

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;

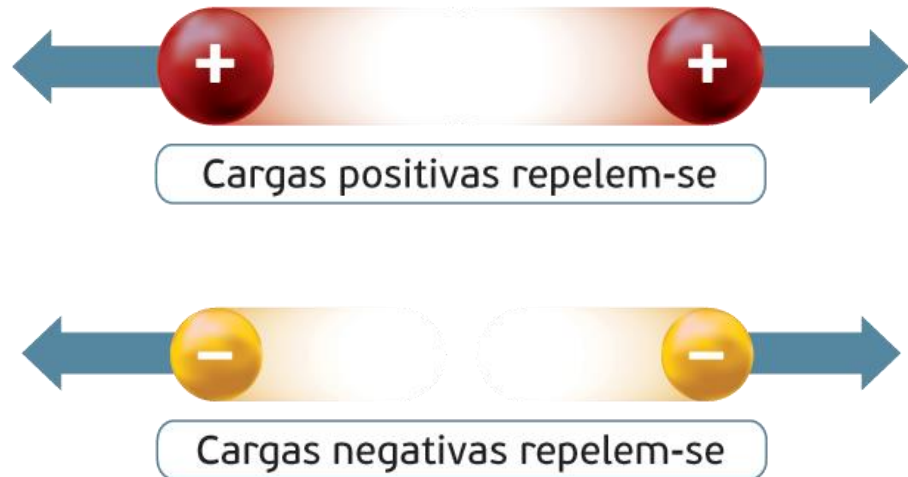
Moléculas se organizem em estruturas maiores.

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

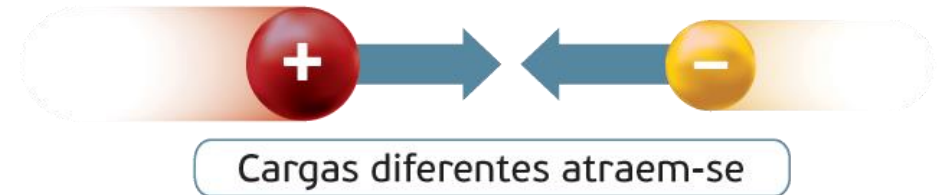
Interações eletrostáticas

Numa ligação há um equilíbrio entre diversas forças:

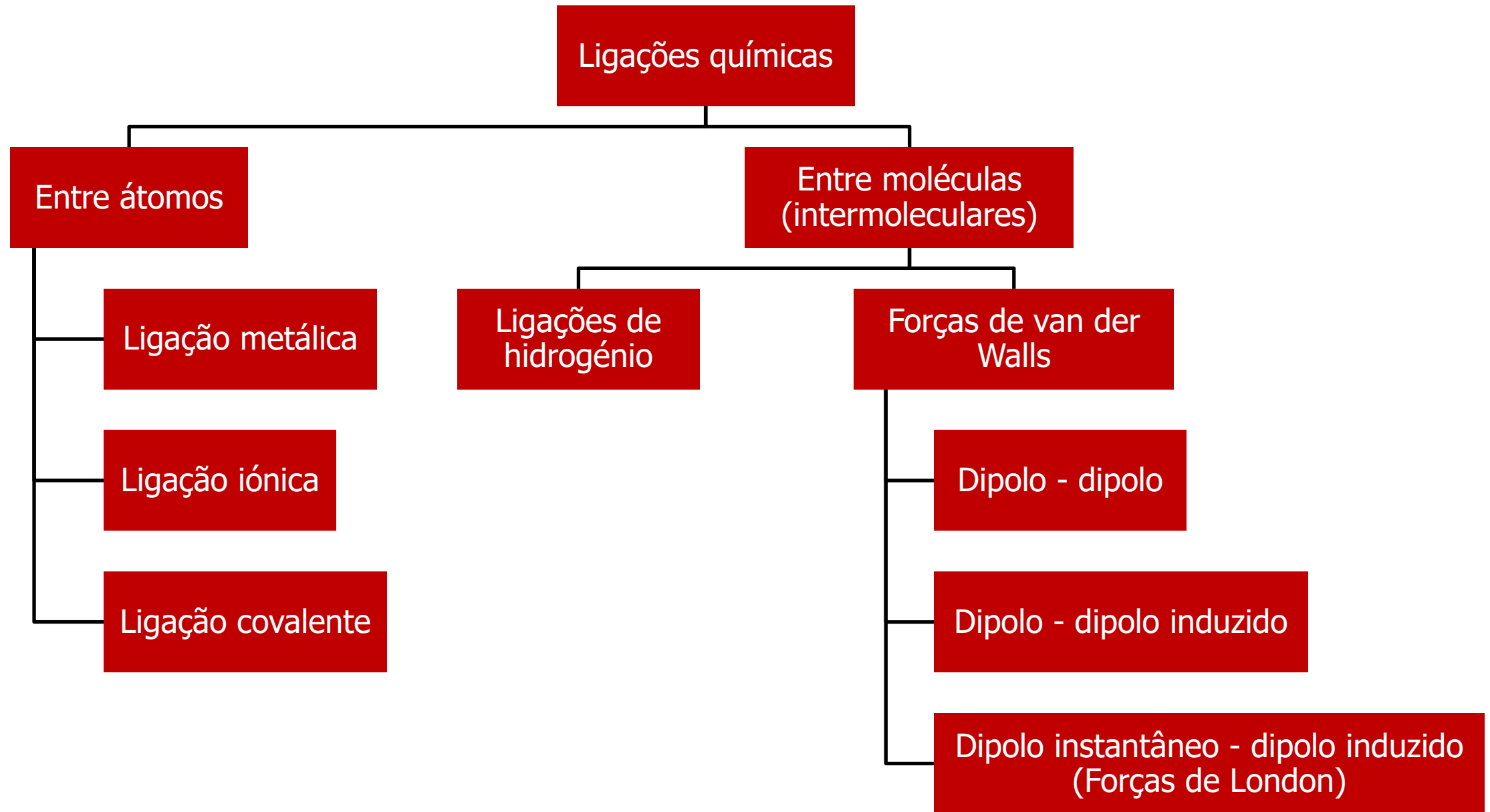
Repulsivas, entre as cargas de sinal igual;



Atrativas, entre as cargas de sinal contrário.



