

Termodinâmica

Resumo

Termodinâmica é parte da Física que estuda as leis que regem as relações entre calor, trabalho e outras formas de energia, mais especificamente a transformação de um tipo de energia em outra, a disponibilidade de energia para a realização de trabalho e a direção das trocas de calor.

Para entendermos a Termodinâmica, alguns conceitos têm que estar bem estruturados em nossas cabeças. São eles:

- **Temperatura:** grau de agitação das moléculas.
- **Calor:** troca de energia térmica entre os corpos.
- **Energia:** capacidade de um corpo em realizar trabalho

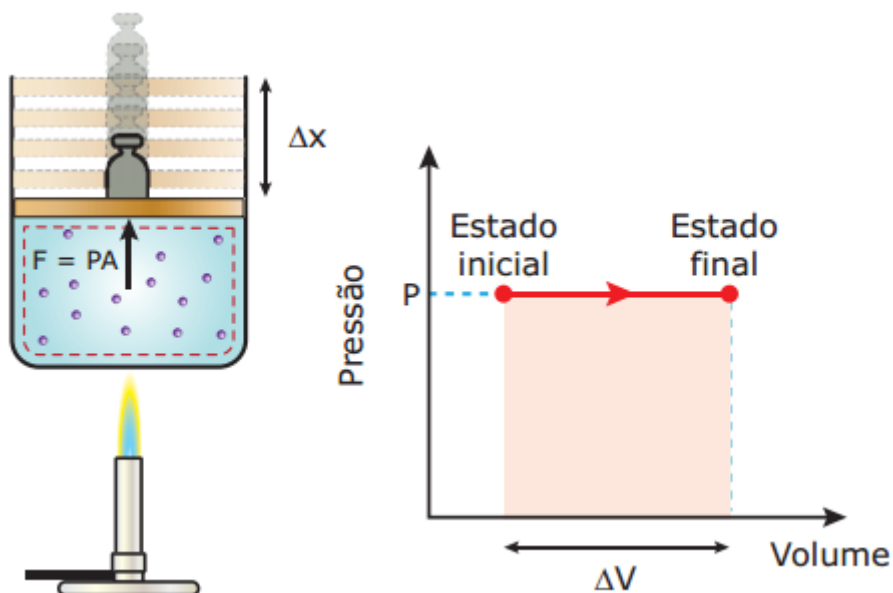
Transformações

Na Termodinâmica estudaremos, basicamente, os gases. Os tipos de transformações que os gases podem sofrer são:

- **Isobárica:** pressão constante ("bar" é uma unidade de pressão)
- **Isovolumétrica ou Isocórica ou Isométrica:** volume constante
- **Isotérmica:** temperatura constante
- **Adiabática:** transformação sem troca de calor com o meio externo

Trabalho de um gás ideal (W)

Um gás contido num recipiente indeformável com um êmbolo é aquecido. Como as moléculas estarão mais agitadas, ocorrerá a expansão do gás.



Utilizando a equação do trabalho ($W=F.d$), a equação da pressão ($p=F/A$) e a equação de Clapeyron ($PV=nRT$), chegamos à seguinte equação para o trabalho em um gás:

Onde p é a pressão do gás (que deve ser constante para este tipo de análise) e ΔV é a variação do volume do gás ($\Delta V = d.A$).

Note que, para este tipo de estudo do trabalho em um gás, a pressão deve ser constante (transformação isobárica).

- O gás sofre uma **expansão** quando $W > 0$ e, obrigatoriamente, $\Delta V > 0$.
- O gás sofre uma **contração** quando $W < 0$ e, obrigatoriamente, $\Delta V < 0$.
- Se $W = 0$ temos, obrigatoriamente, $\Delta V = 0$ (transformação isovolumétrica).

Calor

Se o gás *recebe* calor: $Q > 0$

Se o gás *cede* calor: $Q < 0$

Se *não ocorre troca de calor*: $Q = 0$ (transformação adiabática).

OBS.: Nas questões onde aparecer que a transformação foi muito rápida, brusca, instantânea ou algo do tipo, considerar que a transformação é adiabática.

Energia Interna (ΔU)

É soma de todas as energias das moléculas do gás. Está relacionada à agitação das moléculas do gás, ou seja, relacionado à temperatura do gás.

- Agitação (temperatura) das moléculas *aumenta* ($\Delta T > 0$): energia interna *aumenta*, $\Delta U > 0$
- Agitação (temperatura) das moléculas *diminui* ($\Delta T < 0$): energia interna *diminui*, $\Delta U < 0$
- Agitação (temperatura) das moléculas *não muda* ($\Delta T = 0$, transformação isotérmica): energia interna *não muda*, $\Delta U = 0$

Em um gás monoatômico ideal, a energia interna pode ser calculada pela seguinte relação:

$$U = \frac{3}{2}nRT$$

Primeira Lei da Termodinâmica

Lei que relaciona a energia interna, quantidade de calor e trabalho de um gás:

Dica: Pense que o calor é como a comida que você ingere para te dar energia e o trabalho é a energia que você gasta para realizar as tarefas diárias (andar, estudar, trabalhar, etc). A energia interna será o saldo de energia ao final do dia (por exemplo, a gordura, no caso de a quantidade de energia da alimentação ser maior que a energia gasta ao durante o dia).

