



Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"
Departamento de Ciências Biológicas



Termodinâmica

Ciências dos Alimentos

Professora: Nubia Eloy

Termodinâmica

- Termodinâmica é o estudo da relação entre calor, trabalho, e a associação com o fluxo de energia
 - Conversão de calor (energia) em outros tipos de energia
 - Fluxo (dinâmica, movimento) do calor

A vida obedece as leis da termodinâmica

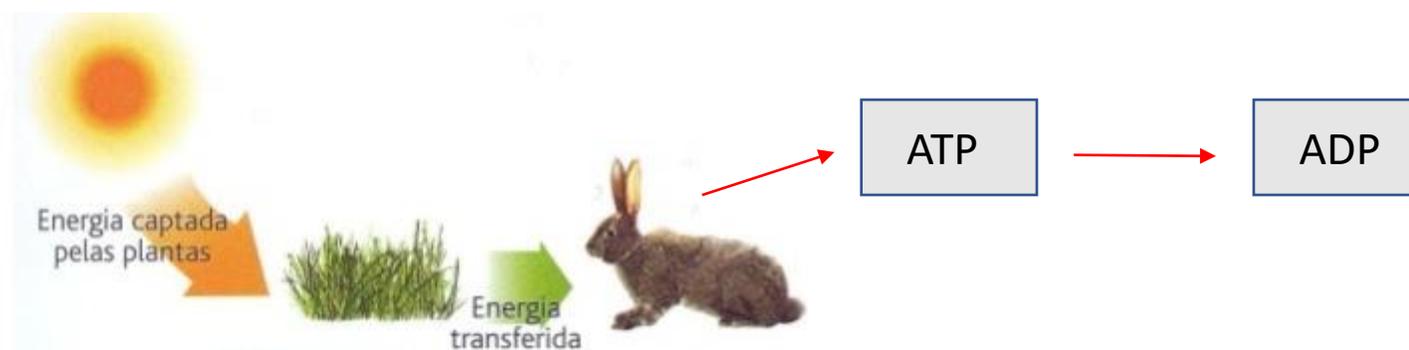
Primeira lei da termodinâmica: estados em que a energia é conservada – Lei da conservação de Energia

A energia é conservada, não pode ser criada ou destruída, apenas transformada.

- ✓ A vida demanda energia

A Primeira Lei da Termodinâmica

- ✓ A energia é conservada



A cada transformação a energia não é criada ou destruída, ela é simplesmente convertida

1ª Lei da termodinâmica

Estados em que a energia é conservada

Energia interna - é a energia total de um sistema sendo que é a soma de todas as energias cinéticas do sistema

A energia interna é uma função de estado pois depende do estado em que o sistema está, e não da forma como o sistema chegou até esse estado

Que a alteração de qualquer variável do estado (P,T,V) faz com que ocorra uma variação da energia interna

A energia interna é uma propriedade extensiva - são as propriedades de um sistema que dependem da massa da amostra

Calor e o trabalho são maneiras equivalentes de alterar a energia do sistema.

A segunda lei da termodinâmica

- ✓ O Universo tende a máxima entropia
- ✓ O Universo tende a máxima dispersão de energia

A Segunda Lei da Termodinâmica diz:

- A entropia tende a aumentar
- Um processo será espontâneo se o CAOS do sistema aumentar.

2ª Lei da termodinâmica

“Algo que acontece **espontaneamente** está associada à **dispersão de energia**”

“A **força motriz** de algo **Espontâneo** é a **dispersão de energia**”

2ª Lei da termodinâmica

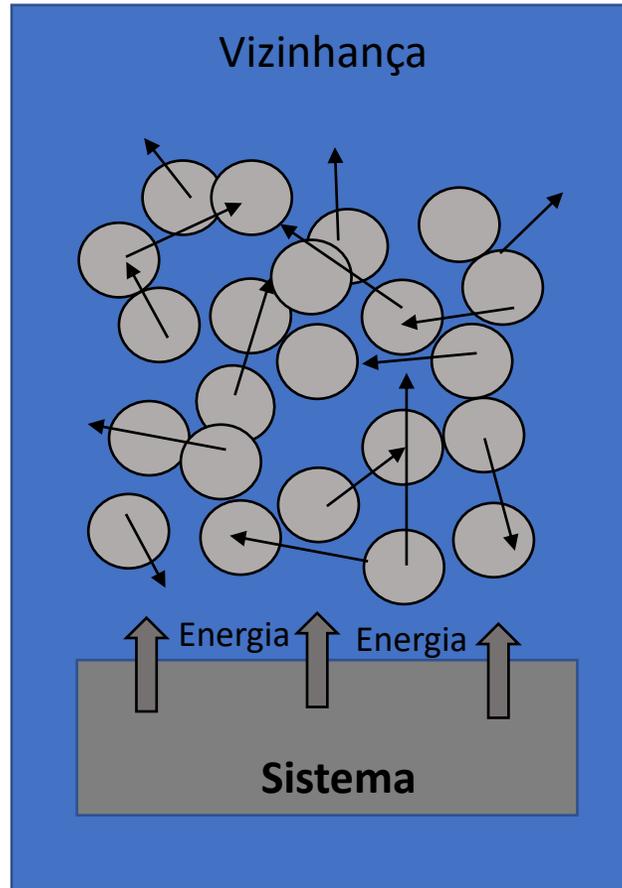
“para quantificar o grau de dispersão de energia e matéria, temos a entropia”

