

INSTITUTO FEDERAL
Ceará
Campus Itapipoca

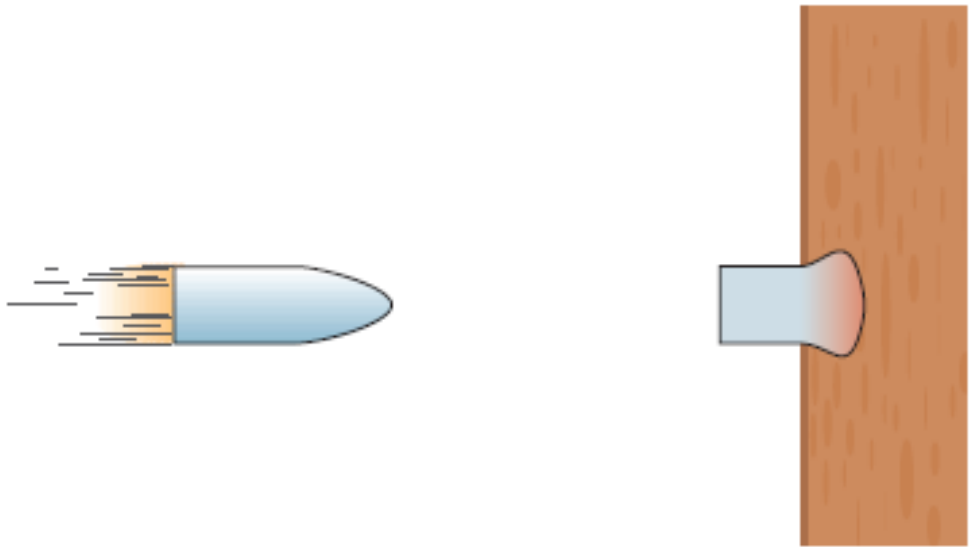
Termodinâmica

Aula 06 – A 1ª Lei da Termodinâmica

Prof. Dr. F. A. Leandro Filho

Introdução

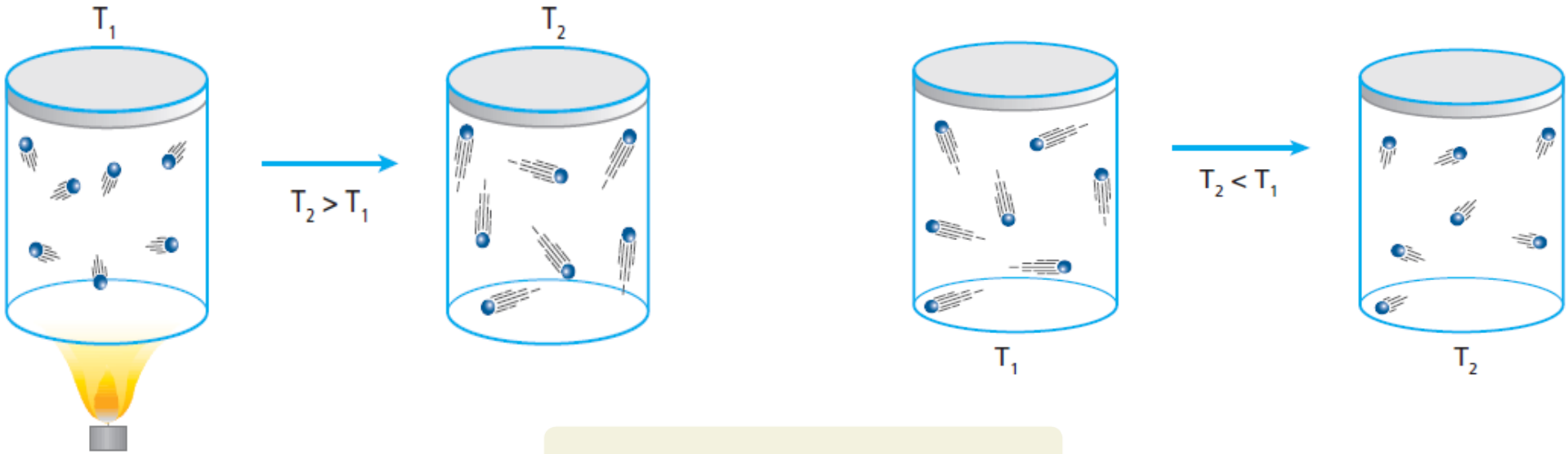
A Termodinâmica estuda as transformações e as relações existentes entre dois tipos de energia: energia mecânica e energia térmica.



Energia Interna, Trabalho e Calor

- Energia Interna

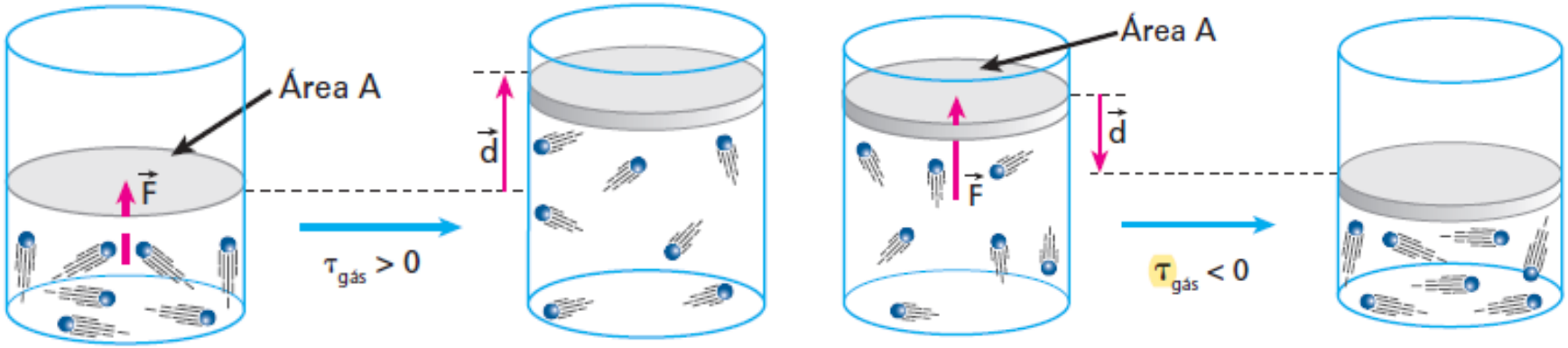
$$U = \frac{3}{2} n R T$$



$$U = \frac{3}{2} n R T = \frac{3}{2} p V$$

Energia Interna, Trabalho e Calor

- Trabalho

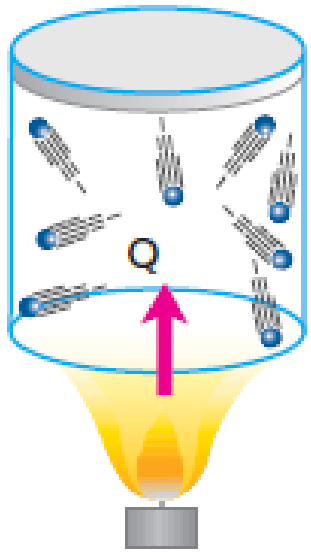


Na **expansão**, $\tau_{gás} > 0$ e o gás fornece energia na forma de trabalho: o gás realiza trabalho.

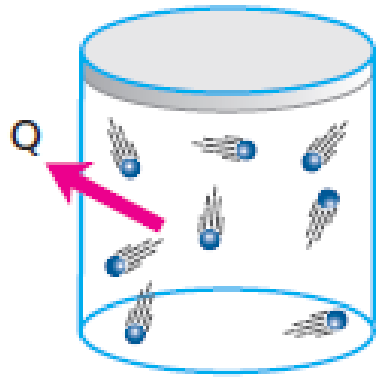
Na **compressão**, $\tau_{gás} < 0$ e o gás recebe energia na forma de trabalho: o gás recebe trabalho.

