

# Propriedades Periódicas

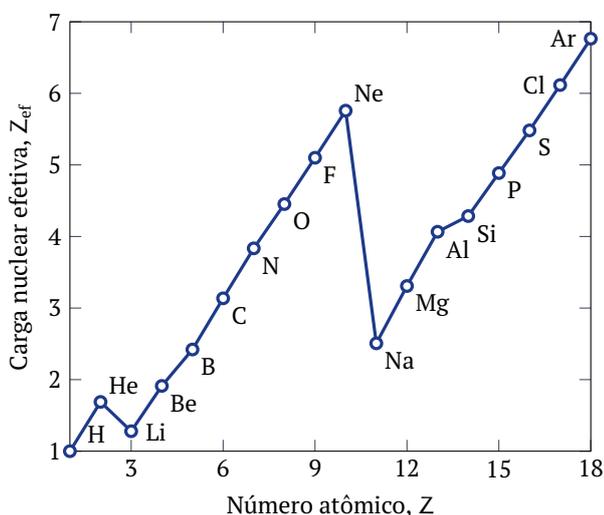
Gabriel Braun



<b>1D.1 O raio atômico</b>	<b>1</b>
1D.1a O raio atômico .....	1
1D.1b O raio iônico .....	2
<b>1D.2 A energia de ionização e a afinidade eletrônica</b>	<b>3</b>
1D.2a A energia de ionização .....	3
1D.2b A afinidade eletrônica .....	4
<b>1D.3 As propriedades dos elementos</b>	<b>5</b>
1D.3a O efeito do par inerte .....	5
1D.3b As relações diagonais .....	5
1D.3c As propriedades gerais dos elementos .....	6

## 1D.1 O raio atômico

A Tabela Periódica pode ser usada na predição de inúmeras propriedades, muitas das quais são cruciais para a compreensão da química. A variação da carga nuclear efetiva,  $Z_{ef}$ , na Tabela Periódica tem papel importante na explicação das tendências da periodicidade, porque ela influencia as energias e as posições dos elétrons nas camadas de valência dos átomos. A Fig. 1D.1 mostra a variação da carga efetiva nos três primeiros períodos. Ela cresce da esquerda para a direita em cada período e cai rapidamente na passagem de um período para o outro.



**FIG. 1D.1** Variação da carga nuclear efetiva do elétron de valência mais externo com o número atômico. Observe que a carga nuclear efetiva aumenta da esquerda para a direita no período, mas cai quando o elétron mais externo ocupa uma nova camada.

### PONTO PARA PENSAR

Como a carga nuclear efetiva pode afetar as propriedades atômicas, como o tamanho do átomo ou a facilidade com que um elétron externo pode ser removido?

## 1D.1a O raio atômico

As nuvens de elétrons não têm fronteiras bem definidas, logo, não é possível medir o raio exato de um átomo. Entretanto, a densidade eletrônica de átomos polieletrônicos cai muito rápido na *fronteira* do átomo e, quando os átomos se empacotam para formar sólidos ou se unem para formar moléculas, seus centros encontram-se em distâncias bem definidas uns dos outros. O raio **atômico** de um elemento é definido como a metade da distância entre os núcleos de átomos vizinhos. Logo:

- Se o elemento é um metal, o raio atômico é a metade da distância entre os centros de átomos vizinhos em uma amostra sólida.

Por exemplo, como a distância entre os núcleos vizinhos do cobre sólido é 256 pm, o raio atômico do cobre é 128 pm.

- Se o elemento é um não metal ou um metaloide, usamos a distância entre os núcleos de átomos unidos por uma ligação química. Esse raio é também chamado de raio covalente do elemento, por razões que ficarão claras no Tópico 1E.

Como exemplo, a distância entre os núcleos de uma molécula de  $\text{Cl}_2$  é 198 pm; logo, o raio covalente do cloro é 99 pm.

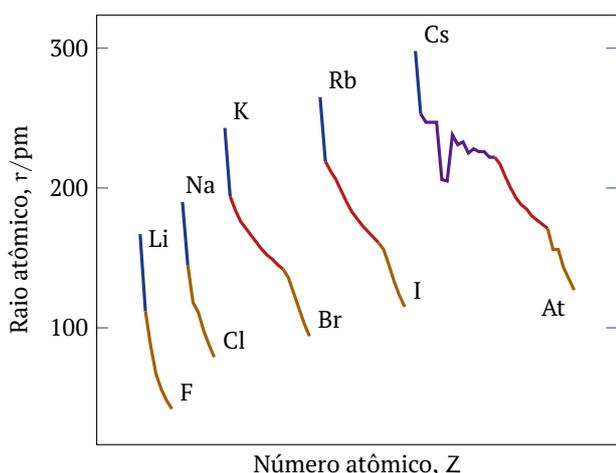
Se o elemento é um gás nobre, usa-se o raio de **van der Waals**, a metade da distância entre os centros de átomos vizinhos em uma amostra do gás solidificado.

Como os átomos de uma amostra de gás nobre não estão ligados quimicamente, os raios de van der Waals são, em geral, muito maiores do que os raios covalentes e é melhor não incluí-los em nossa discussão das tendências de periodicidade.

	1	2	13	14	15	16	17
2	Li 167	Be 112	B 87	C 67	N 56	O 48	F 42
3	Na 190	Mg 145	Al 118	Si 111	P 98	S 88	Cl 79
4	K 243	Ca 194	Ga 136	Ge 125	As 114	Se 103	Br 94
5	Rb 265	Sr 219	In 156	Sn 145	Sb 133	Te 123	I 115
6	Cs 298	Ba 253	Tl 156	Pb 154	Bi 143	Po 135	I 127

**FIG. 1D.2** Os raios atômicos (em picômetros) dos elementos do grupo principal. Eles decrescem da esquerda para a direita em um período e crescem de cima para baixo em um grupo.