A Segunda Lei da Termodinâmica, estudo sobre as Máquinas Térmicas, terá um resumo próprio. Fique ligado!

Quer ver este material pelo Dex? Clique [aqui](#)

Exercícios

1. Considere as afirmações:

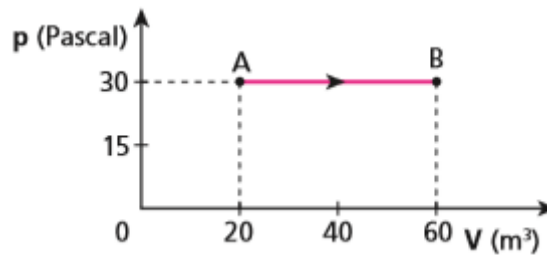
- I. Calor e trabalho são formas de transferência de energia entre corpos.
- II. Calor é medido necessariamente em calorias, enquanto trabalho é somente medido em joules.
- III. Dez calorias valem aproximadamente 42 joules.

Pode-se afirmar que apenas:

- a) I é correta.
 - b) II é correta.
 - c) III é correta.
 - d) I e II são corretas.
 - e) I e III são corretas.
2. Um gás perfeito sofre uma expansão, realizando um trabalho igual a 200 J. Sabe-se que, no final dessa transformação, a energia interna do sistema está com 60 J a mais que no início. Qual a quantidade de calor recebida pelo gás?
- a) 260 J.
 - b) 320 J.
 - c) 450 J.
 - d) 540 J.
 - e) 680 J.
3. Um gás perfeito sofre uma expansão isotérmica ao receber do ambiente 250 J de energia em forma de calor. Qual o trabalho realizado pelo gás e qual sua variação de energia interna?
- a) 250 J; zero.
 - b) 250 J; 250 J;
 - c) Zero; 250 J.
 - d) 500 J; 500 J;
 - e) Zero; zero.

4. 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/m² 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 m³
 - b) 12 m³
 - c) 14 m³
 - d) 16 m³
 - e) 20 m³
5. Um gás perfeito sofre uma expansão isobárica, sob pressão de 5,0 N/m². Seu volume aumenta de 0,20m³ para 0,60m³. Qual foi a variação de energia interna do gás se, durante a expansão, ele recebeu 5,0J de calor do ambiente?
- a) 50 J
 - b) 100 J
 - c) 150 J
 - d) 200 J
 - e) 250 J
6. Leia com atenção e identifique a alternativa correta.
- a) Numa compressão isotérmica de um gás perfeito, o sistema não troca calor com o meio externo.
 - b) Numa compressão isotérmica de um gás perfeito, o sistema cede um valor de calor menor que o valor do trabalho que recebe.
 - c) Numa compressão isotérmica de um gás perfeito, sempre ocorre variação da energia interna do gás.
 - d) Numa compressão isotérmica de um gás perfeito, o sistema realiza trabalho; portanto, não recebe calor.
 - e) Numa compressão isotérmica de um gás perfeito, o sistema recebe trabalho, que é integralmente transformado em calor.

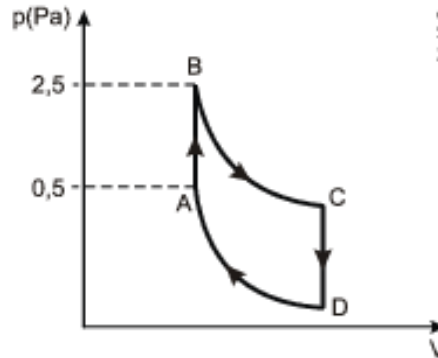
7. No processo isobárico indicado no gráfico, um gás perfeito recebeu 3000 J de energia do ambiente.



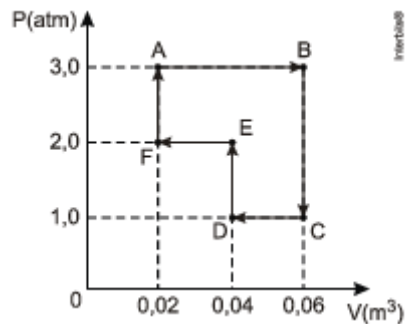
Que variação ocorreu na energia interna desse gás?

