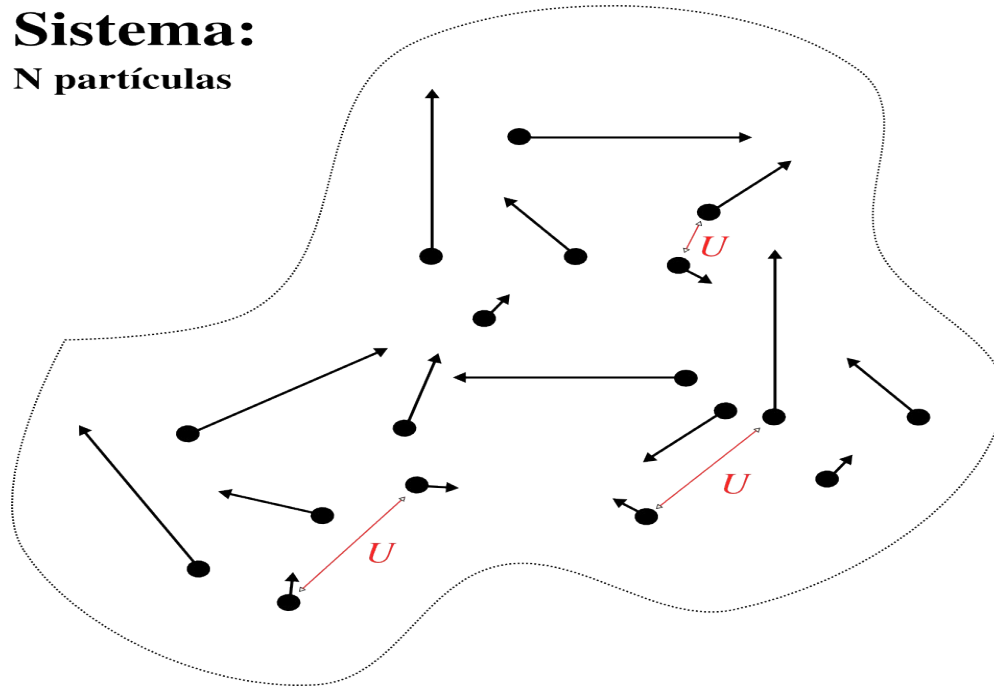


1ª Lei da Termodinâmica

1ª Lei da Termodinâmica

→ Para qualquer sistema de partículas

Sistema:
N partículas



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

1ª Lei da Termodinâmica

→ Para qualquer sistema de partículas

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

$$W_{cons} = -\Delta U$$

→ Após o lançamento de um objeto, a única força que atua é o peso, que é conservativa.

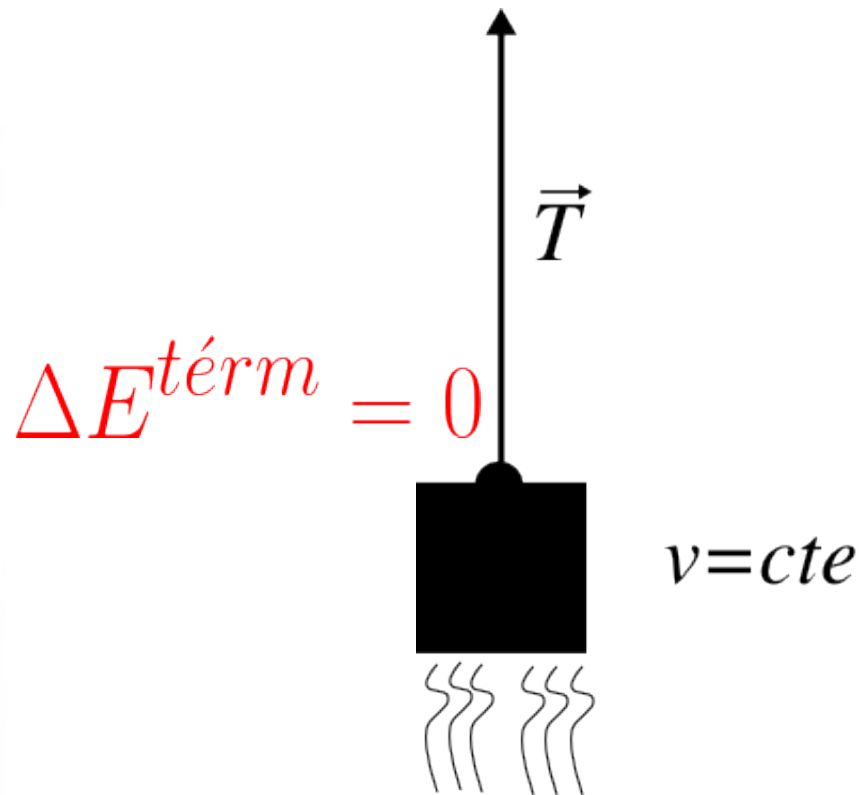
$$W_{diss} = -\Delta E^{term}$$

→ Observamos uma variação na Temperatura do corpo quando este desliza com atrito.