A Fig. 1D.2 mostra os raios atômicos de alguns elementos do grupo principal e a Fig. 1D.3 mostra a variação do raio atômico com o número atômico. Observe o padrão denteado. O importante é lembrar que:



**FIG. 1D.3** Variação periódica dos raios atômicos dos elementos. A variação em um período pode ser explicada pelo efeito do aumento da carga nuclear efetiva. A variação no grupo pode ser explicada pela ocupação das camadas, com o aumento do número quântico principal.

- O raio atômico geralmente diminui da esquerda para a direita ao longo de um período e aumenta com o valor de  $n$  em cada grupo.

O aumento do raio atômico em cada grupo, como do Li para o Cs, por exemplo, faz sentido: a cada novo período, os elétrons mais externos ocupam as camadas com número quântico principal maior e, portanto, estão mais distantes do núcleo. A diminuição em cada período, como do Li para o Ne, por exemplo, é surpreendente a princípio, porque o número de elétrons aumenta com o número de prótons. A explicação é que os novos elétrons estão na mesma camada e estão tão próximos do núcleo como os demais elétrons da mesma camada, no entanto, como eles estão espalhados na camada, a blindagem dos elétrons uns sobre os outros contra a carga nuclear não é muito eficiente, assim, a carga nuclear efetiva cresce ao longo do período. A maior carga nuclear efetiva atrai os elétrons. Como resultado, o átomo é mais compacto e vemos uma tendência diagonal para os raios atômicos crescerem da direita superior da Tabela Periódica para a esquerda inferior.

*Os raios atômicos geralmente decrescem da esquerda para a direita em cada período devido ao aumento do número atômico efetivo e crescem em cada grupo quando camadas sucessivas são ocupadas.*

### 1D.1b O raio iônico

Os raios dos íons são muito diferentes dos raios dos átomos que lhes dão origem. Em um sólido iônico, cada íon está rodeado de íons de carga oposta. O raio iônico de um elemento é sua parte da distância entre íons vizinhos em um sólido iônico. Em outras palavras, a distância entre os centros de um cátion e um ânion vizinhos é a soma dos dois raios iônicos. Na prática, o raio do íon óxido é estimado em 140 pm e calculamos o raio dos outros íons com base nesse valor.

A Fig. 1D.4 mostra as tendências de periodicidade dos raios iônicos. Todos os cátions são menores do que os átomos originais, porque os átomos perdem seus elétrons de valência para formar o cátion e expõem sua camada interna, que, geralmente, é muito menor do que o átomo neutro. Os átomos no mesmo grupo tendem a formar íons com cargas iguais. Como no caso dos raios atômicos, os raios dos cátions crescem em cada grupo, porque os elétrons ocupam camadas com números quânticos principais sucessivamente maiores.

	1	2	13	14	15	16	17
2	Li <sup>+</sup> 76	Be <sup>2+</sup> 45	B <sup>3+</sup> 23	C	N <sup>3-</sup> 171	O <sup>2-</sup> 140	F <sup>-</sup> 133
3	Na <sup>+</sup> 102	Mg <sup>2+</sup> 72	Al <sup>3+</sup> 54	Si	P <sup>3-</sup> 212	S <sup>2-</sup> 184	Cl <sup>-</sup> 181
4	K <sup>+</sup> 138	Ca <sup>2+</sup> 100	Ga <sup>3+</sup> 62	Ge	As <sup>3-</sup> 222	Se <sup>2-</sup> 198	Br <sup>-</sup> 196
5	Rb <sup>+</sup> 152	Sr <sup>2+</sup> 118	In <sup>3+</sup> 80	Sn	Sb	Te <sup>2-</sup> 221	I <sup>-</sup> 220
6	Cs <sup>+</sup> 167	Ba <sup>2+</sup> 135	Tl <sup>3+</sup> 89	Pb	Bi	Po	At

**FIG. 1D.4** Raios iônicos (em picômetros) dos íons dos elementos do grupo principal. Observe que os cátions são, em geral, menores do que os átomos de origem, enquanto os ânions são maiores – e, em alguns casos, muito maiores.

Os ânions são maiores do que os átomos que lhes deram origem. Isso pode ser atribuído ao aumento do número de elétrons da camada de valência do ânion e aos efeitos de repulsão que os elétrons exercem uns sobre os outros. A variação dos raios dos ânions mostra a mesma tendência diagonal observada nos átomos e nos cátions, com os menores no extremo superior à direita da Tabela Periódica, perto do flúor.

- Os cátions são menores do que os átomos de origem, enquanto os ânions são maiores.

Os átomos e íons que têm o mesmo número de elétrons são chamados de isoeletrônicos. Por exemplo, Na<sup>+</sup>, F<sup>-</sup> e Mg<sup>2+</sup> são isoeletrônicos. Esses três íons têm a mesma configuração eletrônica, [He] 2s<sup>2</sup>2p<sup>6</sup>, porém seus raios são diferentes porque eles têm cargas nucleares diferentes. O íon Mg<sup>2+</sup> tem a maior carga nuclear, logo, a atração do núcleo sobre os elétrons é maior e, portanto, ele tem o menor raio. O íon F<sup>-</sup> tem a menor carga nuclear dentre os três íons isoeletrônicos e, como resultado, tem o maior raio.

#### EX. 1D.1 Comparação do tamanho de íons

**Ordene** cada um dos pares de íons em função de seu raio.

- a. Mg<sup>2+</sup> e Ca<sup>2+</sup>                      b. O<sup>2-</sup> e F<sup>-</sup>

**Etapa 1. (a)** Os íons Mg<sup>2+</sup> e Ca<sup>2+</sup> possuem a mesma carga. Compare a posição do magnésio e do cálcio na Tabela periódica.

