



Ligação química

Ligações metálica, iônica e covalente

Ligação química

A ligação química é o que permite que:

Átomos se liguem a outros átomos,

em moléculas;

em agregados de átomos;

Iões se liguem a outros iões;

Moléculas se organizem em estruturas maiores.

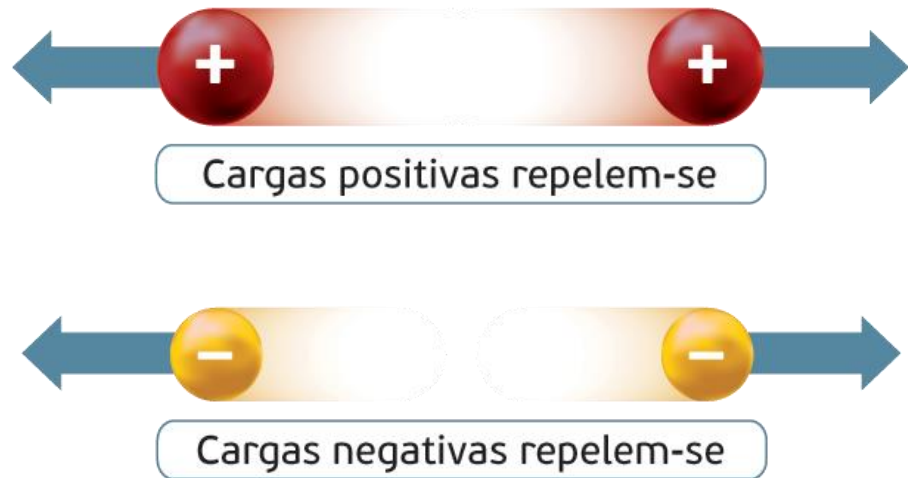
São as **interações eletrostáticas** que definem quando é que uma ligação acontece, e que tipo de ligação acontece.

Ligação química

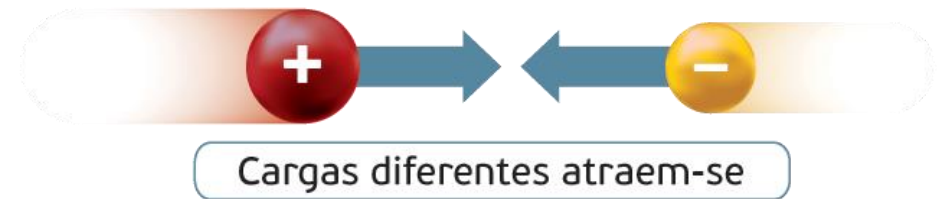
Interações eletrostáticas

Numa ligação há um equilíbrio entre diversas forças:

Repulsivas, entre as cargas de sinal igual;



Atrativas, entre as cargas de sinal contrário.



Quando as forças atrativas igualam as forças repulsivas é estabelecida uma ligação.

Ligação química

Tipos de ligação química

Existem diversos tipos de ligação entre átomos e entre moléculas:

Ligações **entre átomos**:

Ligação **metálica**;

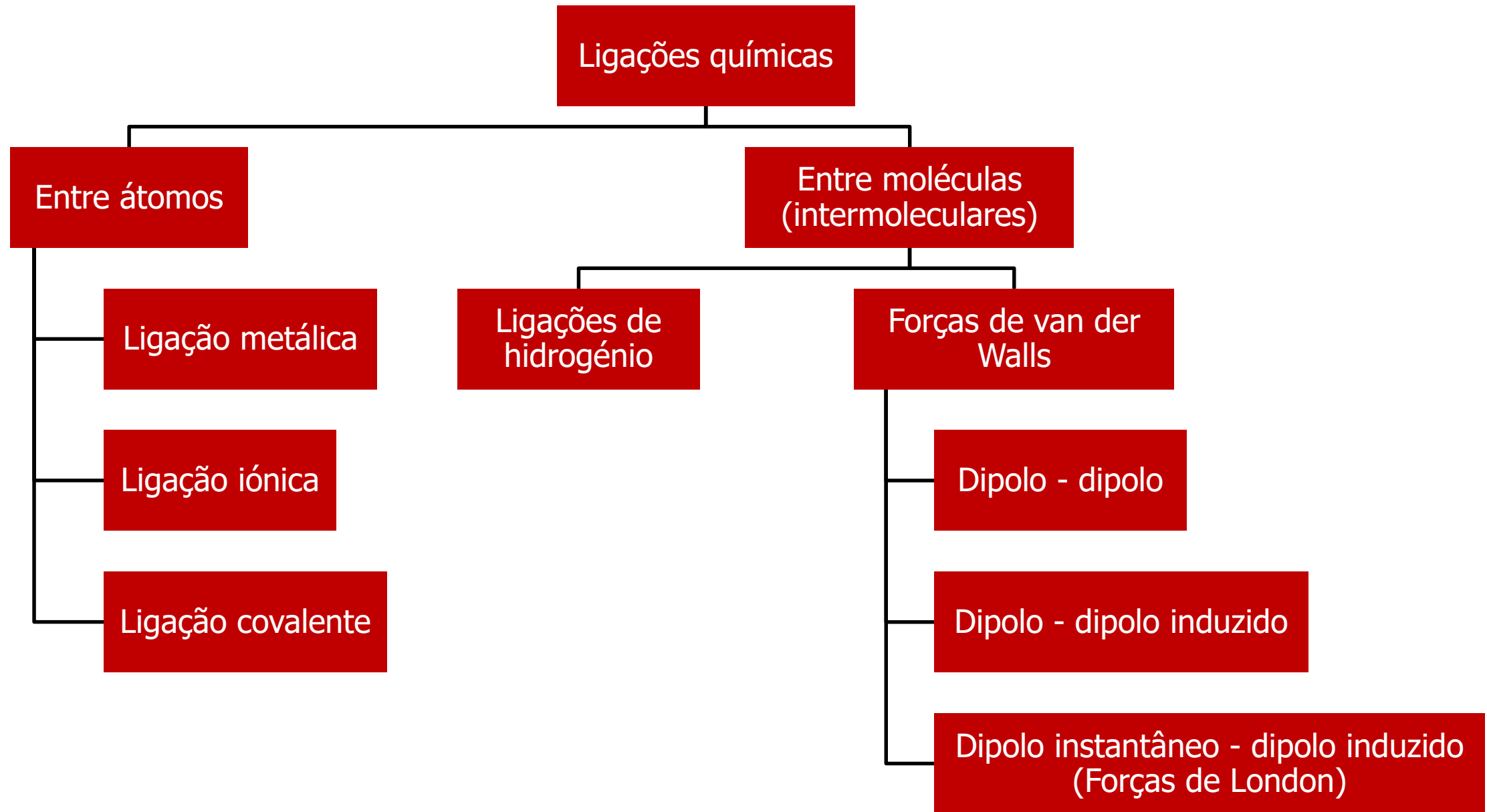
Ligação **iónica**;

Ligação **covalente**.

