

Universidade Federal do ABC

## Estrutura da Matéria

Átomos de muitos Elétrons e  
Tabela Periódica

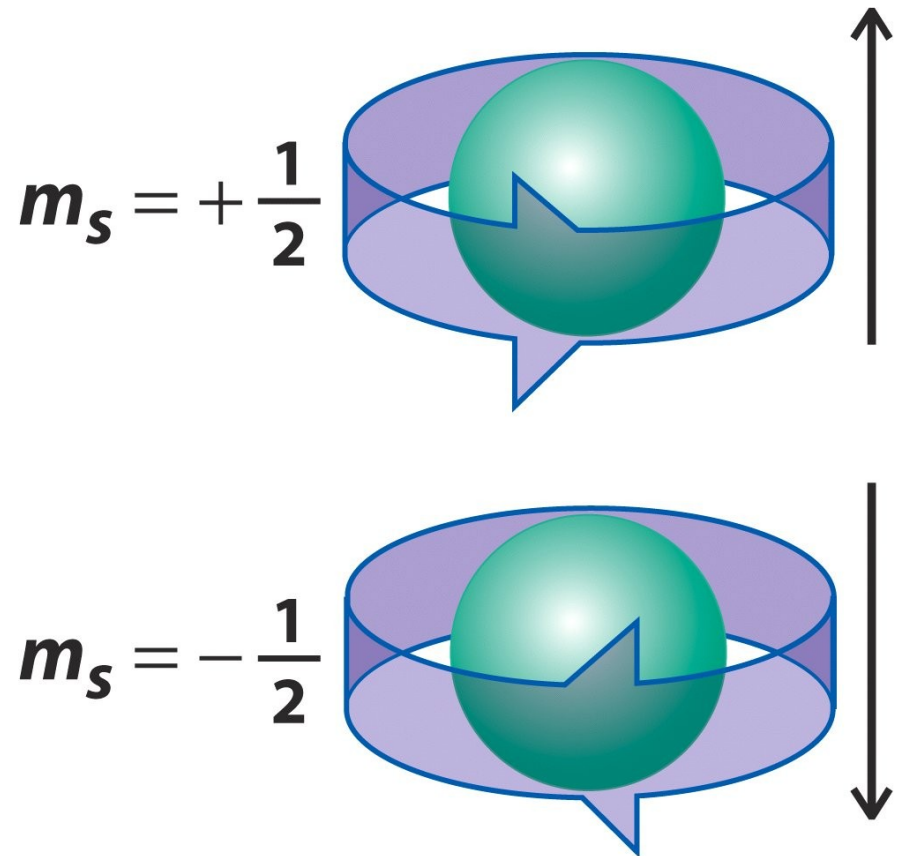
<http://professor.ufabc.edu.br/~pieter.westera/Estrutura.html>

# O Átomo de Hidrogênio

## O spin do elétron

Os **elétrons** ainda têm um quarto número quântico, o número do **spin**,  $m_s$ , ou **momento angular intrínseco** (ao contrário do momento angular orbital),

uma maneira de visualizar isto (mas que tem limitações), é do spin como momento angular da rotação do elétron em torno do próprio eixo, e não da revolução em torno do núcleo. (análogo à Terra no Sistema Solar)



# O Átomo de Hidrogênio

## O Estado fundamental do átomo de Hidrogênio

O número quântico do spin de um elétron pode assumir apenas **dois valores**:

$m_s = \frac{1}{2}$  ou  $-\frac{1}{2}$ . Se diz: “spin pra cima”,  $\uparrow$ , ou “spin pra baixo”,  $\downarrow$ .

Resumo: O átomo de hidrogênio **normalmente** encontra-se no **estado fundamental**, quer dizer o estado de **menor energia**.

O único elétron está na camada 1s,  
 $n = 1$ ,  $l = 0$ ,  $m_l = 0$ , e seu spin é pra cima ou pra baixo,  
 $m_s = \pm\frac{1}{2}$  (tanto faz).

=> O estado fundamental é **degenerado** em **duas possibilidades**.

# O Sistema periódico

E os outros átomos? Aqueles com mais de um elétron?

Como a camada K (=1s) é a camada de menor energia, será que todos os elétrons se encontram lá, alguns com spin pra cima e alguns com spin pra baixo?

Não, devido ao **princípio de exclusão de Pauli**, que diz que **cada estado quântico**  $n, l, m_l, m_s$ , pode ser ocupado por **apenas um elétron**.

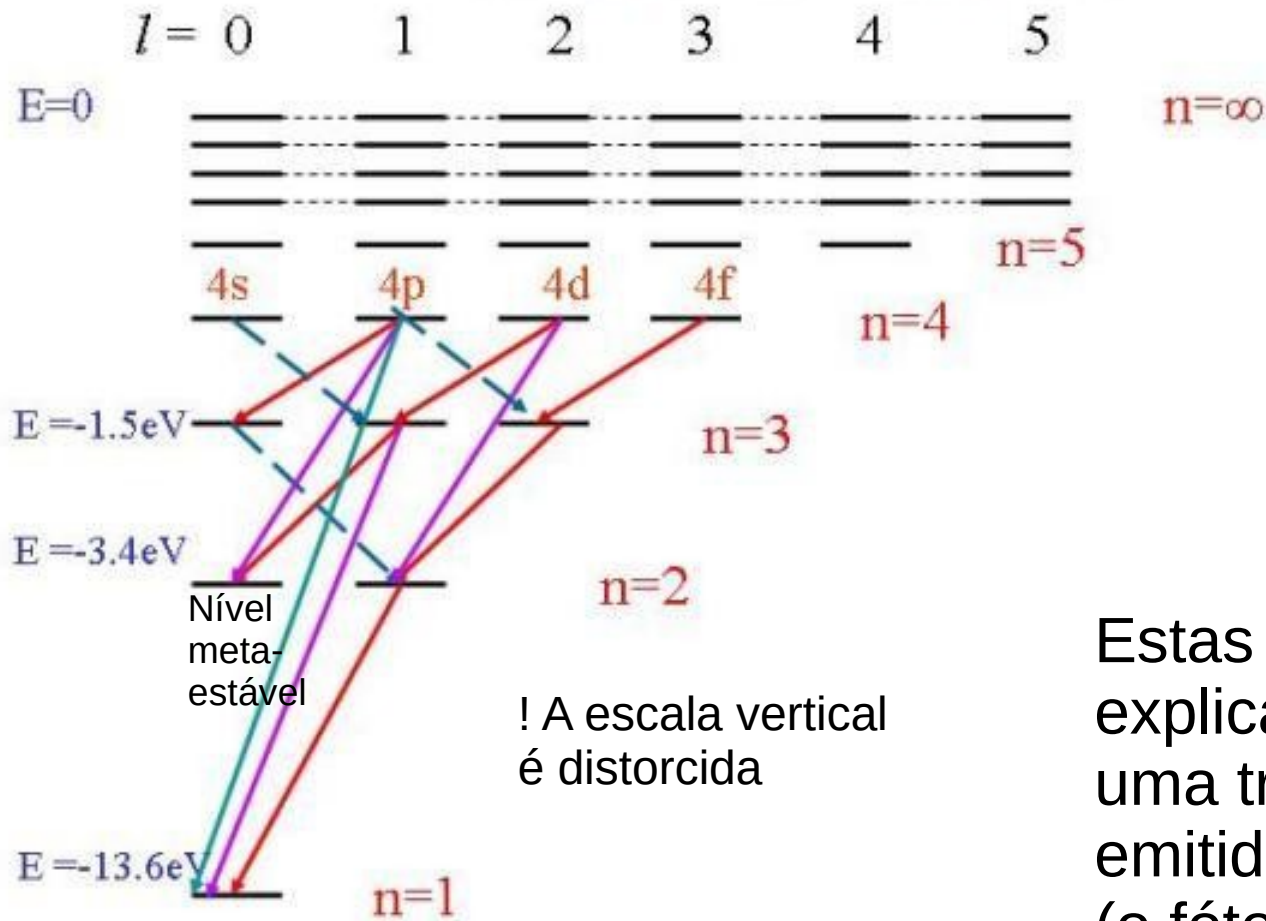
Ou seja: Cada **orbital**  $n, l, m_l$  pode conter só **dois elétrons**, um com spin pra cima e um com spin pra baixo.

No **estado fundamental** de um átomo com muitos elétrons, os **elétrons** ocupam os **orbitais** atômicos disponíveis, de modo a tornar a **energia** total do átomo a **menor possível**.

Quando se adiciona elétrons a um átomo, as camadas se enchem **de baixo pra cima**.

# Diagrama de Níveis de Energia

Energy level diagram



## Regras de Seleção

(transições "permitidas"):

$\Delta n$ : livre

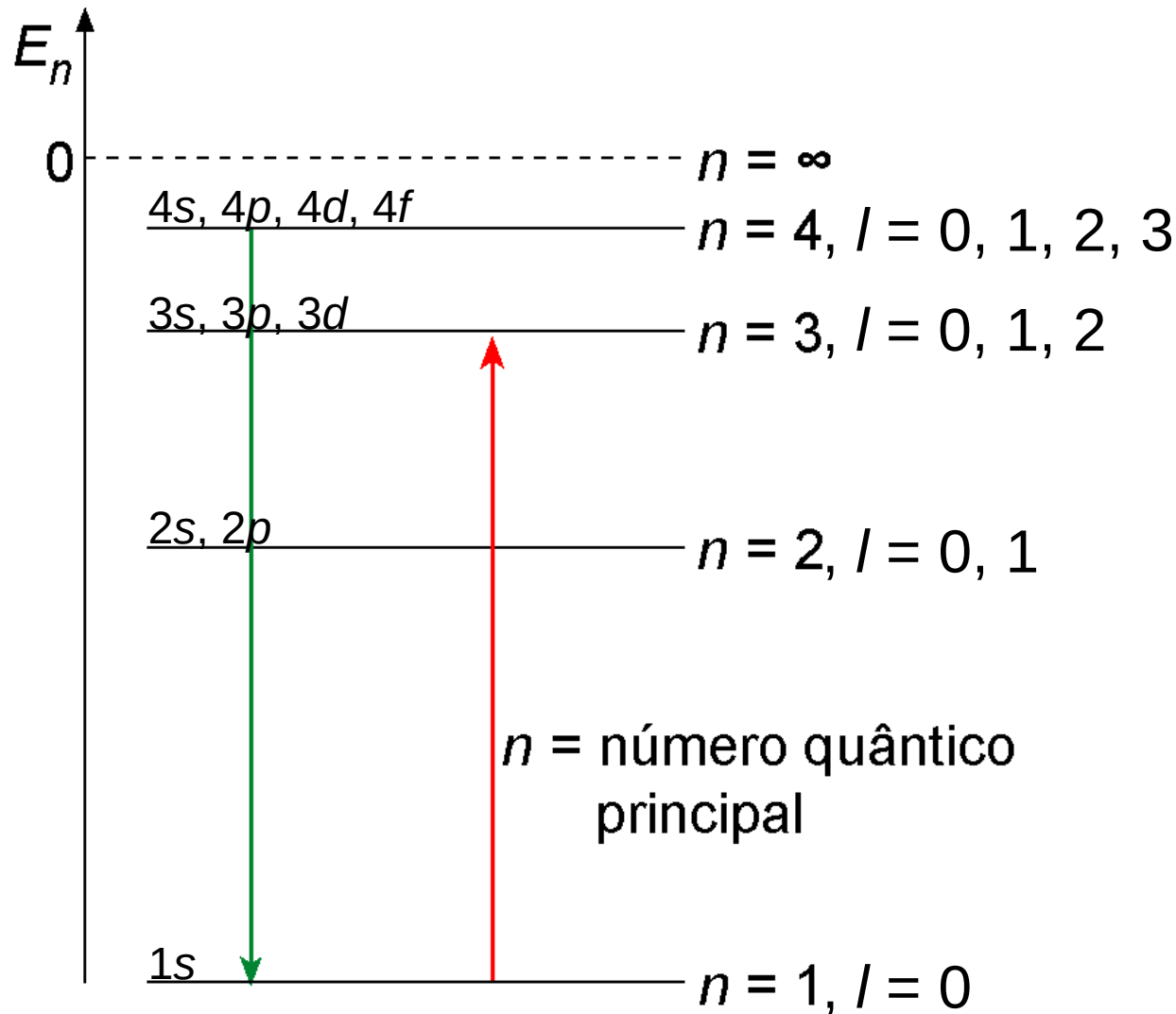
$\Delta l = \pm 1$

$\Delta m_l = 0$  ou  $\pm 1$

Estas últimas duas podem ser explicadas pelo fato que, em uma transição, um **fóton** é emitido ou absorvido (o fóton tem  $l = 1$  e  $m_l = -1, \dots, 1 = 0$  ou  $\pm 1$ )

# O Sistema periódico

## Diagrama de energias de um átomo com um elétron



Num átomo com **um elétron**, um hidrogenóide, **todos os orbitais** com o **mesmo  $n$**  têm a **mesma energia**. Os níveis de energia são **degenerados**.

Porém, quando há **mais de um elétron**, os elétrons se **repelem** entre si, o que **altera as energias** dos orbitais.

=> **Desdobramento** de níveis de energia.

# Átomos Multi-Eletrônicos

Em átomos com **mais** de **um elétron**, temos **interações entre** os **elétrons**, o que modifica o potencial que cada elétron “sente”.

Cada elétron está submetido ao **potencial do núcleo**, diminuído pelo **potencial** devido aos **demais elétrons**, efeito chamado **blindagem**.

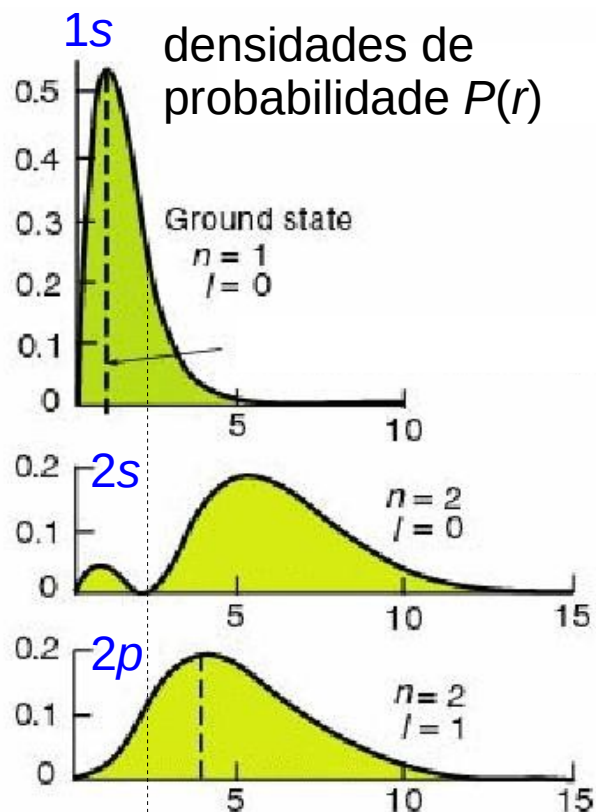
Notícia ruim: Isto **modifica** os **orbitais** e **energias**, e a Equação de Schrödinger não tem soluções analíticas para sistemas maiores que 1 núcleo + 1 elétron.

Notícia boa: Mesmo assim, dá para **identificar** os **orbitais** com os orbitais do **átomo de hidrogênio**, e podemos **manter** a notação 1s, 2s, 2p, etc.

Existem métodos **numéricos** para achar as **funções de onda** e **energias** de **átomos multi-eletrônicos**.

# Átomos Multi-Eletrônicos

## Energias em átomos multieletrônicos



raio do “contorno” do orbital  $1s$ , i. e., da região de alta probabilidade de estadia dos  $e^-$   $1s$

### Exemplo (qualitativo)

Num átomo com **3 elétrons**, **2** deles no orbital  **$1s$** , onde se encontrará o terceiro, no orbital  **$2s$**  ou no  **$2p$** ?

Um  $e^-$   **$2p$**  “enxergaria” maior parte do tempo o núcleo **blindado** pelos **elétrons  $1s$** , isto é, se “sentiria” **atraído** por um núcleo com **carga  $Z-2$** .

Um  $e^-$   **$2s$**  **penetra** com **mais frequência** na região dos  **$1s$** , e “veria” o núcleo **menos blindado**, se “sentiria” **atraído** por um núcleo com carga um pouco **maior que  $Z-2$**  (mais forte que um  $e^-$   **$2p$** ).