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

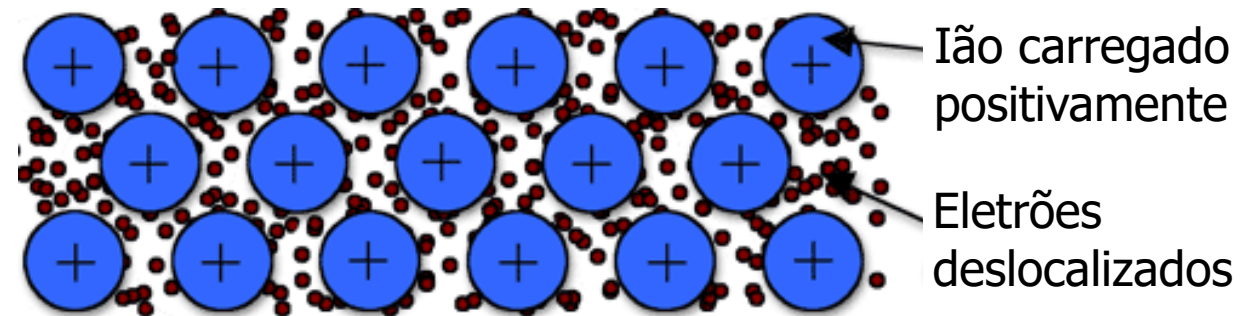
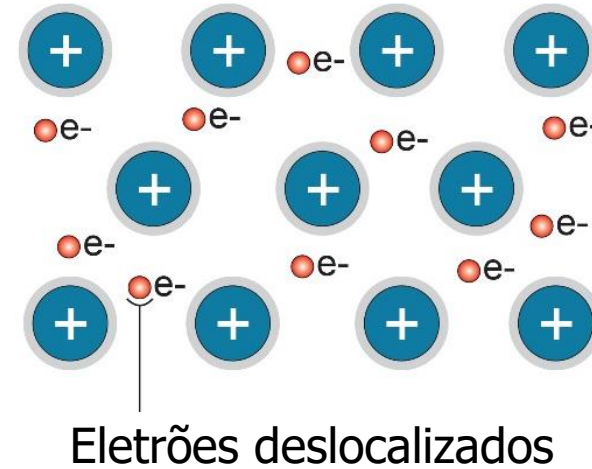


Ligação metálica

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

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

Há um **mar de eletrões** 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

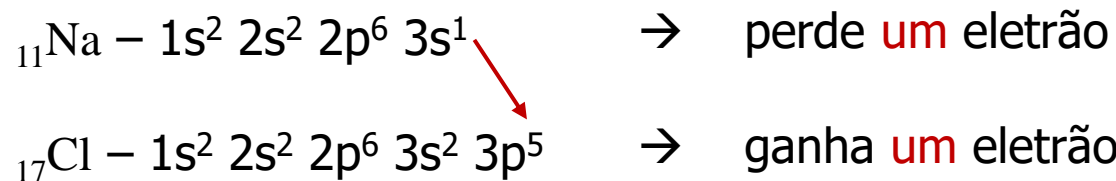
É um tipo de ligação que acontece entre elementos **Metálicos** e **Não metálicos**.

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.

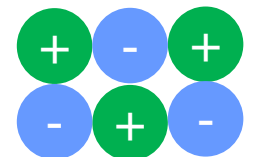
Exemplo:



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 28,086 (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	20 Ca cálcio 40,078(4)	21 Sc escândio 44,956	22 Ti titânio 47,867	23 V vanádio 50,942	24 Cr cromo 51,996	25 Mn manganês 54,938	26 Fe ferro 55,845(2)	27 Co cobalto 58,933	28 Ni níquel 58,693	29 Cu cobre 63,546(3)	30 Zn zinco 65,38(2)	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 ítrio 88,906	40 Zr zircônio 91,224(2)	41 Nb nióbio 92,906	42 Mo molibdênio 95,95	43 Tc tecnécio 98	44 Ru rutênio 101,07(2)	45 Rh ródio 102,91	46 Pd paládio 106,42	47 Ag prata 107,87	48 Cd cádmio 112,41	49 In índio 114,82	50 Sn estanho 118,71	51 Sb antimônio 121,76	52 Te telúrio 127,6(3)	53 I iodo 126,90	54 Xe xénon 131,29
55 Cs césio 132,91	56 Ba bário 137,33	57-71 lanatídeos	72 Hf hafnício 178,49(2)	73 Ta tântalo 180,95	74 W tungstênio 183,84	75 Re rênio 186,21	76 Os ósio 190,23(3)	77 Ir irídio 192,22	78 Pt platina 195,08	79 Au ouro 196,97	80 Hg mercúrio 200,59	81 Tl talho 204,38 (204,38; 204,39)	82 Pb chumbo 207,2	83 Bi bismuto 208,98	84 Po polônio 209	85 At átato 210	86 Rn rádon 222
87 Fr frâncio	88 Ra rádio	89-103 actínídeos	104 Rf rutherfordório	105 Db dúbio	106 Sg seabórgio	107 Bh bóhrio	108 Hs hássio	109 Mt meitnério	110 Ds darmstácio	111 Rg roentgênio	112 Cn copernício	113 Nh nipônio	114 Fl fleróvio	115 Mc moscóvio	116 Lv livermório	117 Ts teneso	118 Og oganessão
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 túlio 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 califórnia	99 Es einstênio	100 Fm fêrmio	101 Md mendelévio	102 No nobélio	103 Lr lawrêncio			

