

ESTUDO DOS GASES

Prof. Felipe Nascimento

Constantes de um Gás

- **Massa do Gás (m):** é a quantidade de matéria que a amostra de gás possui;
- **Massa Molar (M):** é a quantidade de matéria de um mol ($6 \cdot 10^{23}$ moléculas) do gás.
- **Número de mols (n):**

$$n = \frac{m}{M}$$

Variáveis de um Gás

- **Temperatura (T):** é a medida da agitação das moléculas que constituem o gás e deve ser medida em kelvin.
- **Volume (V):** é o espaço ocupado pelo gás, ou seja, é o volume do recipiente que o contém.

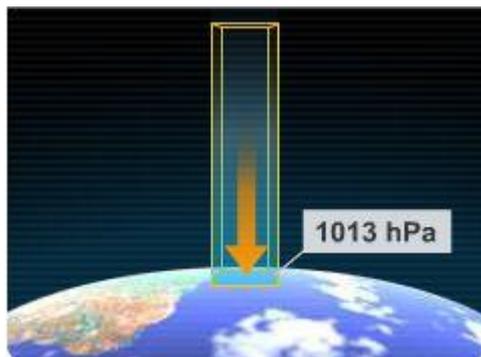
Variáveis de um Gás

- **Pressão (p):** é a pressão exercida pelo gás sobre as paredes do recipiente que o contém.

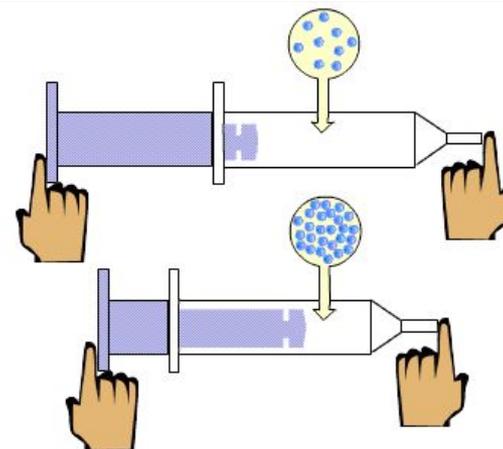
$$p = \frac{\textit{Força}}{\textit{Área}}$$

Propriedades dos Gases

Os gases possuem massa



O volume dos gases varia muito com a pressão



Os gases ocupam todo o volume do recipiente



O volume dos gases varia muito com a temperatura

Equação de Clapeyron

$$p.V = n.R.T$$

$p \rightarrow$ pressão do gás

$V \rightarrow$ volume do gás

$n \rightarrow$ número de mols

$R \rightarrow$ constante universal dos gases

$T \rightarrow$ temperatura absoluta

Unidades de Medida

- $[p] = \text{Pa}$ (pascal)
- $[V] = \text{m}^3$ (metro cúbico)
- $[n] = \text{mol}$
- $[T] = \text{K}$ (kelvin)
- $R = 8,31 \text{ J/mol.K}$

Lei Geral dos Gases

Estado A

- Pressão: p_A
- Volume: V_A
- Temperatura: T_A



Estado B

- Pressão: p_B
- Volume: V_B
- Temperatura: T_B

$$\frac{p_A \cdot V_A}{T_A} = \frac{p_B \cdot V_B}{T_B}$$

(UFMG) Gabriela segura um balão com gás hélio durante uma viagem do Rio de Janeiro até o pico das Agulhas Negras.

No Rio de Janeiro, o volume do balão era V_0 , e o gás estava à pressão p_0 e à temperatura T_0 , medida em kelvin. Ao chegar ao pico, porém, Gabriela observa que o volume do balão passa a ser $6/5 V_0$ e a temperatura do gás, $9/10 T_0$.

Com base nessas informações, é correto afirmar que, no pico das Agulhas Negras, a pressão do gás, no interior do balão, é:

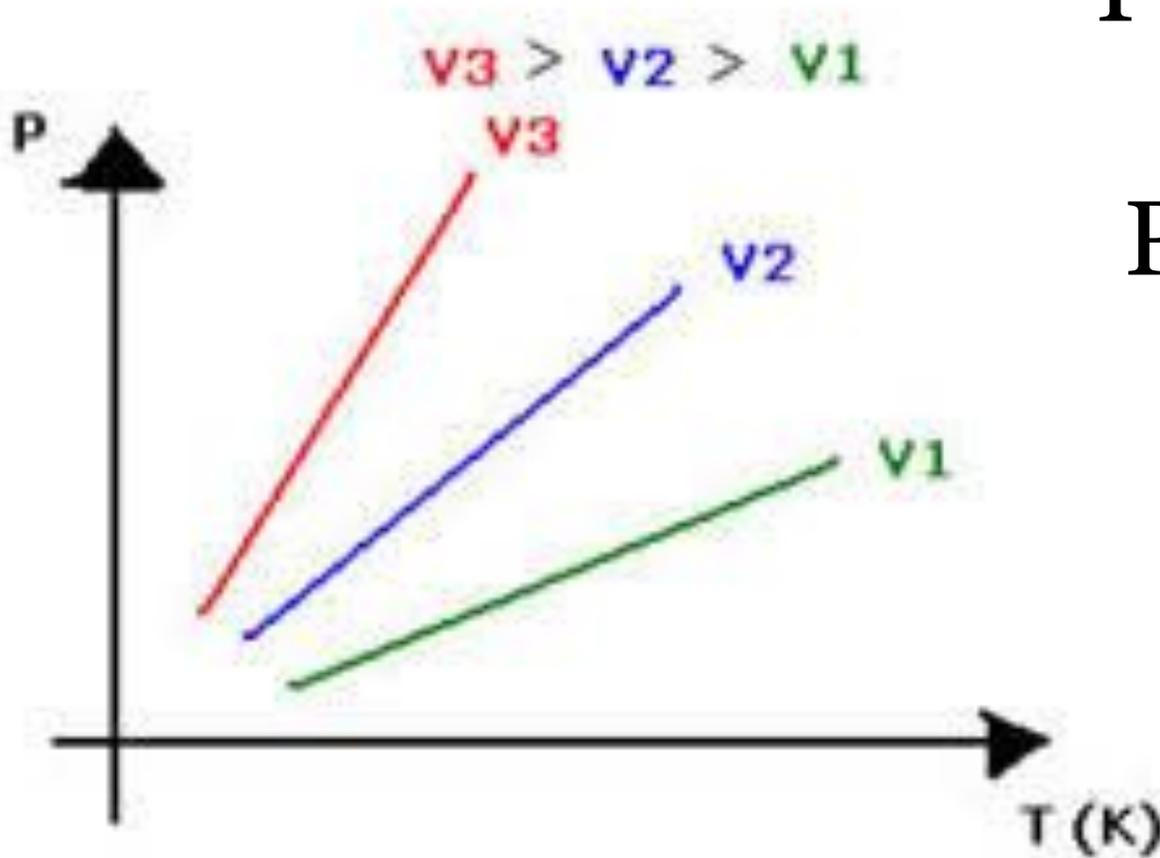
a) p_0 .

b) $3/4 p_0$.

c) $5/6 p_0$.