Ligações **intermoleculares** (entre moléculas):

Forças de van der Waals;

Ligações de hidrogénio.

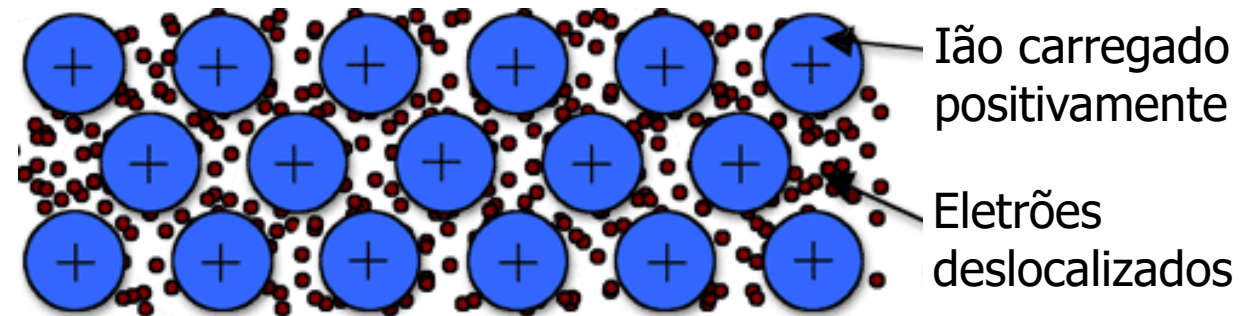
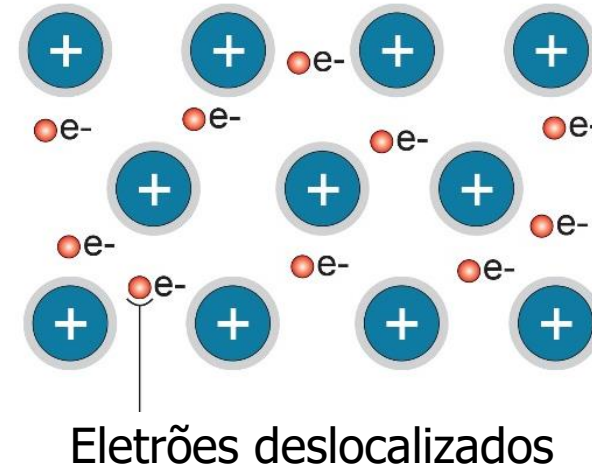


Ligação metálica

Esta ligação acontece quando os átomos envolvidos **partilham elétrons de valência entre todos**, sem que haja uma orientação espacial nessa partilha.

Baixas energias de ionização permitem que sejam facilmente criados elétrons deslocalizados.

Há um **mar de elétrons** que pertencem a todo o metal, não apenas a alguns átomos.



[Imagem: www.rsc.org]

[Imagem: www.materials.unsw.edu.au]

Ligação metálica

Os metais, devido à facilidade de movimento destes elétrons deslocalizados, são:

Bons condutores elétricos;

Bons condutores de calor.



Ligação iônica

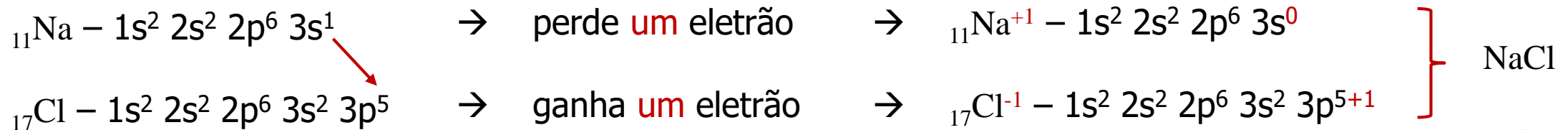
É um tipo de ligação que acontece entre elementos **Metálicos** e **Não metálicos**.

As ligações iônicas são estabelecidas por **forças atrativas eletrostáticas entre íons de carga diferente** após a troca de elétrons entre átomos:

Átomo perde elétrons → Catião;

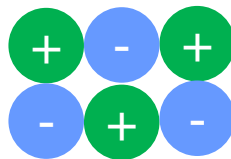
Átomo ganha elétrons → Anião.

Exemplo:



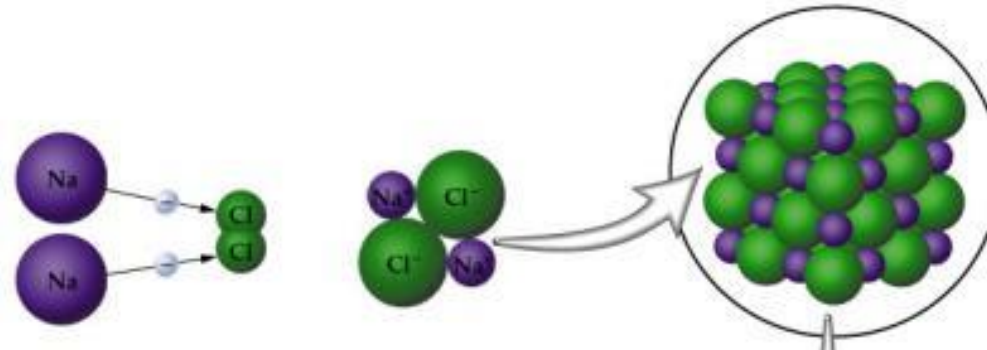
As substâncias resultantes são conhecidas por **sais**.