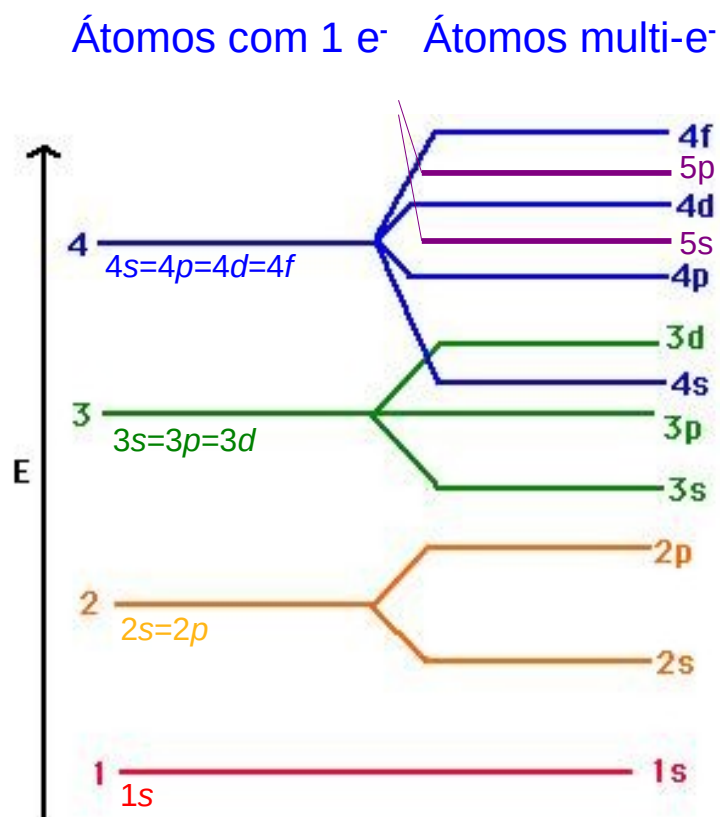
=> No orbital  **$2s$** , o  **$3^\circ e^-$**  tem **energia menor** que no  **$2p$** .

Formulação mais simples:

O orbital  **$2s$**  tem **menor energia** que o  **$2p$** .

# Átomos Multi-Eletrônicos

## Diagrama de energias em átomos multieletrônicos



## Resultados

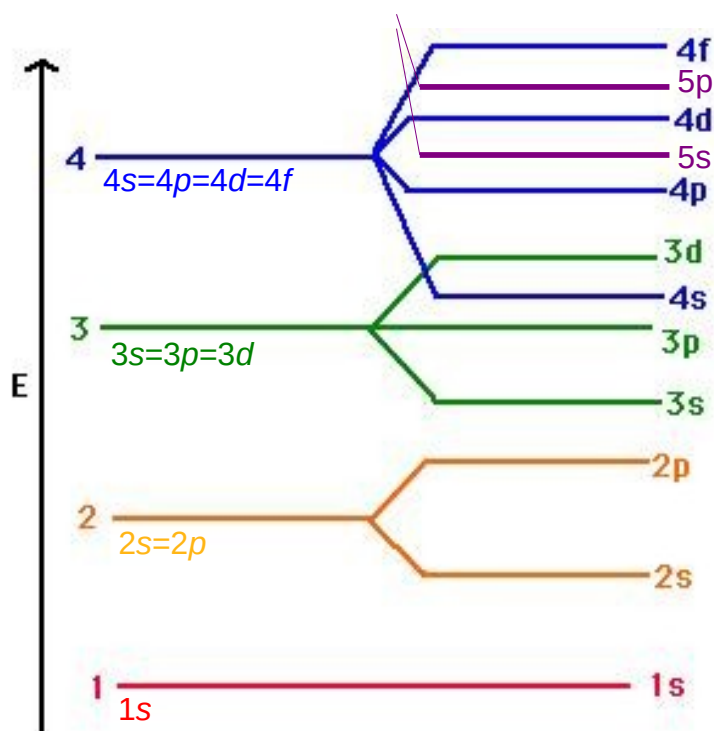
Para **átomos multi-eletrônicos**, ocorre **desdobramento** de níveis de energia com o **mesmo  $n$  e  $l$  diferentes**, mas para a mesma combinação de  $n$  e  $l$ , ainda ocorre **degenerescência** em  $m_l$ .

Para um **dado  $n$** , as **energias** das **subcamadas** (dos orbitais com diferentes valores de  $l$ ) **umentam** quando  $l$  **umenta**:  
 $s < p < d < f < \dots$

# Átomos Multi-Eletrônicos

## Diagrama de energias em átomos multieletrônicos

Átomos com 1 e<sup>-</sup>    Átomos multi-e<sup>-</sup>



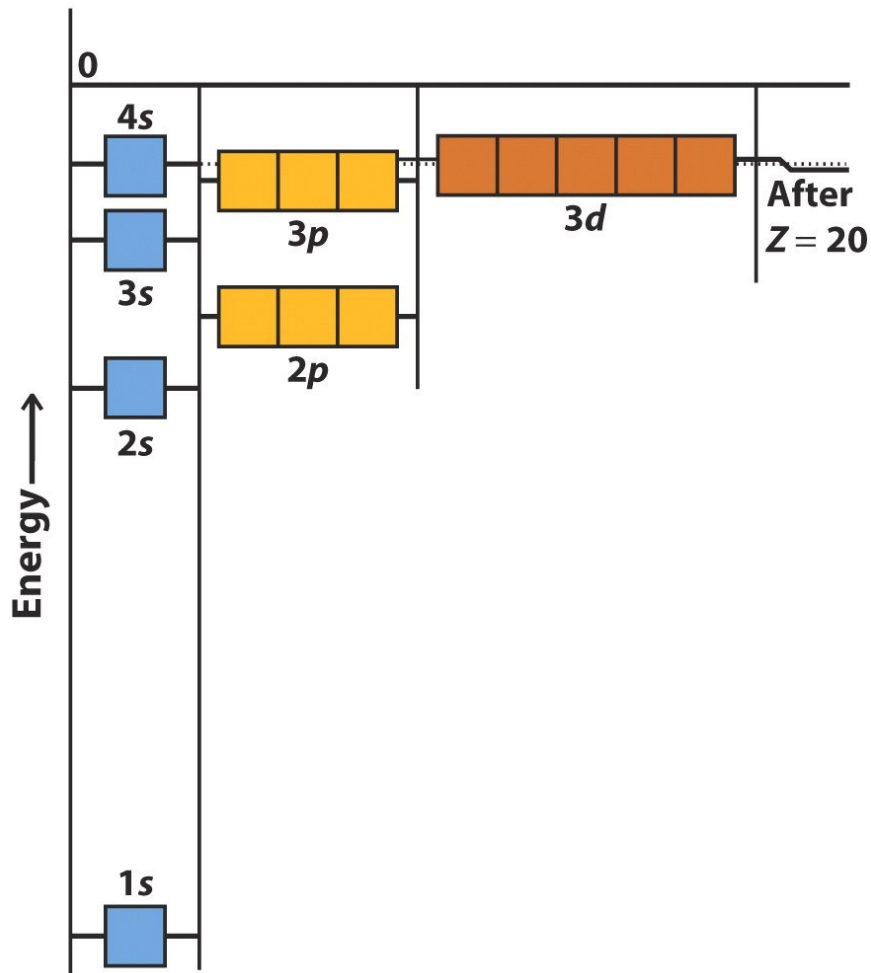
## Resultados

Tabela que facilita memorizar a ordem das subcamadas.

| Camada | Subcamadas |
|--------|------------|
| 1      | s          |
| 2      | s p        |
| 3      | s p d      |
| 4      | s p d f    |
| 5      | s p d f    |
| 6      | s p d      |
| 7      | s p        |

# O Sistema periódico

## Diagrama de energias em átomos multieletrônicos

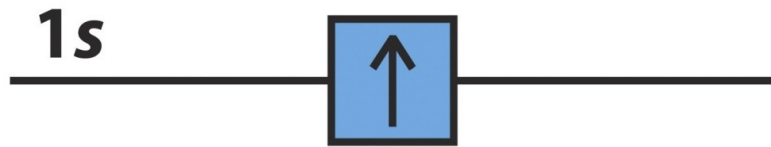


Pelo **princípio de exclusão**, cada **orbital**  $n, l, m_l$  pode ser ocupado por apenas **2 elétrons**, um com **spin pra cima** e um com **spin pra baixo**.

Agora podemos “encher o sistema periódico”, ou seja, encher as camadas e subcamadas de elétrons **de baixo pra cima** (**princípio da construção**), simbolizando os elétrons por flechas,  $\uparrow$  ou  $\downarrow$ , dependendo do spin.

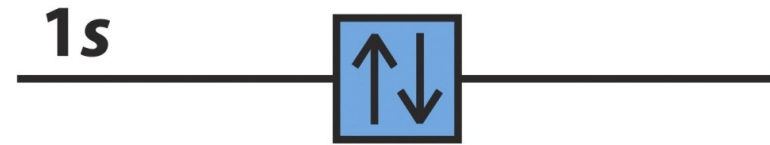
# O Sistema periódico

## Princípio da Construção (aumentando $Z$ )



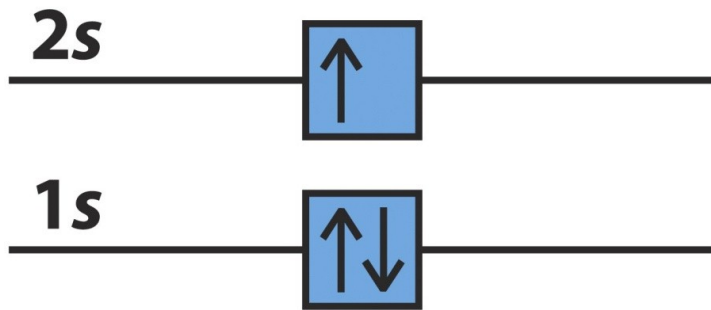
**1 H  $1s^1$**

$Z = 1$ : Hidrogênio: 1 e<sup>-</sup> na camada 1s, p. e. com spin pra cima



**2 He  $1s^2$**

$Z = 2$ : Hélio: 2 e<sup>-</sup> na camada 1s, um com spin pra cima, e um pra baixo



**3 Li  $1s^2 2s^1$ , [He] $2s^1$**

$Z = 3$ : Lítio: 2 e<sup>-</sup> na camada 1s, 1 na 2s



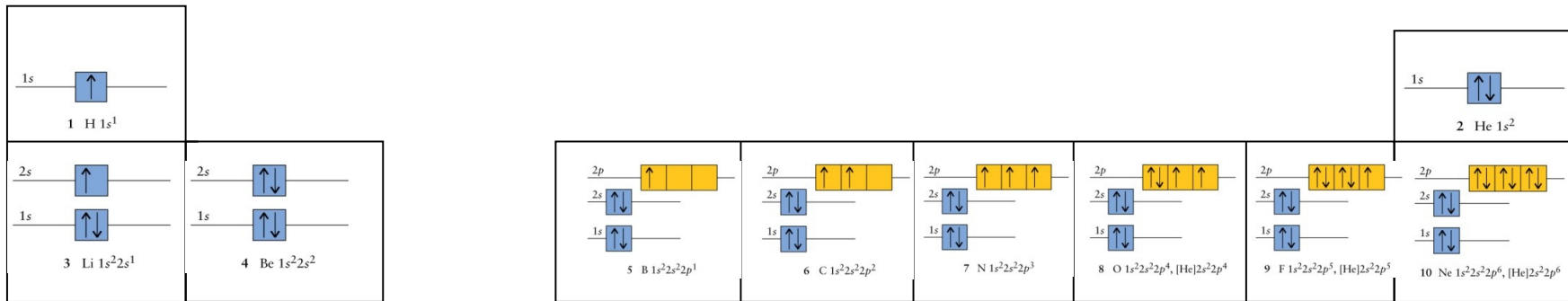
**4 Be  $1s^2 2s^2$ , [He] $2s^2$**

$Z = 4$ : Berílio: 2 e<sup>-</sup> na camada 1s, 2 na 2s

# O Sistema periódico

## Princípio da Construção (aumentando $Z$ )

Podemos preencher os  $2 \cdot (2l+1)$  vagas em uma dada subcamada em qualquer ordem?



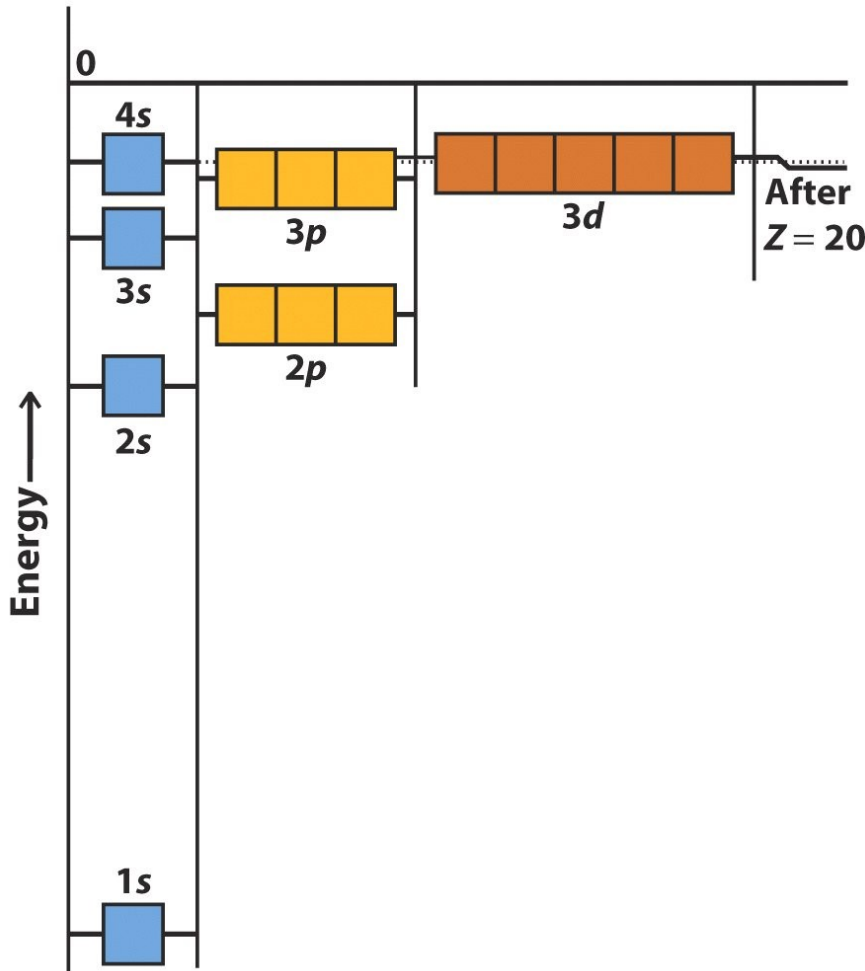
**Regra de Hund (1927):**

"A configuração do **estado fundamental** é aquela com **máximo número de spins desemparelhados**."

Ou seja, durante o preenchimento dos orbitais de um **mesmo nível energético**, deve-se colocar em **primeiro** lugar em todas elas **um só** elétron, todos com o **mesmo spin**, antes de se proceder à lotação completa dessas orbitais. Os **próximos elétrons** a serem colocados deverão apresentar spins **antiparalelos** em relação aos já presentes.

# O Sistema periódico

## Configuração dos primeiros 11 elementos



H:  $1s^1$

He:  $1s^2$

Li:  $1s^2 2s^1$  (ou [He] $2s^1$ )

Be:  $1s^2 2s^2$  (ou [He] $2s^2$  ...)

B:  $1s^2 2s^2 2p^1$

C:  $1s^2 2s^2 2p^2$  (os 2 e-  $2p$  têm spins paralelos)

N:  $1s^2 2s^2 2p^3$  (os 3 e-  $2p$  têm spins paralelos)

O:  $1s^2 2s^2 2p^4$  (dos 4 e-  $2p$ , 3 têm spins paralelos)

F:  $1s^2 2s^2 2p^5$

Ne:  $1s^2 2s^2 2p^6$

Na:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$  (ou [Ne] $3s^1$  ...)

etc.

