

Ficha — Energia útil, rendimento e Segunda Lei da Termodinâmica

10.º Ano Física e Química A 4 páginas 12 exercícios

Objetivo: Explicar por que razão a energia útil se degrada em cada transformação, calcular o rendimento de máquinas térmicas ($\eta = W/Q_{abs}$), enunciar a Segunda Lei da Termodinâmica e interpretar a irreversibilidade dos processos espontâneos.

Revisão rápida

Porque é que nada chega a 100 %? Em cada transformação real, parte da energia converte-se em **calor de baixo grau** — disperso, a baixa temperatura, incapaz de voltar a trabalhar sozinho. A quantidade conserva-se (Primeira Lei), mas a **qualidade degrada-se**: energia concentrada (química, elétrica) torna-se difusa (calor no ambiente).

Rendimento térmico — num motor, o que interessa é o trabalho útil obtido por unidade de calor absorvido no fonte quente:

$$\eta = W / Q_{abs} \times 100 \% \quad \cdot \quad W = Q_{abs} - |Q_{dev}|$$

Segunda Lei da Termodinâmica — dois enunciados equivalentes:

- **Calor:** espontaneamente, o calor flui apenas do corpo mais quente para o mais frio — **nunca** no sentido inverso sem intervenção exterior.
- **Máquinas:** nenhum processo tem rendimento 100 % — é impossível construir um motor que, num ciclo, transforme todo o calor absorvido em trabalho.

Consequência	Exemplo
Processos espontâneos são irreversíveis	gelo derrete num copo; nunca se reconstitui sozinho
Há sempre uma «perda» de baixo grau	motor de carro: ~25–35 % úteis, resto ao ar
Organização exige energia	reconstituir o gelo exige refrigerador (trabalho)

Estratégia: identificar absorvido (fonte quente) e devolvido (fonte fria) $\rightarrow W = Q_{abs} - |Q_{dev}| \rightarrow \eta \rightarrow$ confrontar com 100 % e explicar a perda como calor de baixo grau $\rightarrow$ nunca propor processos que violem a Segunda Lei (frio $\rightarrow$ quente sozinho).

Exercícios

1. Completar: a Segunda Lei afirma que o calor flui espontaneamente do corpo _____ para o _____, e que nenhuma máquina tem rendimento igual a _____ %. A energia que «se degrada» torna-se sobretudo _____.

2. Um motor absorve 1000 J de uma fonte quente e devolve 400 J a uma fonte fria. Calcula o trabalho útil e o rendimento.

3. Uma máquina produz 500 J úteis a partir de 2000 J absorvidos. Qual o rendimento e a energia devolvida como calor? Comenta.

4. Uma lâmpada de 60 W converte 5 % em luz e o resto em calor. Indica as potências de cada destino e explica porque é que a luz é «energia de melhor qualidade» que o calor ambiente.

5. Um copo de chá a 80 °C arrefece sozinho num quarto a 20 °C. Explica o sentido do fluxo de calor e porque é que o processo inverso (o quarto aquecer o chá até 80 °C sozinho) nunca se observa.

6. Verifica as contas da Segunda Lei num ciclo: $Q_{\text{abs}} = 800 \text{ J}$, $Q_{\text{dev}} = 500 \text{ J}$. Determina W e η ; se alguém afirmasse que com 800 J obteria 900 J de trabalho, que lei estaria violada?

7. De 1 kWh de energia elétrica de uma tomada, uma instalação entrega 0,30 kWh de trabalho útil e 0,70 kWh como calor. Calcula o rendimento e classifica os dois destinos em energia de «alto grau» e «baixo grau».

8. Verdadeiro ou falso. Corrige as falsas.

- a) A Primeira Lei admite máquinas de rendimento 100 %; a Segunda Lei proíbe-as. (V/F)
- b) O calor pode passar espontaneamente do ambiente para um cubo de gelo. (V/F)
- c) Num motor, $Q_{\text{abs}} = W + |Q_{\text{dev}}|$ — a contabilidade nunca falha. (V/F)
- d) Rendimento maior significa menos energia desperdiçada em calor de baixo grau. (V/F)
- e) Um refrigerador que funciona sem gastar eletricidade violaria a Segunda Lei. (V/F)

9. Explica a diferença entre «energia conservada» (Primeira Lei) e «energia degradada» (Segunda Lei) com o exemplo de um carro: de onde vem, onde vai e o que muda a cada etapa.

10. Duas máquinas aquecem a mesma casa: A converte 1000 J elétricos em 1000 J de calor; B converte 1000 J em 300 J de trabalho útil (ex.: compressor) + 700 J de calor. Qual é «melhor» para aquecer? E para mover um carro? Justifica com a noção de grau de energia.

11. Porque é que a dissipação de energia num freio é irreversível — descreve o caminho da energia e por que razão não volta sozinha às rodas.