1 H hidrogênio 1,008 (1,0078; 1,0082)																	18 He hélio 4,0026
3 Li lítio 6,94 (6,938; 6,997)	4 Be berílio 9,0122											13 B boro 10,81 (10,806; 10,821)	14 C carbono 12,011 (12,009; 12,012)	15 N nitrogênio 14,007 (14,006; 14,008)	16 O oxigênio 15,999 (15,999; 16,000)	17 F flúor 18,998	10 Ne néon 20,180
11 Na sódio 22,990 (22,989; 22,991)	12 Mg magnésio 24,305 (24,304; 24,307)	3 Sc	4 Ti	5 V	6 Cr	7 Mn	8 Fe	9 Co	10 Ni	11 Cu	12 Zn	13 Al alumínio 26,982	14 Si silício 28,085 (28,084; 28,086)	15 P fósforo 30,974	16 S enxofre 32,06 (32,059; 32,076)	17 Cl cloro 35,45 (35,446; 35,457)	18 Ar árgon 39,948
19 K potássio 39,098 (39,096; 39,101)	20 Ca cálcio 40,078(4)	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga gálio 69,723	32 Ge germânio 72,630(8)	33 As arsênio 74,922	34 Se selênio 78,971(8)	35 Br bromo 79,904 (79,901; 79,907)	36 Kr cripton 83,798(2)
37 Rb rubídio 85,468	38 Sr estrôncio 87,62	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe xénon 131,29
55 Cs césio 132,91	56 Ba bário 137,33	57-71 lanterânios	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn rádon 222
87 Fr frâncio	88 Ra rádio	89-103 actinídeos	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og oganésson
57 La lantânio 138,91	58 Ce cério 140,12	59 Pr praseodímio 140,91	60 Nd neodímio 144,24	61 Pm promécio	62 Sm samário 150,36(2)	63 Eu europio 151,96	64 Gd gadolínio 157,25(3)	65 Tb térbio 158,93	66 Dy disprósio 162,50	67 Ho hólmio 164,93	68 Er érbio 167,26	69 Tm tulio 168,93	70 Yb itêrbio 173,05	71 Lu lutécio 174,97			
89 Ac actínio	90 Th tório 232,04	91 Pa protactínio 231,04	92 U urânio 238,03	93 Np neptúnio	94 Pu plutônio	95 Am américio	96 Cm cúrio	97 Bk berquélio	98 Cf califórnio	99 Es einstênio	100 Fm fêrmio	101 Md mendelévio	102 No nobélio	103 Lr lawrêncio			

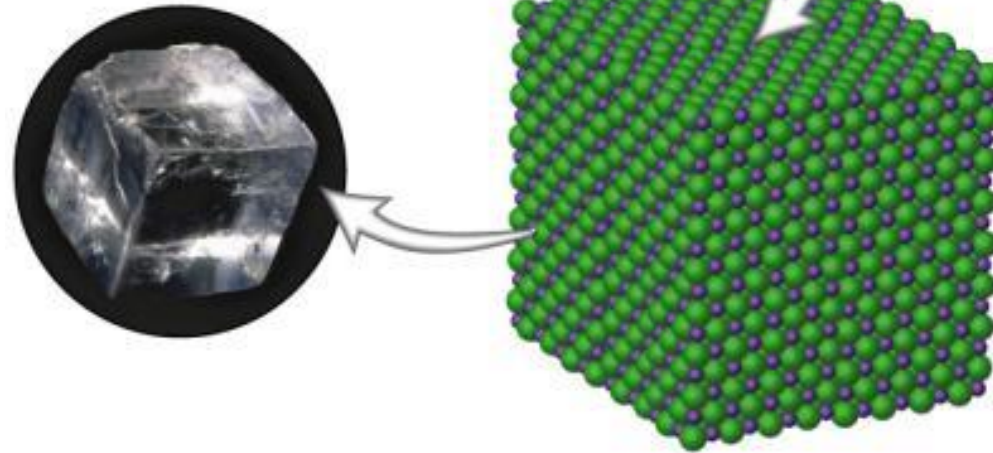


Ligação iónica

Nível atómico

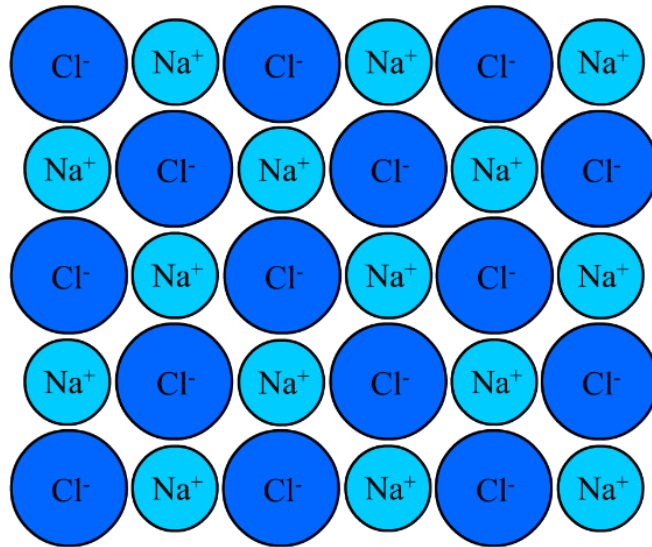


Nível macroscópico

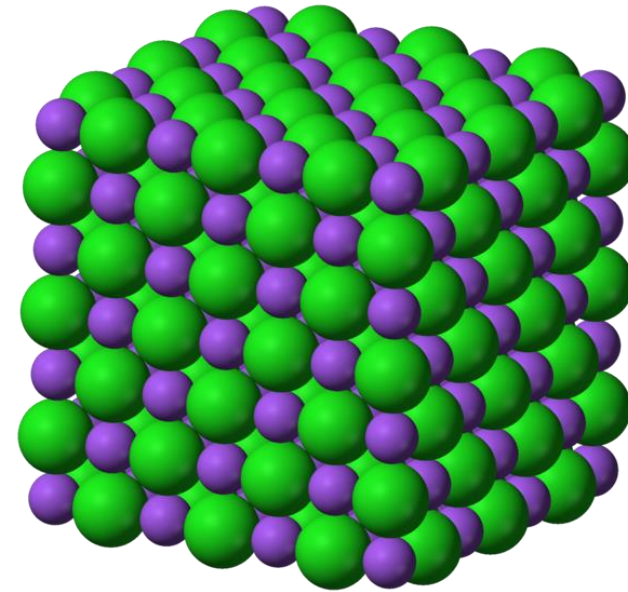


Ligação iónica

A rede cristalina/rede iónica final é eletricamente neutra.



