

Universidade Federal do ABC

Estrutura da Matéria

Átomos de muitos Elétrons e
Tabela Periódica

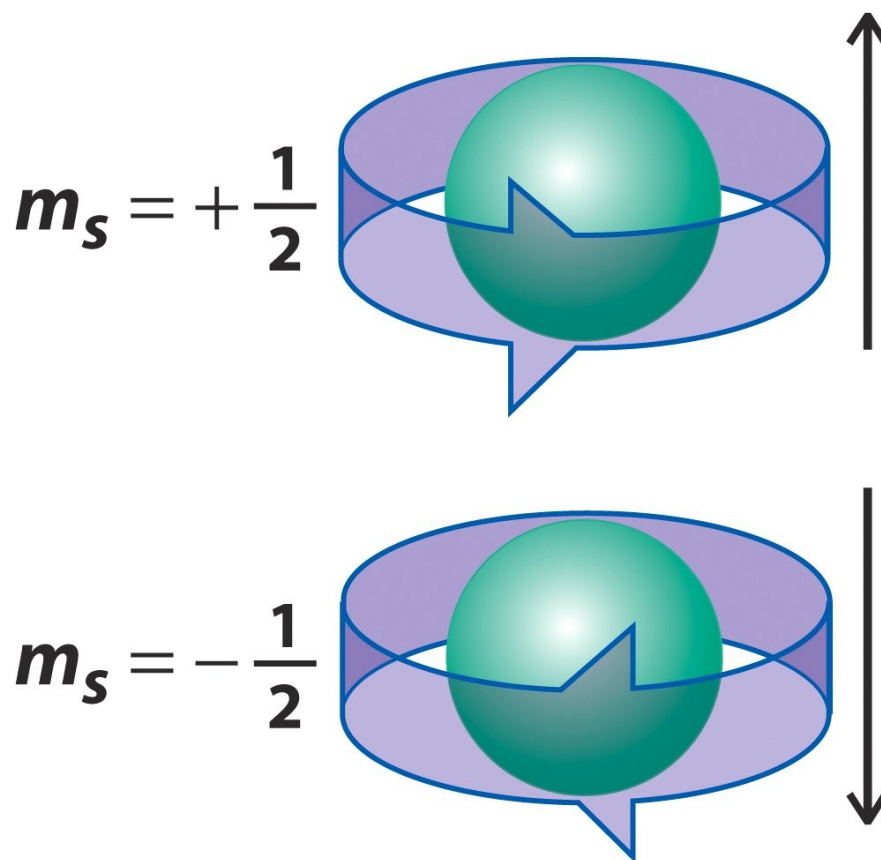
<http://professor.ufabc.edu.br/~pieter.westera/Estrutura.html>

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**.

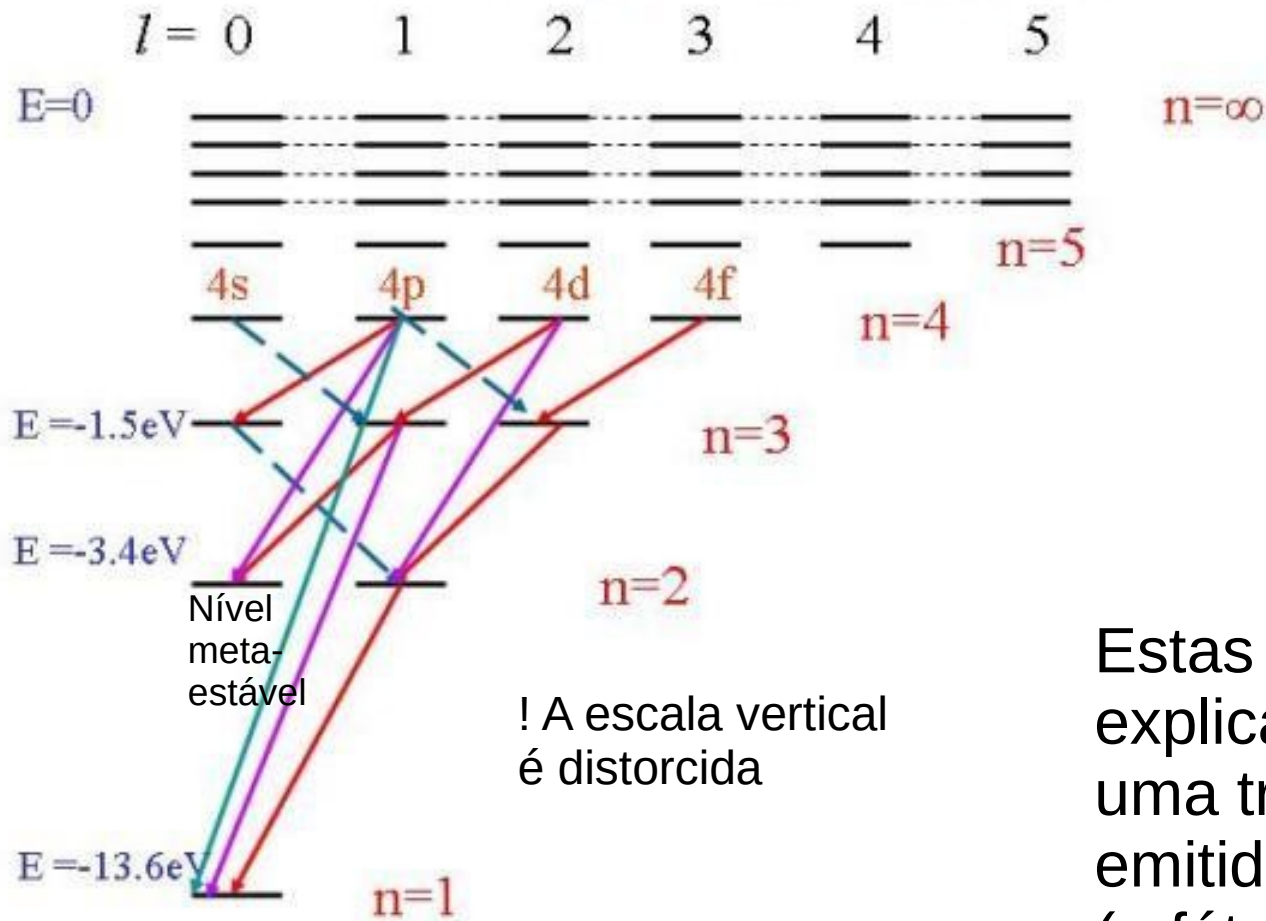
Ou seja: Cada **orbital** n, l, m_l pode conter só **dois elétrons**, um com spin pra cima e um com spin pra baixo.

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"):

Δn : livre

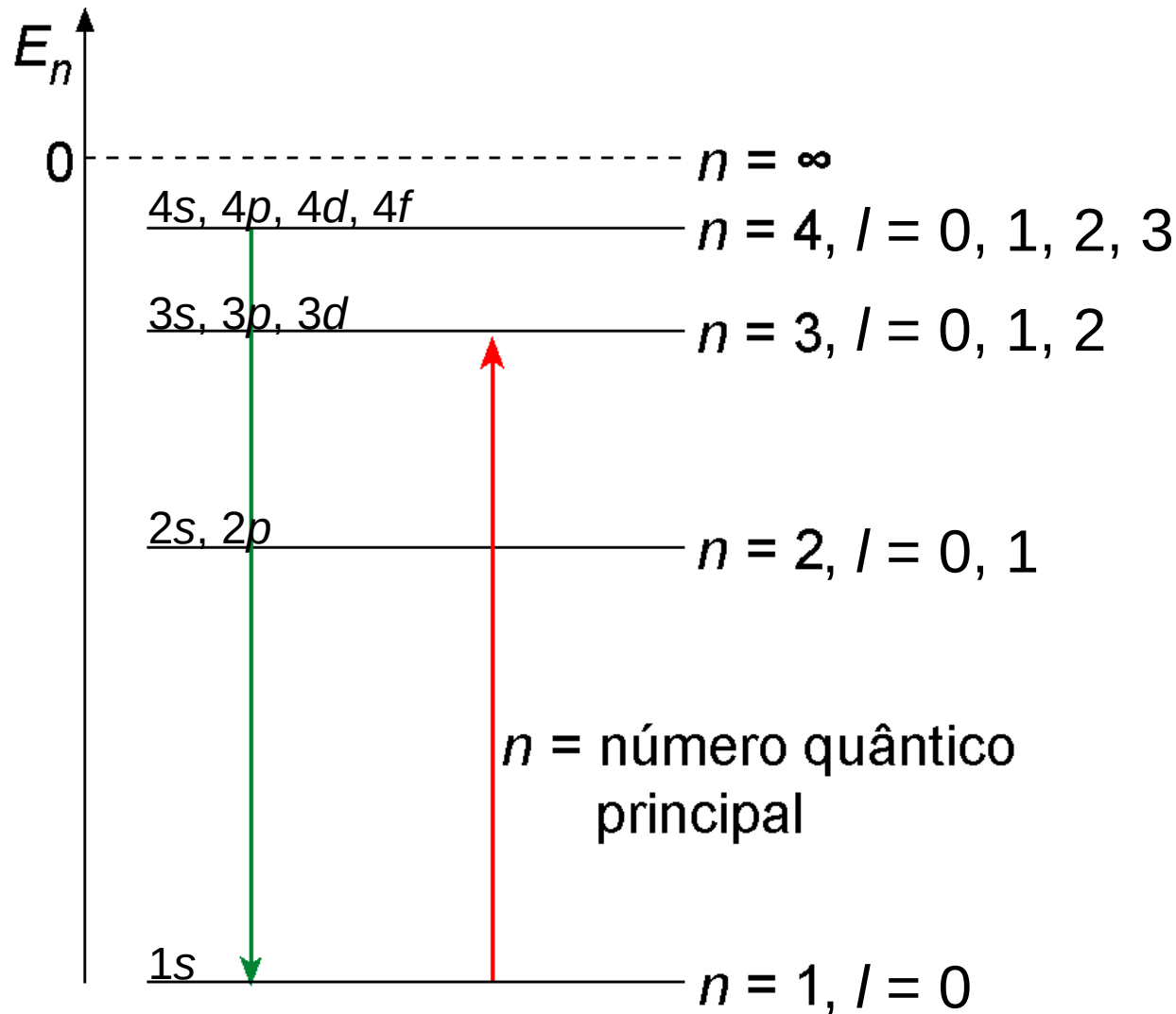
$\Delta l = \pm 1$

$\Delta m_l = 0$ ou ± 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 ± 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**.

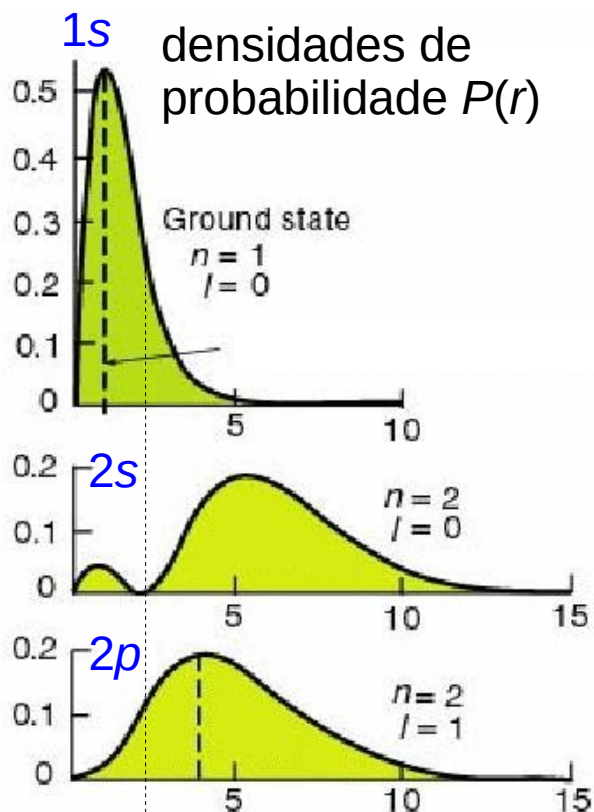
Notícia ruim: Isto **modifica** os **orbitais** e **energias**, e a Equação de Schrödinger não tem soluções analíticas para sistemas maiores que 1 núcleo + 1 elétron.

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^- **$2p$**).