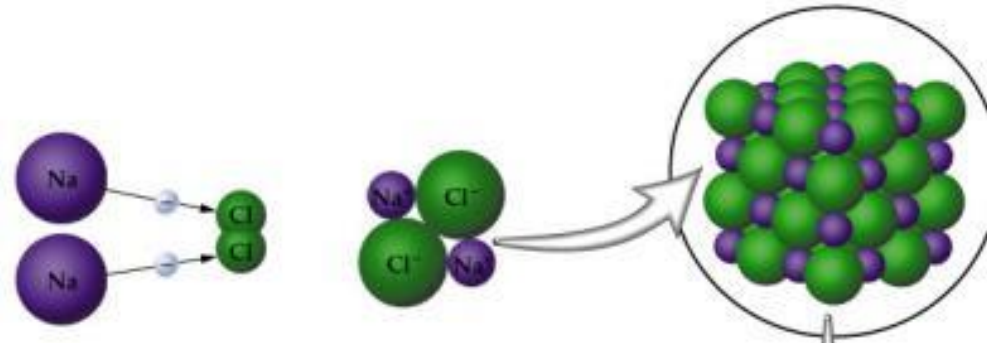
As substâncias resultantes são conhecidas por **sais**.

NaCl

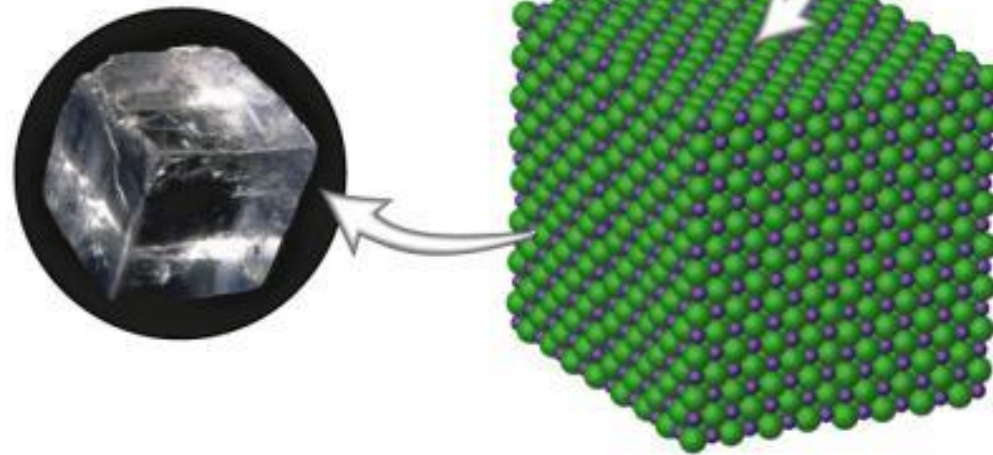


Ligação iónica

Nível atómico

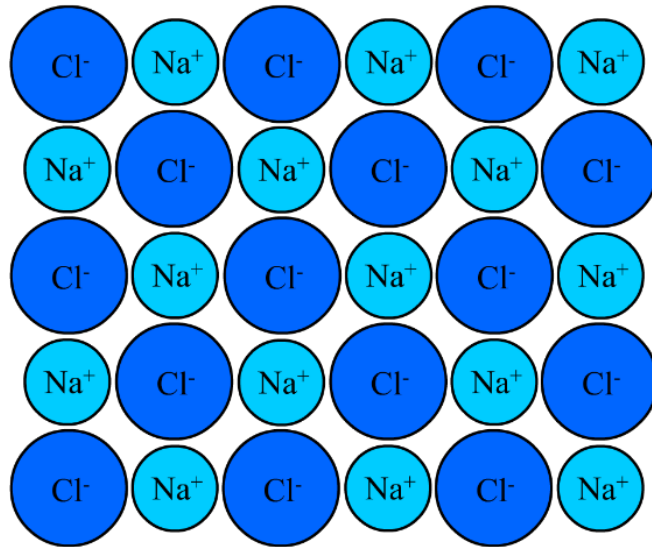


Nível macroscópico

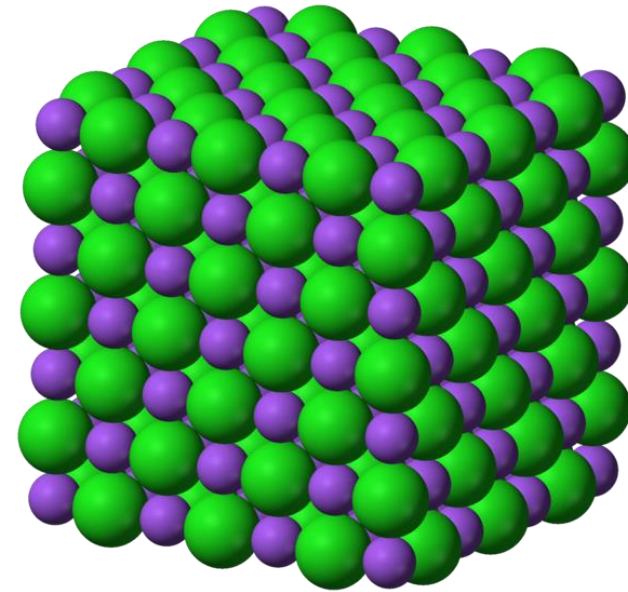


Ligação iónica

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**.