2D



3D

As redes cristalinas são bastantes fortes, tendo como consequência **altos valores do ponto de fusão.**

Ligação iónica

No **estado sólido**:

Iões estão fortemente agarrados uns aos outros;



Não há liberdade de movimento de cargas elétricas;



Substâncias **más condutoras elétricas**.

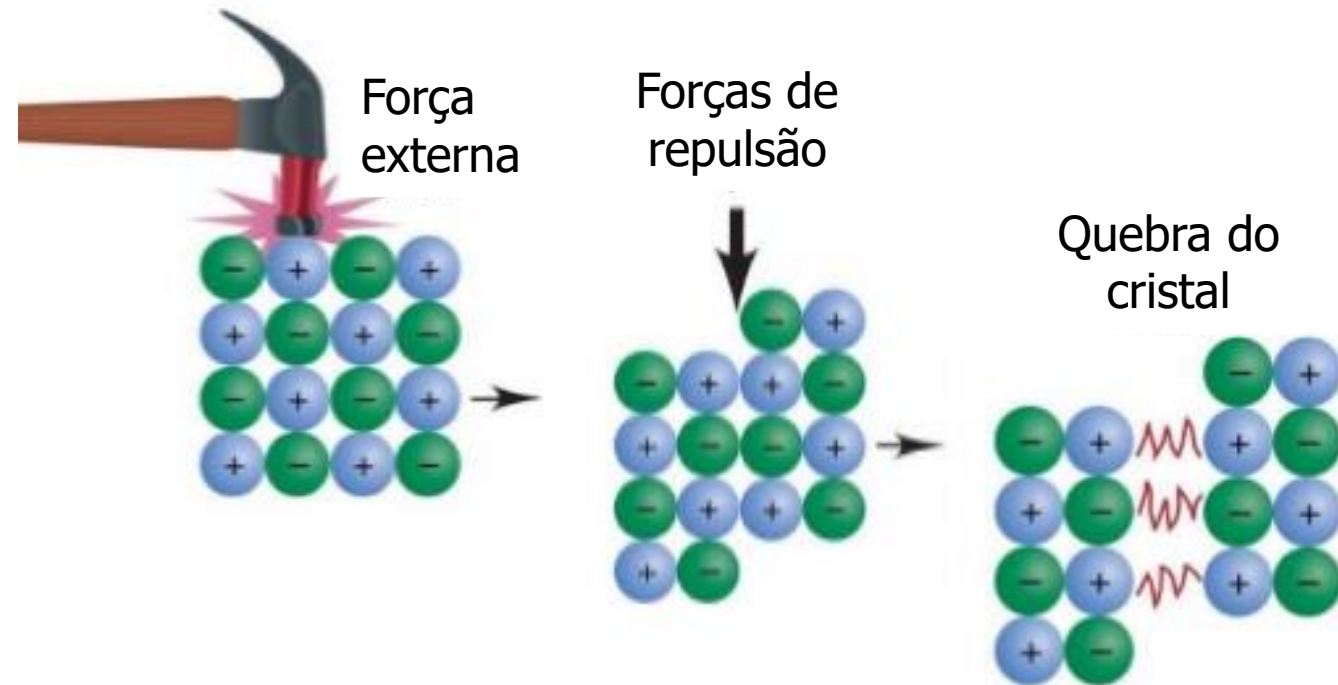
Corrente elétrica é o movimento ordenado de cargas elétricas.



Ligação iónica

No **estado sólido**:

São substâncias **quebradiças**.



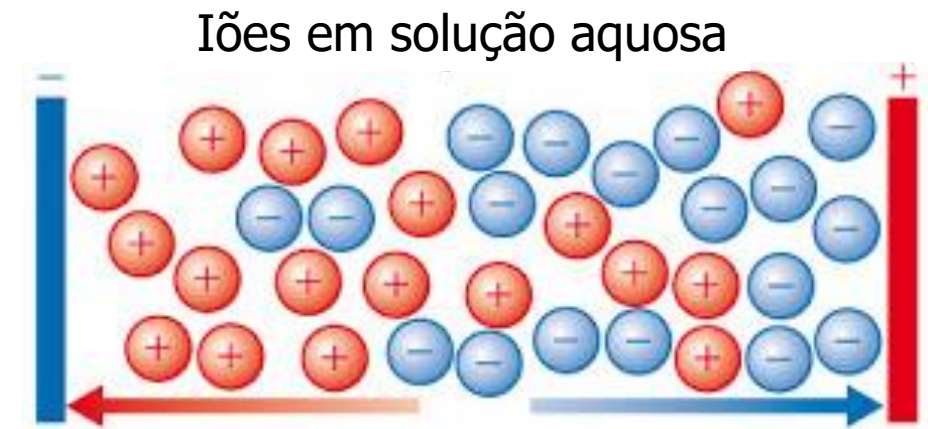
Ligação iónica

Nos **estados líquido** ou **aquoso**:

Há total **liberdade de movimento dos iões** que formavam a rede cristalina (agora dissolvidos);



Substâncias **boas condutoras elétricas**.



Ligação covalente

As ligações covalentes acontecem **entre átomos de uma molécula** (ligações intramoleculares).

Este tipo de ligação acontece normalmente entre átomos de elementos **Não metálicos**.