Energia Interna, Trabalho e Calor

- Calor



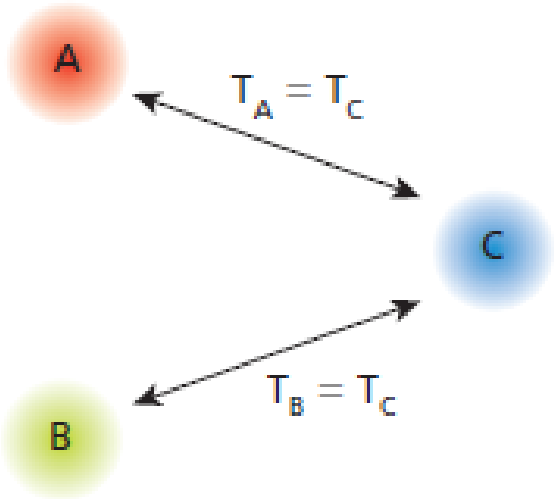
Calor recebido pelo sistema: $Q > 0$



Calor cedido pelo sistema: $Q < 0$

Lei Zero da Termodinâmica

- Equilíbrio Térmico



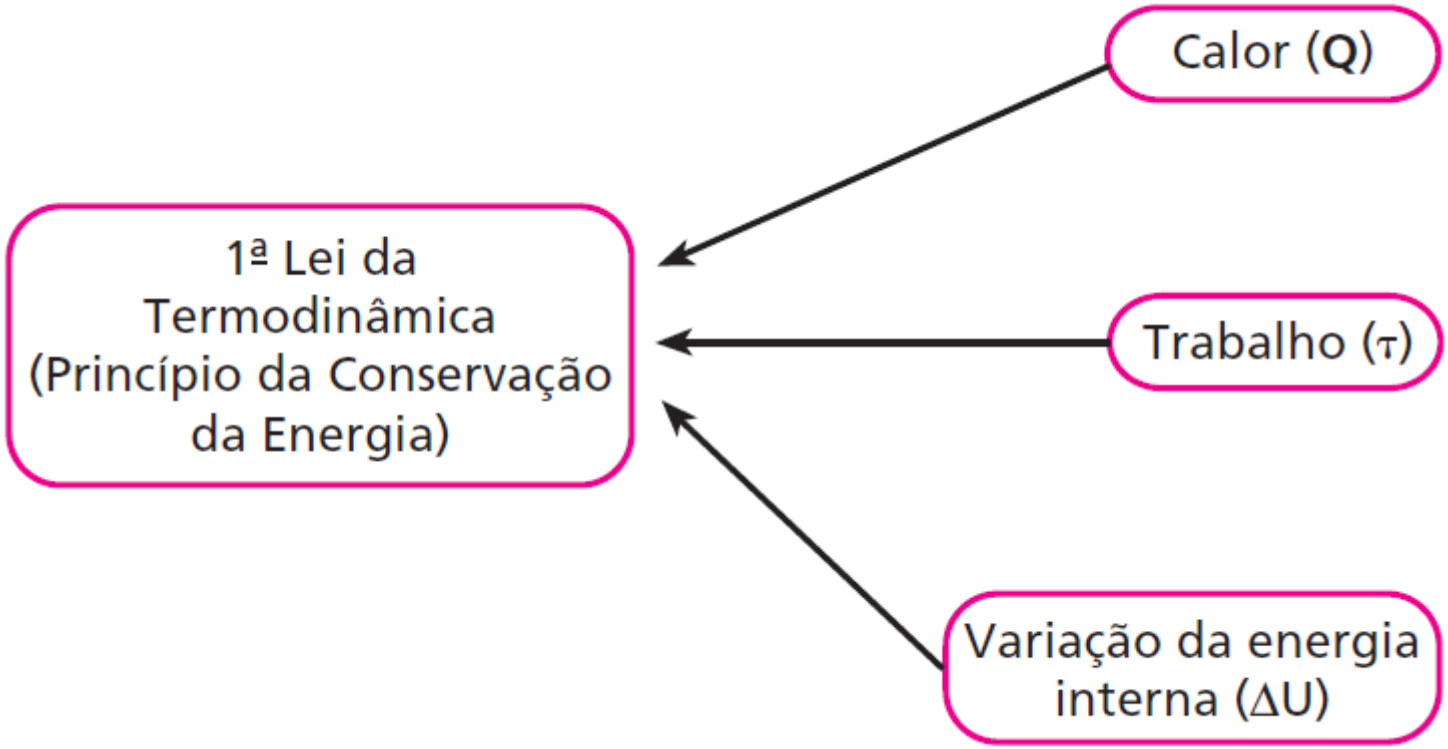
$$T_A = T_B$$

1ª Lei da Termodinâmica

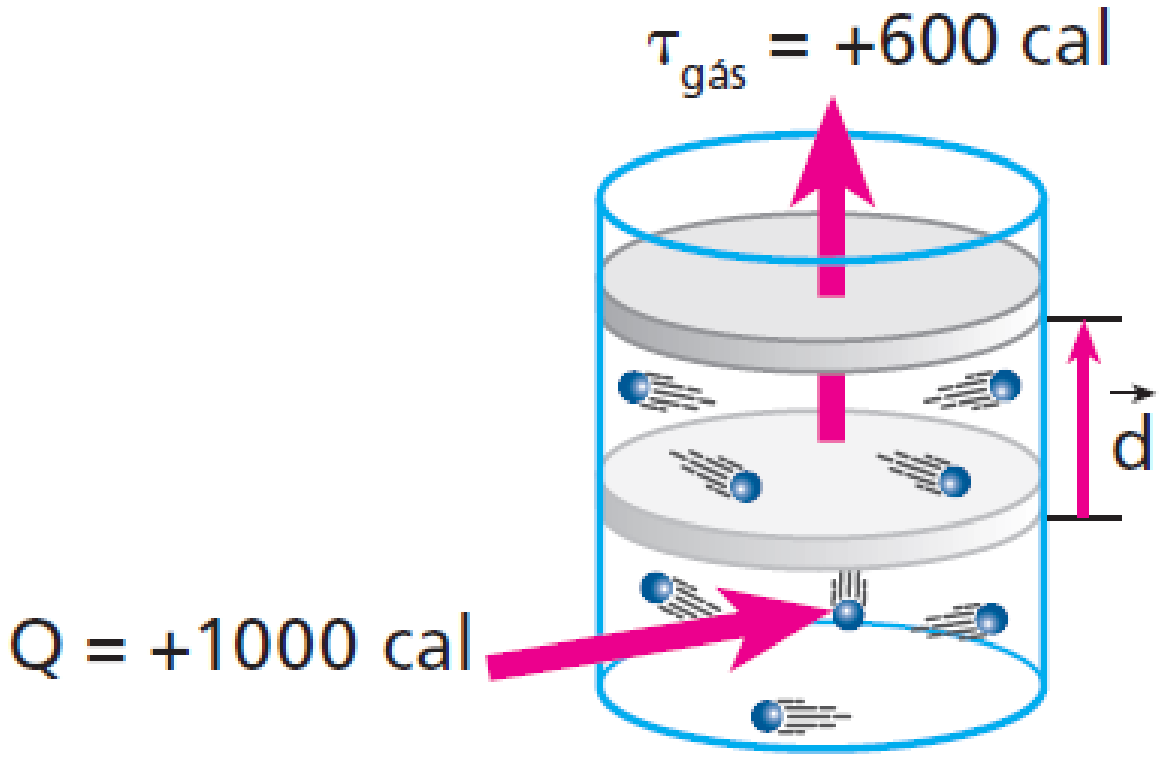
Para todo sistema termodinâmico existe uma função característica denominada energia interna. A variação dessa energia interna (ΔU) entre dois estados quaisquer pode ser determinada pela diferença entre a quantidade de calor (Q) e o trabalho ($\tau_{gás}$) trocados com o meio externo.

$$\Delta U = Q - \tau_{gás}$$

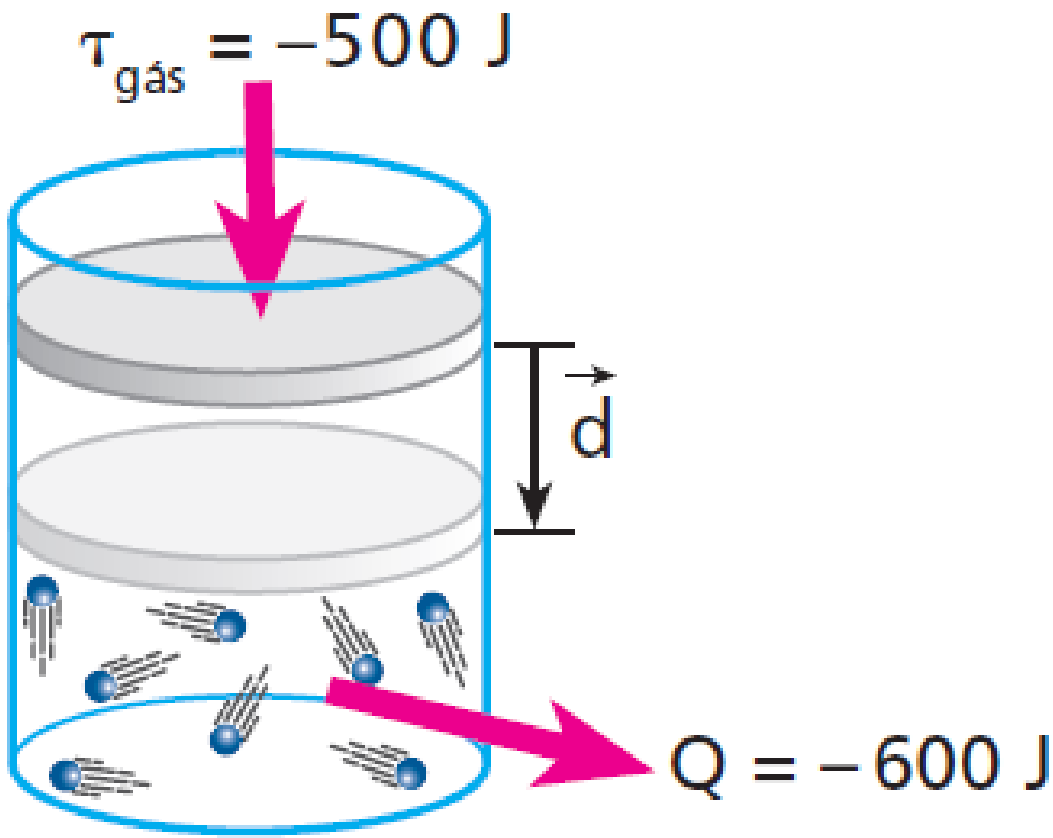
1ª Lei da Termodinâmica



Exemplo 1



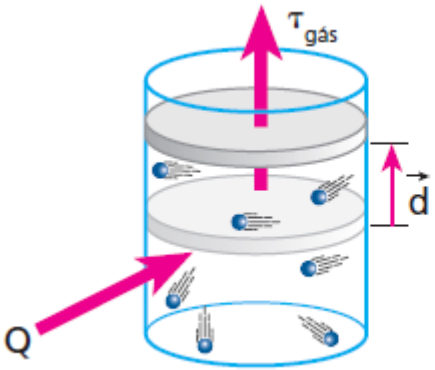
Exemplo 2



Transformações Termodinâmicas

No estudo da Termodinâmica dos Gases Perfeitos, encontramos quatro transformações particulares que devem ser analisadas com mais detalhes: a isotérmica, a isométrica, a isobárica e a adiabática.

