

# Química

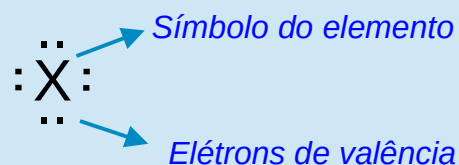
## Ligações iônicas e covalentes

**Prof. Diego J. Raposo**  
**UPE – Poli**  
**2025.2**

# Conceitos básicos de ligação química

- Átomos se ligam para obter configuração de gás nobre -->  $8e^-$  na camada + externa = **regra do octeto**;
- Veremos ligações químicas entre metais do **bloco s** e ametais do **bloco p**;

- Notação de Lewis:



Obter número de elétrons de valência

Fazendo configuração eletrônica

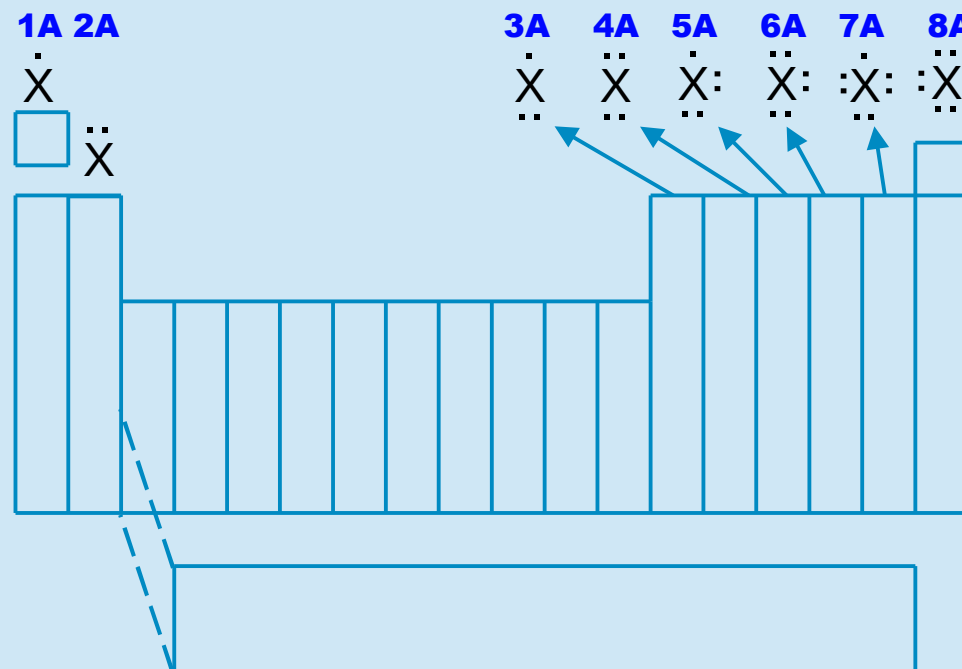
Ex.: Na:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$  → Na