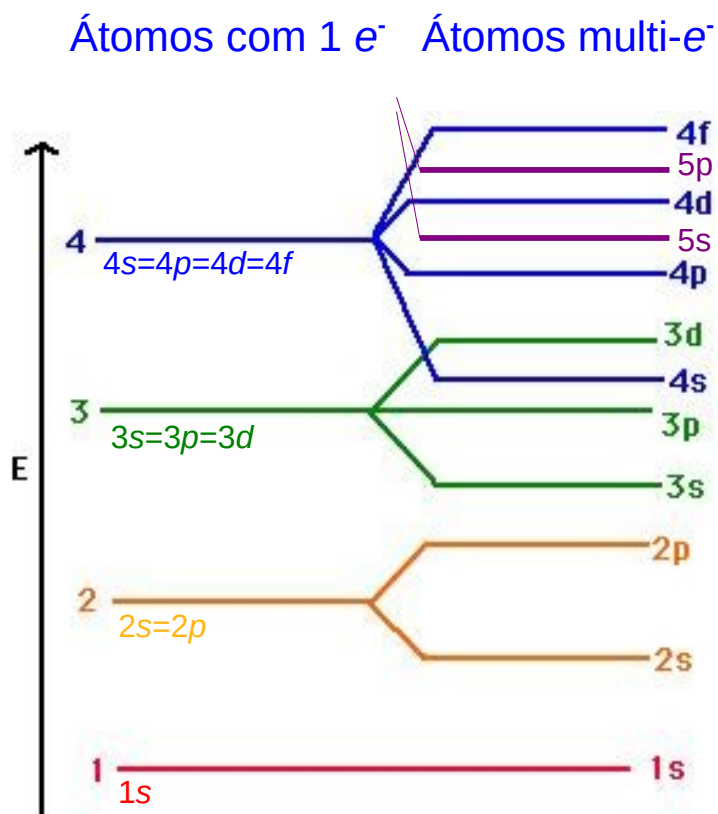
=> No orbital **$2s$** , o **$3^\circ e^-$** tem **energia menor** que no **$2p$** .

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 .

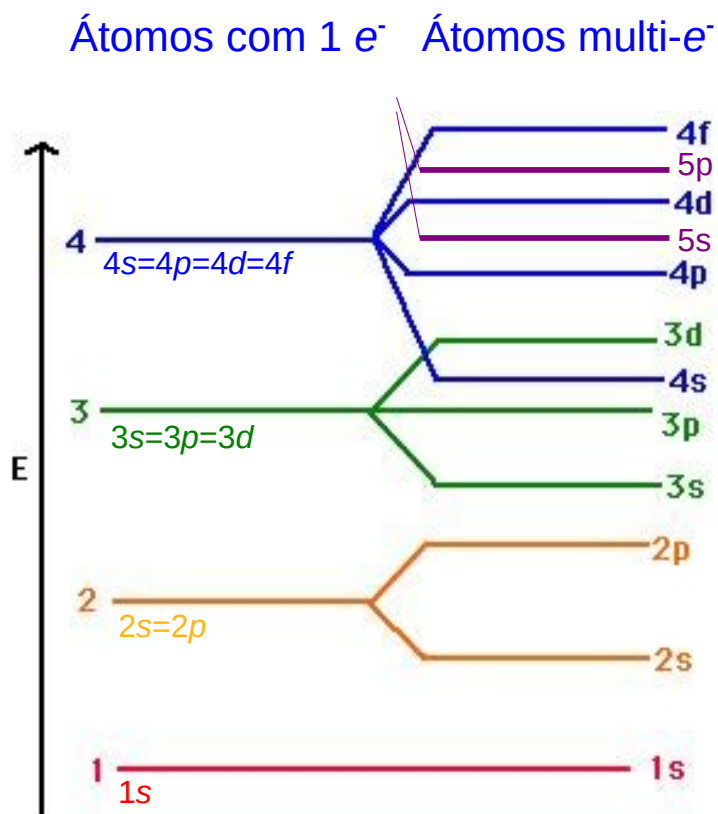
Para um **dado n** , as **energias** das **subcamadas** (dos orbitais com diferentes valores de l) **umentam** quando **l aumenta**:
 $s < p < d < f < \dots$

Átomos Multi-Eletrônicos

Diagrama de energias em átomos multieletrônicos

Resultados

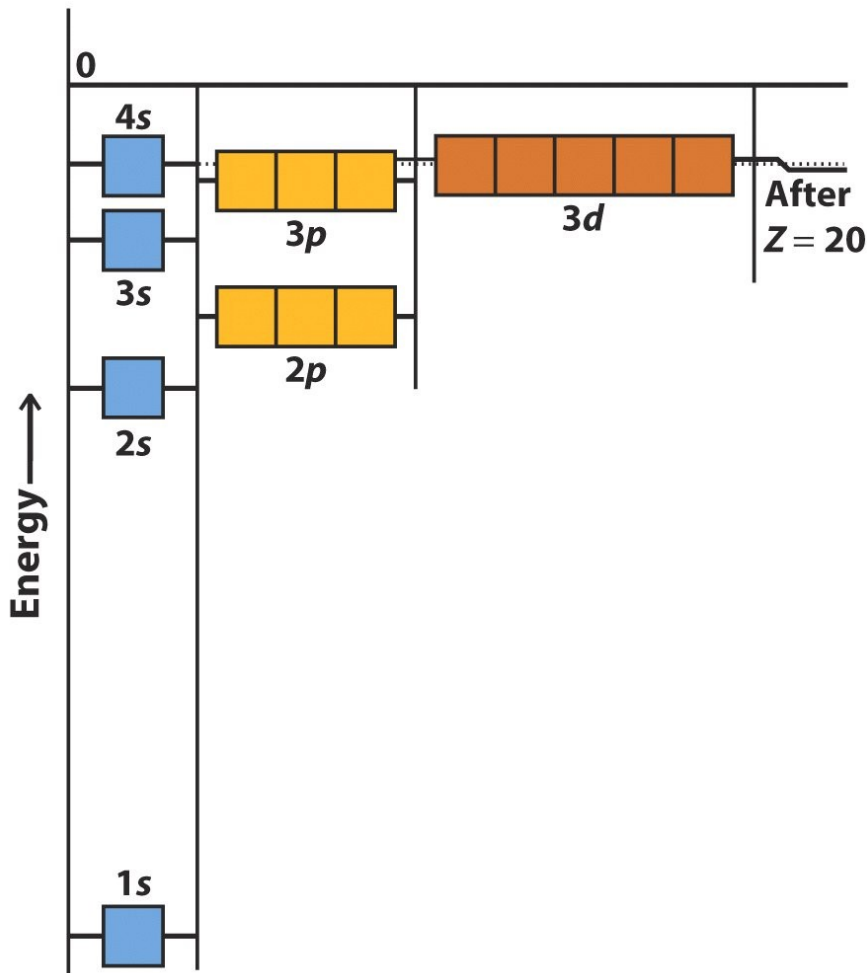
Tabela que facilita memorizar a ordem das subcamadas.



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

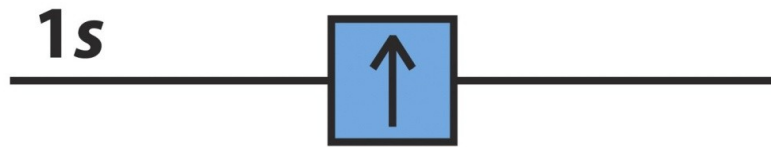


Pelo **princípio de exclusão**, cada **orbital** n, l, m_l pode ser ocupado por apenas **2 elétrons**, um com **spin pra cima** e um com **spin pra baixo**.

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.

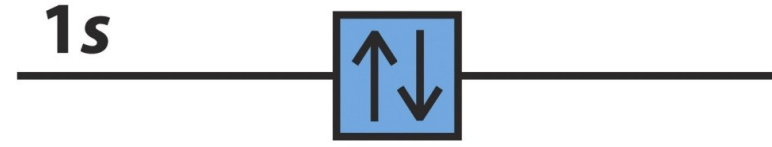
O Sistema periódico

Princípio da Construção (aumentando Z)



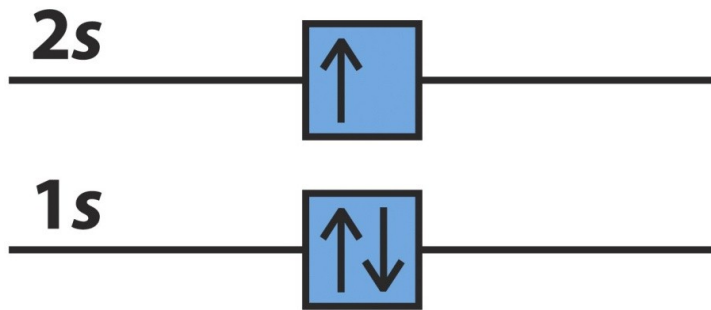
1 H $1s^1$

$Z = 1$: Hidrogênio: 1 e⁻ na camada 1s, p. e. com spin pra cima



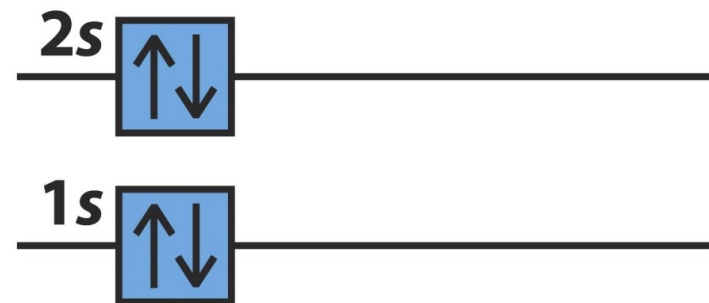
2 He $1s^2$

$Z = 2$: Hélio: 2 e⁻ na camada 1s, um com spin pra cima, e um pra baixo



3 Li $1s^2 2s^1, [\text{He}]2s^1$

$Z = 3$: Lítio: 2 e⁻ na camada 1s, 1 na 2s



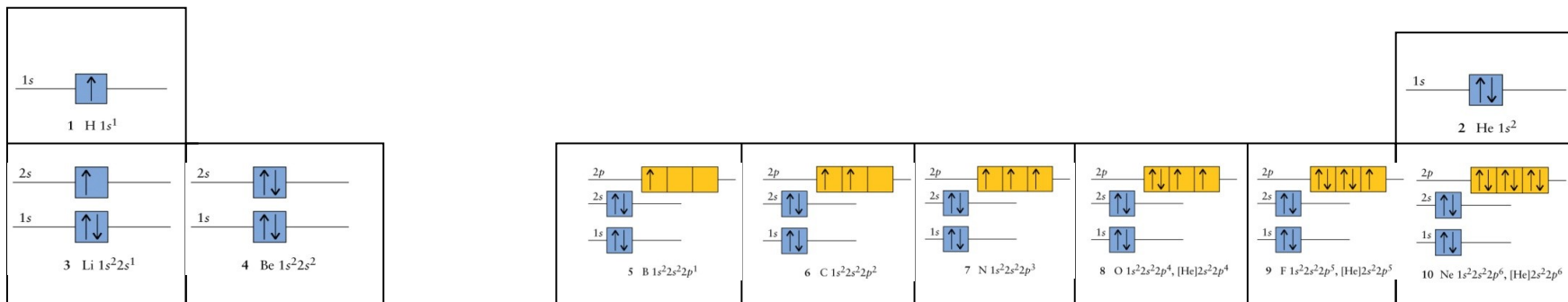
4 Be $1s^2 2s^2, [\text{He}]2s^2$

$Z = 4$: Berílio: 2 e⁻ 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?



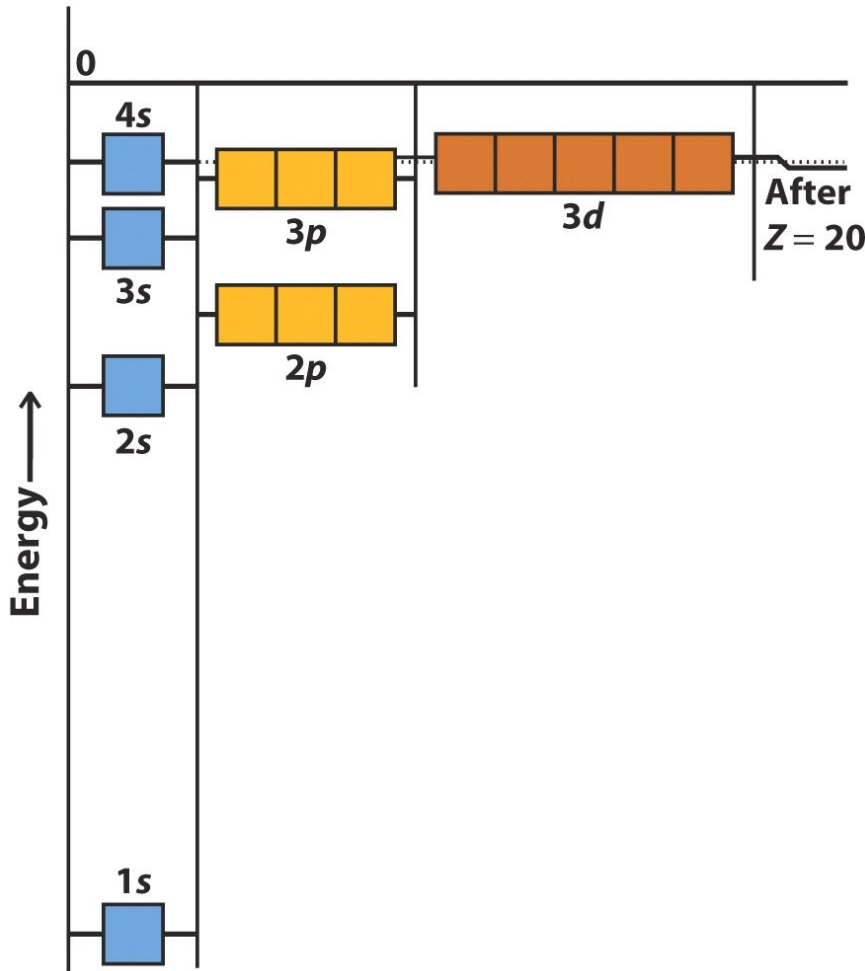
Regra de Hund (1927):

"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.