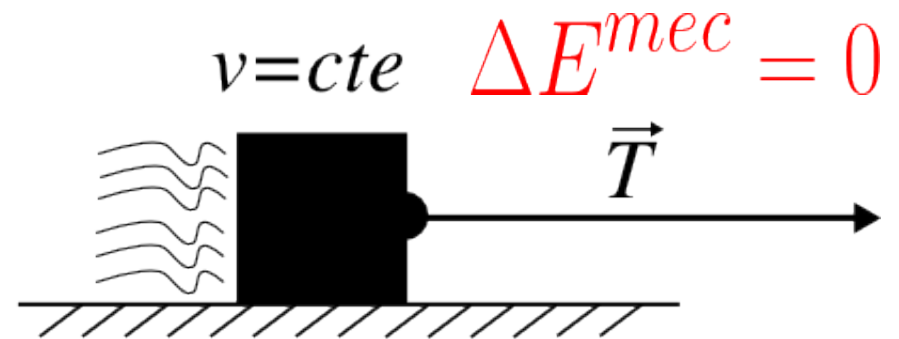
$$\overbrace{\Delta E_C + \Delta U}^{\Delta E^{macro}} + \overbrace{\Delta E^{term}}^{\Delta E^{micro}} = W^{ext}$$

1ª Lei da Termodinâmica

→ O trabalho pode ter consequências bem diferentes



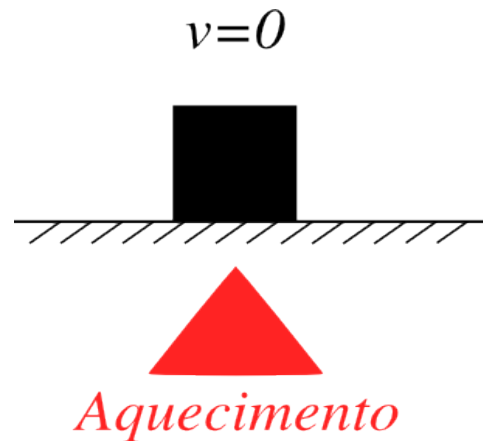
$$W^T = \Delta E^{mec}$$



$$W^T = \Delta E^{term}$$

1ª Lei da Termodinâmica

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

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

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

Qual a grandeza física que devemos adicionar para resolvermos a questão do balanço de energia em sistemas de partículas?

1ª Lei da Termodinâmica

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

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

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

O Calor!!!

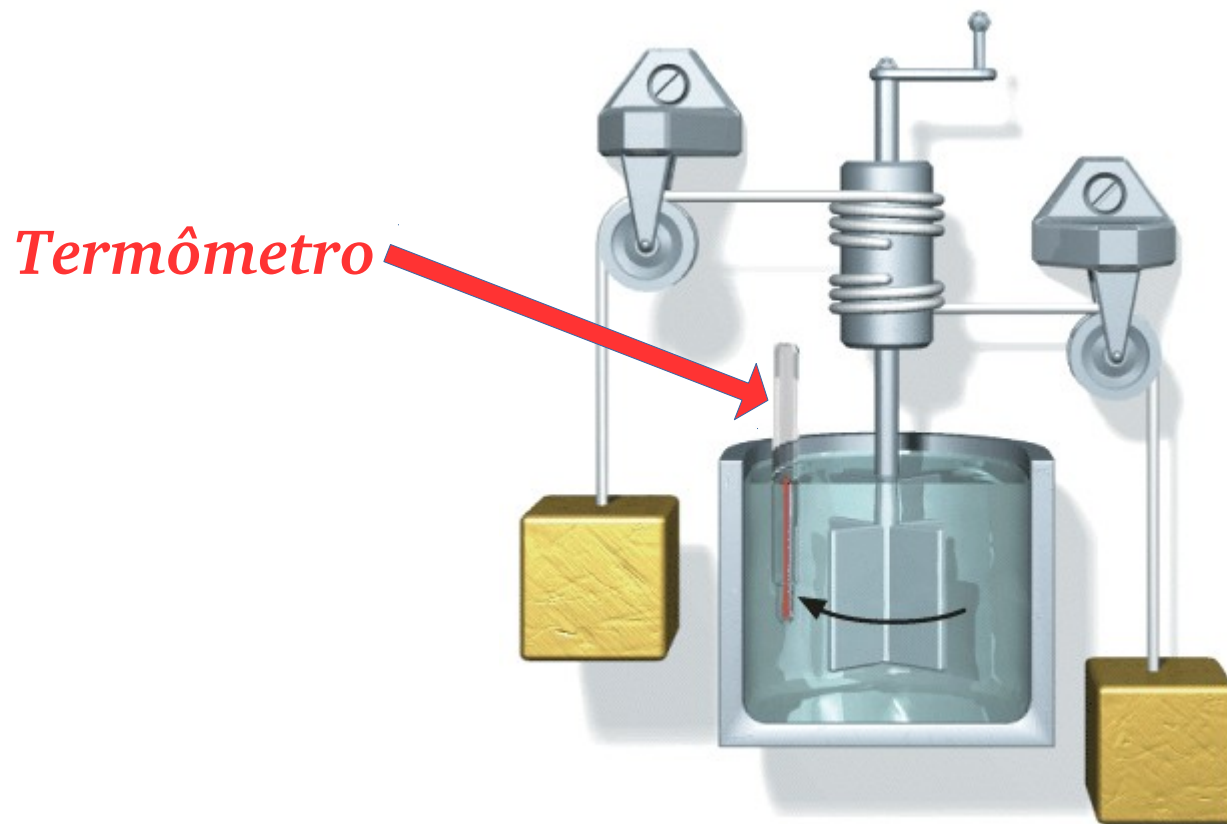
Da mesma forma que o Trabalho (W), o calor é um mecanismo de transferência de energia. No caso mais geral, a Eq. da Conservação da energia é escrita como:

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

1ª Lei da Termodinâmica

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

Experiência de Joule

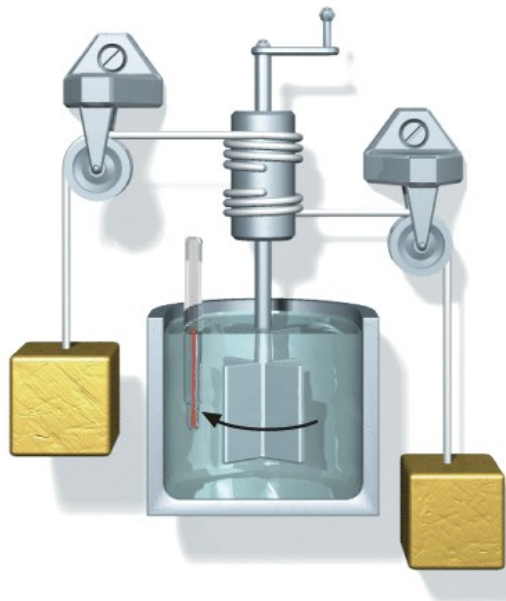


É possível variar a $E^{\text{térm}}$ de um sistema (água) realizando trabalho sobre ela.

1ª Lei da Termodinâmica

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

Experiência de Joule



$$1 \text{ caloria} = 4,186 \text{ Joules}$$

Qde de calor necessária 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.

Q é negativo → Energia é transferida do o sistema.

Atenção!

Q e W não são Variáveis de Estado do sistema.