O Mg está acima do Ca no Grupo 2.

Logo, o Mg<sup>2+</sup> tem o raio iônico menor.

**Etapa 2. (b)** Íons O<sup>2-</sup> e F<sup>-</sup> são isoeletrônicos. O íon de maior carga terá o menor raio.

O F<sup>-</sup> tem o raio iônico menor.

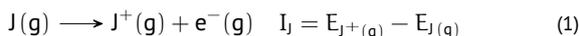
*Os raios iônicos geralmente crescem com o valor de  $n$  em um grupo e decrescem da esquerda para a direita em um período. Os cátions são menores e os ânions são maiores do que os átomos que lhes deram origem.*

## 1D.2 A energia de ionização e a afinidade eletrônica

A formação de uma ligação em um composto iônico depende da remoção de um ou mais elétrons de um átomo e de sua transferência para outro átomo. A energia necessária para remover elétrons de um átomo é, portanto, de suma importância para a compreensão de suas propriedades químicas.

### 1D.2a A energia de ionização

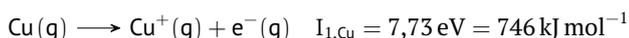
Como mencionado no Tópico 1B, a energia de ionização,  $I$ , é a energia necessária para remover um elétron de um átomo na fase gás, especificamente:



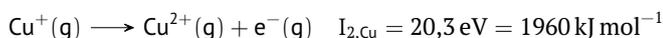
Em que  $E_{J(g)}$  é a energia do átomo  $J$  na fase gás e  $E_{J^+(g)}$  é a energia do cátion na mesma fase. As energias de ionização são expressas como quantidades molares em joules por mol ou em elétron-volts e representam a variação de energia de um elétron quando ele se move por uma diferença de potencial de 1 V:

$$1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J} \quad (2)$$

A **primeira energia de ionização**,  $I_1$ , é a energia necessária para remover um elétron de um átomo neutro na fase gás. Por exemplo, para o cobre,



A **segunda energia de ionização**,  $I_2$ , de um elemento é a energia necessária para remover um elétron de um cátion com carga unitária na fase gás. Para o cobre,



Como a energia de ionização é uma medida da dificuldade de remover um elétron, os elementos com baixas energias de ionização formam cátions facilmente e conduzem eletricidade (o que exige que alguns elétrons estejam livres para se mover) em suas formas sólidas (ou líquidas). Os elementos com altas energias de ionização formam cátions com dificuldade e não conduzem eletricidade.

Como mostra a Fig. 1D.5:

- As primeiras energias de ionização geralmente decrescem em um grupo.
- As primeiras energias de ionização geralmente aumentam em um período.

O decréscimo em um grupo pode ser explicado pelo fato de, em períodos sucessivos, o elétron mais externo ocupar uma camada mais afastada do núcleo e, por isso, ele está menos preso. Portanto, é necessária menos energia para remover um elétron de um átomo de cério do que de um átomo de sódio.

Com poucas exceções, a primeira energia de ionização cresce da esquerda para a direita no período (Fig. 1D.6). Isso pode ser explicado pelo aumento da carga nuclear efetiva no período. As pequenas discrepâncias observadas se devem às repulsões entre elétrons, particularmente os elétrons que ocupam o mesmo orbital. Por exemplo, a energia de ionização do oxigênio é ligeiramente menor do que a do nitrogênio porque no nitrogênio cada orbital  $p$  tem um elétron, mas no oxigênio o oitavo elétron está emparelhado com um elétron que já ocupa um orbital. A repulsão entre os dois elétrons que estão no mesmo orbital aumenta sua energia e faz um deles ser removido do átomo com mais facilidade do que se os dois elétrons estivessem em orbitais diferentes.

1	2	13	14	15	16	17	18
1 H 1310							He 2370
2 Li 519	Be 900	B 799	C 1090	N 1400	O 1310	F 1680	Ne 2080
3 Na 494	Mg 736	Al 577	Si 786	P 1011	S 1000	Cl 1255	Ar 1255
4 K 418	Ca 590	Ga 577	Ge 784	As 947	Se 941	Br 1140	Kr 1140
5 Rb 402	Sr 548	In 556	Sn 707	Sb 834	Te 870	I 1008	Xe 1008
6 Cs 376	Ba 502	Tl 590	Pb 716	Bi 703	Po 812	At 1037	Rn 1037

FIG. 1D.5 Primeiras energias de ionização dos elementos do grupo principal, em quilojoules por mol. Em geral, os valores baixos são encontrados na parte inferior, à esquerda da tabela, e os valores altos, no topo, à direita.

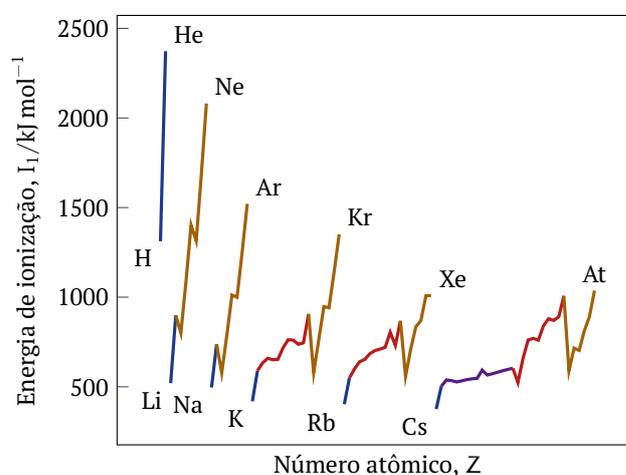


FIG. 1D.6 Variação periódica da primeira energia de ionização dos elementos.