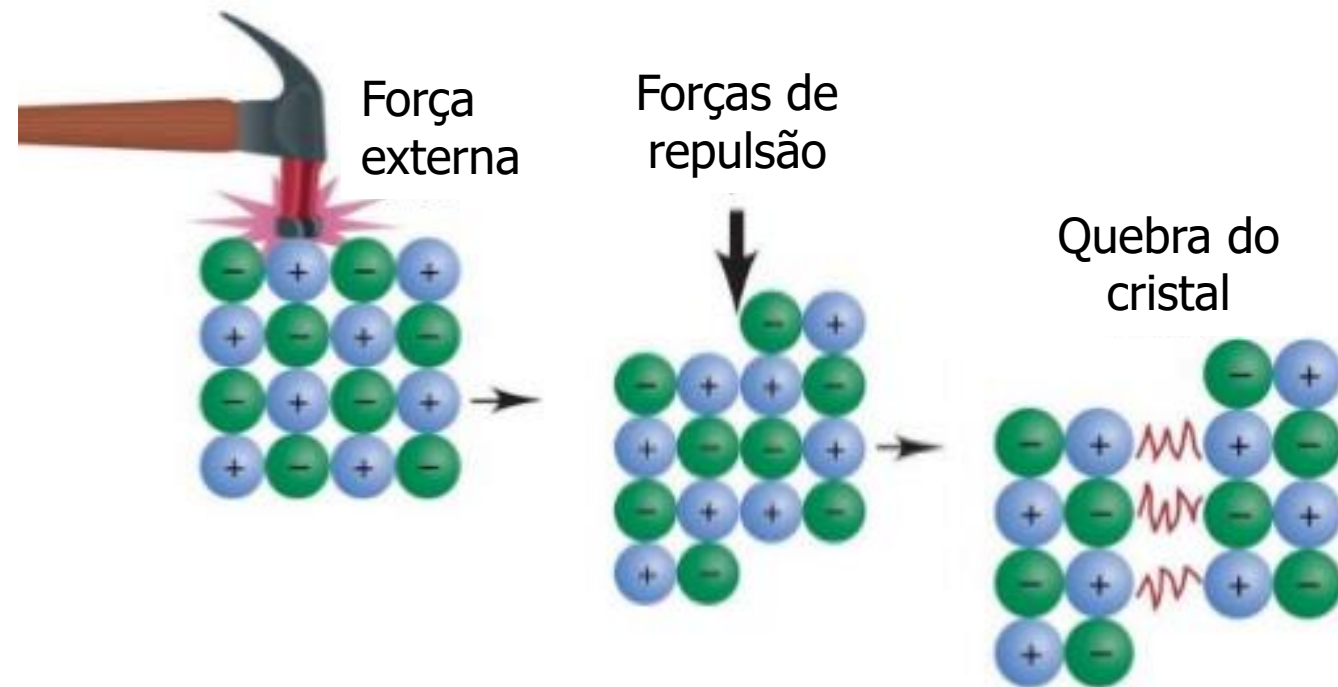
Corrente elétrica é o movimento ordenado de cargas elétricas.



Ligação iónica

No **estado sólido**:

São substâncias **quebradiças**.



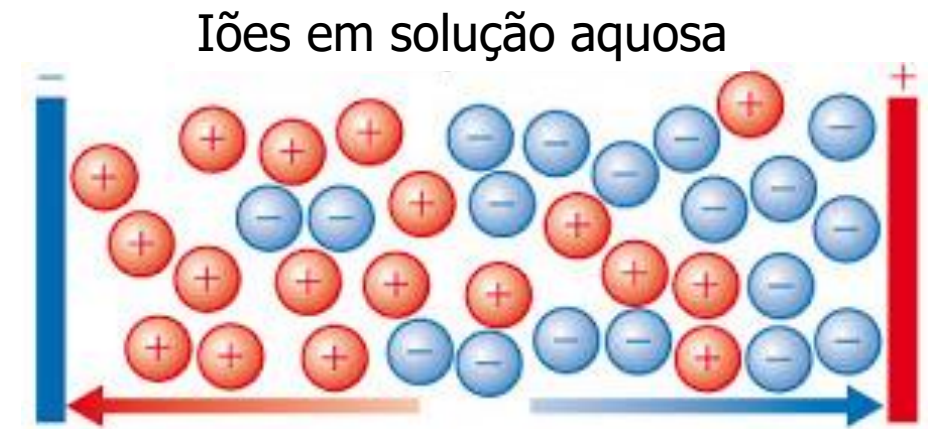
Ligação iónica

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

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



Substâncias **boas condutoras eléctricas**.



