

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE QUÍMICA DE SÃO CARLOS



Introdução aos Processos Químicos - 7500089

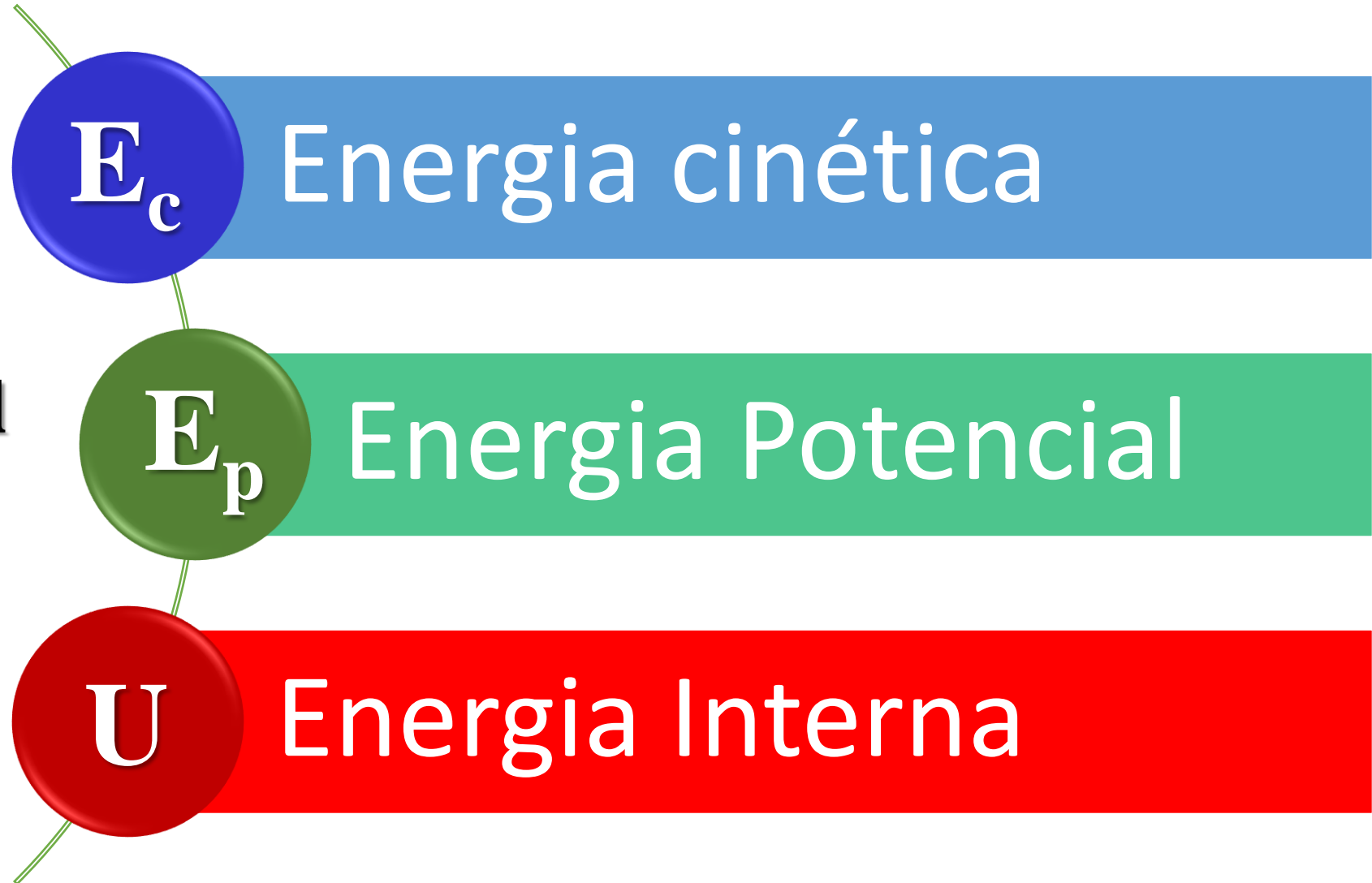
Balanco de ENERGIA

Profa. Dra. Bianca Chierigato Maniglia

biancamaniglia@usp.br

biancamaniglia@iqsc.usp.br

FORMAS DE ENERGIA



**Energia total
do sistema**

E_c

Energia cinética

E_p

Energia Potencial

U

Energia Interna

FORMAS DE ENERGIA – ENERGIA CINÉTICA

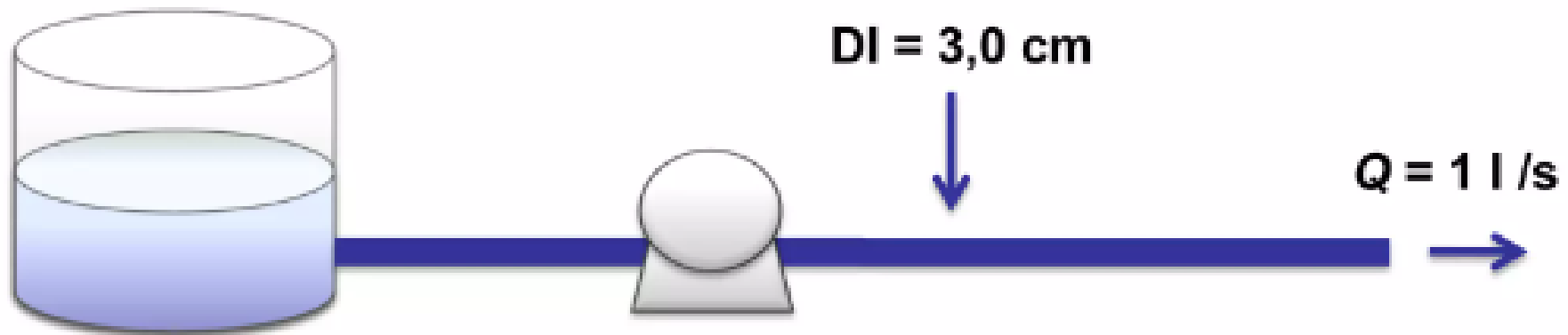
Movimento do sistema como um todo em relação a um referencial.