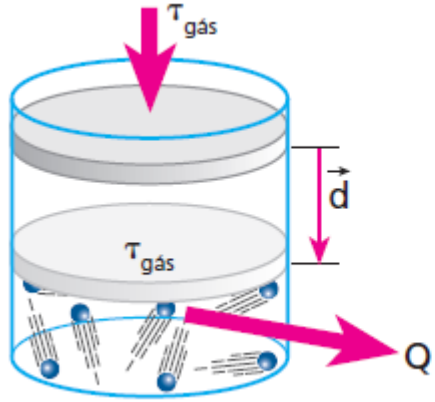
Transformação Isotérmica



$Q = \tau_{gás}$, pois $\Delta U = 0$

$Q > 0$ e $\tau_{gás} > 0$

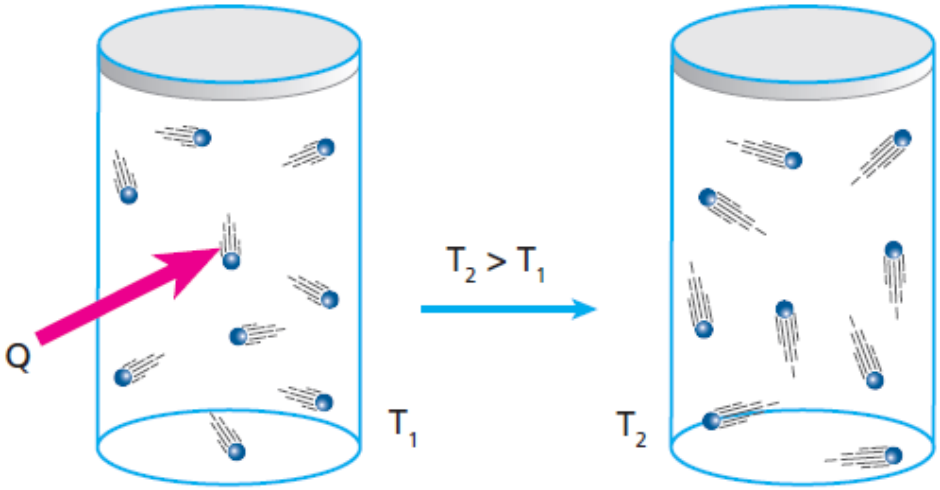
$$Q = \tau_{gás}$$



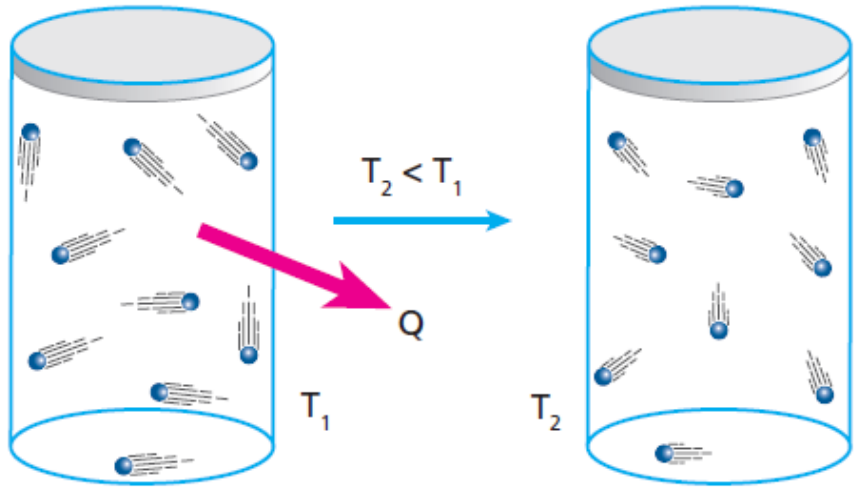
$\tau_{gás} = Q$, pois $\Delta U = 0$

$\tau_{gás} < 0$ e $Q < 0$

Transformação Isométrica



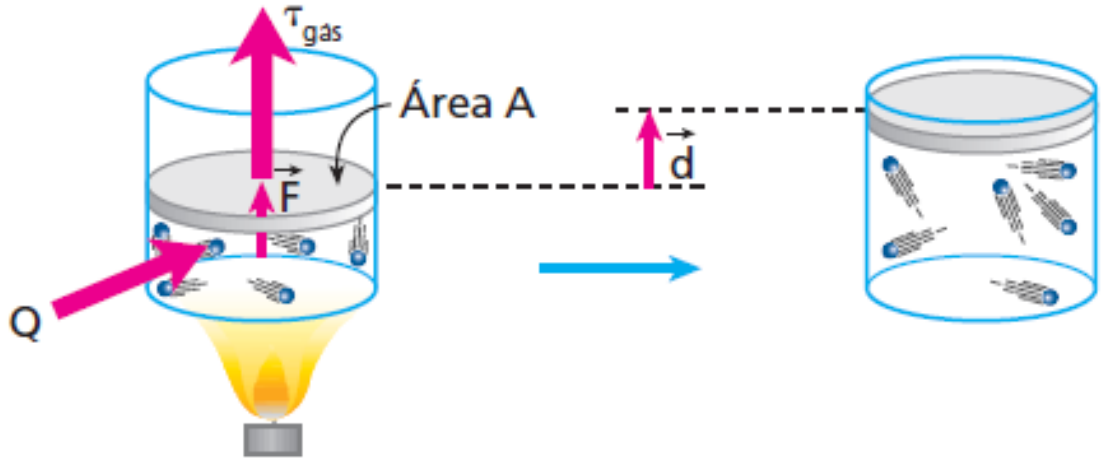
$$\Delta U = Q$$



Transformação Isobárica

a) Quando a temperatura absoluta do sistema aumenta, seu volume também aumenta.

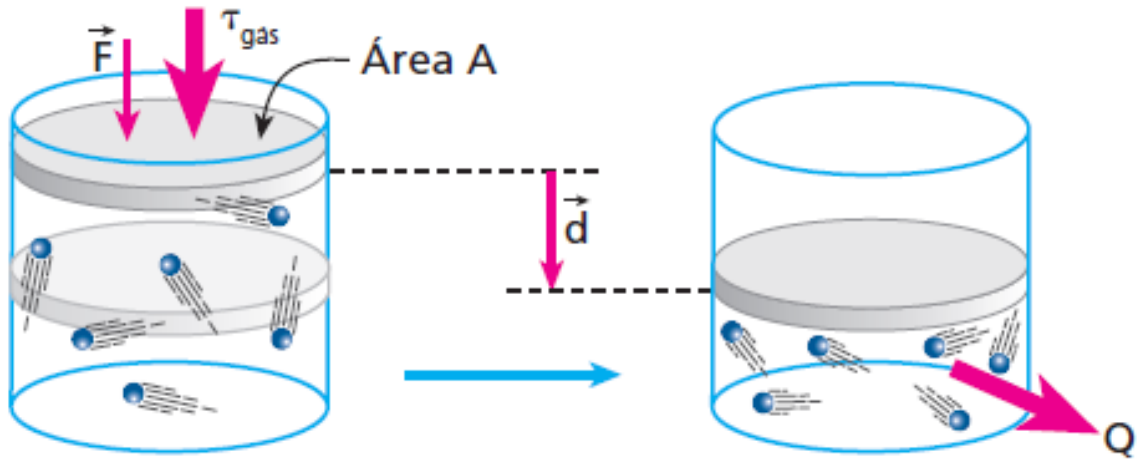
$$\Delta U = Q - \tau_{gás} \text{ ou } Q = \tau_{gás} + \Delta U$$



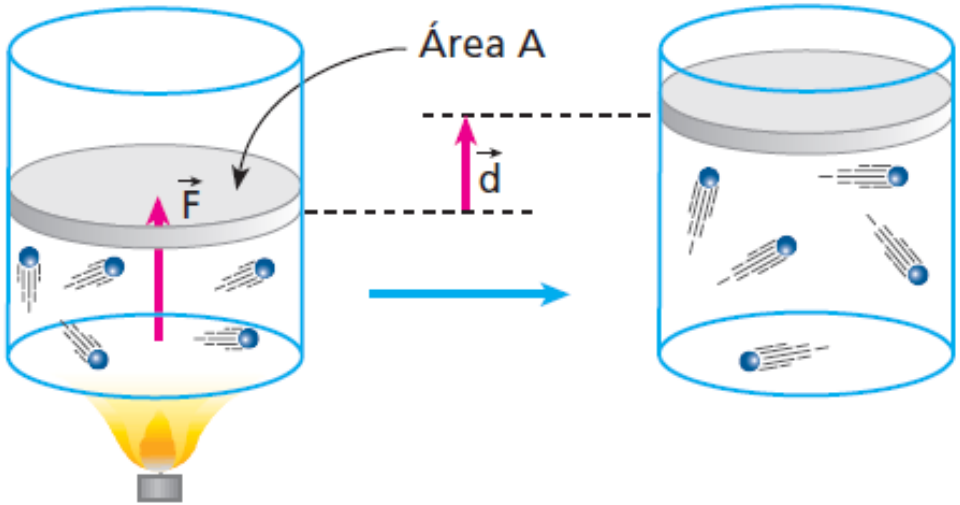
Transformação Isobárica

b) Quando a temperatura absoluta do sistema diminui, seu volume também diminui.