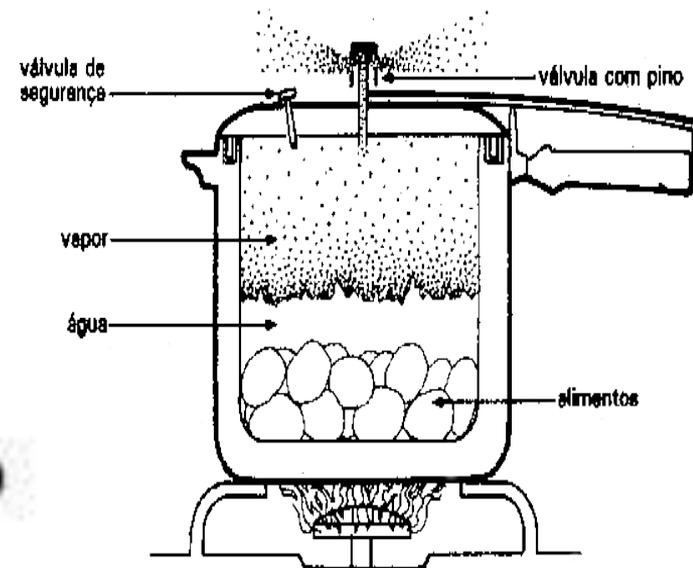
d) $9/10 p_0$.

Transformação Isocórica



$$P \propto T \Rightarrow P/T = \text{cte,}$$

$$P_1/T_1 = P_2/T_2$$

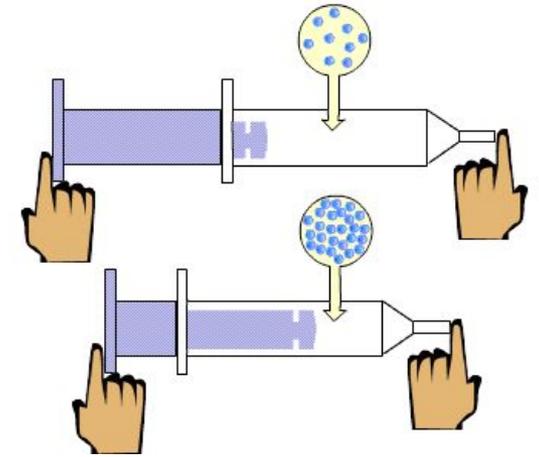
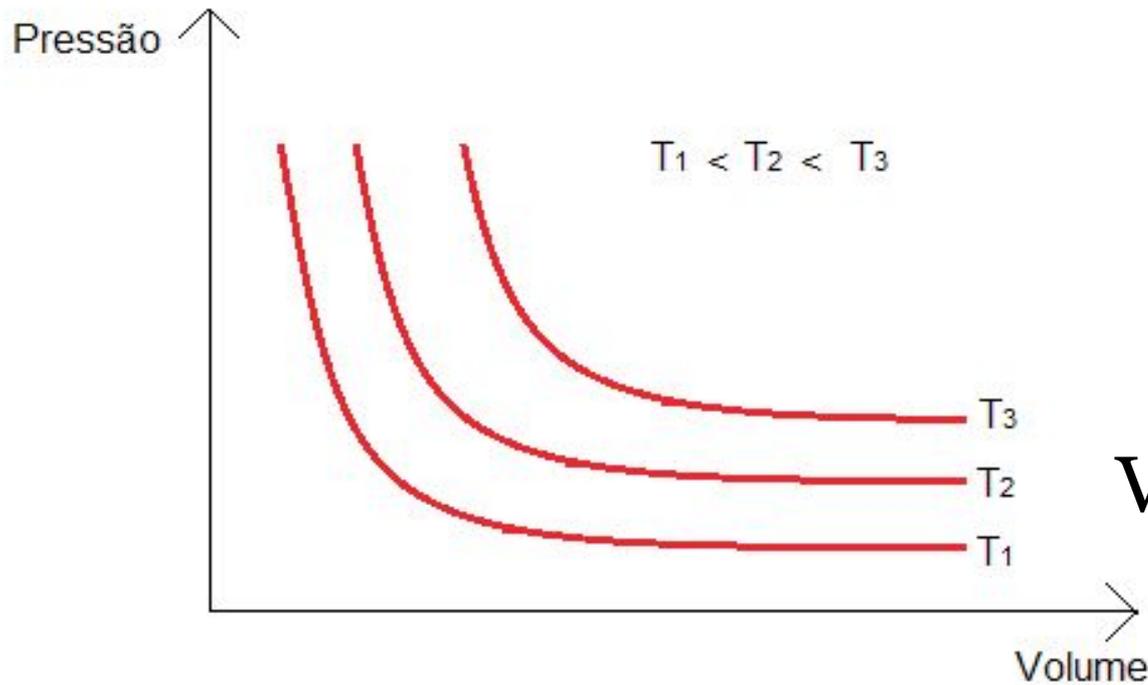


(UPM-SP) Uma determinada massa fixa de gás contida num balão encontra-se inicialmente em CNTP. Numa transformação isovolumétrica, sabendo-se que a pressão máxima interna permitida pelo balão é de 3,0 atm, se dobrarmos a temperatura absoluta inicial, a pressão final do gás e o efeito sobre o balão serão:

- a) 2,0 atm e o balão não estoura.**
- b) 1,5 atm e o balão não estoura.**
- c) 2,0 atm e o balão estoura.**
- d) 1,0 atm e o balão não estoura.**
- e) 3,0 atm e o balão estoura.**

Transformação Isotérmica

Diagrama pV



$$V \propto 1/P \Rightarrow PV = \text{cte},$$

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

“Sob temperatura constante, o volume ocupado por determinada massa gasosa é **inversamente proporcional** a sua pressão”

Você brincou de encher, com ar, um balão de gás, na beira da praia, até um volume de 1 L e o fechou. Em seguida, subiu uma encosta próxima carregando o balão, até uma altitude de 900 m, onde a pressão atmosférica é 10% menor do que a pressão ao nível do mar. Considerando-se que a temperatura na praia e na encosta seja a mesma, o volume de ar no balão, em L, após a subida, será de:

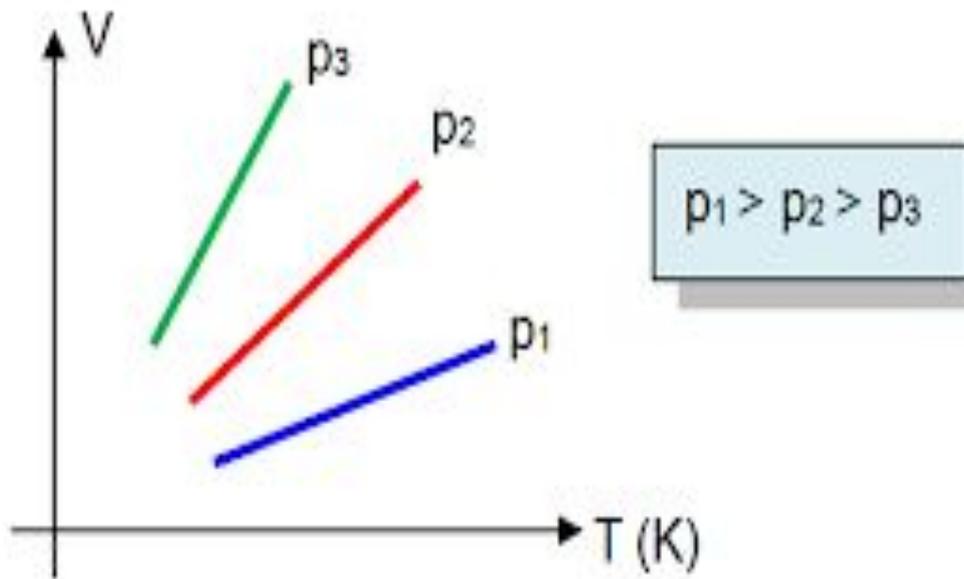
- a) 0,8 b) 0,9 c) 1,0 d) 1,1 e) 1,2

Um mergulhador está no fundo de um lago, onde a pressão que ele sente é de 2,2 atm. Devido à sua respiração, utilizando equipamentos de mergulho, solta uma bolha de ar com volume de 4,0 cm³. Essa bolha sobe até a superfície, onde a pressão atmosférica é de 1 atm, mantendo a sua massa e a temperatura constantes.

Então: a) Que tipo de transformação gasosa acontece na ascensão da bolha até a tona?

b) Calcule o volume da bolha no fim da subida através da água.

Transformação Isobárica



$$V \propto T \Rightarrow V/T = \text{cte}$$

$$V_1/T_1 = V_2/T_2$$

“Sob pressão constante, o volume ocupado por determinada massa gasosa é **diretamente proporcional** a sua temperatura absoluta”

(Unirio-RJ) O uso do amoníaco, NH_3 , nos cigarros aumenta o impacto e o efeito da nicotina. [...] “com esse estudo confirmamos o que antes desconfiávamos: as empresas manipulam a quantidade de amoníaco com o propósito de reforçar a nicotina, disse o deputado Henry Waxman (EUA)”.

Jornal do Brasil, 31 de julho de 1997.

Suponha que uma amostra de cigarro contenha 5 mL de NH_3 , a 27°C . Se aquecermos o cigarro a 627°C , mantendo a pressão constante, o volume de NH_3 , em L, será de:

- a) 150 b) 15 c) 0,15 d) 0,015 e) 0,0015

ITA - 2020

Um recipiente isolado é dividido em duas partes. A região A, com volume V_A , contém um gás ideal a uma temperatura T_A . Na região B, com volume $V_B = 2V_A$, faz-se vácuo. Ao abrir um pequeno orifício entre as regiões, o gás da região A começa a ocupar a região B. Considerando que não há troca de calor entre o gás e o recipiente, a temperatura de equilíbrio final do sistema é

Alternativas

A $T_A/3$.

B $T_A/2$.

C T_A

D $2T_A$.

E $3T_A$.

EAM - 2020

Um carro-tanque, cujo volume é de 24 m^3 transporta um certo gás, mantendo a temperatura constante de $20 \text{ }^\circ\text{C}$, a uma pressão de 2 atm . Chegando ao seu destino, o gás foi transferido para um reservatório de 60 m^3 , mantido a uma temperatura de 293 K . Assim, é correto afirmar que:

Alternativas

Ao gás sofreu uma transformação isotérmica.

Bo gás sofreu uma transformação isocória.

Co gás sofreu uma transformação isobárica.

Da pressão passou a ser de 1 atm

Ea temperatura do gás sofreu uma grande alteração.

EFOMM

Um balão de volume $V = 50 \text{ l}$ está cheio de gás hélio e amarrado por uma corda de massa desprezível a um pequeno objeto de massa m . Esse balão encontra-se em um ambiente onde a temperatura é de $27 \text{ }^\circ\text{C}$ e a pressão vale 1 atm . Considerando-se que a pressão no interior do balão seja de 2 atm e que o gás está em equilíbrio térmico com o exterior, qual deve ser o menor valor possível da massa m , para que o balão permaneça em repouso? (Dados: Massa molar do ar = $29,0 \text{ g/mol}$; massa molar do gás Hélio = $4,0 \text{ g/mol}$; constante universal dos gases $R = 0,082 \text{ atm.l/mol.K}$; considere a massa do material que reveste o balão desprezível e todos os gases envolvidos no problema gases ideais.)

Alternativas

A 16 g

B 22 g

C 29 g

Pressão de um Gás

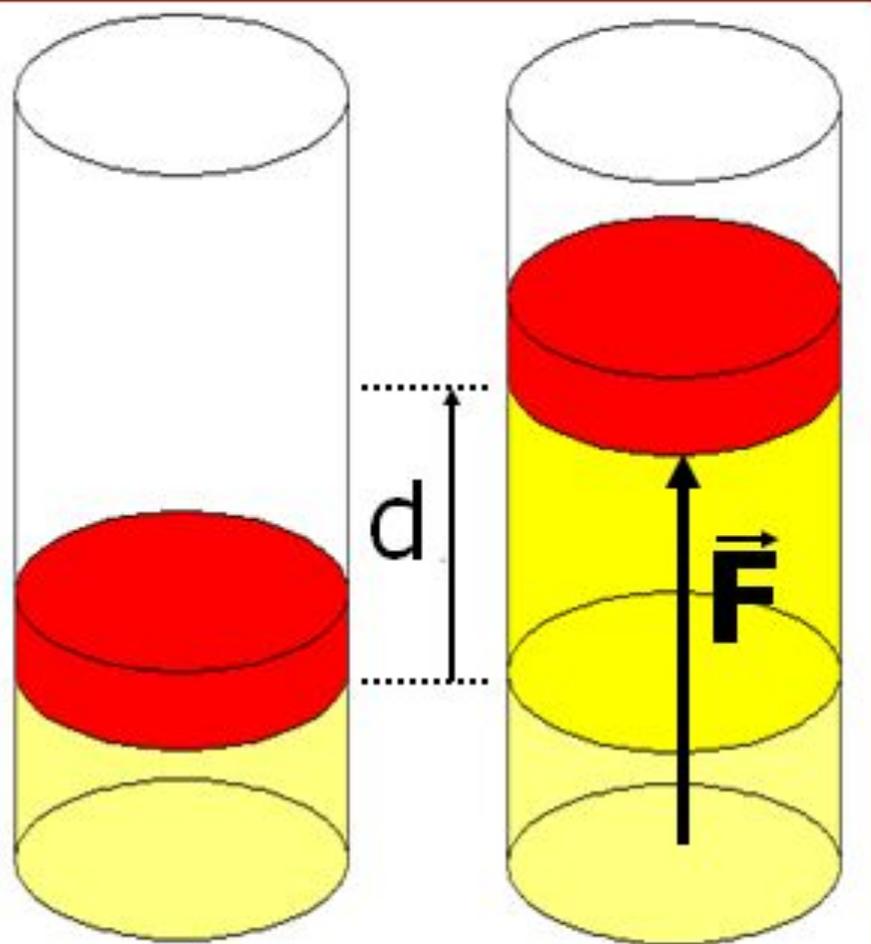
A pressão de um gás contido num recipiente deve-se às colisões que as moléculas efetuam contra as paredes do recipiente.