$$E_c = \frac{mv^2}{2g_c}$$

onde: v = velocidade

m = massa

g_c = fator de correção



FORMAS DE ENERGIA – ENERGIA POTENCIAL

Posição do sistema em um campo potencial

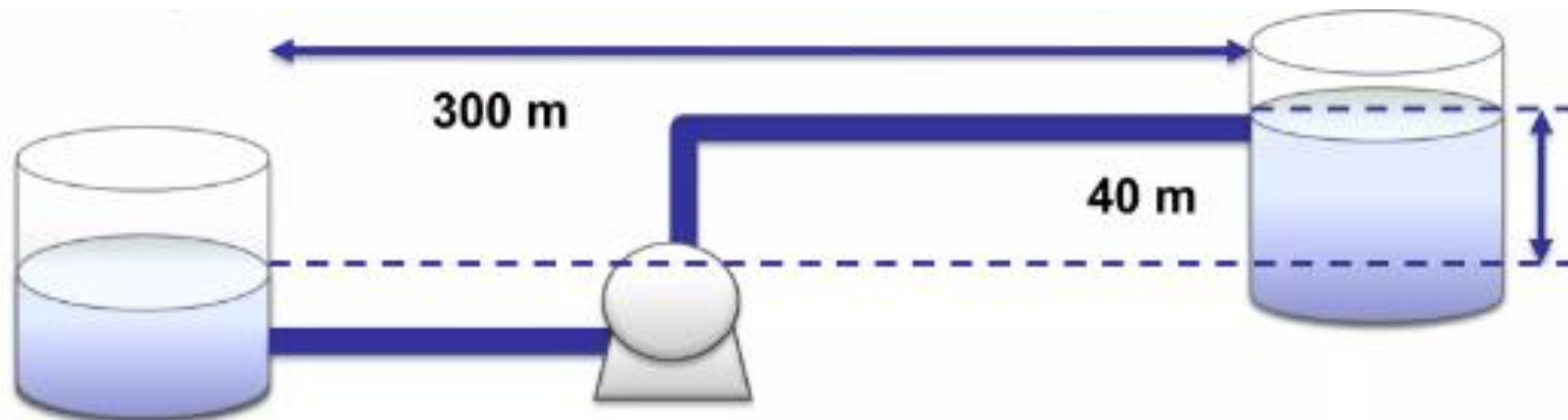
$$E_p = m \frac{g}{g_c} z$$

onde z = altura do sistema em relação a um plano de referência arbitrário ($E_p = 0$)

