

## 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

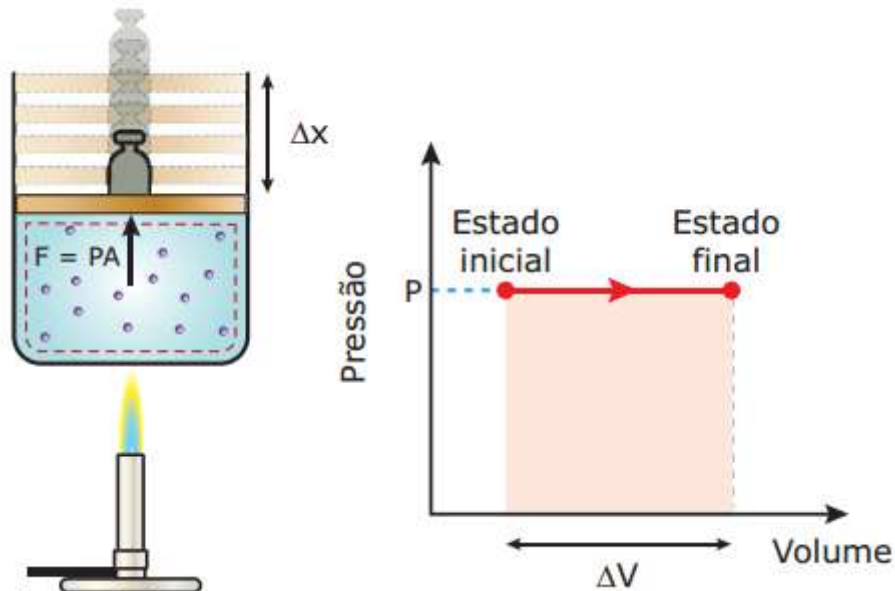
### Transformações

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)
- **Isovolúmica** 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  $\Delta V$  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 ( $\Delta U$ )

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!

## 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/m<sup>2</sup> 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)  $10 \text{ m}^3$
- b)  $12 \text{ m}^3$
- c)  $14 \text{ m}^3$
- d)  $16 \text{ m}^3$
- e)  $20 \text{ m}^3$

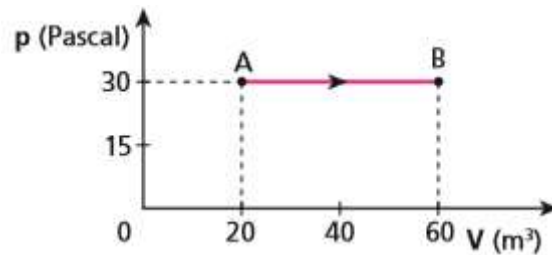
5. Um gás perfeito sofre uma expansão isobárica, sob pressão de  $5,0 \text{ N/m}^2$ . Seu volume aumenta de  $0,20 \text{ m}^3$  para  $0,60 \text{ m}^3$ . Qual foi a variação de energia interna do gás se, durante a expansão, ele recebeu  $5,0 \text{ J}$  de calor do ambiente?

- a)  $5 \text{ J}$
- b)  $10 \text{ J}$
- c)  $3 \text{ J}$
- d)  $15 \text{ J}$
- e)  $30 \text{ J}$

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  $3000 \text{ J}$  de energia do ambiente.



Que variação ocorreu na energia interna desse gás?

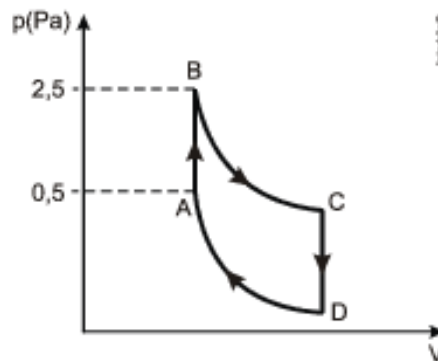
- a) 1200 J
- b) 1600 J
- c) 1700 J
- d) 1800 J
- e) 2500 J

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  $-198\text{ }^{\circ}\text{C}$ . 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.

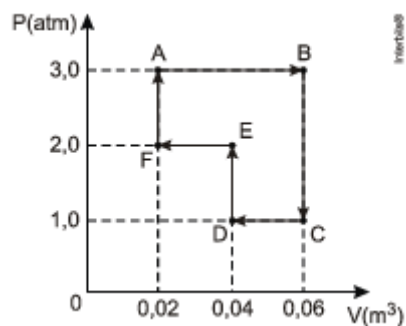
9. Um gás ideal se transforma de acordo com o ciclo termodinâmico mostrado abaixo no diagrama pressão versus volume. Os processos AB e CD são isovolumétricos, e os processos BC e DA são

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

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

Assim:

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

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

---

Como a pressão é constante (transformação isobárica), temos que:

$$W = P\Delta V$$

$$W = 5(0,6 - 0,4) = 2 \text{ J (Unidades todas no S.I.)}$$

Sabendo que o sistema recebeu uma quantidade de calor  $Q = 5 \text{ J}$ , pela primeira lei da termodinâmica (conservação da energia), verificamos que a variação da energia interna ( $\Delta U$ ) será de:

$$Q = \Delta U + W$$

$$\Delta U = Q - W$$

$$\Delta U = 5 - 2 = 3 \text{ J}$$

6. E

a) **Incorreta**

Isotérmica  $\rightarrow \Delta U = 0$

Assim:

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

$$Q = \tau \neq 0$$

Compressão  $\rightarrow$  sistema recebe trabalho

b) **Incorreta**

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

c) **Incorreta**

Isotérmica  $\rightarrow \Delta U = 0$

d) **Incorreta**

Compressão  $\rightarrow$  o sistema recebe trabalho

e) **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.

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