

3^a

Série

Física

**MATERIAL
DIGITAL**

Mais primeira lei da termodinâmica

2º bimestre
Aula 10

Ensino
Médio

Secretaria da
Educação



SÃO PAULO
GOVERNO DO ESTADO

Conteúdos

- Termodinâmica.

Objetivos

- Analisar, através de exercícios, o uso da primeira lei da termodinâmica.



Um panorama das últimas aulas sobre gases e termodinâmica

$$\frac{P_i}{T_i} = \frac{P_f}{T_f} ; \quad \frac{V_i}{T_i} = \frac{V_f}{T_f}$$

$$P_i \cdot V_i = P_f \cdot V_f$$

$$\frac{P_i \cdot V_i}{T_i} = \frac{P_f \cdot V_f}{T_f}$$

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

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

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

$$\tau = P \cdot \Delta V_0$$

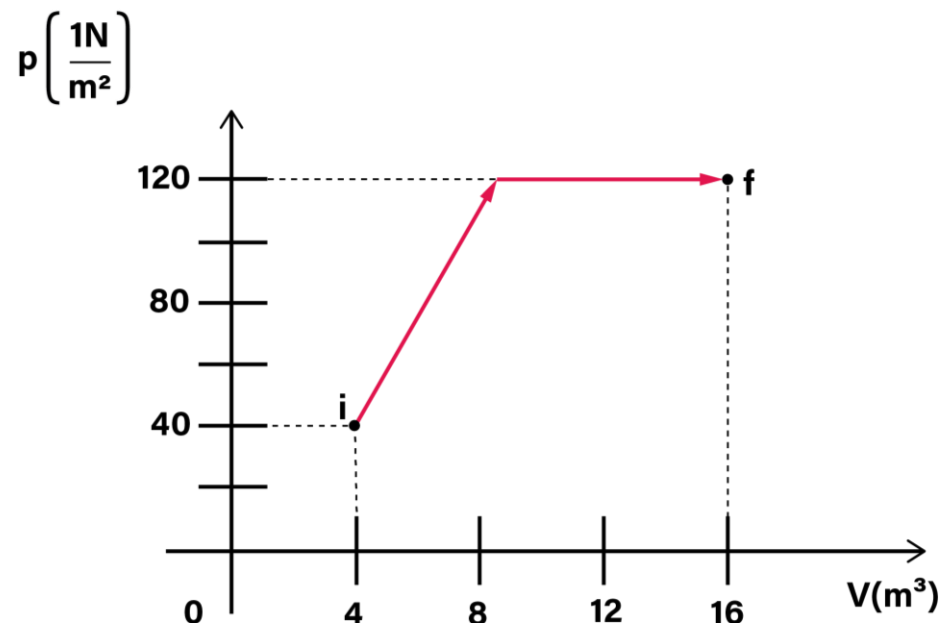
$$E_c = \frac{3}{2} k \cdot T$$

O que são cada uma destas expressões?

Explique o que cada equação significa (processos envolvidos etc.).



(UFSC 2007 – Adaptada) Uma amostra de dois mols de um gás ideal sofre uma transformação ao passar de um estado i para um estado f, conforme o gráfico abaixo:



Indique a soma da(s) proposição(ões) CORRETA(S).

- 01. A transformação representada acima ocorre sem que nenhum trabalho seja realizado.
- 02. Sendo de 100 joules a variação da energia interna do gás do estado i até f, então o calor que fluiu na transformação foi de 1380 joules.
- 04. Certamente o processo ocorreu de forma isotérmica, pois a pressão e o volume variaram, mas o número de mol permaneceu constante.
- 08. A primeira lei da termodinâmica nos assegura que o processo ocorreu com fluxo de calor.
- 16. Analisando o gráfico, conclui-se que o processo é adiabático.

Fonte: UFSC, 2007. Produzido pela SEDUC-SP.