Observando tabela periódica

Ex.: Cl --> 7A -->

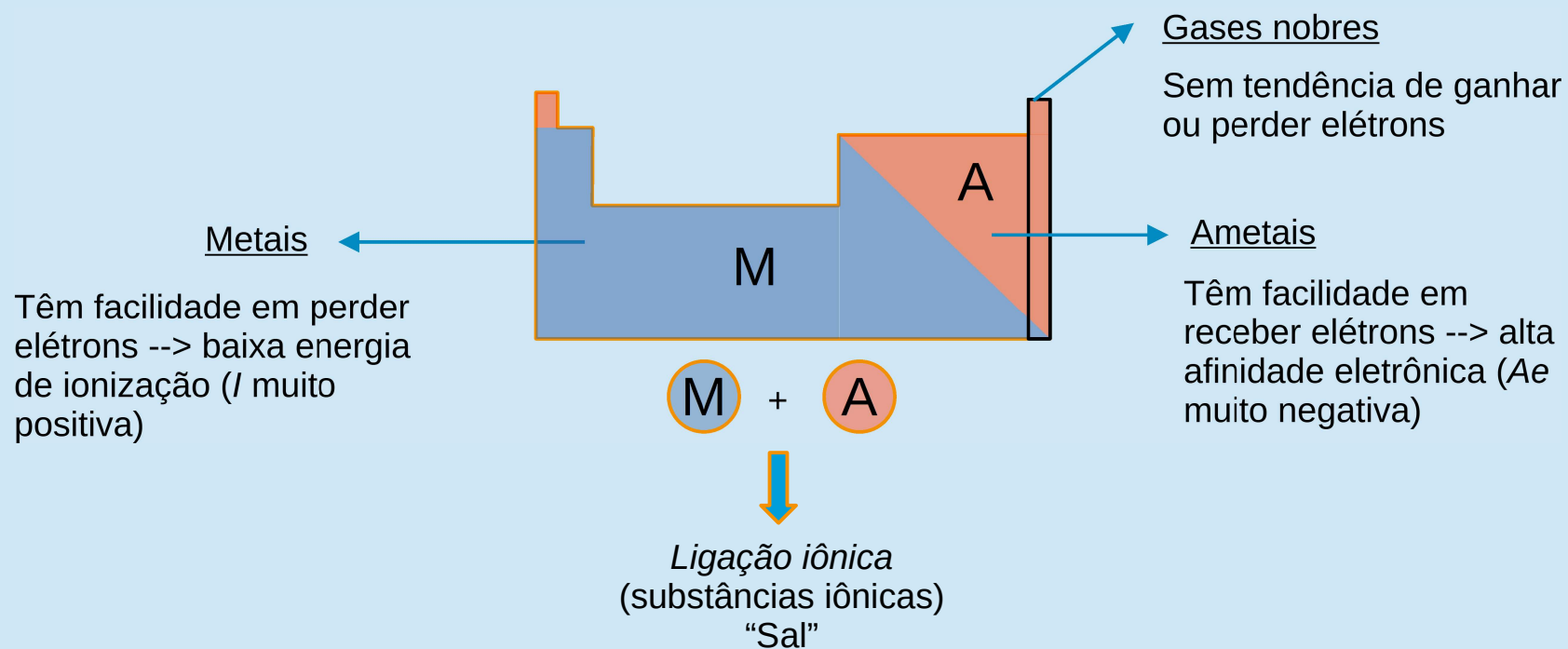


\*Elétrons do caroço não são mostrados na notação de Lewis

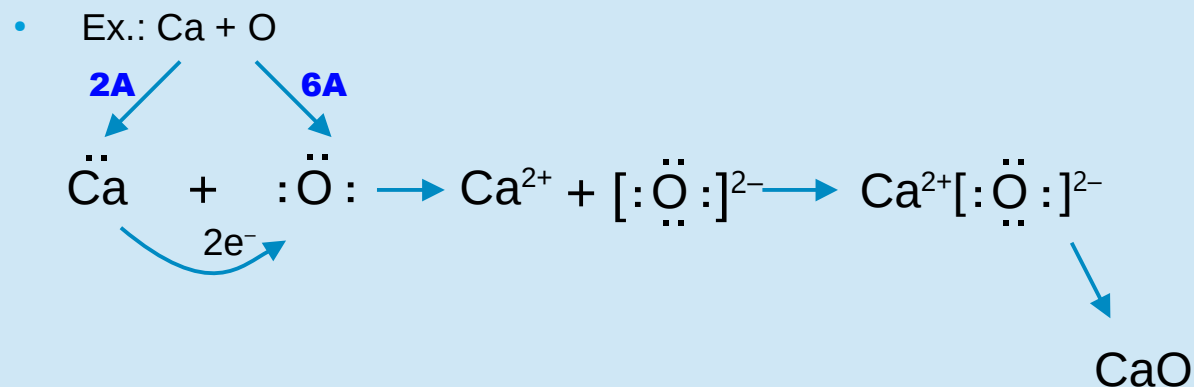
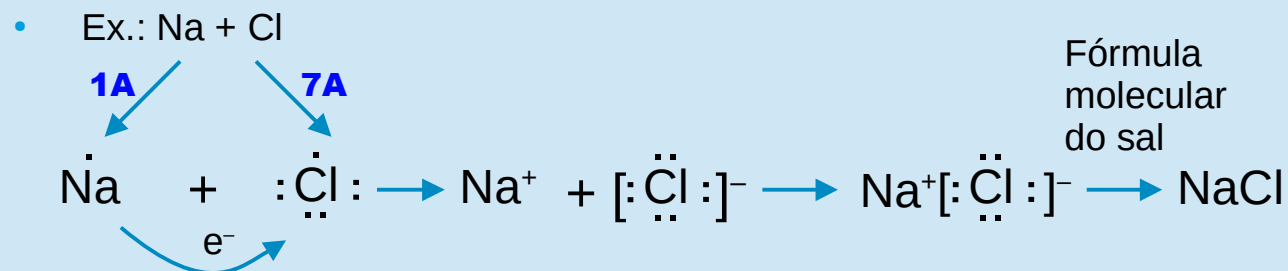
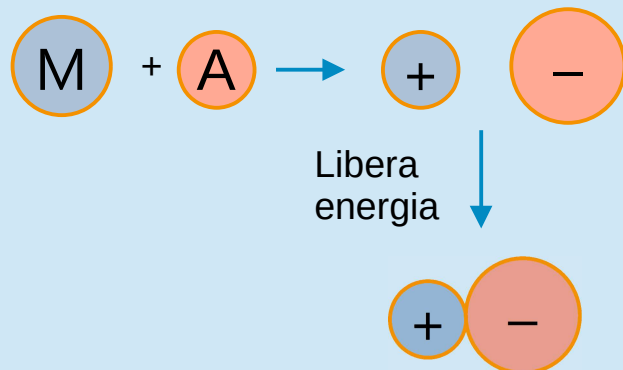
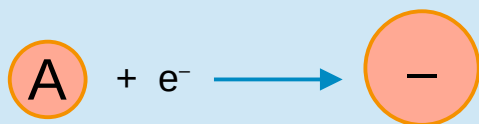