1										18																																												
H hidrogénio 1,008 (1,0078; 1,0082)										He hélio 4,0026																																												
3		4												5		6		7		8		9		10																														
Li lítio 6,94 (6,938; 6,997)		Be berílio 9,0122												B boro 10,81 (10,806; 10,831)		C carbono 12,011 (12,009; 12,012)		N nitrogénio 14,007 (14,006; 14,008)		O oxigénio 15,999 (15,999; 16,000)		F flúor 18,998		Ne néon 20,180																														
11		12												13		14		15		16		17		18																														
Na sódio 22,990		Mg magnésio 24,305 (24,304; 24,307)												Al alumínio 26,982		Si silício 28,085 (28,084; 28,086)		P fósforo 30,974		S enxofre 32,06 (32,059; 32,076)		Cl cloro 35,45 (35,446; 35,457)		Ar árgon 39,948																														
																			31		32		33		34		35		36																									
																			Ga gálio 69,723		Ge germânio 72,630(8)		As arsénio 74,922		Se selénio 78,971(8)		Br bromo 79,904 (79,901; 79,907)		Kr cripton 83,798(2)																									
																			37		38		39		40		41		42		43		44		45		46		47		48		49		50		51		52		53		54	
																			Rb rubídio 85,468		Sr estrôncio 87,62		Y itrio 88,906		Zr zircónio 91,224(2)		Nb nióbio 92,906		Mo molibdénio 95,95		Tc tecnécio 101,07(2)		Ru ruténio 101,07(2)		Rh ródio 102,91		Pd paládio 106,42		Ag prata 107,87		Cd cádmio 112,41		In índio 114,82		Sn estanho 118,71		Sb antímónio 121,76		Te telúrio 127,60(3)		I iodo 126,90		Xe xénon 131,29	
																			55		56		57-71		72		73		74		75		76		77		78		79		80		81		82		83		84		85		86	
																			Cs césio 132,91		Ba bário 137,33		Lantanídeos		Hf hafnio 178,49(2)		Ta tântalo 180,95		W tungsténio 183,84		Re renio 186,21		Os osmio 190,23(3)		Ir írdio 192,22		Pt platina 195,08		Au ouro 196,97		Hg mercúrio 200,59		Tl talho 204,38 (204,38; 204,39)		Pb chumbo 207,2		Bi bismuto 208,98		Po polónio		At ástato		Rn rádon	
																			87		88		89-103		104		105		106		107		108		109		110		111		112		113		114		115		116		117		118	
																			Fr frâncio		Ra rádio		Actínídeos		Rf rutherfordio		Db dúbnio		Sg seabórgio		Bh bohrio		Hs hássio		Mt meitnério		Ds darmstácio		Rg roentgénio		Cn copernício		Nh nipónio		Fl fleróvio		Mc moscóvio		Lv livermório		Ts tenesse		Og oganésson	
																			57		58		59		60		61		62		63		64		65		66		67		68		69		70		71							
																			La lantânio 138,91		Ce cério 140,12		Pr praseodímio 140,91		Nd neodímio 144,24		Pm promécio		Sm samário 150,36(2)		Eu eúrópio 151,96		Gd gadolínio 157,25(3)		Tb térbio 158,93		Dy disprósio 162,50		Ho hólmio 164,93		Er érbio 167,26		Tm itérbio 168,93		Yb itêrbio 173,05		Lu lutécio 174,97							
																			89		90		91		92		93		94		95		96		97		98		99		100		101		102		103							
																			Ac actínio		Th tório 232,04		Pa protactínio 231,04		U urânio 238,03		Np neptúnio		Pu plutónio		Am américio		Cm cúrio		Bk berquélio		Cf califórnio		Es einsténio		Fm fêrmio		Md mendelévio		No nobélio		Lr lawrénzio							

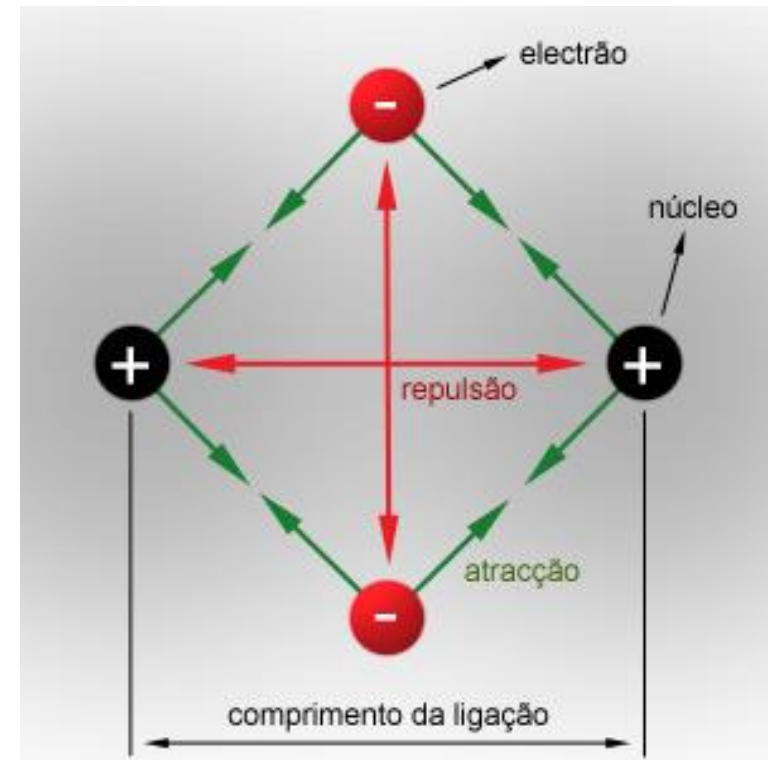
Ligação covalente

Numa ligação covalente há um equilíbrio entre forças:

Repulsivas, entre os núcleos dos átomos, que têm ambas cargas positivas;

Repulsivas, entre os eletrões das nuvens eletrónicas, que têm cargas negativas;

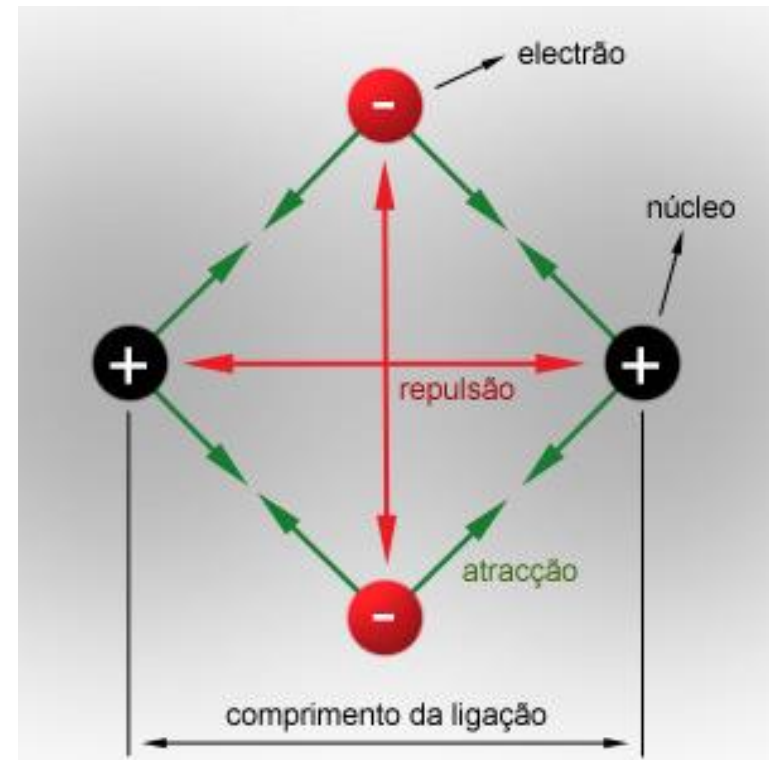
Atrativas, entre os eletrões e os núcleos, de cargas contrárias.