m = massa

g = aceleração da gravidade

g_c = fator de correção



**Energia
potencial**

**Energia
cinética**

**Energia
total**



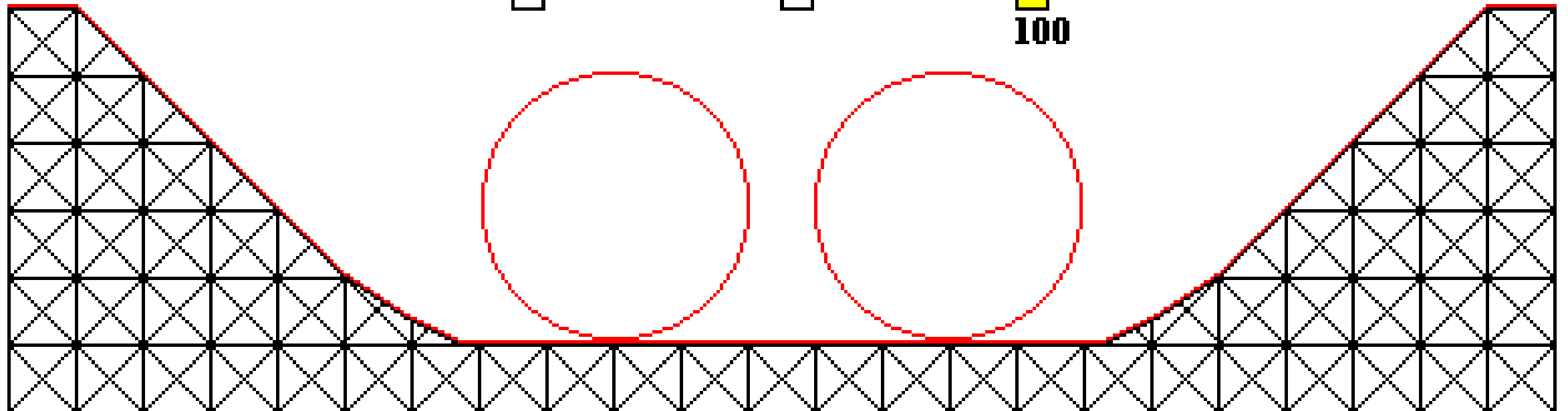
+



=

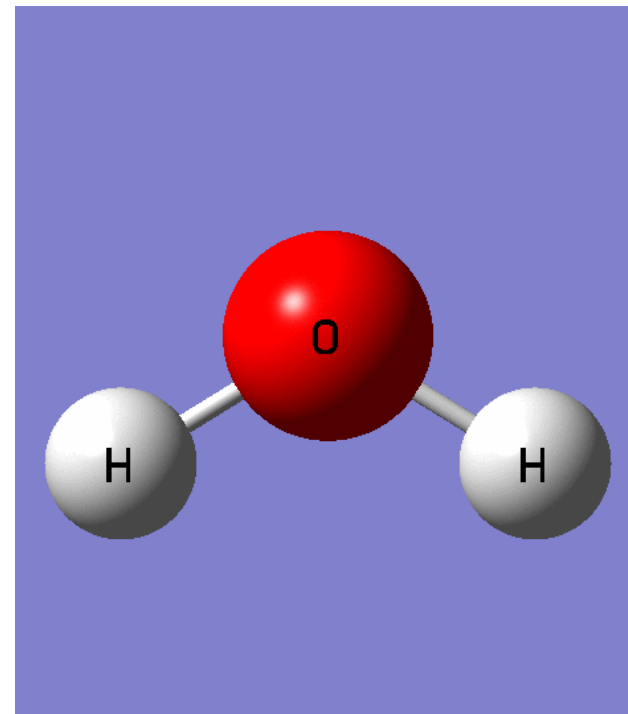
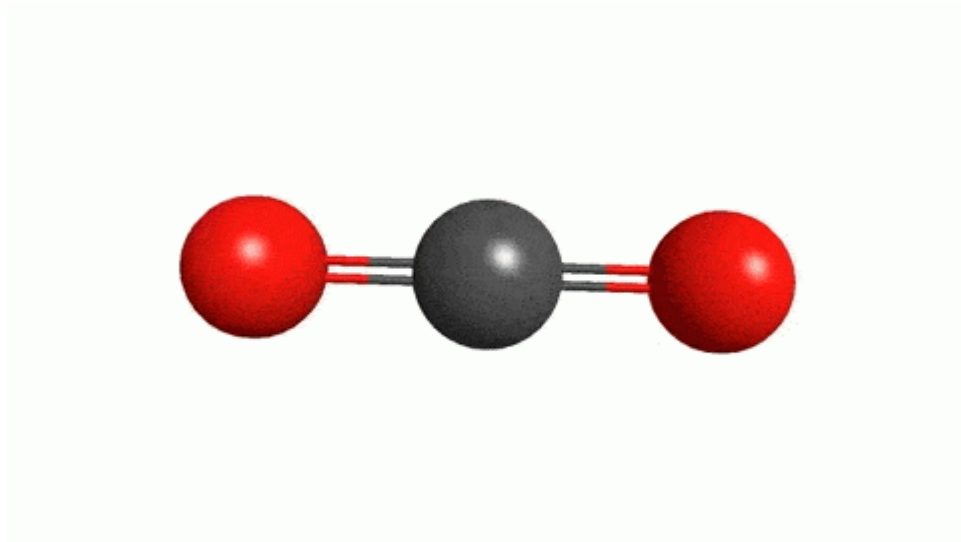


100

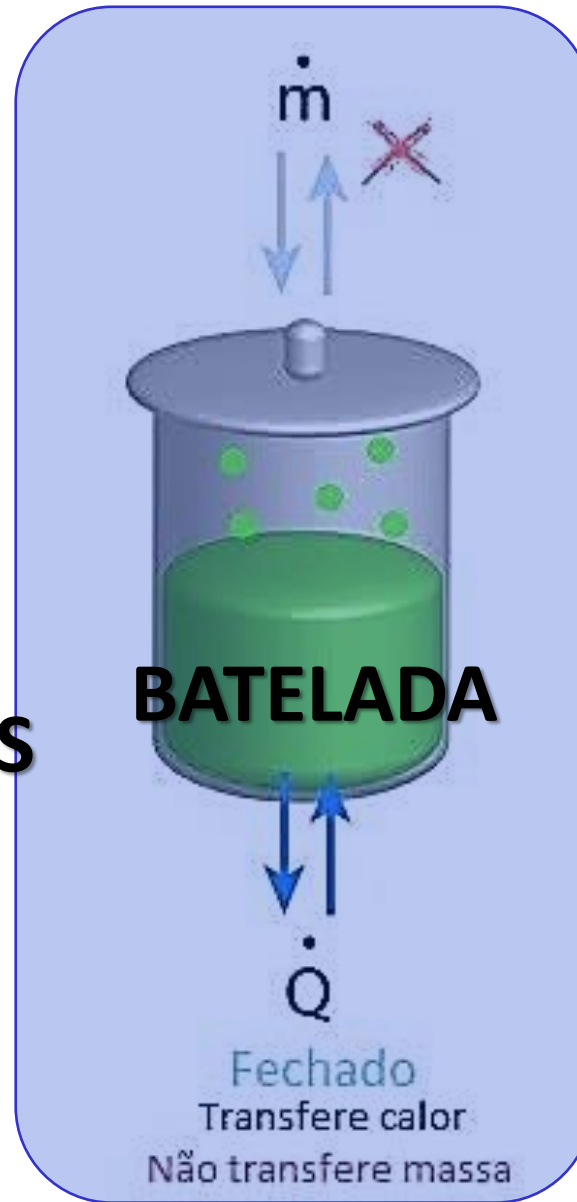


FORMAS DE ENERGIA – ENERGIA INTERNA

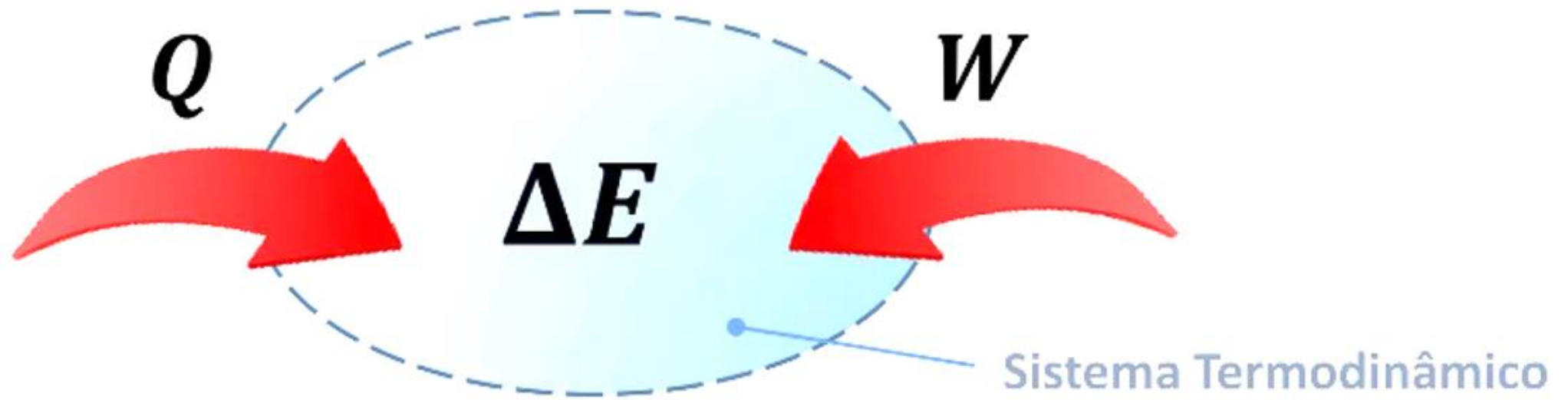
Movimento das moléculas relativo ao centro de massa do sistema