“A entropia de um sistema isolado tende a aumentar” - segunda lei

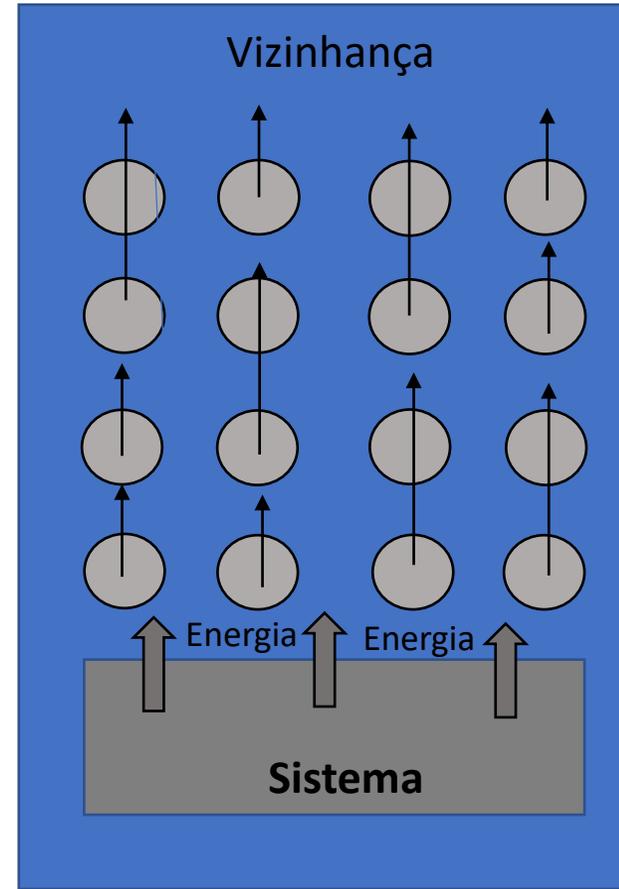
Sistema aberto é o sistema que temos interesse, corpo humano, célula biológica, organela e a sua vizinhança. Os dois juntos formam o universo

A formação de um SISTEMA ORGANIZADO pode ocorrer em um local do universo pelo aumento da DESORGANIZAÇÃO de um sistema em outro local do universo.

**Movimento
caótico das
moléculas
das
vizinhanças**



CALOR



**Movimento
ordenado**

TRABALHO

Energia Sistema, Vizinhança e Universo

Sistema: parte do universo em estudo

Vizinhança: o restante

Universo: Sistema + Vizinhança

$$E_{\text{universo}} = E_{\text{sistema}} + E_{\text{vizinhança}}$$

Um sistema pode ser aberto, fechado ou isolado:



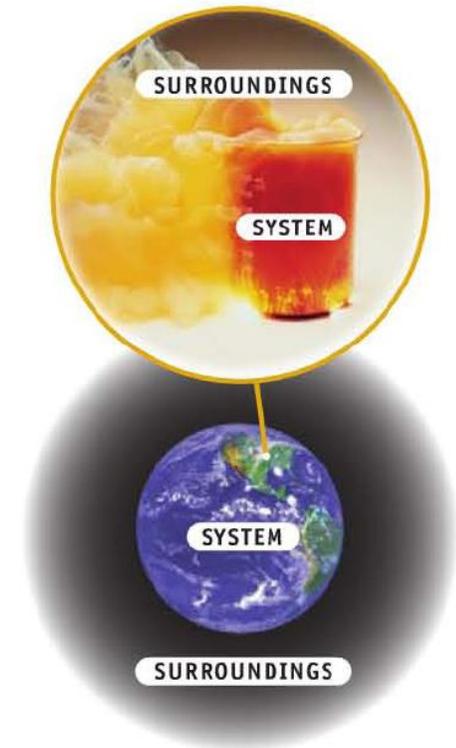
Aberto



Fechado



Isolado



2ª Lei da termodinâmica

“A variação de entropia é definida por:

$$\Delta S = \frac{\Delta q}{T} = \frac{\Delta H}{T}$$

“A variação de entropia de um sistema é igual á energia transferida para ocorrer a reversibilidade desse sistema à temperatura a que essa transferência ocorre”

Energia, espontaneamente tende a fluir de um local onde está concentrada para um outro onde estará dispersa