Ligação covalente

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

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

1																		2																		13																		14																		15																		16																		17																		18																	
H hidrogénio 1,008 (1,0078; 1,0082)																																																																																																																														He hélio 4,0026																	
3 Li lítio 6,94 (6,938; 6,997)			4 Be berílio 9,0122																					5 B boro 10,81 (10,806; 10,821)			6 C carbono 12,011 (12,009; 12,012)			7 N nitrogénio 14,007 (14,006; 14,008)			8 O oxigénio 15,999 (15,999; 16,000)			9 F flúor 18,998			10 Ne néon 20,180																																																																																																								
11 Na sódio 22,990			12 Mg magnésio (24,304; 24,307)																					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		20 Ca cálcio 40,078(4)		21 Sc escândio 44,956		22 Ti titânio 47,867		23 V vanádio 50,942		24 Cr cromo 51,996		25 Mn manganês 54,938		26 Fe ferro 55,845(2)		27 Co cobalto 58,933		28 Ni níquel 58,693		29 Cu cobre 63,546(3)		30 Zn zinco 65,38(2)		31 Ga gálio 69,723		32 Ge germânio 72,630(8)		33 As arsénio 74,922		34 Se selénio 78,971(8)		35 Br bromo 79,904		36 Kr cripton 83,798(2)																																																																																																													
37 Rb rubídio 85,468		38 Sr estrôncio 87,62		39 Y ítrio 88,906		40 Zr zircónio 91,224(2)		41 Nb nióbio 92,906		42 Mo molibdénio 95,95		43 Tc tecnécio 98,906		44 Ru ruténio 101,07(2)		45 Rh ródio 102,91		46 Pd paládio 106,42		47 Ag prata 107,87		48 Cd cádmio 112,41		49 In índio 114,82		50 Sn estanho 118,71		51 Sb antímónio 121,76		52 Te telúrio 127,60(3)		53 I iodo 126,90		54 Xe xénon 131,29																																																																																																													
55 Cs césio 132,91		56 Ba bário 137,33		57-71 lanatídeos		72 Hf hafnio 178,49(2)		73 Ta tântalo 180,95		74 W tungsténio 183,84		75 Re renio 186,21		76 Os ósio 190,23(3)		77 Ir íridio 192,22		78 Pt platina 195,08		79 Au ouro 196,97		80 Hg mercúrio 200,59		81 Tl talio (204,38; 204,39)		82 Pb chumbo 207,2		83 Bi bismuto 208,98		84 Po polónio		85 At ástato		86 Rn radón																																																																																																													
87 Fr frâncio		88 Ra rádio		89-103 actínídeos		104 Rf ruterfórdio		105 Db dúbnio		106 Sg seabórgio		107 Bh bohrio		108 Hs hássio		109 Mt meitnério		110 Ds darmstácio		111 Rg roentgénio		112 Cn copernício		113 Nh nipónio		114 Fl fleróvio		115 Mc moscóvio		116 Lv livermório		117 Ts tenesso		118 Og oganésson																																																																																																													
57 La lantânio		58 Ce cério		59 Pr praseodímio		60 Nd neodímio		61 Pm promécio		62 Sm samário		63 Eu eúrópio		64 Gd gadolínio		65 Tb térbio		66 Dy disprósio		67 Ho hólmio		68 Er érbio		69 Tm túlio		70 Yb itérbio		71 Lu lutécio																																																																																																																			
89 Ac actínio		90 Th tório		91 Pa protactínio		92 U urânio		93 Np neptúnio		94 Pu plutónio		95 Am américio		96 Cm cúrio		97 Bk berquélio		98 Cf califórnio		99 Es einsténio		100 Fm férmio		101 Md mendelévio		102 No nobélio		103 Lr lawrénzio																																																																																																																			

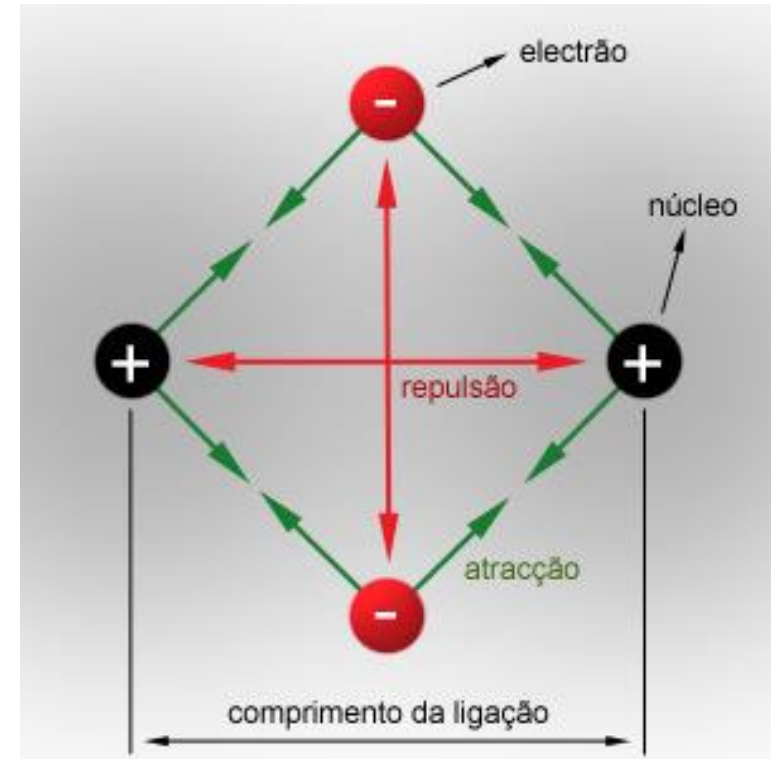
Ligação covalente

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;

