.
- quilocalorias disponíveis quando ingerimos 200 gramas de batata frita;
- energia gasta quando nadamos (na modalidade *crawl*) por 1 hora.

2. Danilo costuma consumir uma dieta calórica estável, porém, em determinado dia, exagerou e consumiu 200 gramas extras de batata frita. Considere que a perda de calor do corpo de Danilo para o ambiente tenha valor constante e que os pressupostos necessários para aplicação da primeira lei da Termodinâmica ao nosso corpo sejam válidos.

- Quanto tempo Danilo precisará nadar *crawl* para compensar seu exagero?
- Qual a altura da escada que ele deveria subir para compensar seu exagero, se não quisesse nadar? (Use $g = 10 \text{ m/s}^2$.)
- Caso não realize atividades físicas, como nadar ou subir escadas, quantos gramas de gordura o corpo de Danilo vai acumular?

VEJA NO PRÓXIMO INTEGRANDO...

O conceito de imagem e o sentido da visão.

Abordagem teórica metodológica x Proposta didático pedagógica

- Para introduzir o conceito de entropia o autor apresenta inicialmente o conhecimento teórico de máquinas térmicas e o estudo dos ciclos de um gás ideal.

D.2 Máquinas térmicas – Ciclo de Carnot

DIAGRAMA $p \times V$ PARA UM CICLO

Na seção 3.7 vimos que as máquinas térmicas operam sempre em ciclo, isto é, retornam periodicamente às condições iniciais. Veremos, agora, como as transformações que constituem um ciclo são representadas em um diagrama $p \times V$.

Consideremos um gás, no estado inicial i , com volume V_i , expandindo-se até atingir um estado final f , no qual ocupa um volume V_f . Suponha que a pressão p do gás tenha variado, durante a transformação, da maneira mostrada na FIGURA D.6. Como a transformação não é isobárica, o trabalho \bar{c}_e , realizado pelo gás nessa expansão, não pode ser calculado pela expressão $\bar{c}_e = p(V_f - V_i)$, analisada na seção 3.4. Pode-se mostrar que, nesse caso (p variável), o valor do trabalho \bar{c}_e é dado pela área sob a curva do gráfico $p \times V$, destacada na FIGURA D.6.

Considere, agora, que o sistema gasoso, a partir do estado f , retorne ao estado inicial, i , por meio de uma transformação diferente da primeira, como está representado na FIGURA D.7. Nessa compressão, o gás realizará um trabalho negativo (um trabalho externo é realizado sobre o sistema) cujo valor (em módulo) é dado pela área sob a nova curva. O trabalho líquido, \bar{c} , realizado pelo sistema ao percorrer o ciclo, será dado pelas diferenças entre aqueles dois trabalhos realizados na expansão e na compressão. Esse trabalho \bar{c} será representado pelo valor da área limitada pelas curvas que definem o ciclo [FIGURA D.7].

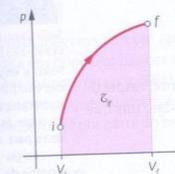


FIGURA D.6. O trabalho realizado por um gás, em uma variação de volume, é dado pela área sob o gráfico $p \times V$.

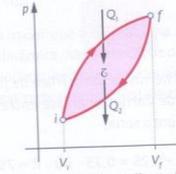


FIGURA D.7. O trabalho líquido realizado pelo sistema ao percorrer o ciclo é fornecido pela área indicada.

Deve-se observar que, durante a expansão, o gás absorveu uma quantidade de calor Q_1 , rejeitando, na compressão, uma quantidade de calor Q_2 . Como o sistema, no ciclo, retorna às condições iniciais, sua energia interna não sofre variações, isto é, $\Delta U = 0$. Logo, pela 1ª lei da Termodinâmica, tem-se:

$$Q - \bar{c} = \Delta U \quad \therefore (Q_1 - Q_2) - \bar{c} = 0$$

$$\text{ou } \bar{c} = Q_1 - Q_2$$

Ciclo de Carnot

- Apresenta uma breve contextualização do conceito e explica seu funcionamento utilizando-se de um diagrama P x V.
- Destaca o teorema de Carnot.
- Aborda a ideia principal para esses estudos que seria maior eficiência possível das máquinas térmicas.
- Apresenta uma ilustração seguida de um texto que contextualiza os conceitos estudados pelo engenheiro Sadi Carnot.

CICLO DE CARNOT

Das diversas maneiras como podemos realizar um ciclo, existe uma, em particular, muito importante. Tal ciclo, denominado **ciclo de Carnot**, foi descrito e analisado por um jovem engenheiro francês, Sadi Carnot, em 1824. O ciclo de Carnot consiste em duas transformações isotérmicas, alternadas com duas transformações adiabáticas, e está representado na FIGURA D.8 para um gás ideal.