Quente

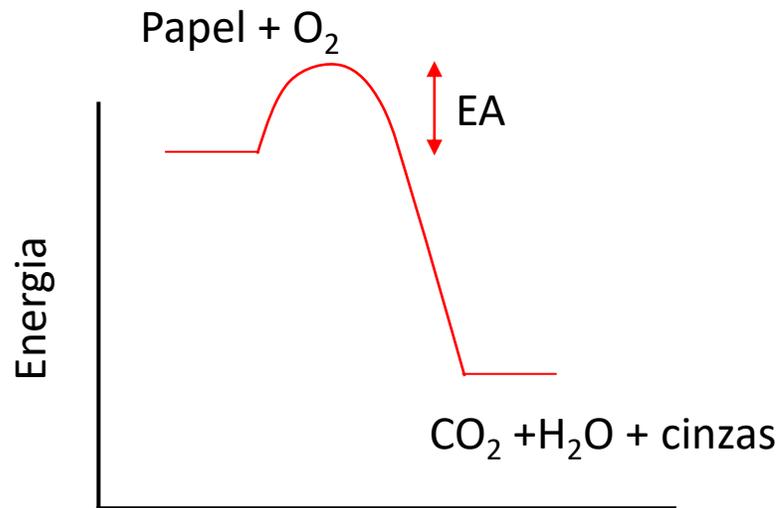
Frio



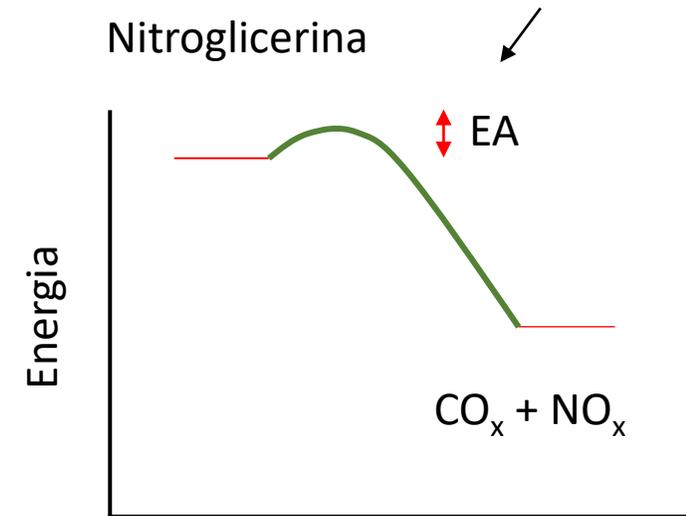
Calor

2ª Lei da termodinâmica

EA= Estado de Ativação

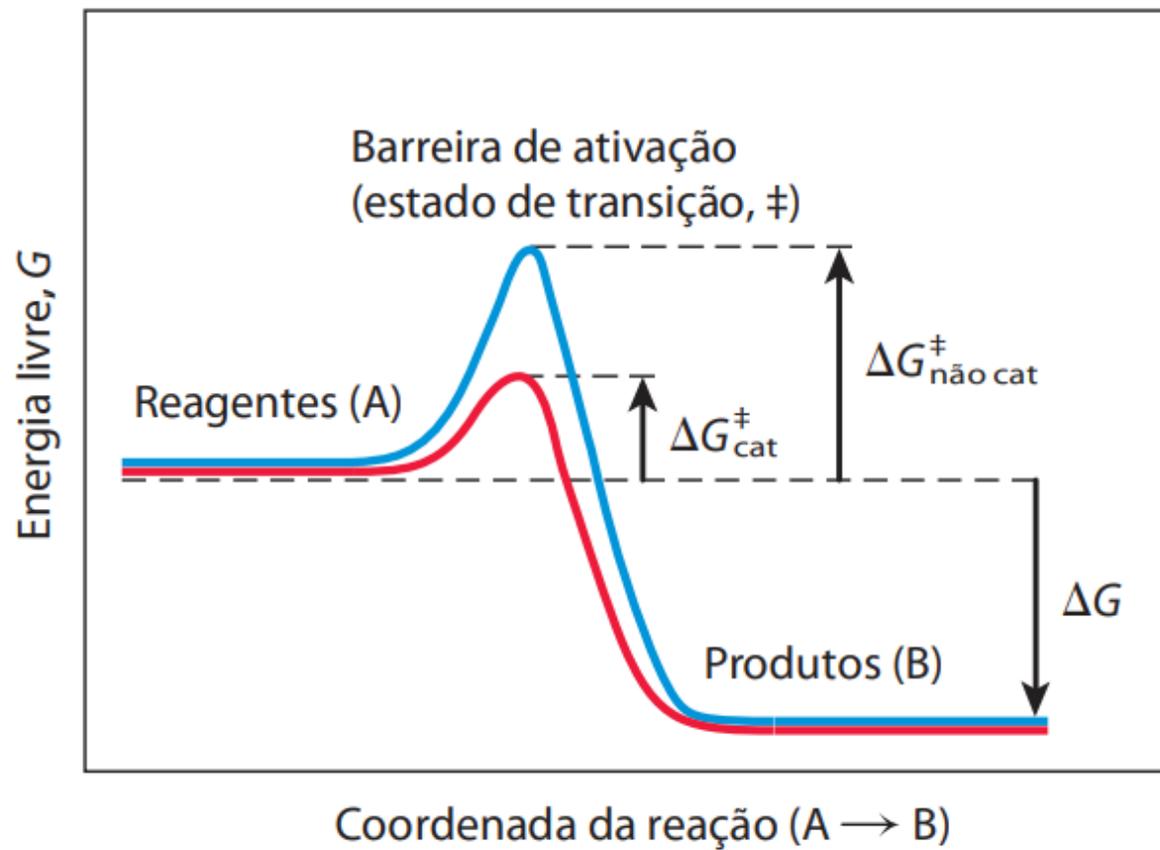


Ex: Papel queimando



A energia de ativação protege as substâncias da mudança

Entropia é dispersão de energia



A dispersão é bloqueada pela força das ligações químicas (energia de ativação)