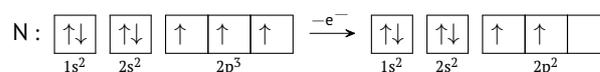
### EX. 1D.2 Explicação de tendências na energia de ionização

**Explique** as tendências na energia de ionização.

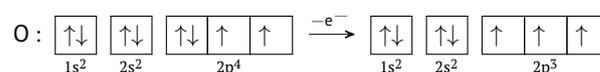
- A energia de ionização do oxigênio é menor que a do nitrogênio.
- A energia de ionização do boro é menor que a do berílio.

**Etapa 1.** (a) Tendência periódica diferente do esperado. Examine as configurações eletrônicas de todas as espécies

Quando  $N^+$  se forma a partir de  $N$  o elétron é removido de um orbital  $2p$  parcialmente cheio:



Quando  $O^+$  se forma a partir de  $O$ , o elétron é removido de um orbital  $2p$  que já está cheio:



O elétron removido do oxigênio sofre maior repulsão por estar em um orbital cheio. Além disso, o oxigênio adquire configuração semi-preenchida do orbital 2p ao perder um elétron.

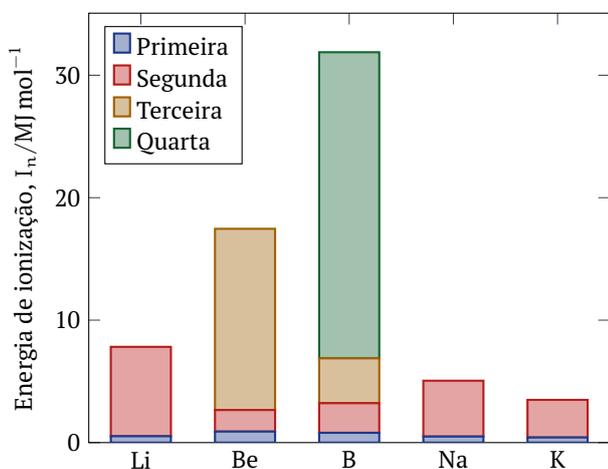
**Etapa 2.** (b) Tendência periódica diferente do esperado. Examine as configurações eletrônicas de todas as espécies

O boro (Grupo 13) perde um elétron mais facilmente de uma subcamada de mais alta energia do que o berílio (Grupo 12).

A primeira energia de ionização é maior para os elementos próximos do hélio e menor para os que estão próximos do célio. A segunda energia de ionização é maior do que a primeira energia de ionização (do mesmo elemento) e a diferença é muito maior se o segundo elétron tiver de ser retirado de uma camada fechada. Os metais são encontrados na parte inferior, à esquerda, da Tabela Periódica porque esses elementos têm baixa energia de ionização e podem perder elétrons com facilidade.

**As energias de ionização sucessivas**

A Fig. 1D.7 mostra que a segunda energia de ionização de um elemento é sempre maior do que a primeira. Mais energia é necessária para remover um elétron de um íon com carga positiva do que de um átomo neutro.



**FIG. 1D.7** Sucessivas de ionização de alguns elementos do grupo principal. Observe o grande aumento da energia necessária para remover um elétron da camada mais interna.

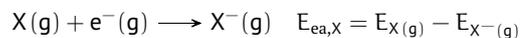
Para os elementos do Grupo 1, a segunda energia de ionização é consideravelmente maior do que a primeira, mas, no Grupo 2, as duas energias de ionização têm valores semelhantes. Essa diferença é razoável, porque os elementos do Grupo 1 têm configuração ns<sup>1</sup> na camada de valência. Embora a retirada do primeiro elétron requeira pouca energia, o segundo elétron deve sair de um caroço de gás nobre. Os elétrons do caroço têm números quânticos principais menores e estão muito mais próximos do núcleo. Eles são fortemente atraídos por ele e muita energia é necessária para removê-los.

As baixas energias de ionização dos elementos da parte inferior, à esquerda, da Tabela Periódica explicam seu caráter de metal. Um bloco de metal é uma coleção de cátions do elemento rodeados por um mar de elétrons de valência não ligados perdidos pelos átomos. Somente os elementos com baixas energias de ionização — os membros do bloco s, do bloco d, do bloco f e os da parte inferior, à esquerda, do bloco p — conseguem formar sólidos metálicos, porque somente eles podem perder elétrons com facilidade.

Os elementos que estão na parte superior direita da Tabela Periódica têm altas energias de ionização e não perdem elétrons com facilidade. Por isso eles não são metais. Observe que sua compreensão da estrutura eletrônica o ajudou a entender uma propriedade importante da Tabela Periódica — neste caso, por que os metais aparecem na parte inferior, à esquerda, e os não metais, na parte superior, à direita.

**1D.2b A afinidade eletrônica**

Para prever algumas propriedades químicas, é necessário saber como a energia muda quando um elétron se liga a um átomo. A **afinidade eletrônica**, E<sub>ae</sub>, de um elemento é a energia liberada quando um elétron se liga a um átomo na fase gás. Uma afinidade eletrônica positiva significa que energia é liberada quando um elétron se liga a um átomo. Uma afinidade eletrônica negativa significa que é necessário fornecer energia para fazer um elétron se ligar a um átomo. Esta convenção é baseada no sentido mais usual do termo *afinidade*. Em um linguagem mais formal, a afinidade eletrônica de um elemento X é definida como:



Em que E<sub>X(g)</sub> é a energia do átomo X na fase gás e E<sub>X<sup>-</sup>(g)</sub> é a energia do ânion na mesma fase. Por exemplo, a afinidade do cloro é a energia liberada no processo



Como o elétron tem energia mais baixa quando ocupa um dos orbitais do átomo, a diferença E<sub>Cl(g)</sub> - E<sub>Cl<sup>-</sup>(g)</sub> é positiva e a afinidade eletrônica do cloro é positiva. Como as energias de ionização, as afinidades eletrônicas são registradas em elétron-volts para um átomo isolado ou em joules por mol de átomos.