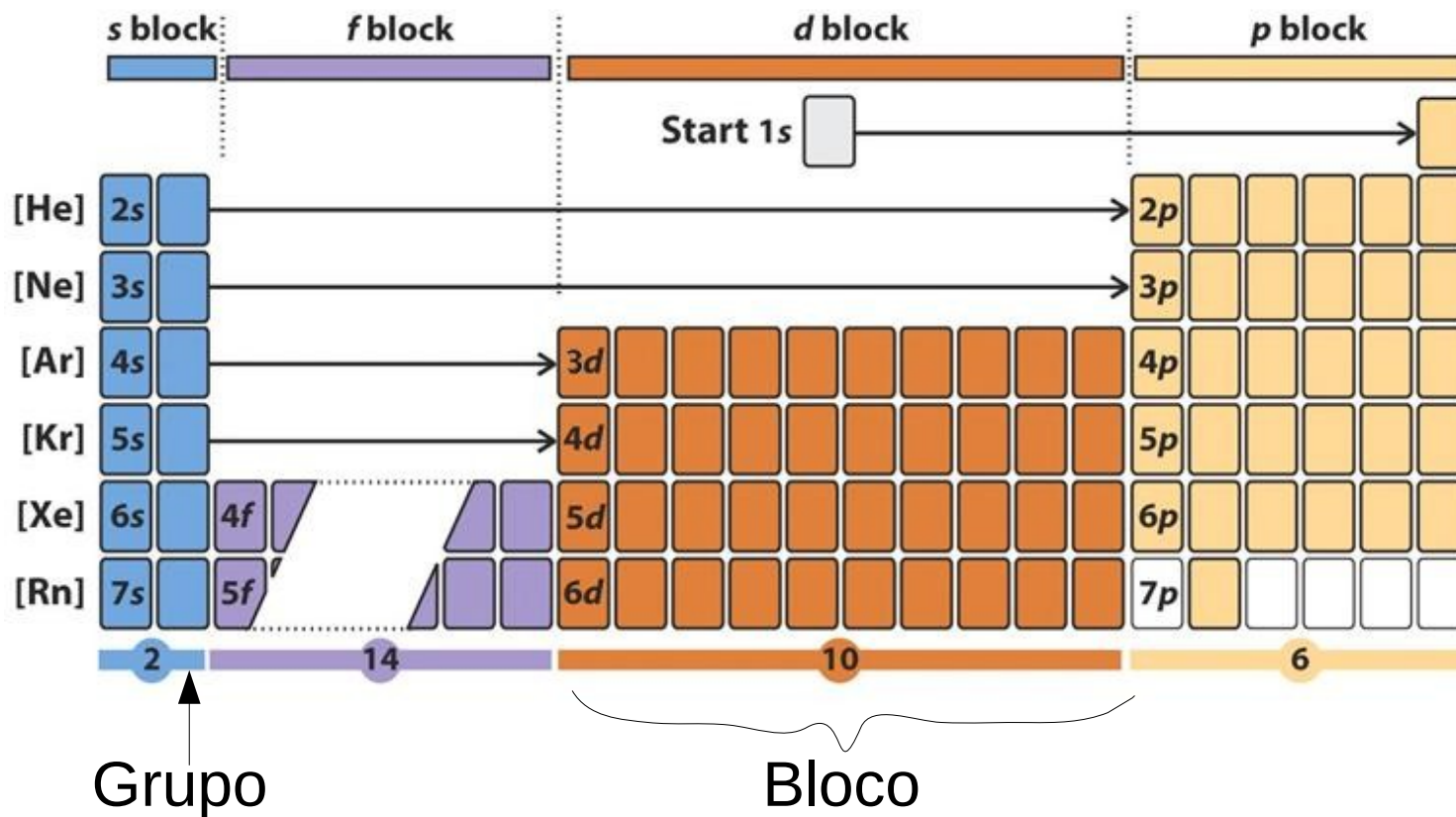
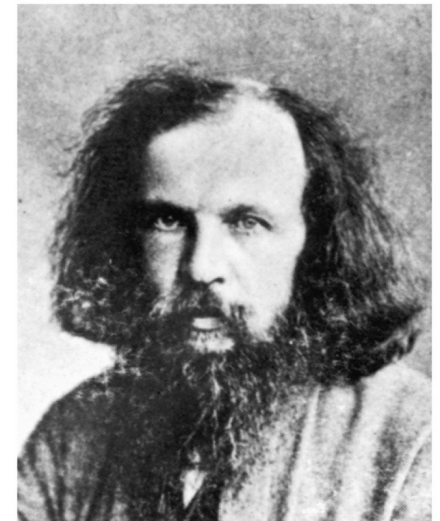
Os **números de elétrons** e “**buracos**” na **camada externa** (de **valência**) determinam as **propriedades químicas** do elemento.

O Sistema periódico

Princípio da Construção (aumentando Z)

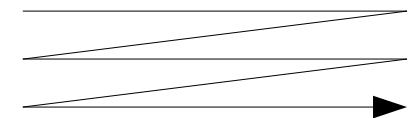
Continuando até o fim

=> 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 www.iupac.org/reports/periodic_table/

IUPAC Periodic Table of the Elements

1																	18
1 H hydrogen 1.007 94(7)																	2 He helium 4.002 602(2)
3 Li lithium 6.941(2)	4 Be beryllium 9.012 182(3)											5 B boron 10.811(7)	6 C carbon 12.0107(8)	7 N nitrogen 14.0067(2)	8 O oxygen 15.9994(3)	9 F fluorine 18.998 4032(5)	10 Ne neon 20.1797(6)
11 Na sodium 22.989 770(2)	12 Mg magnesium 24.3050(6)											13 Al aluminium 26.981 538(2)	14 Si silicon 28.0855(3)	15 P phosphorus 30.973 761(2)	16 S sulfur 32.065(5)	17 Cl chlorine 35.453(2)	18 Ar argon 39.948(1)
19 K potassium 39.0983(1)	20 Ca calcium 40.078(4)	21 Sc scandium 44.955 910(8)	22 Ti titanium 47.867(1)	23 V vanadium 50.9415(1)	24 Cr chromium 51.9961(6)	25 Mn manganese 54.938 049(5)	26 Fe iron 55.845(2)	27 Co cobalt 58.933 200(9)	28 Ni nickel 58.6934(2)	29 Cu copper 63.546(3)	30 Zn zinc 65.409(4)	31 Ga gallium 69.723(1)	32 Ge germanium 72.64(1)	33 As arsenic 74.921 60(2)	34 Se selenium 78.96(3)	35 Br bromine 79.904(1)	36 Kr krypton 83.798(2)
37 Rb rubidium 85.4678(3)	38 Sr strontium 87.62(1)	39 Y yttrium 88.905 85(2)	40 Zr zirconium 91.224(2)	41 Nb niobium 92.906 38(2)	42 Mo molybdenum 95.94(2)	43 Tc technetium [98]	44 Ru ruthenium 101.07(2)	45 Rh rhodium 102.905 50(2)	46 Pd palladium 106.42(1)	47 Ag silver 107.8682(2)	48 Cd cadmium 112.411(8)	49 In indium 114.818(3)	50 Sn tin 118.710(7)	51 Sb antimony 121.760(1)	52 Te tellurium 127.60(3)	53 I iodine 126.904 47(3)	54 Xe xenon 131.293(6)
55 Cs caesium 132.905 45(2)	56 Ba barium 137.327(7)	57-71 lanthanoids	72 Hf hafnium 178.49(2)	73 Ta tantalum 180.9479(1)	74 W tungsten 183.84(1)	75 Re rhenium 186.207(1)	76 Os osmium 190.23(3)	77 Ir iridium 192.217(3)	78 Pt platinum 195.078(2)	79 Au gold 196.966 55(2)	80 Hg mercury 200.59(2)	81 Tl thallium 204.3833(2)	82 Pb lead 207.2(1)	83 Bi bismuth 208.980 38(2)	84 Po polonium [209]	85 At astatine [210]	86 Rn radon [222]
87 Fr francium [223]	88 Ra radium [226]	89-103 actinoids	104 Rf rutherfordium [261]	105 Db dubnium [262]	106 Sg seaborgium [266]	107 Bh bohrium [264]	108 Hs hassium [277]	109 Mt meitnerium [268]	110 Ds darmstadtium [271]	111 Rg roentgenium [272]							
57 La lanthanum 138.9055(2)	58 Ce cerium 140.118(1)	59 Pr praseodymium 140.907 85(2)	60 Nd neodymium 144.24(3)	61 Pm promethium [145]	62 Sm samarium 150.36(3)	63 Eu europium 151.964(1)	64 Gd gadolinium 157.25(3)	65 Tb terbium 158.925 34(2)	66 Dy dysprosium 162.500(1)	67 Ho holmium 164.930 32(2)	68 Er erbium 167.256(3)	69 Tm thulium 168.934 21(2)	70 Yb ytterbium 173.04(3)	71 Lu lutetium 174.967(1)			
89 Ac actinium [227]	90 Th thorium 232.0381(1)	91 Pa protactinium 231.036 88(2)	92 U uranium 238.028 91(3)	93 Np neptunium [237]	94 Pu plutonium [244]	95 Am americium [243]	96 Cm curium [247]	97 Bk berkelium [247]	98 Cf californium [251]	99 Es einsteinium [252]	100 Fm fermium [257]	101 Md mendelevium [258]	102 No nobelium [259]	103 Lr lawrencium [262]			

