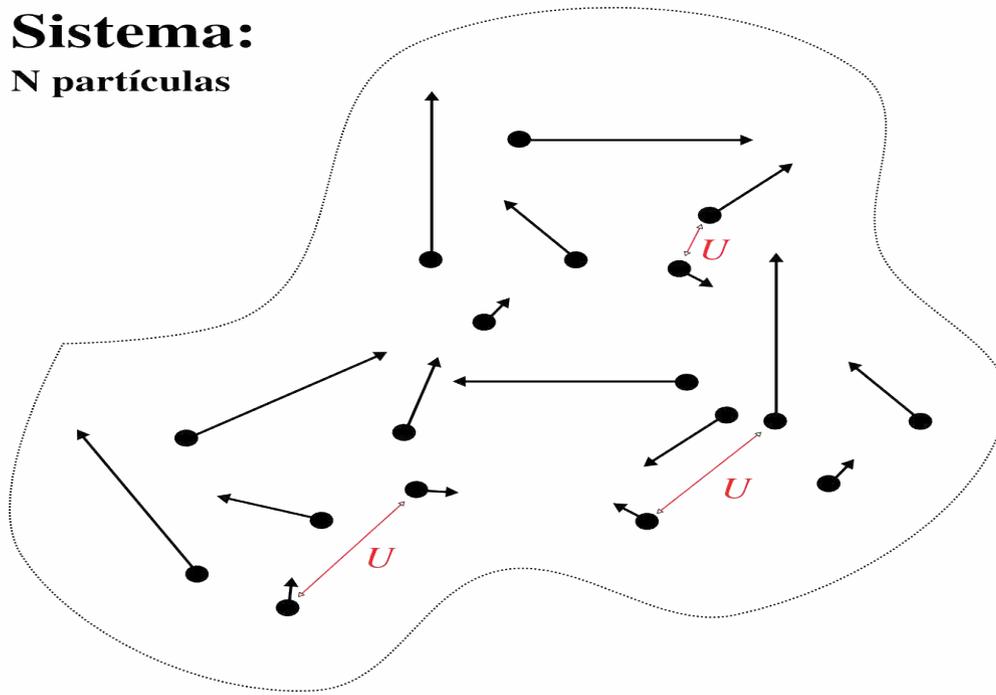


# ***1ª Lei da Termodinâmica***

# 1ª Lei da Termodinâmica

→ Para qualquer sistema de partículas

**Sistema:**  
N partículas



A variação da Energia cinética é

$$\Delta E_C = W_{cons} + W_{diss} + W^{ext}$$

# 1ª Lei da Termodinâmica

→ Para qualquer sistema de partículas

$$\Delta E_{\text{Cin}}^{\text{tot}} = W^{\text{tot}} = W^{\text{int}} + W^{\text{ext}} = W_{\text{cons}}^{\text{int}} + W_{\text{ncons}}^{\text{int}} + W_{\text{cons}}^{\text{ext}} + W_{\text{ncons}}^{\text{ext}}$$

$$\Delta U^{\text{tot}} = -(W_{\text{cons}}^{\text{int}} + W_{\text{cons}}^{\text{ext}})$$

$$\Delta E_{\text{Cin}}^{\text{tot}} + \Delta U^{\text{tot}} = W_{\text{ncons}}^{\text{int}} + W_{\text{ncons}}^{\text{ext}}$$

Distinção mais importante: Macro X Micro

Macro ----> descrita macroscopicamente ( $\approx$  visíveis)

Micro-----> definíveis microscopicamente ( $\approx$  não visíveis)

$$\Delta E_{\text{Cin}}^{\text{tot}} = \Delta E_{\text{Cin}}^{\text{macro}} + \Delta E_{\text{Cin}}^{\text{micro}}$$

$E^{\text{macro}} = E^{\text{mecânica}} = K^{\text{macro}} + U^{\text{macro}}$  --> Translação e rotação global

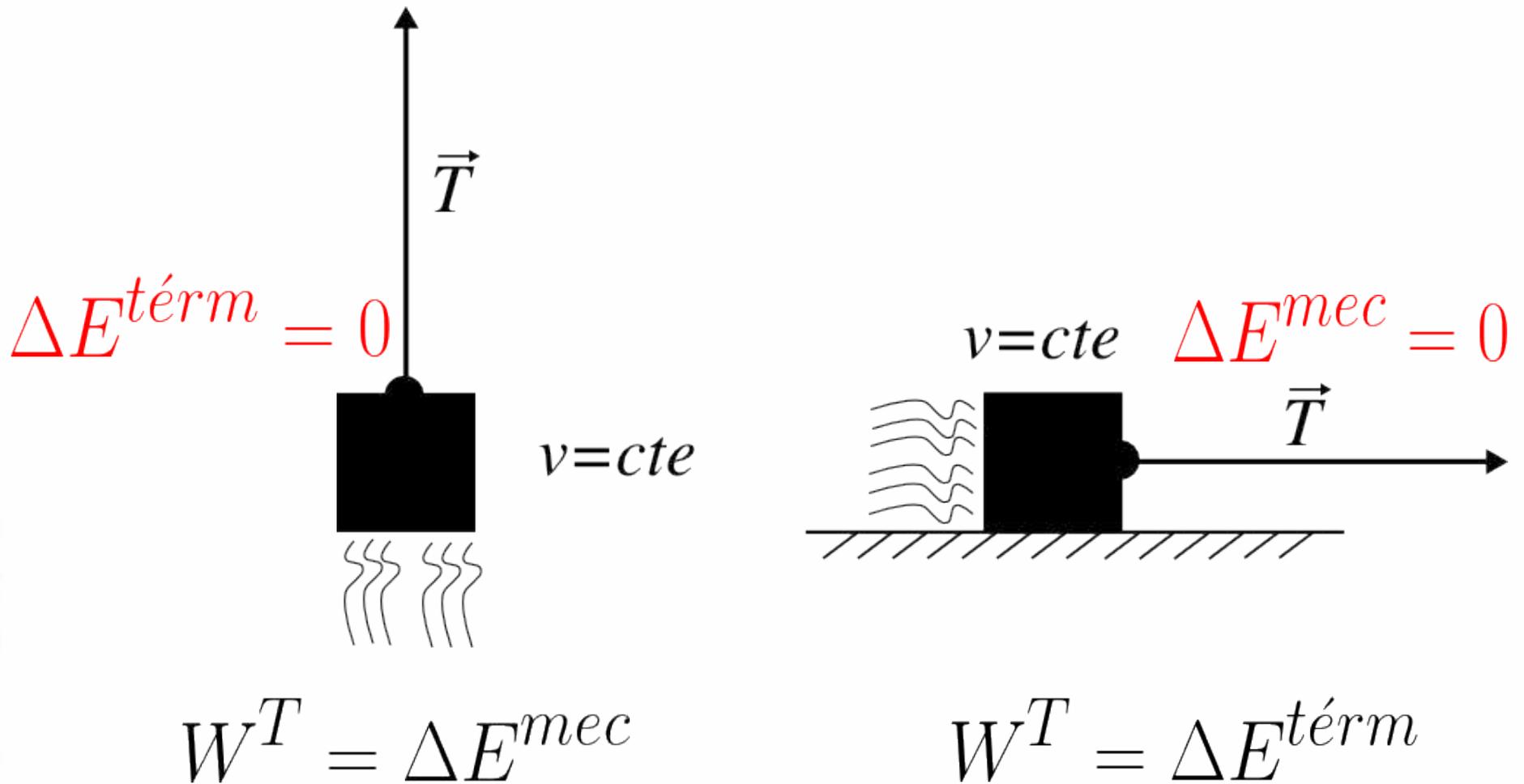
$E^{\text{Micro}} = K^{\text{Micro}} + U^{\text{Micro}} = E^{\text{tér}} + E^{\text{quim}} + E^{\text{nucl}} + \dots$

Em processo mais comuns:  $E^{\text{quim}} + E^{\text{nucl}} + \dots$  não mudam, não participam.

Podem ser desconsideradas.

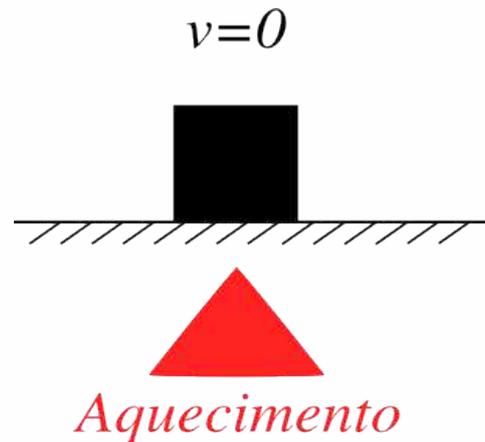
# 1ª Lei da Termodinâmica

→ O trabalho macroscópico pode ter consequências bem diferentes



# 1ª Lei da Termodinâmica

→ O trabalho macroscópico não é a única maneira de se provocar uma variação na energia do sistema



$$\Delta E^{t\acute{e}rm} > 0$$

$$\Delta E^{mec} = W = 0$$

# 1ª Lei da Termodinâmica

→ O trabalho macro não é a única forma de transmissão de energia!!!