$$p = \frac{F}{Área}$$



$$F = p \cdot Área$$

Transformação Isobárica (Pressão Constante)



$$\tau = F \cdot d$$

$$\tau = p \cdot \text{Área} \cdot d$$

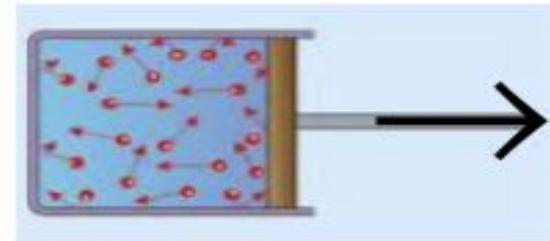


$$\tau = p \cdot \Delta V$$

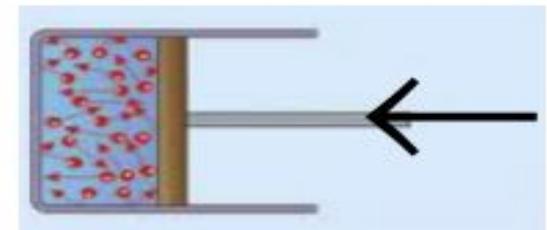
Termodinâmica: Trabalho de um gás

Trabalho realizado por um gás

- Quanto um gás se **expande** ele realiza trabalho sobre o meio
 - O trabalho é **positivo**
- Quanto um gás é **comprimido**, o meio realiza um trabalho sobre ele
 - O trabalho é **negativo**
- Quanto **não há variação de volume**, não há trabalho
 - O trabalho é igual a **zero**