# Ligação iônica

- Metais e ametais possuem tendências opostas, por isso se ligam para obter conf. de gás nobre:

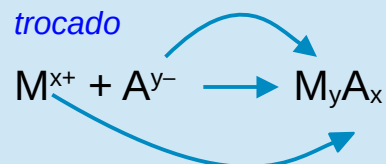
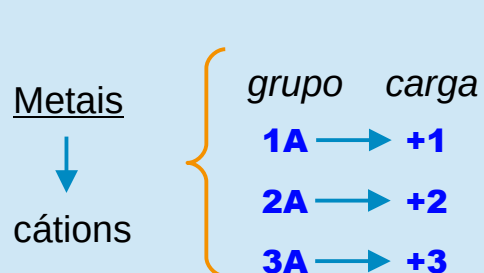


# Lewis para ligação iônica

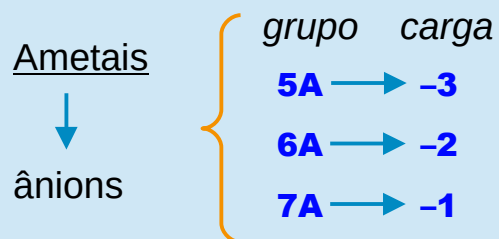


# Fórmulas de sais

- É possível determinar a fórmula molecular de sais a partir das cargas dos íons:

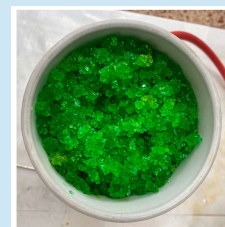
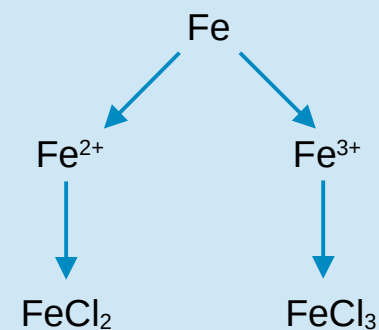


- Ex.:  $Na^+, Cl^- \rightarrow Na_1^{+1} Cl_1^{-1} \rightarrow NaCl$
- Ex.:  $Ca^{2+}, F^- \rightarrow Ca_1^{+2} F_2^{-1} \rightarrow CaF_2$
- Ex.:  $Na^+, S^{2-} \rightarrow Na_2^{+1} S_1^{-2} \rightarrow Na_2S$



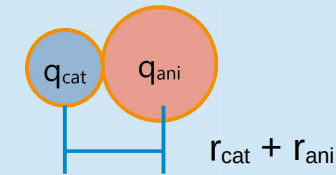
Estado de oxidação do metal (nº de oxidação)  $\longleftrightarrow$  Fórmula do sal

- É possível determinar a carga do íon pela fórmula do sal e vice-versa.



# Energia liberada

- A energia liberada quando os íons se aproximam é dada pela equação da energia eletrostática:



$$E_{\text{el}} = \text{constante} \cdot \frac{|q_{\text{cat}} q_{\text{ani}}|}{r_{\text{cat}} + r_{\text{ani}}}$$

- Ex.: Qual a ordem crescente nos pontos de fusão dos sais a seguir:

NaF, CsI e CaS

H

Hydrogen

He

Helium

Li

Lithium

Be

Beryllium

Na

Sodium

Mg

Magnesium

K

Potassium

Ca

Calcium

Sc

Scandium

Ti

Titanium

V

Vanadium

Cr

Chromium

Mn

Manganese

Fe

Iron

Co

Cobalt

Ni

Nickel

Cu

Copper

Zn

Zinc

Ga

Gallium

Ge

Germanium

As

Arsenic

Se

Selenium

Br

Bromine

Kr

Krypton

Rb

Rubidium

Sr

Strontium

Y

Yttrium

Zr

Zirconium

Nb

Niobium

Mo

Molybdenum

Tc

Technetium

Ru

Ruthenium

Rh

Rhodium

Pd

Palladium

Ag

Silver

Cd

Cadmium

In

Indium

Sn

Sn

Sb

Antimony

Te

Tellurium

I

Iodine

Xe

Xenon

Cs

Cesium

Ba

Barium

La-Lu

Lanthanides

Hf

Hafnium

Ta

Tantalum

W

Tungsten

Re

Rhenium

Os

Osmium

Ir

Iridium

Pt

Platinum

Au

Gold

Hg

Mercury

Tl

Thallium

Pb

Lead

Bi

Bismuth

Po

Polonium

At

Astatine

Rn

Radon

Fr

Francium

Ra

Radium

Ac-Lr

Actinides

Rf

Rutherfordium

Db

Dubnium

Sg

Seaborgium

Bh

Berkelium

Hs

Hassium

Mt

Mendelevium

Ds

Darmstadtium

Rg

Röntgenium

Cn

Copernicium

Nh

Nihonium

Fl

Flerovium

Mc

Moscovium

Lv

Livermorium

Ts

Tennessine

Og

Oganesson

La

Lanthanum

Ce

Cerium

Pr

Praseodymium

Nd

Neodymium

Pm

Promethium

Sm

Samarium

Eu

Europium

Gd

Gadolinium

Tb

Terbium

Dy

Dysprosium

Ho

Holmium

Er

Erbium

Tm

Thulium

Yb

Ytterbium

Lu

Lutetium

Ac

Actinium

Th

Thorium

Pa

Protactinium

U

Uranium

Np

Neptunium

Pu

Plutonium

Am

Americium

Cm

Curium

Bk

Berkelium

Cf

Californium

Es

Einsteinium

Fm

Fermium

Md

Mendelevium

No

Nobelium

Lr

Lawrencium

La

Lanthanum

Ce

Cerium

Pr

Praseodymium

Nd

Neodymium

Pm

Promethium

Sm

Samarium

Eu

Europium

Gd

Gadolinium

Tb

Terbium

Dy

Dysprosium

Ho

Holmium

Er

Erbium

Tm

Thulium

Yb

Ytterbium

Lu

Lutetium

Ac

Actinium

Th

Thorium

Pa

Protactinium

U

Uranium

Np

Neptunium

Pu

Plutonium

Am

Americium

Cm

Curium

Bk

Berkelium

Cf

Californium

Es

Einsteinium

Fm

Fermium

Md

Mendelevium

No

Nobelium

Lr

Lawrencium

La

Lanthanum

Ce

Cerium

Pr

Praseodymium

Nd

Neodymium

Pm

Promethium

Sm

Samarium

Eu

Europium

Gd

Gadolinium

Tb

Terbium

Dy

Dysprosium

Ho

Holmium

Er

Erbium

Tm

Thulium

Yb

Ytterbium

Lu

Lutetium

Ac

Actinium

Th

Thorium

Pa

Protactinium

U

Uranium

Np

Neptunium

Pu

Plutonium

Am

Americium

Cm

Curium

Bk

Berkelium

Cf

Californium

Es

Einsteinium

Fm

Fermium

Md

Mendelevium

No

Nobelium

Lr

Lawrencium

La

Lanthanum

Ce

Cerium

Pr

Praseodymium

Nd

Neodymium

Pm

Promethium

Sm

Samarium

Eu

Europium

Gd

Gadolinium

Tb

Terbium

Dy

Dysprosium

Ho

Holmium

Er

Erbium

Tm

Thulium

Yb

Ytterbium

Lu

Lutetium

Ac

Actinium

Th

Thorium

Pa

Protactinium

U

Uranium

Np

Neptunium

Pu

Plutonium

Am

Americium

Cm

Curium

Bk

Berkelium

Cf

Californium

Es

Einsteinium

Fm

Fermium

Md

Mendelevium

No

Nobelium

Lr

Lawrencium

La