Energia Livre de Gibbs

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

Energia associada a uma reação, energia que pode ser usada

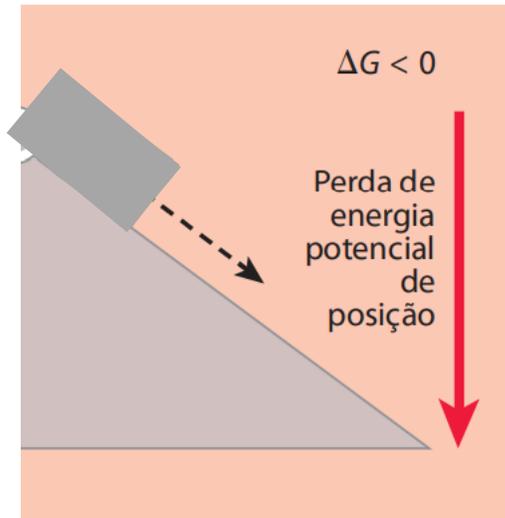
ΔG , variação de energia livre

ΔH , variação de energia total ou entalpia

T, Temperatura

ΔS , variação na entropia

Energia Livre de Gibbs em reações espontâneas

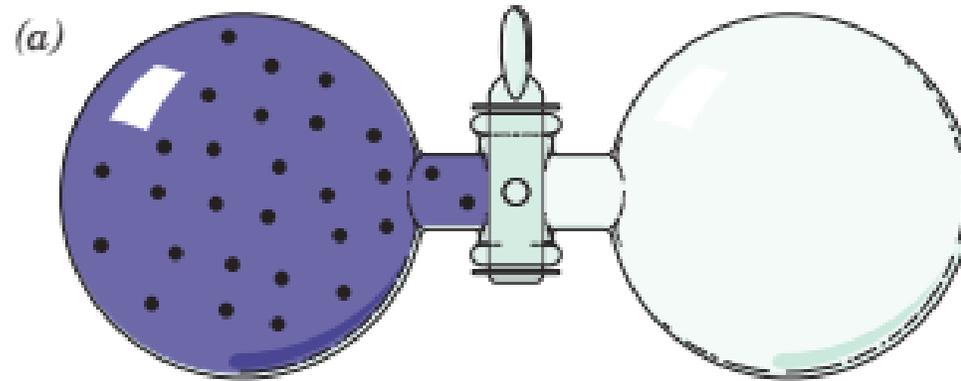


Energia total= ΔH

$$\downarrow \Delta G = \downarrow \Delta H - T\Delta S$$

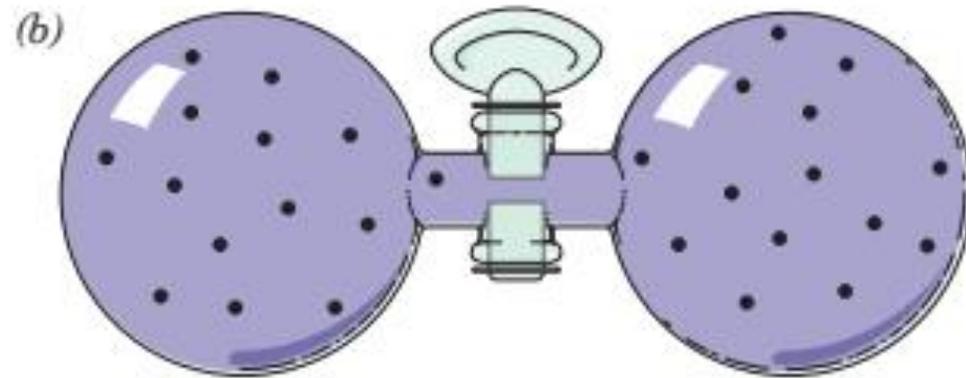
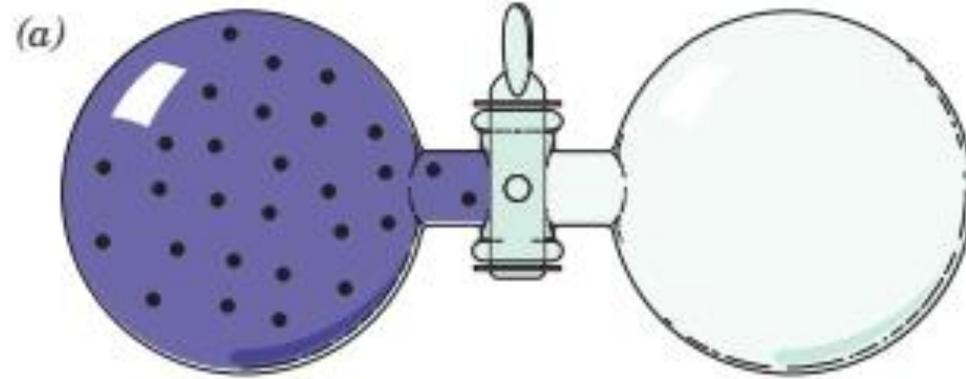
Energia Livre de Gibbs em reações espontâneas