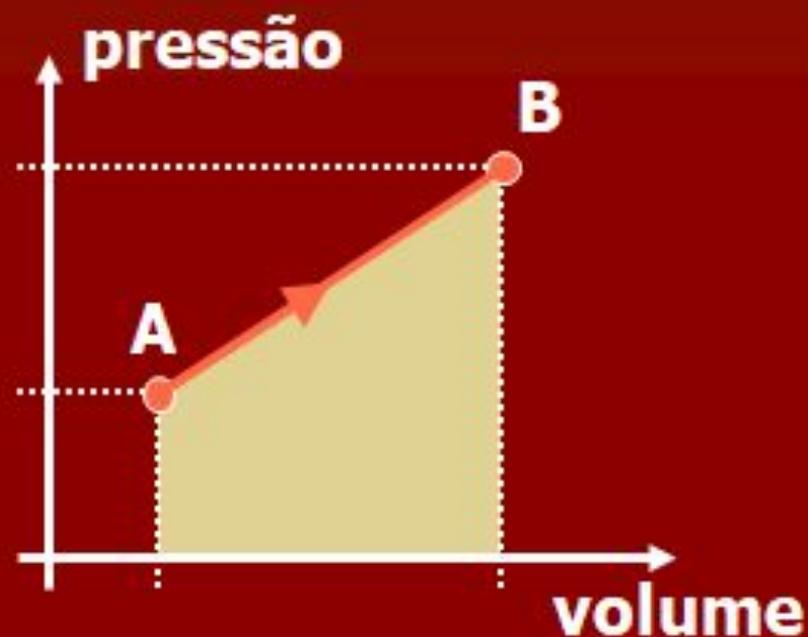
$$W > 0$$



$$W < 0$$

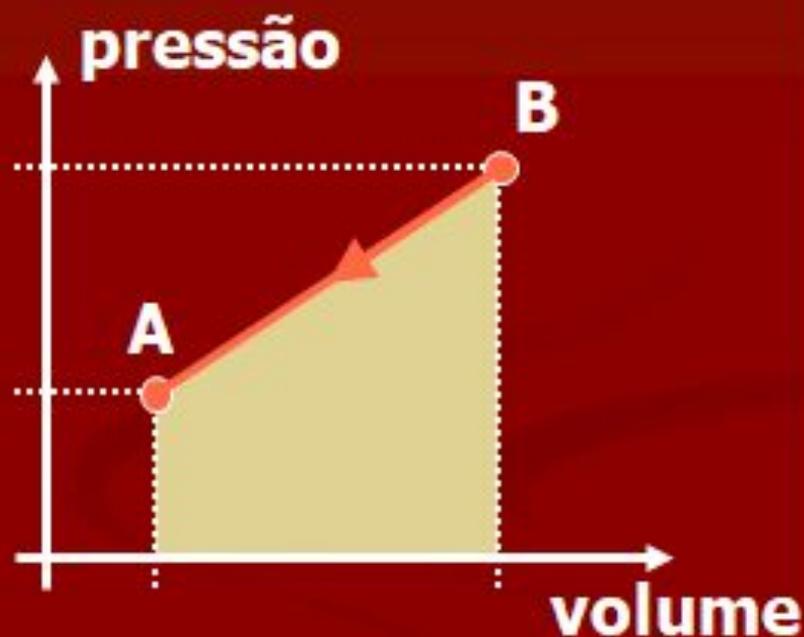
Transformação Qualquer

Expansão do Gás



$$\tau = +Área$$

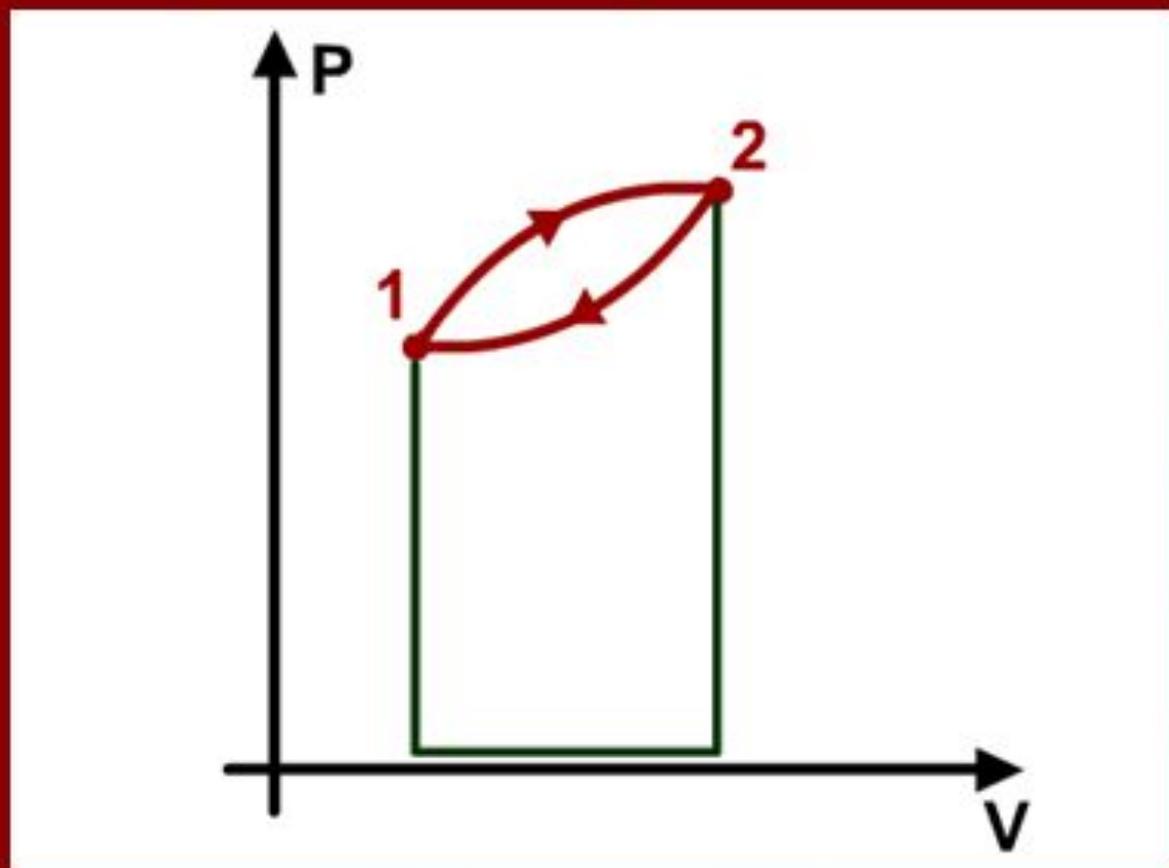
Compressão do Gás



$$\tau = -Área$$

Transformação Cíclica

É uma transformação no qual o gás retorna para a situação inicial.



Sinal do Trabalho no Ciclo

- Ciclo Horário $\rightarrow \tau +$
- Ciclo Anti-Horário $\rightarrow \tau -$

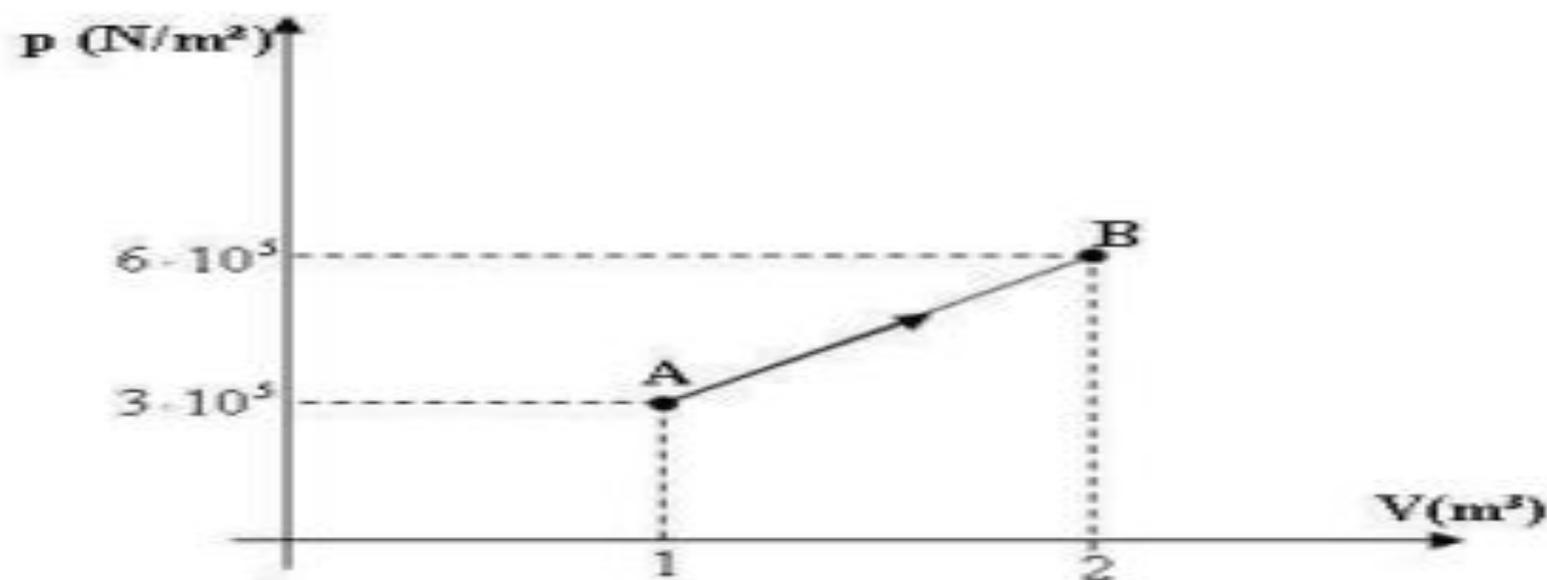
Termodinâmica: Energia interna

Energia interna de um gás ideal

- A matéria é constituída de moléculas e estas são partículas que possuem energia cinética e energia potencial
- A **energia interna** é simplesmente é a soma das energias cinética e potencial de todas suas partículas, e é dada por:

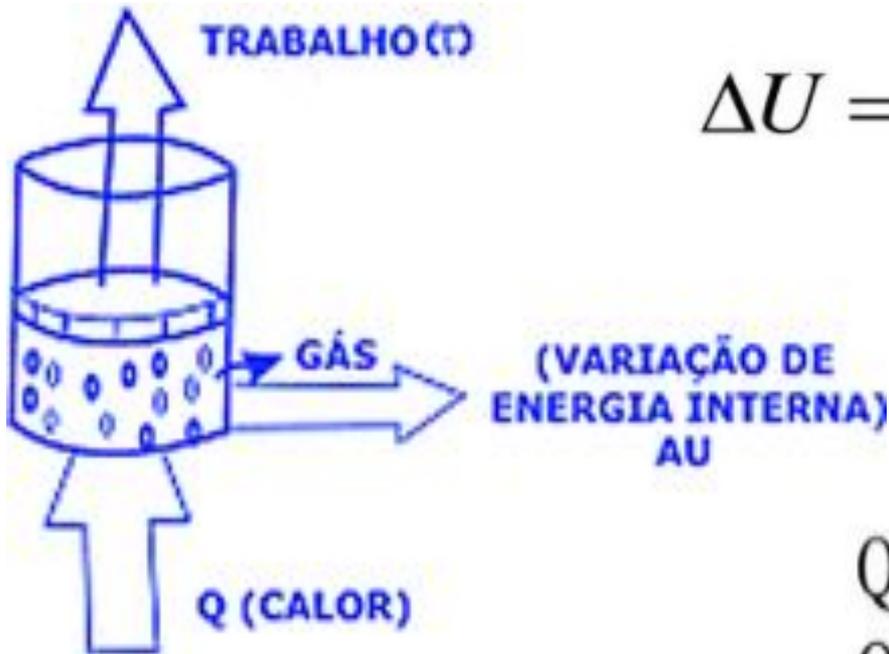
$$\Delta U = \frac{3}{2} \cdot n \cdot R \cdot \Delta T$$