1ª Lei da Termodinâmica

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

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

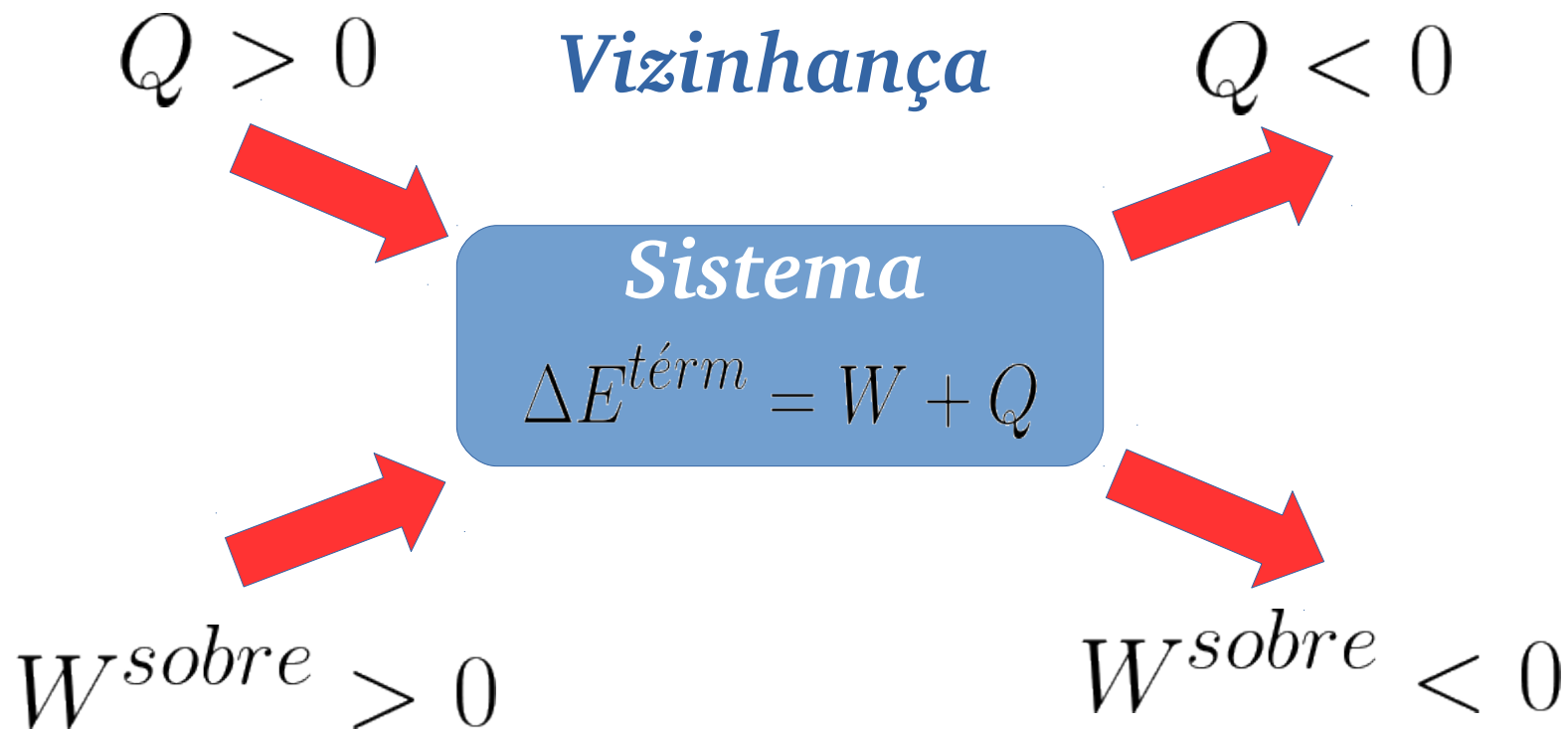


$$\Delta E^{sist} = \Delta E^{term} = W + Q$$

Eq. da 1ª Lei da Termodinâmica

1ª Lei da Termodinâmica

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



1ª Lei da Termodinâmica

→ Trabalho num gás ideal confinado

-
-
-

1ª Lei da Termodinâmica

Teste Conceitual 1

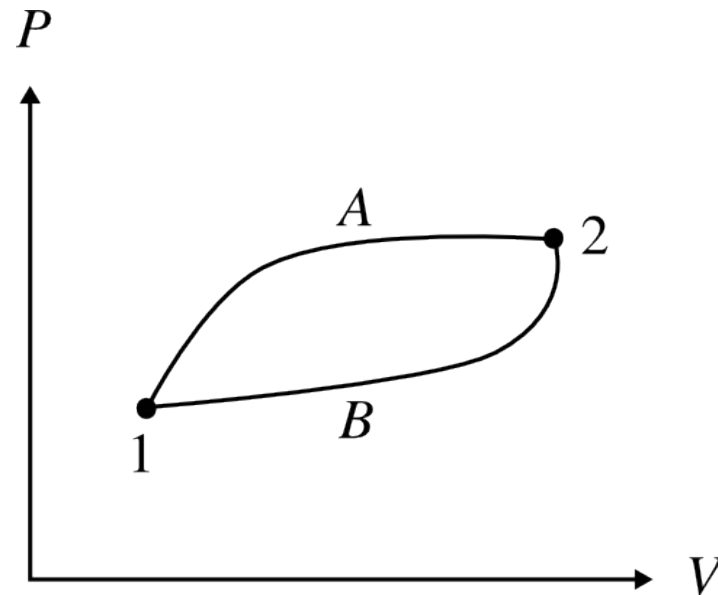
Quais dos seguintes processos envolvem calor?

- (A) Você empurra um pistão dentro de um cilindro com gás, aumentando a temperatura do mesmo.
- (B) Você coloca um cilindro 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 $\rightarrow$ 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

Problema:

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) $W^{\text{isobárico}}$

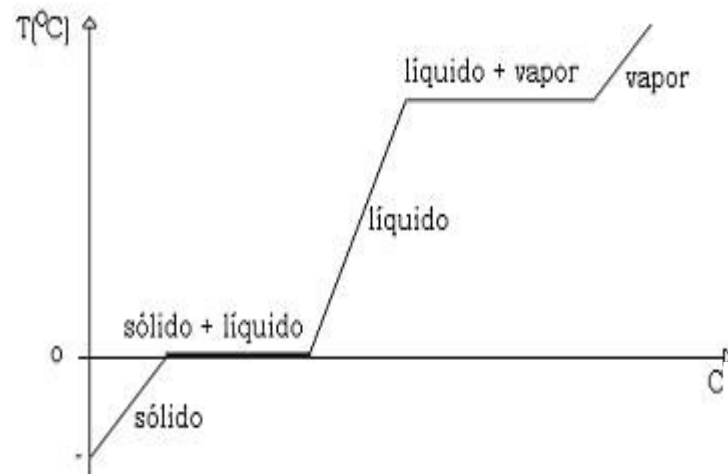
e faça o gráfico representando cada um dos dois processos.

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

Propriedades Térmicas da Matéria

Quais são os efeitos de uma variação da E^{term} ?