Na transformação isotérmica, AB, o gás absorve o calor Q_1 , enquanto se expande. Esse calor é absorvido de uma fonte à temperatura T_1 . Isolando **termicamente** o sistema, deixamos que ele continue a se expandir. O sistema não troca calor com a vizinhança e sua temperatura cai para o valor T_2 . Essa transformação adiabática é representada pela curva BC na FIGURA D.8. De C para D temos uma compressão isotérmica na qual o gás cede calor para a fonte fria à temperatura T_2 e, finalmente, com uma compressão adiabática (DA), retorna às condições iniciais. Quando um dispositivo opera segundo esse ciclo, dizemos que ele é uma **máquina de Carnot**. A importância do ciclo de Carnot deve-se ao teorema seguinte, conhecido como **teorema de Carnot**:

Nenhuma máquina térmica que opere entre duas dadas fontes, às temperaturas T_1 e T_2 , pode ter maior rendimento que uma máquina de Carnot operando entre essas mesmas fontes.

Então, o ciclo de Carnot corresponde ao rendimento máximo que podemos obter com duas fontes térmicas. Esse teorema é demonstrado a partir da 2ª lei da Termodinâmica.

O rendimento de uma máquina de Carnot pode ser calculado, teoricamente, encontrando-se para ele o seguinte resultado:

$$R = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

em que T_2 e T_1 são as temperaturas Kelvin da fonte fria e da fonte quente, respectivamente. Assim, se uma máquina de Carnot operasse entre duas fontes, tais que $T_1 = 800 \text{ K}$ e $T_2 = 200 \text{ K}$, seu rendimento seria:

$$R = 1 - \frac{200}{800} = 1 - 0,25 = 0,75 \quad \text{ou} \quad R = 75\%$$

Qualquer máquina térmica, operando entre 800 K e 200 K e funcionando com um ciclo diferente desse, teria rendimento inferior a 75%.

Com esses conhecimentos você pode entender por que o zero absoluto representa um limite inferior para a temperatura de um objeto. De fato, se um sistema pudesse atingir essa temperatura, ele poderia ser usado como a fonte fria de uma máquina de Carnot. Com $T_2 = 0$, o rendimento da máquina seria $R = 1 = 100\%$, o que contrariaria a 2ª lei da Termodinâmica. Logo, o zero absoluto pode ser aproximado indefinidamente, mas não pode ser atingido. Conforme já dissemos, a experiência tem mostrado que isso é verdade. De fato, os cientistas já conseguiram obter temperaturas extremamente baixas, chegando até 0,000 001 K, sem contudo chegar ao zero absoluto.

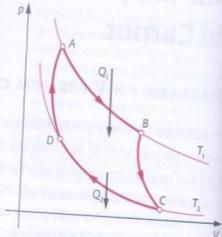


FIGURA D.8. Ciclo de Carnot para um gás ideal.



Sadi Carnot
(1796-1832)

Físico e engenheiro do exército francês, mais conhecido por seu estudo sobre as condições ideais para a produção de energia mecânica, a partir do calor, nas máquinas térmicas. A maior contribuição que deixou para a Termodinâmica foi sua previsão de que o rendimento de uma máquina ideal depende apenas das temperaturas da fonte quente e da fonte fria, não sendo influenciado pela substância (vapor ou outro fluido qualquer) usada no mecanismo.

Ciclo de Carnot-aplicação com exemplo

- O autor faz uma analogia referente as máquinas térmicas.
- Conceitos Físicos:
 - ✓ transformação de grandezas físicas no padrão do S.I. (Sistema Internacional de medidas).
 - ✓ Aplicação da 1ª e 2ª lei da termodinâmica
- Transmite de maneira sucinta um posicionamento atuante e crítico do aluno.

EXEMPLO 1

Um inventor afirma que criou uma máquina que extrai 25×10^6 cal de uma fonte à temperatura de 400 K e rejeita 10×10^6 cal para uma fonte a 200 K, entregando-nos um trabalho de 54×10^6 J. Você investiria dinheiro na fabricação dessa máquina?

Temos:

$$Q_1 = 25 \times 10^6 \text{ cal}$$
$$Q_2 = 10 \times 10^6 \text{ cal}$$
$$\zeta = 54 \times 10^6 \text{ J}$$

Logo:

$$\zeta = \left(\frac{54 \times 10^6}{4,18} \right) \text{ cal} = 13 \times 10^6 \text{ cal}$$

Como $Q_1 - Q_2 = 15 \times 10^6$ cal, a máquina não está contrariando a 1ª lei da Termodinâmica (não contraria a conservação da energia), pois não realiza mais trabalho que o calor (total) que absorve. O fato de ela nos entregar apenas 13×10^6 cal, em vez de 15×10^6 cal, é perfeitamente razoável, pois 2×10^6 cal podem representar o trabalho que a máquina deve realizar contra o atrito. Logo, a máquina apresentada é perfeitamente possível, sob o ponto de vista da 1ª lei da Termodinâmica.