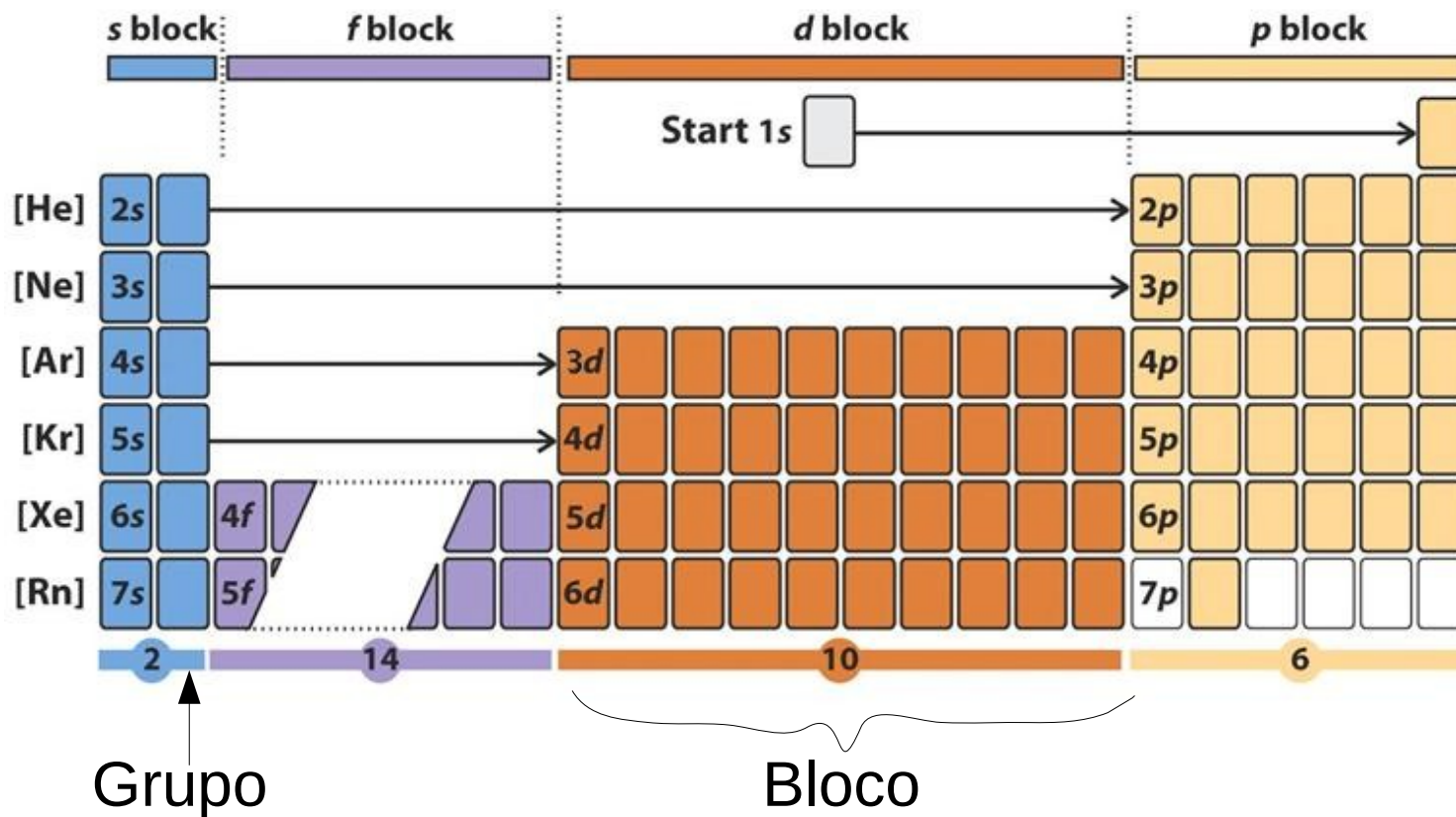
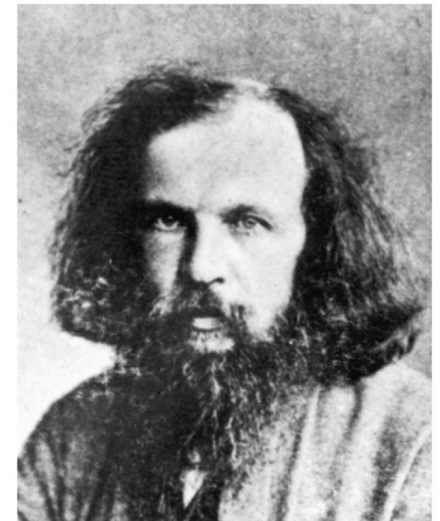
Os **números de elétrons** e “**buracos**” na **camada externa** (de **valência**) determinam as **propriedades químicas** do elemento.

# O Sistema periódico

Princípio da Construção (aumentando  $Z$ )

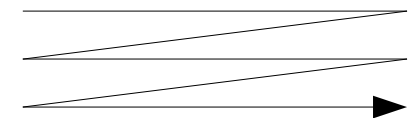
Continuando até o fim

=> A **tabela periódica** de **Dimitri Ivanovich Mendeleev** (1869)



← Período

$Z$  aumenta:



# O Sistema periódico

## O formato da tabela periódica

A forma moderna da tabela periódica reflete a **estrutura eletrônica** fundamental dos elementos.

O número do **período** (da linha horizontal) é o **número quântico principal** da camada de valência.

Elementos no **mesmo período** têm **números atômicos da mesma ordem**.

Os **blocos** da tabela periódica refletem a **identidade dos últimos orbitais** que são ocupados no processo de preenchimento.

O bloco *d* também é chamado metais - ou elementos de transição.

O bloco *f* contém os Lantanídeos e Actinídeos.

O número do **grupo** (coluna) está relacionado ao **número dos elétrons de valência**.

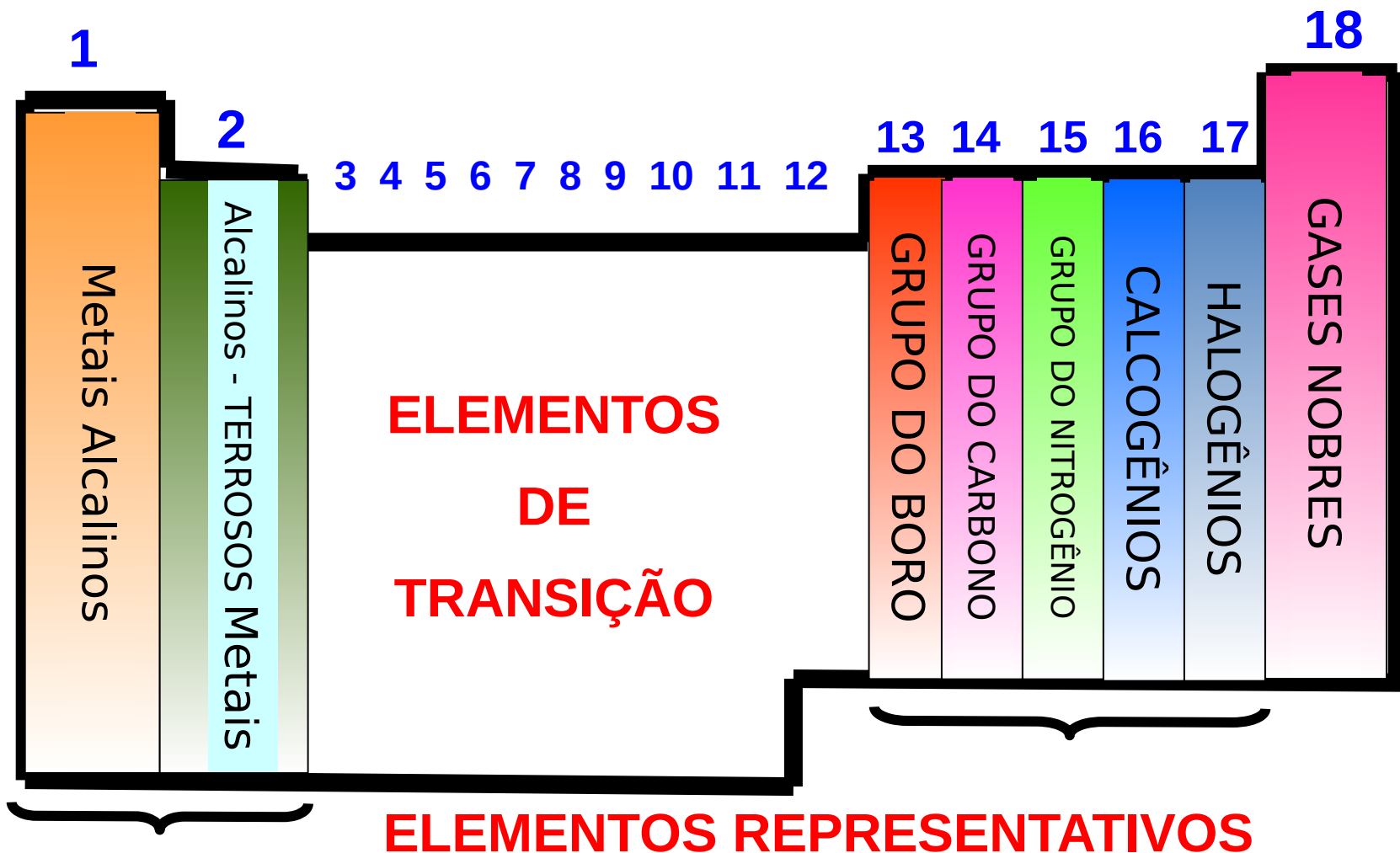
Elementos no **mesmo grupo** têm **propriedades químicas similares**, por terem o mesmo número de elétrons de valência ou de buracos na camada de valência (a última camada que contém elétrons).



# O Sistema periódico

Tabela periódica atual

Nomes e Números de diferentes Famílias ou Grupos



# O Sistema periódico

Tabela periódica atual

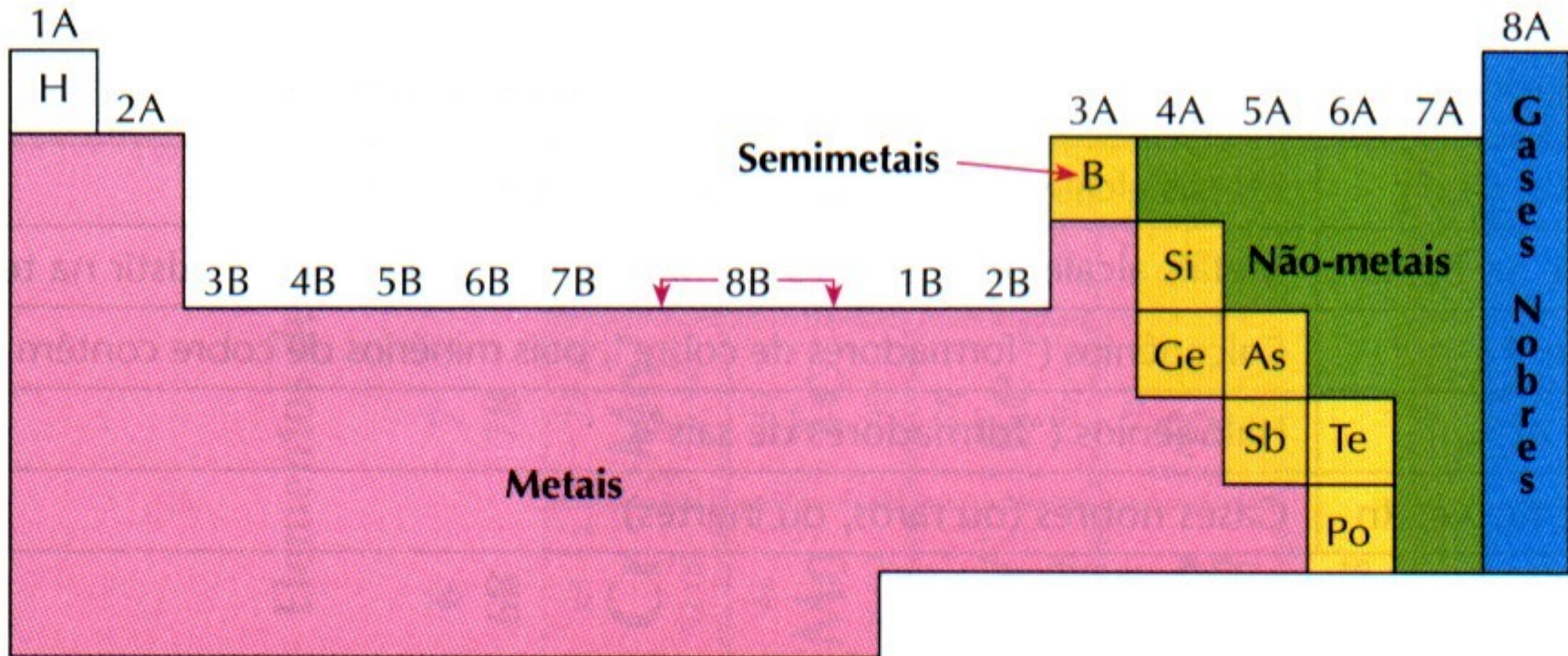
## Observações

O **hidrogênio** (H), embora apareça na coluna IA, **não** é um **metal alcalino** e algumas classificações preferem colocá-lo fora da Tabela.

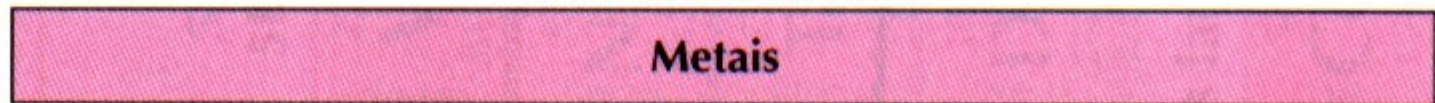
Todos os elementos situados **após** o **urânio** ( $Z = 92$ ) **não** existem na **natureza**, devendo, pois, serem preparados artificialmente. São denominados **elementos transurânicos** (além desses, são também artificiais os elementos tecnécio-43, promécio-61 e astato-85).

# O Sistema periódico

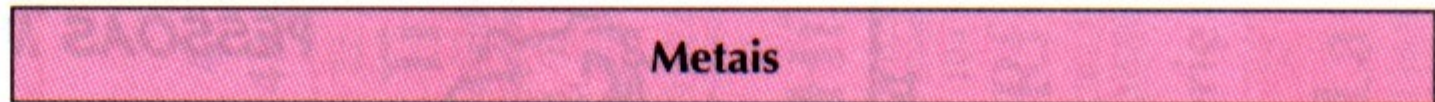
Uma outra maneira de sub-dividir a tabela periódica é por propriedades como **condutividade elétrica** e **térmica**, ...