Certa amostra de gás ideal monoatômico sofre o processo termodinâmico AB indicado no diagrama a seguir. Considere a constante universal dos gases $R = 8 \text{ J. (mol.K)}$ e a temperatura desse gás no estado A igual a 327°C



- o número de mols dessa amostra de gás;
- a temperatura do gás no estado B, em $^\circ \text{C}$;
- a variação de energia interna que o gás sofre no processo, em joules;
- o trabalho realizado pelo gás na expansão do estado A para o estado B

Primeira Lei da Termodinâmica



$$\Delta U = Q - W$$



Conservação
de energia

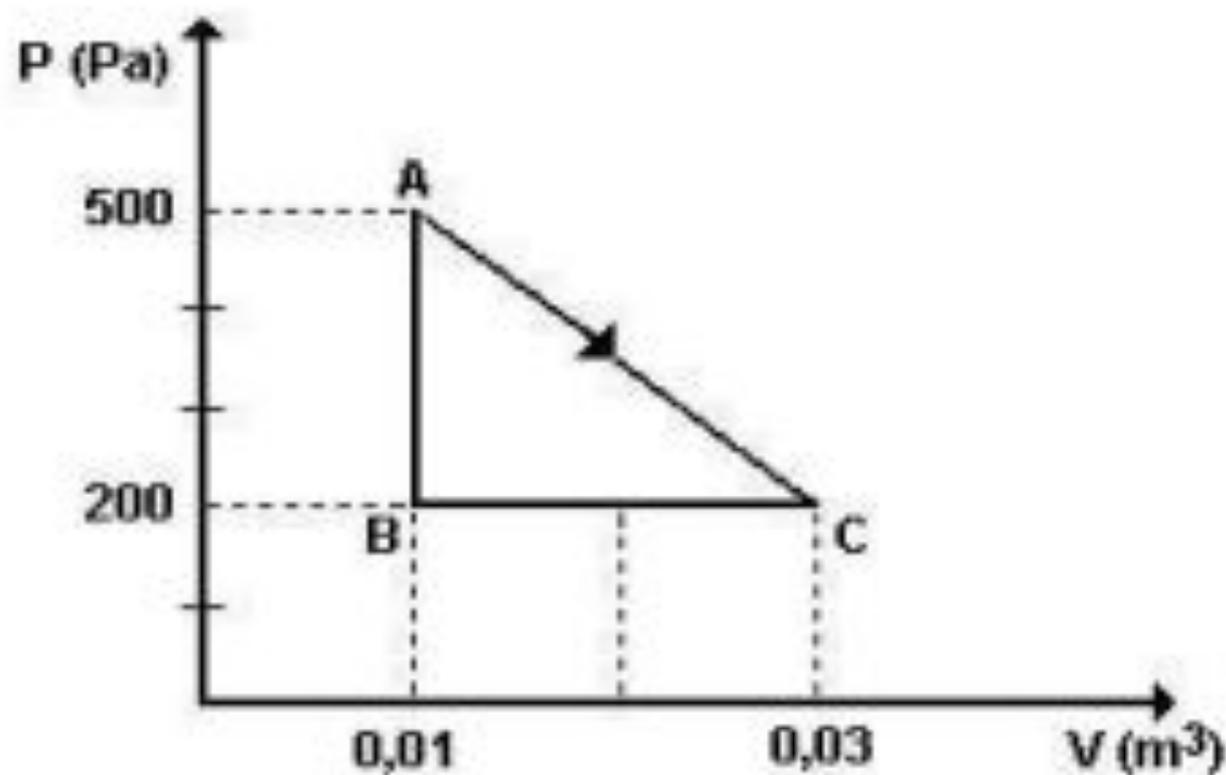
$Q > 0 \rightarrow$ calor adicionado ao sistema

$Q < 0 \rightarrow$ calor retirado do sistema

$W > 0 \rightarrow$ trabalho realizado pelo sistema

$W < 0 \rightarrow$ trabalho realizado sobre o sistema

No diagrama a seguir a energia interna do sistema, em joules, é dada por $U=10 + 2p.V$, em que p é a pressão, em pa, e v , o volume, em m^3 . Calcule, em joules, a quantidade de calor envolvida no processo AC. Despreze a parte fracionária caso exista



A primeira lei nas transformações

Principais Transformações

- Isotérmica ($T \rightarrow$ constante)
 - $\Delta U = 0 \rightarrow Q = \tau$
- Isométrica ($V \rightarrow$ constante)
 - $\tau = 0 \rightarrow Q = \Delta U$
- Isobárica ($p \rightarrow$ constante)
 - $\tau = p \cdot \Delta V \rightarrow Q - p \cdot \Delta V = \Delta U$
- Cíclica
 - $\Delta U = 0 \rightarrow Q = \tau$
- Adiabática (Não troca calor)
 - $Q = 0 \rightarrow \tau = -\Delta U$

Transformação Adiabática

- Nas transformações adiabáticas não há transferência de energia sob a forma de calor, ou seja, o calor do sistema mantém-se constante.
- A variação da energia interna do sistema deve-se somente à realização de trabalho.
- Este pode ser devido:
 - à compressão rápida de um gás