	1						18	
1	H +73						He < 0	
2	Li +60	Be ≤ 0	B +27	C +122	N -7	O +141	F +328	Ne < 0
3	Na +53	Mg ≤ 0	Al +43	Si +134	P +72	S +200	Cl +349	Ar < 0
4	K +48	Ca +2	Ga +29	Ge +116	As +78	Se +195	Br +325	Kr < 0
5	Rb +47	Sr +5	In +29	Sn +116	Sb +103	Te +190	I +295	Xe < 0
6	Cs +46	Ba +14	Tl +19	Pb +35	Bi +91	Po +174	At +270	Rn < 0

**FIG. 1D.8** Variação da afinidade eletrônica em quilojoules por mol dos elementos do grupo principal. A variação é menos sistemática do que a da energia de ionização, mas altos valores tendem a ser encontrados perto do flúor (exceto para os gases nobres).

A Figura 9 mostra a variação da afinidade eletrônica nos grupos principais da Tabela Periódica. Ela é muito menos periódica do que a variação do raio e da energia de ionização. Entretanto, uma tendência é claramente visível. Com exceção dos gases nobres:

- As afinidades eletrônicas são maiores à direita da Tabela Periódica.

Essa tendência é particularmente verdadeira na parte superior direita, perto do oxigênio, do enxofre e dos halogênios. Nesses

átomos, o elétron adicionado ocupa um orbital p próximo de um núcleo com carga efetiva elevada e sofre intensamente sua atração. Os gases nobres têm afinidades eletrônicas negativas porque qualquer elétron adicionado deve ocupar um orbital no exterior de uma camada completa e distante do núcleo: esse processo requer energia e, portanto, a afinidade eletrônica é negativa.

Quando um elétron entra na única vaga da camada de valência de um átomo do Grupo 17, a camada se completa e qualquer elétron adicional deve iniciar uma nova camada. Nessa nova camada, ele não somente estaria mais afastado do núcleo como também sentiria a repulsão da carga negativa já existente. Como resultado, a segunda afinidade eletrônica do flúor é fortemente negativa, o que significa que muita energia é consumida para formar  $F^{2-}$  a partir de  $F^-$ . Por isso, os compostos iônicos dos halogênios utilizam íons com carga unitária, como o  $F^-$ , e nunca íons com duas cargas, como o  $F^{2-}$ .

Um átomo do Grupo 16, como O ou S, tem duas vagas nos orbitais p da camada de valência e pode acomodar dois elétrons adicionais. A primeira afinidade eletrônica é positiva, porque energia é liberada quando um elétron é adicionado a O ou S. A colocação do segundo elétron, entretanto, requer energia por causa da repulsão provocada pela carga negativa já existente em  $O^-$  ou  $S^-$ . Diferentemente do caso dos halogênios, a camada de valência do ânion  $O^-$  só tem sete elétrons e pode, portanto, acomodar mais um. Por isso, podemos esperar que a energia necessária para fazer  $O^{2-}$  a partir de  $O^-$  seja menor do que a necessária para fazer  $F^{2-}$  a partir de  $F^-$ , em que não existe essa vacância. Na verdade,  $141 \text{ kJ mol}^{-1}$  são liberados quando o primeiro elétron é adicionado ao átomo neutro para formar  $O^-$ , porém  $844 \text{ kJ mol}^{-1}$  devem ser fornecidos para adicionar o segundo elétron e formar  $O^{2-}$ . Assim, a energia total requerida para fazer  $O^{2-}$  a partir de O é  $703 \text{ kJ mol}^{-1}$ . Essa energia pode ser obtida em reações químicas, e os íons  $O^{2-}$  são típicos de óxidos de metais.

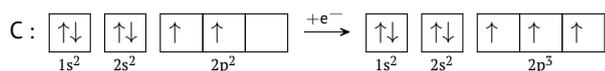
### EX. 1D.3 Explicação de tendências na afinidade eletrônica

**Explique** as tendências na energia de ionização.

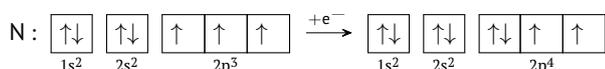
- A afinidade eletrônica do carbono é maior do que a do nitrogênio. Na verdade, a afinidade eletrônica do nitrogênio é negativa.
- A afinidade eletrônica do berílio é menor que a do lítio.
- A afinidade eletrônica do neônio é menor que a do flúor.

**Etapa 1.** (a) Tendência periódica diferente do esperado. Examine as configurações eletrônicas de todas as espécies.

Quando  $C^-$  se forma a partir de C o elétron adicional ocupa um orbital 2p vazio:



Quando  $N^-$  se forma a partir de N, o elétron adicional deve ocupar um orbital 2p que já está parcialmente cheio:



O elétron adicionado ao nitrogênio sofre maior repulsão por ocupar um orbital cheio. Além disso, o nitrogênio perde a configuração semi-preenchida do orbital 2p ao perder um elétron.

**Etapa 2.** (b) Tendência periódica diferente do esperado. Examine as configurações eletrônicas de todas as espécies.

No lítio (Grupo 1), o elétron adicional entra no orbital 2s; no berílio (Grupo 2), em um orbital 2p. Um elétron 2s está mais firmemente ligado ao núcleo do que um elétron 2p.

**Etapa 3.** (c) Tendência periódica diferente do esperado. Examine as configurações eletrônicas de todas as espécies.

No flúor (Grupo 17), um elétron adicional preenche a única vaga na camada de valência; a camada agora tem a configuração do gás nobre neônio e está completa. No neônio (Grupo 18) um elétron adicional teria de entrar em uma nova camada, onde ele estaria mais distante da atração exercida pelo núcleo.