- a) 1200 J
 - b) 1600 J
 - c) 1700 J
 - d) 1800 J
 - e) 2500 J
8. O ar atmosférico pode ser utilizado para armazenar o excedente de energia gerada no sistema elétrico, diminuindo seu desperdício, por meio do seguinte processo: água e gás carbônico são inicialmente removidos do ar atmosférico e a massa de ar restante é resfriada até -198°C . Presente na proporção de 78% dessa massa de ar, o nitrogênio gasoso é liquefeito, ocupando um volume 700 vezes menor. A energia excedente do sistema elétrico é utilizada nesse processo, sendo parcialmente recuperada quando o nitrogênio líquido, exposto à temperatura ambiente, entra em ebulição e se expande, fazendo girar turbinas que convertem energia mecânica em energia elétrica. No processo descrito, o excedente de energia elétrica é armazenado pela
- a) expansão do nitrogênio durante a ebulição.
 - b) absorção de calor pelo nitrogênio durante a ebulição.
 - c) realização de trabalho sobre o nitrogênio durante a liquefação.
 - d) retirada de água e gás carbônico da atmosfera antes do resfriamento.
 - e) liberação de calor do nitrogênio para a vizinhança durante a liquefação.

9. Um gás ideal se transforma de acordo com o ciclo termodinâmico mostrado abaixo no diagrama pressão versus volume. Os processos AB e CD são isovolumétricos, e os processos BC e DA são isotérmicos. Qual a razão T_C/T_D entre as respectivas temperaturas absolutas do gás nos pontos C e D?



- a) 1
b) 2
c) 3
d) 4
e) 5
10. A figura abaixo mostra o diagrama $P \times V$ para o ciclo de um sistema termodinâmico contendo um gás ideal monoatômico.



Calcule o trabalho total, em Joules, realizado pelo gás no ciclo completo.

- a) 6000 J
b) 9000 J
c) 12000 J
d) 18000 J
e) 24000 J

Gabarito

1. E

I – Correta

Calor é energia térmica em trânsito.**Trabalho** é energia mecânica em trânsito.

II – Incorreta

Tanto **calor** como **trabalho** podem ser expressos em calorias ou joules.

III – Correta

 $1 \text{ cal} \simeq 4,18 \text{ J}$

Assim:

 $10 \text{ cal} \simeq 42 \text{ J}$

2. A

A 1ª Lei da Termodinâmica dá a relação entre as grandezas referidas no problema:

$$\Delta U = Q - \tau_{\text{gás}}$$

Do texto, sabemos que:

 $\tau_{\text{gás}} = +200 \text{ J}$ (o sistema **realizou** trabalho) $\Delta U = +60 \text{ J}$ (a energia interna **aumentou**)

Assim, temos:

$$60 = Q - 200 \Rightarrow \boxed{Q = 260 \text{ J}}$$

3. A

Isotérmica \rightarrow temperatura constante:

$$\boxed{\Delta U = 0}$$

1ª Lei da Termodinâmica:

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

$$250 = \tau + 0$$

$$\boxed{\tau = 250 \text{ J}}$$

4. D

Dados: $Q = 2.000 \text{ J}$; $\Delta U = 1.200 \text{ J}$; $p = 50 \text{ N/m}^2$.

Usando a 1ª Lei da Termodinâmica:

$$\Delta U = Q - W \Rightarrow 1.200 = 2.000 - W \Rightarrow W = 800 \Rightarrow p \Delta V = 800 \Rightarrow 50 \Delta V = 800 \Rightarrow$$

$$\Delta V = 16 \text{ m}^3.$$

5. C

$$\tau_p = p \Delta V$$

Sendo:

$$\Delta V = (6 - 3)\ell = 3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

Então:

$$\tau_p = 5 \cdot 10^4 \cdot 3 \cdot 10^{-3} \text{ (J)}$$

$$\tau_p = 150 \text{ J}$$

6. E

a) **Incorreta**Isotérmica $\rightarrow \Delta U = 0$

Assim:

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

$$Q = \tau \neq 0$$

Compressão \rightarrow sistema recebe trabalhob) **Incorreta**

$$Q = \tau, \text{ pois } \Delta U = 0$$

c) **Incorreta**

$$\text{Isotérmica} \rightarrow \Delta U = 0$$

d) **Incorreta**Compressão \rightarrow o sistema recebe trabalhoe) **Correta**

7. D

$$\tau \stackrel{N}{=} [\text{área}]$$

$$\tau_{AB} = 30 \cdot (60 - 20) \text{ (J)}$$

$$\tau_{AB} = 1200 \text{ (J)}$$

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

$$3000 = 1200 + \Delta U$$

$$\Delta U_{AB} = 1800 \text{ J}$$

8. C

Para haver resfriamento e liquefação do nitrogênio, o sistema de refrigeração deve realizar trabalho sobre o gás.

9. E

A transformação AB é isométrica. Então, para os estados A e B :

$$\frac{p_A}{T_A} = \frac{p_B}{T_B} \Rightarrow \frac{0,5}{T_A} = \frac{2,5}{T_B} \Rightarrow \frac{T_B}{T_A} = 5.$$

Como as transformações BC e DA são isotérmicas, $T_B = T_C$ e $T_D = T_A$. Então:

$$\frac{T_C}{T_D} - \frac{T_B}{T_A} = 5.$$

10. A

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

a) O trabalho no ciclo é dado pela "área" do ciclo.

$$W_{\text{ciclo}} = [(1 \times 0,04) + (1 \times 0,02)] \times 10^5 \Rightarrow W_{\text{ciclo}} = 6.000 \text{ J}.$$