Vejamos, agora, se ela é compatível com a 2ª lei da Termodinâmica. O rendimento da máquina é:

$$R = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{10 \times 10^6}{25 \times 10^6} = 0,6 = 60\%$$

Entretanto, uma máquina de Carnot, operando entre essas mesmas temperaturas, teria um rendimento:

$$R = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{200}{400} = 50\%$$

Ora, a suposta máquina tem um rendimento maior que o da máquina de Carnot. Se você acredita nos princípios básicos da Termodinâmica, não seria capaz de acreditar no inventor. Apenas para dissipar dúvidas, você poderia verificar o funcionamento da máquina. Mas certo de que, ou alguma medida realizada anteriormente estava errada, ou havia evidente má-fé por parte do inventor.

REFRIGERADOR

Como você sabe, o refrigerador é um aparelho que reduz a temperatura dos materiais colocados em seu interior e mantém nesse ambiente uma temperatura inferior à de suas vizinhanças. Para realizar essas tarefas o refrigerador funciona como uma máquina térmica operando em sentido contrário, isto é, retira calor (Q_2) de uma fonte fria, à temperatura T_2 , e, após certo trabalho (T) realizado sobre ele, rejeita uma quantidade de calor (Q_1) para um ambiente (fonte quente) a uma temperatura T_1 tal que $T_1 > T_2$ [FIGURA D.9]. Observe que $Q_1 = Q_2 + \zeta$, isto é, o refrigerador rejeita para o ambiente uma quantidade de calor, Q_1 , maior do que a quantidade de calor, Q_2 , que ele retira do seu interior (fonte fria).

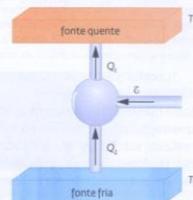


FIGURA D.9. O refrigerador funciona como uma máquina térmica operando em sentido inverso.

capítulo 3 TERMODINÂMICA 115

- Explica o funcionamento do refrigerador detalhadamente e fenômenos físicos envolvidos
- Auxílio de figuras que esquematiza o processo de refrigeração.
- Interpreta e matematiza a grandeza relacionada ao rendimento.

Para compreender o funcionamento de um refrigerador comum, observe a FIGURA D.10, que representa esquematicamente as principais partes desse aparelho. Na serpentina B, o gás que circula no refrigerador (que pode ser o fréon ou outro gás usado na indústria de refrigeração), está liquefeito, sob a pressão produzida pelo compressor A (acionado pelo motor).

Esse líquido, passando por um estrangulamento em C, sofre uma expansão, ao penetrar na tubulação do refrigerador, D, onde ele se apresenta como uma mistura de líquido e vapor a uma temperatura relativamente baixa. Esse resfriamento ocorre em virtude da expansão brusca (mudança de fase) na qual o gás realiza trabalho utilizando sua própria energia interna. Estando em contato com o ambiente do congelador, D, a tubulação absorve calor dele, o que leva o restante do líquido a evaporar. O gás passa de D para o compressor, onde é novamente liquefeito pelo trabalho da força de pressão que o pistão realiza sobre ele. Ao ser liquefeito, o gás libera calor (como veremos no capítulo seguinte), que é transferido para o ar ambiente na serpentina B. É por esse motivo que a parte posterior do refrigerador, onde está situada a serpentina B, deve estar voltada para um local onde haja circulação do ar [FIGURA D.11], para facilitar a transferência de calor da serpentina para o ambiente.

Em resumo, vemos que o refrigerador funciona retirando calor (Q_2) do congelador, em D, recebendo um trabalho (ζ) no compressor e rejeitando uma quantidade de calor (Q_1) para o ambiente, em B.

Conforme vimos na seção 3.2 [FIGURA 3.7], a transferência de calor dos alimentos colocados no interior do refrigerador para a parte superior do equipamento, onde fica o congelador, se faz graças às correntes de convecção do ar dentro do aparelho.

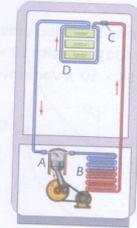


FIGURA D.10. Em um refrigerador, o gás é liquefeito no compressor A e se vaporiza no congelador D. Em D, ele absorve calor; em B, o calor é liberado para o meio ambiente.