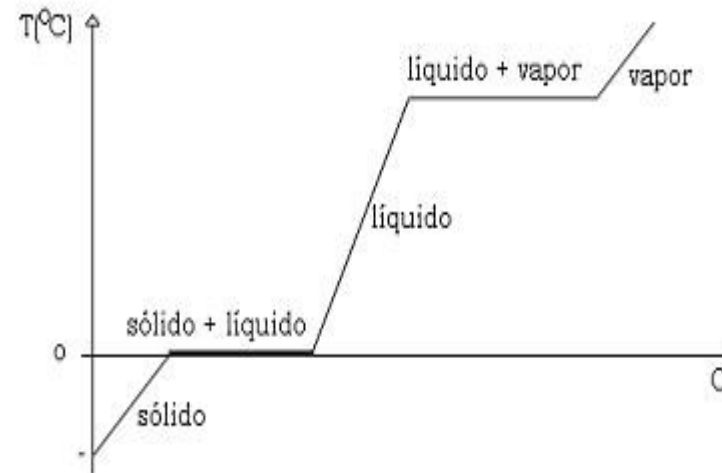
$$\Delta E^{\text{term}} \begin{cases} \rightarrow \Delta T \\ \rightarrow \text{Mudança de fase} \end{cases}$$



Propriedades Térmicas da Matéria

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

$$\Delta E^{\text{térm}} = Mc\Delta T$$



Calor Específico:

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

Exemplos

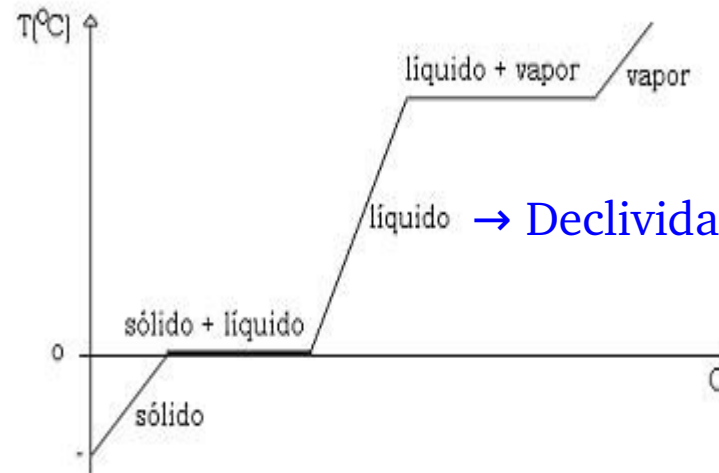
$$c_{\text{água}} = 4190 \text{ J/Kg}\cdot\text{K}$$

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

Propriedades Térmicas da Matéria

Quais são os efeitos de uma variação da E^{term} ?

$$\Delta E^{\text{term}} \rightarrow \Delta T$$



→ Declividade = $\Delta T/Q = 1/Mc$

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

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

→ Qto maior c , menor será ΔT .

Propriedades Térmicas da Matéria

Quais são os efeitos de uma variação da E^{term} ?

Calor Específico molar:

Quantidade de energia que produz $\Delta T = 1\text{K}$ 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 $c \approx 25 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$

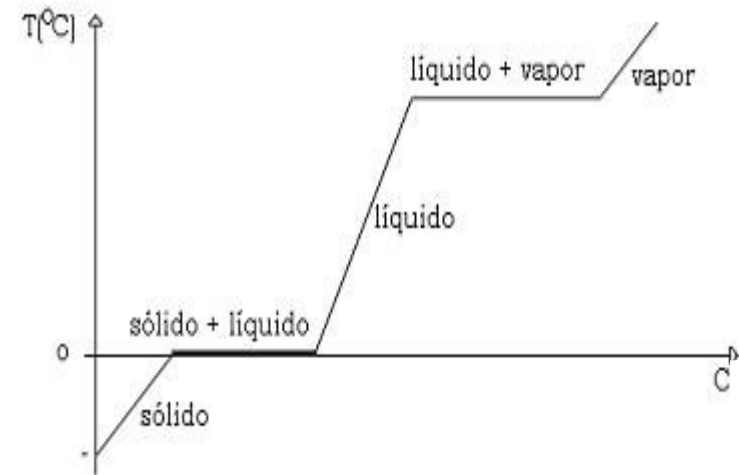
Ver tabela 17.2 (Handall)

Propriedades Térmicas da Matéria

Quais são os efeitos de uma variação da E^{term} ?

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

$$Q = \pm ML$$



Calor Latente de Transformação (L):

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

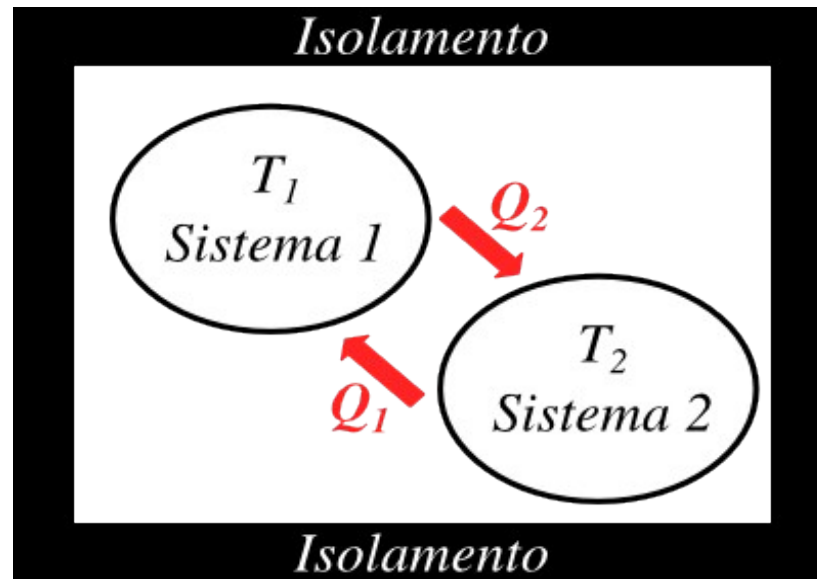
Exemplos

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

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

Propriedades Térmicas da Matéria

Sistemas em contato térmico (Calorimetria)