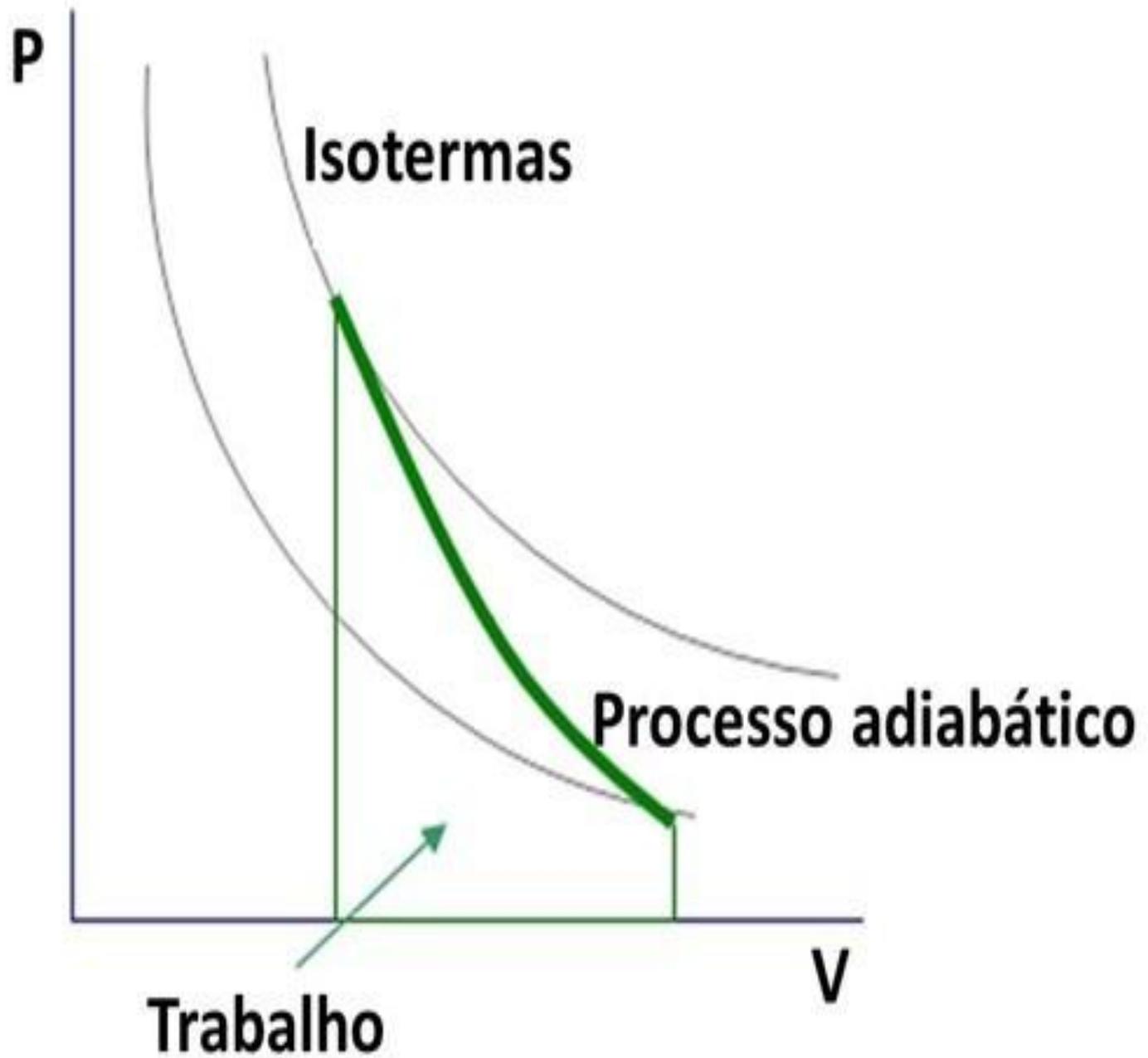
$$W > 0 \Rightarrow \Delta E_i > 0$$

- ou expansão rápida de um gás

$$W < 0 \Rightarrow \Delta E_i < 0$$



Fonte: Porto Editora



Espcex

Um gás ideal sofre uma transformação adiabática em que o meio externo realiza um trabalho sobre o gás. Podemos afirmar que, nesta transformação,

Alternativas

A a energia interna do gás diminui.

B o calor trocado aumenta.

C a pressão do gás diminui.

D o volume do gás aumenta.

E a temperatura do gás aumenta.

Espcex

Um gás ideal sofre uma transformação adiabática em que o meio externo realiza um trabalho sobre o gás. Podemos afirmar que, nesta transformação,

Alternativas

A a energia interna do gás diminui.

B o calor trocado aumenta.

C a pressão do gás diminui.

D o volume do gás aumenta.

E a temperatura do gás aumenta.

2 Lei da Termodinâmica

Enunciado de Clausius:

“O calor não pode fluir, de forma espontânea, de um corpo de temperatura menor, para um outro corpo de temperatura mais alta.”

Enunciado de Kelvin-Planck:

“É impossível a construção de uma máquina que, operando em um ciclo termodinâmico, converta toda a quantidade de calor recebido em trabalho.”

Máquina Térmica

O funcionamento de uma máquina térmica é representado pelo diagrama ao lado.

O trabalho realizado pela máquina é o resultado da diferença entre o calor retirado da fonte quente e o calor rejeitado na fonte fria.

$$\delta = Q_q - Q_f$$

δ



A tendência à desordem pode ser medida pela **Entropia**. Logo, quanto maior a desordem num sistema termodinâmico, maior sua Entropia. Assim, podemos afirmar que:

Em todo processo natural espontâneo, a entropia do Universo sempre aumenta.

Rendimento de Máquinas Térmica

O rendimento de uma máquina é definido pelo percentual de calor transformado em trabalho.

Como o trabalho pode ser definido por $\delta = Q_q - Q_f$, então...