TERMODINÂMICA – TIPOS DE SISTEMAS



TERMODINÂMICA – TRANSFERÊNCIA DE ENERGIA



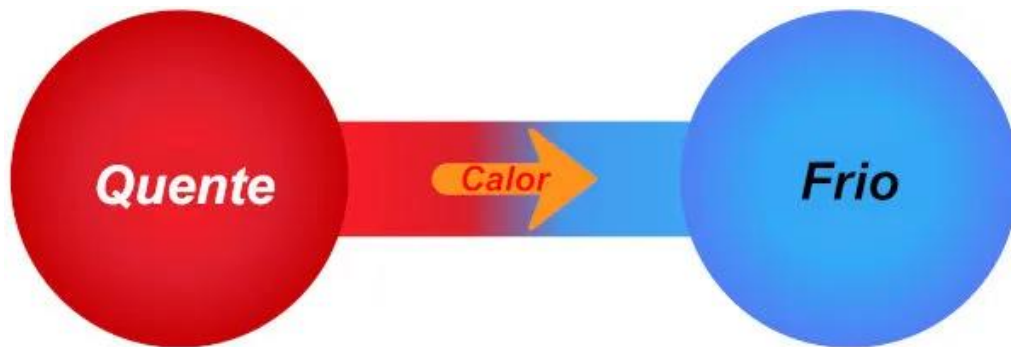
TERMODINÂMICA – TRANSFERÊNCIA DE ENERGIA

Energia transferida

Não tem sentido se falar de calor ou trabalho possuídos ou contidos num sistema.

CALOR (Q)

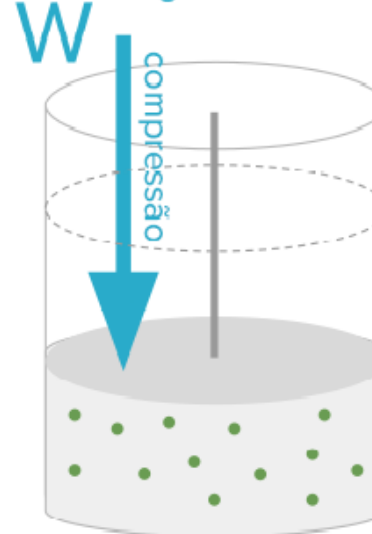
Energia que flui em função de uma **diferença de temperatura** entre o sistema e suas vizinhanças.



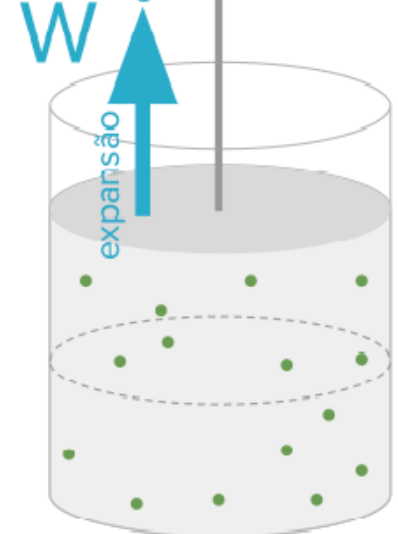
TRABALHO (W)

Energia que flui em resposta a uma **força motora**. O trabalho é uma energia fornecida ao fluido (acelerá-lo ou comprimi-lo) ou a um equipamento (turbina) para acioná-lo.