Série dos lantanídeos



Série dos actinídeos



# O Sistema periódico

Aqui com nomes

Número Atômico → 1  
 100794 → Peso Atômico  
**H** → Símbolo Químico  
 Hidrogênio → Nome do Elemento

|  |  |                                       |   |  |   |                                       |                                      |  |                                       |                                       |                                       |   |                                       |   |                                      |                                       |                                      |                                    |                                      |
|--|--|---------------------------------------|---|--|---|---------------------------------------|--------------------------------------|--|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---|---------------------------------------|---|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|
| 1A<br>(1)                              | 2A<br>(2)                              |                                       |   |  |   |                                       |                                      |  |                                       |                                       |                                       | 3A<br>(13)                              | 4A<br>(14)                            | 5A<br>(15)                              | 6A<br>(16)                           | 7A<br>(17)                            | 8A<br>(18)                           |                                    |                                      |
| 1<br>100794<br><b>H</b><br>Hidrogênio  | 2<br>4,002602<br><b>He</b><br>Hélio    |                                       |   |  |   |                                       |                                      |  |                                       |                                       |                                       | 5<br>10,811<br><b>B</b><br>Boro         | 6<br>12,0107<br><b>C</b><br>Carbono   | 7<br>14,00674<br><b>N</b><br>Nitrogênio | 8<br>15,9994<br><b>O</b><br>Oxigênio | 9<br>18,99840<br><b>F</b><br>Flúor    | 10<br>20,1797<br><b>Ne</b><br>Neônio |                                    |                                      |
| 3<br>6,941<br><b>Li</b><br>Lítio       | 4<br>9,012182<br><b>Be</b><br>Berílio  |                                       |   |  |   |                                       |                                      |  |                                       |                                       |                                       | 13<br>26,98153<br><b>Al</b><br>Alumínio | 14<br>28,0855<br><b>Si</b><br>Silício | 15<br>30,9737<br><b>P</b><br>Fósforo    | 16<br>32,006<br><b>S</b><br>Enxofre  | 17<br>35,4527<br><b>Cl</b><br>Cloro   | 18<br>39,948<br><b>Ar</b><br>Argônio |                                    |                                      |
| 11<br>22,989770<br><b>Na</b><br>Sódio  | 12<br>24,3050<br><b>Mg</b><br>Magnésio | 19<br>39,0983<br><b>K</b><br>Potássio | 20<br>40,078<br><b>Ca</b><br>Cálcio       | 21<br>44,9559<br><b>Sc</b><br>Escândio | 22<br>47,867<br><b>Ti</b><br>Titânio    | 23<br>50,9415<br><b>V</b><br>Vanádio  | 24<br>51,9661<br><b>Cr</b><br>Cromo  | 25<br>54,938<br><b>Mn</b><br>Manganês  | 26<br>55,845<br><b>Fe</b><br>Ferro    | 27<br>58,9332<br><b>Co</b><br>Cobalto | 28<br>58,6934<br><b>Ni</b><br>Níquel  | 29<br>63,546<br><b>Cu</b><br>Cobre      | 30<br>65,39<br><b>Zn</b><br>Zinco     | 31<br>69,723<br><b>Ga</b><br>Gálio      | 32<br>72,61<br><b>Ge</b><br>Germânio | 33<br>74,9216<br><b>As</b><br>Arsênio | 34<br>78,96<br><b>Se</b><br>Selênio  | 35<br>79,904<br><b>Br</b><br>Bromo | 36<br>83,8<br><b>Kr</b><br>Criptônio |
| 37<br>85,4678<br><b>Rb</b><br>Rubídio  | 38<br>87,62<br><b>Sr</b><br>Estrôncio  | 39<br>88,905<br><b>Y</b><br>Ítrio     | 40<br>91,224<br><b>Zr</b><br>Zircônio     | 41<br>92,906<br><b>Nb</b><br>Nióbio    | 42<br>95,94<br><b>Mo</b><br>Molibdênio  | 43<br>96,049<br><b>Tc</b><br>Tecnécio | 44<br>101,07<br><b>Ru</b><br>Rutênio | 45<br>102,9055<br><b>Rh</b><br>Ródio   | 46<br>106,42<br><b>Pd</b><br>Paládio  | 47<br>107,8682<br><b>Ag</b><br>Prata  | 48<br>112,411<br><b>Cd</b><br>Cádmio  | 49<br>114,818<br><b>In</b><br>Índio     | 50<br>118,71<br><b>Sn</b><br>Estanho  | 51<br>121,75<br><b>Sb</b><br>Antimônio  | 52<br>127,6<br><b>Te</b><br>Telúrio  | 53<br>126,9044<br><b>I</b><br>Iodo    | 54<br>131,29<br><b>Xe</b><br>Xenônio |                                    |                                      |
| 55<br>132,90545<br><b>Cs</b><br>Césio  | 56<br>137,327<br><b>Ba</b><br>Bário    | 57<br>71<br>*                         | 72<br>178,49<br><b>Hf</b><br>Háfnio       | 73<br>180,947<br><b>Ta</b><br>Tântalo  | 74<br>183,84<br><b>W</b><br>Tungstênio  | 75<br>186,207<br><b>Re</b><br>Rênio   | 76<br>190,23<br><b>Os</b><br>Ósmio   | 77<br>192,217<br><b>Ir</b><br>Íridio   | 78<br>195,078<br><b>Pt</b><br>Platina | 79<br>196,966<br><b>Au</b><br>Ouro    | 80<br>200,59<br><b>Hg</b><br>Mercúrio | 81<br>204,3833<br><b>Tl</b><br>Tálio    | 82<br>207,2<br><b>Pb</b><br>Chumbo    | 83<br>208,9803<br><b>Bi</b><br>Bismuto  | 84<br>210<br><b>Po</b><br>Polônio    | 85<br>210<br><b>At</b><br>Astató      | 86<br>222<br><b>Rn</b><br>Radônio    |                                    |                                      |
| 87<br>223,0197<br><b>Fr</b><br>Frâncio | 88<br>226,02<br><b>Ra</b><br>Rádio     | 89<br>103<br>**                       | 104<br>261,11<br><b>Rf</b><br>Ruterfórdio | 105<br>262,11<br><b>Db</b><br>Dúbnio   | 106<br>263,11<br><b>Sg</b><br>Seabórgio | 107<br>262,12<br><b>Bh</b><br>Bóhrio  | 108<br>269<br><b>Hs</b><br>Hássio    | 109<br>268<br><b>Mt</b><br>Meitnerénio | 110<br>269<br><b>Uun</b><br>Unúnio    | 111<br>272<br><b>Uuu</b><br>Unúmbio   | 112<br>277<br><b>Uub</b><br>Anúmbio   |   |                                       |   |                                      |                                       |                                      |                                    |                                      |

|    |   |                                      |  |                                       |                                      |                                      |                                       |  |                                       |  |                                       |                                    |                                       |                                       |                                       |
|----|---|--------------------------------------|--|---------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|--|---------------------------------------|--|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| *  | 57<br>138,9055<br><b>La</b><br>Lantânio | 58<br>140,116<br><b>Ce</b><br>Cério  | 59<br>140,9076<br><b>Pr</b><br>Praseodímio | 60<br>144,24<br><b>Nd</b><br>Neodímio | 61<br>145,7<br><b>Pm</b><br>Promécio | 62<br>150,36<br><b>Sm</b><br>Samário | 63<br>151,964<br><b>Eu</b><br>Európio | 64<br>157,25<br><b>Gd</b><br>Gadolínio | 65<br>158,9253<br><b>Tb</b><br>Térbio | 66<br>162,50<br><b>Dy</b><br>Disprósio | 67<br>164,9303<br><b>Ho</b><br>Hólmio | 68<br>167,26<br><b>Er</b><br>Érbio | 69<br>168,9342<br><b>Tm</b><br>Túlio  | 70<br>173,04<br><b>Yb</b><br>Intérbio | 71<br>174,967<br><b>Lu</b><br>Lutécio |
| ** | 89<br>227<br><b>Ac</b><br>Actínio       | 90<br>232,0381<br><b>Th</b><br>Tório | 91<br>231,0358<br><b>Pa</b><br>Protactínio | 92<br>238,0289<br><b>U</b><br>Urânio  | 93<br>237<br><b>Np</b><br>Netúnio    | 94<br>244<br><b>Pu</b><br>Plutônio   | 95<br>243<br><b>Am</b><br>Américio    | 96<br>247<br><b>Cm</b><br>Cúrio        | 97<br>247<br><b>Bk</b><br>Berquélío   | 98<br>251<br><b>Cf</b><br>Califórnio   | 99<br>252<br><b>Es</b><br>Einstênio   | 100<br>257<br><b>Fm</b><br>Férmio  | 101<br>258<br><b>Md</b><br>Mendelévio | 102<br>259<br><b>No</b><br>Nobélio    | 103<br>262<br><b>Lr</b><br>Laurêncio  |

Hidrogênio
  Metais
  Semi-metais
  Não-metais
  Gases nobres

# O Sistema periódico

## Hidrogênio

Apresenta **propriedades** muito **particulares** e muito diferentes em relação aos outros elementos. Tem apenas 1 elétron na camada K (sua única camada).

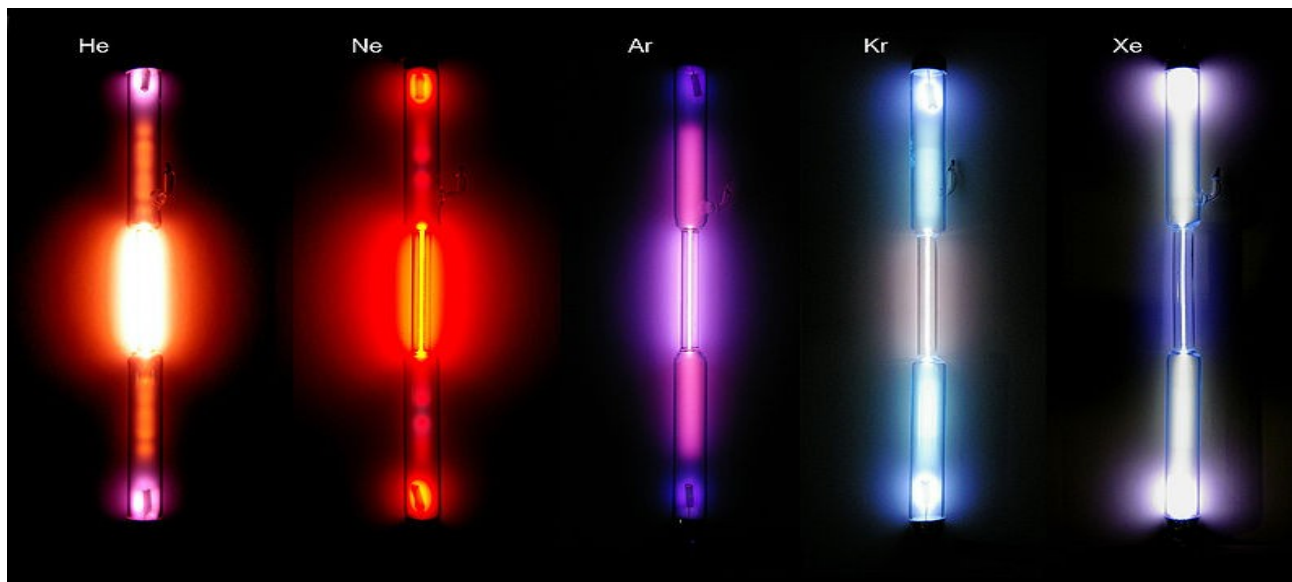


# O Sistema periódico

## Gases Nobres

Elementos químicos que **difficilmente** se **combinam** com outros elementos por terem a **última camada** eletrônica **completa**

- hélio, neônio, argônio, criptônio, xenônio e radônio.



# O Sistema periódico

## Metais

- Elementos com **poucos elétrons** na última camada, chamada **camada de valência**, que são fáceis de tirar  
=> Formam geralmente **cátions**, e
- São bons **condutores** de **calor** e **eletricidade**
- Sob temperatura ambiente, apresentam-se no estado sólido, a única exceção é o mercúrio, um metal líquido
- São **resistentes**, **maleáveis** e **dúcteis**
- Apresentam brilho quando polidos



# O Sistema periódico

## Ametais ou Não-metais

- Elementos com **poucos elétrons faltando** na **camada de valência**, que então é fácil de completar  
=> Formam geralmente **ânions**, e
- **Não conduzem** bem o calor a eletricidade, com exceção do carbono sob a forma de grafite
- Existem nos estados sólidos (iodo, enxofre, fósforo, carbono) e gasoso (nitrogênio, oxigênio, flúor);  
A exceção é o bromo, um não-metal líquido
- Não são maleáveis\* e nem dúcteis\*\*
- Não apresentam brilho, são exceções o iodo e o carbono sob a forma de diamante

\*Maleabilidade: capacidade de ser transformado em lâminas

\*\*Ductibilidade: capacidade de ser estirado em fios

# O Sistema periódico

## Metais vs. Não-metais

### CARACTERÍSTICAS DOS METAIS E NÃO-METAIS

#### Metais

#### Não-Metais

#### Propriedades Físicas

Bons condutores de eletricidade

Maus condutores de eletricidade

Maleáveis

Não Maleáveis

Dúcteis

Não Dúcteis

Lustrosos

Não Lustrosos

Tipicamente:

Tipicamente:

Sólido

Sólido, líquido ou gás

Alto ponto de fusão

Baixos pontos de fusão

Bons condutores de calor

Maus condutores de calor

#### Propriedades Químicas

Reagem com ácidos

Não reagem com ácidos

Formam óxidos básicos

Formam óxidos ácidos

Formam cátions

Formam ânions

Formam halogenetos iônicos

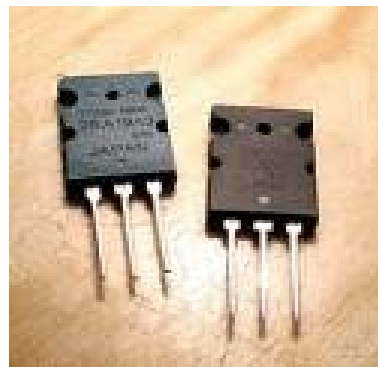
Formam halogenetos covalentes

# O Sistema periódico

## Semimetais ou Metalóides

Semimetais são elementos com **propriedades intermediárias** entre os **metais** e os **não-metais**.

Em geral, o semimetal, é **sólido, quebradiço** e brilhante. Funciona como **isolante elétrico** a **temperatura ambiente**, mas torna-se igual aos metais como **condutor elétrico**, se **aquecido**, ou quando se **inserem** certos **elementos** nos interstícios de sua estrutura cristalina.



# O Sistema periódico

## Propriedades Periódicas

São aquelas que, à medida que o **número atômico aumenta**, assumem valores crescentes ou decrescentes em cada período, ou seja, **repetem-se periodicamente**:

- Raio Atômica
- Energia de (primeira) Ionização
- Afinidade Eletrônica
- Eletronegatividade
- Eletropositividade
- Reatividade
- Densidade
- Temperaturas de Fusão e Ebulição
- e outras

# O Sistema periódico

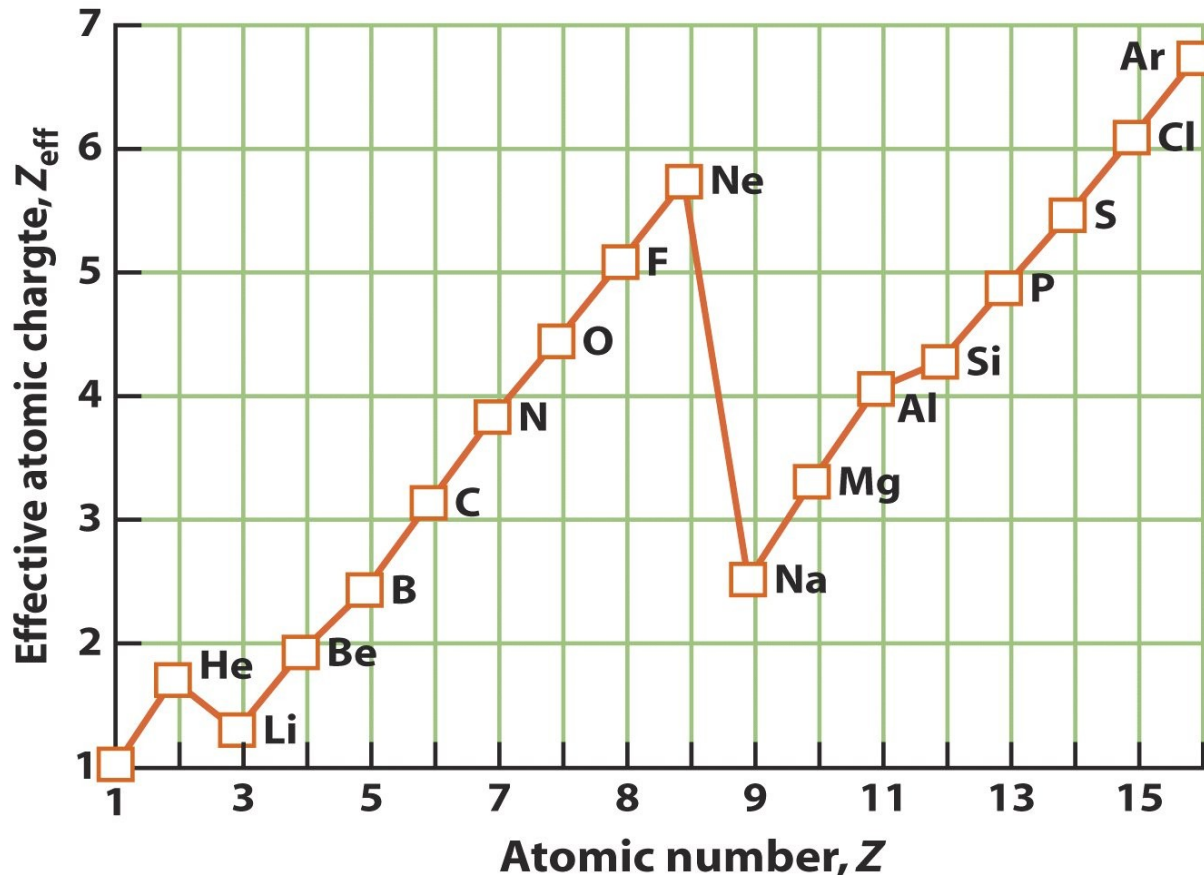
## Propriedades Periódicas

Em geral, para entender vários destes periodicidades, temos que levar em conta dois fatores:

- O Número de níveis (camadas): Não muda dentro de um período, aumenta de um período pro próximo
- A Carga Nuclear Efetiva  $Z^*$  ou  $Z_{ef}$ : Carga do núcleo “sentido” pelos elétrons da última camada. Corresponde ao número de prótons do núcleo (o número atômica), reduzido pelo efeito de blindagem pelos demais elétrons. Aumenta dentro de um período, diminui de um período pro próximo