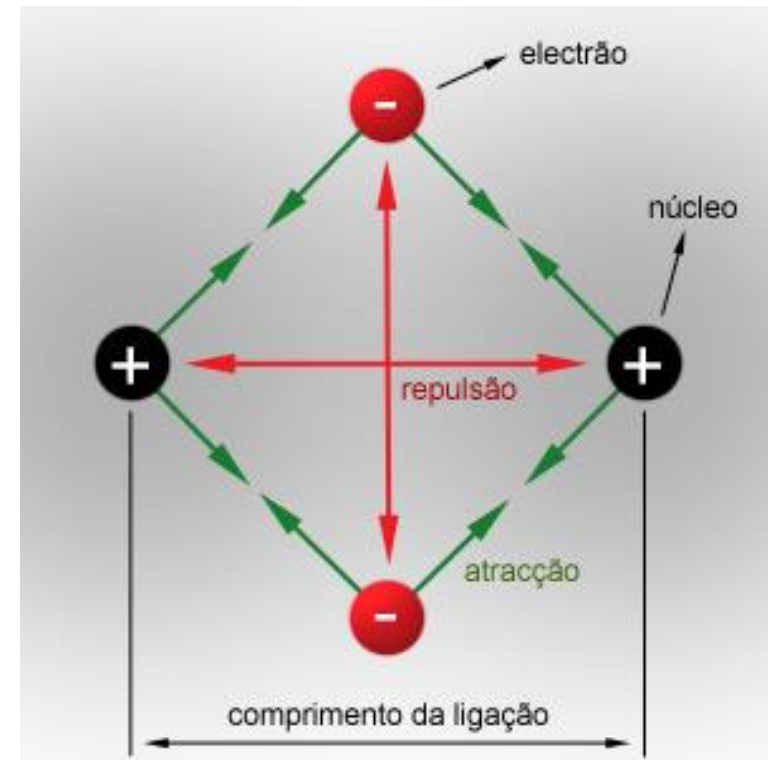
Atrativas, entre os eletrões e os núcleos, de cargas contrárias.



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**.

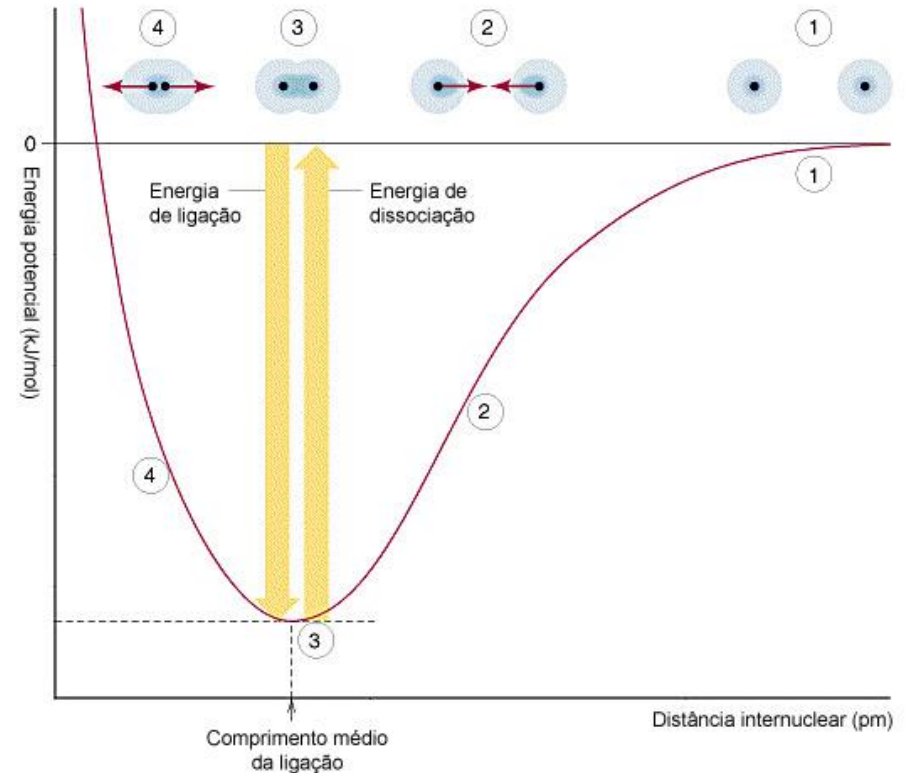


Ligação covalente

Uma ligação acontece se a estrutura dos átomos ligados (**molécula**) for **mais estável do 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

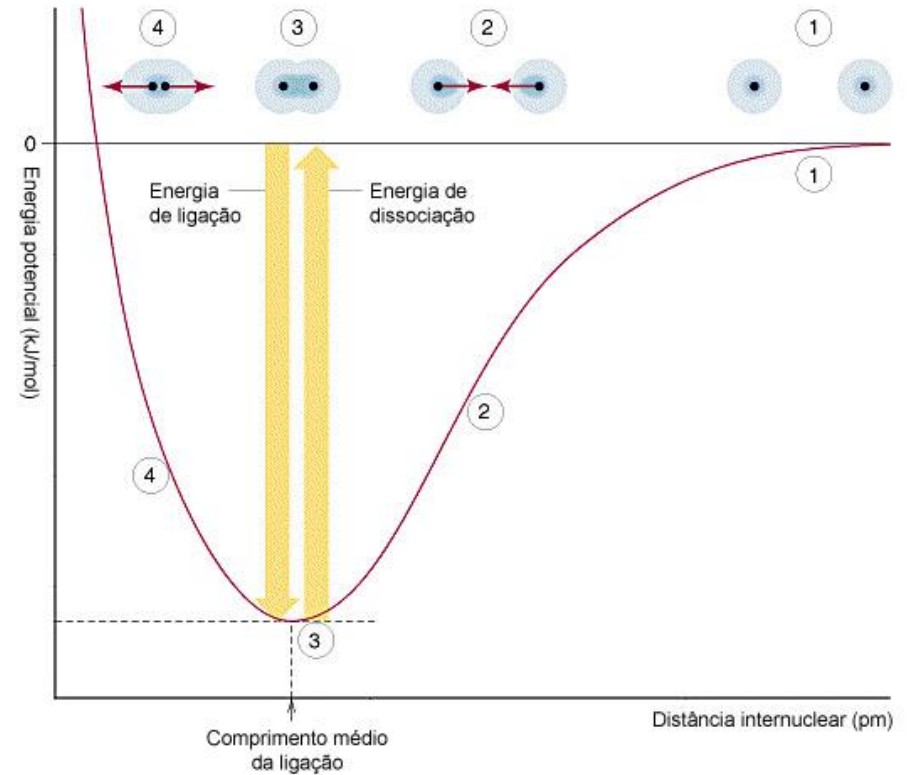
Variação da energia potencial

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!)