Lanthanum

Ce

Cerium

Pr

Praseodymium

Nd

Neodymium

Pm

Promethium

Sm

Samarium

Eu

Europium

Gd

Gadolinium

Tb

Terbium

Dy

Dysprosium

Ho

Holmium

Er

Erbium

Tm

Thulium

Yb

Ytterbium

Lu

Lutetium

Ac

Actinium

Th

Thorium

Pa

Protactinium

U

Uranium

Np

Neptunium

Pu

Plutonium

Am

Americium

Cm

Curium

Bk

Berkelium

Cf

Californium

Es

Einsteinium

Fm

Fermium

Md

Mendelevium

No

Nobelium

Lr

Lawrencium

La

Lanthanum

Ce

Cerium

Pr

Praseodymium

Nd

Neodymium

Pm

Promethium

Sm

Samarium

Eu

Europium

Gd

Gadolinium

Tb

Terbium

Dy

Dysprosium

Ho

Holmium

Er

Erbium

Tm

Thulium

Yb

Ytterbium

Lu

Lutetium

Ac

Actinium

Th

Thorium

Pa

Protactinium

U

Uranium

Np

Neptunium

Pu

Plutonium

Am

Americium

Cm

Curium

Bk

Berkelium

Cf

Californium

Es

Einsteinium

Fm

Fermium

Md

Mendelevium

No

Nobelium

Lr

Lawrencium

La

Lanthanum

Ce

Cerium

Pr

Praseodymium

Nd

Neodymium

Pm

Promethium

Sm

Samarium

Eu

Europium

Gd

Gadolinium

Tb

Terbium

Dy

Dysprosium

Ho

Holmium

Er

Erbium

Tm

Thulium

Yb

Ytterbium

Lu

Lutetium

Ac

Actinium

Th

Thorium

Pa

Protactinium

U

Uranium

Np

Neptunium

Pu

Plutonium

Am

Americium

Cm

Curium

Bk

Berkelium

Cf

Californium

Es

Einsteinium

Fm

Fermium

Md

Mendelevium

No

Nobelium

Lr

Lawrencium

La

Lanthanum

Ce

Cerium

Pr

Praseodymium

Nd

Neodymium

Pm

Promethium

Sm

Samarium

Eu

Europium

Gd

Gadolinium

Tb

Terbium

Dy

Dysprosium

Ho

Holmium

Er

Erbium

Tm

Thulium

Yb

Ytterbium

Lu

Lutetium

Ac

Actinium

Th

Thorium

Pa

Protactinium

U

Uranium

Np

Neptunium

Pu

Plutonium

Am

Americium

Cm

Curium

Bk

Berkelium

Cf

Californium

Es

Einsteinium

Fm

Fermium

Md

Mendelevium

No

Nobelium

Lr

Lawrencium

La

Lanthanum

Ce

Cerium

Pr

Praseodymium

Nd

Neodymium

Pm

Promethium

Sm

Samarium

Eu

Europium

Gd

Gadolinium

Tb

Terbium

Dy

Dysprosium

Ho

Holmium

Er

Erbium

Tm

Thulium

Yb

Ytterbium

Lu

Lutetium

Ac

Actinium

Th

Thorium

Pa

Protactinium

U

Uranium

Np

Neptunium

Pu

Plutonium

Am

Americium

Cm

Curium

Bk

Berkelium

Cf

Californium

Es

Einsteinium

Fm

Fermium

Md

Mendelevium

No

Nobelium

Lr

Lawrencium

La

Lanthanum

Ce

Cerium

Pr

Praseodymium

Nd

Neodymium

Pm

Promethium

Sm

Samarium

Eu

Europium

Gd

Gadolinium

Tb

Terbium

Dy

Dysprosium

Ho

Holmium

Er

Erbium

Tm

Thulium

Yb

Ytterbium

Lu

Lutetium

Ac

Actinium

Th

Thorium

Pa

Protactinium

U

Uranium

Np

Neptunium

Pu

Plutonium

Am

Americium

Cm

Curium

Bk

Berkelium

Cf

Californium

Es

Einsteinium

Fm

Fermium

Md

Mendelevium

No

Nobelium

Lr

Lawrencium

La

Lanthanum

Ce

Cerium

Pr

Praseodymium

Nd

Neodymium

Pm

Promethium

Sm

Samarium

Eu

Europium

Gd

Gadolinium

Tb

Terbium

Dy

Dysprosium

Ho

Holmium

Er

Erbium

Tm

Thulium

Yb

Ytterbium

Lu

Lutetium