Entropia= ΔS



$$\downarrow \Delta G = \downarrow \Delta H - T\Delta S$$

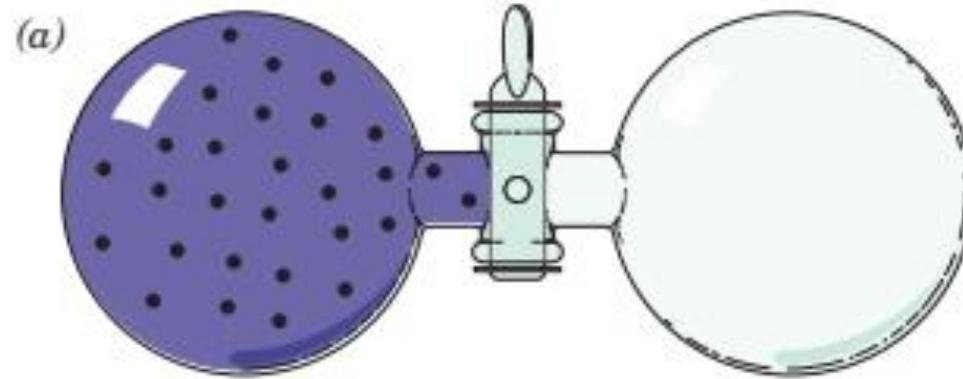
Energia Livre de Gibbs em reações espontâneas



