



FÍSICO-QUÍMICA

PROF. JOTA

FÍSICO-QUÍMICA

TERMOQUÍMICA

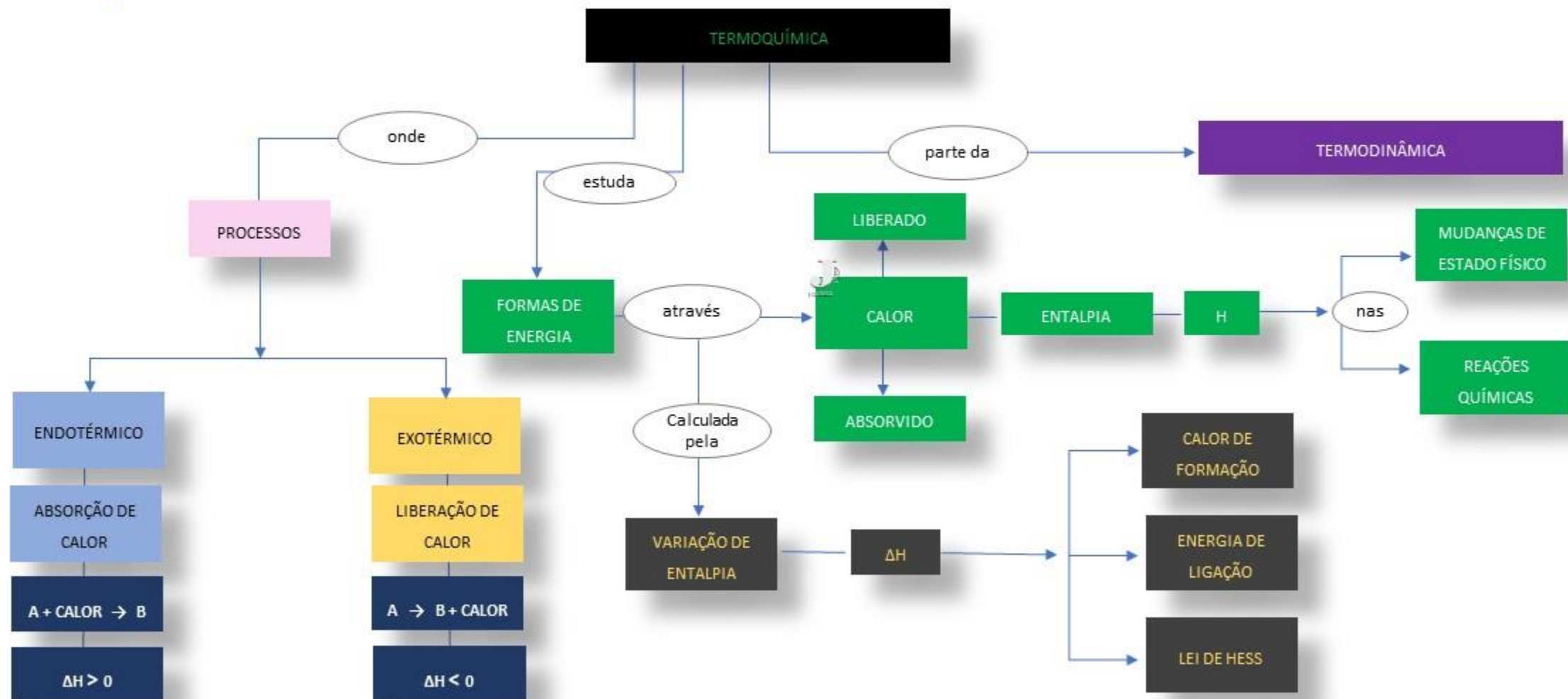
REAÇÕES ENDOTÉRMICAS E EXOTÉRMICAS

ENTALPIA DE FORMAÇÃO

GRÁFICOS

# Termoquímica

| TERMOQUÍMICA





# Termoquímica

## Definição

É a parte da química que estuda as trocas de energia em uma reação química.

A termoquímica estuda as transferências de calor associadas às reações químicas ou às mudanças no estado físico das substâncias.