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

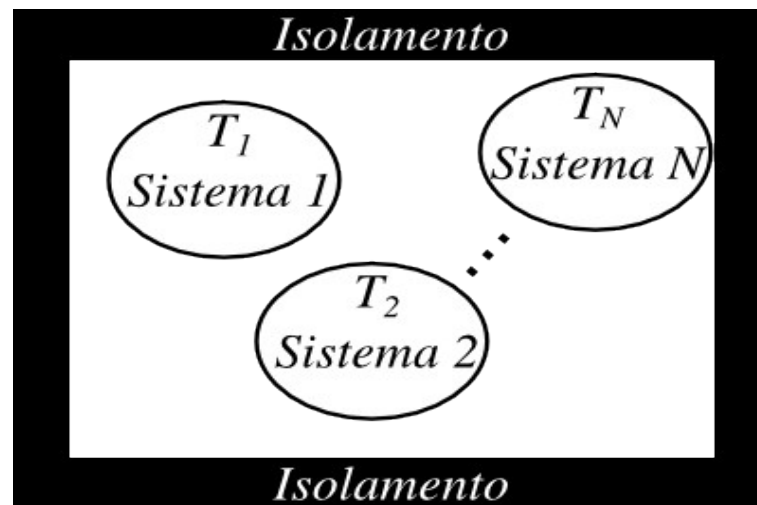
$Q_2 \rightarrow$ Qtdade de calor recebida pelo sistema 2

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

Propriedades Térmicas da Matéria

Sistemas em contato térmico (Calorimetria)

Se houverem 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°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) A temperatura da água antes da medida era maior ou igual a $71,2^\circ\text{C}$.

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°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°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°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?

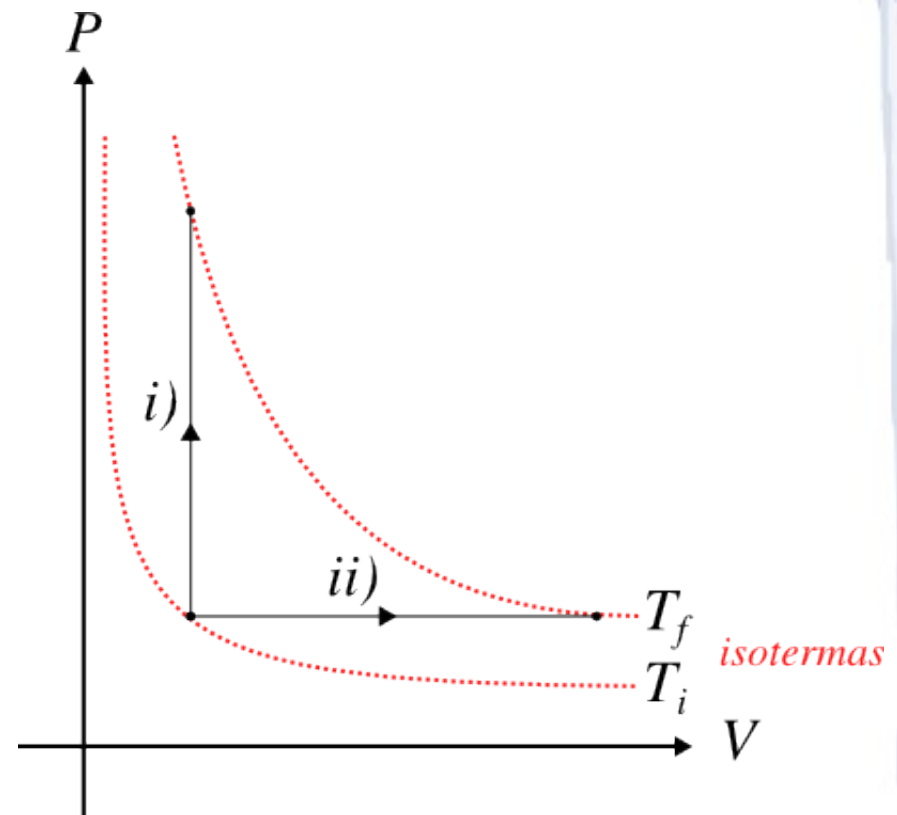
E se o mesmo termômetro for utilizado para medir a temperatura de um freezer? A temperatura indicada representa a temperatura do freezer antes da medida?