Key:
atomic number
Symbol
name
standard atomic weight

Séries de
Lantanídeos
e Actinídeos

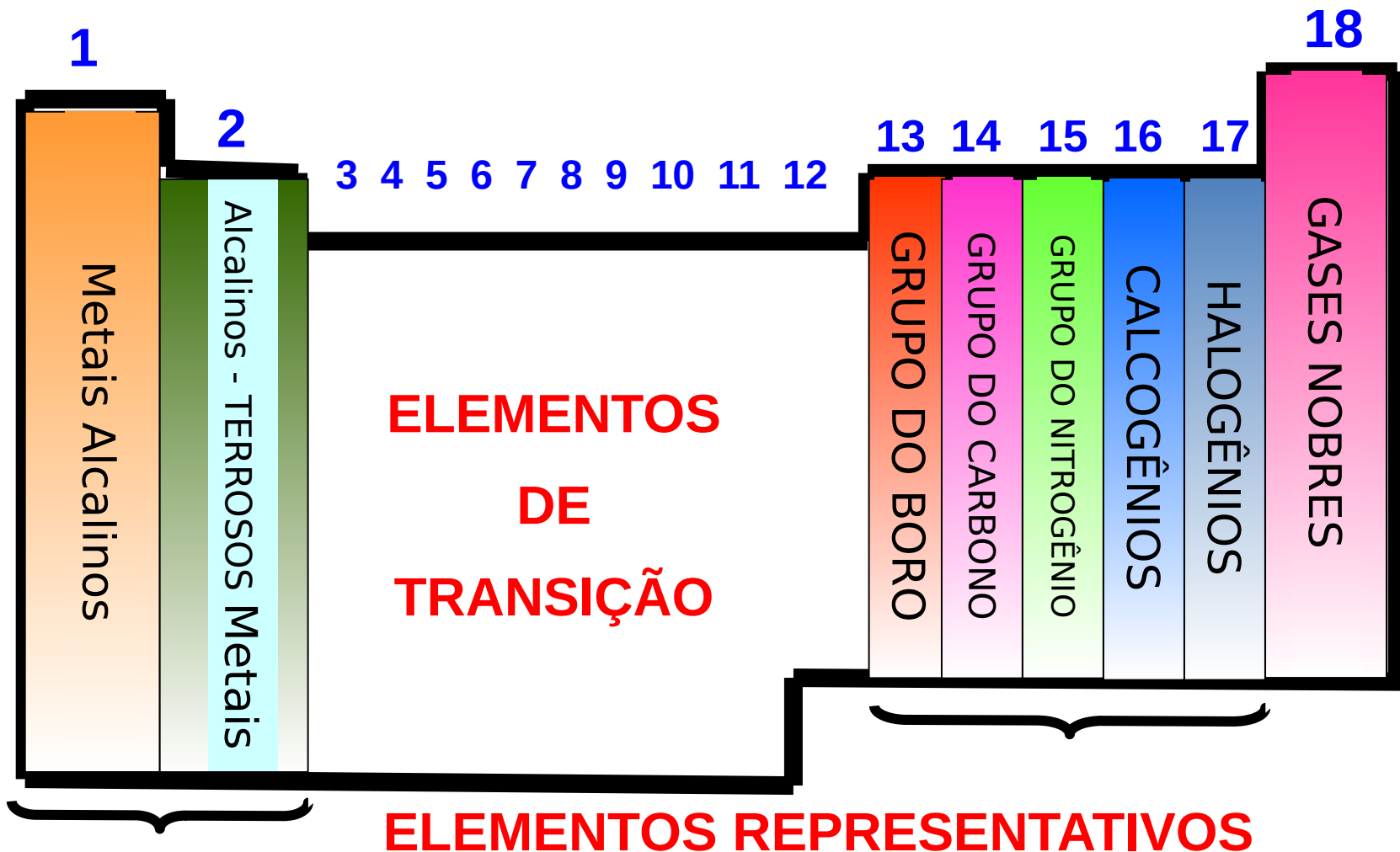
Notes

- "Aluminium" and "caesium" are commonly used alternative spellings for "aluminium" and "caesium."
- IUPAC 2001 standard atomic weights (mean relative atomic masses) are listed with uncertainties in the last figure in parentheses [R. D. Loss, *Pure Appl. Chem.* 75, 1107-1122 (2003)]. These values correspond to current best knowledge of the elements in natural terrestrial sources. For elements that have no stable or long-lived nuclides, the mass number of the nuclide with the longest confirmed half-life is listed between square brackets.
- Elements with atomic numbers 112, 113, 114, 115, and 116 have been reported but not fully authenticated.

O Sistema periódico

Tabela periódica atual

Nomes e Números de diferentes Famílias ou Grupos



O Sistema periódico

Tabela periódica atual

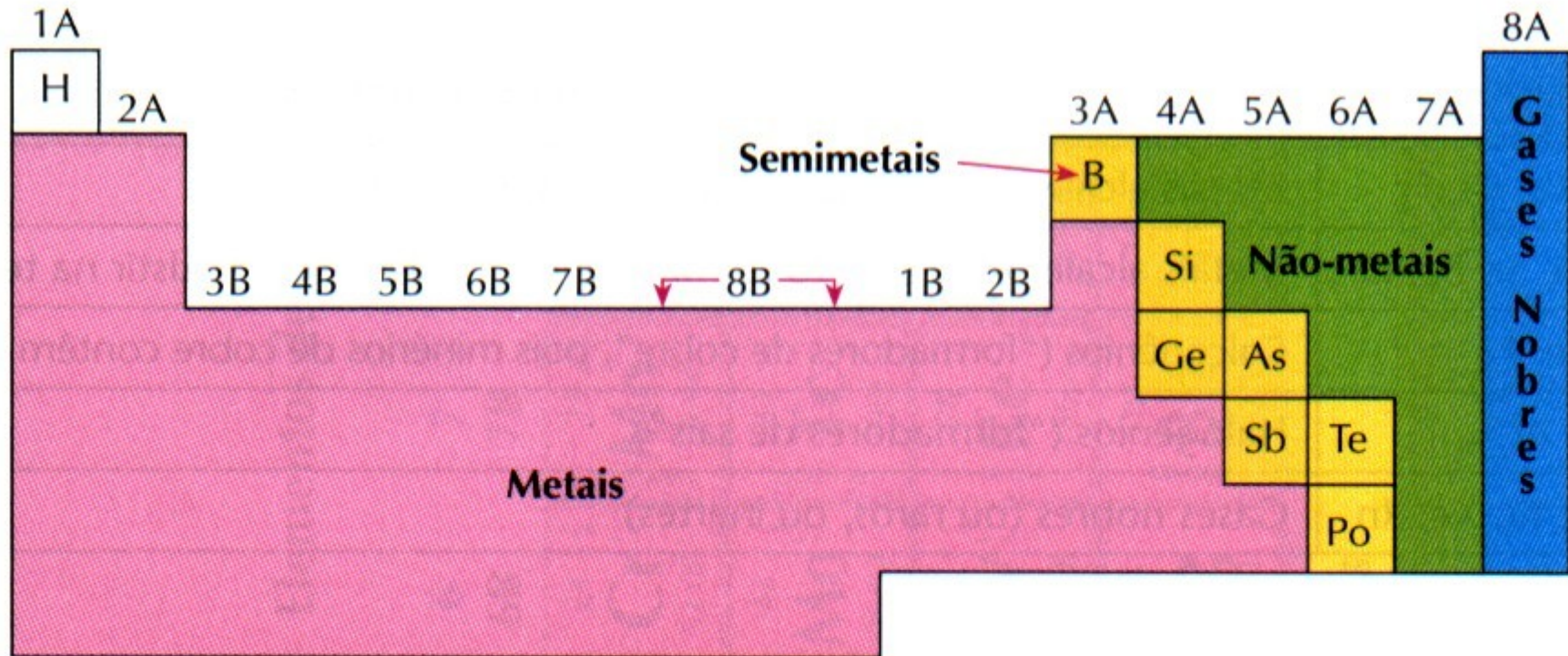
Observações

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

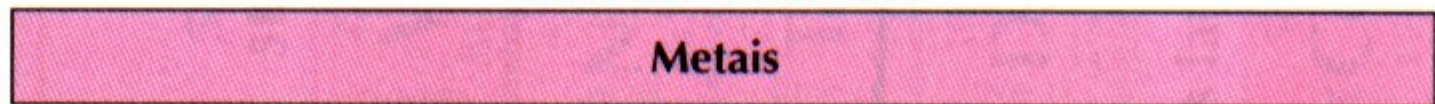
Todos os elementos situados **após** o **urânio** ($Z = 92$) **não** existem na **natureza**, devendo, pois, serem preparados artificialmente. São denominados **elementos transurânicos** (além desses, são também artificiais os elementos tecnécio-43, promécio-61 e astato-85).

O Sistema periódico

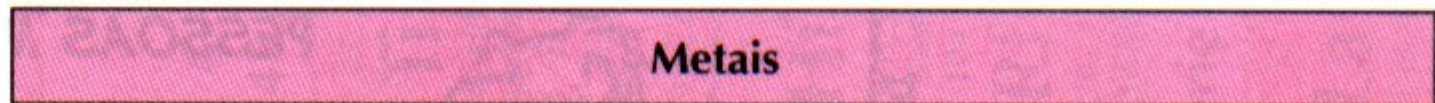
Uma outra maneira de sub-dividir a tabela periódica é por propriedades como **condutividade elétrica** e **térmica**, ...



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

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

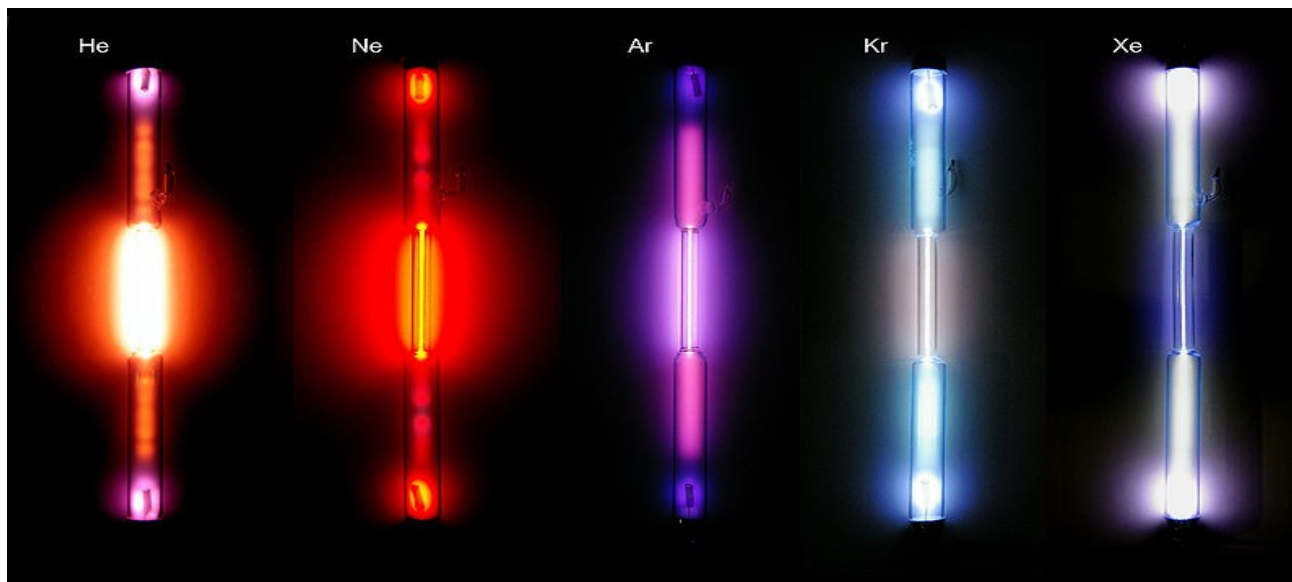


O Sistema periódico

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

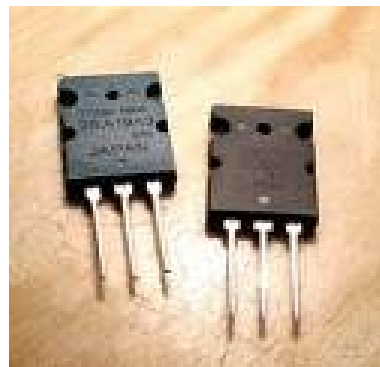
Formam halogenetos covalentes

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

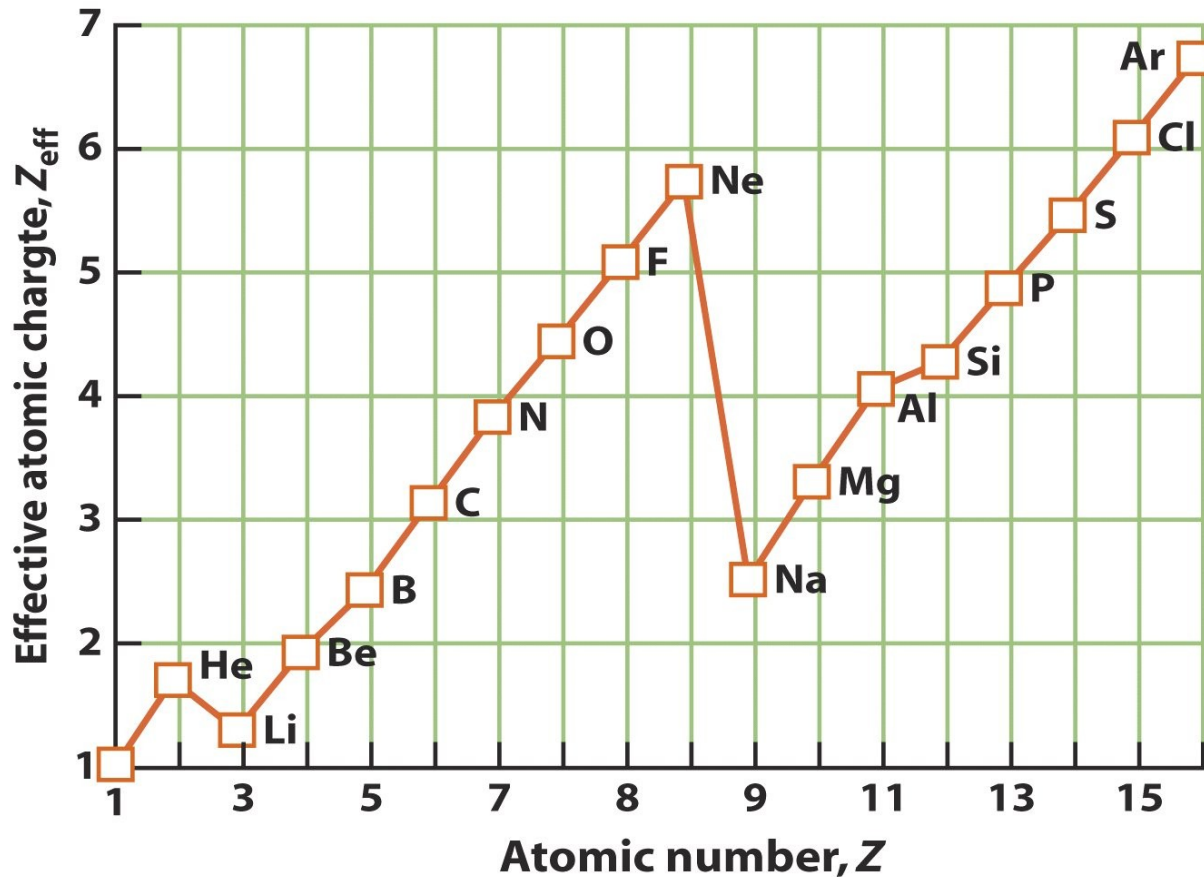
Propriedades Periódicas

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

	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
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