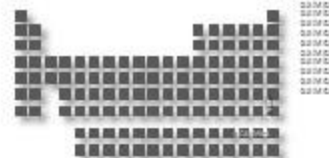
## Calor de reação

Calor de reação é o nome dado à quantidade de calor liberado ou absorvido em uma reação química ou mudança de estado. Para medi-lo, utiliza-se um equipamento denominado de calorímetro.



REAÇÕES EXOTÉRMICAS LIBERAM CALOR  $\Delta H < 0$

REAÇÕES ENDOTÉRMICAS ABSORVEM CALOR  $\Delta H > 0$



## Termoquímica

### ENTALPIA (H)

O **calor** é uma forma de energia e, segundo a **Lei da Conservação da Energia**, ela não pode ser criada e nem destruída, pode apenas ser transformada de uma forma para outra.

#### PORTANTO A ENERGIA

**liberada** por uma reação química não foi criada, ela já existia antes, armazenada nos reagentes, sob uma outra forma;

#### PORTANTO A ENERGIA

**absorvida** por uma reação química não se perdeu, ela permanece no sistema, armazenada nos produtos, sob uma outra forma.

### ENERGIA ARMAZENADA

A energia armazenada nas substâncias - reagentes ( $H_r$ ) ou produtos ( $H_p$ ) - dá-se o nome de **conteúdo de calor (Q)** ou **entalpia (H)**.

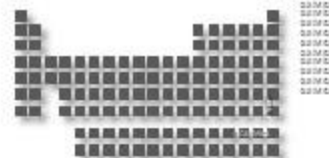
$$\Delta H = H_p - H_r$$

$$Q = - \Delta H$$

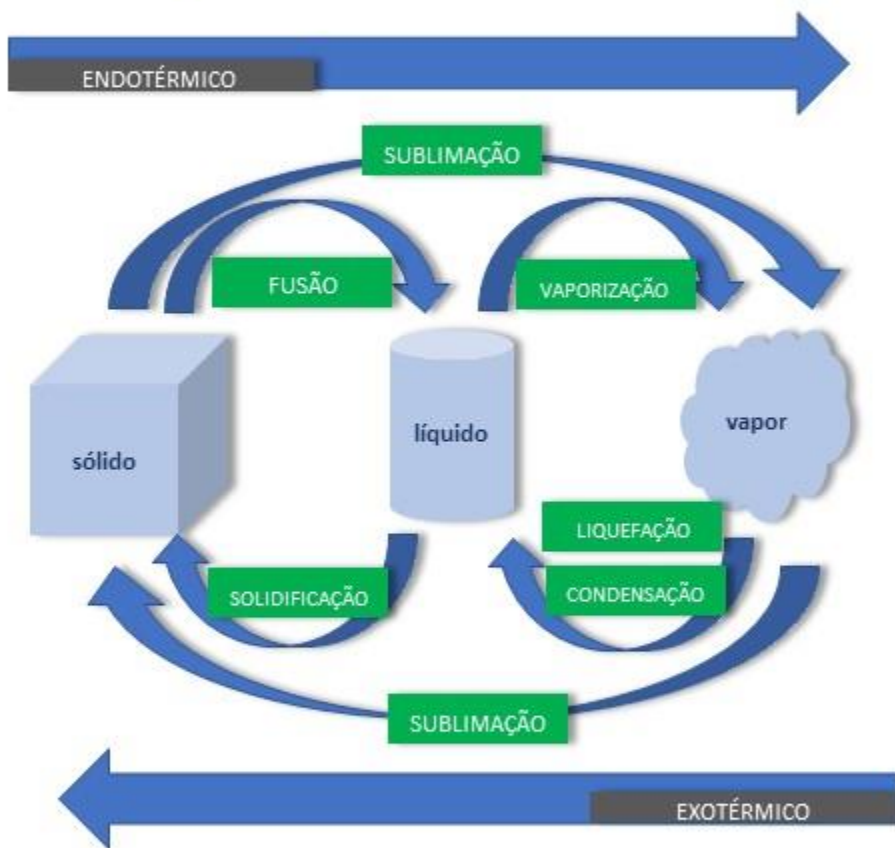
$H_p$  = Energia dos Produtos

$H_r$  = Energia dos Reagentes

Cada substância armazena um certo **conteúdo de calor**, que será alterado quando a substância **sofrer** uma **transformação**.