$$\Delta U = Q - \tau_{gás} \text{ ou } Q = \tau_{gás} + \Delta U$$



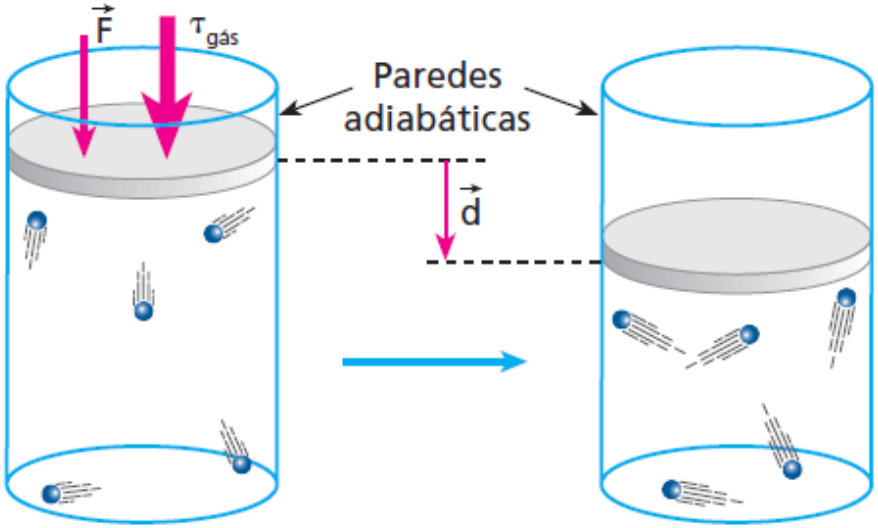
Trabalho de um gás em uma transformação isobárica (τ_p)



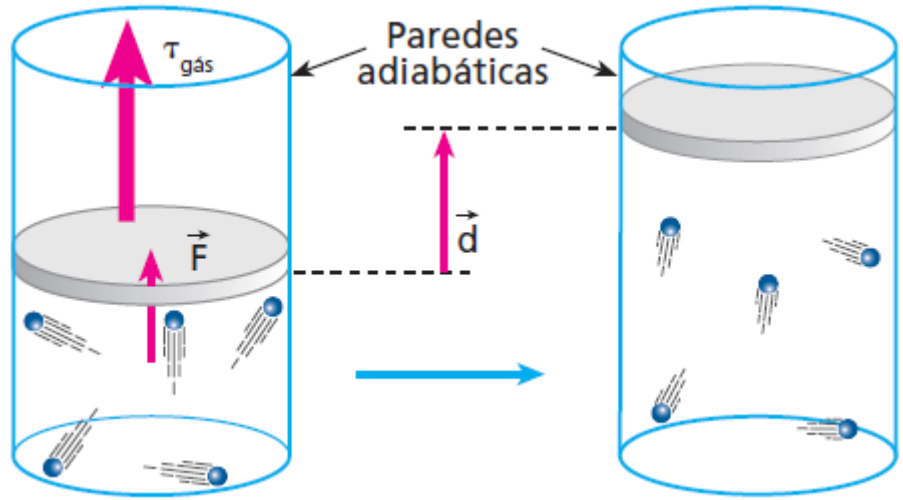
$$\tau_p = p\,\Delta V = n\,R\,\Delta T$$

Transformação Adiabática

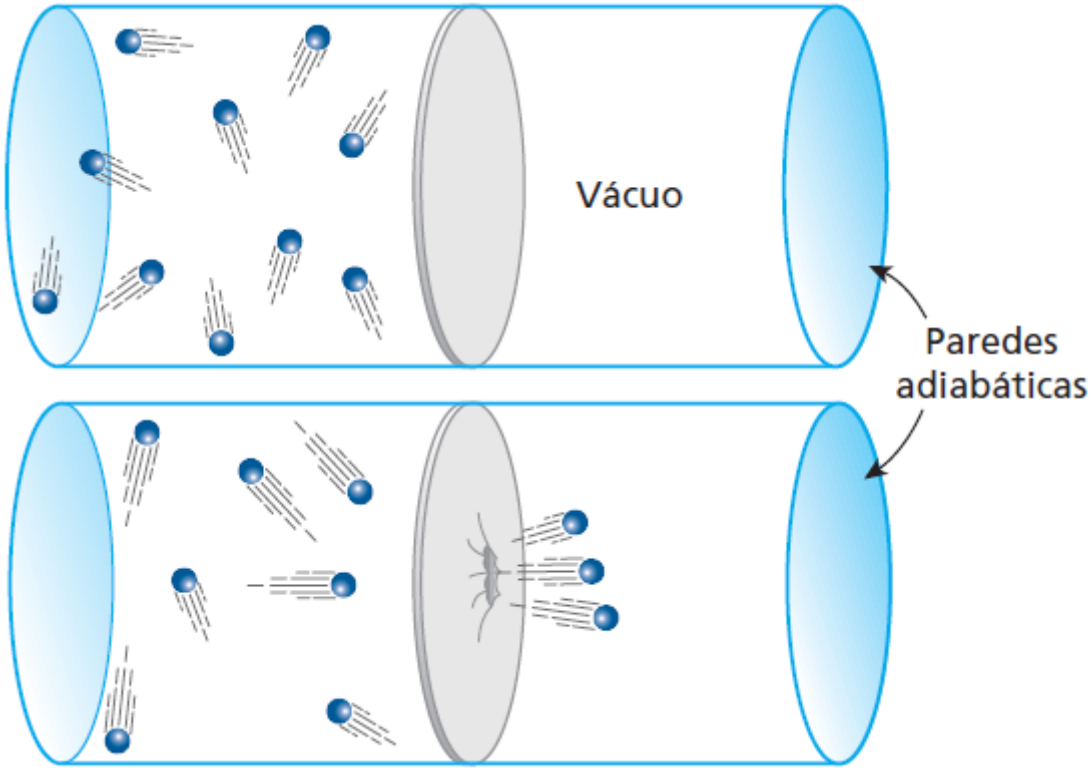
Nas transformações adiabáticas, não há troca de calor entre o sistema e o meio externo.



$$\Delta U = -\tau_{gás}$$

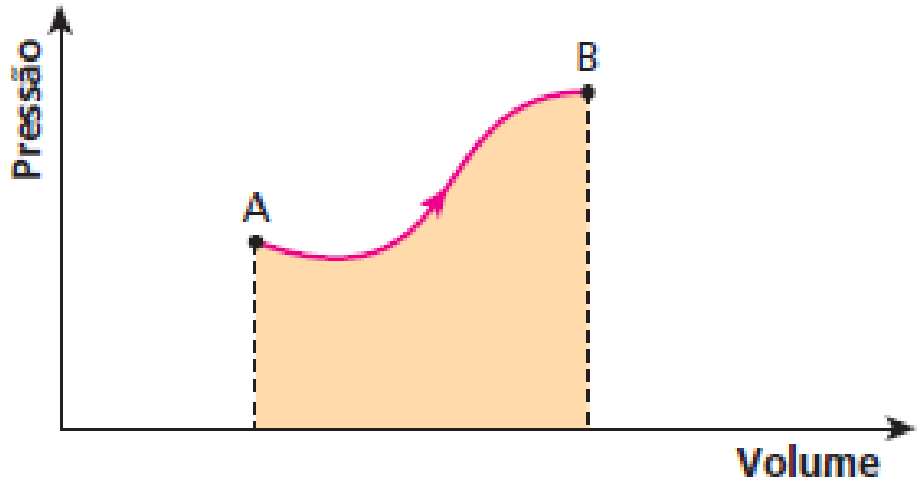


Expansão Livre



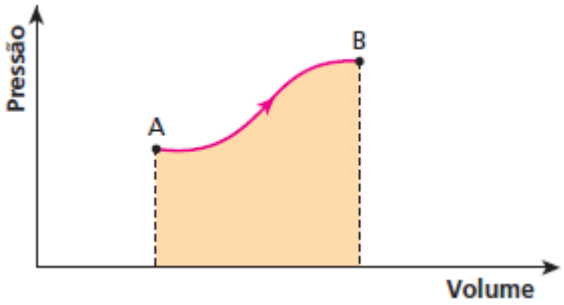
Diagramas Termodinâmicos

- Uma Transformação Aberta



Diagramas Termodinâmicos

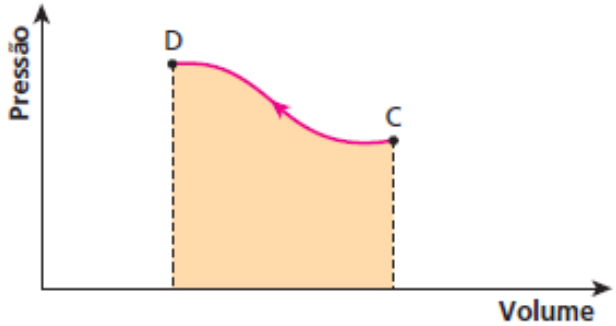
- Uma Transformação Aberta



"Área" = $|\tau_{AB}|$

Atenção:

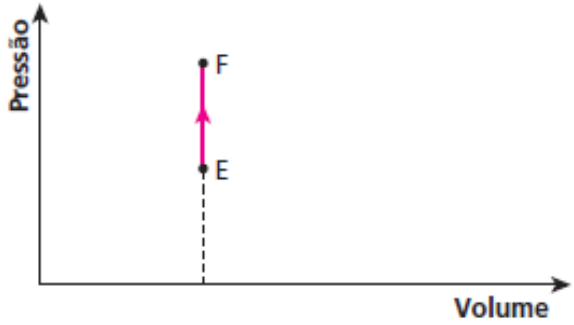
$\tau_{AB} > 0$



"Área" = $|\tau_{CD}|$

Atenção:

$\tau_{CD} < 0$



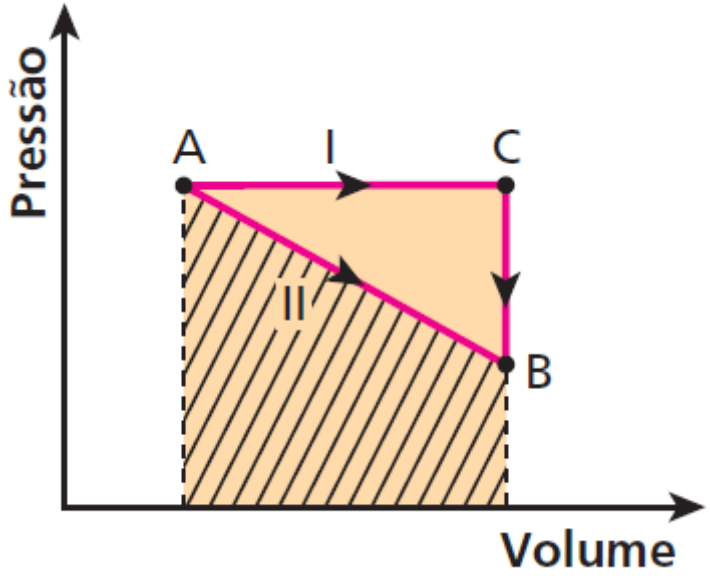
"Área" = 0

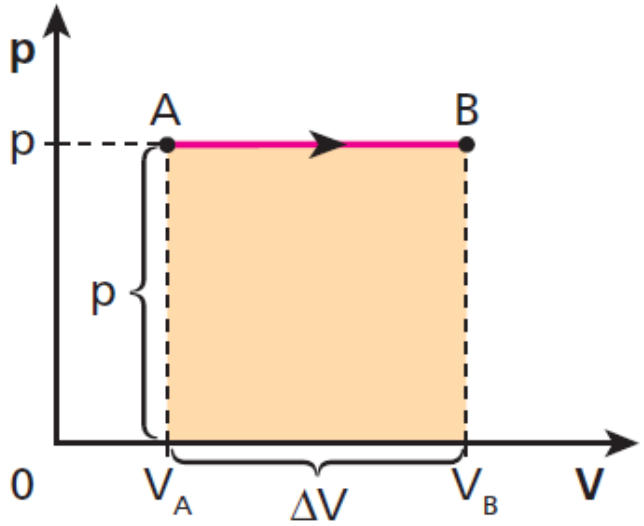
Atenção:

$\tau_{EF} = 0$

Diagramas Termodinâmicos

- Observações





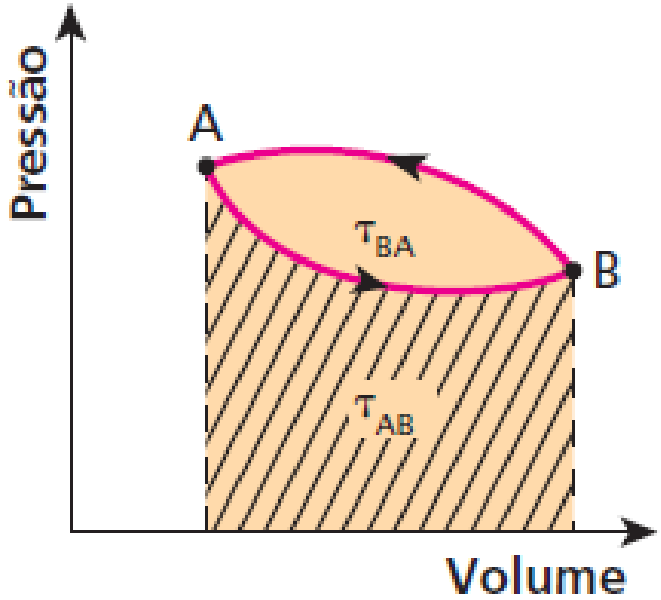
$$\text{“Área”} = p|\Delta V| = |\tau_{AB}|$$