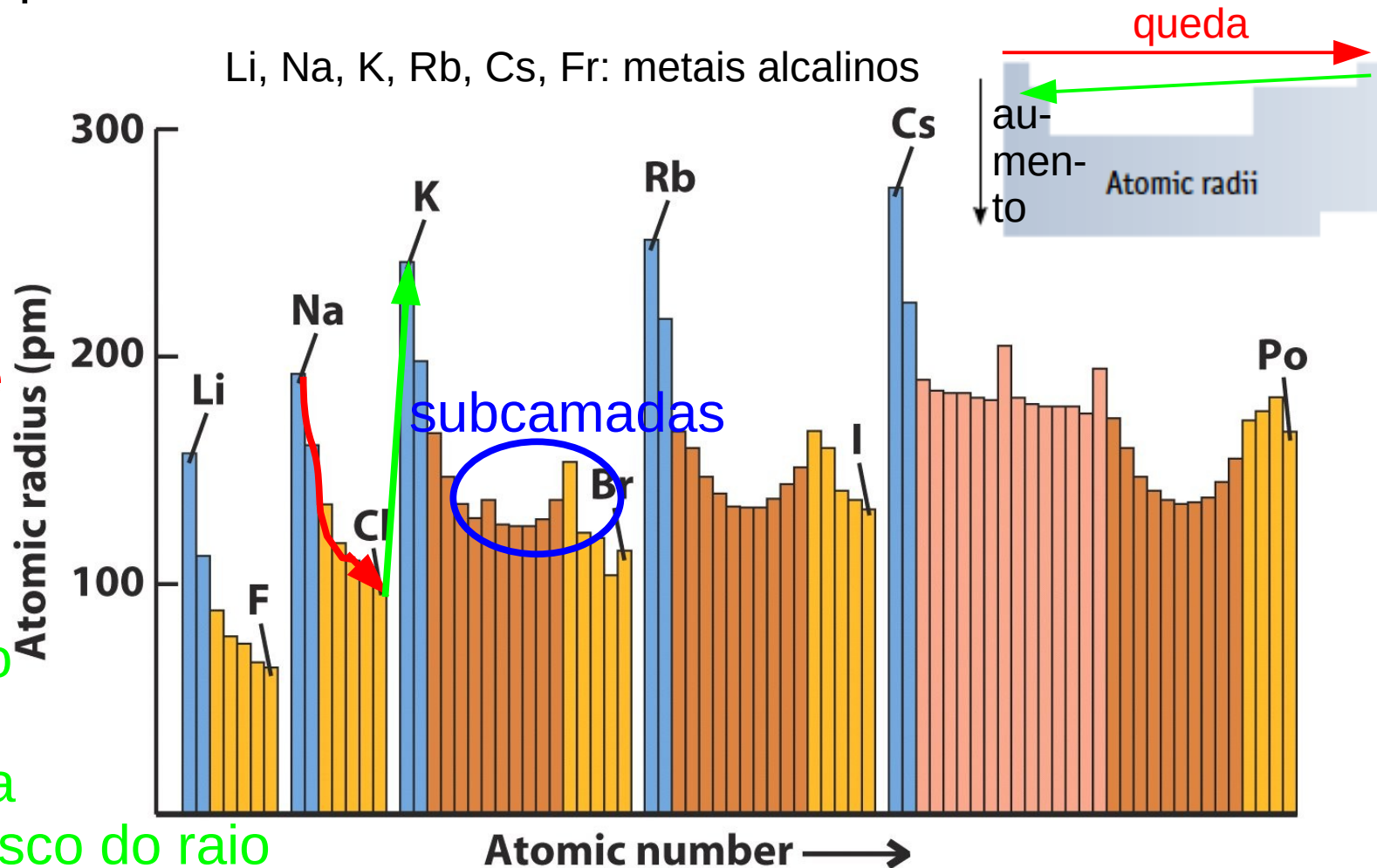
=> carga do núcleo aumenta

=> Os elétrons são atraídos mais fortemente

=> raio diminui

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

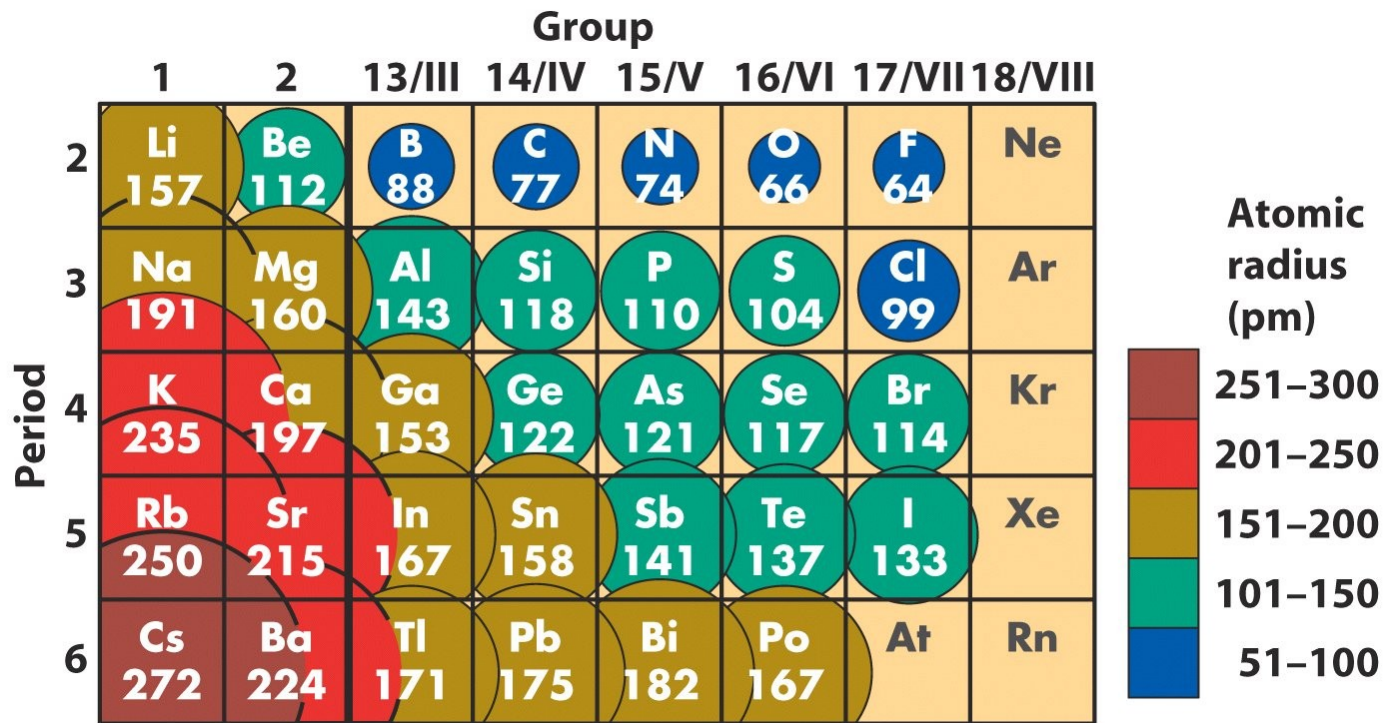
=> aumento brusco do raio



As subestruturas surgem devido às subcamadas.