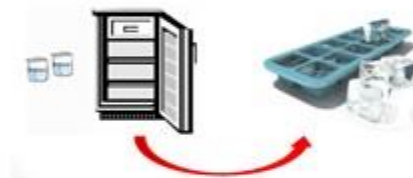


# Termoquímica



## PROCESSOS EXOTÉRMICOS

Um processo exotérmico é aquele no qual calor é liberado pelo sistema (reação química) para o ambiente. Por exemplo, a queima de um pedaço de carvão.



## PROCESSOS ENDOTÉRMICOS

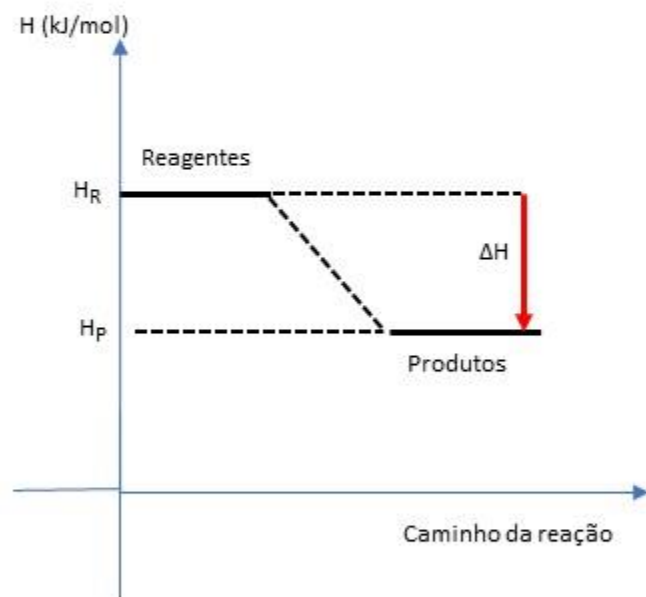
Processos endotérmicos são aqueles nos quais o sistema absorve calor do ambiente. Por exemplo, a fusão do gelo é um processo endotérmico.



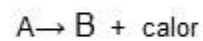
# Termoquímica

GRÁFICOS

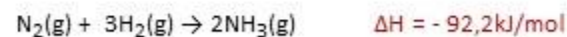
REAÇÕES EXOTÉRMICAS



$$\Delta H = H_p - H_r$$

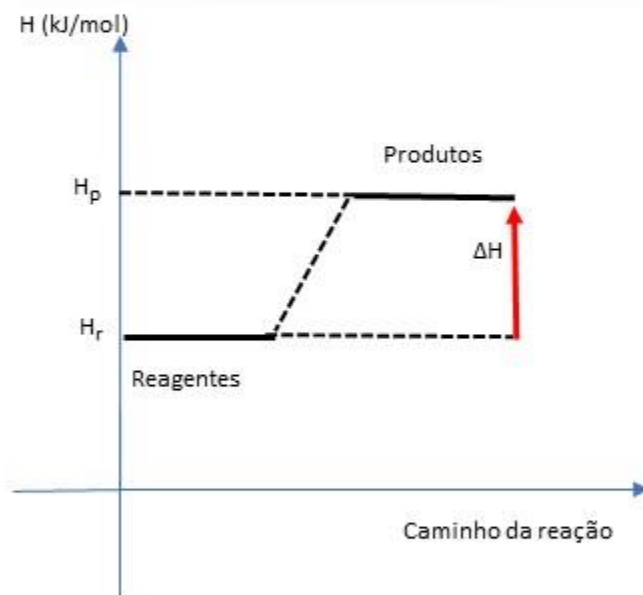
 $H_r$  é maior que  $H_p$ 


$$\Delta H < 0$$

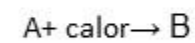


GRÁFICOS

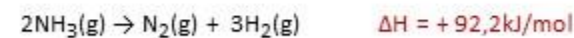
REAÇÕES ENDOTÉRMICAS



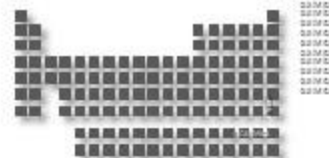
$$\Delta H = H_p - H_r$$

 $H_r$  é menor que  $H_p$ 


$$\Delta H > 0$$







# Termoquímica

## ESTADO PADRÃO

Ocorre quando uma substância é uma **substâncias simples** e se encontra à 25 °C de temperatura, pressão de 1 atm ou 760 mmHg, no seu estado físico mais comum e no seu **estado alotrópico mais estável**;

Essas condições experimentais são chamadas de **condições padrão** ou **estado padrão**, e a entalpia, determinada nessas condições, é a **entalpia padrão** que é igual a **zero**.