# O Sistema periódico

A Carga Nuclear Efetiva **aumenta dentro** de um período, **diminui** de um período pro próximo



# O Sistema periódico

A Carga Nuclear Efetiva **aumenta dentro** de um **período**,  
**diminui** de um período pro **próximo**

|    |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Z  | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
| 1s | 2.69 | 3.68 | 4.68 | 5.67 | 6.66 | 7.66 | 8.65 | 9.64 |
| 2s | 1.28 | 1.91 | 2.58 | 3.22 | 3.85 | 4.49 | 5.13 | 5.76 |
| 2p |      |      | 2.42 | 3.14 | 3.83 | 4.45 | 5.10 | 5.76 |

|    |           |           |           |           |          |          |           |           |
|----|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|
|    | <b>Na</b> | <b>Mg</b> | <b>Al</b> | <b>Si</b> | <b>P</b> | <b>S</b> | <b>Cl</b> | <b>Ar</b> |
| Z  | 11        | 12        | 13        | 14        | 15       | 16       | 17        | 18        |
| 1s | 10.63     | 11.61     | 12.59     | 13.57     | 14.56    | 15.54    | 16.52     | 17.51     |
| 2s | 6.57      | 7.39      | 8.21      | 9.02      | 9.82     | 10.63    | 11.43     | 12.23     |
| 2p | 6.80      | 7.83      | 8.96      | 9.94      | 10.96    | 11.98    | 12.99     | 14.01     |
| 3s | 2.51      | 3.31      | 4.12      | 4.90      | 5.64     | 6.37     | 7.07      | 7.76      |
| 3p |           |           | 4.07      | 4.29      | 4.89     | 5.48     | 6.12      | 6.76      |

---

Source: E. Clementi and D. L. Raimondi, *Atomic screening constants from SCF functions*, IBM Research Note NJ-27, 1963

# O Sistema periódico

Raio Atômico em função do Número Atômico  $Z$

a distância mais provável entre o núcleo e o elétron mais externo

$Z$  aumenta

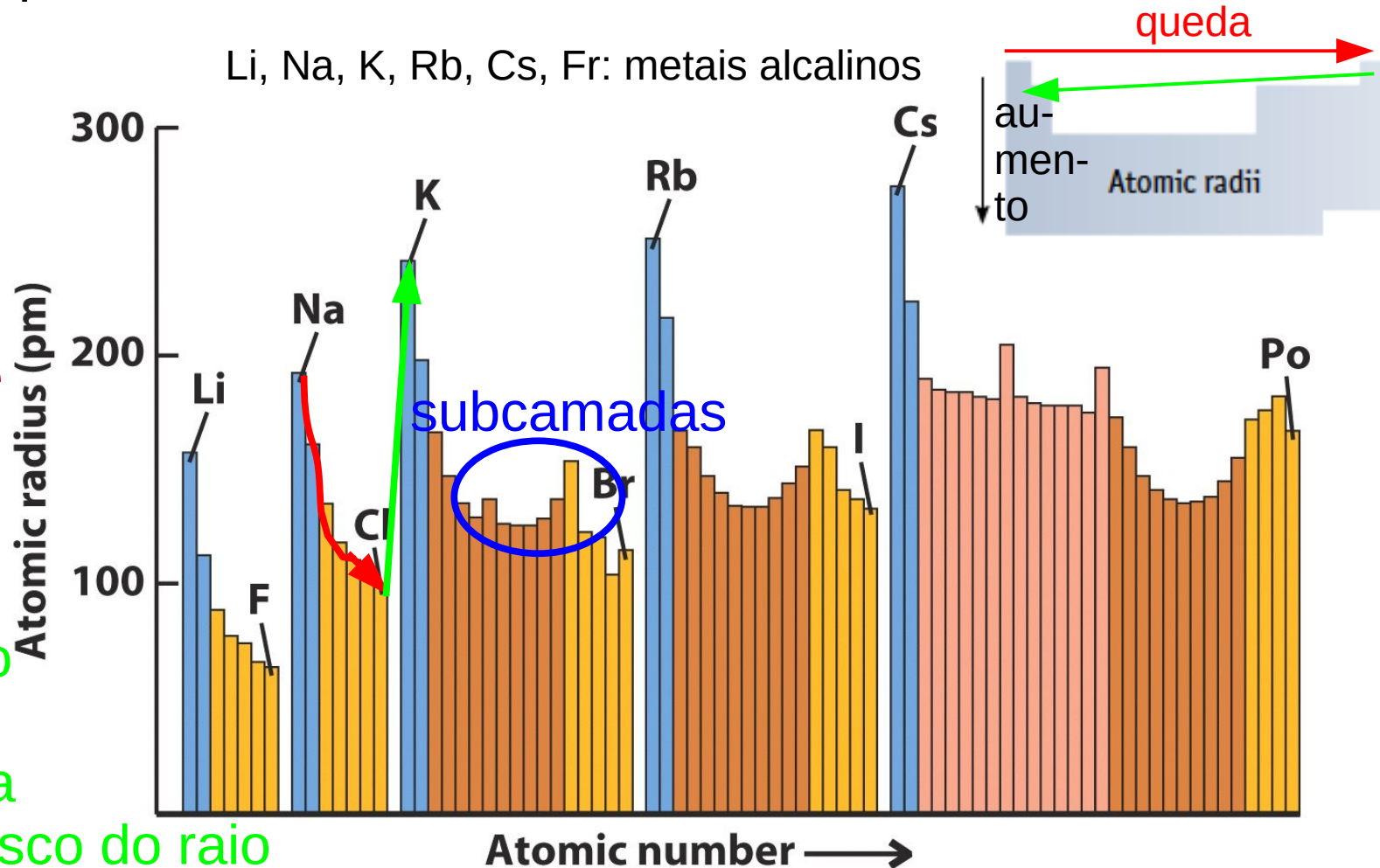
=> carga do núcleo aumenta

=> Os elétrons são atraídos mais fortemente

=> raio diminui

Quando uma camada está cheia, o próximo elétron vai pra próxima camada

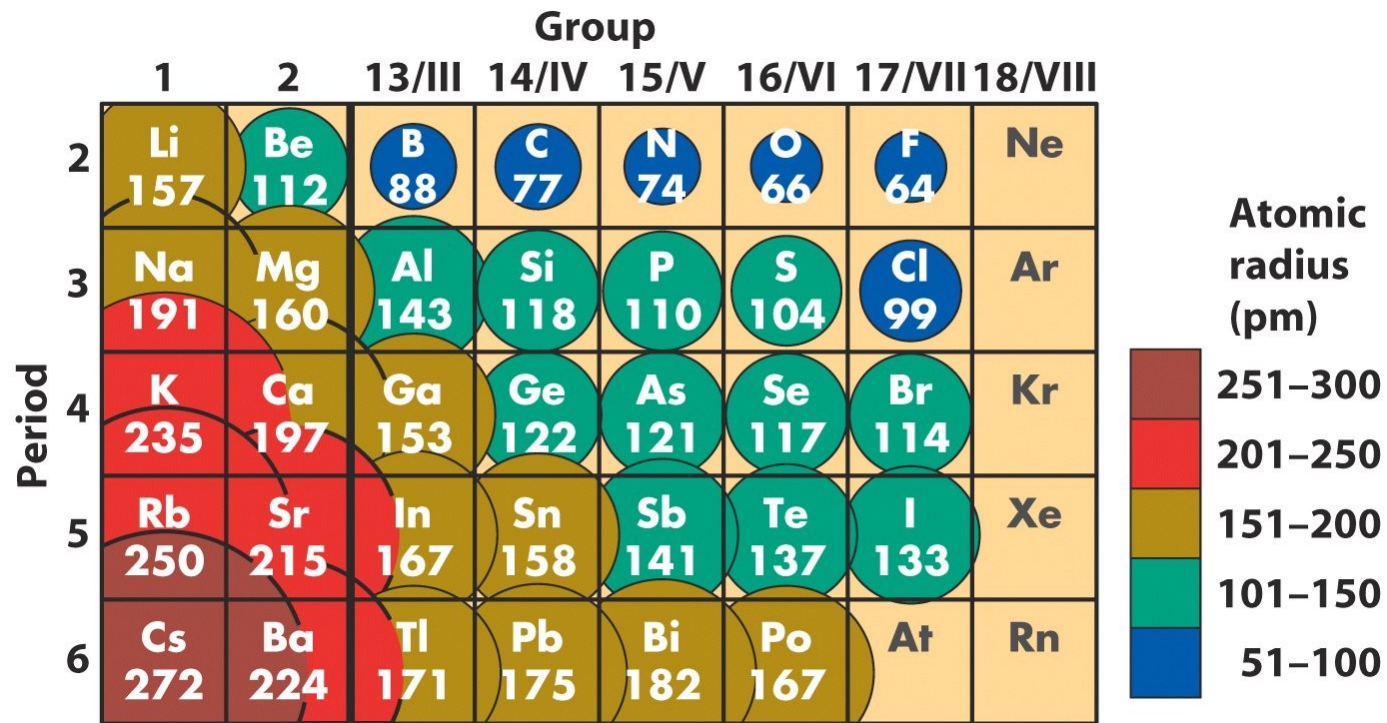
=> aumento brusco do raio



As subestruturas surgem devido às subcamadas.

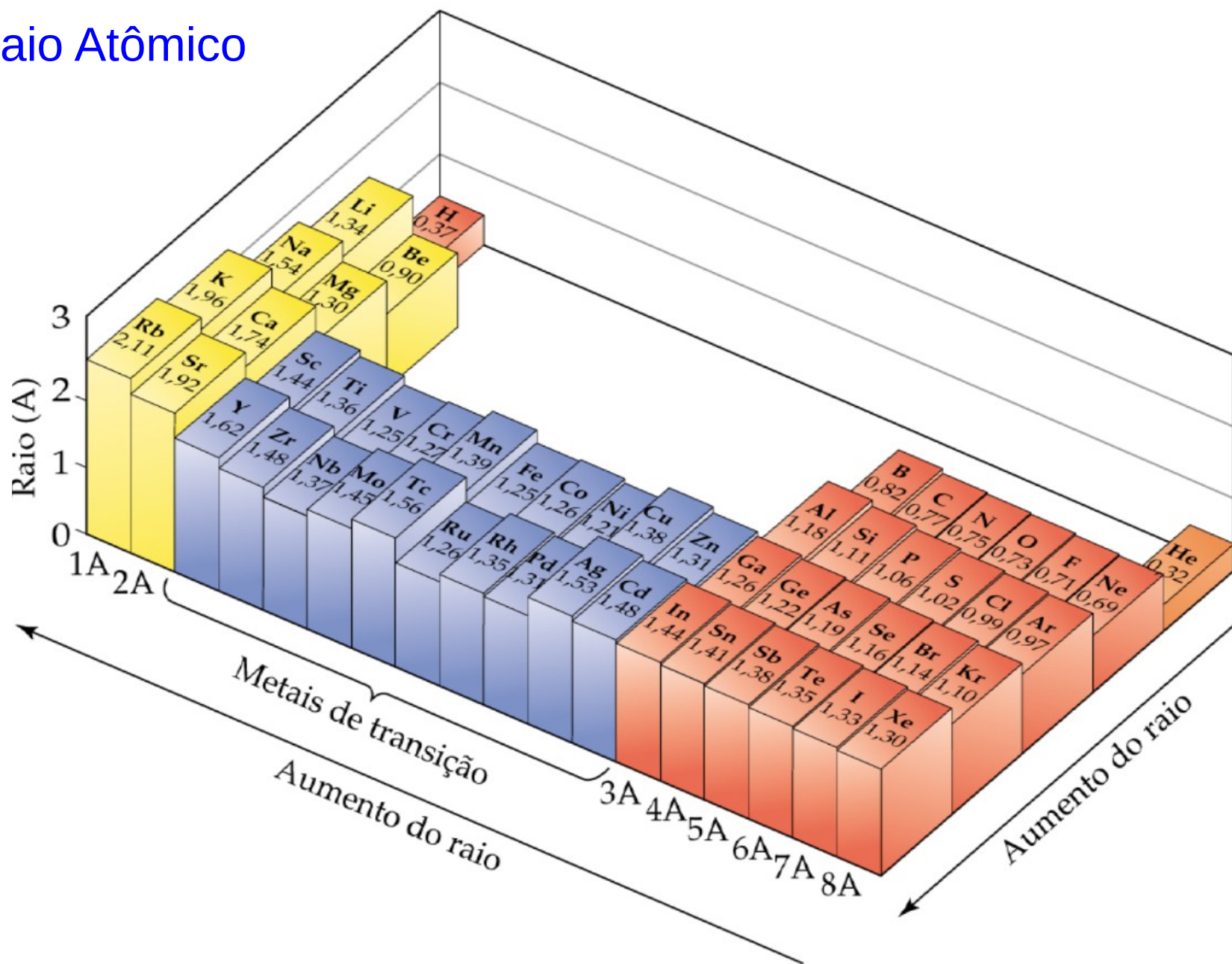
# O Sistema periódico

## Raio Atômico



# O Sistema periódico

Raio Atômico

























# O Sistema periódico

## Raio Iônico



















**Cátions** são **menores** que os correspondentes **átomos neutros**, por terem seus elétrons de valência removidos.

**Ânions** são **maiores** que os correspondentes **átomos neutros**, por terem elétrons adicionais.

### Atomic/Ionic Radii

| 1A  |  | 2A  |   | 3A  |  |
|---|--|---|---|---|--|
| <br>Li<br>1.52   | <br>Li <sup>+</sup><br>0.60   | <br>Be<br>1.11   | <br>Be <sup>2+</sup><br>0.31   |   |  |
| <br>Na<br>1.86  | <br>Na <sup>+</sup><br>0.95  | <br>Mg<br>1.60  | <br>Mg <sup>2+</sup><br>0.65  | <br>Al<br>1.43  | <br>Al <sup>3+</sup><br>0.50  |
| <br>K<br>2.31  | <br>K <sup>+</sup><br>1.33  | <br>Ca<br>1.97 | <br>Ca <sup>2+</sup><br>0.99 | <br>Ga<br>1.22 | <br>Ga <sup>3+</sup><br>0.62 |
| <br>Rb<br>2.44 | <br>Rb <sup>+</sup><br>1.48 | <br>Sr<br>2.15 | <br>Sr <sup>2+</sup><br>1.13 | <br>In<br>1.62 | <br>In <sup>3+</sup><br>0.81 |

### Atomic/Ionic Radii

| 5A   |  | 6A  |   | 7A  |  |
|--|--|---|---|---|--|
| <br>N<br>0.70 | <br>N <sup>3-</sup><br>1.71 | <br>O<br>0.66    | <br>O <sup>2-</sup><br>1.40    | <br>F<br>0.64    | <br>F <sup>-</sup><br>1.36    |
|  |  | <br>S<br>1.04   | <br>S <sup>2-</sup><br>1.84   | <br>Cl<br>0.99  | <br>Cl <sup>-</sup><br>1.81  |
|  |  | <br>Se<br>1.17 | <br>Se <sup>2-</sup><br>1.98 | <br>Br<br>1.14 | <br>Br <sup>-</sup><br>1.85 |
|  |  | <br>Te<br>1.37 | <br>Te <sup>2-</sup><br>2.21 | <br>I<br>1.33  | <br>I <sup>-</sup><br>2.16  |