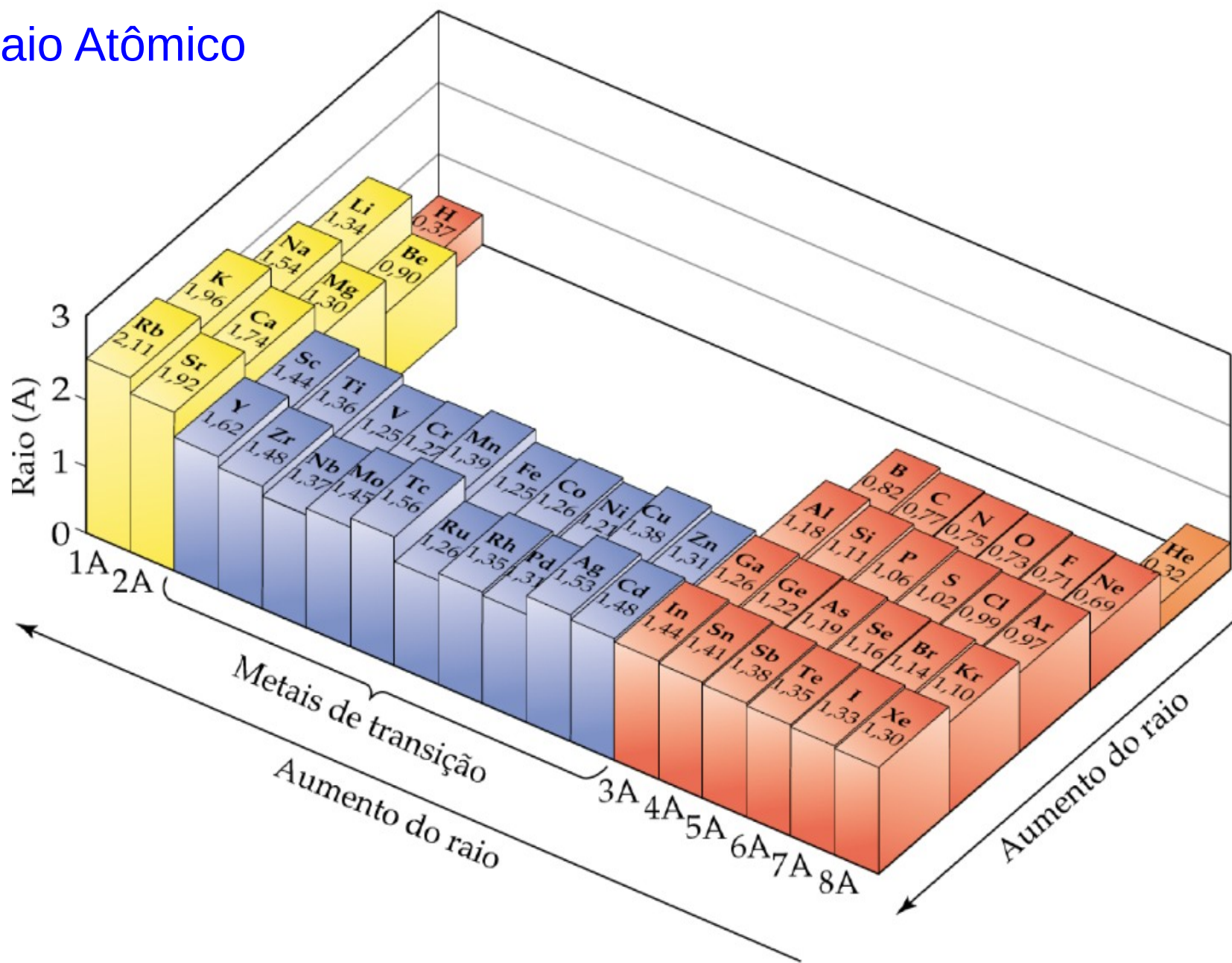
O Sistema periódico

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

Atomic/Ionic Radii

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

O Sistema periódico

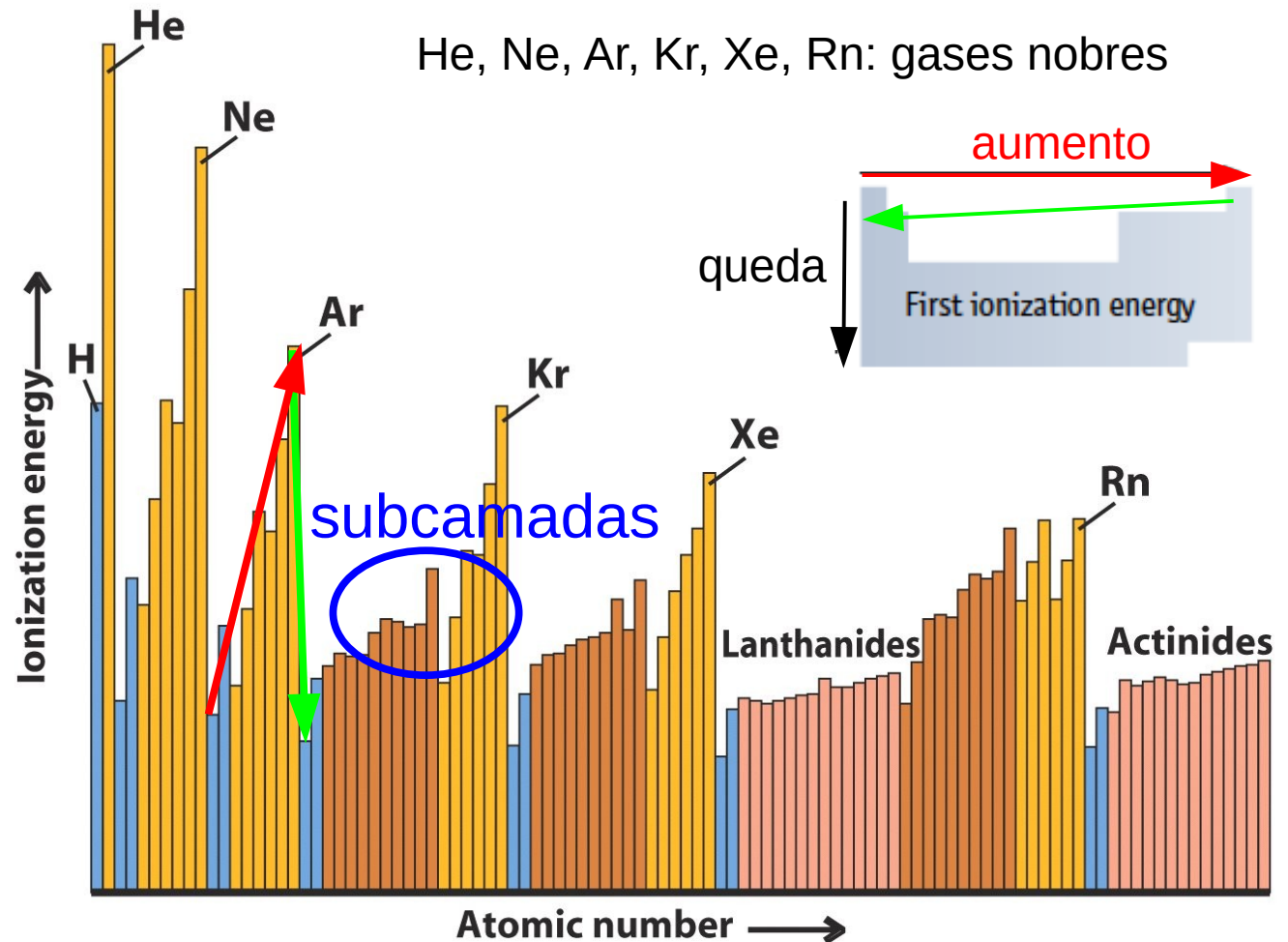
Primeira Energia de Ionização em função do Número Atômico Z
energia requerida para remover um elétron de um átomo em sua fase gasosa

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

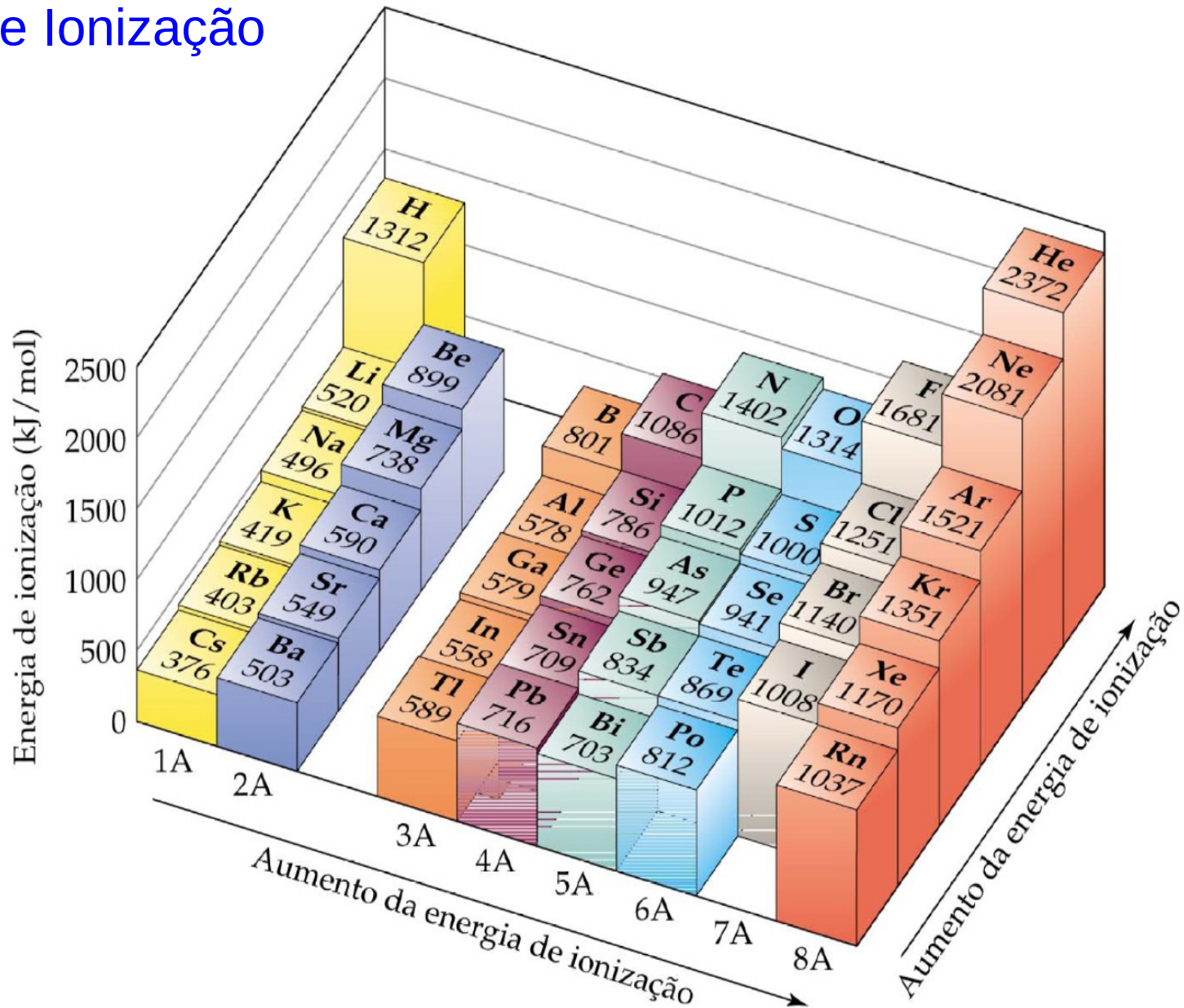
=> muito menos fortemente ligado => Queda brusca de E_i

=> 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}

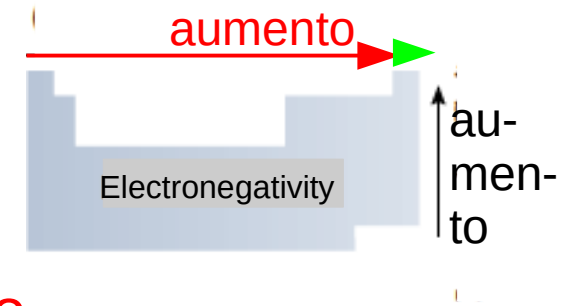
(para um valor negativo, isto é, receber mais um e^- custa energia)
As subestruturas surgem devido às subcamadas.



O Sistema periódico

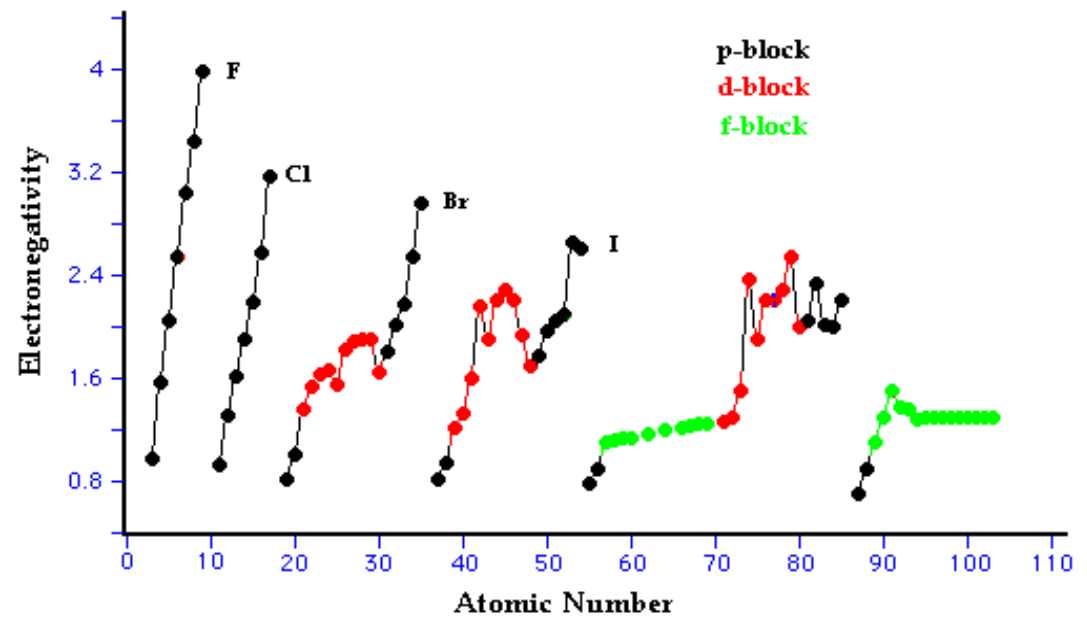
Eletronegatividade

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**.



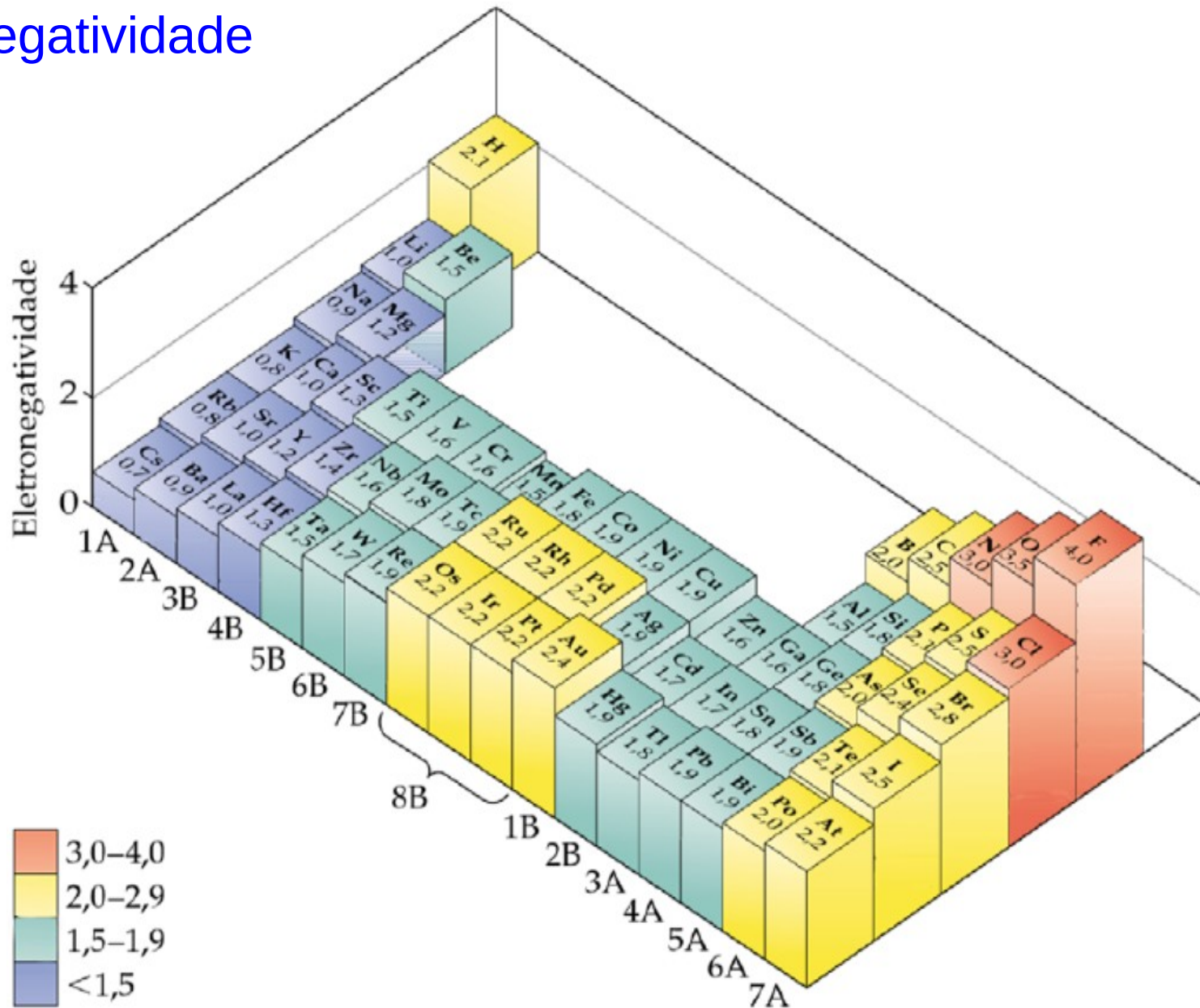
Mostra as **mesmas tendências** que a **energia de ionização** e a **afinidade eletrônica**.