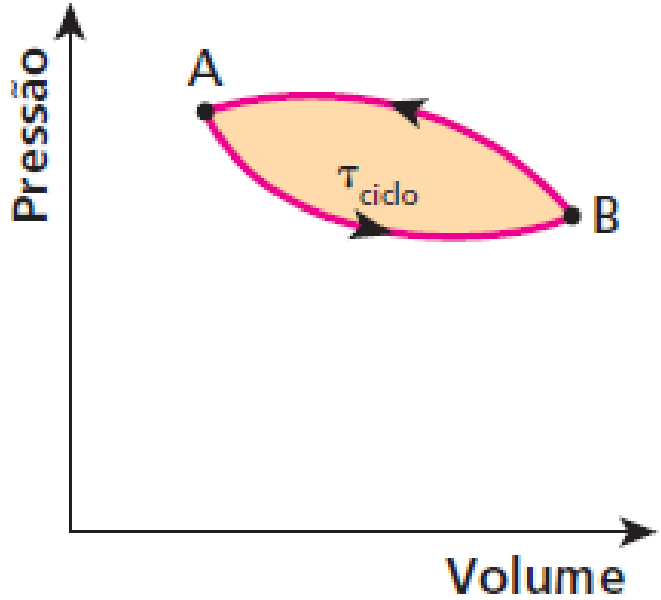
$$\tau_{ACB} > \tau_{AB}$$

$$\tau_{AB} = p\,\Delta V = n\,R\,\Delta T$$

Diagramas Termodinâmicos

- Uma Transformação Cíclica





Calores Específicos dos Gases Perfeitos

- Transformação a Volume Constante

$$Q_V = \Delta U_V$$

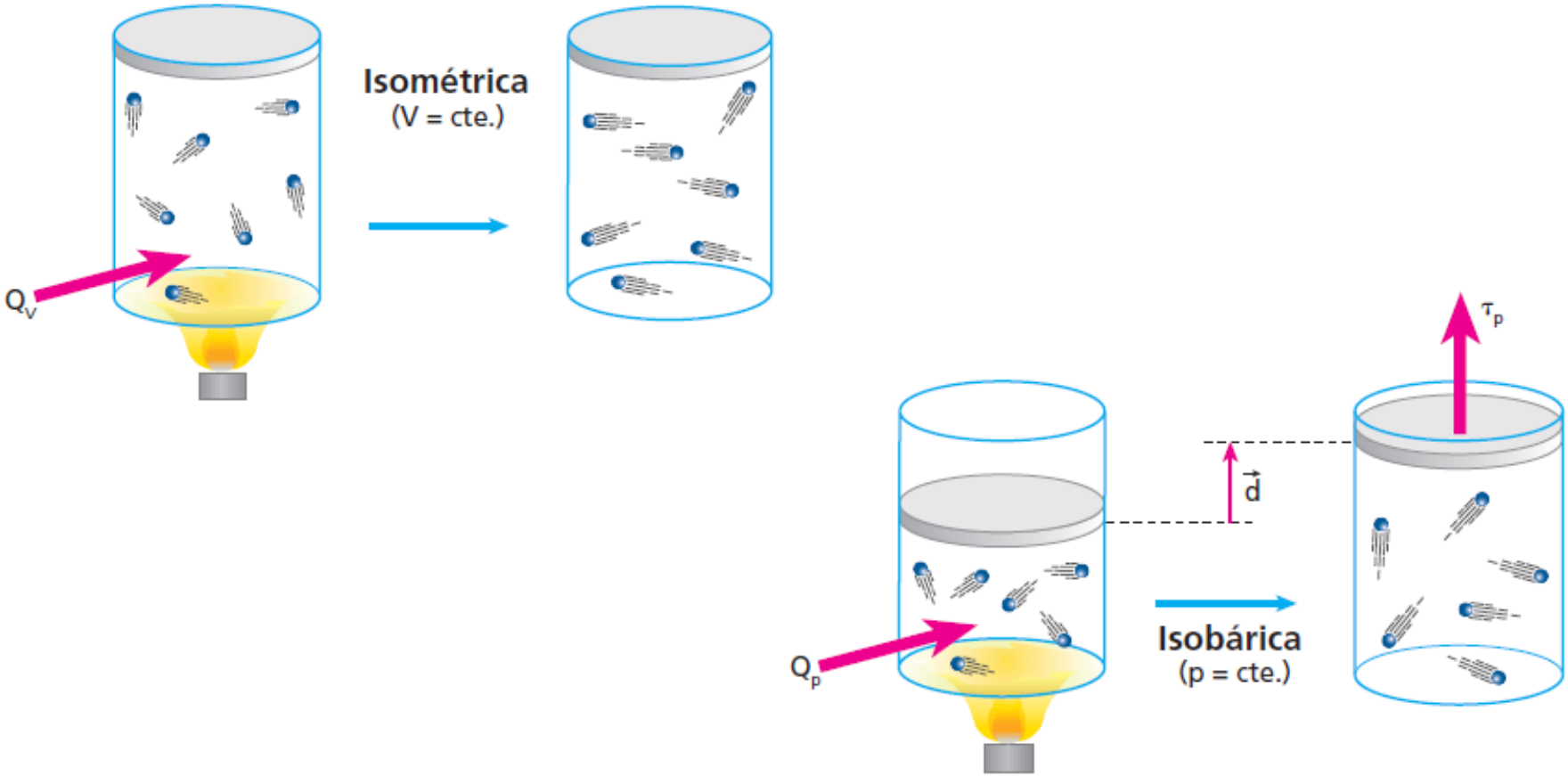
- Transformação a pressão constante

$$Q_p = \tau_p + \Delta U_p$$

- Comparação entre Q_p e Q_V

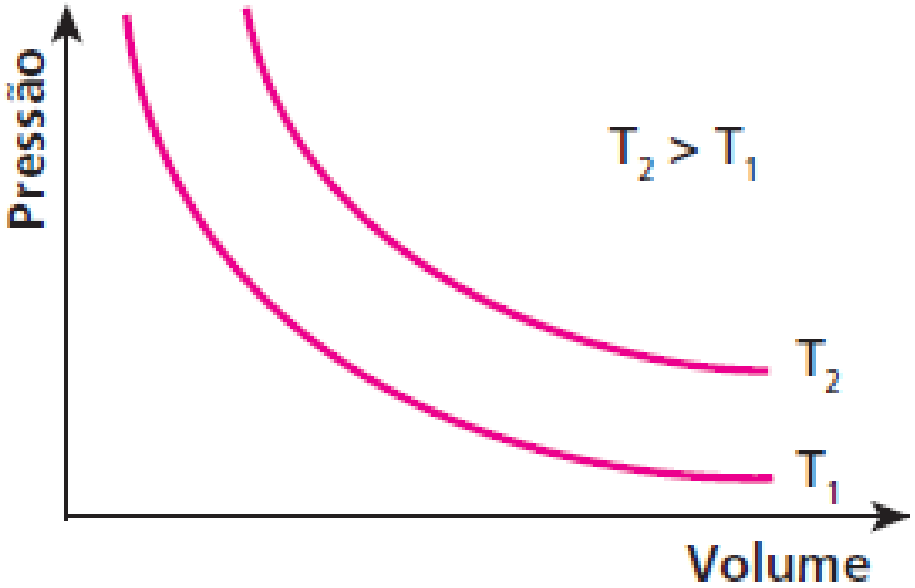
$$\tau_p = Q_p - Q_V$$

Calores Específicos dos Gases Perfeitos



O Gráfico da Adiabática

- Equação de Poisson

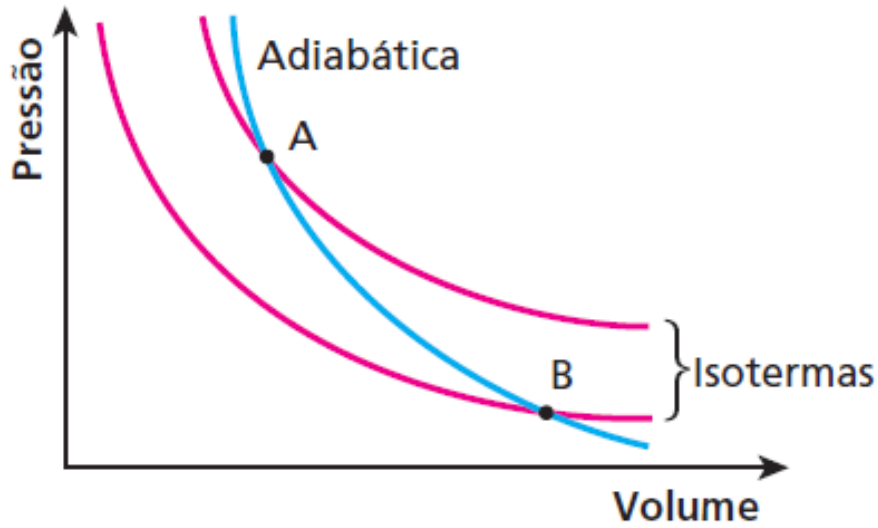


$$pV^{\gamma} = \text{constante}$$

$$\gamma = \frac{c_p}{c_V}$$

O Gráfico da Adiabática

Atomicidade	γ
Monoatômico	≅ 1,7
Diatômico	≅ 1,4
Poliatômico	≅ 1,3



Exercícios

Você já deve ter notado que ao esfregar as mãos durante algum tempo elas ficam mais quentes. Isso ocorre porque:

a) aumenta a circulação do sangue, elevando a produção de calor;

b) o movimento das mãos pode alterar a temperatura do ambiente, devido ao atrito delas com o ar;

c) o trabalho mecânico realizado pelas forças de atrito existentes entre as mãos se transforma em energia térmica, aumentando sua temperatura;

d) durante o movimento, as mãos absorvem energia térmica do ambiente, o que aumenta sua temperatura;

e) a diferença de polaridade existente entre a mão direita e a mão esquerda provoca um aquecimento em ambas.

Exercícios

Dos itens citados a seguir, qual é condição obrigatória para que um gás realize trabalho?

a) Variação na pressão do gás.

b) Variação no volume do gás.

c) Variação na temperatura do gás.

d) Recebimento de calor do meio externo.

e) Ocorrência de uma reação de desintegração nuclear no gás, acompanhada de liberação de energia térmica.

Exercícios

A primeira coluna descreve uma transformação sofrida pelo gás; a segunda contém a denominação utilizada para indicar essa transformação.

(A) O gás realiza trabalho e sua energia interna não varia.
(B) O gás tem sua energia interna aumentada e não troca trabalho com o meio externo.
(C) O gás não troca calor com o meio externo, mas sua temperatura aumenta.
(D) O gás recebe trabalho e sua energia interna não varia.

Exercícios

(1) Compressão isotérmica.
(2) Compressão adiabática.
(3) Aquecimento isométrico.
(4) Expansão isotérmica.

Em qual das alternativas as associações estão corretas?
a) A–1, B–2, C–3 e D–4.
b) A–4, B–2, C–1 e D–3.
c) A–4, B–3, C–2 e D–1.
d) A–3, B–1, C–4 e D–2.
e) A–2, B–4, C–1 e D–4.

Exercícios

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.

Exercícios

A 1ª Lei da Termodinâmica, aplicada a uma transformação gasosa, se refere à:

a) conservação de massa do gás;

b) conservação da quantidade de movimento das partículas do gás;

c) relatividade do movimento de partículas subatômicas, que constituem uma massa de gás;

d) conservação da energia total;

e) expansão e contração do binômio espaço-tempo no movimento das partículas do gás.

Exercícios

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?

Exercícios

Uma porção de gás perfeito está confinada por um êmbolo móvel no interior de um cilindro. Ao receber 20 kcal de calor do meio externo, o êmbolo sobe e o gás realiza um trabalho equivalente a 12 kcal. Aplicando a 1ª Lei da Termodinâmica, determine a variação sofrida pela energia interna desse gás.

Exercícios

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?

Exercícios

Analise as afirmativas a seguir:

(01) Um gás somente pode ser aquecido se receber calor.

(02) Pode-se aquecer um gás realizando-se trabalho sobre ele.

(04) Para esfriar um gás, devemos necessariamente retirar calor dele.

(08) Um gás pode receber calor do meio externo e sua temperatura permanecer constante.

(16) Numa transformação adiabática de um gás, sua temperatura pode diminuir.

Dê como resposta a soma dos números associados às afirmações corretas.

Exercícios

Numa expansão isobárica (pressão constante), o trabalho realizado por um gás é tanto maior quanto:

a) maior a pressão e maior a variação de volume;

b) menor a pressão e maior a variação de volume;

c) maior a pressão e maior o volume;

d) menor a pressão e menor o volume;

e) maior a pressão e menor o volume.

Exercícios

Um gás está confinado em um cilindro provido de um pistão. O gás é então aquecido, e o pistão é mantido fixo na posição inicial. Qual é a alternativa errada?

a) A pressão do gás aumenta.

b) O trabalho realizado pelo gás é cada vez maior.

c) A força que o gás exerce no pistão é cada vez maior.

d) O gás é mantido num volume constante.

e) A energia interna do gás é cada vez maior.

Exercícios

Determinada massa de gás perfeito sofre uma transformação, saindo de um estado inicial A e passando para o estado final B, sem que sua temperatura se altere. Essa transformação pode ser denominada:

a) isobárica;
b) isocórica;
c) isovolumétrica;
d) isotérmica;
e) adiabática.

Exercícios

Numa transformação de um gás perfeito, os estados final e inicial acusaram a mesma energia interna. Certamente:

a) a transformação foi cíclica.

b) a transformação foi isométrica.

c) não houve troca de calor entre o gás e o ambiente.

d) são iguais as temperaturas dos estados inicial e final.

e) não houve troca de trabalho entre o gás e o ambiente.

Exercícios

Analise as proposições dadas a seguir e dê como resposta o somatório dos números que correspondem às afirmativas corretas:

(01) A energia interna de dada massa de gás é função exclusiva de sua temperatura.

(02) Numa expansão isobárica, a quantidade de calor recebida é menor que o trabalho realizado.

(04) Numa transformação isocórica, a variação de energia interna do gás é igual à quantidade de calor trocada com o meio exterior.

(08) Numa transformação adiabática, o gás não troca trabalho com o meio externo.

(16) A energia interna de um sistema gasoso só não varia nas transformações adiabáticas.

(32) Numa expansão isobárica, a temperatura do gás aumenta.