# O Sistema periódico

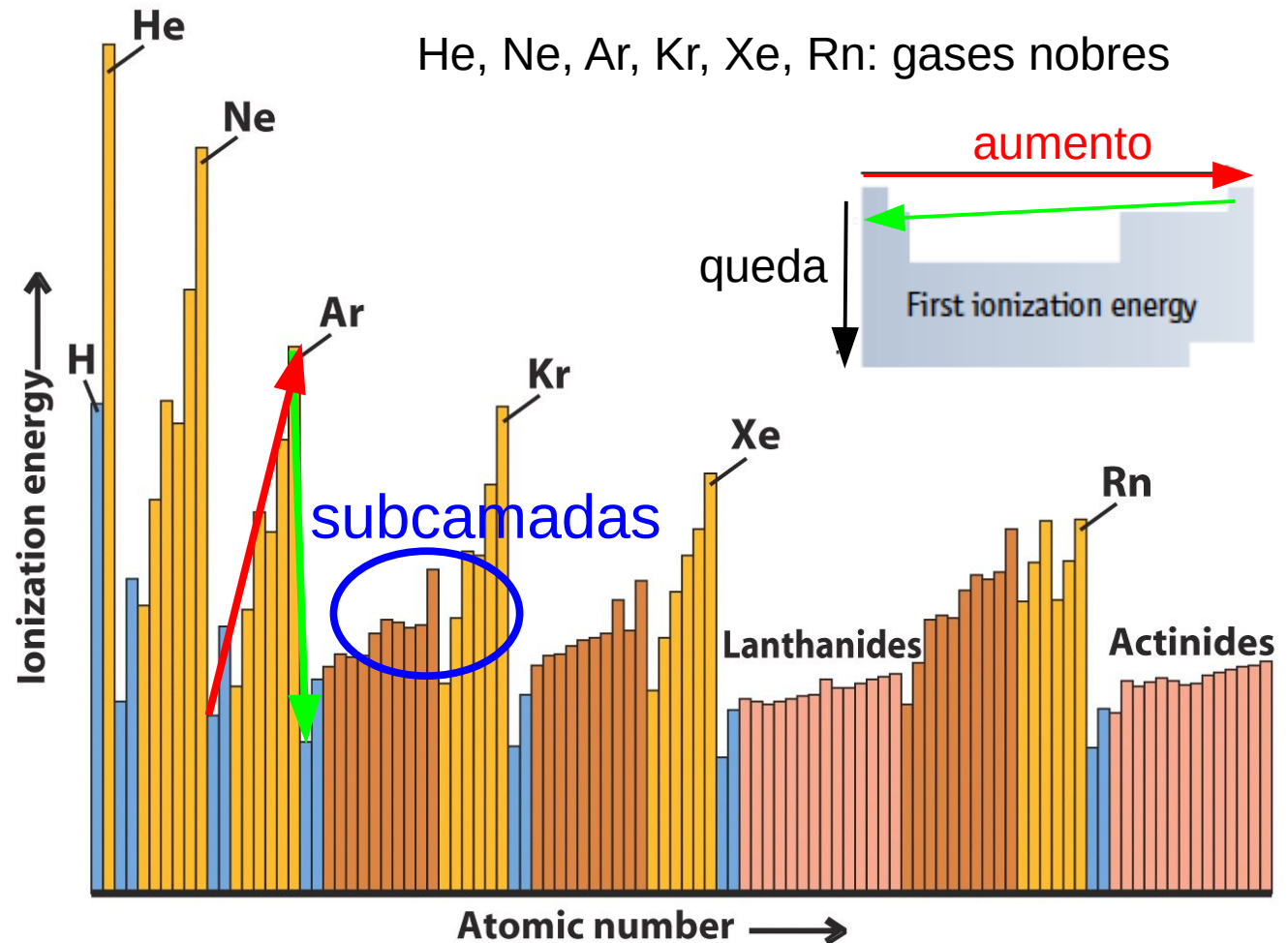
Primeira Energia de Ionização em função do Número Atômico  $Z$   
energia requerida para remover um electrón de um átomo em sua fase gasosa

$Z$  aumenta  
=> carga do núcleo aumenta  
=> Os elétrons são atraídos mais fortemente  
=>  $E_i$  aumenta

Quando uma camada está cheia, o próximo elétron vai pra próxima camada

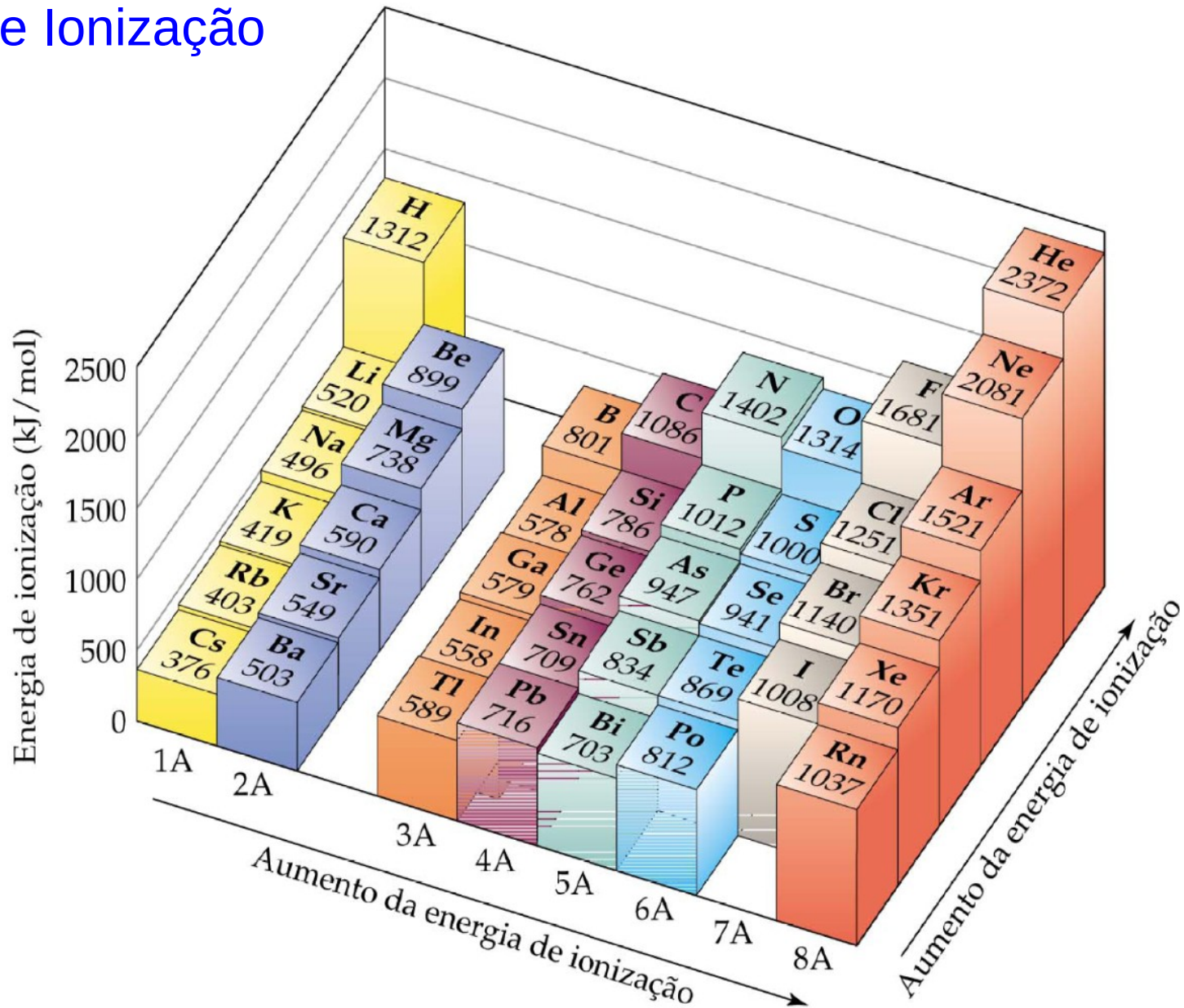
=> muito menos fortemente ligado => Queda brusca de  $E_i$

=> Anti-correlação entre energia de ionização e raio atômico.



# O Sistema periódico

## Energia de Ionização



# O Sistema periódico

## Energia de Ionização

TABELA 7.2 Valores das energias de ionização sucessivas,  $I$ , para os elementos do sódio até o argônio (kJ/mol)

| Elemento | $I_1$ | $I_2$ | $I_3$                             | $I_4$  | $I_5$  | $I_6$  | $I_7$  |
|----------|-------|-------|-----------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| Na       | 496   | 4.560 | elétrons dos níveis mais internos |        |        |        |        |
| Mg       | 738   | 1.450 | 7.730                             |        |        |        |        |
| Al       | 578   | 1.820 | 2.750                             | 11.600 |        |        |        |
| Si       | 786   | 1.580 | 3.230                             | 4.360  | 16.100 |        |        |
| P        | 1.012 | 1.900 | 2.910                             | 4.960  | 6.270  | 22.200 |        |
| S        | 1.000 | 2.250 | 3.360                             | 4.560  | 7.010  | 8.500  | 27.100 |
| Cl       | 1.251 | 2.300 | 3.820                             | 5.160  | 6.540  | 9.460  | 11.000 |
| Ar       | 1.521 | 2.670 | 3.930                             | 5.770  | 7.240  | 8.780  | 12.000 |

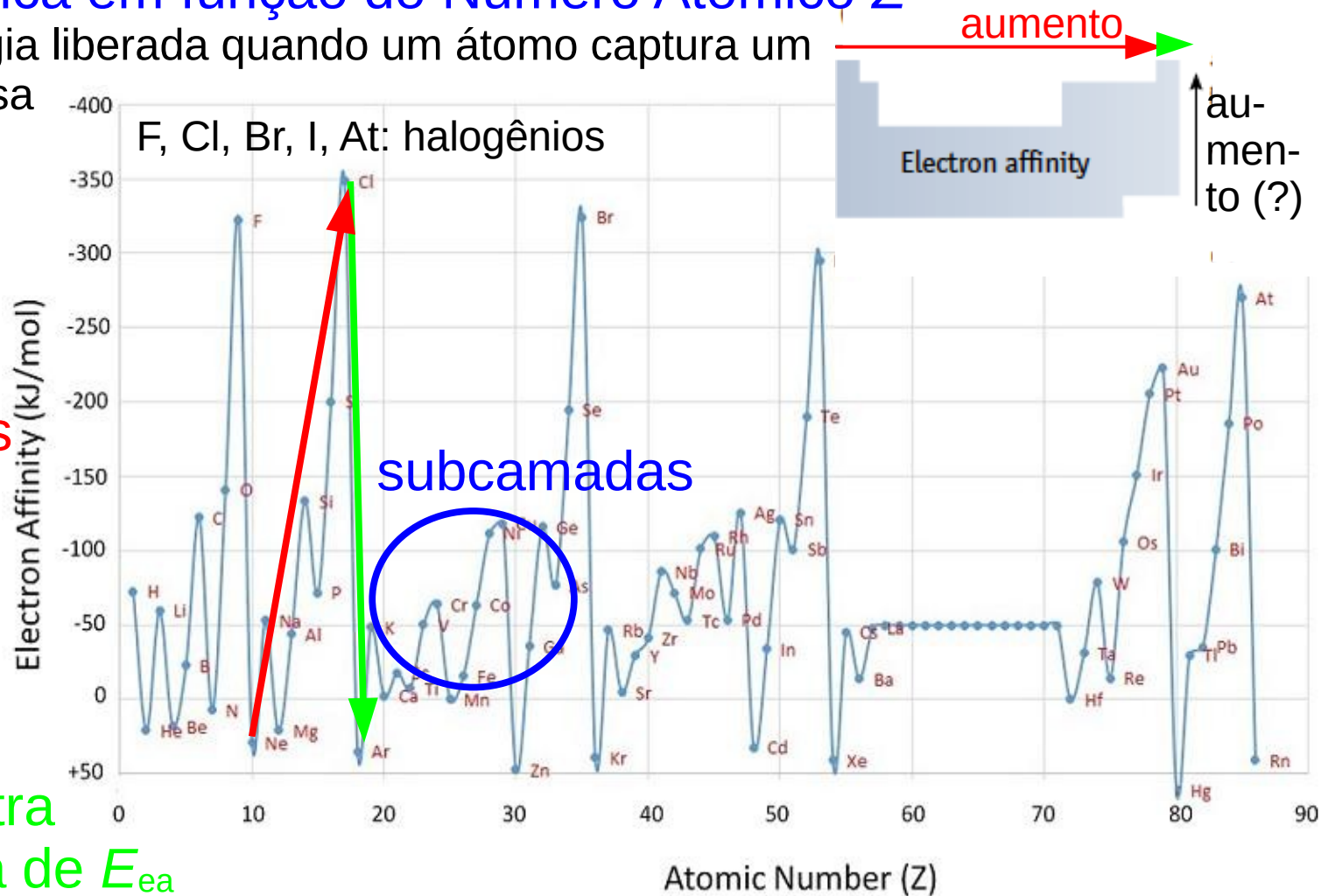
# O Sistema periódico

Afinidade Eletrônica em função do Número Atômico  $Z$   
uma medida da energia liberada quando um átomo captura um elétron em fase gasosa

$Z$  aumenta  
 $\Rightarrow$  carga do núcleo aumenta  
 $\Rightarrow$  Elétrons “de fora” são atraídos mais fortemente  
 $\Rightarrow E_{ea}$  aumenta

Quando uma camada está cheia, fica difícil receber um  $e^-$  extra  
 $\Rightarrow$  Queda brusca de  $E_{ea}$

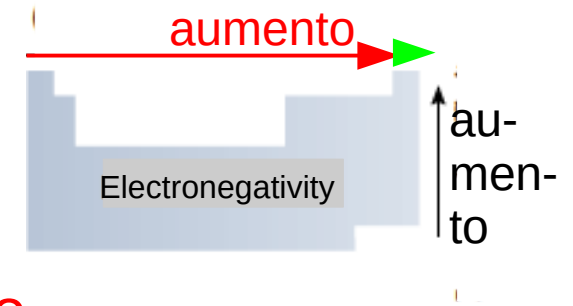
(para um valor negativo, isto é, receber mais um  $e^-$  custa energia)  
As subestruturas surgem devido às subcamadas.



# O Sistema periódico

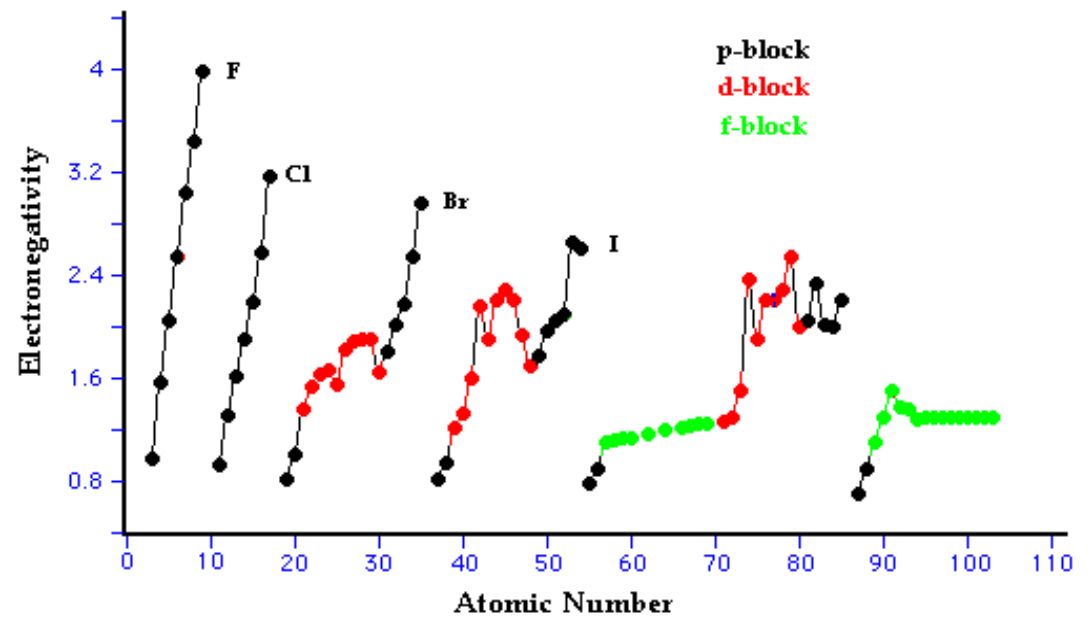
## Eletronegatividade

A **capacidade** de um átomo (elemento) para **atrair elétrons** dentro de uma **ligação química**:  
Numa ligação química, os  $e^-$  da ligação ficam **mais perto** do átomo com **maior eletronegatividade**.