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



O Sistema periódico

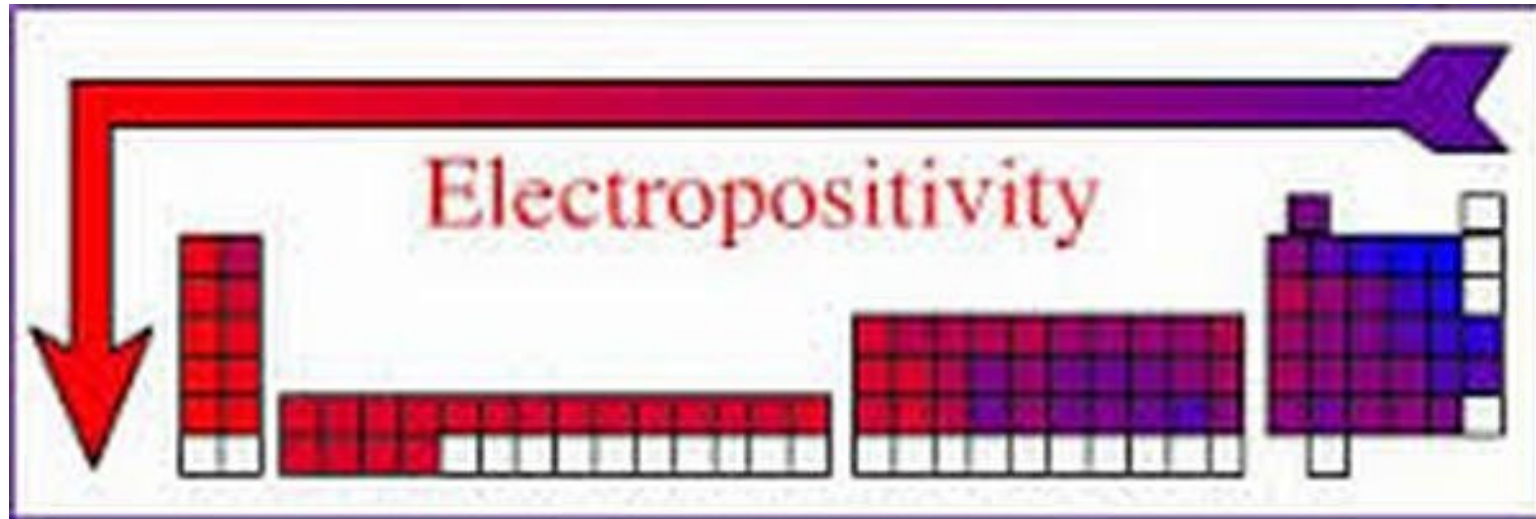
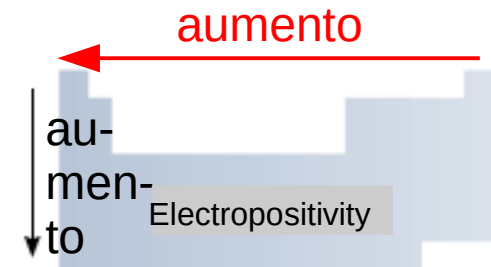
Eletronegatividade



O Sistema periódico

Eletropositividade ou Caráter Metálico

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



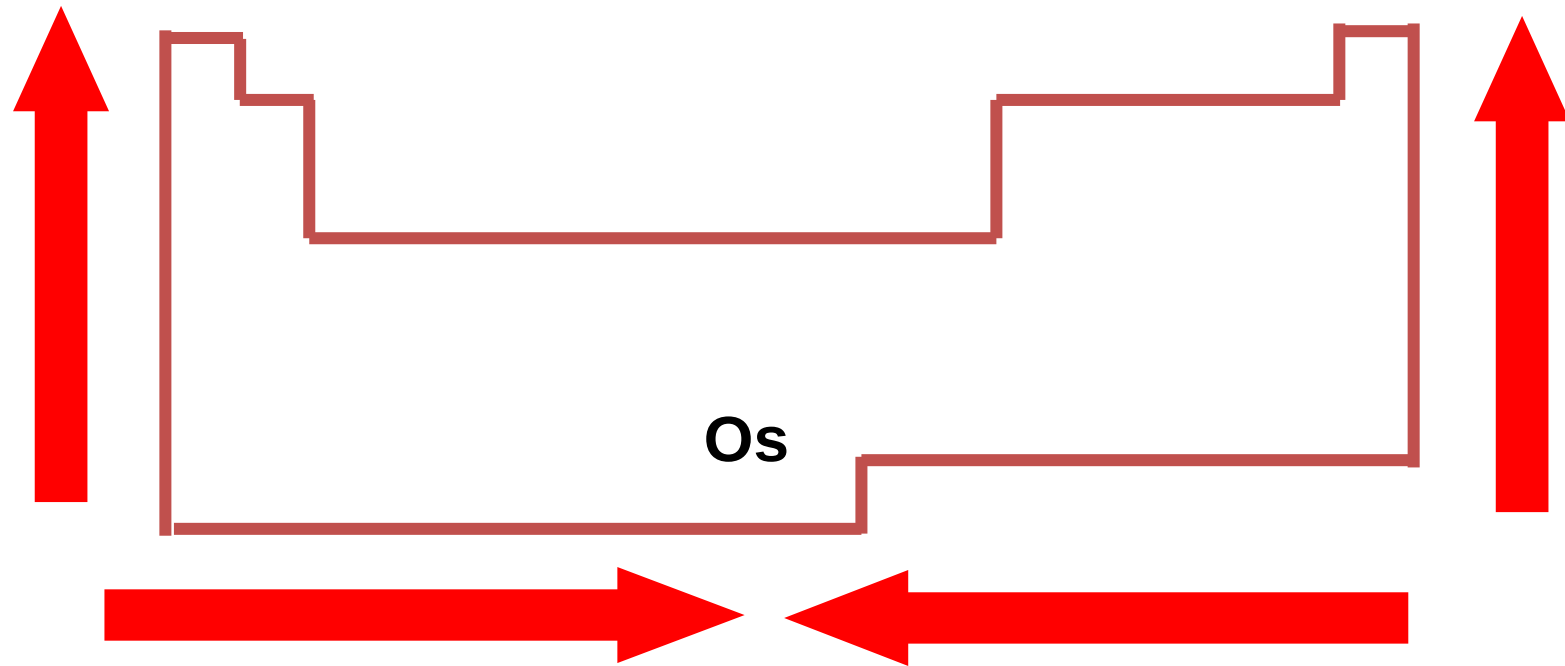
Em geral, elementos com alta eletronegatividade têm baixa eletropositividade, e vice-versa (parece lógico, não?).

O Sistema periódico

Densidade

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

Aumenta na direção das flechas



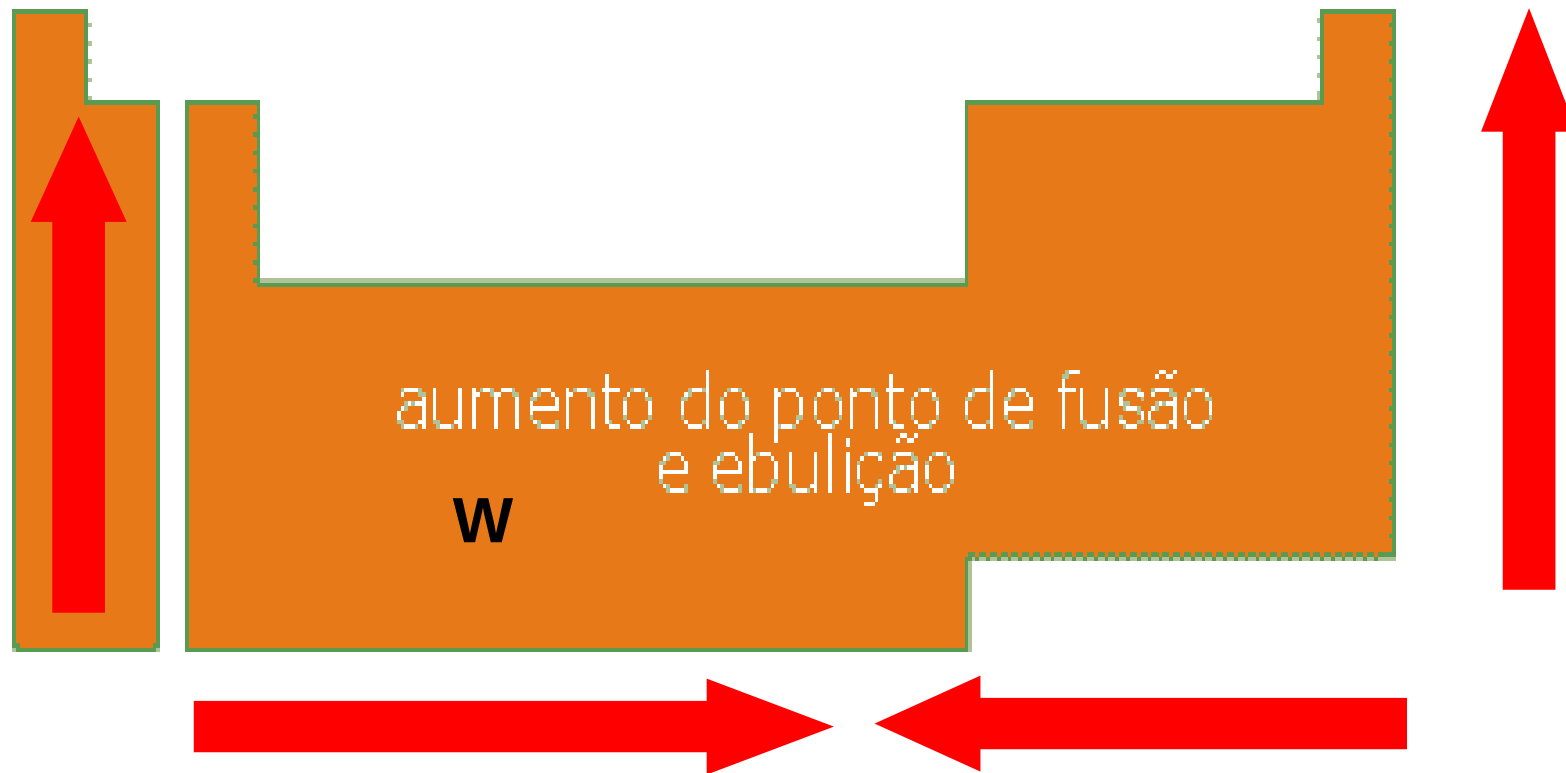
Ósmio (Os) é o elemento mais denso ($22,5 \text{ g cm}^{-3}$)