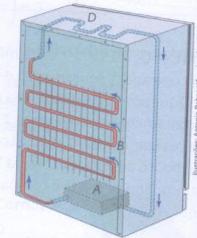


FIGURA D.11. A serpentina, na qual é liberado o calor retirado do refrigerador, está situada na parte posterior do aparelho.

EFICIÊNCIA DE UM REFRIGERADOR

O refrigerador mais eficiente seria aquele que retirasse o máximo possível de calor, Q_2 , da fonte fria, exigindo que o mínimo de trabalho, ζ , fosse realizado sobre ele. Para medir essa característica, define-se uma grandeza denominada **eficiência do refrigerador**, ϵ , da seguinte maneira:

$$\epsilon = \frac{Q_2}{\zeta}$$

Como $Q_1 = Q_2 + \zeta$, temos: $\zeta = Q_1 - Q_2$, portanto:

$$\epsilon = \frac{Q_2}{Q_1 - Q_2}$$

Suponha que um sistema percorra o ciclo de Carnot, mostrado na FIGURA D.8, em sentido inverso, isto é, no sentido DCBA. Nesse caso, em cada ciclo, ele retira um calor Q_2 da fonte fria (durante a transformação DC) e rejeita uma quantidade de calor Q_1 para a fonte quente (durante a transformação BA). A área limitada pelo ciclo representa o trabalho, ζ , realizado sobre o sistema. Esse sistema está funcionando como um refrigerador de Carnot, sendo possível mostrar que ele tem a maior eficiência possível entre quaisquer refrigeradores que operassem nas temperaturas T_1 e T_2 . Essa eficiência máxima é dada por:

$$\epsilon = \frac{T_2}{T_1 - T_2}$$

Ao final de cada conteúdo o livro fornece uma série de exercícios, que estão contidos no item *Verifique o que Aprendeu*:

- Neste tema consiste de 11 exercícios
- ✓ Análise do gráfico e o conceito da 1ª da Termodinâmica
- ✓ Aplicação prática e teórica da 2ª da Termodinâmica

VERIFIQUE O QUE APRENDEU

11. Um sistema sofre uma transformação I, representada na figura abaixo, passando de um estado inicial I para um estado final f.

a) O trabalho, \mathcal{C}_I , realizado pelo sistema nessa transformação, poderia ser calculado usando a expressão $\mathcal{C}_I = p(V_f - V_i)$? Por quê?

b) Calcule o valor de \mathcal{C}_I .

12. No exercício anterior, suponha que o sistema retorne de f para i seguindo a transformação II, mostrada na figura.

a) Calcule o trabalho do sistema nessa transformação.

b) Qual foi o trabalho \mathcal{C} realizado pelo sistema, no ciclo que ele percorreu?

c) Indique, na figura, a área que corresponde ao trabalho \mathcal{C} , no ciclo.

13. Suponha que o gráfico referente ao exercício 11 represente o ciclo de uma máquina térmica que retira da fonte quente uma quantidade de calor $Q_2 = 8,0 \times 10^4$. Determine:

a) a quantidade de calor que ela rejeita para a fonte fria.

b) o rendimento dessa máquina.

14. Suponha que uma pessoa lhe informe que certa máquina térmica absorve, em cada ciclo, uma quantidade de calor $Q_2 = 500$ cal, realiza um trabalho $\mathcal{C} = 200$ cal e rejeita para a fonte fria uma quantidade de calor $Q_1 = 400$ cal.

a) As informações fornecidas por essa pessoa, certamente, estão erradas. Por quê?

b) A pessoa, refazendo suas medidas, verificou que havia um engano na medida da quantidade de calor Q_2 . Qual é o valor correto de Q_2 ?

15. a) No exercício anterior, considerando o valor correto de Q_2 , determine o rendimento daquela máquina térmica.

b) Suponha que a máquina mencionada operasse entre duas temperaturas constantes, de 27°C e 227°C . Essa máquina contraria o teorema de Carnot? Explique.

c) Procure identificar o ciclo que essa máquina está descrevendo.

16. Uma máquina de Carnot apresenta um rendimento de 30%, e a temperatura de sua fonte quente é 400 K . A potência dessa máquina é de $4,5\text{ kW}$ e ela efetua 10 ciclos/s.

a) Calcule a temperatura da fonte fria dessa máquina.

b) Qual o trabalho que a máquina realiza em cada ciclo?

c) Quais as quantidades de calor, Q_1 e Q_2 , que a máquina absorve e rejeita?

17. Copie em seu caderno, entre as alternativas seguintes, aquela que se refere a uma característica importante do ciclo de Carnot:

a) É o ciclo da maioria das máquinas térmicas.

b) Tem um rendimento de 100%.

c) Tem sempre um rendimento próximo de 100%.

d) Determina o máximo rendimento de uma máquina térmica, entre duas temperaturas dadas.