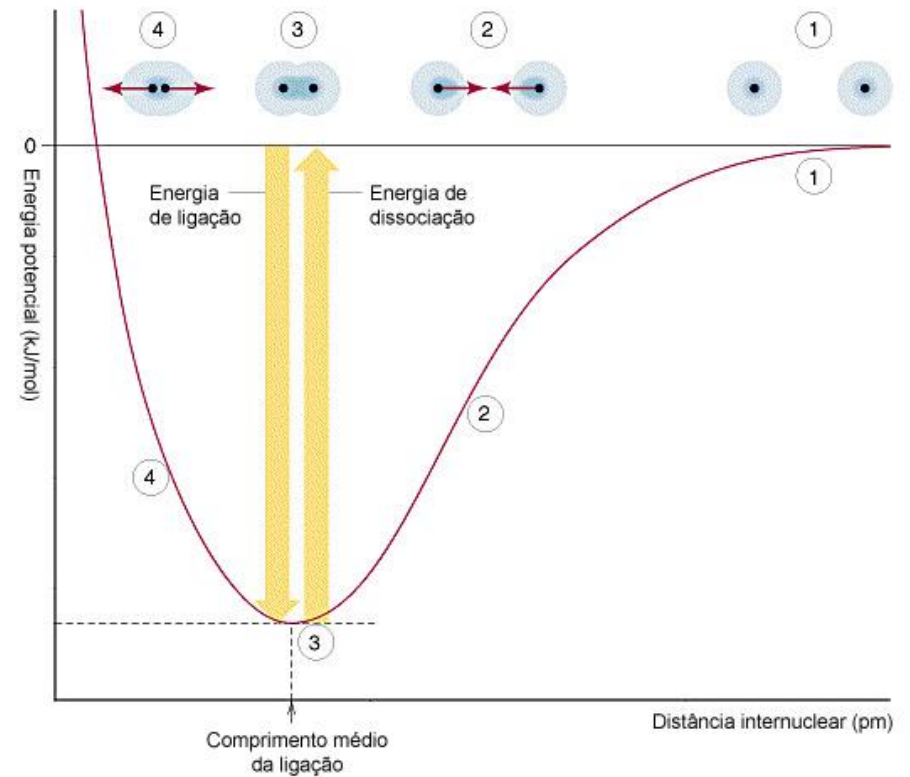
Ligação covalente

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

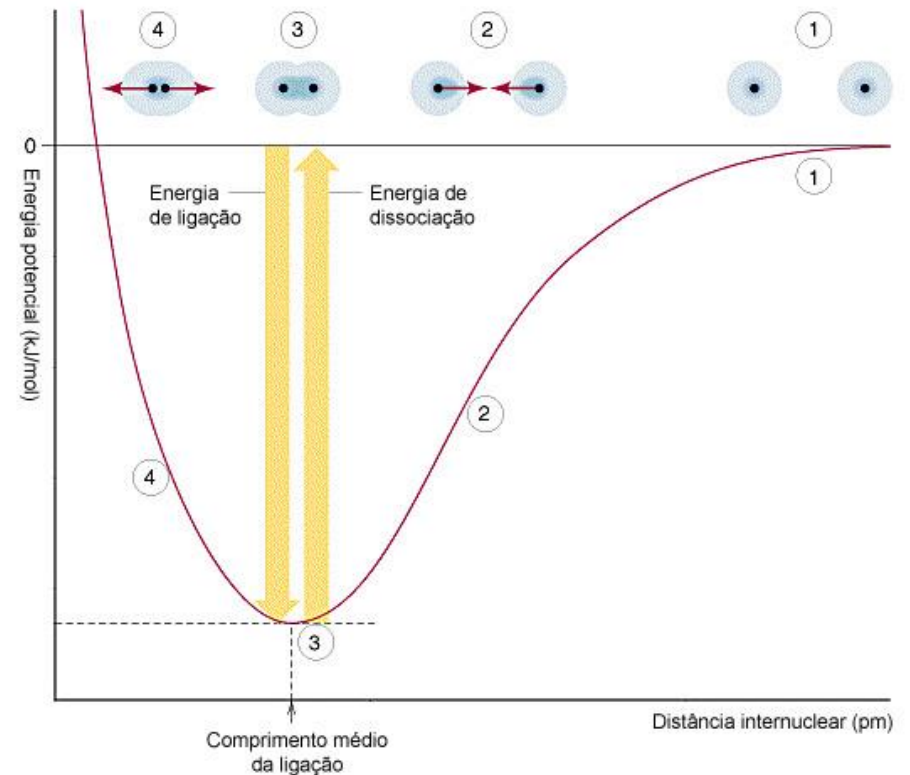
Situação ③

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**.