A equação que aprendemos da Física 1 está incompleta **se só levar em consideração o macro...**

$$\Delta E^{\text{sist}} = W_{\text{cons}} + W_{\text{diss}} + W^{\text{ext}} + \text{???}$$

**O Calor!!!**

Da mesma forma que o Trabalho ( $W$ ), o calor é um mecanismo de transferência de energia. No caso mais geral, a Eq. da Conservação da energia é escrita como:

$$\Delta E^{\text{sist}} = \Delta E^{\text{mec}} + \Delta E^{\text{term}} = W + Q$$

# 1ª Lei da Termodinâmica

→ O trabalho não(?) é a única forma de transmissão de energia!!!  
A equação que aprendemos da Física 1 está incompleta(?)...

$$\Delta E_{\text{sist}} = W_{\text{cons}} + W_{\text{diss}} + W^{\text{ext}} + \text{???}$$

O Calor = Trabalho microscópico

$$Q = W^{\text{Micro}}$$

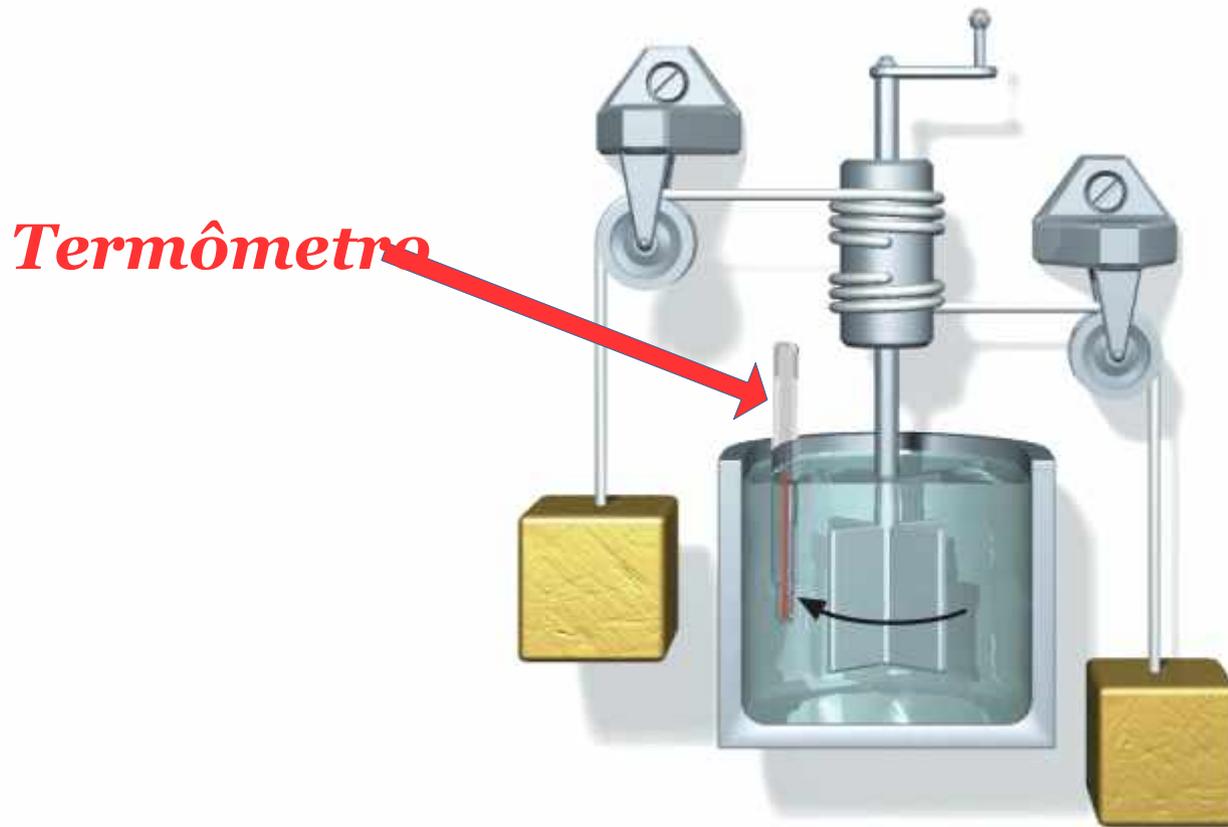
$$\Delta E^{\text{sist}} = \Delta E^{\text{mec}} + \Delta E^{\text{term}} = W + Q$$

# 1ª Lei da Termodinâmica

→ O trabalho (macroscópico) não é a única forma de transmissão de energia!!!

A equação que aprendemos da Física 1 está incompleta...

*Experiência de Joule*



*É possível variar a  $E^{\text{térm}}$  de um sistema (água) realizando trabalho sobre ela.*

# 1ª Lei da Termodinâmica

→ O trabalho não é a única forma de transmissão de energia!!!

## *Experiência de Joule*



1 caloria = 4,186 Joules

Qde de calor(= $W^{\text{Micro}}$ ) necess. para alterar a temperatura de 1g de água em 1° C.

# 1ª Lei da Termodinâmica

## → Convenção

*Q é positivo → Energia é transferida para o sistema  
(=Trabalho micro positivo sobre sistema)*

*Q é negativo → Energia é transferida do sistema.  
(=Trabalho micro positivo pelo sistema)*

Atenção!

Q e W não são Variáveis de Estado do sistema.

**Dependem da trajetória!!!!!!**

## 1ª Lei da Termodinâmica

→ A Eq. da 1ª Lei da Termodinâmica – **válida para sistemas em repouso e sem energia potencial macro e sem reações químicas etc!**

$$\Delta E^{sist} = \cancel{\Delta E^{mec}} + \Delta E^{term} = W + Q$$

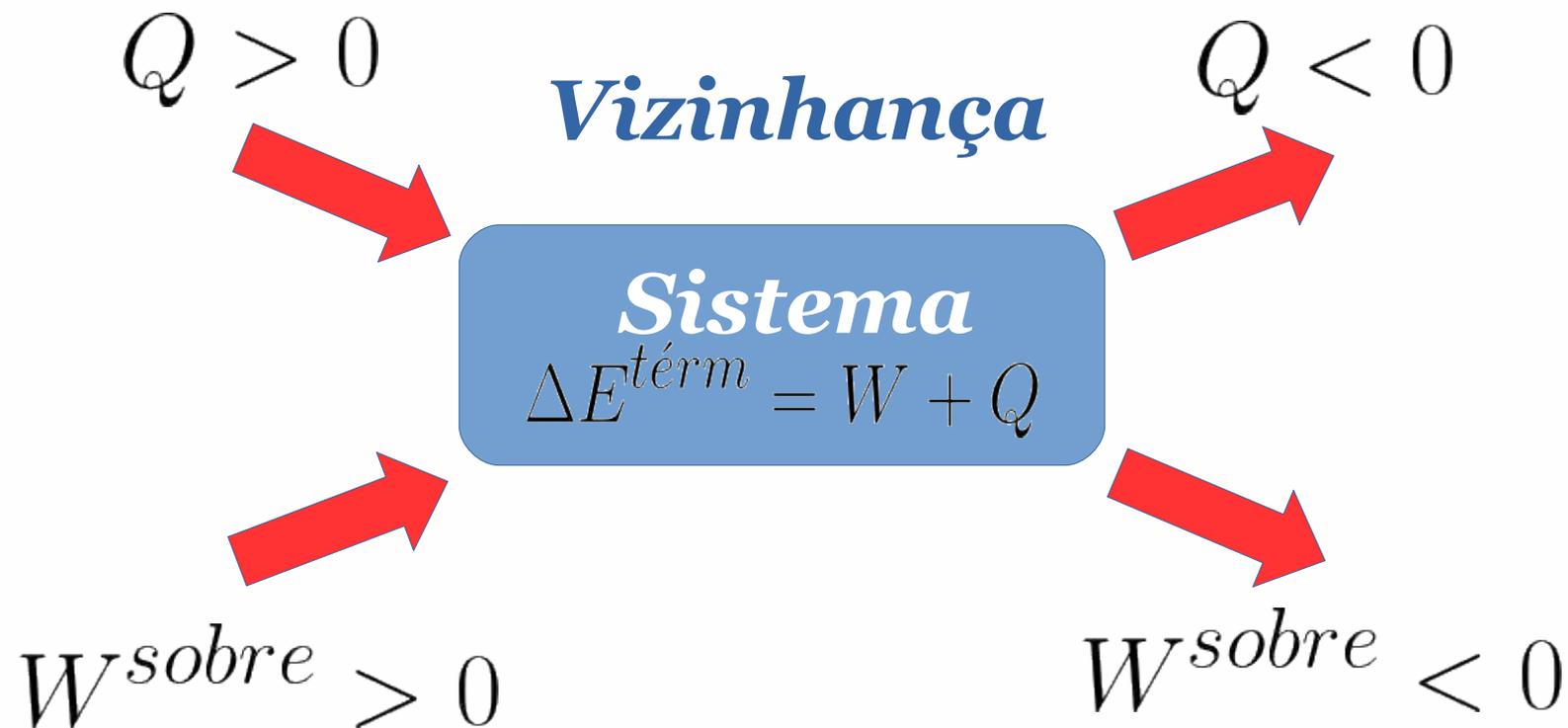


$$\Delta E^{sist} = \Delta E^{term} = W + Q$$

*Eq. da 1ª Lei da Termodinâmica*

# 1ª Lei da Termodinâmica

→ A Eq. da 1ª Lei da Termodinâmica – válida para sistemas em repouso!



# Convenções

- $W_{\text{sobre o gás}} = -W_{\text{pelo gás}}$
- $Q_{\text{entra}} = -Q_{\text{sai}}$
- $Q_{\text{trocado}} = |Q_{\text{entra}}| = |Q_{\text{sai}}|$
- Sem especificação:
- $Q \text{ ----} \rightarrow Q_{\text{entra}}$        $W \text{ ----} \rightarrow W_{\text{sobre}}$

## 1ª Lei da Termodinâmica

Existe variável de estado ( energia térmica) cuja variação é a soma do trabalho(líquido) realizado sobre o sistema com o calor(líquido) recebido pelo sistema.

→ Trabalho num gás ideal confinado

$$W = - \int_i^f P dV \quad \Delta E^{\text{Term}} = Q - \int P dV = Q + W$$

$W$  e  $Q$  -----> dependem do caminho

$\Delta E^{\text{Term}}$  -----> Depende somente dos pontos inicial e final

# 1ª Lei da Termodinâmica

## Teste Conceitual 1

Quais dos seguintes processos não envolvem calor?