Propriedades Térmicas da Matéria: Gases

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*

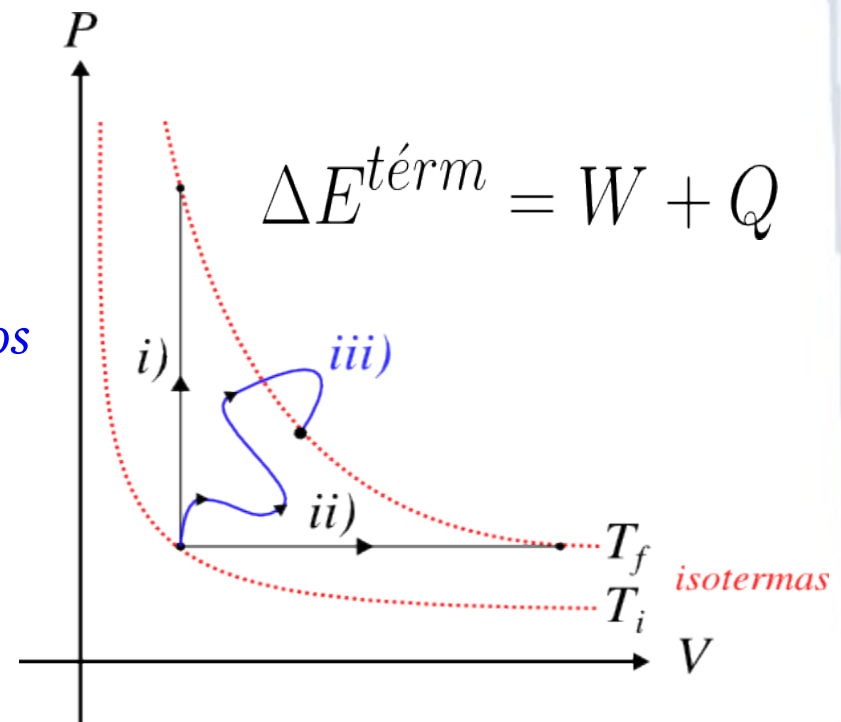


Propriedades Térmicas da Matéria: Gases

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.



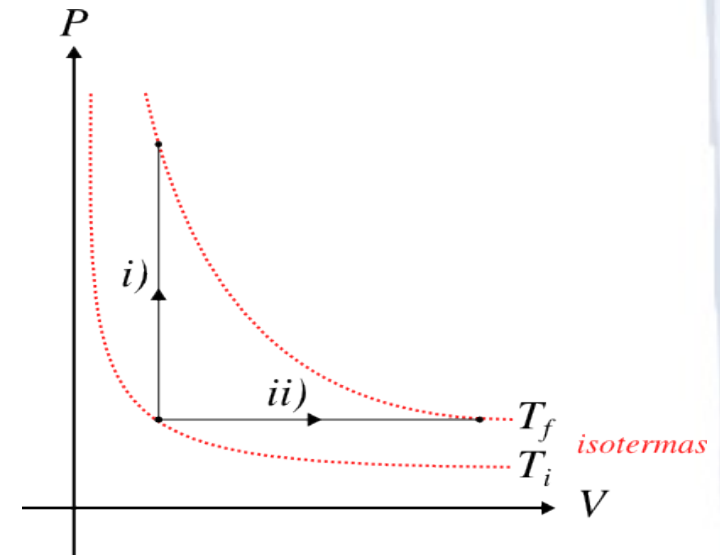
Propriedades Térmicas da Matéria: Gases

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 monoatômicos</i>	$\sim 20,8$	$\sim 12,5$	$\sim 8,3$
<i>Gases diatômicos</i>	$\sim 29,1$	$\sim 20,8$	$\sim 8,3$



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 ΔT .

Propriedades Térmicas da Matéria: Gases

Sistemas em contato térmico (Calorimetria)

Problema

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. Qto vale a T final?

Para o lar!

Propriedades Térmicas da Matéria: Gases

Relações entre c_p e c_v

Para os gases ideais (somente para eles!)

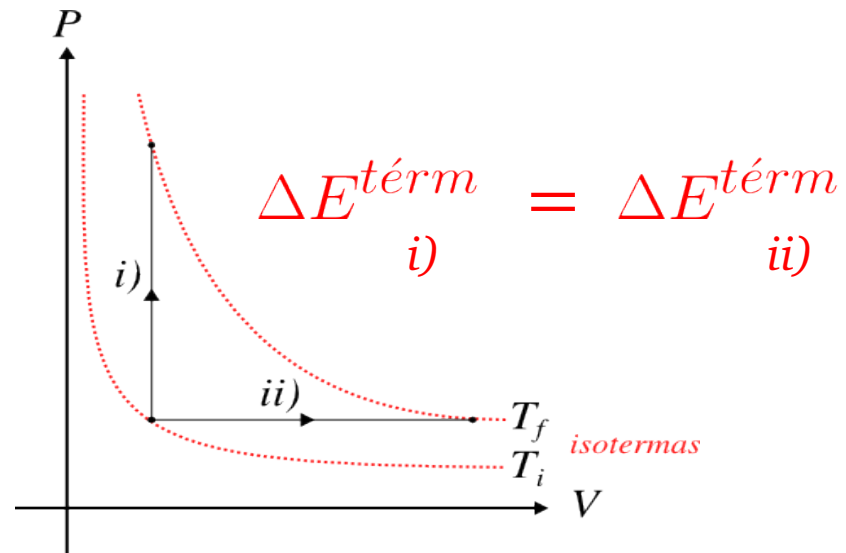
$$\Delta E_{\text{gás}}^{\text{térm}} \propto T$$

Propriedades Térmicas da Matéria: Gases

Relações entre c_p e c_v

Para os gases ideais (somente para eles!)