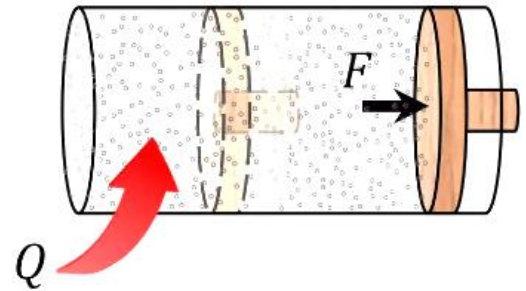
Um trabalho positivo é realizado no gás



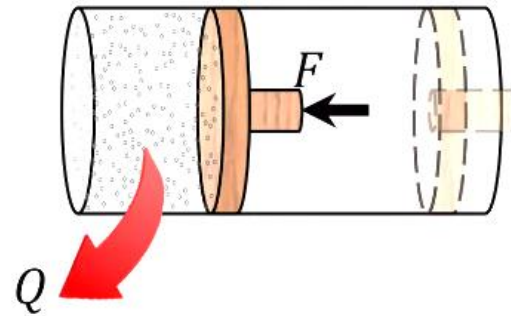
Um trabalho negativo é realizado no gás



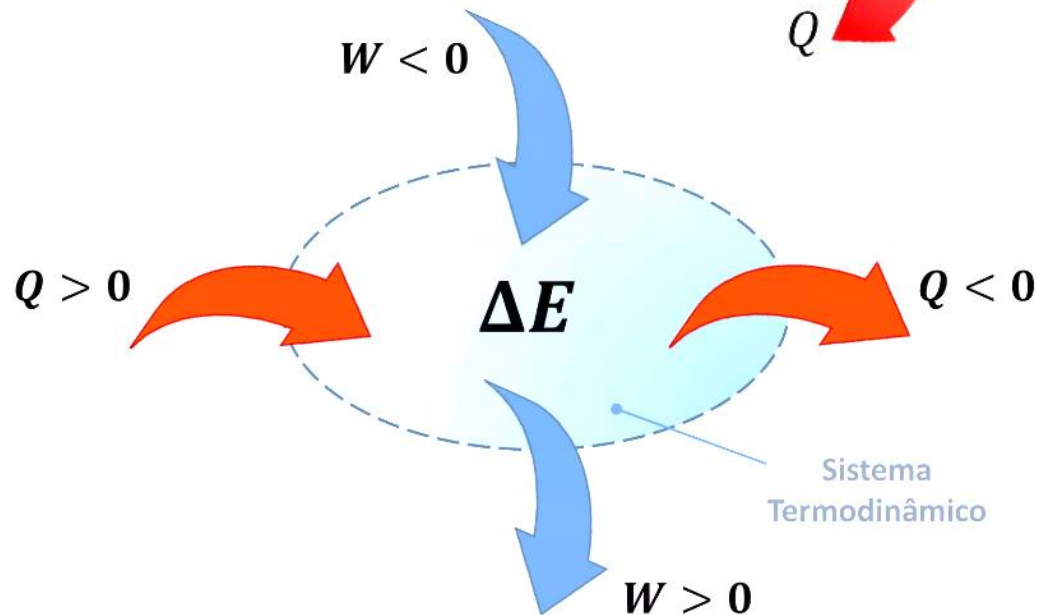
CALOR



Transferência de calor para o sistema $\rightarrow Q > 0$



Transferência de calor a partir do sistema $\rightarrow Q < 0$



TRABALHO

Energia	Sinal	Efeito
W realizado sobre o sistema	$W < 0$	O sist. ganha energia e o volume diminui
W realizado pelo sistema	$W > 0$	O sist. perde energia e o volume aumenta
O sistema não realiza W	$W = 0$	Não há trabalho sendo feito e o volume é const.
O sistema recebe Q	$Q > 0$	A energia interna do sist. aumenta
O sistema perde Q	$Q < 0$	A energia interna do sist. diminui
Não há troca de Q	$Q = 0$	Chamada transformação adiabática

ENERGIA

POTÊNCIA

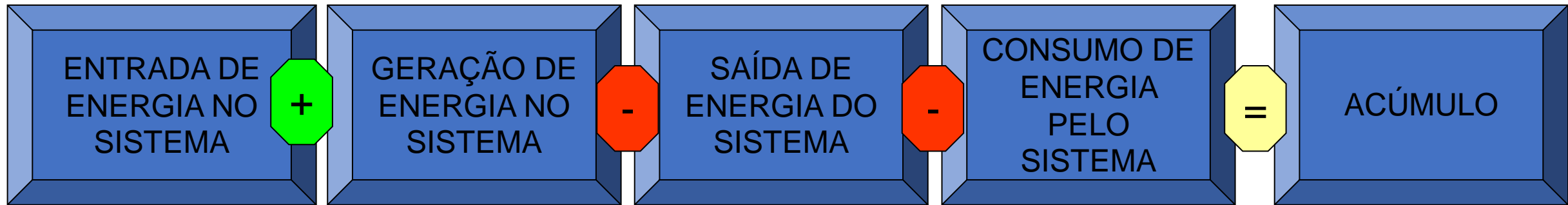
$$P = \text{Energia} / \Delta t$$



Unidade - Energia	Símbolo	Equivalência
Joule	J	= 1 N.m
Caloria (termoquímica)	c	= 4,180 J
Caloria alimentar	C	= 4.180 J
British Thermal Unit	BTU	= 1055,06 J
Quilo-watt-hora	kWh	= 3,6 MJ
Horse Power - hora	hph	= 2,6845 x 10 ⁶ J

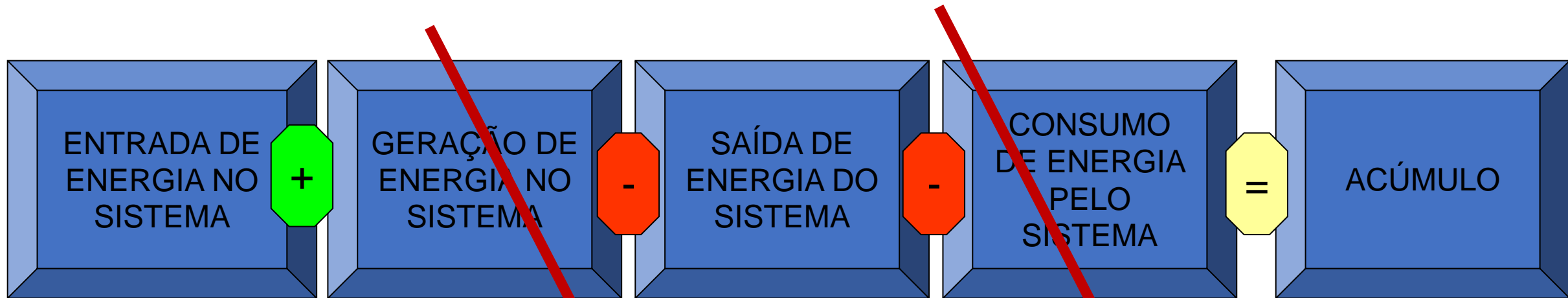
Unidade - Potencia	Símbolo	Equivalência
watt	W	= 1 J/s
Quilo watt	kW	= 1.000 W
horse power	hp	= 745,7 W
cavalo vapor	cv	= 735,5 W
cavalo vapor	cv	= 0,9863 hp