- (A) Você empurra um pistão dentro de um cilindro com gás, aumentando a temperatura do mesmo. (cilindro e pistão são isolantes térmicos)
- (B) Você coloca um cilindro metálico com gás dentro de água quente. O gás expande empurrando o pistão para cima de forma a levantar um peso. A temperatura do gás não sofre variação
- (C) um bloco de aço é mantido sobre a chama de uma vela.
- (D) Duas das alternativas acima são verdadeiras.

# 1ª Lei da Termodinâmica

## Teste Conceitual 1

Quais dos seguintes processos não envolvem calor?

(A) **Você empurra um pistão dentro de um cilindro com gás, aumentando a temperatura do mesmo. (cilindro e pistão são isolantes térmicos)**

(B) Você coloca um cilindro metálico com gás dentro de água quente. O gás expande empurrando o pistão para cima de forma a levantar um peso. A temperatura do gás não sofre variação

(C) um bloco de aço é mantido sobre a chama de uma vela.

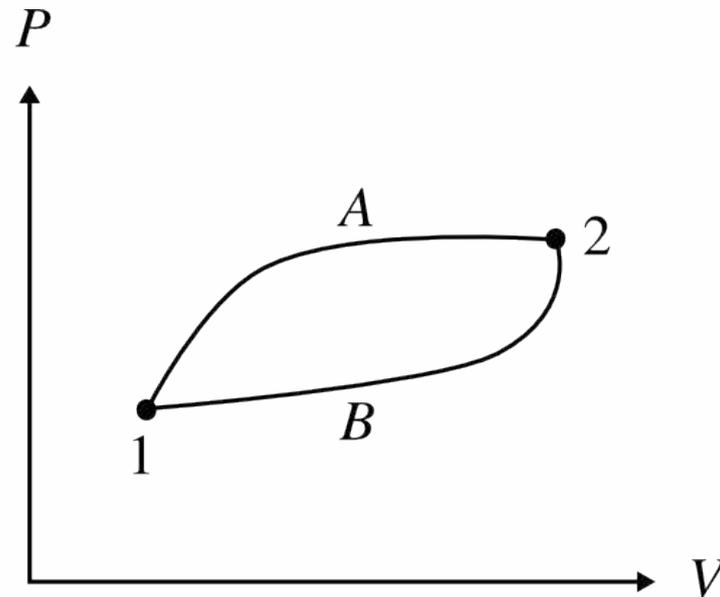
(D) Duas das alternativas acima são verdadeiras.

# 1ª Lei da Termodinâmica

## Teste Conceitual 2

Dois processos levam o gás do estado 1 → 2. Compare os trabalhos nos processos A e B.

- (A)  $W_A = W_B = 0$
- (B)  $|W_A| = |W_B| = \text{cte}$
- (C)  $W_A > W_B$
- (D)  $W_A < W_B$

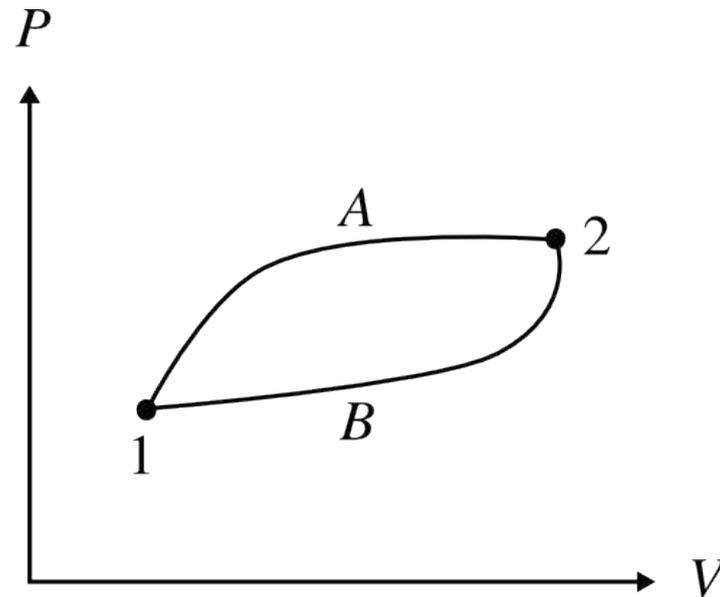


# 1ª Lei da Termodinâmica

## Teste Conceitual 2

Dois processos levam o gás do estado 1 → 2. Compare os trabalhos nos processos A e B.

- (A)  $W_A = W_B = 0$
- (B)  $|W_A| = |W_B| = \text{cte}$
- (C)  $W_A > W_B$
- (D)  $W_A < W_B$



Porém:  $|W_A| > |W_B|$

# 1ª Lei da Termodinâmica

Problema: **Para o Lar!**

**2,0 moles de gás ideal, inicialmente a 30° C e a 1,5 atm, sofre um processo e tem seu volume reduzido a 1/3 de  $V_0$ .**

**Determine:**

**(a)  $W^{\text{isotérmico}}$**

**(b)  $W^{\text{isobárico}}$**

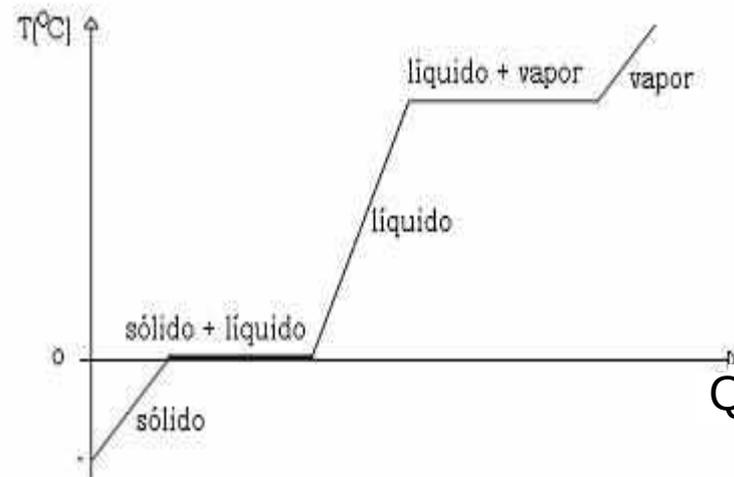
**e faça o gráfico representando cada um dos dois processos.**

Quais são os efeitos de uma variação da  $E^{\text{term}}$  em uma substância?

# Propriedades Térmicas da Matéria

Quais são os efeitos de uma variação da  $E^{\text{tér}}m$ ?

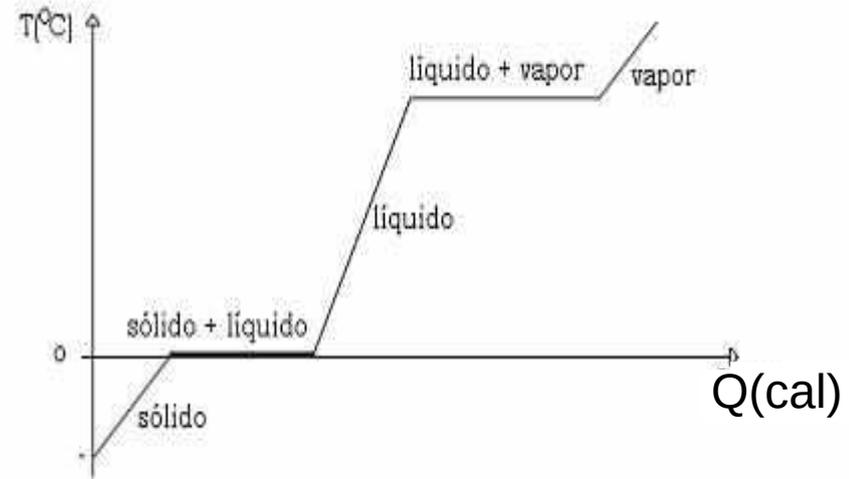
$\Delta E^{\text{tér}}m$   $\left\{ \begin{array}{l} \rightarrow \Delta T \\ \rightarrow \text{Mudança de fase} \end{array} \right.$



# Propriedades Térmicas da Matéria

Quais são os efeitos de uma variação da  $E^{\text{tér}}m$ ?

$$Q = Mc\Delta T$$



Calor Específico  $c$ :

Quantidade de energia que produz  $\Delta T=1\text{K}$  em 1,0 kg de substância.

Exemplos

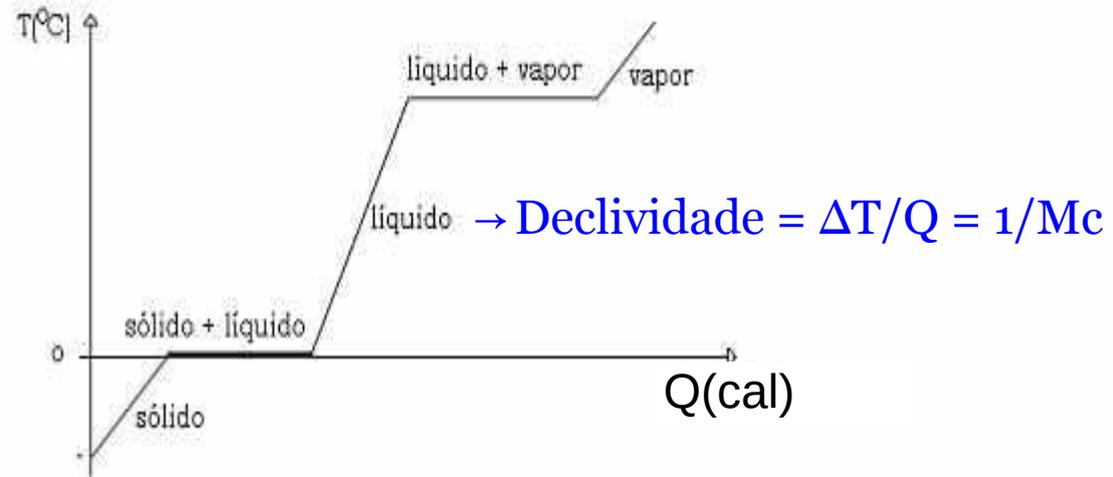
$$c_{\text{água}} = 4190 \text{ J/Kg}\cdot\text{K}$$

$$c_{\text{gelo}} = 2090 \text{ J/Kg}\cdot\text{K}$$

# Propriedades Térmicas da Matéria

Quais são os efeitos de uma variação da  $E^{\text{tér}}m$ ?

$$Q \rightarrow \Delta T$$



Se tivermos considerando um sólido ou um líquido, geralmente a mudança de volume não é apreciável. Assim,

$$\Delta E^{\text{tér}}m = \cancel{W} + Q = Mc\Delta T$$

$\rightarrow$  Qto maior  $c$ , menor será  $\Delta T$  para uma mesma qtdade de calor  $Q$ .