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



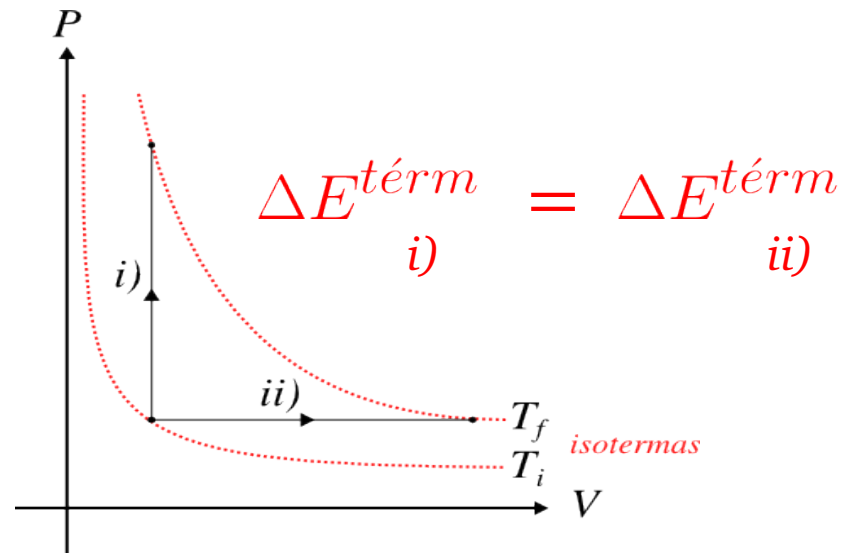
Propriedades Térmicas da Matéria: Gases

Relações entre c_p e c_v

Para os gases ideais (somente para eles!)

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

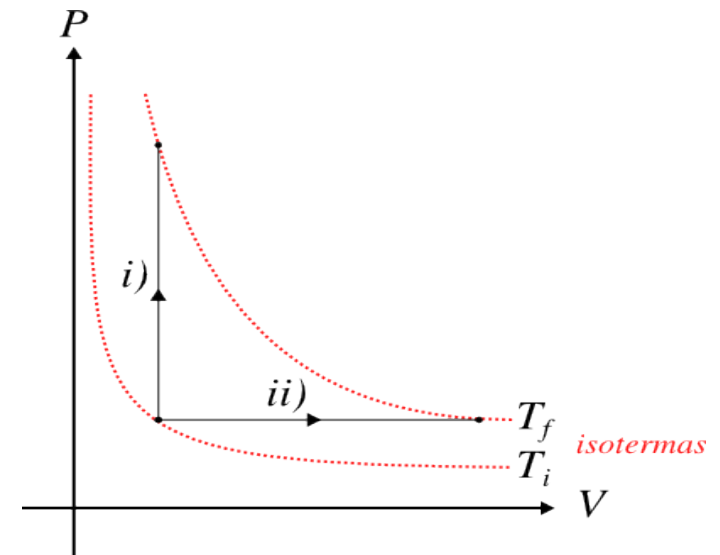
$\Delta E_{\text{gás}}^{\text{term}}$ é a mesma para quaisquer processos que envolvam a mesma variação de temperatura.



Propriedades Térmicas da Matéria: Gases

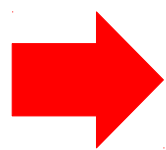
Relações entre c_p e c_v

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



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

Para qq
processo!

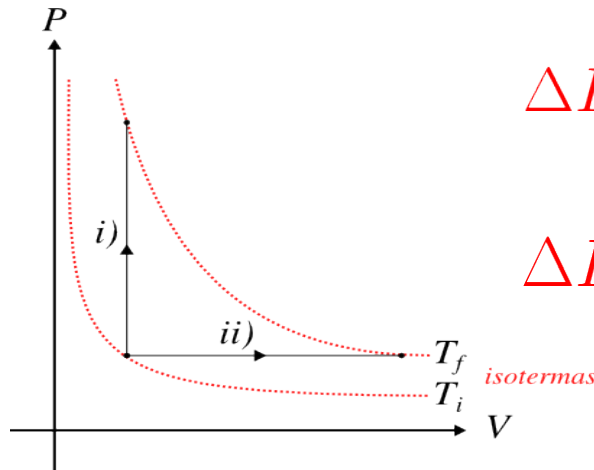
Propriedades Térmicas da Matéria: Gases

Relações entre c_p e c_v

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

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

como ΔT é a mesma em ambos os processos,



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

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

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

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 ΔT depende do processo

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

Quanto maior c_i , menor é a ΔT 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) $Q_A \geq Q_B$