Ligação covalente

Quando existir um equilíbrio entre as forças atrativas e as forças repulsivas é estabelecida uma **ligação covalente** entre átomos (**formação de uma molécula**).

Há eletrões que são partilhados entre diferentes átomos, fazendo parte de mais do que uma nuvem eletrónica. São **eletrões ligantes**.

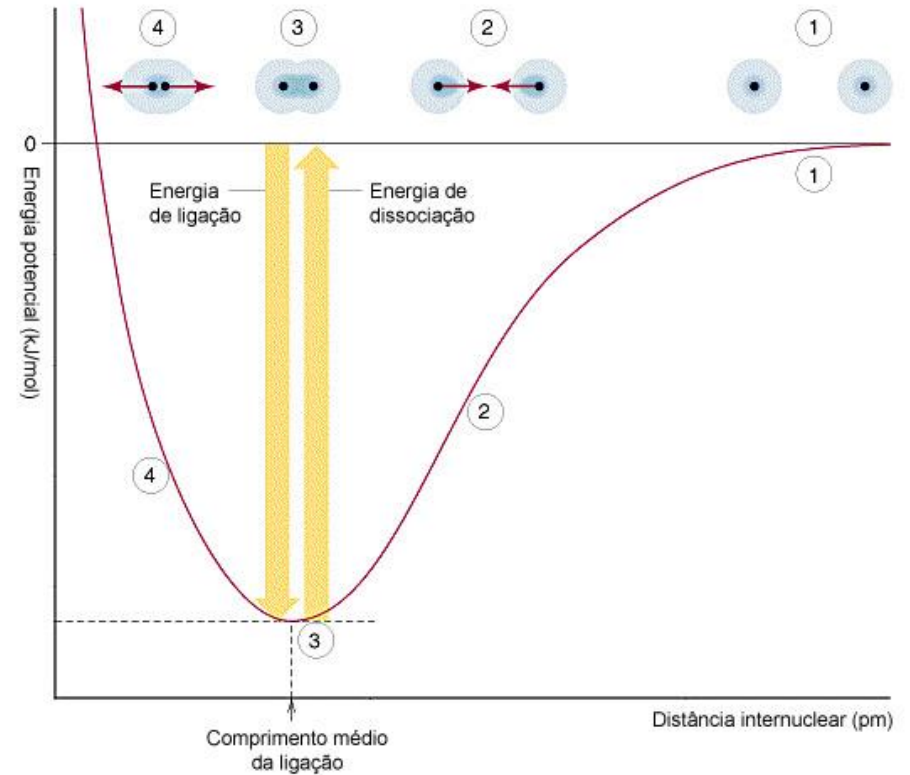


Ligação covalente

Esta estrutura dos átomos ligados (**molécula**) é **mais estável que os dois átomos isolados**.

A energia total dos átomos separados é maior que a energia da molécula resultante.

Como varia a **relação entre a distância internuclear e a energia total** de dois átomos numa ligação covalente é?



Ligação covalente

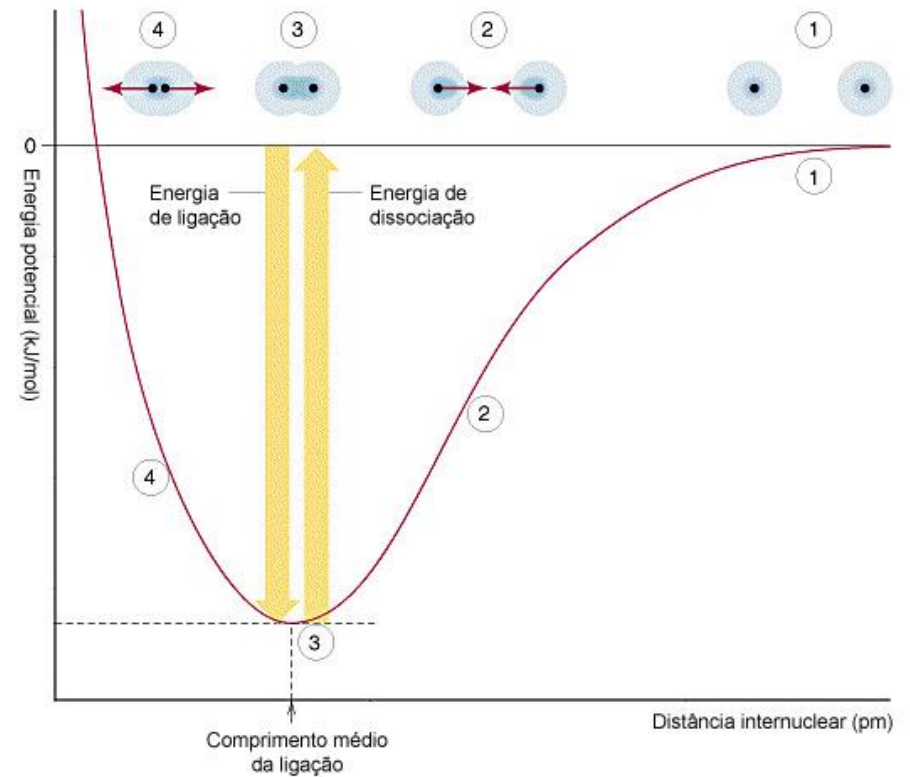
Variação da energia potencial

Situação 1

Dois átomos afastados um do outro.

Ainda não há atração entre eles.

A **energia potencial** total da molécula é **zero**.
(ainda não existe molécula!)