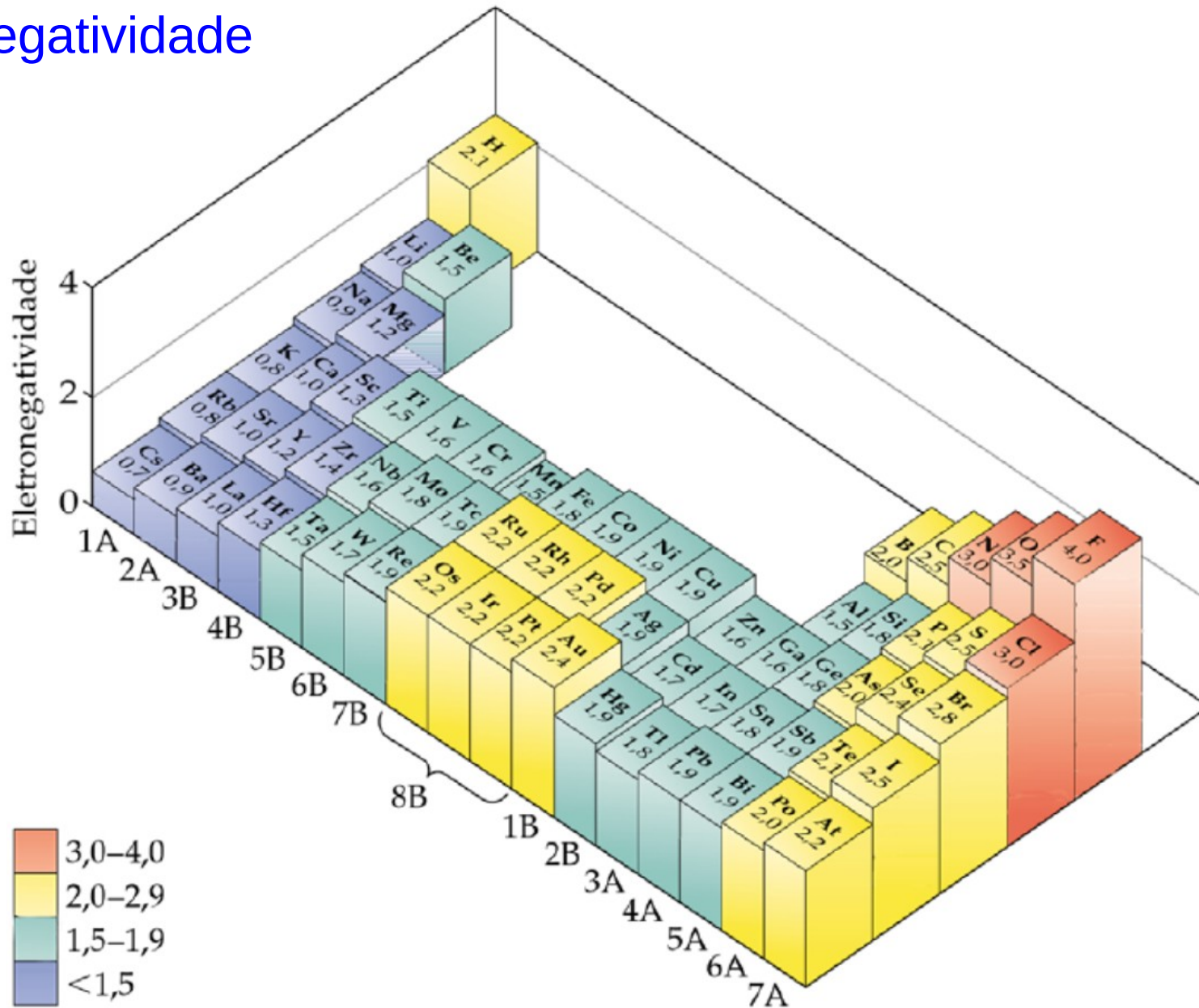
Mostra as **mesmas tendências** que a **energia de ionização** e a **afinidade eletrônica**.

Mais sobre esta grandeza na próxima aula e na disciplina Interações Atômicas e Moleculares (IAM).



# O Sistema periódico

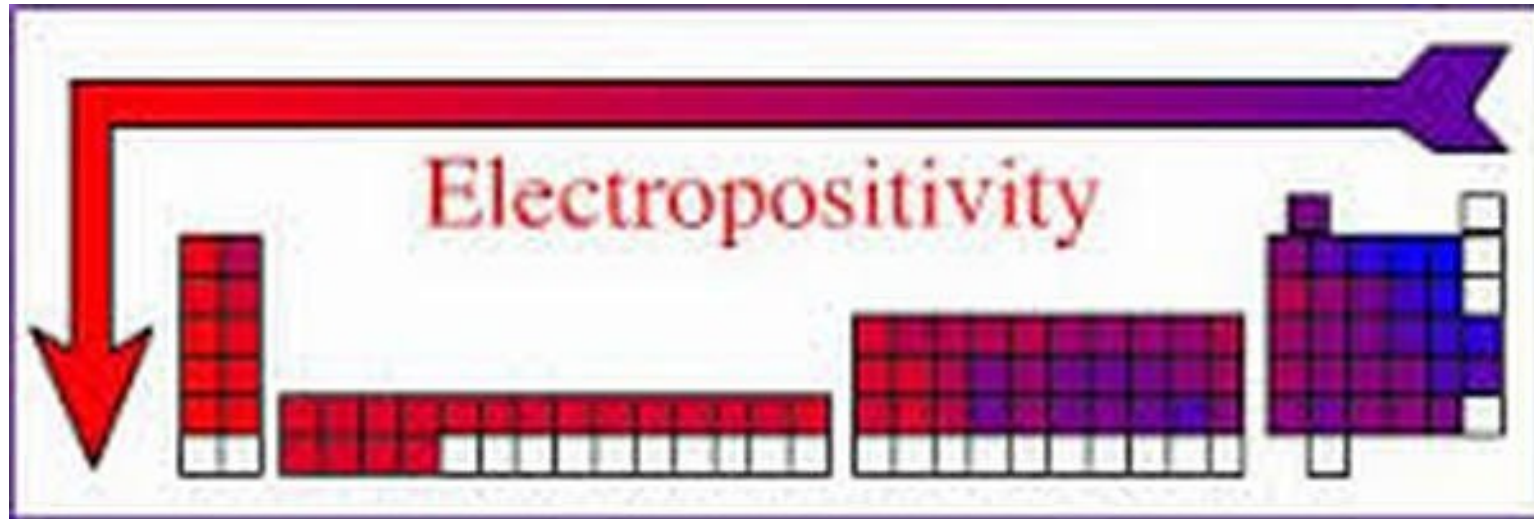
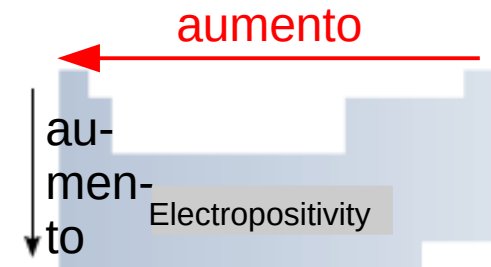
Eletronegatividade



# O Sistema periódico

## Eletropositividade ou Caráter Metálico

É a **capacidade** de um átomo (elemento) (na maioria metais) para **doar elétrons**.



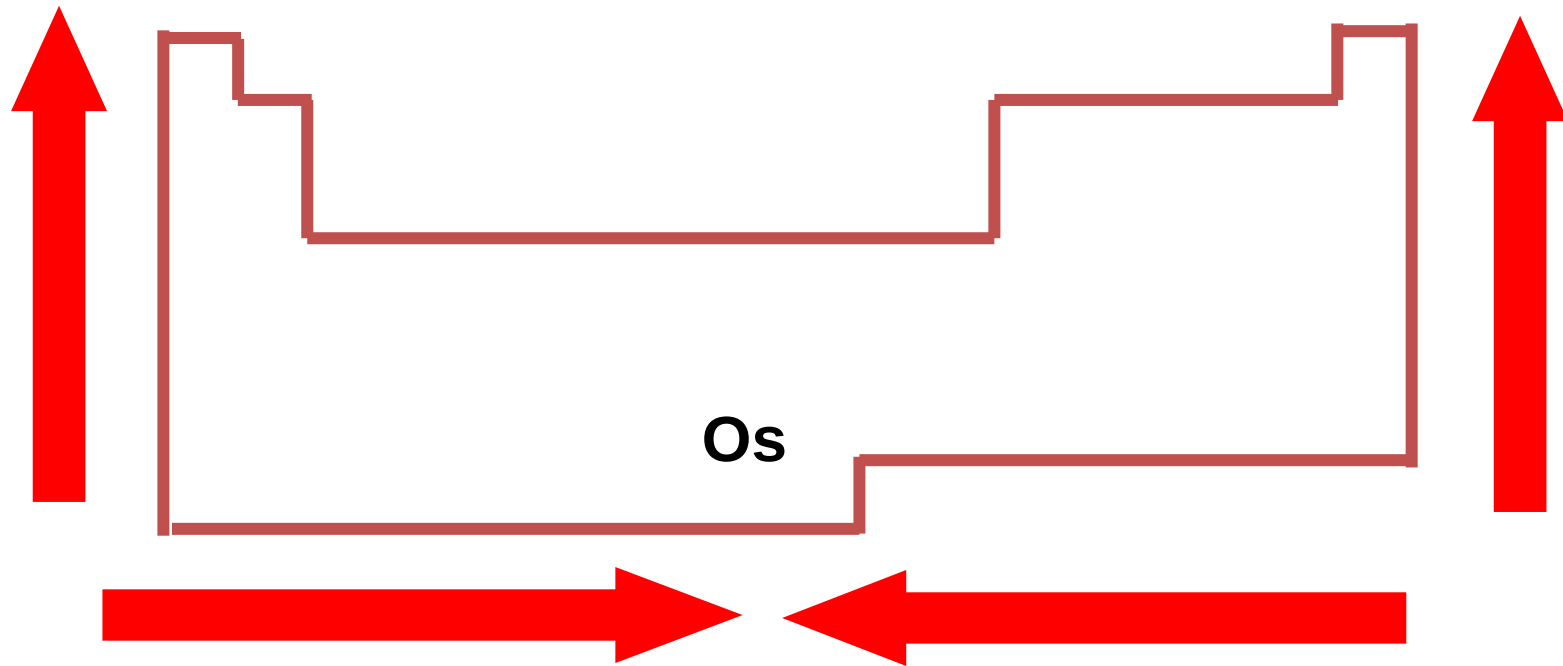
Em geral, elementos com alta eletronegatividade têm baixa eletropositividade, e vice-versa (parece lógico, não?).

# O Sistema periódico

## Densidade

É a **razão** entre **massa** e **volume** de uma amostra:  $\rho = M/V$

Aumenta na direção das flechas



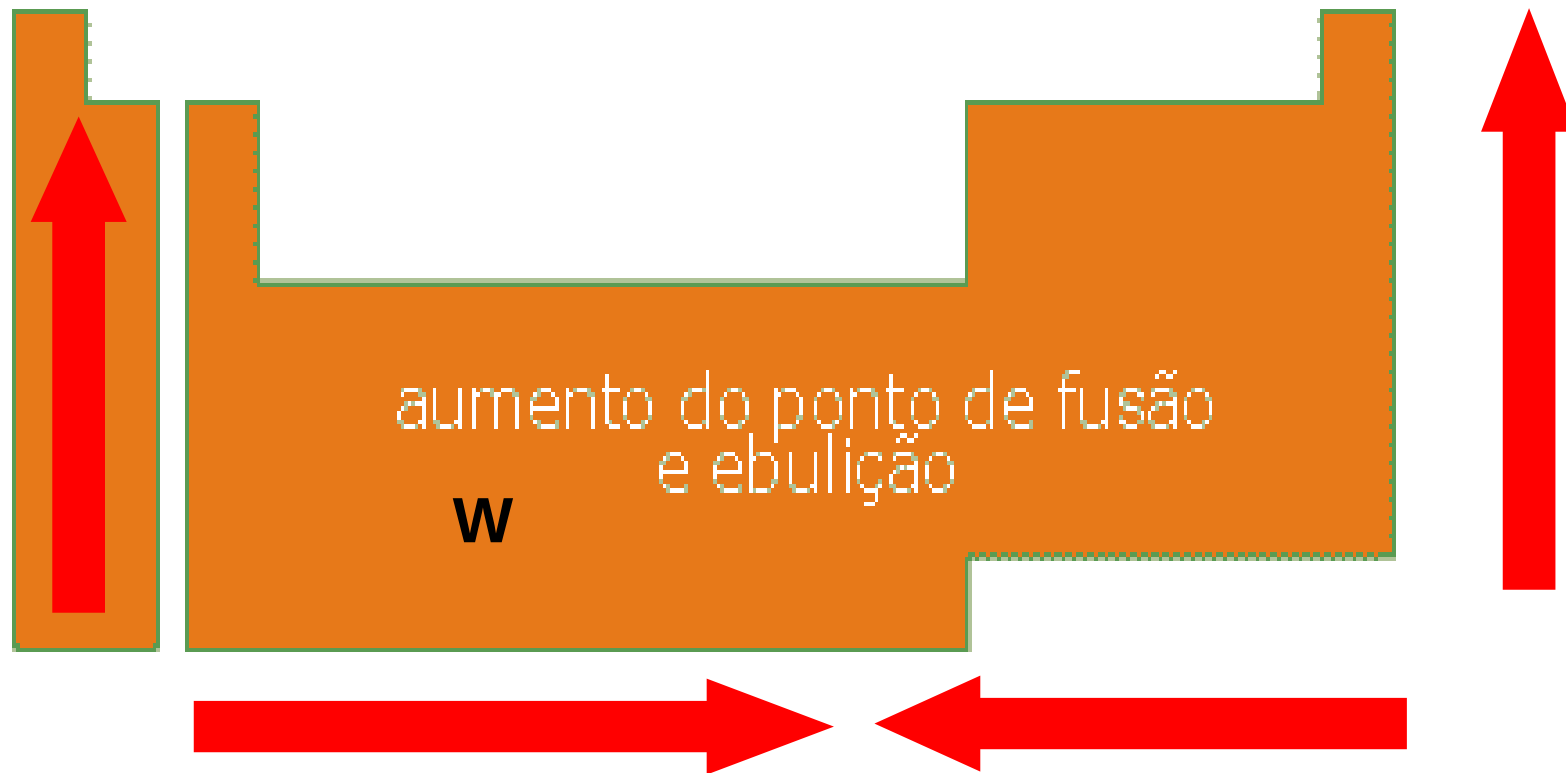
Ósmio (Os) é o elemento mais denso ( $22,5 \text{ g cm}^{-3}$ )

# O Sistema periódico

Temperatura de Fusão ( $T_F$ ) e Temperatura de Ebulição ( $T_E$ )

$T_F$ : temperatura na qual uma substância **passa** do estado **sólido** para o estado **líquido**

$T_E$ : temperatura na qual uma substância **passa** do estado **líquido** para o estado **gasoso**



O tungstênio (W) apresenta  $T_F = 3410 \text{ }^\circ\text{C}$

# O Sistema periódico

## Propriedades Aperiódicas

### Massa Atômica

É a unidade usada para pesar átomos e moléculas, equivale a 1/12 da massa de um átomo isótopo do carbono-12 ( $^{12}\text{C}$ ).

Sempre **umenta** com o **aumento** do **número atômico**.

### Calor Específico

É a quantidade de calor necessária para elevar a temperatura de 1 g do elemento por  $1^{\circ}\text{C}$ .

O calor específico do elemento no estado sólido sempre **diminui** com o **aumento** do **número atômico**.