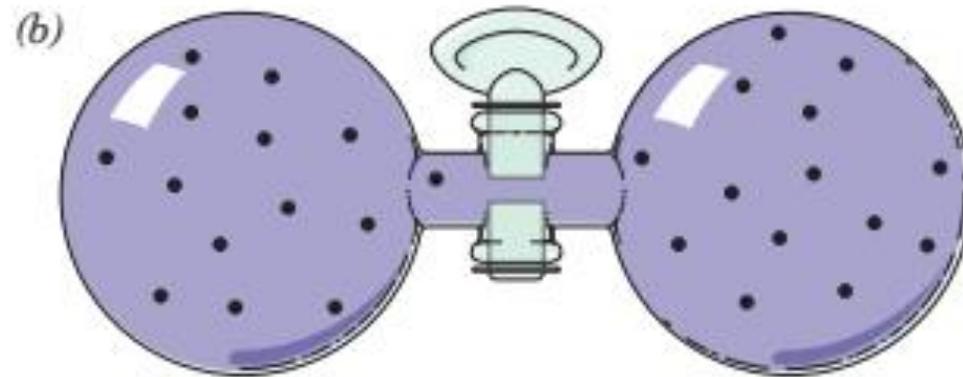
Entropia = ΔS

$$\Downarrow \Delta G = \Downarrow \Delta H - T \Delta S \Uparrow$$

Energia Livre de Gibbs em reações espontâneas

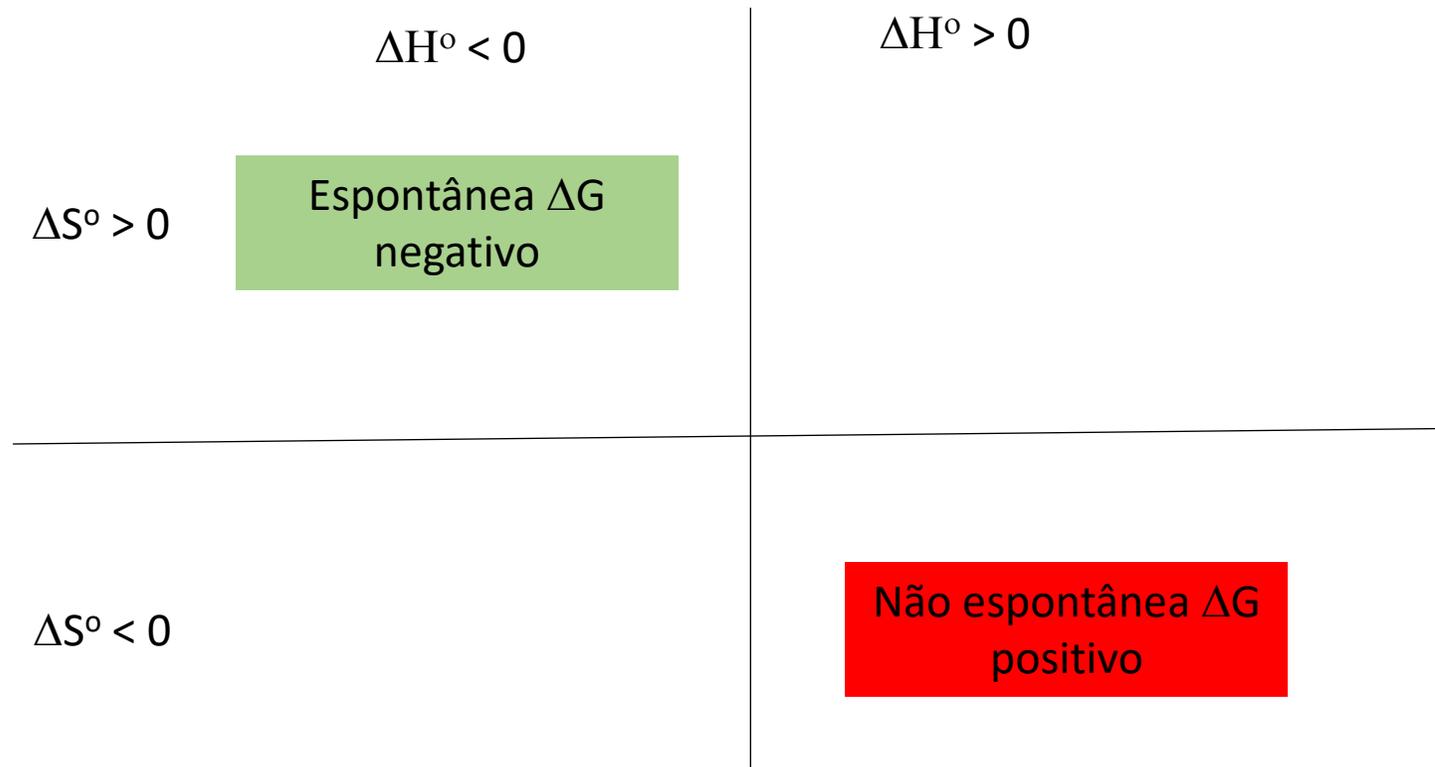


Temperatura = T

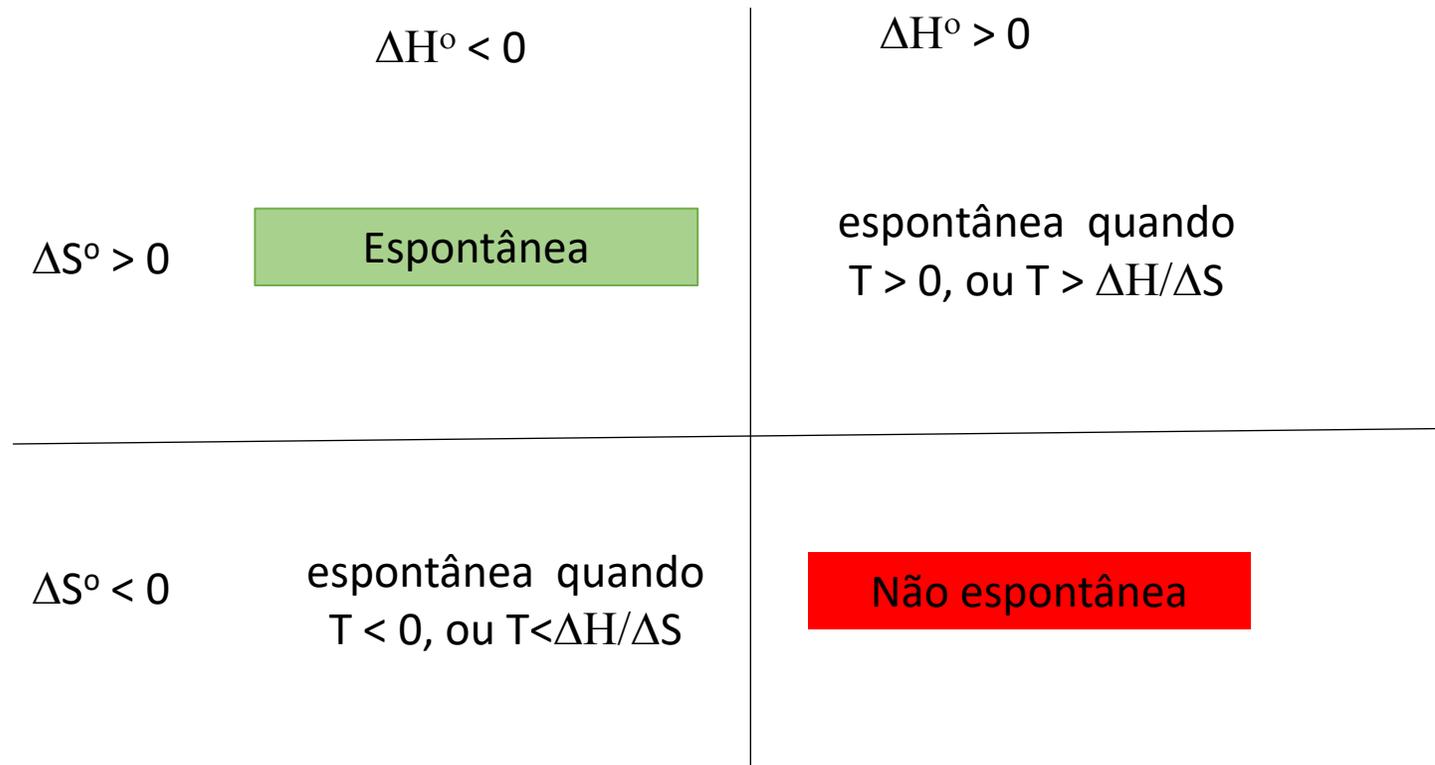


$$\downarrow\downarrow\downarrow \Delta G = \downarrow\Delta H - \uparrow T\Delta S \uparrow$$