# Propriedades Térmicas da Matéria

Quais são os efeitos de uma variação da  $E^{\text{tér}}m$ ?

Calor Específico molar:

Quantidade de energia que produz  $\Delta T=1K$  em 1 mol de substância.

Exemplos

$$C_{\text{água}} = 75,4 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$$

$$C_{\text{gelo}} = 37,6 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$$

A maior parte dos sólidos apresenta  $c \approx 25 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$

*Ver tabela 17.2 (Handall)-a seguir*

# Tabela Calores específicos

**TABELA 17.2** Calores específicos e calores específicos molares de sólidos e de líquidos

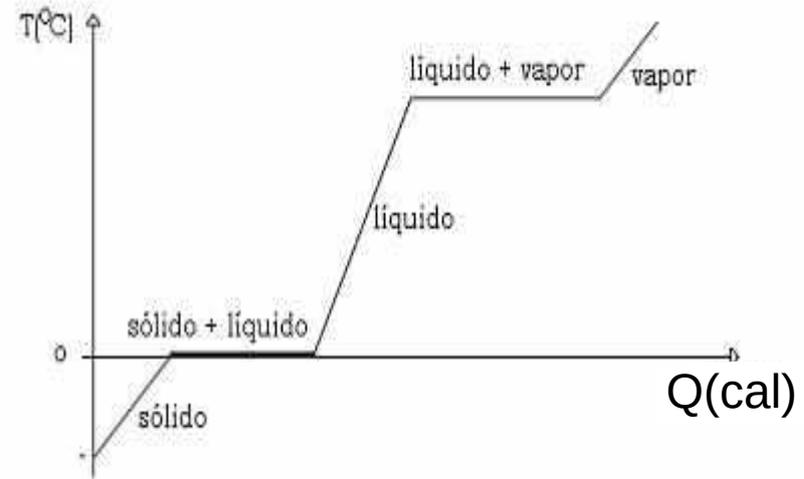
Substância	$c$ (J/kg K)	$C$ (J/mol K)
<b>Sólidos</b>		
Alumínio	900	24,3
Cobre	385	24,4
Ferro	449	25,1
Ouro	129	25,4
Chumbo	128	26,5
Gelo	2090	37,6
<b>Líquidos</b>		
Álcool etílico	2400	110,4
Mercúrio	140	28,1
Água	4190	75,4

# Propriedades Térmicas da Matéria

Quais são os efeitos de uma variação da  $E^{\text{térm}}$ ?

$\Delta E^{\text{térm}}$   $\rightarrow$  Mudança de fase

$$Q = \pm ML$$



Calor Latente de Transformação (L):

Quantidade de energia que faz M kg de substância mudar de fase.

Exemplos

$$L_{\text{fusão da água}} = 3,33 \cdot 10^5 \text{ J} \cdot \text{K}$$

$$L_{\text{vaporização da água}} = 22,6 \cdot 10^5 \text{ J} \cdot \text{K}$$

Aula 7

# Sistemas em contato térmico (Calorimetria)

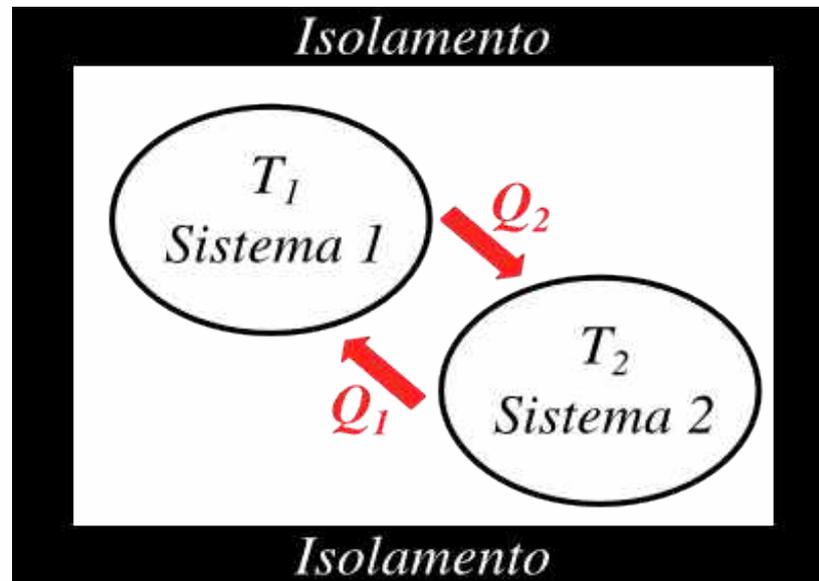
## Teste Conceitual 1

Um termômetro de 50g é usado para medir a Temperatura de 200mL de água. O calor específico do termômetro, basicamente feito de vidro, é de  $750 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$ , e ele marca  $20^\circ\text{C}$ , enquanto repousa sobre uma mesa. Depois de ser completamente imerso na água, a temperatura estabiliza em  $71,2^\circ\text{C}$ .

- (A) A temperatura da água antes da medida era maior que  $71,2^\circ\text{C}$ .
- (B) A temperatura da água antes da medida era menor que  $71,2^\circ\text{C}$ .
- (C) A temperatura da água antes da medida era  $71,2^\circ\text{C}$ .
- (D) impossível prever.

# Propriedades Térmicas da Matéria

## Sistemas em contato térmico (Calorimetria)



$Q_1 \rightarrow$  Qtdade de calor recebida pelo sistema 1

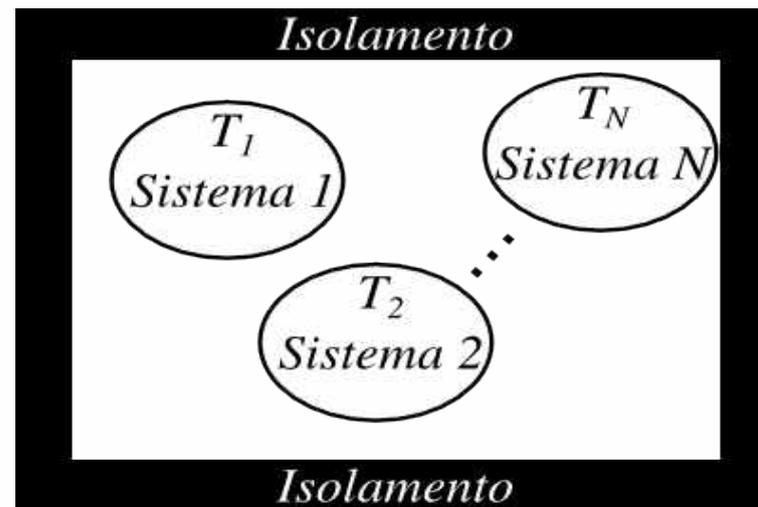
$Q_2 \rightarrow$  Qtdade de calor recebida pelo sistema 2

$$Q_{\text{resultante}} = Q_1 + Q_2 = 0$$

# Propriedades Térmicas da Matéria

## Sistemas em contato térmico (Calorimetria)

Se houver outros sistemas interagentes...



$$Q_{\text{resultante}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 \dots + Q_N = 0$$

# Sistemas em contato térmico (Calorimetria)

## Teste Conceitual 3

Um termômetro de 50g é usado para medir a Temperatura de 200mL de água. O calor específico do termômetro, basicamente feito de vidro, é de  $750 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$ , e ele marca  $20^\circ\text{C}$ , enquanto repousa sobre uma mesa. Depois de ser completamente imerso na água, a temperatura estabiliza em  $71,2^\circ\text{C}$ .

- (A) A temperatura da água antes da medida era maior que  $71,2^\circ\text{C}$ .
- (B) A temperatura da água antes da medida era menor que  $71,2^\circ\text{C}$ .
- (C) A temperatura da água antes da medida era  $71,2^\circ\text{C}$ .
- (D) impossível prever

# Sistemas em contato térmico (Calorimetria)

## Teste Conceitual 3

Um termômetro de 50g é usado para medir a Temperatura de 200mL de água. O calor específico do termômetro, basicamente feito de vidro, é de  $750 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$ , e ele marca  $20^\circ\text{C}$ , enquanto repousa sobre uma mesa. Depois de ser completamente imerso na água, a temperatura estabiliza em  $71,2^\circ\text{C}$ .

- (A) A temperatura da água antes da medida era maior que  $71,2^\circ\text{C}$ .
- (B) A temperatura da água antes da medida era menor que  $71,2^\circ\text{C}$ .
- (C) A temperatura da água antes da medida era  $71,2^\circ\text{C}$ .
- (D) impossível prever

# Propriedades Térmicas da Matéria

## Sistemas em contato térmico (Calorimetria)

### Problema

Um termômetro de 50g é usado para medir a Temperatura de 200mL de água. O calor específico do termômetro, basicamente feito de vidro, é de  $750 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$ , e ele marca  $20^\circ\text{C}$ , enquanto repousa sobre uma mesa. Depois de ser completamente imerso na água, a temperatura estabiliza em  $71,2^\circ\text{C}$ . Qual era a temperatura real da água antes de ser medida?