18. Um dos motores térmicos de maior rendimento já construídos trabalha nas temperaturas de 2000 K (fonte quente) e de 700 K (fonte fria), apresentando um rendimento de 40%. Esse rendimento está próximo do valor máximo que ele poderia alcançar entre aquelas temperaturas?

19. Um refrigerador rejeita para o ambiente uma quantidade de calor $Q_1 = 800$ cal, durante certo intervalo de tempo.

a) Nesse intervalo, a quantidade de calor Q_2 que ele retira do seu interior é maior, menor que 800 cal ou igual a ela?

b) Supondo que o refrigerador apresente uma eficiência $\epsilon = 3,0$, calcule o valor de Q_2 .

20. Tendo em vista as respostas do exercício anterior, responda à seguinte questão: uma pessoa desejava esfriar uma sala na qual existia uma geladeira em funcionamento. Para isso, fechou as portas e janelas da sala e abriu a porta da geladeira. Com esse procedimento a pessoa alcançou seu objetivo? Explique.

21. a) Suponha que a pessoa mencionada no exercício anterior colocasse a geladeira da maneira mostrada na figura abaixo (encaixada em uma abertura feita na parede com a serpentina voltada para o exterior da sala). Nesse caso, ela teria êxito ao tentar esfriar a sala?

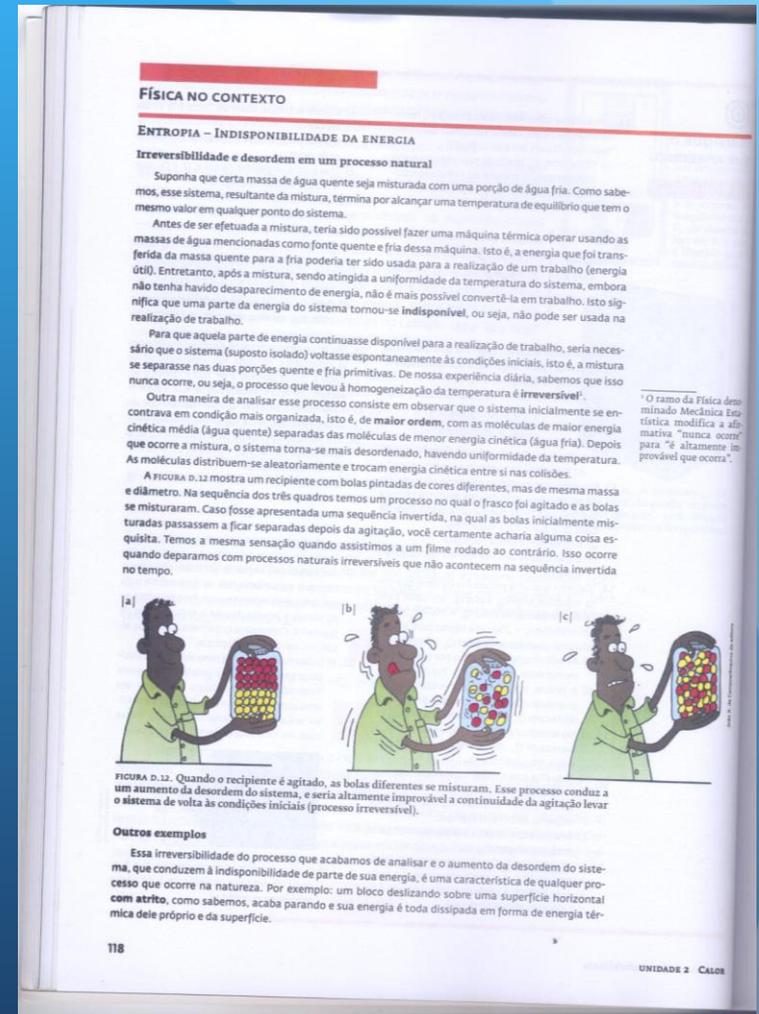
b) Qual o aparelho eletrodoméstico que funciona de maneira semelhante à geladeira referida na questão a)?