# O Sistema periódico

|                                      |                                     |                                   |   |                                    |                                      |                                   |                                   |                                      |                                       |                                       |                                       |                                      |                                      |  |                                       |  |                                       |                                  |                                   |                           |                                   |                                    |                                      |                                  |                                  |                                   |                                    |                                 |                                     |                                  |                                  |                                    |                                   |                                  |                                   |
|--------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|---|------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--|---------------------------------------|--|---------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| 1                                    | 2                                   |                                   |   |                                    |                                      |                                   |                                   |                                      |                                       |                                       |                                       | 13                                   | 14                                   | 15                                     | 16                                    | 17                                     | 18                                    |                                  |                                   |                           |                                   |                                    |                                      |                                  |                                  |                                   |                                    |                                 |                                     |                                  |                                  |                                    |                                   |                                  |                                   |
| 1<br>H<br>Hidrogênio<br>1,01<br>g    | 3<br>Li<br>Lítio<br>6,941<br>s      | 4<br>Be<br>Berílio<br>9,01<br>s   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Metais alcalinos</li> <li>Metais alcalino-terrosos</li> <li>Metais de transição</li> <li>Lantanídeos</li> <li>Actinídeos</li> <li>Metais representativos</li> <li>Semi metais</li> <li>Não metais</li> <li>Halogénios</li> <li>Gases nobres</li> </ul> |                                    |                                      |                                   |                                   |                                      |                                       |                                       |                                       |                                      | 5<br>B<br>Boro<br>10,81<br>s         | 6<br>C<br>Carbono<br>12,01<br>s        | 7<br>N<br>Nitrogênio<br>14,01<br>g    | 8<br>O<br>Oxigênio<br>16,00<br>s       | 9<br>F<br>Fluor<br>19,00<br>g         | 10<br>Ne<br>Neônio<br>20,18<br>g |                                   |                           |                                   |                                    |                                      |                                  |                                  |                                   |                                    |                                 |                                     |                                  |                                  |                                    |                                   |                                  |                                   |
| 11<br>Na<br>Hidrogênio<br>22,99<br>s | 12<br>Mg<br>Magnésio<br>24,31<br>s  | 19<br>K<br>Potássio<br>39,10<br>s | 20<br>Ca<br>Cálcio<br>39,10<br>s  | 21<br>Sc<br>Escândio<br>44,96<br>s | 22<br>Ti<br>Titânio<br>47,87<br>s    | 23<br>V<br>Vanádio<br>50,94<br>s  | 24<br>Cr<br>Cromo<br>52,00<br>s   | 25<br>Mn<br>Manganês<br>54,94<br>s   | 26<br>Fe<br>Ferro<br>55,85<br>s       | 27<br>Co<br>Cobalto<br>58,93<br>s     | 28<br>Ni<br>Níquel<br>58,69<br>s      | 29<br>Cu<br>Cobre<br>63,55<br>s      | 30<br>Zn<br>Zinco<br>65,38<br>s      | 31<br>Ga<br>Gálio<br>69,723<br>s       | 32<br>Ge<br>Germânio<br>72,63<br>s    | 33<br>As<br>Arsênio<br>74,92<br>s      | 34<br>Se<br>Selênio<br>78,96<br>s     | 35<br>Br<br>Bromo<br>79,904<br>g | 36<br>Kr<br>Cripton<br>83,80<br>g |                           |                                   |                                    |                                      |                                  |                                  |                                   |                                    |                                 |                                     |                                  |                                  |                                    |                                   |                                  |                                   |
| 37<br>Rb<br>Rubídio<br>85,47<br>s    | 38<br>Rb<br>Estrôncio<br>87,62<br>s | 39<br>Y<br>Ítrio<br>88,91<br>s    | 40<br>Zr<br>Zircônio<br>91,22<br>s  | 41<br>Nb<br>Nióbio<br>92,91<br>s   | 42<br>Mo<br>Molibdênio<br>95,96<br>s | 43<br>Tc<br>Técnicio<br>(98)<br>d | 44<br>Ru<br>Rúdio<br>101,07<br>s  | 45<br>Rh<br>Ródio<br>102,91<br>s     | 46<br>Pd<br>Paládio<br>106,42<br>s    | 47<br>Ag<br>Prata<br>107,87<br>s      | 48<br>Cd<br>Cádmio<br>112,41<br>s     | 49<br>In<br>Índio<br>114,82<br>s     | 50<br>Sn<br>Estanho<br>118,71<br>s   | 51<br>Sb<br>Antimônio<br>121,76<br>s   | 52<br>Te<br>Telúrio<br>127,6<br>s     | 53<br>I<br>Iodo<br>126,90<br>g         | 54<br>Xe<br>Xenônio<br>131,30<br>g    | 55<br>Cs<br>Césio<br>132,91<br>s | 56<br>Ba<br>Bário<br>137,33<br>s  | 57-71<br>*<br>Lantanídeos | 72<br>Hf<br>Háfnio<br>178,49<br>s | 73<br>Ta<br>Tântalo<br>180,95<br>s | 74<br>W<br>Tungstênio<br>183,84<br>s | 75<br>Re<br>Rênio<br>186,21<br>s | 76<br>Os<br>Osmio<br>190,23<br>s | 77<br>Ir<br>Írídio<br>192,22<br>s | 78<br>Pt<br>Platina<br>195,08<br>s | 79<br>Au<br>Ouro<br>196,97<br>s | 80<br>Hg<br>Mercúrio<br>200,59<br>l | 81<br>Tl<br>Tálio<br>204,38<br>s | 82<br>Pb<br>Chumbo<br>207,2<br>s | 83<br>Bi<br>Bismuto<br>208,98<br>s | 84<br>Po<br>Polônio<br>(209)<br>s | 85<br>At<br>Astato<br>(210)<br>s | 86<br>Rn<br>Radônio<br>(222)<br>g |
| 87<br>Fr<br>Frâncio<br>223<br>s      | 88<br>Ra<br>Rádio<br>226<br>s       | 89-103<br>**<br>Actinídeos        | 104<br>Rf<br>Rutherfordório<br>(267)<br>d   | 105<br>Db<br>Dubnio<br>(268)<br>d  | 106<br>Sg<br>Seaborgio<br>(271)<br>d | 107<br>Bh<br>Bório<br>(272)<br>d  | 108<br>Hs<br>Háscio<br>(270)<br>d | 109<br>Mt<br>Meitnério<br>(276)<br>d | 110<br>Ds<br>Darmstádio<br>(281)<br>d | 111<br>Rg<br>Roentgênio<br>(280)<br>d | 112<br>Cn<br>Copernício<br>(285)<br>d | 113<br>Uut<br>Ununtrio<br>(284)<br>d | 114<br>Fl<br>Florêncio<br>(289)<br>d | 115<br>Uup<br>Ununpântio<br>(288)<br>d | 116<br>Lv<br>Livermório<br>(293)<br>d | 117<br>Uus<br>Ununseptio<br>(294)<br>d | 118<br>Uuo<br>Ununoctio<br>(294)<br>d |                                  |                                   |                           |                                   |                                    |                                      |                                  |                                  |                                   |                                    |                                 |                                     |                                  |                                  |                                    |                                   |                                  |                                   |

|            |                        |
|------------|------------------------|
| 1          | Número atômico         |
| H          | Símbolo                |
| Hidrogênio | Nome do elemento       |
| 1,01       | Massa atômica relativa |
| s          | Estado físico          |

- s Sólido
- l Líquido
- g Gasoso
- d Desconhecido

|                                     |                                  |  |                                     |                                    |                                    |                                    |                                      |                                   |                                      |                                      |                                   |                                       |                                    |                                      |
|-------------------------------------|----------------------------------|--|-------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|
| 57<br>La<br>Lantânio<br>138,91<br>s | 58<br>Ce<br>Cério<br>140,12<br>s | 59<br>Pr<br>Praseodímio<br>140,90<br>s | 60<br>Nd<br>Néodímio<br>144,24<br>s | 61<br>Pm<br>Promécio<br>(145)<br>d | 62<br>Sm<br>Samarco<br>150,36<br>s | 63<br>Eu<br>Európio<br>151,97<br>s | 64<br>Gd<br>Gadolínio<br>157,25<br>s | 65<br>Tb<br>Térbio<br>158,93<br>s | 66<br>Dy<br>Disprócio<br>162,5<br>s  | 67<br>Ho<br>Hólmio<br>164,93<br>s    | 68<br>Er<br>Érbio<br>167,259<br>s | 69<br>Tm<br>Tulio<br>168,93<br>s      | 70<br>Yb<br>Ítrio<br>173,05<br>s   | 71<br>Lu<br>Lúcio<br>174,97<br>s     |
| 89<br>Ac<br>Actínio<br>(227)<br>s   | 90<br>Th<br>Tório<br>232,04<br>s | 91<br>Pa<br>Protactínio<br>231,01<br>s | 92<br>U<br>Urânio<br>238,01<br>s    | 93<br>Np<br>Neptúlio<br>(237)<br>s | 94<br>Pu<br>Plutônio<br>(244)<br>d | 95<br>Am<br>Americó<br>(243)<br>d  | 96<br>Cm<br>Cúrio<br>(247)<br>d      | 97<br>Bk<br>Bérbio<br>(247)<br>d  | 98<br>Cf<br>Califórnio<br>(251)<br>d | 99<br>Es<br>Einsteinio<br>(257)<br>d | 100<br>Fm<br>Férmio<br>(257)<br>d | 101<br>Md<br>Mendelevio<br>(258)<br>d | 102<br>No<br>Nobelio<br>(259)<br>d | 103<br>Lr<br>Lawrêncio<br>(262)<br>d |



# Os Elementos

## Elemento Químico

Conjunto de **átomos** que possuem **mesmo número** de **prótons** em seu **núcleo**, ou seja, o mesmo **número atômico** ( $Z$ ). A **carga elétrica** do **núcleo** é  $+Ze$ .

Cada **elemento** tem seu siglo ou **símbolo**, por exemplo:

$Z = 1$ : Hidrogênio (o núcleo de um átomo de hidrogênio possui 1 próton), símbolo H

$Z = 2$ : Hélio (o núcleo de um átomo de hélio possui 2 prótons), símbolo He

etc.

Dessa forma, o **número atômico** é **característico** de cada **elemento químico**, sendo como seu número de identificação.

Um **átomo neutro** do elemento com **número atômico**  $Z$  contém também  $Z$  **elétrons**, tal que sua carga elétrica total é  $+Ze + Z(-e) = 0$ .

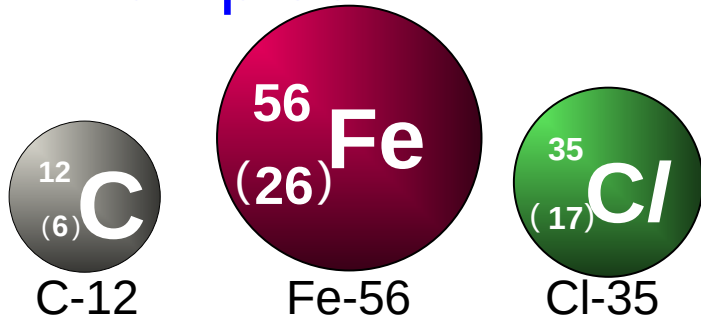
# Os Elementos

## Representação de um Elemento Químico

${}^A_ZX$  ou  ${}^AX$  (às vezes  ${}_ZX^A$ , mas isto pode causar confusão com o número de carga => próximo slide)  
ou  $X-A$

De acordo com a IUPAC (União Internacional de Química Pura e Aplicada), devemos indicar o **símbolo** do **elemento** químico,  $X$ , e junto a ele, o **número de massa**,  $A$ , que é o número total de **núcleons** (prótons e nêutrons). Colocar o **número atômico**  $Z$  é opcional, já que o  $Z$  já é dado pelo símbolo do elemento. Obviamente, o número de nêutrons é  $N = A - Z$ .

## Exemplos



| Elemento    | A  | Z  | N  | no. p <sup>+</sup> | no. e <sup>-</sup> |
|-------------|----|----|----|--------------------|--------------------|
| Carbono (C) | 12 | 6  | 6  | 6                  | 6                  |
| Ferro (Fe)  | 56 | 26 | 30 | 26                 | 26                 |
| Cloro (Cl)  | 35 | 17 | 18 | 17                 | 17                 |

# Os Elementos

## Íons

Átomos que possuem **números diferentes** de **prótons** e **elétrons**, i.e. que perderam ou ganharam elétrons, têm **número** de **carga** total  $Q = Z - \text{no. e}^- \neq 0$ , ou seja, uma carga total de  $Qe$ . e são chamados **íons**. Íons com **carga positiva**,  $Q > 0$ , são chamados **cátions**, e íons com **carga negativa**,  $Q < 0$ , **ânions**.

Se coloca o  $Q+$  ou  $Q$  vezes o símbolo “+” para cátions, respectivamente  $|Q|-$  ou  $|Q|$  vezes o símbolo “-” para ânions em superscrito à direita do símbolo do elemento:

${}_{(Z)}^A X^{|Q|\pm}$  (ou  $X^{|Q|\pm}$ , quando o número de massa não interessa)

No caso de cátions ainda há a notação  $X$  seguido por um número romano (I, II, III, IV, etc.), que equivale a  $Q + 1$ .

$XI$  é, então,  $X$  neutro,  $XII$  é  $X$  ionizado (faltando um elétron),  $XIII$  é  $X$  duplamente ionizado (faltando dois elétrons), etc.

# Os Elementos

## Íons

### Exemplos

O cátion “berílio que perdeu dois elétrons”, ou “berílio duplamente ionizado”:



O ânion “oxigênio que ganhou dois elétrons”:



# Os Elementos

## Elementos Isótopos

Elementos químicos com os **mesmos números atômicos**, porém com **números de massa diferentes** (pois possuem diferentes números de nêutrons).

Uma notação alternativa a  ${}^A X$  é **nome do elemento-A** ou **X-A**.

## Exemplos

Os isótopos de carbono que ocorrem na natureza:

| Isótopo                                  | Z | no. p <sup>+</sup> | N | A  |
|--|---|--------------------|---|----|
| ${}^{12}\text{C}$ ou C-12 ou carbono-12  | 6 | 6                  | 6 | 12 |
| ${}^{13}\text{C}$ ou C-13 ou carbono-13  | 6 | 6                  | 7 | 13 |
| ${}^{14}\text{C}$ ou C-14 ou carbono-14* | 6 | 6                  | 8 | 14 |

\*C-14 é instável, mas tem tempo de vida muito longo, de 8270 anos, tal que ele ocorre na natureza, sim.

Os isótopos “hidrogênio mais um nêutron” e “hidrogênio mais dois nêutrons” têm nomes próprios: H-2 = D (deutério), H-3 = T (trítio)

# Os Elementos

## Elementos Isóbaros

Elementos químicos com os **mesmos números de massa**, porém com **números atômicos diferentes**.

### Exemplo

| Isótopo                                | Z  | no. p <sup>+</sup> | N  | A  |
|--|----|--------------------|----|----|
| <sup>40</sup> Ca ou Ca-40 ou cálcio-40 | 20 | 20                 | 20 | 40 |
| <sup>40</sup> K ou K-40 ou potássio-40 | 19 | 19                 | 21 | 40 |

# Os Elementos

## Elementos Isótonos

Elementos químicos com os **mesmos números de nêutrons**, porém com **números atômicos** e **números de massa diferentes**.

### Exemplo

| Isótopo                                | Z  | no. p <sup>+</sup> | N  | A  |
|--|----|--------------------|----|----|
| <sup>40</sup> Ca ou Ca-40 ou cálcio-40 | 20 | 20                 | 20 | 40 |
| <sup>39</sup> K ou K-39 ou potássio-39 | 19 | 19                 | 20 | 39 |

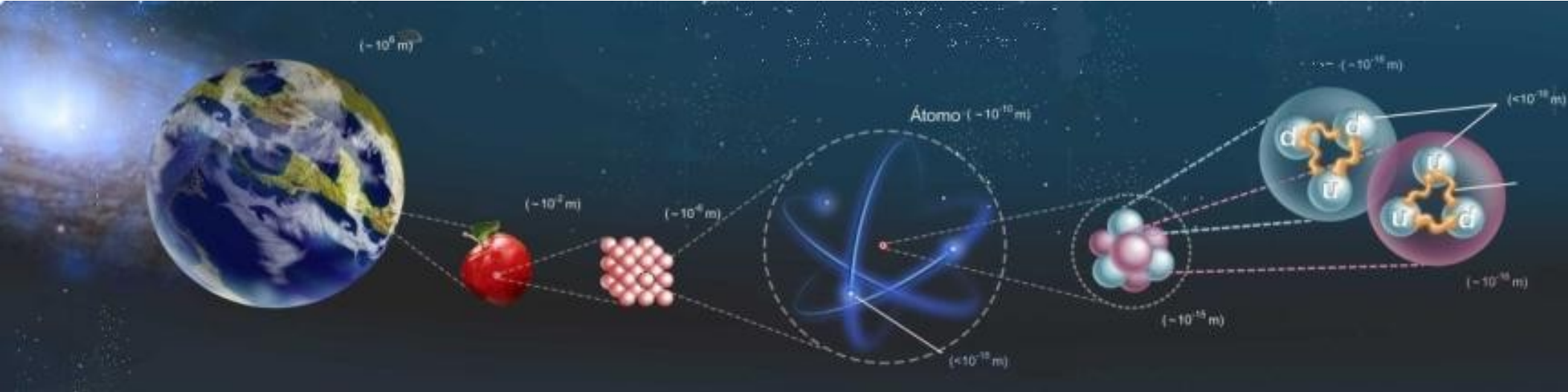
# Os Elementos

## Elementos Isoeletrônicos

Elementos químicos com os **mesmos números de elétrons**.

### Exemplo

| Nome            | $Z$ | no. $p^+$ | $N$ | $A$ | no. $e^-$ |
|-----------------|-----|-----------|-----|-----|-----------|
| Na <sup>+</sup> | 11  | 11        | 12  | 23  | 10        |
| O <sup>2-</sup> | 8   | 8         | 8   | 16  | 10        |
| Ne              | 10  | 10        | 10  | 20  | 10        |



Universidade Federal do ABC

# Estrutura da Matéria

FIM pra hoje

<http://professor.ufabc.edu.br/~pieter.westera/Estrutura.html>