Ac

Actinium

Th

Thorium

Pa

Protactinium

U

Uranium

Np

Neptunium

Pu

Plutonium

Am

Americium

Cm

Curium

Bk

Berkelium

Cf

Californium

Es

Einsteinium

Fm

Fermium

Md

Mendelevium

No

Nobelium

Lr

Lawrencium

La

Lanthanum

Ce

Cerium

Pr

Praseodymium

Nd

Neodymium

Pm

Promethium

Sm

Samarium

Eu

Europium

Gd

Gadolinium

Tb

Terbium

Dy

Dysprosium

Ho

Holmium

Er

Erbium

Tm

Thulium

Yb

Ytterbium

Lu

Lutetium

Ac

Actinium

Th

Thorium

Pa

Protactinium

U

Uranium

Np

Neptunium

Pu

Plutonium

Am

Americium

Cm

Curium

Bk

Berkelium

Cf

Californium

Es

Einsteinium

Fm

Fermium

Md

Mendelevium

No

Nobelium

Lr

Lawrencium

La

Lanthanum

Ce

Cerium

Pr

Praseodymium

Nd

Neodymium

Pm

Promethium

Sm

Samarium

Eu

Europium

Gd

Gadolinium

Tb

Terbium

Dy

Dysprosium

Ho

Holmium

Er

Erbium

Tm

Thulium

Yb

Ytterbium

Lu

Lutetium

Ac

Actinium

Th

Thorium

Pa

Protactinium

U

Uranium

Np

Neptunium

Pu

Plutonium

Am

Americium

Cm

Curium

Bk

Berkelium

Cf

Californium

Es

Einsteinium

Fm

Fermium

Md

Mendelevium

No

Nobelium

Lr

Lawrencium

La

Lanthanum

Ce

Cerium

Pr

Praseodymium

Nd

Neodymium

Pm

Promethium

Sm

Samarium

Eu

Europium

Gd

Gadolinium

Tb

Terbium

Dy

Dysprosium

Ho

Holmium

Er

Erbium

Tm

Thulium

Yb

Ytterbium

Lu

Lutetium

Ac

Actinium

Th

Thorium

Pa

Protactinium

U

Uranium

Np

Neptunium

Pu

Plutonium

Am

Americium

Cm

Curium

Bk

Berkelium

Cf

Californium

Es

Einsteinium

Fm

Fermium

Md

Mendelevium

No

Nobelium

Lr

Lawrencium

La

Lanthanum

Ce

Cerium

Pr

Praseodymium

Nd

Neodymium

Pm

Promethium

Sm

Samarium

Eu

Europium

Gd

Gadolinium

Tb

Terbium

Dy

Dysprosium

Ho

Holmium

Er

Erbium

Tm

Thulium

Yb

Ytterbium

Lu

Lutetium

Ac

Actinium

Th

Thorium

Pa

Protactinium

U

Uranium

Np

Neptunium

Pu

Plutonium

Am

Americium

Cm

Curium

Bk

Berkelium

Cf

Californium

Es

Einsteinium

Fm

Fermium

Md

Mendelevium

No

Nobelium

Lr

Lawrencium

La

Lanthanum

Ce

Cerium

Pr

Praseodymium

Nd

Neodymium

Pm

Promethium

Sm

Samarium

Eu

Europium

Gd

Gadolinium

Tb

Terbium

Dy

Dysprosium

Ho

Holmium

Er

Erbium

Tm

Thulium

Yb

Ytterbium

Lu

Lutetium

Ac

Actinium

Th

Thorium

Pa

Protactinium

U

Uranium

Np

Neptunium

Pu

Plutonium

Am</

- Quanto maior a carga dos íons, maior a energia liberada, mais estável é a ligação --> maior ponto de fusão;
- Quanto maiores os raios, menor a energia liberada, menos estável é a ligação --> menor o ponto de fusão.
- Efeito das cargas é maior que o das distâncias.

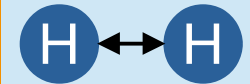
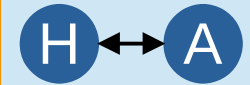
# Tipos de ligações

**Ligação metálica**

**Ligação iônica**

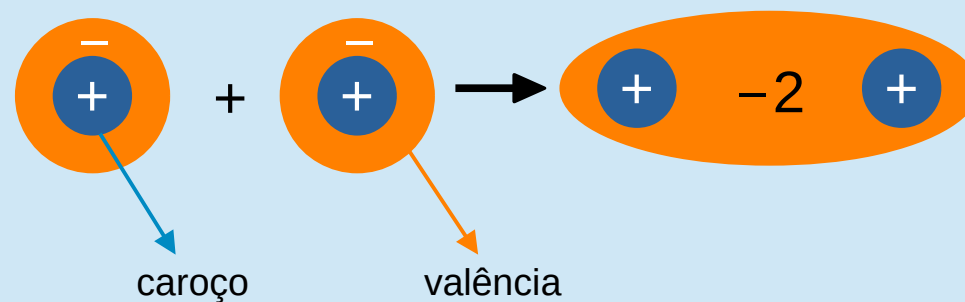
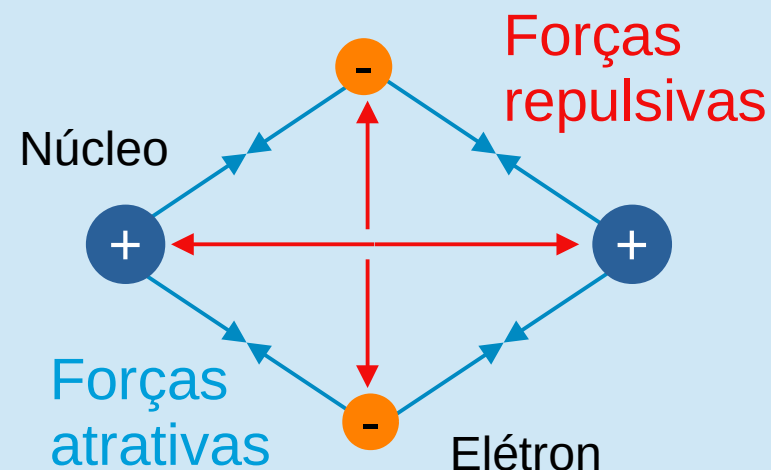
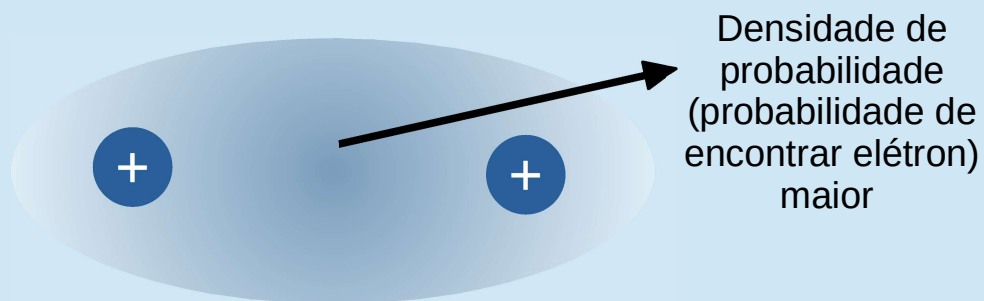
**Ligação covalente**