BALANÇO DE ENERGIA

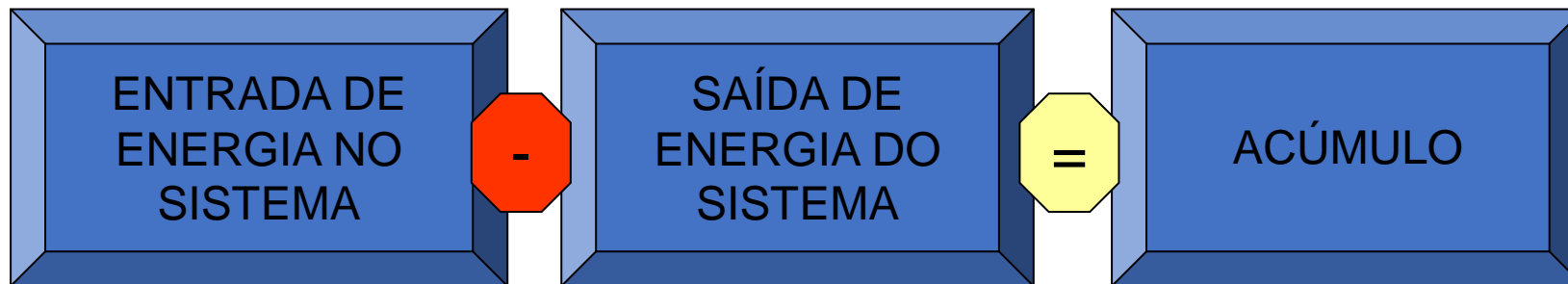


- ✓ Com ou sem reação química
- ✓ Sistemas abertos ou fechados
- ✓ Regime permanente o transiente

BALANÇO DE ENERGIA EM SISTEMAS FECHADOS

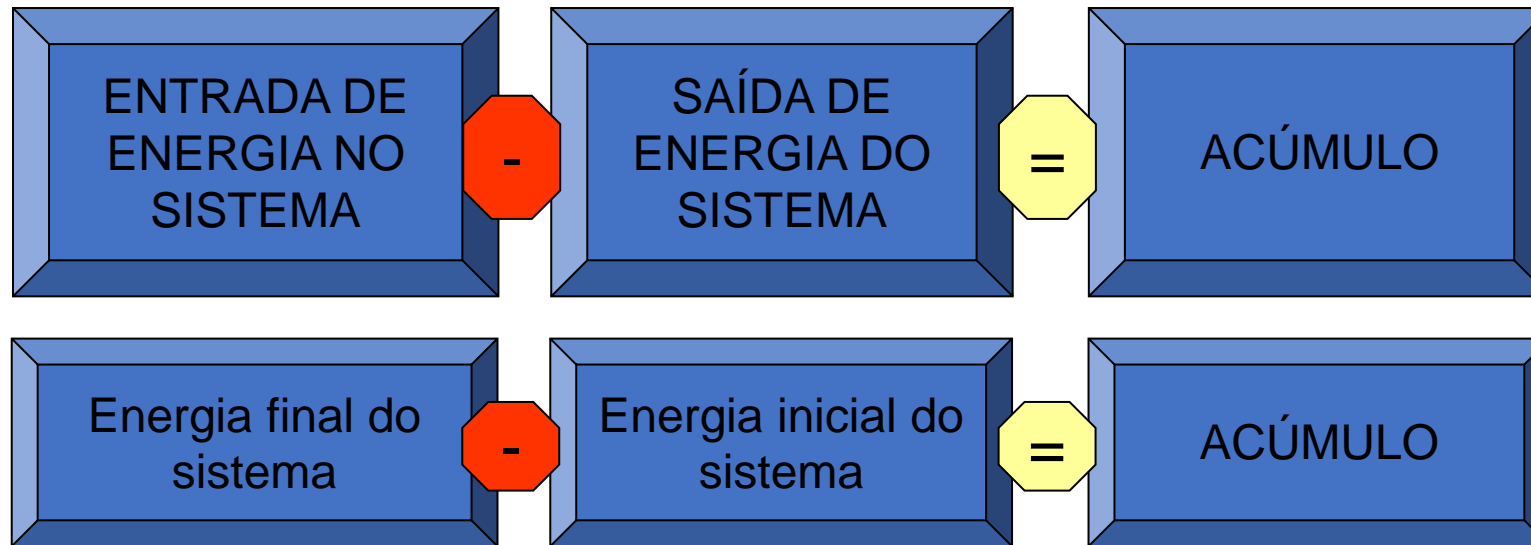


SEM REAÇÃO QUÍMICA



**Fechado
energia pode
passar pela
fronteira**

BALANÇO DE ENERGIA EM SISTEMAS FECHADOS



Fechado
energia pode
passar pela
fronteira

$$(\Delta \text{energia sistema}) = \Delta(\text{energia das vizinhanças})$$

$$E_{\text{sistema}} = U + E_c + E_p$$

$$\Delta E_{\text{sistema}} = \text{Acúmulo} = (U + E_c + E_p)_{\text{final}} - (U + E_c + E_p)_{\text{inicial}}$$