$$\eta = \frac{Q_q - Q_f}{Q_q} \Rightarrow \eta = 1 - \frac{Q_f}{Q_q}$$

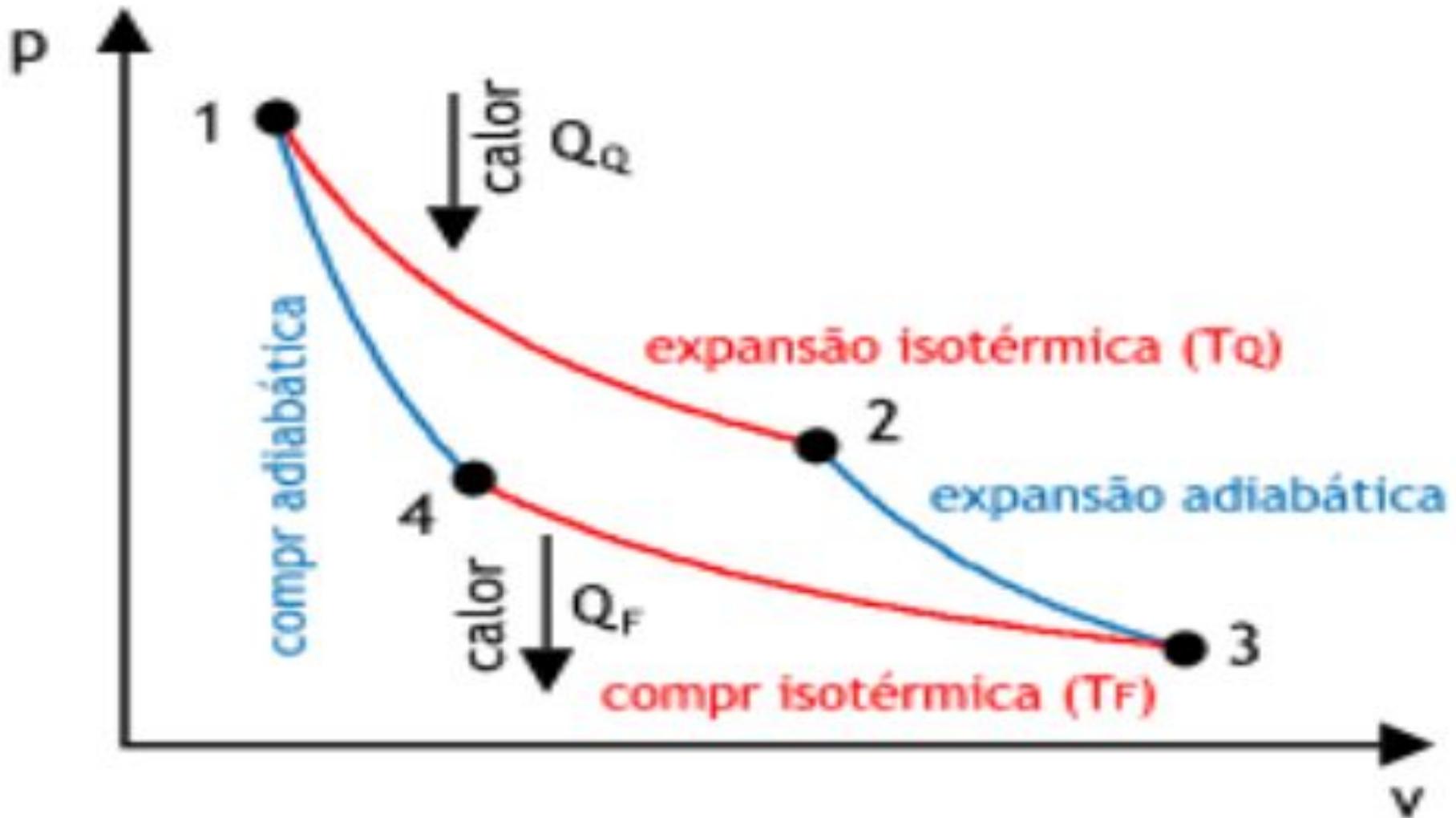
Ou, se a máquina operar em **ciclos de Carnot**, teremos

$$\eta = \frac{\tau}{Q_q} \cdot 100$$

$$\frac{|Q_2|}{|Q_1|} = \frac{|T_2|}{|T_1|}$$

$$\eta = 1 - \frac{T_f}{T_q}$$

Ciclo de Carnot e Rendimento de Carnot (quadro)



Ciclo de Carnot x 1ª lei da Termodinâmica

QUADRO BRANCO

VAMOS EXERCITAR!!!

Uma máquina de Carnot retira, a cada ciclo, 2,0 KJ de energia térmica de uma fonte a 227°C , converte 400 J em trabalho mecânico e rejeita a energia restante para uma segunda fonte térmica a uma temperatura menor. Qual deve ser a temperatura dessa segunda fonte? Dê sua resposta em $^{\circ}\text{C}$. Considere, para efeito de cálculo, o ponto de fusão do gelo igual a 273 K.

Exercícios

Uma máquina térmica recebe, por ciclo 2000 J de calor de uma fonte quente, enquanto rejeita 1200 J para uma fonte fria. Sabe-se que essa máquina térmica realiza 20 ciclos completos em um segundo. Determine, em unidades SI:

- a) O trabalho realizado por ciclo pela máquina;
- b) A potência útil obtida pela máquina;
- c) O rendimento dessa máquina.

Exercícios

Um estudante de engenharia apresenta ao seu professor um projeto de máquina térmica que opera entre 27°C e 327°C e que obterá um trabalho útil de 1000 J para a quantidade de calor recebida pela fonte quente de 1400 J , por ciclo. Essa máquina é possível? Por quê?

Exercícios

Uma máquina térmica recebe, por ciclo, 1000 J de calor de uma fonte quente, enquanto rejeita 700 J para uma fonte fria. Sabe-se que a máquina realiza 10 ciclos por segundo. Determine:

- O trabalho realizado pela máquina térmica, em joules;
- A potência útil obtida da máquina, em Watts;
- O rendimento desta máquina

Exercícios

Uma máquina térmica, operando em um ciclo de Carnot, trabalha entre as temperaturas -73°C e 227°C . Em cada ciclo, a máquina recebe da fonte quente uma quantidade de calor igual a 500 J .

Determine:

- O rendimento dessa máquina;
- O trabalho realizado pelo fluido de trabalho em cada ciclo;
- O calor rejeitado, por ciclo, para a fonte fria.

ESPCEX

21

Considere uma máquina térmica X que executa um ciclo termodinâmico com a realização de trabalho. O rendimento dessa máquina é de 40% do rendimento de uma máquina Y que funciona segundo o ciclo de Carnot, operando entre duas fontes de calor com temperaturas de $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $327\text{ }^{\circ}\text{C}$. Durante um ciclo, o calor rejeitado pela máquina X para a fonte fria é de 500 J, então o trabalho realizado neste ciclo é de

[A] 100 J.

[B] 125 J.

[C] 200 J.

[D] 500 J.

[E] 625 J.

ESPCEX

29

Um painel coletor de energia solar é utilizado para aquecer a água de uma residência e todo o sistema tem um rendimento de 60%. Para aumentar a temperatura em $12,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ de uma massa de água de 1000 kg, a energia solar total coletada no painel deve ser de

Dado: considere o calor específico da água igual a $4,0\frac{\text{J}}{\text{g}\cdot^{\circ}\text{C}}$.

[A] $2,8 \cdot 10^4\text{ J}$

[B] $4,8 \cdot 10^4\text{ J}$

[C] $8,0 \cdot 10^4\text{ J}$

[D] $4,8 \cdot 10^7\text{ J}$

[E] $8,0 \cdot 10^7\text{ J}$

ESPCEX

28

Durante um experimento, um gás perfeito é comprimido, adiabaticamente, sendo realizado sobre ele um trabalho de 800 J. Em relação ao gás, ao final do processo, podemos afirmar que:

- [A] o volume aumentou, a temperatura aumentou e a pressão aumentou.
- [B] o volume diminuiu, a temperatura diminuiu e a pressão aumentou.
- [C] o volume diminuiu, a temperatura aumentou e a pressão diminuiu.
- [D] o volume diminuiu, a temperatura aumentou e a pressão aumentou.
- [E] o volume aumentou, a temperatura aumentou e a pressão diminuiu.

ESPCEX

32

Em uma fábrica, uma máquina térmica realiza, com um gás ideal, o ciclo $FGHIF$ no sentido horário, conforme o desenho abaixo. As transformações FG e HI são isobáricas, GH é isotérmica e IF é adiabática. Considere que, na transformação FG , 200 kJ de calor tenham sido fornecido ao gás e que na transformação HI ele tenha perdido 220 kJ de calor para o meio externo.

A variação de energia interna sofrida pelo gás na transformação adiabática IF é

- [A] -40 kJ
- [B] -20 kJ
- [C] 15 kJ
- [D] 25 kJ
- [E] 30 kJ