*Os elementos dos Grupos 16 e 17 são os que têm afinidades eletrônicas mais altas.*

## 1D.3 As propriedades dos elementos

### 1D.3a O efeito do par inerte

Embora o alumínio e o índio estejam no Grupo 13, o alumínio forma íons  $Al^{3+}$ , enquanto o índio forma íons  $In^{3+}$  e  $In^+$ . A tendência a formar íons de carga com menos duas unidades do que o esperado para o número do grupo é conhecida como **efeito do par inerte**. Outro exemplo do efeito do par inerte é encontrado no Grupo 14: o estanho forma óxido de estanho(IV) quando aquecido ao ar, mas o átomo de chumbo, mais pesado, perde somente seus dois elétrons p e forma óxido de chumbo(II). O óxido de estanho(II) pode ser preparado, mas se oxida rapidamente a óxido de estanho(IV). O chumbo mostra o efeito do par inerte muito mais fortemente do que o estanho.

O efeito do par inerte é devido, em parte, às energias relativas dos elétrons de valência s e p. Nos períodos mais tardios da Tabela Periódica, os elétrons de valência s têm energia muito baixa por causa de sua boa penetração e da baixa capacidade de blindagem dos elétrons d. Os elétrons de valência s podem, então, permanecer ligados ao átomo durante a formação do íon. O efeito do par inerte é mais saliente nos átomos pesados de um grupo, em que a diferença de energia entre os elétrons s e p é maior. Ainda assim, o par de elétrons s pode ser removido de um átomo sob condições suficientemente vigorosas. Um par inerte poderia ser chamado de *par preguiçoso* de elétrons.

*O efeito do par inerte é a tendência de formar íons de carga duas unidades a menos do que o esperado para o número do grupo. Isso é mais saliente nos elementos mais pesados do bloco p.*

### 1D.3b As relações diagonis

As **relações diagonais** são semelhanças de propriedades entre vizinhos diagonais nos grupos principais da Tabela Periódica. Uma parte do porquê dessa semelhança pode ser vista na Fig. 1F.8, observando as cores que mostram as tendências gerais dos raios atômicos e das energias de ionização. As bandas coloridas de valores semelhantes ocorrem em faixas diagonais ao longo da tabela. Como essas características afetam as propriedades químicas de um

TAB. 1D.1 As características dos elementos metálicos e não metálicos

Metálico	Não metálico
<b>Propriedades físicas</b>	
boa condutividade elétrica	baixa condutividade elétrica
maleáveis	não maleáveis
dúcteis	não dúcteis
brilhantes	não brilhantes
normalmente são sólidos com alto ponto de fusão e boa condutividade térmica	normalmente são sólidos, líquidos ou gases; têm baixo ponto de fusão e são maus condutores de calor
<b>Propriedades químicas</b>	
reagem com ácidos	não reagem com ácidos
formam óxidos básicos	formam óxidos ácidos
formam cátions	formam ânions
formam haletos iônicos	formam haletos covalentes

elemento, não é surpresa verificar que os elementos de uma faixa diagonal têm propriedades químicas semelhantes. As relações diagonais são úteis na predição das propriedades dos elementos e de seus compostos.

A banda diagonal dos metaloides que divide os metais dos não metais é outro bom exemplo de relação diagonal. O mesmo acontece com a semelhança química entre o lítio e o magnésio e entre o berílio e o alumínio. Por exemplo, o lítio e o magnésio reagem diretamente com o nitrogênio para formar nitretos. Como o alumínio, o berílio reage com ácidos e bases.

*Os pares de elementos com relação diagonal mostram, com frequência, propriedades químicas semelhantes.*

### 1D.3c As propriedades gerais dos elementos

Com base no que foi apresentado, você já pode começar a prever, pelo menos de modo geral, as propriedades dos elementos. Por exemplo, um elemento do bloco s tem baixa energia de ionização, o que quer dizer que seus elétrons mais externos podem ser perdidos com facilidade. Um elemento do bloco s muito provavelmente será um metal reativo com todas as características que o nome *metal* envolve (Tab. 1D.1). Estes metais são macios, brilhantes e fundem em temperaturas baixas, produzindo hidrogênio quando entram em contato com a água. Como as energias de ionização são menores na parte inferior de cada grupo e os elementos dessas posições perdem seus elétrons de valência com muito mais facilidade, os elementos pesados cério e bário reagem mais vigorosamente do que os demais elementos do bloco s e devem ser guardados fora do contato com o ar e a água.

Os elementos à esquerda do bloco p, especialmente os elementos mais pesados, têm energias de ionização suficientemente baixas para ter algumas das propriedades de metais dos membros do bloco s. Entretanto, as energias de ionização dos metais do bloco p são muito mais altas e, por isso, eles são menos reativos do que os do bloco s.

Os elementos à direita do bloco p, com exceção dos gases nobres, têm afinidades eletrônicas caracteristicamente altas: eles

tendem a ganhar elétrons para completar a camada. Os elementos do Grupo 18, os gases nobres, têm camadas completas e, portanto, são tão pouco reativos que, no passado, eram chamados de *gases inertes*. Exceto pelos metaloides telúrio e polônio, os membros dos Grupos 16 e 17 são não metais. Em geral, eles formam compostos moleculares entre si.

Todos os elementos do bloco d são metais e muitas vezes são chamados de *metais do bloco d*. Suas propriedades são intermediárias entre os elementos do bloco s e os do bloco p, o que explica (com a exceção dos membros do Grupo 12) seu nome alternativo, *metais de transição*.