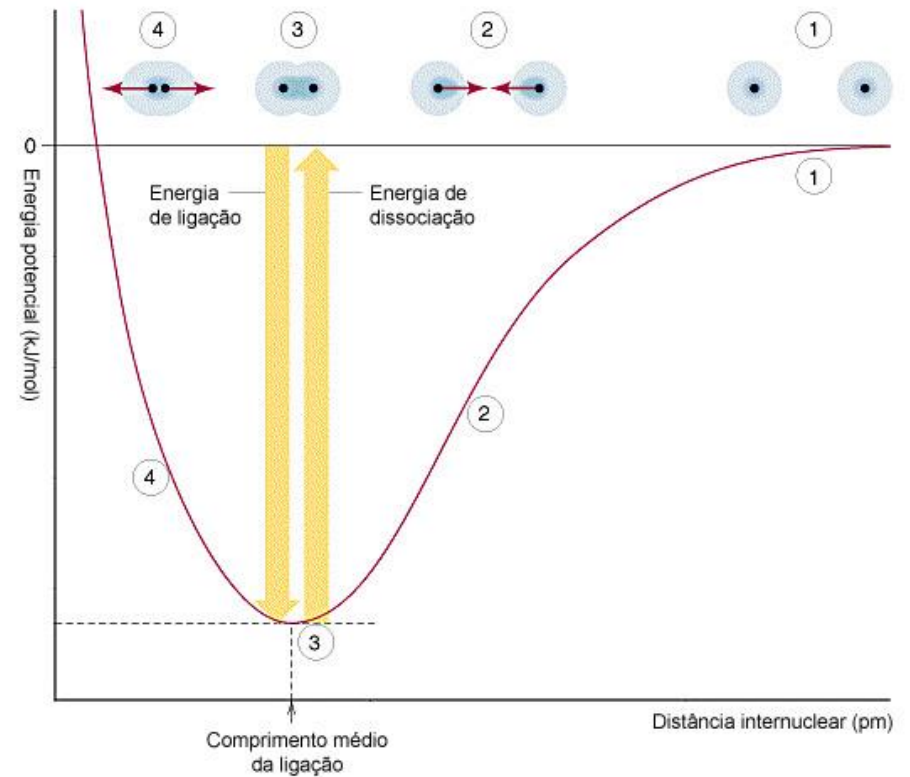
Ligação covalente

Variação da energia potencial

Situação 2

Há **atração** entre os dois átomos.

A energia total dos dois átomos diminui relativamente à situação 1.



Ligação covalente

Variação da energia potencial

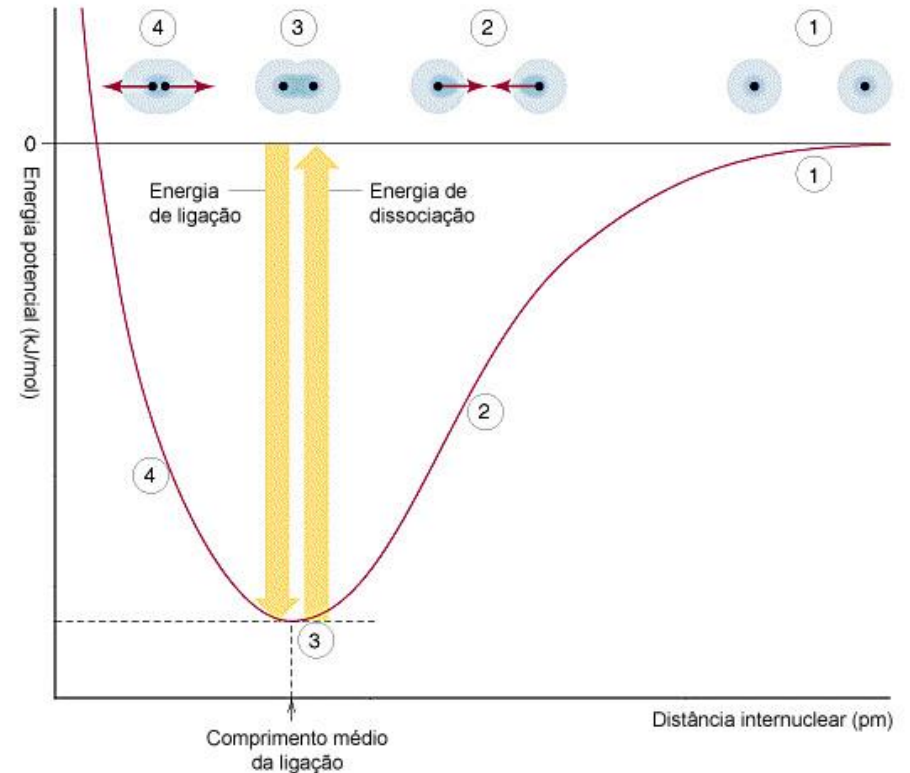
Situação 3

É estabelecida a ligação covalente.

As atrações igualam as repulsões.

A **energia potencial** da molécula atinge o seu **valor mínimo**.

A distância entre os dois núcleos dos átomos é chamada **comprimento médio da ligação**.



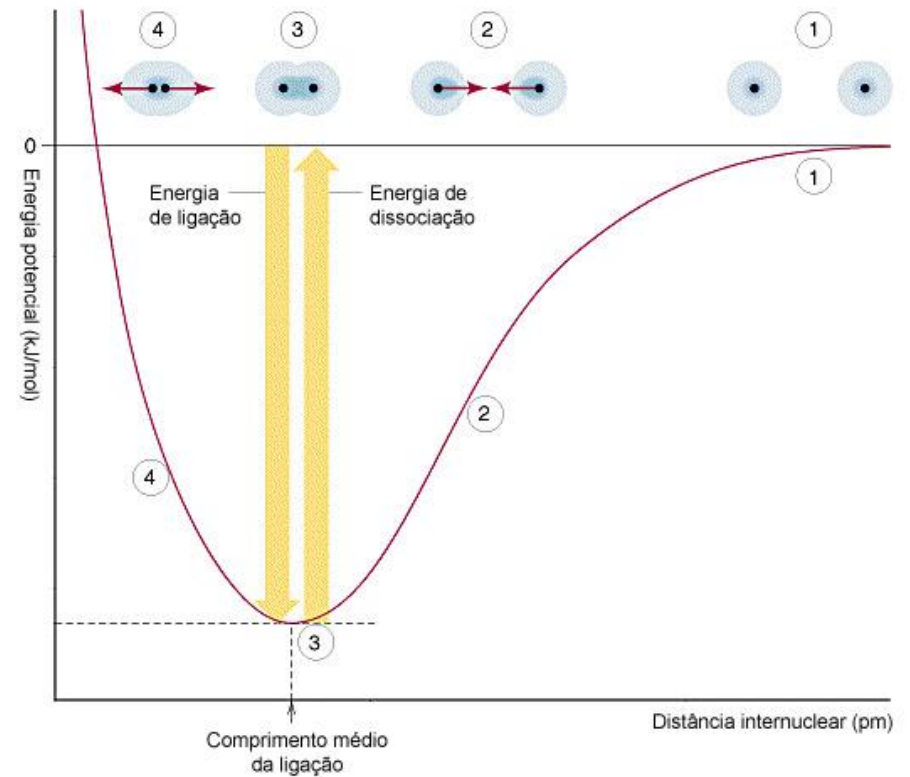
Ligação covalente

Variação da energia potencial

Situação 4

Se os átomos se aproximarem ainda mais as **repulsões entre os núcleos** começam a ser maiores que as atrações elétrons-núcleos.