|    |                  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                      |    |    |   |   |    |    |  |  |  |    |
|----|------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------------------|----|----|---|---|----|----|--|--|--|----|
| H  | <div>M ↔ M</div> |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | <div>M ↔ A A A</div> |    |    |   |   |    |    |  |  |  | He |
| Li | Be               |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                      | B  | C  | N | O | F  | Ne |  |  |  |    |
| Na | Mg               |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                      | Al | Si | P | S | Cl | Ar |  |  |  |    |
| K  | Ca               | Sc | Ti | V  | Cr | Mn | Fe | Co | Ni | Cu | Zn | Ga | Ge | As | Se | Br | Kr                   |    |    |   |   |    |    |  |  |  |    |
| Rb | Sr               | Y  | Zr | Nb | Mo | Tc | Ru | Rh | Pd | Ag | Cd | In | Sn | Sb | Te | I  | Xe                   |    |    |   |   |    |    |  |  |  |    |
| Cs | Ba               | La | Hf | Ta | W  | Re | Os | Ir | Pt | Au | Hg | Tl | Pb | Bi | Po | At | Rn                   |    |    |   |   |    |    |  |  |  |    |
| Fr | Ra               | Ac | Rf | Db | Sg | Bh | Hs | Mt | Ds | Rg | Cn | Nh | Fl | Mc | Lv | Ts | Og                   |    |    |   |   |    |    |  |  |  |    |
|    |                  |    | Ce | Pr | Nd | Pm | Sm | Eu | Gd | Tb | Dy | Ho | Er | Tm | Yb | Lu |                      |    |    |   |   |    |    |  |  |  |    |
|    |                  |    | Th | Pa | U  | Np | Pu | Am | Cm | Bk | Cf | Es | Fm | Md | No | Lr |                      |    |    |   |   |    |    |  |  |  |    |



# O que são e porque se formam

- Muitas substâncias não possuem propriedades características de compostos iônicos;
- Lewis também propôs que átomos podem adquirir configuração de gás nobre **compartilhando um ou mais pares de elétrons**;
- Tal ligação é justificada (isto é, possível e estável) porque **forças atrativas** núcleo-elétrons **superam as repulsivas** (núcleo-núcleo e elétron-elétron):





# O que são e porque se formam

- Átomos que compartilham elétrons formam **moléculas**, e as ligações são chamadas de ligações covalentes.
- **Substâncias covalentes** são formadas por um ou mais tipos de átomos ligados covalentemente. Geralmente:

## Substâncias iônicas

Pontos de fusão e ebulição altos  
Líquidos conduzem eletricidade  
Sólidos duros e quebradiços  
Formam soluções condutoras



## Substâncias covalentes

Pontos de fusão e ebulição baixos  
Líquidos não conduzem eletricidade  
Sólidos mais macios e flexíveis  
Formam soluções não condutoras

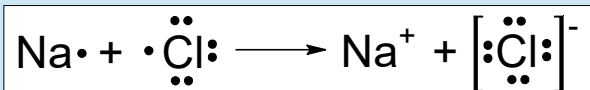


# Estruturas de Lewis

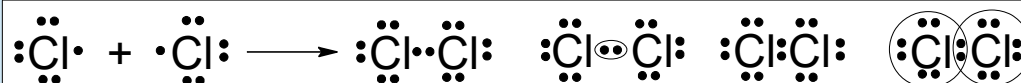
- A notação de Lewis pode ser aplicada para substâncias covalentes de duas formas:

a) **Elétrons como pontos**: similar à usada na representação de ligações iônicas, com a diferença de que agora os elétrons compartilhados são identificados entre átomos, sendo destacados ou não.

## Ligações iônicas



## Ligações covalentes



b) **Elétrons livres (isto é, não ligados) como pontos**: cada par de elétrons na ligação é representado como uma linha conectando os átomos que se ligam. Elétrons livres continuam sendo representados por pontos.

Elétrons ligados



Elétrons não ligados

# Ligações simples

- **Ligações simples** são formadas entre átomos que compartilham apenas um par de elétrons.
- Como o número de ligações simples que cada ametal pode fazer para completar o octeto depende do número de elétrons de valência, espera-se que cada família de átomos tenham números de ligações e de elétrons livres iguais.