Correção:

01. Falsa. O trabalho total pode ser calculado pela área abaixo da curva no gráfico $p - V$, que claramente é não nula.

02. Correta. Vamos calcular o trabalho da transformação por meio da área abaixo da curva:

$$\begin{aligned}\tau &= A_{\text{trapézio}} + A_{\text{retângulo}} \\ \tau &= (120 + 40) \cdot (8 - 4) \cdot \frac{1}{2} + 120 \cdot (16 - 8) \\ \tau &= 160 \cdot 2 + 120 \cdot 8 = 320 + 960 = 1280 \text{ J}\end{aligned}$$

Então, podemos escrever a 1ª lei da termodinâmica:

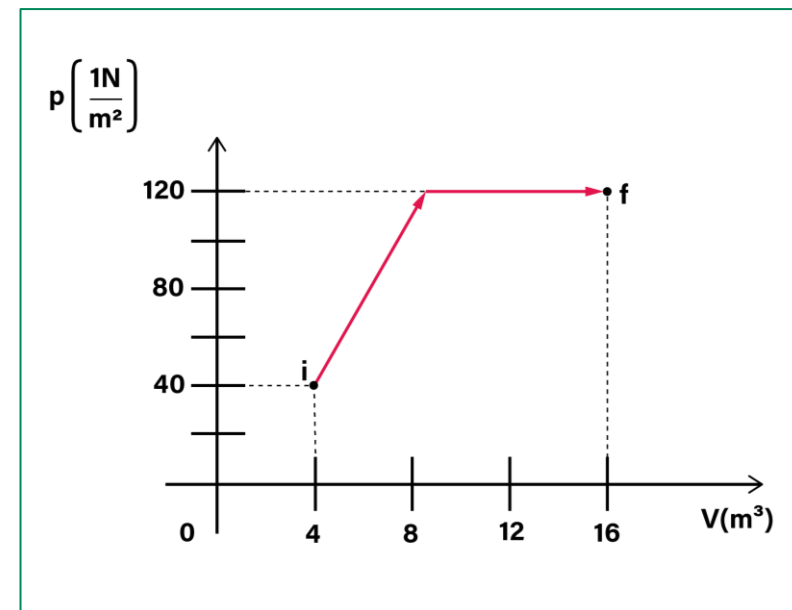
$$\Delta U = Q - \tau$$

Substituindo $\Delta U = 100 \text{ J}$ e $\tau = 1280 \text{ J}$:

$$100 = Q - 1280$$

Logo,

$$Q = 1380 \text{ J}$$



Correção:

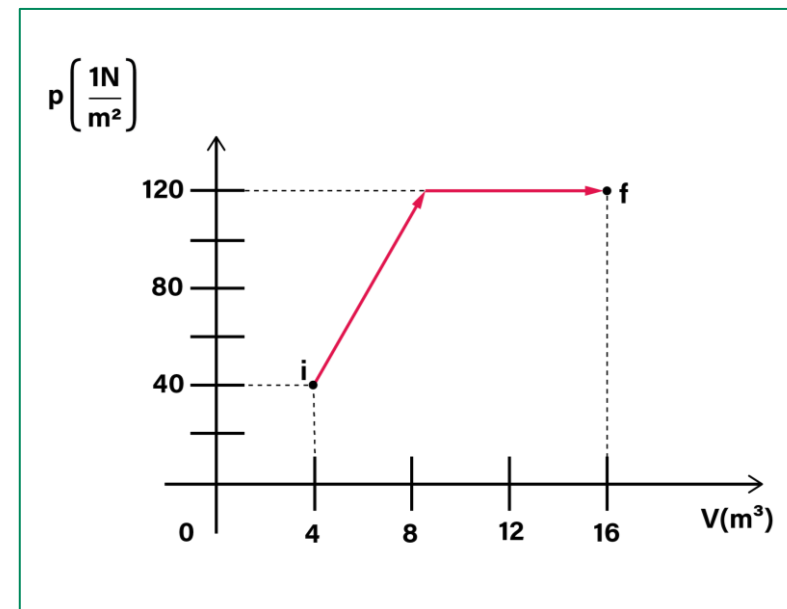
04. Falsa. O gráfico da transformação isotérmica é uma hipérbole, e nenhum dos dois processos tem esse formato. Além disso, sabemos que há variação da energia interna, o que indica variação de temperatura.

08.

Correta. Mostrado no item 02.

16. Falsa. Como mostrado no item 02, **há troca de calor, portanto o processo não pode ser adiabático.**

Resposta final. A soma das afirmações corretas será $02 + 08 = 10$.