# Propriedades Térmicas da Matéria

## Sistemas em contato térmico (Calorimetria)

### Problema

Um termômetro de 50g é usado para medir a Temperatura de 200mL de água. O calor específico do termômetro, basicamente feito de vidro, é de  $750 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$ , e ele marca  $20^\circ\text{C}$ , enquanto repousa sobre uma mesa. Depois de ser completamente imerso na água, a temperatura estabiliza em  $71,2^\circ\text{C}$ . Qual era a temperatura real da água antes de ser medida?

E se o mesmo termômetro for utilizado para medir a temperatura das águas de um lago? A temperatura indicada representa a temperatura do lago antes da medida?

# Propriedades Térmicas da Matéria

## Sistemas em contato térmico (Calorimetria)

### Problema

Um termômetro de 50g é usado para medir a Temperatura de 200mL de água. O calor específico do termômetro, basicamente feito de vidro, é de  $750 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$ , e ele marca  $20^\circ\text{C}$ , enquanto repousa sobre uma mesa. Depois de ser completamente imerso na água, a temperatura estabiliza em  $71,2^\circ\text{C}$ . Qual era a temperatura real da água antes de ser medida?

E se o mesmo termômetro for utilizado para medir a temperatura de um freezer? A temperatura indicada representa a temperatura do freezer antes da medida?

# Propriedades Térmicas da Matéria: Gases

## Sistemas em contato térmico (Calorimetria)

### Teste Conceitual

3,0 moles de  $O_2$  a  $20^\circ C$  ganha 600J de calor em um processo isobárico e depois perde os 600J em um processo isocórico.

- (A) Neste processo  $\Delta T = 0$ .
- (B) Neste processo  $\Delta T > 0$ .
- (C) Neste processo  $\Delta T < 0$ .
- (D) Com essas informações não é possível determinar  $\Delta T$ .

# Propriedades Térmicas da Matéria: Gases

## Sistemas em contato térmico (Calorimetria)

### Teste Conceitual

3,0 moles de  $O_2$  a  $20^\circ C$  ganha 600J em um processo isobárico e depois perde os 600J em um processo isocórico.

- (A) Neste processo  $\Delta T = 0$ .
- (B) Neste processo  $\Delta T > 0$ .
- (C) Neste processo  $\Delta T < 0$ .
- (D) Com essas informações não é possível determinar  $\Delta T$ .

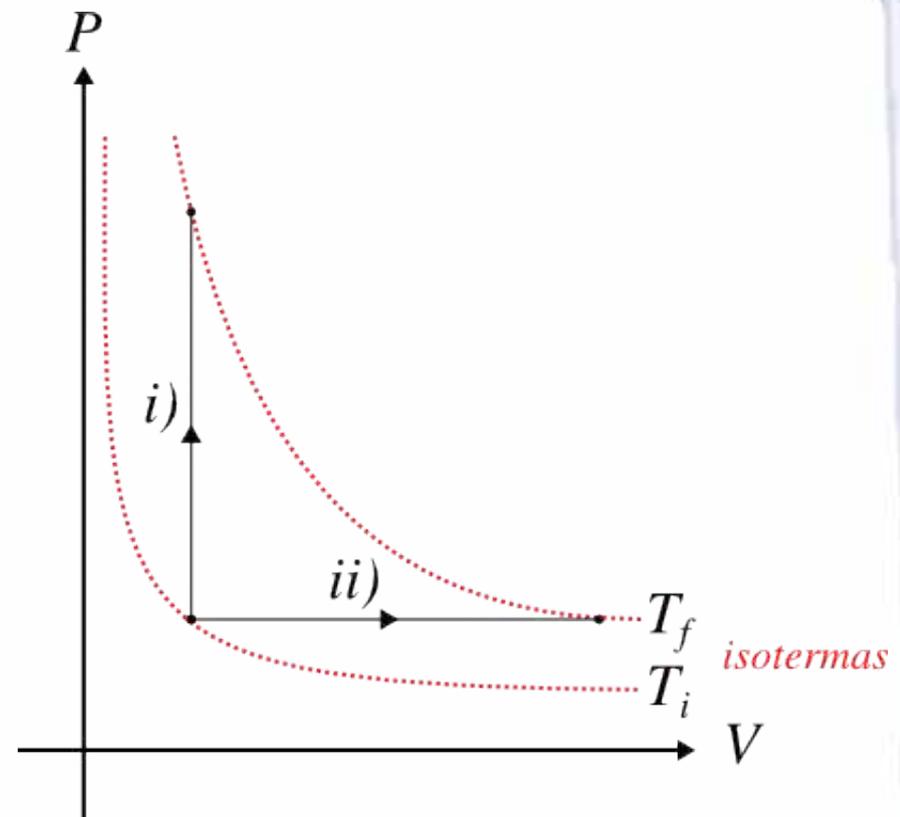
**Resposta: pense no trabalho realizado. Qual terá maior variação de energia térmica?**

# Propriedades Térmicas da Matéria: Gases

## Calores Específicos de gases (Depende do processo)

*O mesmo gás recebe calores diferentes em processos que envolvem a mesma variação de temperatura*

- i) Calor associado a um processo a  $V$  cte*
- ii) Calor associado a um processo a  $P$  cte*

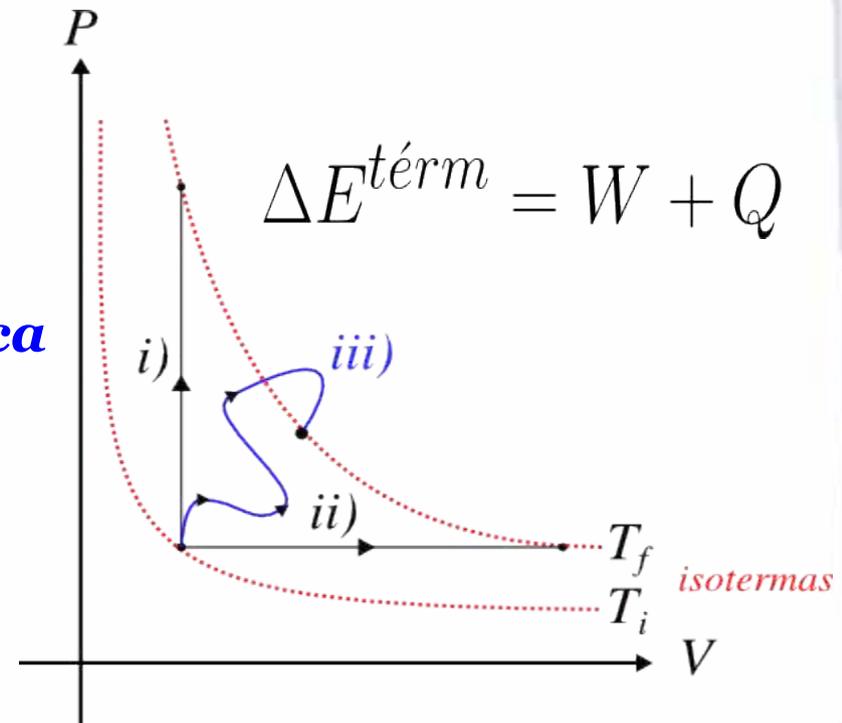


# Propriedades Térmicas da Matéria: Gases

## Calores Específicos de gases (Depende do processo)

*O mesmo gás recebe calores diferentes em processos que envolvem a mesma variação de temperatura*

*Devemos utilizar a **1ª Lei da Termodinâmica** nos processos em que  $P$  e  $V$  variam simultaneamente.*



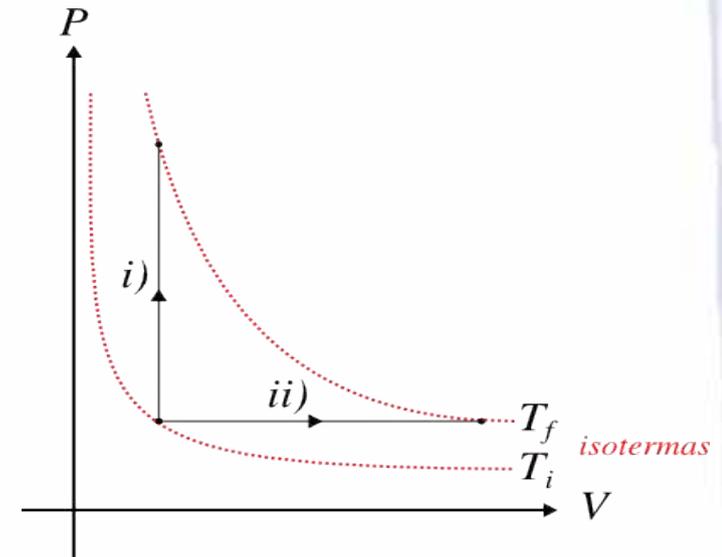
# Propriedades Térmicas da Matéria: Gases

## Calores Específicos de gases (Depende do processo)

*O mesmo gás recebe calores diferentes em processos que envolvem a mesma variação de temperatura*

*Calores específicos (J/mol·K)*

	$c_p$	$c_v$	$c_p - c_v$
<i>Gases ideais monoatômicos</i>	<i>~20,8</i>	<i>~12,5</i>	<i>~8,3</i>
<i>Gases ideais diatômicos</i>	<i>~29,1</i>	<i>~20,8</i>	<i>~8,3</i>



# **Propriedades Térmicas da Matéria: Gases**

## **Sistemas em contato térmico (Calorimetria)**

### **Problema**

3,0 moles de  $O_2$  a  $20^\circ C$  ganha 600J de calor em um processo isobárico e depois perde os 600J em um processo isocórico. Qto vale a T final?