Quando um átomo de um elemento d perde elétrons para formar um cátion, ele perde primeiro os elétrons s externos. Entretanto, a maior parte dos elementos do bloco d forma íons com estados de oxidação diferentes porque os elétrons d têm energias semelhantes e um número variável deles pode se perder ao formar compostos. O ferro, por exemplo, forma  $\text{Fe}^{2+}$  e  $\text{Fe}^{3+}$ ; o cobre forma  $\text{Cu}^+$  e  $\text{Cu}^{2+}$ . Embora o cobre seja semelhante ao potássio porque o elétron mais externo é um elétron s, o potássio só forma  $\text{K}^+$ . A razão disso pode ser compreendida ao comparar a segunda energia de ionização, que é  $1958 \text{ kJ mol}^{-1}$  para o cobre e  $3051 \text{ kJ mol}^{-1}$  para o potássio. Para formar  $\text{Cu}^{2+}$ , um elétron é removido da subcamada d do  $[\text{Ar}] 3d^{10}$ , porém, para formar  $\text{K}^{2+}$ , o elétron teria de ser retirado do caroço semelhante ao argônio do potássio.

A disponibilidade dos orbitais d e a semelhança dos raios atômicos dos elementos do bloco d têm impacto significativo em muitas áreas que nos afetam. A disponibilidade dos orbitais d é, em grande parte, responsável pela ação dos elementos do bloco d e dos compostos que eles formam como catalisadores (substâncias que aceleram as reações mas não são consumidas no processo) na indústria química. Assim, o ferro é usado na manufatura da amônia; o níquel, na conversão de óleos vegetais em óleos comestíveis; a platina, na manufatura de ácido nítrico; o óxido de vanádio(V), na manufatura de ácido sulfúrico; e os compostos de titânio, na manufatura de polietileno. A capacidade de formar íons com diferentes cargas é importante porque facilita as reações delicadas que ocorrem em organismos vivos. Por exemplo, o ferro está presente como ferro(II) na hemoglobina, a proteína que transporta oxigênio no sangue dos mamíferos; o cobre, nas proteínas responsáveis pelo transporte de elétrons; e o manganês, nas proteínas responsáveis pela fotossíntese. A semelhança de seus raios atômicos é, em grande parte, responsável pela capacidade dos metais de transição de formar as misturas conhecidas como ligas, especialmente a grande variedade de aços que viabilizam a engenharia moderna.

As dificuldades em separar e isolar os lantanoides (também chamados de *lantanoídeos*, em linguagem coloquial) retardaram seu uso tecnológico. Entretanto, hoje eles são intensamente estudados, pois os materiais supercondutores com frequência contêm lantanoides. Todos os actinoides (e, portanto, os *actinoídeos*) são radioativos. Nenhum dos elementos que estão depois do plutônio na Tabela Periódica tem abundância natural significativa na Terra. Como eles são fabricados somente em reatores nucleares ou em aceleradores de partículas, só estão disponíveis em pequenas quantidades.

*Todos os elementos do bloco s são metais reativos que formam óxidos básicos. Os elementos do bloco p tendem a ganhar elétrons para completar camadas; eles vão de metais a metaloides e não metais. Todos os elementos do grupo d são metais com propriedades intermediárias entre as dos metais do bloco s e as dos metais do bloco p. Muitos elementos do bloco d formam cátions com mais de um estado de oxidação.*

## Nível I

**1D.01** Considere os elementos: cério, cádmio e sódio.

**Assinale** a alternativa com a classificação correta de cada elemento, respectivamente.

- A** metal alcalino; lantanoide; metal de transição
- B** lantanoide; metal de transição; metal alcalino
- C** metal de transição; lantanoide; metal alcalino
- D** metal alcalino; metal de transição; lantanoide
- E** metal de transição; metal alcalino; lantanoide

**1D.02** Considere os elementos: radônio, bromo e bário.

**Assinale** a alternativa com a classificação correta de cada elemento, respectivamente.

- A** metal alcalino-terroso; halogênio; gás nobre
- B** halogênio; gás nobre; metal alcalino-terroso
- C** halogênio; metal alcalino-terroso; gás nobre
- D** metal alcalino-terroso; gás nobre; halogênio
- E** gás nobre; halogênio; metal alcalino-terroso

**1D.03** Considere os elementos: zircônio, As, Ta, bário e Si.

**Assinale** a alternativa com o bloco de tabela periódica de cada elemento, respectivamente

- A** bloco d; bloco p; bloco d; bloco s; bloco p
- B** bloco d; bloco p; bloco p; bloco s; bloco d
- C** bloco p; bloco s; bloco d; bloco d; bloco p
- D** bloco p; bloco s; bloco p; bloco d; bloco d
- E** bloco p; bloco d; bloco d; bloco s; bloco p

**1D.04** Considere os elementos: fósforo, No, Po, Mo e criptônio.

**Assinale** a alternativa com o bloco de tabela periódica de cada elemento, respectivamente

- A** bloco d; bloco p; bloco p; bloco f; bloco p
- B** bloco p; bloco p; bloco f; bloco p; bloco d
- C** bloco p; bloco f; bloco p; bloco d; bloco p
- D** bloco p; bloco d; bloco f; bloco p; bloco p
- E** bloco f; bloco p; bloco p; bloco p; bloco d

**1D.05** Um elemento possui 118 nêutrons e número de massa 200.

**Assinale** a alternativa com o grupo e o período desse elemento na Tabela Periódica.

- A** Grupo 1; Período 5.
- B** Grupo 4; Período 4.
- C** Grupo 4; Período 6.
- D** Grupo 14; Período 4.
- E** Grupo 14; Período 6.

**1D.06** Um elemento possui 78 nêutrons e número de massa 133.

**Assinale** a alternativa com o grupo e o período desse elemento na Tabela Periódica.

- A** Grupo 1; Período 4.
- B** Grupo 1; Período 6.
- C** Grupo 11; Período 4.
- D** Grupo 11; Período 6.
- E** Grupo 13; Período 7.