$$\Delta U + \Delta E_c + \Delta E_p = \pm Q \pm W$$

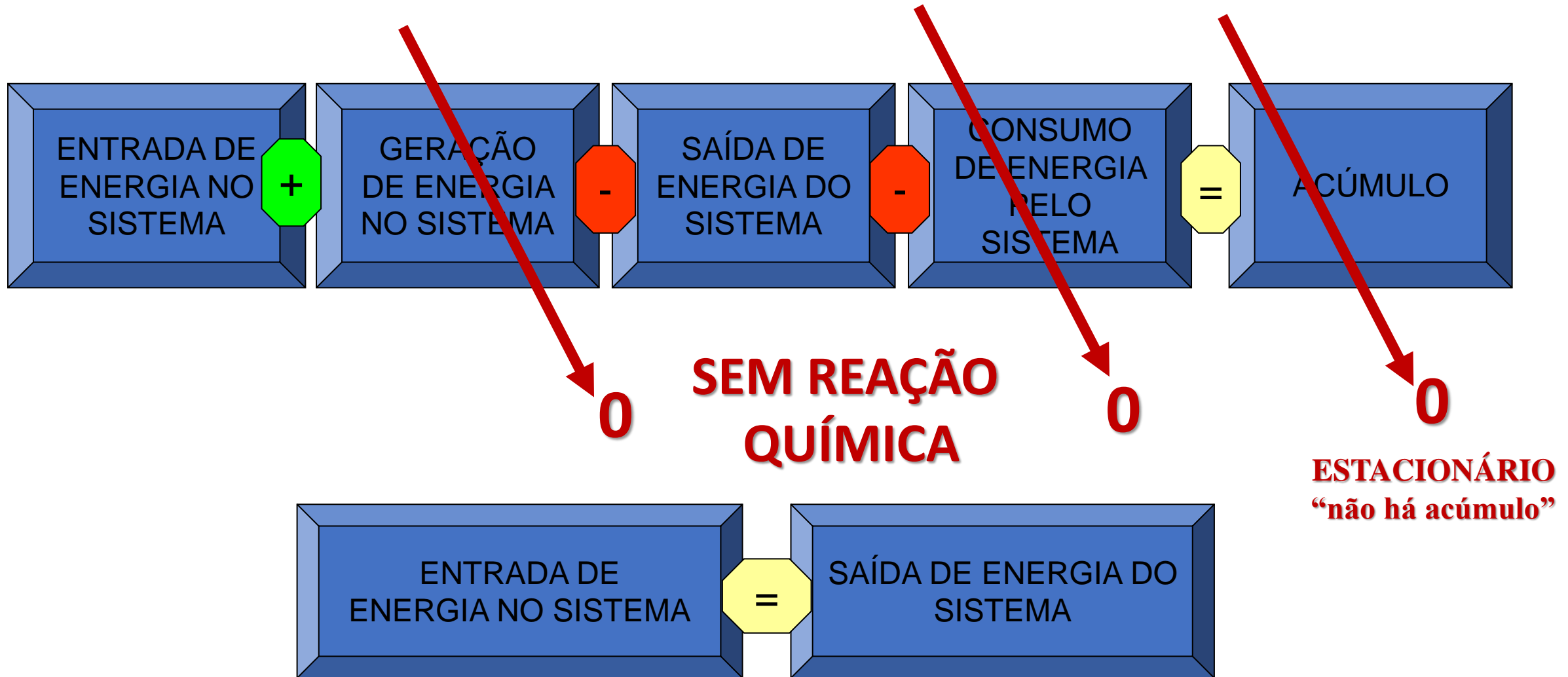
BALANÇO DE ENERGIA EM SISTEMAS FECHADOS

Considerações:

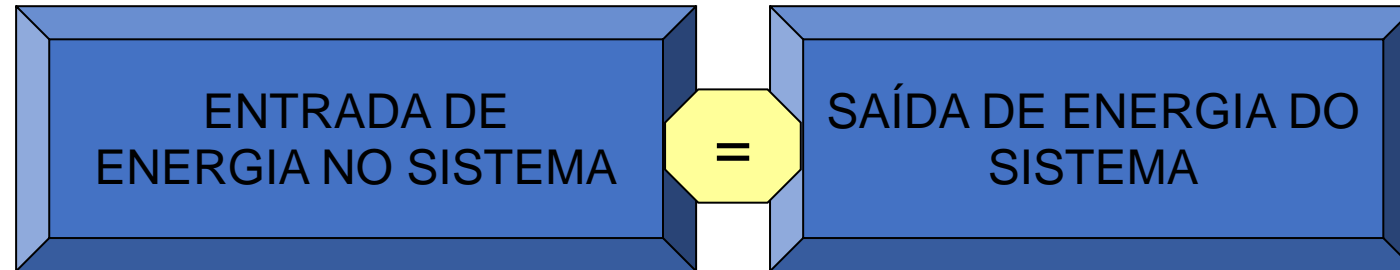
- **Quando $\Delta T = 0$**
sem mudança de fase ou composição química
 $\Delta U = 0$
- **Sistema e Vizinhança mesma temperatura**
Sistema adiabático
 $Q = 0$
- **Sem movimento e sem geração de corrente**
 $W = 0$

Exercício III.1) Um gás está contido em um cilindro em que está acoplado um pistão móvel. A Temperatura inicial do gás é $25\text{ }^{\circ}\text{C}$. O cilindro é colocado em água fervente com o pistão fixo em uma determinada posição (travado). Calor é absorvido pelo gás na quantidade de 2 kcal , até atingir o equilíbrio a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ (e uma pressão mais alta). O pistão é então liberado e o gás realiza um trabalho de 100 J para movimentar o pistão para uma nova posição de equilíbrio. A temperatura final do gás é $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Escreva o Balanço de Energia para cada um dos dois estágios de processo. Despreze as alterações de E_p .

BALANÇO DE ENERGIA EM SISTEMAS ABERTOS ESTADO ESTACIONÁRIO



BALANÇO DE ENERGIA EM SISTEMAS ABERTOS ESTADO ESTACIONÁRIO



$$(U + E_c + E_p)_{\text{final}} \pm Q \pm W = (U + E_c + E_p)_{\text{inicial}}$$

$$(U + E_c + E_p)_{\text{final}} - (U + E_c + E_p)_{\text{inicial}} = Q + W$$

Observações:

1) Se não há partes em movimento no sistema:

$$\mathbf{W = 0 \Rightarrow \Delta H + \Delta E_c + \Delta E_p = Q}$$

2) Se o sistema e sua vizinhança estão na mesma T:

$$\mathbf{Q = 0 \Rightarrow \Delta H + \Delta E_c + \Delta E_p = W}$$

3) Se as velocidades de todas as correntes são as mesmas:

$$\mathbf{\Delta E_c = 0 \Rightarrow \Delta H + \Delta E_p = Q + W}$$

4) Se todas as correntes entram e saem do processo à mesma altura:

$$\mathbf{\Delta E_p = 0 \Rightarrow \Delta H + \Delta E_c = Q + W}$$

Procedimento para a realização do Balanço de Energia

- 1) Desenho do fluxograma
- 2) Indicar todos os dados pertinentes a todas as correntes: T, P, vazão, estado de agregação (sólido, líquido, gás). É necessário incluir as informações para o cálculo da entalpia de cada componente.
- 3) Escolher base de cálculo adequada
- 4) Efetuar Balanço de Massa
- 5) Considerar perdas de calor no equipamento
- 6) Escrever o Balanço de Energia