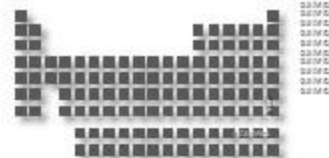
## ENTALPIA PADRÃO

A entalpia padrão é representada

 $H^0$ 

Substâncias com entalpia padrão **zero**:  $O_2$  gasoso,  $H_2$  gasoso,  $I_2$  sólido, C <sub>grafite</sub>,  $S_8$  rômico etc..

Substâncias com entalpia padrão **diferentes de zero**:  $O_2$  líquido,  $O_3$  gasoso,  $H_2$  líquido,  $I_2$  gasoso, C <sub>diamante</sub> etc..



0,0 M 0,1 M 0,2 M 0,3 M 0,4 M 0,5 M 0,6 M 0,7 M 0,8 M 0,9 M 1,0 M

4º B

A - 31

FÍSICO-QUÍMICA

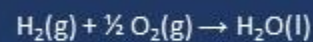
JOTA

## Termoquímica

### ENTALPIA OU CALOR DE FORMAÇÃO

variação de entalpia da reação de formação de **1 mol** uma substância, partindo de reagentes no **estado padrão** ( $H = 0$ ).

#### EXEMPLO



$$\Delta H = -68,3 \text{ kcal/mol}$$

O valor  $\Delta H = -68,3 \text{ kcal}$  é a entalpia de formação da água (entalpia padrão).

### ESTADOS ALOTRÓPICOS MAIS COMUNS (ESTÁVEIS)

#### ELEMENTO

H O C S N F Cl Br I

#### SUBSTÂNCIA SIMPLES

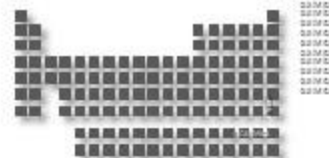
$\text{H}_2(\text{g})$   $\text{O}_2(\text{g})$  C (grafite) S (rômbico)  $\text{N}_2(\text{g})$

#### SUBSTÂNCIA SIMPLES

$\text{F}_2(\text{g})$   $\text{Cl}_2(\text{g})$   $\text{Br}_2(\text{l})$   $\text{I}_2(\text{s})$

#### ESTADOS ALOTRÓPICOS





# Termoquímica

## TABELAS

Tabela:  $\Delta H$  (KJ/mol) para mudanças de fase

Substância		$T_f$ (°C)	$\Delta H_{fus}^*$	$T_v$ (°C)	$\Delta H_{vap}^*$
Benzeno	$C_6H_6$	5	9,84	80	30,8
Bromo	$Br_2$	-7	10,8	59	30,0
Mercurio	Hg	-39	2,33	357	59,4
Naftaleno	$C_{10}H_8$	80	19,3	218	40,5
Água	$H_2O$	0	6,00	100	40,7

Tabela: Calores de formação (KJ/mol) a 25°C e 1 atm

Cátions				Ânions			
$Ag^+(aq)$	+105,9	$K^+(aq)$	-251,2	$Br^-(aq)$	-120,9	$H_2PO_4^-(aq)$	-1302,5
$Al^{3+}(aq)$	-524,7	$Li^+(aq)$	-278,5	$Cl^-(aq)$	-167,4	$HPO_4^{2-}(aq)$	-1298,7
$Ba^{2+}(aq)$	-538,4	$Mg^{2+}(aq)$	-462,0	$ClO_3^-(aq)$	-98,3	$I^-(aq)$	-55,9
$Ca^{2+}(aq)$	-543,0	$Mn^{2+}(aq)$	-218,8	$ClO_4^-(aq)$	-131,4	$MnO_4^-(aq)$	-518,4
$Cd^{2+}(aq)$	-72,4	$Na^+(aq)$	-239,7	$CO_3^{2-}(aq)$	-676,3	$NO_3^-(aq)$	-206,6
$Cu^{2+}(aq)$	+64,4	$NH_4^+(aq)$	-132,8	$CrO_4^{2-}(aq)$	-863,2	$OH^-(aq)$	-229,9
$Fe^{2+}(aq)$	-87,9	$Ni^{2+}(aq)$	-64,0	$F^-(aq)$	-329,1	$PO_4^{3-}(aq)$	-1284,1