Exercícios

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

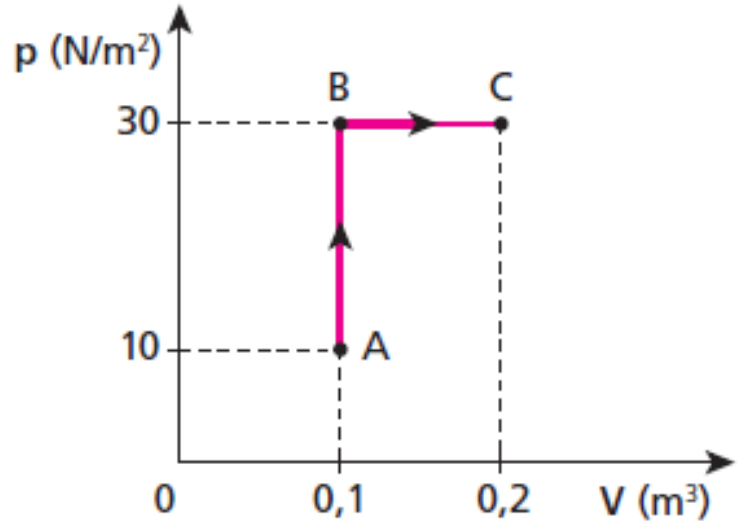
Exercícios

Um sistema gasoso ideal sofre uma transformação isobárica de pressão igual a $5 \cdot 10^4$ N/m^2. Seu volume evolui de 3 L para 6 L. Determine o trabalho trocado com o meio externo.

Dado: 1 L = 1 dm^3 = 10^{-3} m^3

Exercícios

Um gás perfeito passa do estado representado por A, no gráfico, para os estados representados por B e C:

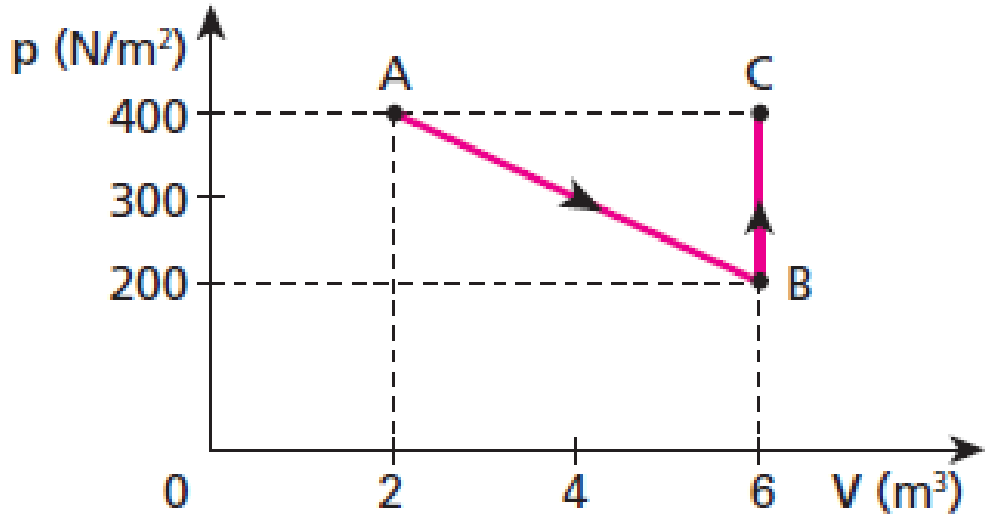


Determine o trabalho realizado pelo gás, em joules, nas transformações:

a) A para B;
b) B para C;
c) ABC.

Exercícios

Um gás perfeito sofre a transformação ABC indicada no diagrama pressão (p) x volume (V) a seguir:

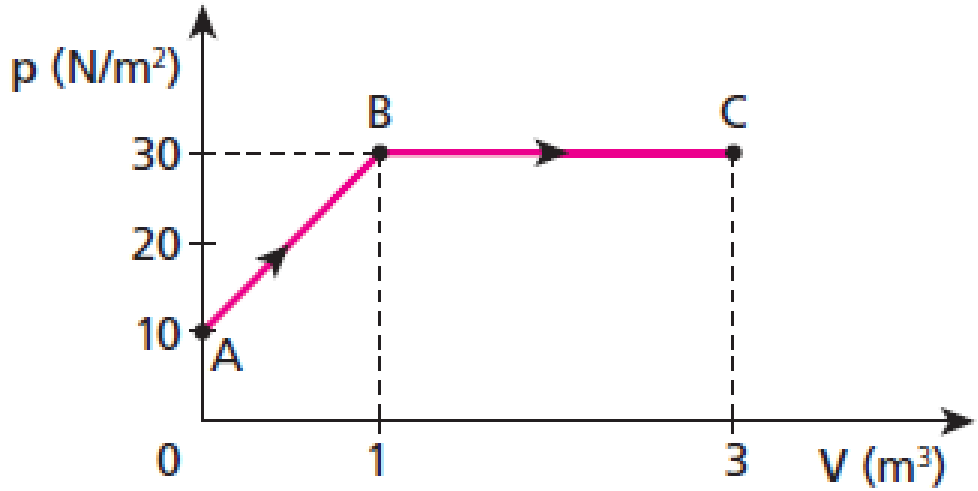


Determine o trabalho do sistema nas transformações:

a) A para B;
b) B para C;
c) ABC.

Exercícios

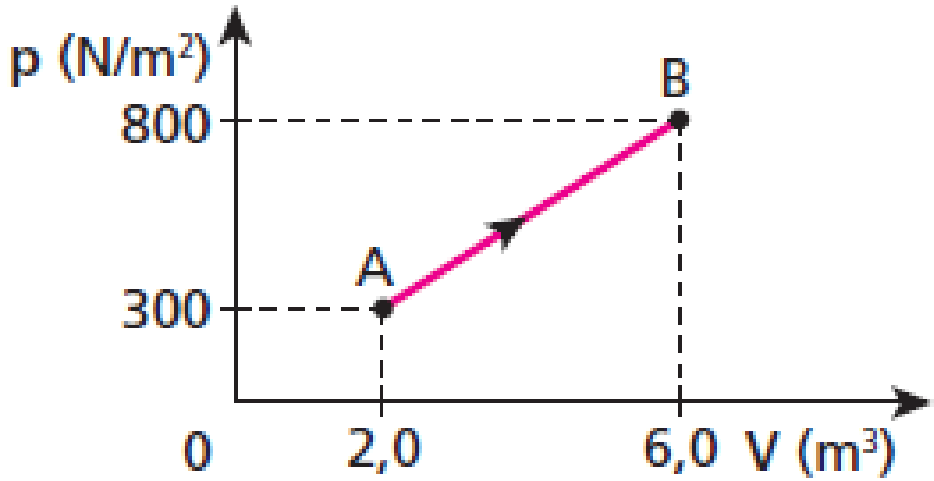
O gráfico pressão (p) x volume (V) representa as transformações AB e BC experimentadas por um gás ideal:



Qual o trabalho mecânico realizado pelo gás durante a expansão de A até C? Dê a resposta em joules.

Exercícios

Um sistema termodinâmico constituído de certa massa de gás perfeito recebe calor de uma fonte térmica, num total de 8 500 J. Em consequência, o gás se expande, sofrendo a transformação AB representada no diagrama pressão (p) x volume (V) a seguir:



Exercícios

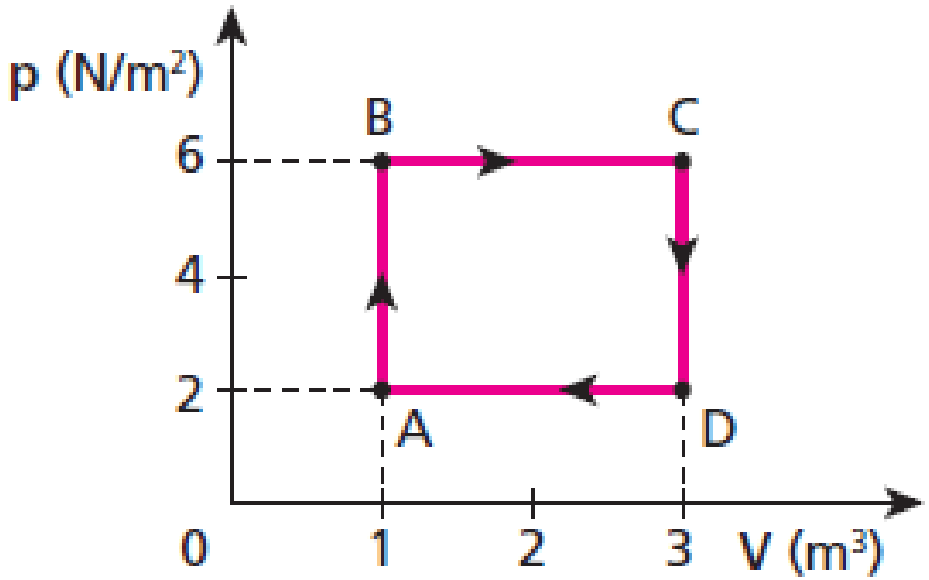
A respeito da transformação AB, responda:

a) Qual é o trabalho do sistema? É trabalho realizado ou recebido? Justifique.

b) Qual é a variação de energia interna? A energia interna aumentou ou diminuiu? Justifique.