Energia Livre de Gibbs



Energia Livre de Gibbs



Importância da Temperatura

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

$\Delta G < 0$ espontânea, exergônica

$\Delta G > 0$ não espontânea, endergônica

$\Delta G = 0$ equilíbrio

ΔH	ΔS	$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$
-	+	A reação é tanto entalpicamente favorecida (exotérmica) quanto entropicamente favorecida. Ela é espontânea (exergônica) em todas as temperaturas.
-	-	A reação é entalpicamente favorecida, mas entropicamente oposta. Ela é espontânea apenas em temperaturas <i>abaixo</i> $T = \Delta H/\Delta S$.
+	+	A reação é entalpicamente oposta (endotérmica), mas entropicamente favorecida. É espontânea apenas em temperaturas <i>acima</i> de $T = \Delta H/\Delta S$.
+	-	A reação é tanto entalpicamente quanto entropicamente oposta. Ela é não espontânea (endergônica) em todas as temperaturas.

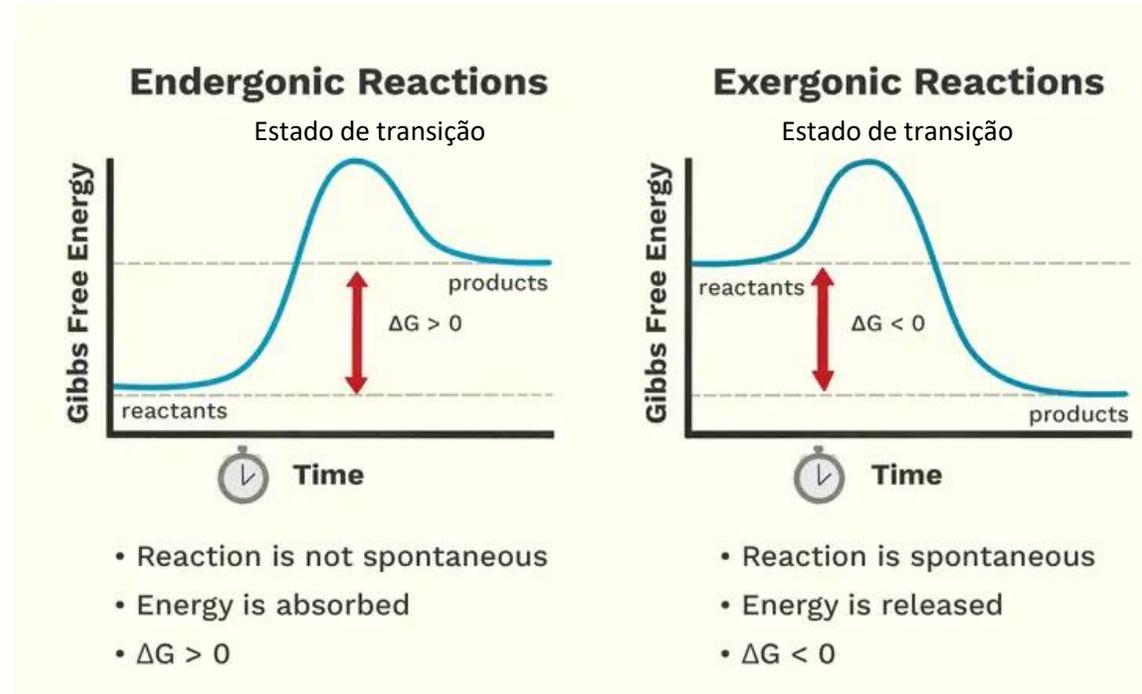
Energia Livre e Espontaneidade

Se $\Delta G < 0$ Espontâneo - Liberação de energia para o meio

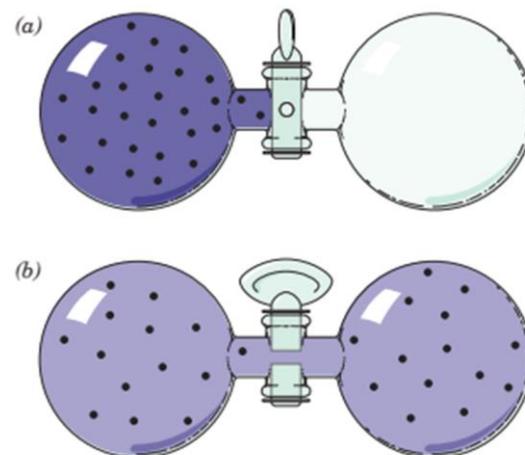
Se $\Delta G > 0$ Não espontâneo -Necessita de energia do meio

Se $\Delta G = 0$ - Equilíbrio

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$



Relação entre a Energia livre de Gibbs e a concentração de reagentes e produtos



ΔS ↑

Entropia varia com a concentração, o ΔG também

2ª Lei da termodinâmica

“para quantificar o grau de dispersão de energia e matéria temos a entropia”

“A entropia de um sistema isolado tende a aumentar” - segunda lei

*Sistema **aberto** é o sistema que temos interesse, corpo humano, célula biológica, organela e a sua vizinhança. Os dois juntos formam o universo*

A formação de um SISTEMA ORGANIZADO pode ocorrer em um local do universo pelo aumento da DESORGANIZAÇÃO de um sistema em outro local do universo.