117

CAPÍTULO 3 TERMODINÂMICA

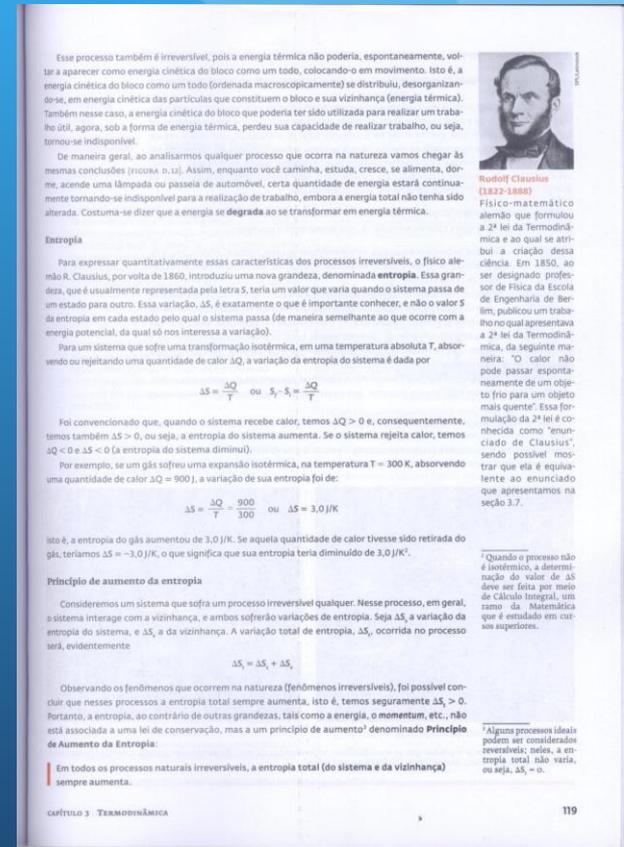
Entropia

- O conceito teórico-metodológico é apresentado de duas formas. Através de um processo macroscópico da mistura entre uma fonte quente e outra fria e a outra por uma abordagem microscópica usando suas moléculas.



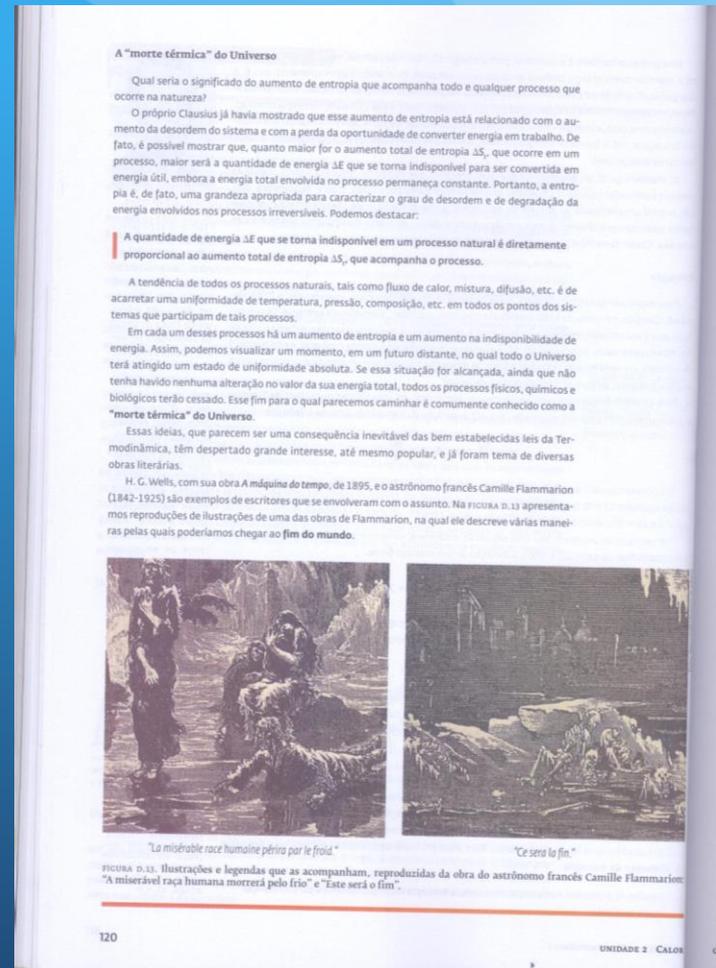
Abordagem didático - pedagógica

- O texto aborda este conteúdo utilizando como exemplo o atrito de um bloco sobre uma superfície horizontal.
- Há poucos exemplos matemáticos para embasar a teoria.
- O livro se propõe a fazer uma contextualização histórica, porém, a faz de forma insuficiente.



Interdisciplinaridade

- O assunto abordado nesta parte se refere a “morte térmica” do Universo. Partindo do aumento da entropia associado com o aumento da indisponibilidade da energia, acredita-se que toda energia será uniformemente distribuída, nesse momento não ocorrerá mais nenhum fluxo e portanto mais nenhuma transformação.
- Através deste conceito, o autor utiliza obras literárias do francês Camille Flammarion criando assim uma tendência interdisciplinar.