# Propriedades Térmicas da Matéria: Gases

## Sistemas em contato térmico (Calorimetria)

### Teste Conceitual

3,0 moles de  $O_2$  a  $20^\circ C$  ganha 600J de calor em um processo isobárico e depois perde os 600J em um processo isocórico.

- (A) Neste processo  $\Delta T = 0$ .
- (B) Neste processo  $\Delta T > 0$ .
- (C) Neste processo  $\Delta T < 0$ .
- (D) Com essas informações não é possível determinar  $\Delta T$ .

# Propriedades Térmicas da Matéria: Gases

Relações entre  $c_p$  e  $c_v$

Para os gases ideais (somente para eles!)

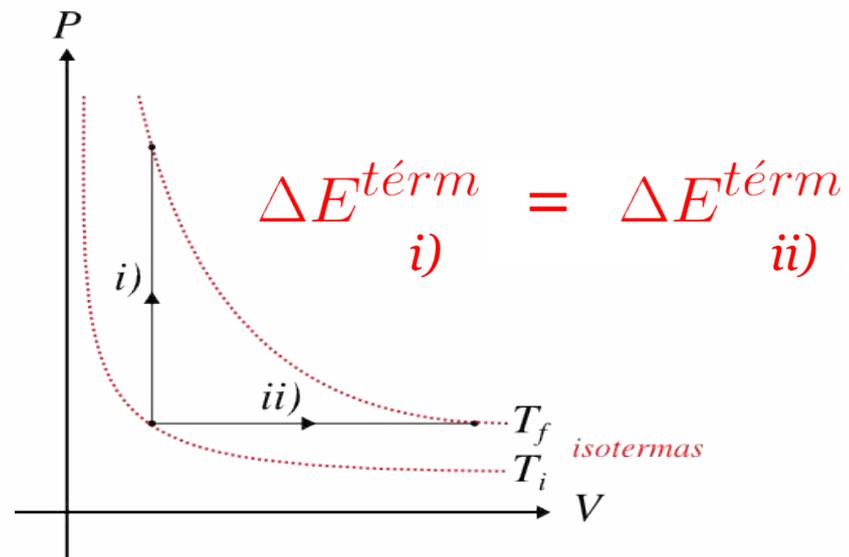
$$\Delta E_{\text{gás}}^{\text{térm}} \propto \Delta T$$

# Propriedades Térmicas da Matéria: Gases

Relações entre  $c_p$  e  $c_v$

Para os gases ideais (**somente para eles!**)

$$\Delta E_{\text{gás}}^{\text{tér}} \propto \Delta T$$



# Propriedades Térmicas da Matéria: Gases

## Relações entre $c_p$ e $c_v$

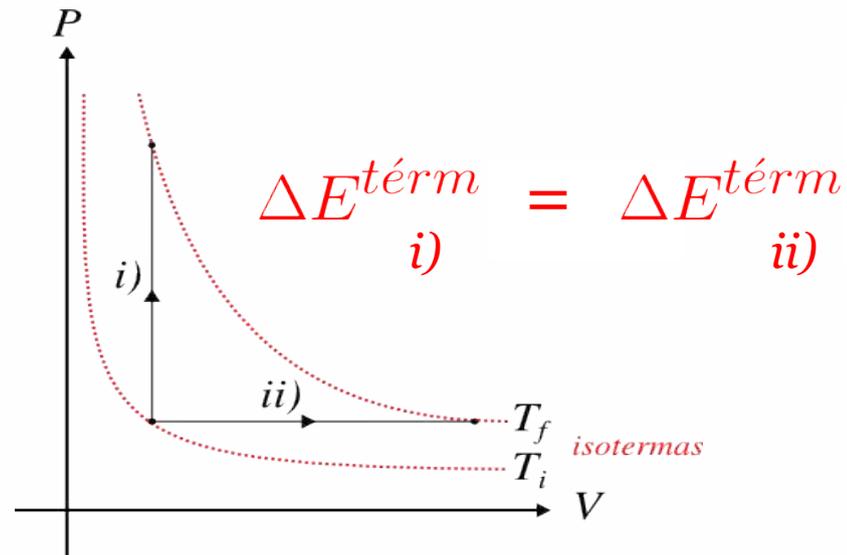
Para os gases ideais (**somente para eles!**)

$$\Delta E_{\text{gás}}^{\text{tér}} \propto \Delta T$$

é a mesma para quaisquer processos que envolvam a mesma variação de temperatura.

$$\Delta E_{\text{gás}}^{\text{tér}}$$

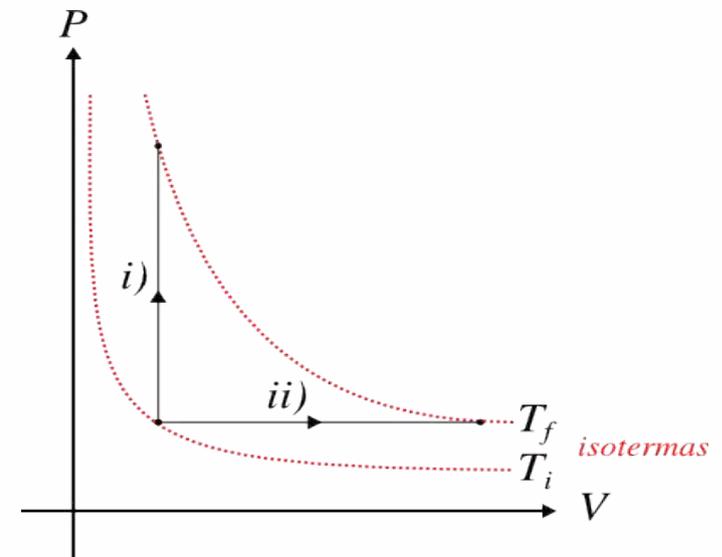
Toda a energia é igualmente distribuída no **modos de translação rotação ou vibração** ativados das partículas.



# Propriedades Térmicas da Matéria: Gases

## Relações entre $c_p$ e $c_v$

Para os gases ideais (**somente para eles!**)



→ Se  $\Delta E_{\text{gás}}^{\text{térm}}$  é a mesma para quaisquer processos que envolvam a mesma variação de temperatura, e

→ Se no processo isocórico

$$\Delta E^{\text{térm}} = \cancel{W} + Q = n c_v \Delta T$$

$$\Rightarrow \Delta E_{\text{gás}}^{\text{térm}} = n c_v \Delta T$$

Para qq processo!

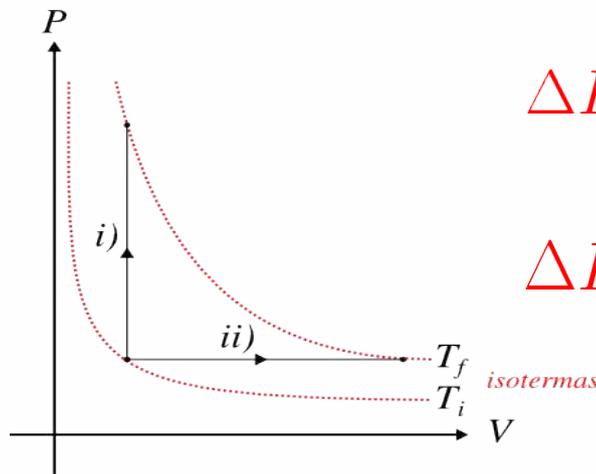
# Propriedades Térmicas da Matéria: Gases

## Relações entre $c_p$ e $c_v$

Considerando um processo isobárico  $\rightarrow W = -P_0\Delta V$

$$\Delta E^{\text{tér}} = Q + W = nc_p\Delta T - P_0\Delta V$$

como  $\Delta T$  é a mesma em ambos os processos,



$$\Delta E^{\text{tér}}_{i)} = \Delta E^{\text{tér}}_{ii)}$$

$$\Delta E^{\text{tér}}_{\text{gás}} = nc_v\Delta T \quad (\text{Para qq processo!})$$

$$nc_v\Delta T = nc_p\Delta T - P_0\Delta V$$

# Propriedades Térmicas da Matéria: Gases

Relações entre  $c_p$  e  $c_v$

$$nc_v\Delta T = nc_p\Delta T - P_0\Delta V$$



$$P_0\Delta V = n(c_p - c_v)\Delta T$$

Lembrando que estamos tratando de um processo isobárico em um gás ideal  $\rightarrow PV = nRT$

$$P_0\Delta V = nR\Delta T$$

De forma que:  $nR\Delta T = n(c_p - c_v)\Delta T$

# Propriedades Térmicas da Matéria: Gases

Relações entre  $c_p$  e  $c_v$

$$nc_v\Delta T = nc_p\Delta T - P_0\Delta V$$



$$P_0\Delta V = n(c_p - c_v)\Delta T$$

Lembrando que estamos tratando de um processo isobárico em um gás ideal  $\rightarrow PV = nRT$

$$P_0\Delta V = nR\Delta T$$

De forma que:  ~~$nR\Delta T = n(c_p - c_v)\Delta T$~~

$$R = c_p - c_v$$

# Propriedades Térmicas da Matéria: Gases

Relações entre  $c_p$  e  $c_v$

$$R = c_p - c_v = 8,314 \frac{J}{mol \cdot K}$$

R é a constante universal dos gases perfeitos.