Exercícios

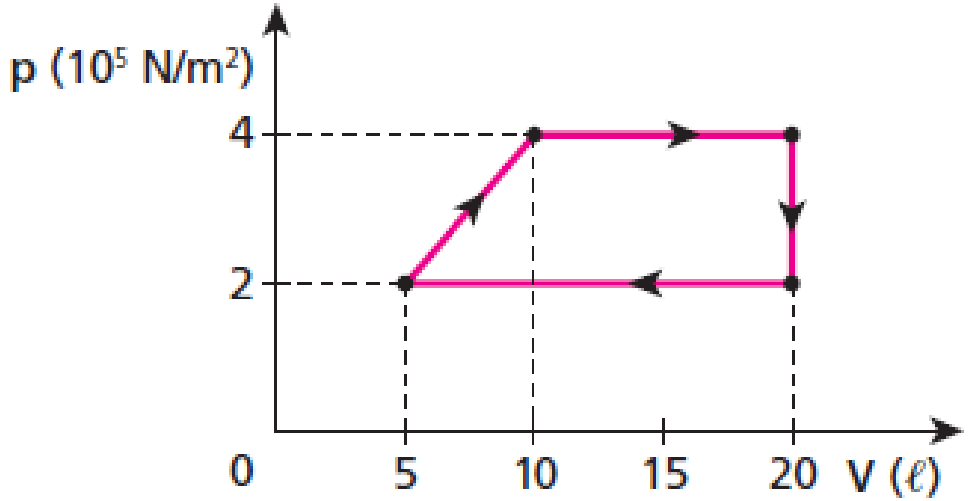
Uma amostra de gás perfeito sofre uma transformação cíclica ABCDA, conforme está representado no diagrama.



Qual o trabalho, em joules, realizado pelo gás?

Exercícios

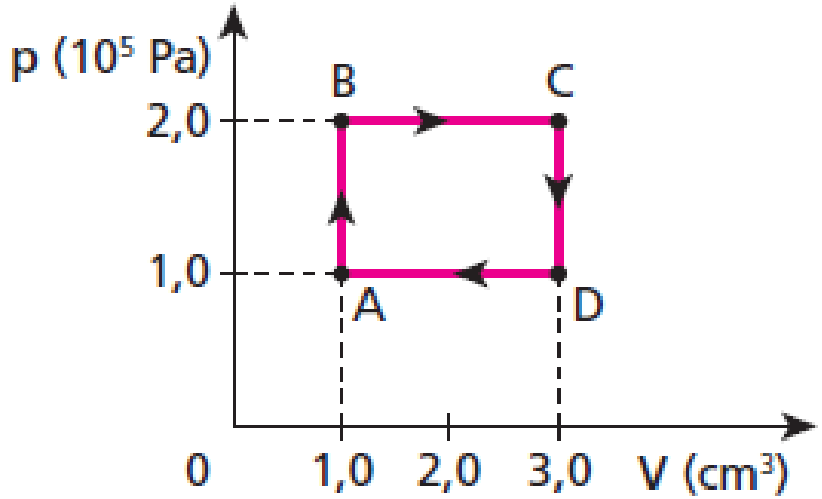
A transformação cíclica representada no diagrama a seguir mostra o que ocorreu com uma massa de gás perfeito.



Qual o trabalho realizado por esse gás em cada ciclo? Dê a resposta em joules.

Exercícios

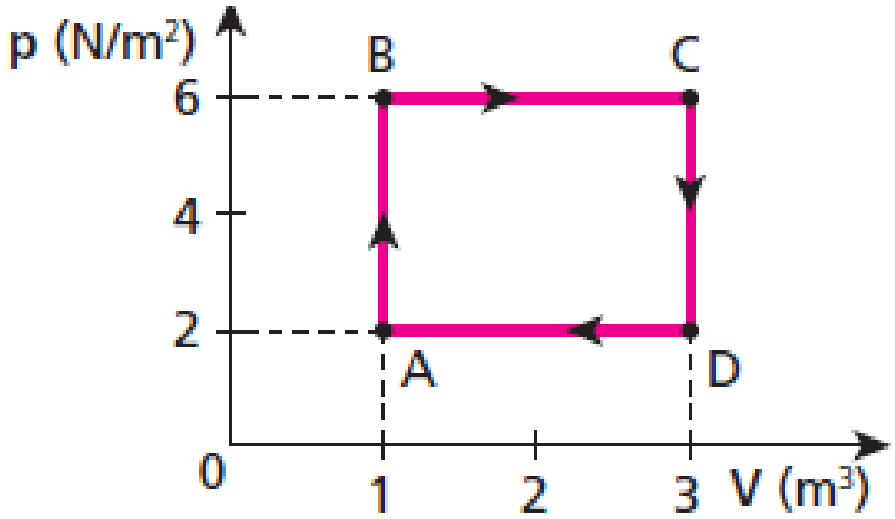
Um sistema termodinâmico, constituído de certa massa de gás perfeito, realiza a cada segundo 100 ciclos ABCDA. O diagrama a seguir mostra a evolução de um ciclo ABCDA.



Qual a potência desse sistema? Dê a resposta na unidade watt.

Exercícios

Um gás perfeito desenvolve uma transformação cíclica ABCDA, como mostra a figura:



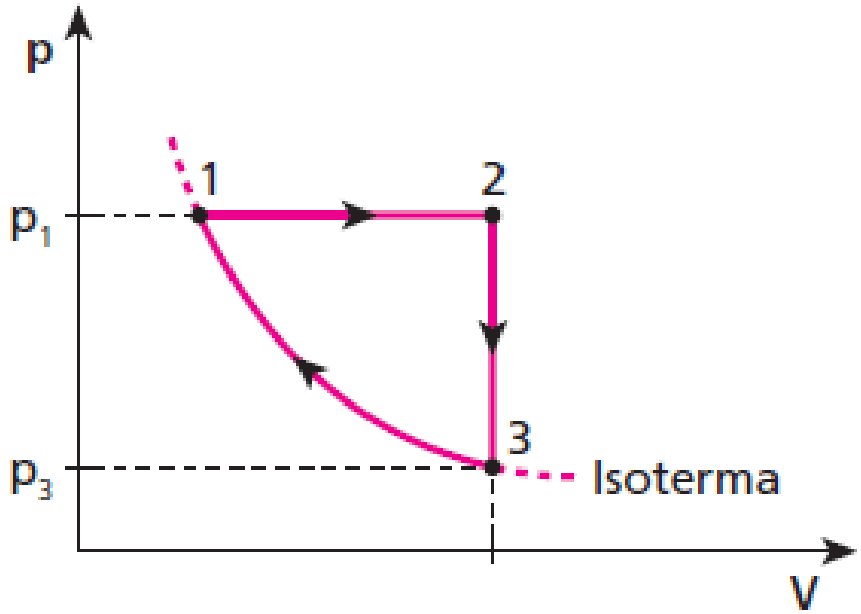
Determine:

a) o trabalho, em joules, realizado pelo gás no ciclo ABCDA;

b) o ponto do ciclo em que a energia interna do sistema é máxima e o ponto onde é mínima.

Exercícios

Um motor, constituído por cilindro e êmbolo, contém 10 g de um gás perfeito, cujas transformações estão esquematizadas na figura:



Exercícios

São dados, para o gás, os calores específicos sob volume constante, c_V = 0,20 cal/g K, e sob pressão constante, c_p = 0,34 cal/g K; a temperatura T_1 = 300 K; as pressões p_1 = 4,0 atm e p_3 = 1,0 atm. Determine:

a) a temperatura T_2;

b) a energia trocada na transformação entre os estados 2 e 3.

Exercícios

Uma amostra de 60 g de gás perfeito foi aquecida isometricamente, tendo sua temperatura variado de 200 K para 230 K. O calor específico a volume constante desse gás é igual a 0,25 cal/g K e o calor específico a pressão constante é 0,32 cal/g K. Determine:

a) o trabalho realizado por esse gás;

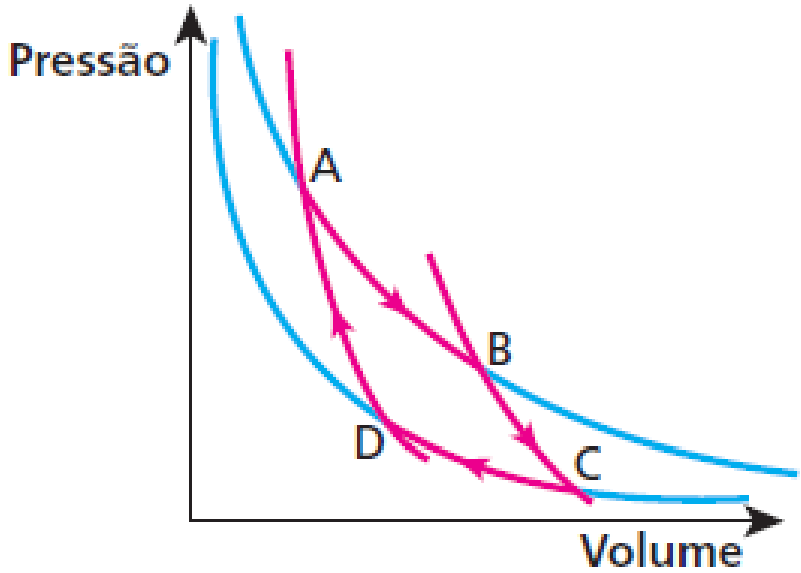
b) a variação da energia interna desse gás.

Exercícios

Considere a equação $C_p - C_V = R$, em que R é a constante universal dos gases e C_p e C_V são, respectivamente, os calores específicos molares de um gás perfeito a pressão e a volume constantes. Para um gás ideal monoatômico, $C_p = 5R/2$. Então, quanto vale o expoente de Poisson desse gás, dado por $\gamma = C_p/C_V$?

Exercícios

No gráfico abaixo está representada a evolução de um gás ideal segundo o ciclo de Carnot.



Exercícios

Com relação ao comportamento do gás, é correto afirmar:

a) A temperatura no ponto A é maior que no ponto B.

b) No trajeto BC, o gás cedeu calor para a fonte fria.

c) No trajeto DA, o trabalho realizado é negativo.

d) A temperatura no ponto C é maior que no ponto B.

e) No trajeto CD, o gás recebeu calor.