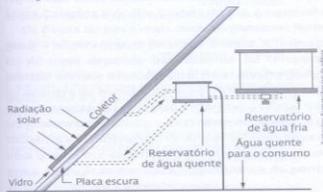


Exercícios

PROBLEMAS E TESTES

RESPONDA NO CADERNO

- (Enem)** Em nosso cotidiano, utilizamos as palavras "calor" e "temperatura" de forma diferente de como elas são usadas no meio científico. Na linguagem corrente, calor é identificado como "algo quente" e temperatura mede a "quantidade de calor de um corpo". Esses significados, no entanto, não conseguem explicar diversas situações que podem ser verificadas na prática. Do ponto de vista científico, que situação prática mostra a limitação dos conceitos corriqueiros de calor e temperatura?
 - a) A temperatura da água pode ficar constante durante o tempo em que estiver fervendo.
 - b) Uma mãe coloca a mão na água da banheira do bebê para verificar a temperatura da água.
 - c) A chama de um fogão pode ser usada para aumentar a temperatura da água em uma panela.
 - d) A água quente que está em uma caneca é passada para outra caneca a fim de diminuir sua temperatura.
 - e) Um forno pode fornecer calor para uma vasilha de água que está em seu interior com menor temperatura do que a dele.
- (Enem)** O resultado da conversão direta de energia solar é uma das várias formas de energia alternativa de que se dispõe. O aquecimento solar é obtido por uma placa escura coberta por vidro, pela qual passa um tubo contendo água. A água circula, conforme mostra o esquema abaixo:



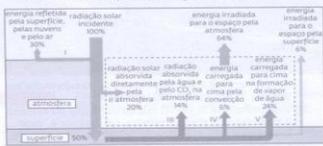
Fonte: Adaptado de PALZ, Wolfgang. *Energia solar e fontes alternativas*. Hemus, 1981.

- São feitas as seguintes afirmações quanto aos materiais utilizados no aquecedor solar:
- I. O reservatório de água quente deve ser metálico para conduzir melhor o calor.
 - II. a cobertura de vidro tem como função reter melhor o calor, de forma semelhante ao que ocorre em uma estufa.
 - III. a placa utilizada é escura para absorver melhor a energia radiante do Sol, aquecendo a água com maior eficiência.

Entre as afirmações acima, pode-se dizer que, apenas está(ão) correta(s):

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

- (Enem)** O diagrama abaixo representa, de forma esquemática e simplificada, a distribuição da energia proveniente do Sol sobre a atmosfera e a superfície terrestre. Na área delimitada pela linha tracejada, são destacados alguns processos envolvidos no fluxo de energia na atmosfera.



NEWBY, Raymond A.; JEWETT, John W. *Física da Física*, vol. 1, 1981 (com adaptações).

Com base no diagrama acima, conclui-se que:

- a) a maior parte da radiação incidente sobre o planeta fica retida na atmosfera.
 - b) a quantidade de energia refletida pelo ar, pelas nuvens e pelo solo é superior à absorvida pela superfície.
 - c) a atmosfera absorve 70% da radiação solar incidente sobre a Terra.
 - d) mais da metade da radiação solar que é absorvida diretamente pelo solo é devolvida para a atmosfera.
 - e) a quantidade de radiação emitida para o espaço pela atmosfera é menor que a irradiada para o espaço pela superfície.
- (Enem)** A Terra é cercada pelo vácuo espacial e, assim, ela só perde energia ao irradiá-la para o espaço. O aquecimento global que se verifica hoje decorre de pequeno desequilíbrio energético, de cerca de 0,3%, entre a energia que a Terra recebe do Sol e a energia irradiada a cada segundo, algo em torno de 1 W/m². Isso significa que a Terra acumula, anualmente, cerca de $1,6 \times 10^{17}$ J. Considere que a energia necessária para transformar 1 kg de gelo a 0°C em água líquida seja igual a $3,2 \times 10^5$ J. Se toda a energia acumulada anualmente fosse usada para derreter o gelo nos polos (a 0°C), a quantidade de gelo derretida anualmente, em trilhões de toneladas, estaria entre:
 - a) 20 e 40.
 - b) 40 e 60.
 - c) 60 e 80.
 - d) 80 e 100.
 - e) 100 e 120.

- (Enem)** A energia geotérmica tem sua origem no núcleo derretido da Terra, onde as temperaturas atingem 4 000°C. Essa energia é primariamente produzida pela decomposição de materiais radioativos dentro do planeta. Em fontes geotérmicas, a água, aprisionada em um reservatório subterrâneo, é aquecida pelas rochas ao redor e fica submetida a altas pressões, podendo atingir temperaturas de até 370°C sem entrar em ebulição. Ao ser liberada na superfície, à pressão ambiente, ela se vaporiza e se resfria, formando fontes ou gêiseres. O vapor de poços geotérmicos é separado da água e é utilizado no funcionamento de turbinas para gerar eletricidade. A água quente pode ser utilizada para aquecimento direto ou em usinas de dessalinização.