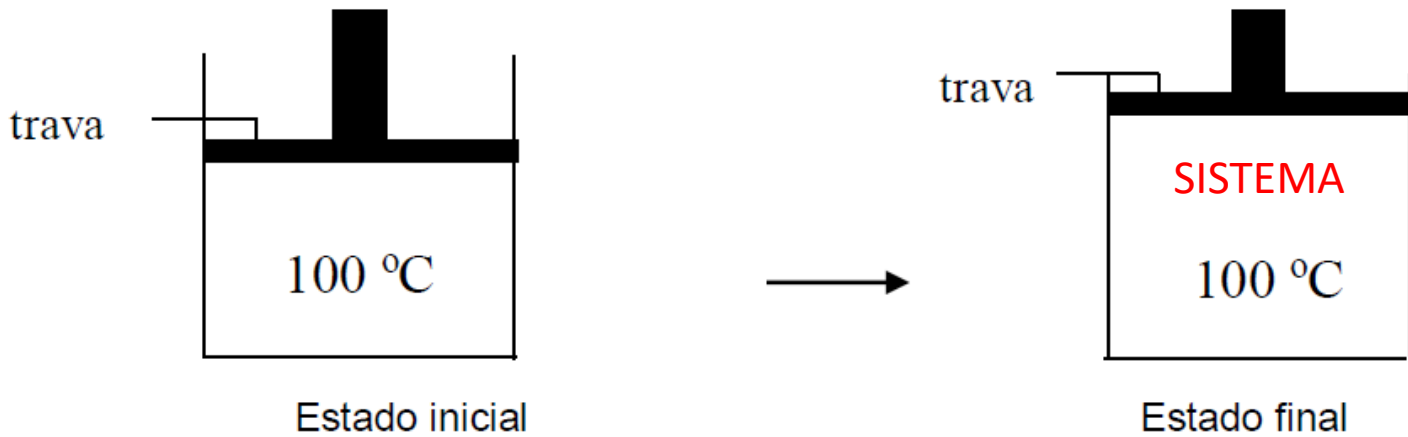
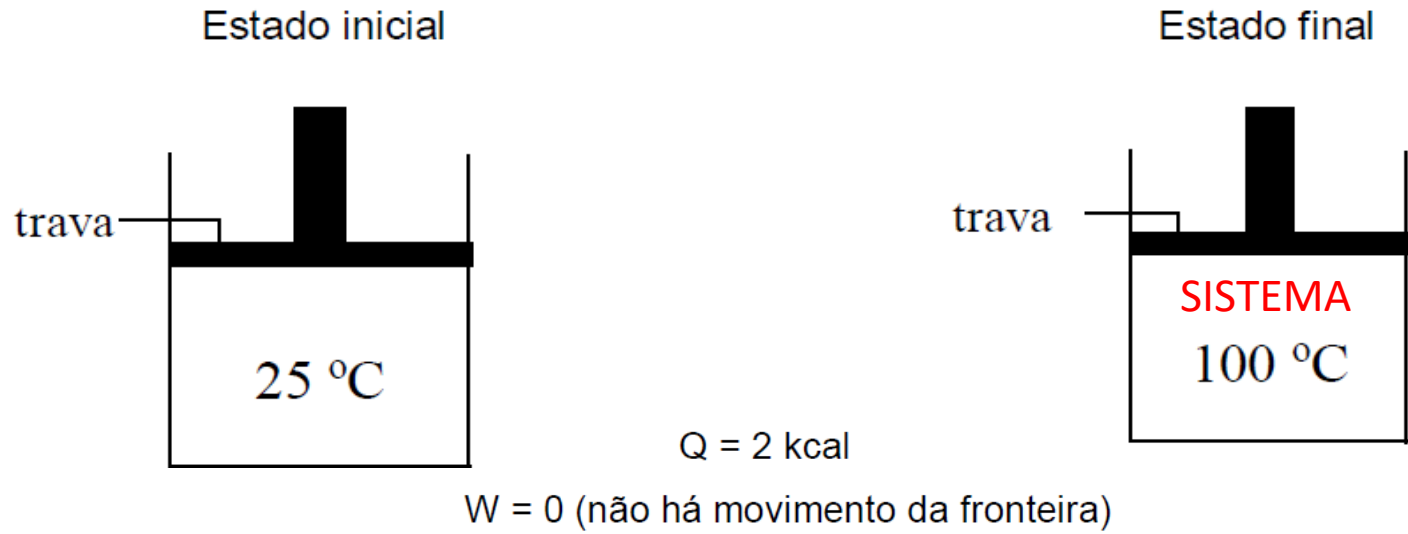
Lembrar de avaliar as propriedades térmicas e termodinâmicas dos participantes do processo (capacidade calorífica, entalpia, calor latente)

Exercício III.2) 500 kg/h de vapor acionam uma turbina. O vapor entra na turbina a 44 atm e 450 °C e velocidade linear de 60 m/s e a deixa a um ponto 5 m abaixo da entrada, a pressão atmosférica e velocidade de 360 m/s. A turbina necessita liberar trabalho de eixo a taxa de 70 kW e as perdas de calor na turbina são estimadas em 10^4 kcal/h. Calcule a variação de entalpia associada ao processo.

$$\Delta H + \Delta E_c + \Delta E_p = Q + W$$

Energia	Sinal	Efeito
W realizado sobre o sistema	$W < 0$	O sist. ganha energia e o volume diminui
W realizado pelo sistema	$W > 0$	O sist. perde energia e o volume aumenta
O sistema não realiza W	$W = 0$	Não há trabalho sendo feito e o volume é const.
O sistema recebe Q	$Q > 0$	A energia interna do sist. aumenta
O sistema perde Q	$Q < 0$	A energia interna do sist. diminui
Não há troca de Q	$Q = 0$	Chamada transformação adiabática

W realizado sobre o sistema	$W < 0$
W realizado pelo sistema	$W > 0$
O sistema não realiza W	$W = 0$
O sistema recebe Q	$Q > 0$
O sistema perde Q	$Q < 0$
Não há troca de Q	$Q = 0$



$W = -100 \text{ J}$ (negativo pois o sistema faz trabalho)

$Q = 100 \text{ J}$, ou seja, um calor adicional de 100 J foi absorvido pelo gás quando ele expande e re-equilibra-se a 100°C.