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}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°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 H Hidrogênio 1,01 g	3 Li Lítio 6,941 s	4 Be Berílio 9,01 s	<ul style="list-style-type: none"> Metais alcalinos Metais alcalino-terrosos Metais de transição Lantanídeos Actinídeos Metais representativos Semi metais Não metais Halogénios Gases nobres 										5 B Boro 10,81 s	6 C Carbono 12,01 s	7 N Nitrogênio 14,01 g	8 O Oxigênio 16,00 s	9 F Fluor 19,00 g	10 Ne Neônio 20,18 g																	
11 Na Sódio 22,99 s	12 Mg Magnésio 24,31 s	13 Al Alumínio 26,98 s	14 Si Silício 28,08 s	15 P Fósforo 30,98 s	16 S Enxofre 32,06 s	17 Cl Cloro 35,45 g	18 Ar Argônio 39,95 g	19 K Potássio 39,10 s	20 Ca Cálcio 39,10 s	21 Sc Escândio 44,96 s	22 Ti Titânio 47,87 s	23 V Vanádio 50,94 s	24 Cr Cromo 52,00 s	25 Mn Manganês 54,94 s	26 Fe Ferro 55,85 s	27 Co Cobalto 58,93 s	28 Ni Níquel 58,69 s	29 Cu Cobre 63,55 s	30 Zn Zinco 65,38 s	31 Ga Gálio 69,723 s	32 Ge Germânio 72,63 s	33 As Arsênio 74,92 s	34 Se Selênio 78,96 s	35 Br Bromo 79,904 g	36 Kr Cripton 83,80 g										
37 Rb Rubídio 85,47 s	38 Rb Estrôncio 87,62 s	39 Y Ítrio 88,91 s	40 Zr Zircônio 91,22 s	41 Nb Níbio 92,91 s	42 Mo Molibdênio 95,96 s	43 Tc Técnicio (98) d	44 Ru Rútenio 101,07 s	45 Rh Ródio 102,91 s	46 Pd Paládio 106,42 s	47 Ag Prata 107,87 s	48 Cd Cádmio 112,41 s	49 In Índio 114,82 s	50 Sn Estanho 118,71 s	51 Sb Antimônio 121,76 s	52 Te Telúrio 127,6 s	53 I Iodo 126,90 g	54 Xe Xenônio 131,30 g	55 Cs Césio 132,91 s	56 Ba Bário 137,33 s	57-71 * Lantanídeos	72 Hf Háfnio 178,49 s	73 Ta Tântalo 180,95 s	74 W Wolfrâmio 183,84 s	75 Re Rênio 186,21 s	76 Os Osmio 190,23 s	77 Ir Írídio 192,22 s	78 Pt Platina 195,08 s	79 Au Ouro 196,97 s	80 Hg Mercúrio 200,59 l	81 Tl Telúrio 204,38 s	82 Pb Chumbo 207,2 s	83 Bi Bismuto 208,98 s	84 Po Polônio (209) s	85 At Astato (210) s	86 Rn Radônio (222) g
87 Fr Frâncio 223 s	88 Ra Rádio 226 s	89-103 ** Actinídeos	104 Rf Rutherfordório (267) d	105 Db Dubnônio (268) d	106 Sg Seaborgônio (271) d	107 Bh Bohrônio (272) d	108 Hs Hássio (270) d	109 Mt Meitnônio (276) d	110 Ds Darmstádio (281) d	111 Rg Roentgênio (280) d	112 Cn Copernício (285) d	113 Uut Ununtrônio (284) d	114 Fl Florêncio (289) d	115 Uup Ununpântio (288) d	116 Lv Livermório (293) d	117 Uus Ununseptônio (294) d	118 Uuo Ununoctônio (294) 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 La Lantânio 138,91 s	58 Ce Cério 140,12 s	59 Pr Praseodímio 140,90 s	60 Nd Néodímio 144,24 s	61 Pm Promécio (145) d	62 Sm Samarco 150,36 s	63 Eu Európio 151,97 s	64 Gd Gadolínio 157,25 s	65 Tb Térbio 158,93 s	66 Dy Dísprósio 162,5 s	67 Ho Hólmio 164,93 s	68 Er Érbio 167,259 s	69 Tm Tulio 168,93 s	70 Yb Ítrio 173,05 s	71 Lu Lúcio 174,97 s
89 Ac Actínio (227) s	90 Th Tório 232,04 s	91 Pa Protactínio 231,01 s	92 U Urânio 238,01 s	93 Np Neptúnio (237) s	94 Pu Plutônio (244) d	95 Am Americó (243) d	96 Cm Cúrio (247) d	97 Bk Bérbio (247) d	98 Cf Califórnio (251) d	99 Es Einsteinio (257) d	100 Fm Férmio (257) d	101 Md Mendelevio (258) d	102 No Nobelio (259) d	103 Lr Lawrêncio (262) d

O Sistema periódico

THE ELEMENTS

 H 1 1.008 Hydrogen																	 He 2 4.0026 Helium																
 Li 3 6.941 Lithium	 Be 4 9.0122 Beryllium																	 B 5 10.811 Boron	 C 6 12.011 Carbon	 N 7 14.007 Nitrogen	 O 8 15.999 Oxygen	 F 9 18.998 Fluorine	 Ne 10 20.180 Neon										
 Na 11 22.990 Sodium	 Mg 12 24.305 Magnesium																	 Al 13 26.982 Aluminum	 Si 14 28.086 Silicon	 P 15 30.974 Phosphorus	 S 16 32.065 Sulfur	 Cl 17 35.453 Chlorine	 Ar 18 39.948 Argon										
 K 19 39.098 Potassium	 Ca 20 40.078 Calcium	 Sc 21 44.956 Scandium	 Ti 22 47.883 Titanium	 V 23 50.942 Vanadium	 Cr 24 52.004 Chromium	 Mn 25 54.938 Manganese	 Fe 26 55.845 Iron	 Co 27 58.933 Cobalt	 Ni 28 58.693 Nickel	 Cu 29 63.546 Copper	 Zn 30 65.38 Zinc	 Ga 31 69.723 Gallium	 Ge 32 72.631 Germanium	 As 33 74.922 Arsenic	 Se 34 78.96 Selenium	 Br 35 79.904 Bromine	 Kr 36 83.80 Krypton																
 Rb 37 85.468 Rubidium	 Sr 38 87.62 Strontium	 Y 39 88.906 Yttrium	 Zr 40 91.224 Zirconium	 Nb 41 92.906 Niobium	 Mo 42 95.94 Molybdenum	 Tc 43 98 Technetium	 Ru 44 101.07 Ruthenium	 Rh 45 102.91 Rhodium	 Pd 46 106.42 Palladium	 Ag 47 107.87 Silver	 Cd 48 112.41 Cadmium	 In 49 114.82 Indium	 Sn 50 118.71 Tin	 Sb 51 121.76 Antimony	 Te 52 127.6 Tellurium	 I 53 126.91 Iodine	 Xe 54 131.29 Xenon																
 Cs 55 132.91 Cesium	 Ba 56 137.33 Barium	 La 57 138.91 Lanthanum	 Ce 58 140.12 Cerium	 Pr 59 140.91 Praseodymium	 Nd 60 144.24 Neodymium	 Pm 61 145 Promethium	 Sm 62 150.36 Samarium	 Eu 63 151.96 Europium	 Gd 64 157.25 Gadolinium	 Tb 65 158.93 Terbium	 Dy 66 162.50 Dysprosium	 Ho 67 164.93 Holmium	 Er 68 167.26 Erbium	 Tm 69 168.93 Thulium	 Yb 70 173.05 Ytterbium	 Lu 71 174.97 Lutetium	 Ra 88 226 Radium	 Fr 87 223 Francium	 Rf 104 261 Rutherfordium	 Db 105 262 Dubnium	 Sg 106 263 Seaborgium	 Bh 107 264 Bohrium	 Hs 108 265 Hassium	 Mt 109 266 Meitnerium	 Ds 110 268 Darmstadtium	 Rg 111 269 Roentgenium	 Cn 112 277 Copernicium	 Nh 113 278 Nihonium	 Fl 114 289 Flerovium	 Mc 115 288 Moscovium	 Lv 116 293 Livermorium	 Ts 117 289 Tennessine	 Og 118 294 Oganesson
Radioactive elements Photographs show samples of the pure or nearly pure element except as follows: At, Rn, Fr, Ac, Pa, Pu, and Np show radioactive materials containing invisible tracers of the element. Po, Ra, Th, Pa, and Am show artificial objects containing invisible amounts of the element. Technetium shows a 52-99 beta scan. Hydrogen shows a Molecule Space Telescope image of the Eagle Nebula, which is nearly invisible. He-11 shows the profile of a planet when the element is named. 112-118 had not been named yet in 2009. Poster and photography by Theodore W. Gray and Nick Mann. All images Copyright © 2009 Pearson. All Gray matter on bottom. © Pearson Education, Inc. All Rights Reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or by any information storage and retrieval system, without permission in writing from Pearson Education, Inc. Other sizes of this poster: periodictable.com Real samples like these: element-collection.com		 La 57 138.91 Lanthanum	 Ce 58 140.12 Cerium	 Pr 59 140.91 Praseodymium	 Nd 60 144.24 Neodymium	 Pm 61 145 Promethium	 Sm 62 150.36 Samarium	 Eu 63 151.96 Europium	 Gd 64 157.25 Gadolinium	 Tb 65 158.93 Terbium	 Dy 66 162.50 Dysprosium	 Ho 67 164.93 Holmium	 Er 68 167.26 Erbium	 Tm 69 168.93 Thulium	 Yb 70 173.05 Ytterbium	 Lu 71 174.97 Lutetium	<p>On the other side of this poster you will find a version with smaller pictures but with detailed technical data on each of the elements, plus trend plots.</p> <p>More images and complete technical data can be found at periodictable.com</p>																
 Ac 89 227 Actinium	 Th 90 232 Thorium	 Pa 91 231 Protactinium	 U 92 238 Uranium	 Np 93 237 Neptunium	 Pu 94 244 Plutonium	 Am 95 243 Americium	 Cm 96 247 Curium	 Bk 97 247 Berkelium	 Cf 98 251 Californium	 Es 99 252 Einsteinium	 Fm 100 257 Fermium	 Md 101 258 Mendelevium	 No 102 259 Nobelium	 Lr 103 260 Lawrencium																			

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 $+Ze + Z(-e) = 0$.

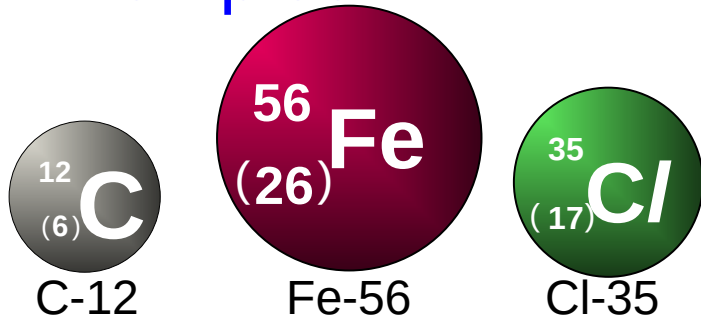
Os Elementos

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 ⁺	no. e ⁻
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 ⁺	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 ⁺	N	A
⁴⁰ Ca ou Ca-40 ou cálcio-40	20	20	20	40
⁴⁰ 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 ⁺	N	A
⁴⁰ Ca ou Ca-40 ou cálcio-40	20	20	20	40
³⁹ K ou K-39 ou potássio-39	19	19	20	39

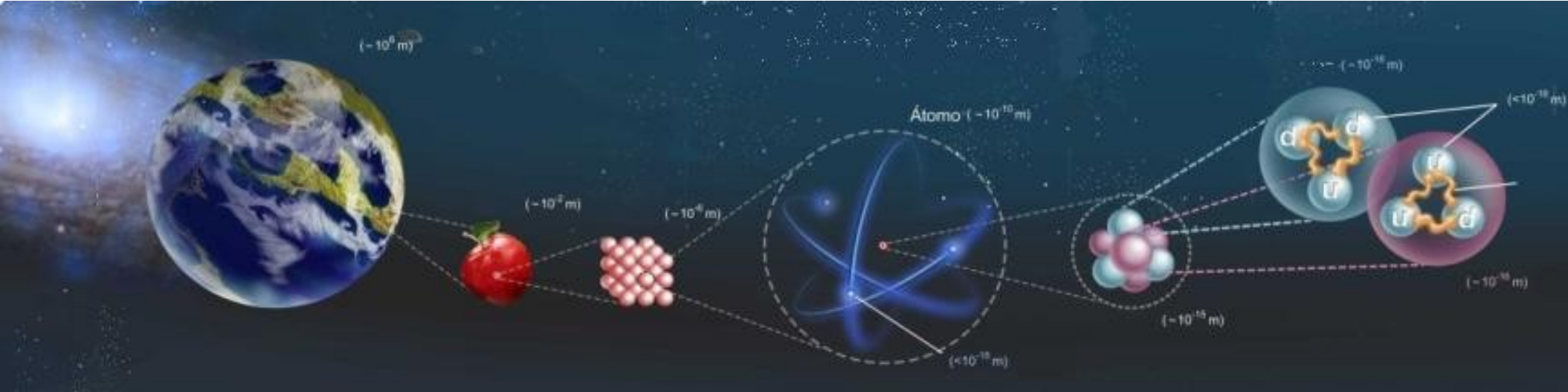
Os Elementos

Elementos Isoeletrônicos

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

Exemplo

Nome	Z	no. p^+	N	A	no. e^-
Na ⁺	11	11	12	23	10
O ²⁻	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>