HENRICHS, Roger A.; KLEINBACH, Merlin. *Energia e meio ambiente*, Ed. ABROR (com adaptações).

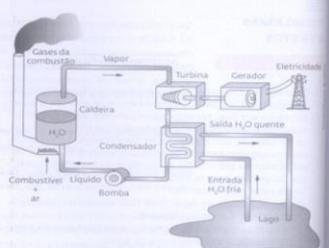
- Depreende-se das informações acima que as usinas geotérmicas:
- a) utilizam a mesma fonte primária de energia que as usinas nucleares, sendo, portanto, semelhantes aos riscos decorrentes de ambas.
 - b) funcionam com base na conversão de energia potencial gravitacional em energia térmica.
 - c) podem aproveitar a energia química transformada em térmica no processo de dessalinização.
 - d) assemelham-se às usinas nucleares no que diz respeito à conversão de energia térmica em cinética e, depois, em elétrica.
 - e) transformam inicialmente a energia solar em energia cinética e, depois, em energia térmica.

- (Enem)** A atmosfera terrestre é composta pelos gases nitrogênio (N₂) e oxigênio (O₂), que somam cerca de 99%, e por gases traços, entre eles o gás carbônico (CO₂), vapor de água (H₂O), metano (CH₄), ozônio (O₃) e o óxido nítrico (NO), que compõem o restante 1% do ar que respiramos. Os gases traços, por serem constituídos por pelo menos três átomos, conseguem absorver o calor irradiado pela Terra, aquecendo o planeta. Esse fenômeno, que acontece há bilhões de anos, é chamado de efeito estufa. A partir da Revolução Industrial (século XIX), a concentração de gases traços na atmosfera, em particular o CO₂, tem aumentado significativamente, o que resultou no aumento da temperatura em escala global. Mais recentemente, outro fator tornou-se diretamente envolvido no aumento da concentração de CO₂ na atmosfera: o desmatamento.

BROWN, I. F.; ALLICHAUDRE, A. S. *Cronista Brasilis* sob o Império, Carlos de Moraes e comunidade, NOBREIA, A. C. & SCHWARTZMAN, I. *As mudanças climáticas globais e os ecossistemas brasileiros*, Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia, 2006 (adaptado).

- Considerando o texto, uma alternativa viável para combater o efeito estufa é:
- a) reduzir o calor irradiado pela Terra mediante a substituição da produção primária pela industrialização refrigerada.
 - b) promover a queima da biomassa vegetal, responsável pelo aumento do efeito estufa devido à produção de CH₄.
 - c) reduzir o desmatamento, mantendo-se, assim, o potencial da vegetação em absorver o CO₂ da atmosfera.
 - d) aumentar a concentração atmosférica de H₂O, molécula capaz de absorver grande quantidade de calor.
 - e) remover moléculas orgânicas polares da atmosfera, diminuindo a capacidade delas de reter calor.

- (Enem)** O esquema mostra um diagrama de bloco de uma estação geradora de eletricidade abastecida por combustível fóssil.



HENRICHS, R. A.; KLEINBACH, M. *Energia e meio ambiente*, São Paulo: Planeta, 2003 (adaptado).

Se fosse necessário melhorar o rendimento dessa usina, que forneceria eletricidade para abastecer uma cidade, quais das seguintes ações poderia resultar em alguma economia de energia, sem afetar a capacidade de geração da usina?

- a) Reduzir a quantidade de combustível (fornecido à usina para ser queimado).
 - b) Reduzir o volume de água do lago que circula no condensador de vapor.
 - c) Reduzir o tamanho da bomba usada para devolver a água líquida à caldeira.
 - d) Melhorar a capacidade dos dutos com vapor conduzirem calor para o ambiente.
 - e) Usar o calor liberado com os gases pela chaminé para mover um outro gerador.
- (Enem)** Um motor só poderá realizar trabalho se receber uma quantidade de energia de outro sistema. No caso, a energia armazenada no combustível é, em parte, liberada durante a combustão para que o aparelho possa funcionar. Quando o motor funciona, parte da energia convertida ou transformada na combustão não pode ser utilizada para a realização de trabalho. Isso significa dizer que há vazamento da energia em outra forma.
- CARVALHO, A. X. Z. *Física elementar*. Belo Horizonte: Dux, 2006 (adaptado).
- De acordo com o texto, as transformações de energia que ocorrem durante o funcionamento do motor são decorrentes de a:
- a) liberação de calor dentro do motor ser impossível.
 - b) realização de trabalho pelo motor ser incontornável.
 - c) conversão integral de calor em trabalho ser impossível.
 - d) transformação de energia térmica em cinética ser impossível.
 - e) utilização de energia potencial do combustível ser incontornável.