(FUVEST 2020 – Adaptada) Um mol de um gás ideal monoatômico é resfriado adiabaticamente de uma temperatura inicial T_1 até uma temperatura final $T_1/3$. Com base nessas informações, responda:

- 1) O gás sofreu expansão ou compressão ao final do processo? Justifique sua resposta.
- 2) Encontre o valor do trabalho realizado pelo gás nesse processo em termos da constante universal dos gases ideais R e de T_1 .



Correção:

1) Pelo enunciado, o gás sofre um resfriamento. Logo, sua energia interna diminui. Como não há troca de calor, pois o sistema é adiabático ($Q = 0$), para a energia interna diminuir, necessita-se haver uma expansão do gás.

Matematicamente, pela primeira lei da termodinâmica, temos:

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

Como $\Delta U < 0$, então $\tau > 0$ (expansão).

2) Sabemos que $\Delta U = -\tau$, portanto $\tau = -\Delta U$. Então,

$$\tau = U_i - U_f = \frac{3}{2} nR(T_i - T_f) = \frac{3}{2} nR \left(T_1 - \frac{T_1}{3} \right) = \frac{3}{2} nR \cdot \frac{2}{3} T_1 = n \cdot R \cdot T_1$$

Como temos 1 mol de gás, a expressão final para o trabalho é dada por:

$$\tau = R \cdot T_1$$

Referências

LEMOV, D. **Aula nota 10**: 49 técnicas para ser um professor campeão de audiência. São Paulo: Da Boa Prosa: Fundação Lemann, 2011.

PIETROCOLA, M. *et al.* **Física**: conceitos & contextos, v. 3. São Paulo: Editora do Brasil, 2016.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria da Educação. **Currículo Paulista**: etapa Ensino Médio, 2020. Disponível em: https://efape.educacao.sp.gov.br/curriculopaulista/wp-content/uploads/2023/02/CURR%C3%8DCULO-PAULISTA-etapa-Ensino-M%C3%A9dio_ISBN.pdf. Acesso em: 25 nov. 2024.

TECHENFIM – RAFAEL PIRES. **PowerPoint tutorial**: dicas de apresentação [infográfico 8 passos]. YouTube, 15 jun. 2019. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=yfTYrluyYtQ>. Acesso em: 25 nov. 2024.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA (UFSC). **Vestibular**, 2007. 3ª prova – Amarela, questão 9, p. 8. Disponível em: https://antiga.coperve.ufsc.br/provas_ant/2007-3-amarela.pdf. Acesso em: 25 nov. 2024.

VILLAS BÔAS, N.; DOCA, R. H.; BISCUOLA, G. J. **Tópicos de física**: volume 2: termologia, ondulatória, óptica. São Paulo: Saraiva, 2012.

YAMAMOTO, K.; FUKU, L. F. **Física para o ensino médio, volume 2**: eletricidade, física moderna. São Paulo: Saraiva, 2016.

Referências

FUNDAÇÃO UNIVERSITÁRIA PARA O VESTIBULAR (FUVEST). **Vestibular 2024**. Segunda fase. Disponível em: https://acervo.fuvest.br/fuvest/2024/fuvest2024_segunda_fase_prova_2dia.pdf. Acesso em: 6 dez. 2024.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA (UFV). **Vestibular**, 2010. 1º Dia – questão 14. Disponível em: https://vestibular.brasilecola.uol.com.br/downloads/universidade-federal-vicosa.htm#google_vignette. Acesso em: 6 dez. 2024.

Identidade visual: imagens © Getty Images.

Aprofundando

A seguir, você encontra uma seleção de exercícios extras, que ampliam as possibilidades de prática, de retomada e aprofundamento do conteúdo estudado.