# Propriedades Térmicas da Matéria: Gases

Relações entre  $c_p$  e  $c_v$

Nota: A  $\Delta T$  depende do processo

$$\Delta T = \frac{Q}{nC_i}$$

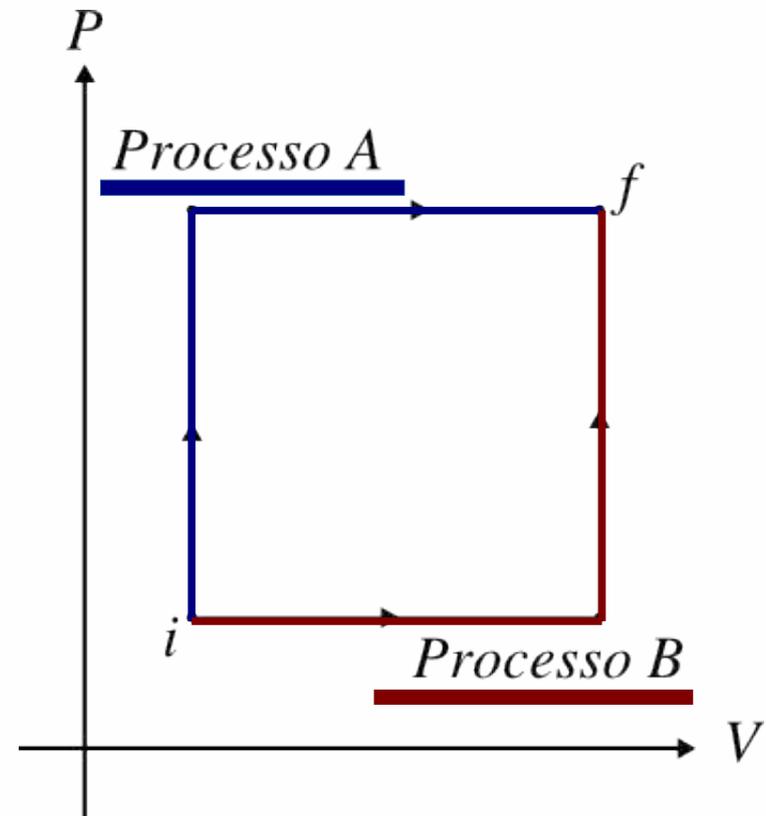
Quanto maior  $c_i$ , menor é a  $\Delta T$  para um mesmo calor.

# Propriedades Térmicas da Matéria: Gases

## Teste Conceitual

Com relação ao processo ao lado:

- (A)  $Q_A > Q_B$
- (B)  $Q_A < Q_B$
- (C)  $Q_A = Q_B$
- (D)  $Q_A \geq Q_B$

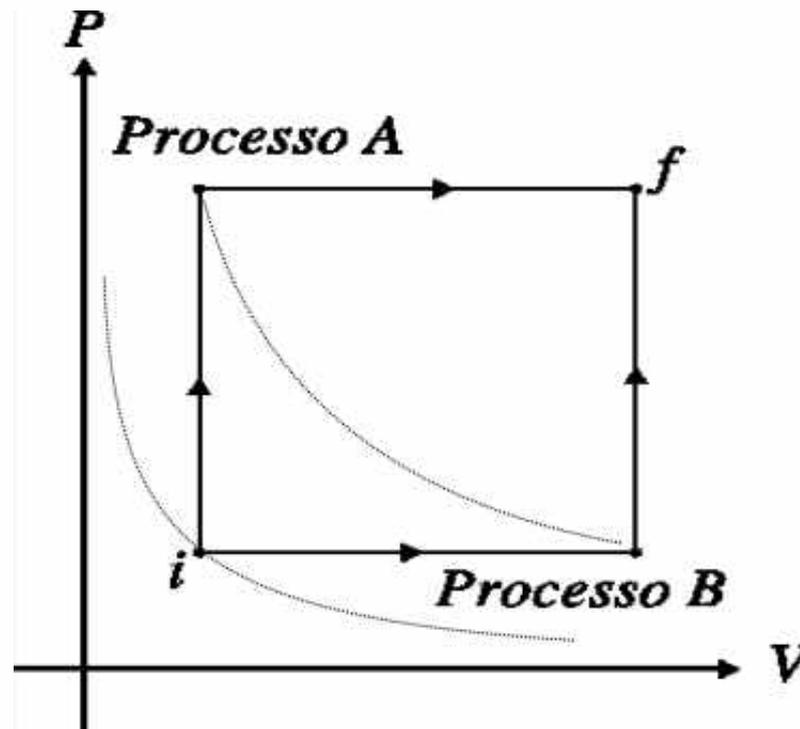


# Propriedades Térmicas da Matéria: Gases

## Teste Conceitual

Com relação ao processo ao lado:

- (A)  $Q_A > Q_B$
- (B)  $Q_A < Q_B$
- (C)  $Q_A = Q_B$
- (D)  $Q_A \geq Q_B$



# Mecanismos de transferência de Calor

**Como o calor é transferido de um corpo mais quente para outro mais frio?**

# Mecanismos de transferência de Calor

**Como o calor é transferido de um corpo mais quente para outro mais frio?**

**4 Mecanismos:**

- **Evaporação**
- **Condução**
- **Convecção**
- **Irradiação**

## TC - 1

**Um pedaço de gelo ( $T=-20^{\circ}\text{C}$ ) é adicionado a um recipiente termicamente isolado com água fria ( $T=0^{\circ}\text{C}$ ). O que acontece no recipiente?**

- A) O gelo derrete até que o equilíbrio térmico seja estabelecido.**
- B) A água resfria até que o equilíbrio térmico seja estabelecido.**
- C) Parte da água congela e o pedaço de gelo se torna maior.**
- D) Nenhuma das coisas acima acontece.**

## TC - 1

Um pedaço de gelo ( $T = -20^{\circ}\text{C}$ ) é adicionado a um recipiente termicamente isolado com água fria ( $T = 0^{\circ}\text{C}$ ). O que acontece no recipiente?

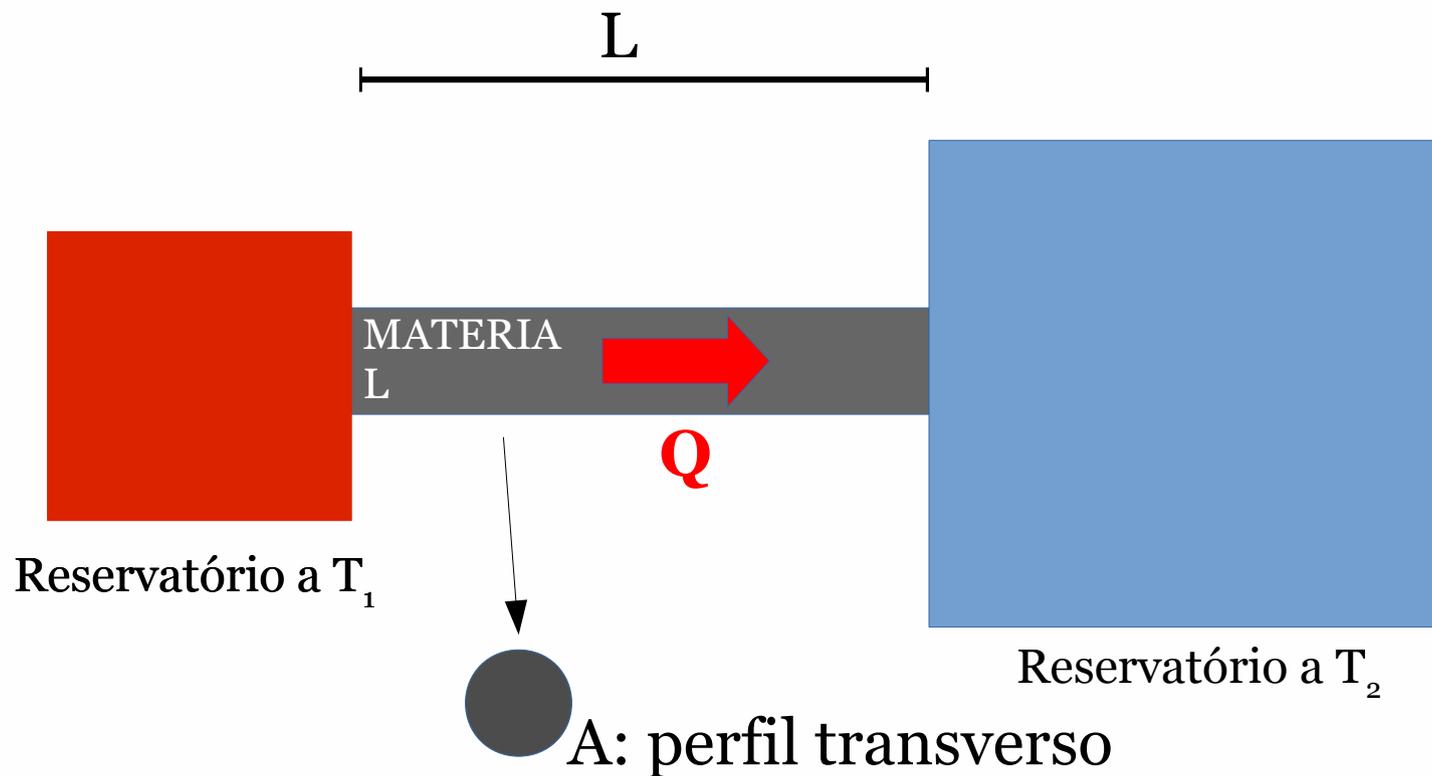
- A) O gelo derrete até que o equilíbrio térmico seja estabelecido.
- B) A água resfria até que o equilíbrio térmico seja estabelecido.
- C) Parte da água congela e o pedaço de gelo se torna maior.**
- D) Nenhuma das coisas acima acontece.

Parte, ou toda a água!