Tabela: Calores de formação (KJ/mol) a 25°C e 1 atm ( $\Delta H = \sum \Delta H_{produto} - \sum \Delta H_{reagentes}$ )

$AgBr(s)$	-99,5	$C_2H_2(g)$	+226,7	$H_2O(l)$	-285,8	$NH_4Cl(s)$	-315,4
$AgCl(s)$	-127,0	$C_2H_4(g)$	+52,3	$H_2O_2(l)$	-187,6	$NH_4NO_3(s)$	-365,1
$AgI(s)$	-62,4	$C_2H_6(g)$	-84,7	$H_2S(g)$	-20,1	$NO(g)$	+90,4
$Ag_2O(s)$	-30,6	$C_3H_8(g)$	-103,8	$H_2SO_4(l)$	-811,3	$NO_2(g)$	+33,9
$Ag_2S(s)$	-31,8	$n-C_4H_{10}(g)$	-124,7	$HgO(s)$	-90,7	$NO(s)$	-244,3
$Al_2O_3(s)$	-1669,8	$n-C_5H_{12}(l)$	-173,1	$HgS(s)$	-58,2	$PbBr_2(s)$	-277,0
$BaCl_2(s)$	-860,1	$C_2H_5OH(l)$	-277,6	$KBr(s)$	-392,2	$PbCl_2(s)$	-359,2
$BaCO_3(s)$	-1218,8	$CoO(s)$	-239,3	$KCl(s)$	-435,9	$PbO(s)$	-217,9
$BaO(s)$	-558,1	$Cr_2O_3(s)$	-1128,4	$KClO_3(s)$	-391,4	$PbO_2(s)$	-276,6
$BaSO_4(s)$	-1465,2	$CuO(s)$	-155,2	$KF(s)$	-562,6	$Pb_3O_4(s)$	-734,7
$CaCl_2(s)$	-795,0	$Cu_2O(s)$	-166,7	$MgCl_2(s)$	-641,8	$PCl_3(g)$	-306,4
$CaCO_3(s)$	-1207,0	$CuS(s)$	-48,5	$MgCO_3(s)$	-1113	$PCl_5(g)$	-398,9
$CaO(s)$	-635,5	$CuSO_4(s)$	-769,9	$MgO(s)$	-601,8	$SiO_2(s)$	-859,4
$Ca(OH)_2(s)$	-986,6	$Fe_2O_3(s)$	-822,2	$Mg(OH)_2(s)$	-924,7	$SnCl_2(s)$	-349,8
$CaSO_4(s)$	-1432,7	$Fe_2O_4(s)$	-1120,9	$MgSO_4(s)$	-1278,2	$SnCl_4(l)$	-545,2
$CCl_4(l)$	-139,5	$HBr(g)$	-36,2	$MnO(s)$	-384,9	$SnO(s)$	-286,2
$CH_4(g)$	-74,8	$HCl(g)$	-92,3	$MnO_2(s)$	-519,7	$SnO_2(s)$	-580,7
$CHCl_3(l)$	-131,8	$HF(g)$	-268,6	$NaCl(s)$	-411,0	$SO_2(g)$	-296,1
$CH_3OH(l)$	-238,6	$HI(g)$	+25,9	$NaF(s)$	-569,0	$SO_3(g)$	-395,2
$CO(g)$	-110,5	$HNO_3(l)$	-173,2	$NaOH(s)$	-426,7	$ZnO(s)$	-348,0
$CO_2(g)$	-393,5	$H_2O(g)$	-241,8	$NH_3(g)$	-46,2	$ZnS(s)$	-202,9