(UFV 2010 – Adaptada) A figura a seguir ilustra um processo termodinâmico em um gás. Sabendo que durante o processo ABC a variação da energia interna do gás foi igual a U e que o trabalho realizado pelo gás no processo BC foi igual a W , então a quantidade de calor transferida ao gás no processo ABC foi:

A

$$U + V_A \cdot (P_A - P_C) + W_{AB}$$

B

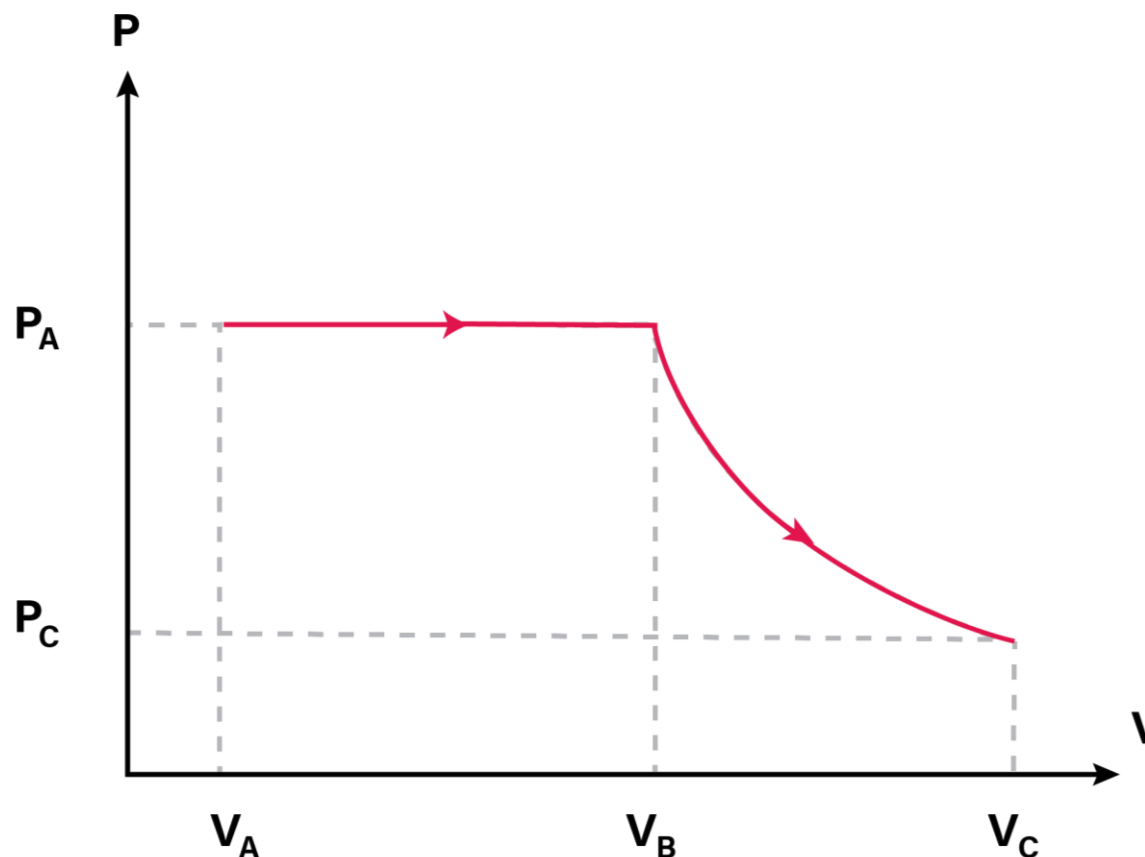
$$U + P_A \cdot (V_B - V_A) - W_{BC}$$

C

$$U + V_C \cdot (P_A - P_C) + W_{ABC}$$

D

$$U + P_A \cdot (V_B - V_A) + W_{BC}$$



Fonte: UFV, 2010.
Produzido pela SEDUC-SP.



Correção:

- A $U + V_A \cdot (P_A - P_C) + W_{AB}$ ✗
- B $U + P_A \cdot (V_B - V_A) - W_{BC}$ ✗
- C $U + V_C \cdot (P_A - P_C) + W_{ABC}$ ✗
- D $U + P_A \cdot (V_B - V_A) + W_{BC}$ ✓

Pela primeira lei da termodinâmica, temos que:

$$U = Q - W$$

Então, o calor pode ser expresso por:

$$Q = U + W$$

De modo que o trabalho pode ser dividido em

$$W = W_{AB} + W_{BC}.$$

Mas W_{AB} é o trabalho a uma pressão constante, podendo ser calculado pela área do retângulo no gráfico:

$$W_{AB} = P_A \cdot (V_B - V_A)$$

Logo, teremos que:

$$Q = U + P_A \cdot (V_B - V_A) + W_{BC}$$