Relação entre a Energia livre de Gibbs e a concentração de reagentes e produtos



a, b , c e d = número de moléculas

$$K_{eq} = \frac{[C]_{eq}^c [D]_{eq}^d}{[A]_{eq}^a [B]_{eq}^b}$$

A, B , C E D = Tipos de moléculas

[A], [B] , [C] e [D] = Concentração molar no ponto de equilíbrio

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K_{eq}$$

Varição de energia livre padrão = quando [A], [B] , [C] e [D] =1M; T= (25°C); P=1 atm

ΔG° padrão

Relação entre Energia Livre de Gibbs e a concentração de reagentes e produtos

Variation of K_{eq} with ΔG° at 25°C

K_{eq}	ΔG° (kJ · mol ⁻¹)
10^6	-34.3
10^4	-22.8
10^2	-11.4
10^1	-5.7
10^0	0.0
10^{-1}	5.7
10^{-2}	11.4
10^{-4}	22.8
10^{-6}	34.3

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K_{eq}$$

$K_{eq} = 1$

$\Delta G^\circ = 0$

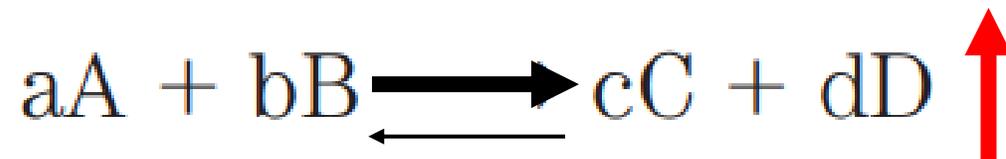


Relação entre Energia Livre de Gibbs e a concentração de reagentes e produtos

Variation of K_{eq} with ΔG° at 25°C

K_{eq}	ΔG° (kJ · mol ⁻¹)
10^6	-34.3
10^4	-22.8
10^2	-11.4
10^1	-5.7
10^0	0.0
10^{-1}	5.7
10^{-2}	11.4
10^{-4}	22.8
10^{-6}	34.3

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K_{eq}$$

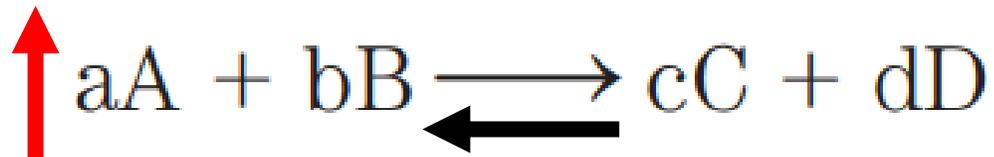


Relação entre Energia Livre de Gibbs e a concentração de reagentes e produtos

Variation of K_{eq} with ΔG° at 25°C

K_{eq}	ΔG° (kJ · mol ⁻¹)
10^6	-34.3
10^4	-22.8
10^2	-11.4
10^1	-5.7
10^0	0.0
10^{-1}	5.7
10^{-2}	11.4
10^{-4}	22.8
10^{-6}	34.3

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K_{eq}$$



ΔH	ΔS	$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$
-	+	A reação é tanto entalpicamente favorecida (exotérmica) quanto entropicamente favorecida. Ela é espontânea (exergônica) em todas as temperaturas.
-	-	A reação é entalpicamente favorecida, mas entropicamente oposta. Ela é espontânea apenas em temperaturas <i>abaixo</i> $T = \Delta H/\Delta S$.
+	+	A reação é entalpicamente oposta (endotérmica), mas entropicamente favorecida. É espontânea apenas em temperaturas <i>acima</i> de $T = \Delta H/\Delta S$.
+	-	A reação é tanto entalpicamente quanto entropicamente oposta. Ela é não espontânea (endergônica) em todas as temperaturas.

Termodinâmica:

CONCEITOS - CHAVE

- A energia deve ser conservada, mas ela pode assumir diferentes formas.
- Na maioria dos sistemas bioquímicos a entalpia é equivalente ao calor.
- A entropia, uma medida da desordem de um sistema, tende a aumentar.
- A variação da energia livre de um processo é determinada pela variação da entalpia e da entropia.
- Um processo espontâneo ocorre com diminuição da energia livre.
- A variação de energia livre para uma reação pode ser calculada a partir da temperatura e das concentrações e estequiometria dos reagentes e produtos.
- Os bioquímicos defendem as condições do estado-padrão como uma temperatura de 25°C, uma pressão de 1 atm e um pH de 7,0.
- Os organismos são sistemas abertos não equilibrados que constantemente trocam matéria e energia com o meio ambiente à sua volta.
- As enzimas aumentam a velocidade de reações termodinamicamente favoráveis