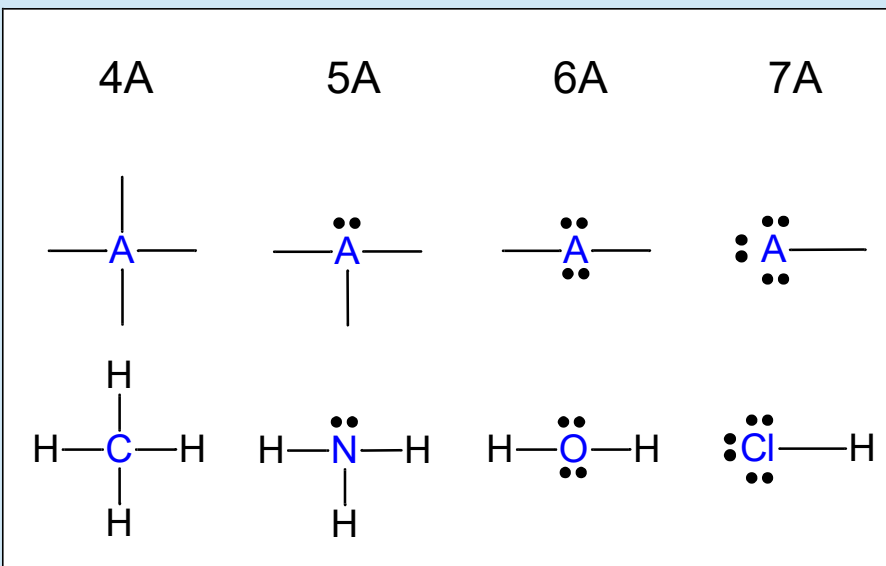
*Com apenas um tipo de átomo (elemento)*



*Com mais de um tipo de átomo (composto)*



*Número de ligações simples por família*



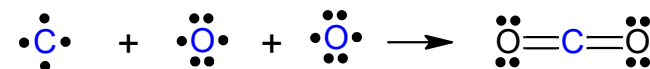
# Ligações múltiplas

- Em **ligações múltiplas** os átomos completam o octeto compartilhando mais de um par de elétrons. Cada ligação dessas é representada por um par de pontos (elétrons como pontos) ou uma linha (elétrons livres como pontos).
- Ligação dupla:** se átomos compartilham 4 elétrons temos dois pares, ou duas linhas, na representação:

*Com apenas um tipo de átomo (elemento)*



*Com mais de um tipo de átomo (composto)*



*Número de ligações simples por família*

| 4A  | 5A   | 6A                                | 7A |
|---|--|-----------------------------------|----|
| $\begin{array}{c} \text{---A---} \\   \end{array}$                  | $\text{---}\ddot{\text{A}}\text{---}$        | $\text{=}\ddot{\text{A}}\text{:}$ |    |
| $\text{=A=}$  |  |                                   |    |
| $\begin{array}{c} \text{:O:} \\    \\ \text{H---C---H} \end{array}$ | $\text{H---}\ddot{\text{N}}=\ddot{\text{O}}$ | $\ddot{\text{S}}=\ddot{\text{O}}$ |    |
| $\ddot{\text{S}}=\text{C}=\ddot{\text{S}}$                          |  |                                   |    |

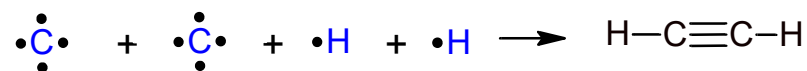
# Ligações múltiplas

- Em **ligações múltiplas** os átomos completam o octeto compartilhando mais de um par de elétrons. Cada ligação dessas é representada por um par de pontos (elétrons como pontos) ou uma linha (elétrons livres como pontos).
- Ligação tripla:** quando átomos compartilham 6 elétrons (três pares, três linhas).

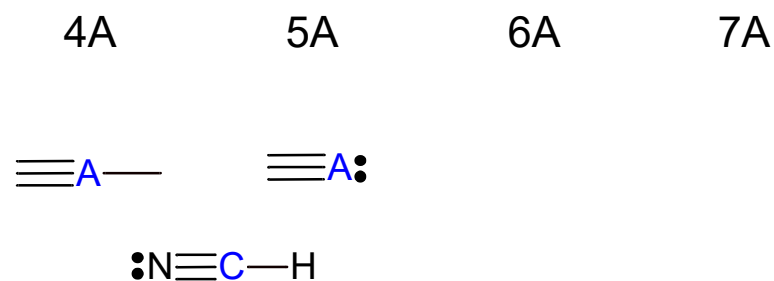
*Com apenas um tipo de átomo (elemento)*



*Com mais de um tipo de átomo (composto)*



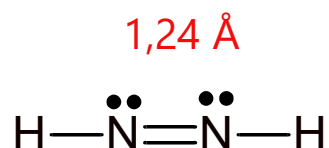
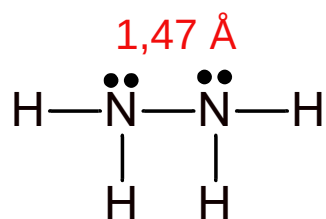
*Número de ligações simples por família*



# Força da ligação e distâncias

- Quanto mais elétrons compartilhados entre dois átomos:
  - a) Maior a **força** da ligação covalente (mais energia é necessária para rompê-la);
  - b) Menor é a **distância** entre átomos.

Distância entre  
os átomos de  
N aumenta



Força da  
ligação  
covalente  
aumenta

**Bons estudos!**