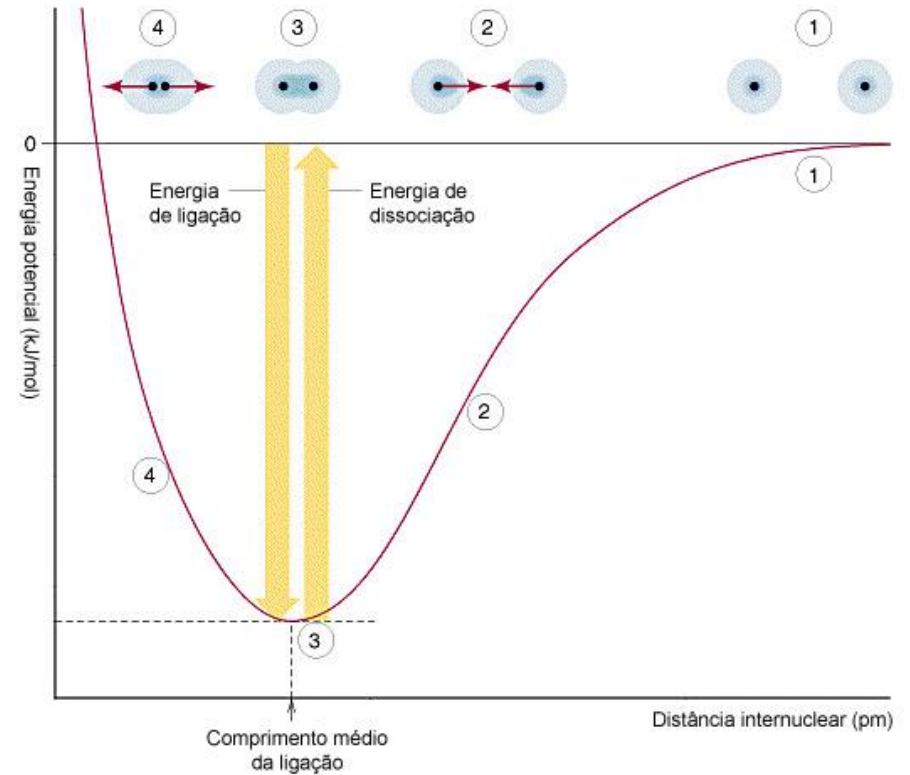
Ligação covalente

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

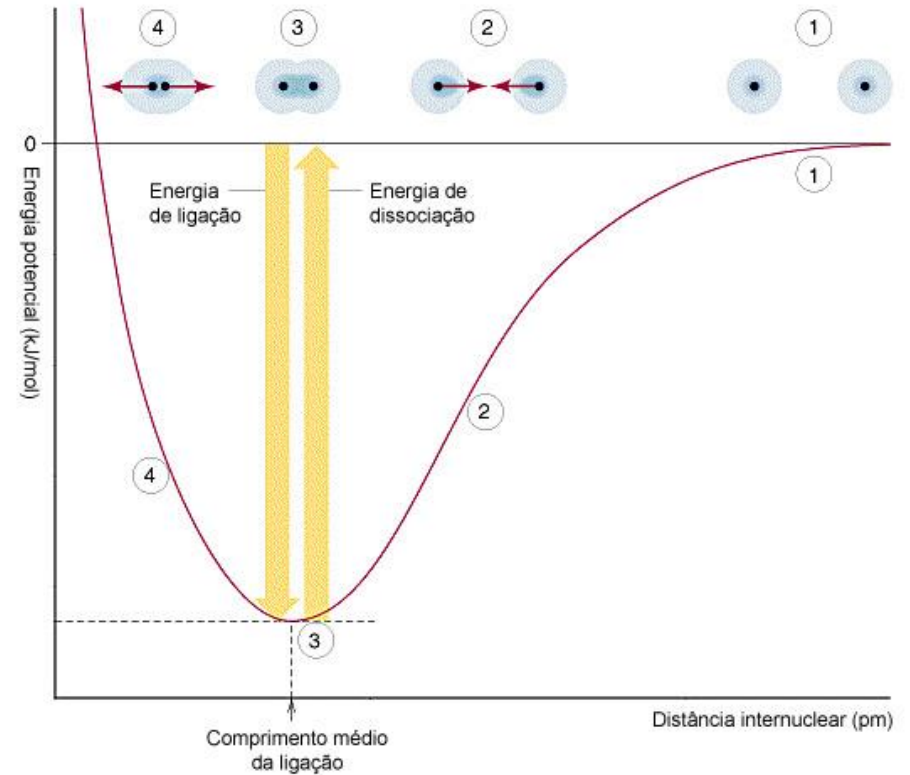
Variação da energia potencial

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.

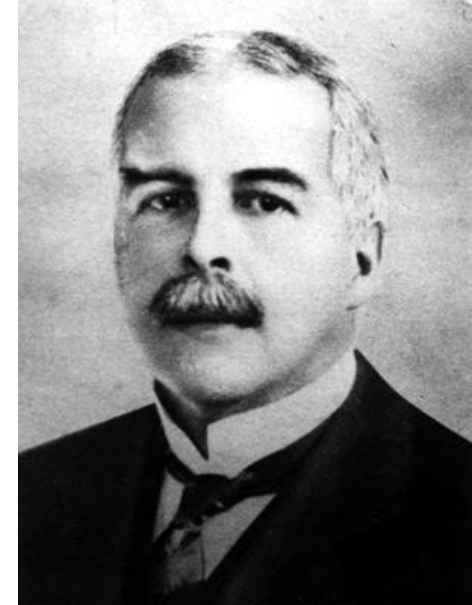
As energias de ligação são normalmente expressas em kJ/mol.



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

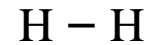
Estes elétrons de valência não vão participar na ligação.

Ligação covalente

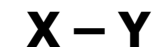
Ligação simples, dupla e tripla

Consoante o número de eletrões ligantes entre dois átomos:

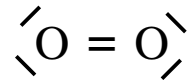
2 eletrões ligantes (1 par)



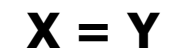
Ligação covalente **simples (ordem 1)**



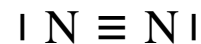
4 eletrões ligantes (dois pares)



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

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