Aumenta a instabilidade da molécula e a sua **energia potencial**.



Ligação covalente

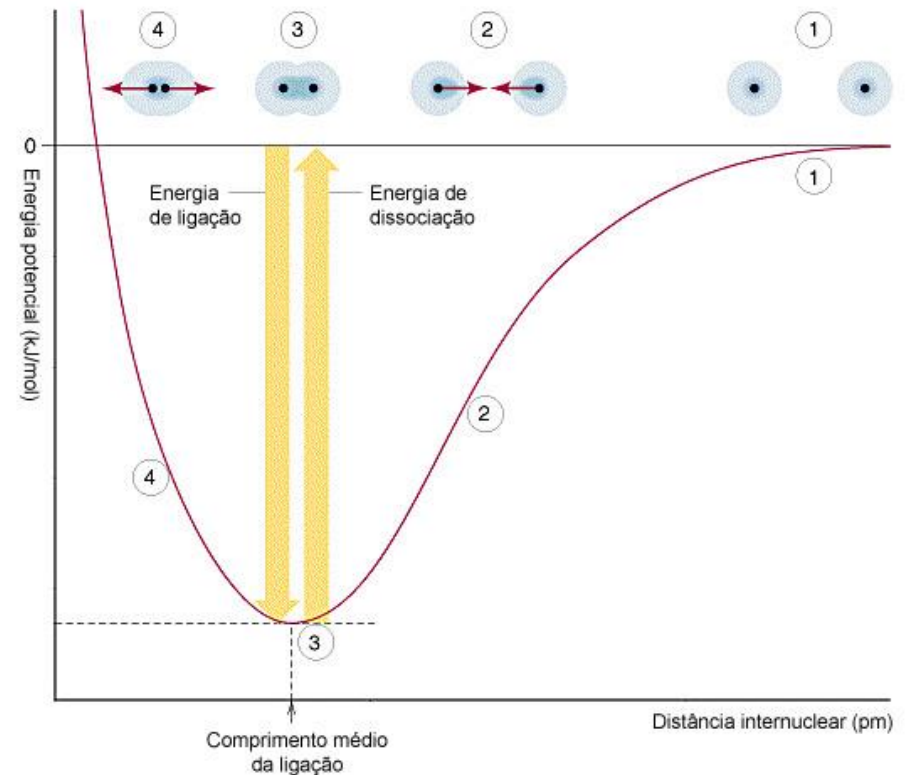
Variação da energia potencial

A **energia de ligação** (energia que se liberta aquando da formação da ligação)

e a **energia de dissociação** (energia necessária para quebrar a ligação – separar os átomos)

têm valores iguais.

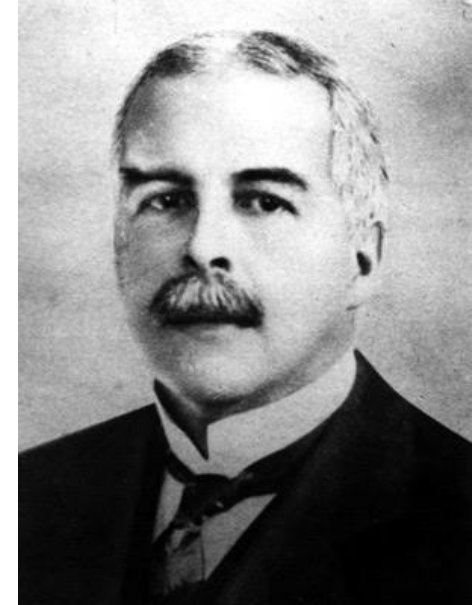
As energias de ligação são normalmente expressas em kJ/mol.



Ligação covalente

Notação de Lewis

Esta notação é usada para descrever um átomo evidenciando os seus elétrons de valência.



[Gilbert Newton Lewis](#) (1875-1946).

Ligação covalente

Regra do octeto

Cada átomo de uma molécula partilha eletrões de modo a que fique rodeado por oito eletrões de valência..

Com esta configuração de valência os átomos ficam com uma configuração eletrónica semelhante a um elemento do grupo 18 (gases nobres).

Esta regra aplica-se com facilidade a átomos representativos do 2º período da Tabela Periódica, mas para além destes elementos apresenta muitas exceções.

No caso do átomo de hidrogénio este fica rodeado por apenas dois eletrões de valência.

Ligação covalente

Elétrons ligantes

São os elétrons que participam na ligação.

Elétrons não ligantes

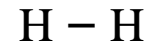
Estes elétrons de valência não vão participar na ligação.

Ligação covalente

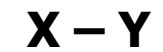
Ligação simples, dupla e tripla

Consoante o número de eletrões ligantes entre dois átomos:

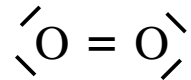
2 eletrões ligantes (1 par)



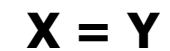
Ligação covalente **simples (ordem 1)**



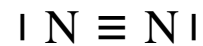
4 eletrões ligantes (dois pares)



Ligação covalente **dupla (ordem 2)**



6 eletrões ligantes (três pares)



Ligação covalente **tripla (ordem 3)**



Ligação covalente

Comprimento de ligação vs Energia de ligação

Maior energia de ligação \Rightarrow Ligação mais forte

Maior energia de ligação \Rightarrow Menor comprimento de ligação

Este tipo de comparação só deve ser realizado entre moléculas com algum tipo de semelhança!

Bibliografia

- J. Paiva, A. J. Ferreira, C. Fiolhais, "Novo 10Q", Texto Editores, Lisboa, 2015.
- D. Reger, S. Goode, E. Mercer, "Química: Princípios e Aplicações", Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 2010.