# Mecanismos de transferência de Calor

- **Condução**

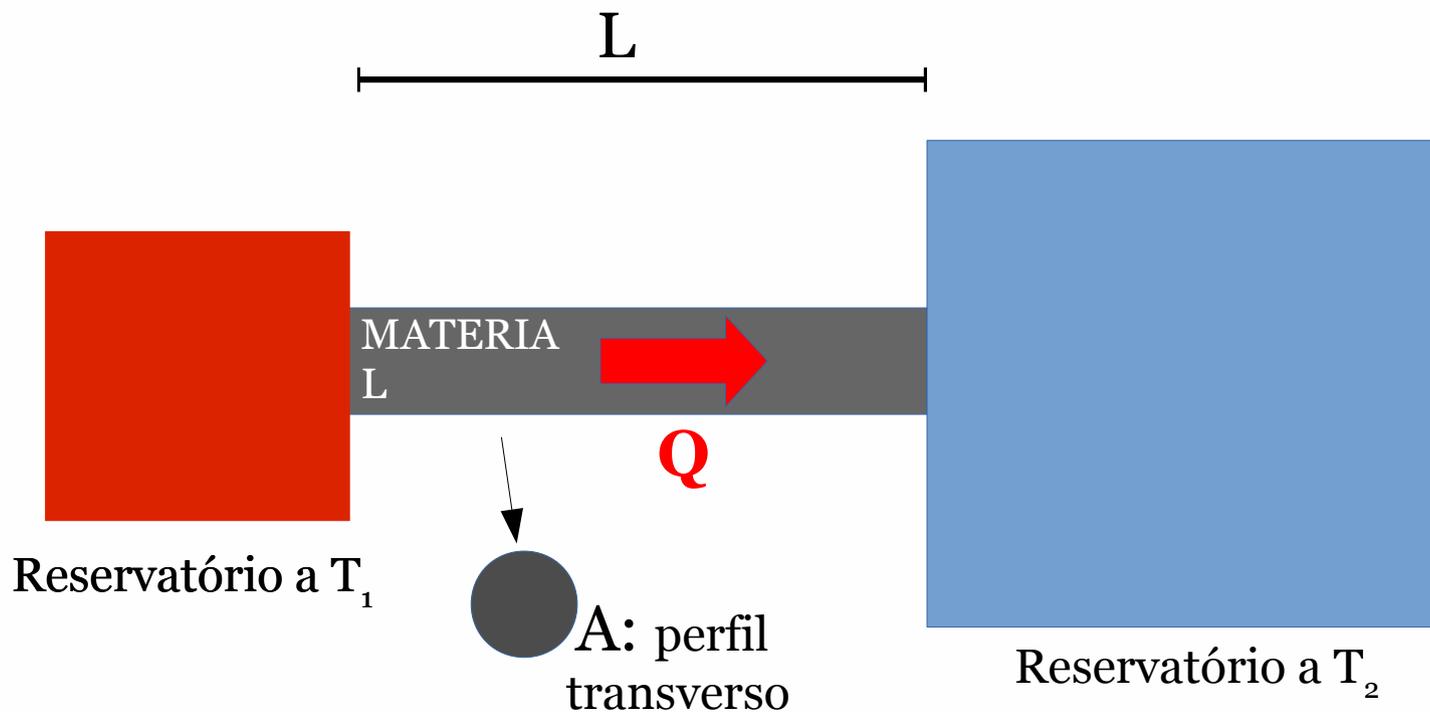
Na Condução a transferência de calor através de um meio material (**sem transporte de massa**) devido a uma  $\Delta T$ .



# Mecanismos de transferência de Calor

- **Condução**

Na Condução a transferência de calor através de um meio material (**sem transporte de massa**) devido a uma  $\Delta T$ .



$$fluxo = \frac{Q}{\Delta t} = k \frac{A}{L} \Delta T$$

**Fórmula Empírica**

Fluxo de transferência de energia térmica

# Mecanismos de transferência de Calor

- **Convecção**

Na convecção a transferência de energia térmica através de um meio material (**com transporte de massa**) devido a uma  $\Delta T$ . Ocorre somente nos fluidos!



O ar/fluido é um péssimo condutor de calor, porém ele transmite facilmente a energia térmica por convecção.

# Mecanismos de transferência de Calor

- **Convecção**

Na convecção a transferência de calor através de um meio material (com transporte de massa) devido a uma  $\Delta T$ . Ocorre somente nos fluidos!

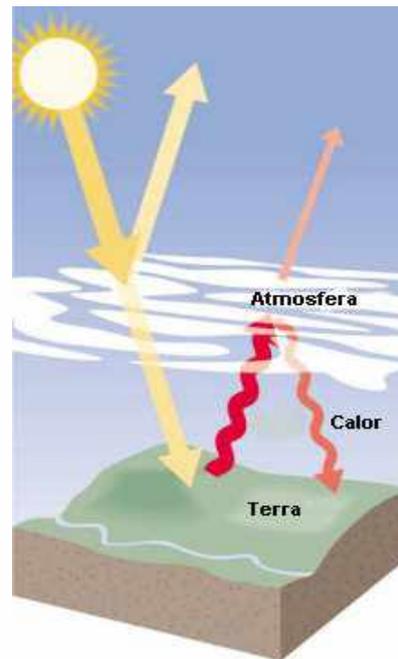


Os fluidos não são bons condutores de calor, porém são bem eficiente na transmissão de energia...

# Mecanismos de transferência de Calor

- **Irradiação**

Na irradiação a transferência de calor através das ondas eletromagnéticas (luz). Não há necessidade de meios materiais!

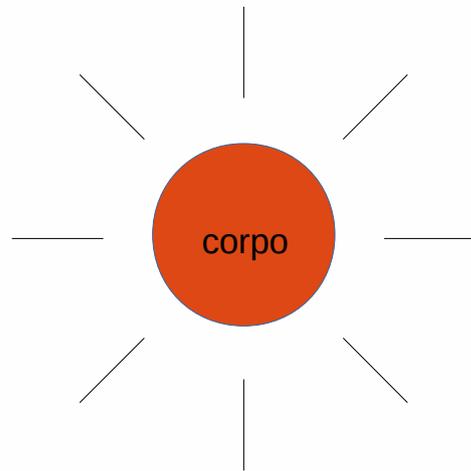


O que é o efeito estufa?

# Mecanismos de transferência de Calor

- **Irradiação**

Na irradiação a transferência de calor através das ondas eletromagnéticas (luz). Não há necessidade de meios materiais!



$$\frac{Q}{\Delta t} = e\sigma AT^4 \quad \frac{dQ}{dt}$$

$e$  – emissividade (Depende do material)

$\sigma$  – cte de Boltzmann =  $5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$

## TC - 2

**Suponha que você seja um astronauta no espaço, trabalhando duro no seu traje espacial lacrado. A única maneira de você, astronauta com traje, transferir calor para a vizinhança é por**

- (A) Condução**
- (B) Convecção**
- (C) Irradiação**
- (D) Evaporação**

## TC - 2

Suponha que você seja um astronauta no espaço, trabalhando duro no seu traje espacial lacrado. A única maneira de você transferir calor para a vizinhança é por

- (A) Condução
- (B) Convecção
- (C) Irradiação**
- (D) Evaporação

## TC - 3

**A garrafa térmica funciona bem porque**

- (A) suas paredes de vidro são finas.**
- (B) a superfície espelhada, dentro da garrafa, reduz a convecção.**
- (C) vácuo reduz a radiação de calor.**
- (D) nenhuma das respostas acima.**

## TC - 3

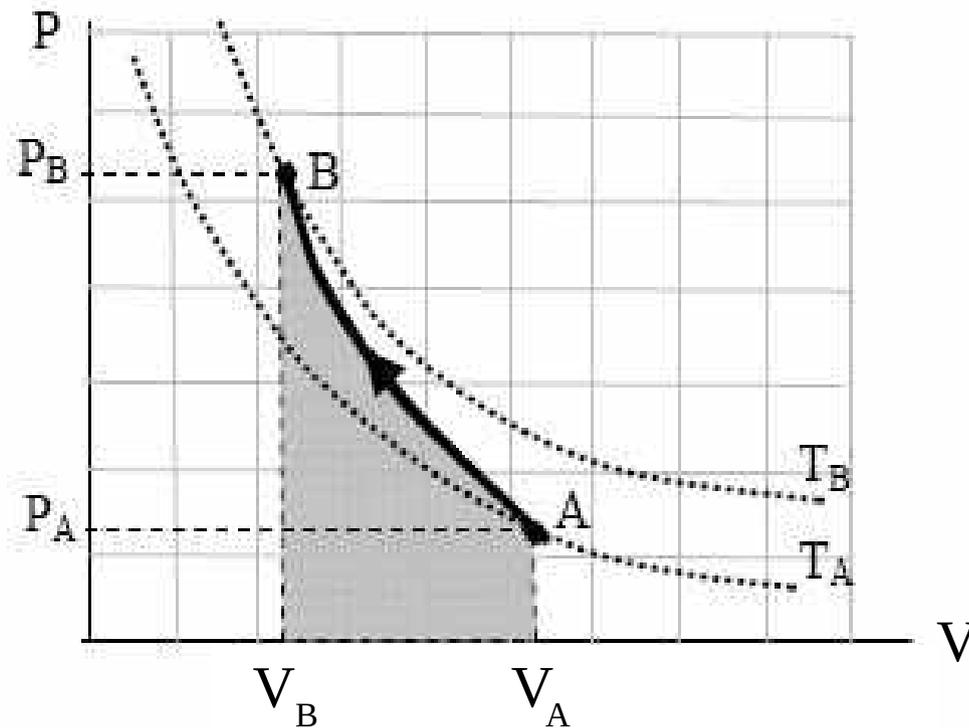
**A garrafa térmica funciona bem porque**

- (A) suas paredes de vidro são finas.**
- (B) a superfície espelhada, dentro da garrafa, reduz a convecção.**
- (C) vácuo reduz a radiação de calor.**
- (D) nenhuma das respostas acima.**

# Propriedades Térmicas da Matéria: Gases

Processos adiabáticos ( $Q=0$ )

Processos onde não há troca de calor



$$PV^\gamma = P_0 V_0^\gamma$$



$$TV^{\gamma-1} = T_0 V_0^{\gamma-1}$$

## Problema:

120 mg de Hélio sofre o processo cíclico abaixo.

- A) Determine  $P, V$  e  $T$  em 1, 2 e 3
- B) Determine os trabalhos em cada um dos trechos
- C) Determine os calores em cada um dos trechos