12. Sintetiza: por que razão a Segunda Lei não contradiz a Primeira — uma conserva a quantidade, a outra limita a qualidade e o sentido.

Soluções — Energia útil, rendimento e Segunda Lei

10.º Ano

Física e Química A

Resolução completa

1. do corpo mais **quente** para o mais **frio** · **100 %** · **calor de baixo grau** (disperso no ambiente).

2. $W = 1000 - 400 = 600 \text{ J}$; $\eta = 600 \div 1000 \times 100 = 60 \%$. Os 400 J devolvidos são obrigatórios: sem fonte fria, não há ciclo (Segunda Lei).

3. $\eta = 500 \div 2000 = 25 \%$; devolvida: $2000 - 500 = 1500 \text{ J}$ — **75 %** do calor absorvido vai para a fonte fria: o desperdício típico de uma máquina térmica real.

4. Luz: $60 \times 0,05 = 3 \text{ W}$; calor: $60 \times 0,95 = 57 \text{ W}$. A luz é energia de **alto grau** — direcionada, capaz de provocar outras transformações (fotossíntese, painéis fotovoltaicos, visão); o calor ambiente é de **baixo grau**: disperso a 20 °C, não trabalha sozinho. Daí os 5 % serem os «úteis» da lâmpada incandescente.

5. Fluxo espontâneo: **chá (80 °C) → quarto (20 °C)** — até ao equilíbrio ($\approx 20 \text{ °C}$). O sentido inverso exigiria que o quarto tirasse calor de si próprio e o concentrasse no chá — seria uma máquina de movimento perpétuo do segundo tipo. Poderia acontecer, mas só com **trabalho exterior** (refrigerador) — nunca sozinho: é a Segunda Lei.

6. $W = 800 - 500 = 300 \text{ J}$; $\eta = 300 \div 800 = 37,5 \%$. A afirmação «800 → 900 J» violaria a **Primeira Lei** (criação de energia: +100 J do nada). Repara na distinção: criar energia é crime contra a Primeira; ter 100 % de rendimento é crime contra a Segunda.

7. $\eta = 0,30 \div 1 \times 100 = 30 \%$. Trabalho útil: **alto grau** (concentrado, direcionado). Calor: **baixo grau** — a mesma quantidade de energia, mas incapaz de se reorganizar sozinha. Com contas: nada se perdeu (Primeira) e a qualidade caiu (Segunda).

8. a) **V** — as duas leis restringem coisas diferentes: quantidade vs sentido/qualidade. b) **F** — só do gelo para o ambiente; o inverso exige refrigerador. c) **V** — balanço obrigatório de um ciclo. d) **V** — maior η = maior fração convertida em trabalho. e) **V** — mover calor do frio para o quente exige trabalho (é o que o compressor faz) — sem ele, violava a Segunda Lei.

9. A **gasolina** carrega energia química concentrada (alto grau). O motor converte parte em movimento (alto grau — útil) e parte em calor do motor e do escapamento (baixo grau). O fluxo seguinte: esse calor dispersa-se no ar (irreversível — nunca volta sozinho ao tanque). A quantidade total manteve-se em cada etapa (Primeira ✓) mas a fração utilizável diminuiu sempre (Segunda) — daí o rendimento acumulado ser ~25–35 %.

10. Para **aquecer**: A e B são equivalentes no total (1000 J de calor chegam aos dois — na B parte vem do trabalho, mas acaba tudo no ar); na prática A é mais direta. Para **mover**: só B serve — A dá 0 J úteis. É a lição do grau: para o mesmo fim térmico, tanto faz; para trabalho, só a energia concentrada conta.

11. Nas travagens, a E_c do veículo converte-se em **calor nas pastilhas e discos** (energia difusa a 100–300 °C), depois transfere-se ao ar. Para voltar às rodas seria preciso concentrar esse calor disperso e devolvê-lo como movimento — exigindo um processo ordenado (trabalho externo). Espontaneamente, as moléculas do ar não se reorganizam: o processo é **irreversível** — é por isso que se fala em «freios a regenerar» nos elétricos: capturam a energia antes de se degradar.

12. A Primeira Lei diz **quanto**: a energia total de um sistema+vizinhança não muda — nem num motor, nem num gelo a derreter. A Segunda Lei diz **como e para onde**: o calor só vai sozinho do quente ao frio, e cada transformação degrada um pouco a qualidade. Por isso se pode dizer, sem contradição, que «a energia se conserva mas a utilidade esgota-se» — quantidades iguais, disponibilidades cada vez menores.

Nota: $\eta = W/Q_{\text{abs}}$ nunca chega a 100 %, e a diferença é sempre calor devolvido à fonte fria. Se alguém te propor uma máquina que «não desperdiça nada» ou que «passa o inverno sem gastar», responde com a Segunda Lei.