**1D.07** Um elemento possui 67 nêutrons e número de massa 116.

**Assinale** a alternativa com o grupo e o período desse elemento na Tabela Periódica.

- A** Grupo 3; Período 3.
- B** Grupo 3; Período 5.
- C** Grupo 13; Período 3.
- D** Grupo 13; Período 5.
- E** Grupo 15; Período 4.

**1D.08** Um elemento possui 22 nêutrons e número de massa 40.

**Assinale** a alternativa com o grupo e o período desse elemento na Tabela Periódica.

- A** Grupo 2; Período 1.
- B** Grupo 8; Período 3.
- C** Grupo 8; Período 5.
- D** Grupo 18; Período 3.
- E** Grupo 18; Período 5.

**1D.09** Considere os elementos: chumbo, enxofre, zinco, silício e antimônio.

**Assinale** a alternativa com a classificação correta de cada elemento, respectivamente.

- A** metal; metal; ametal; metaloide; metaloide
- B** metaloide; metal; ametal; metaloide; metal
- C** ametal; metaloide; metal; metaloide; metal
- D** metal; metaloide; metaloide; ametal; metal
- E** metal; ametal; metal; metaloide; metaloide

**1D.10** Considere os elementos: alumínio, carbono, germânio, arsênio e selênio.

**Assinale** a alternativa com a classificação correta de cada elemento, respectivamente.

- A** ametal; ametal; metaloide; metaloide; metal
- B** metal; ametal; metaloide; metaloide; ametal
- C** metaloide; ametal; ametal; metaloide; metal
- D** ametal; metaloide; metal; ametal; metaloide
- E** ametal; metal; ametal; metaloide; metaloide

**1D.11** Considere os elementos: enxofre, cloro e silício.

**Assinale** a alternativa que relaciona os compostos em ordem *decrecente* de raio atômico.

- A** cloro; enxofre; silício      **B** enxofre; silício; cloro  
**C** enxofre; cloro; silício      **D** cloro; silício; enxofre  
**E** silício; enxofre; cloro

**1D.12** Considere os elementos: cobalto, titânio e cromo.

**Assinale** a alternativa que relaciona os compostos em ordem *decrecente* de raio atômico.

- A** titânio; cromo; cobalto      **B** cobalto; cromo; titânio  
**C** cobalto; titânio; cromo      **D** cromo; titânio; cobalto  
**E** titânio; cobalto; cromo

**1D.13** Considere os elementos: zinco, mercúrio e cádmio.

**Assinale** a alternativa que relaciona os compostos em ordem *decrecente* de raio atômico.

- A** cádmio; zinco; mercúrio      **B** zinco; cádmio; mercúrio  
**C** mercúrio; cádmio; zinco      **D** cádmio; mercúrio; zinco  
**E** zinco; mercúrio; cádmio

**1D.14** Considere os elementos: antimônio, bismuto e fósforo.

**Assinale** a alternativa que relaciona os compostos em ordem *decrecente* de raio atômico.

- A** bismuto; fósforo; antimônio  
**B** bismuto; antimônio; fósforo  
**C** fósforo; bismuto; antimônio  
**D** antimônio; fósforo; bismuto  
**E** fósforo; antimônio; bismuto

**1D.15** Considere os pares de íons

1.  $Mg^{2+}$  e  $Al^{3+}$     2.  $O^{2-}$  e  $S^{2-}$     3.  $Ca^{2+}$  e  $K^+$     4.  $S^{2-}$  e  $Cl^-$

**Assinale** a alternativa que relaciona os pares em que o primeiro íon tem o *menor* raio.

- A** 2      **B** 3      **C** 2 e 3  
**D** 1, 2 e 3      **E** 2, 3 e 4

**1D.16** Considere os pares de íons

1.  $Ga^{3+}$  e  $In^{3+}$     2.  $P^{3-}$  e  $S^{2-}$     3.  $Pb^{2+}$  e  $Pb^{4+}$     4.  $K^+$  e  $S^{2-}$

**Assinale** a alternativa que relaciona os pares em que o primeiro íon tem o *menor* raio.

- A** 1      **B** 4      **C** 1 e 4  
**D** 1, 2 e 4      **E** 1, 3 e 4

**1D.17** Considere os íons:  $Na^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $F^-$ .

**Assinale** a alternativa que relaciona os íons em ordem *decrecente* de raio iônico.

- A**  $F^-$ ;  $Mg^{2+}$ ;  $Na^+$     **B**  $Mg^{2+}$ ;  $F^-$ ;  $Na^+$     **C**  $Mg^{2+}$ ;  $Na^+$ ;  $F^-$   
**D**  $F^-$ ;  $Na^+$ ;  $Mg^{2+}$     **E**  $Na^+$ ;  $F^-$ ;  $Mg^{2+}$

**1D.18** Considere os íons:  $S^{2-}$ ,  $Cl^-$ ,  $P^{3-}$ .

**Assinale** a alternativa que relaciona os íons em ordem *decrecente* de raio iônico.

- A**  $Cl^-$ ;  $S^{2-}$ ;  $P^{3-}$     **B**  $Cl^-$ ;  $P^{3-}$ ;  $S^{2-}$     **C**  $P^{3-}$ ;  $Cl^-$ ;  $S^{2-}$   
**D**  $S^{2-}$ ;  $P^{3-}$ ;  $Cl^-$     **E**  $P^{3-}$ ;  $S^{2-}$ ;  $Cl^-$

**1D.19** Considere os pares de elementos

1. Ca e Mg    2. Mg e Na    3. Al e Na    4. Al e Si

**Assinale** a alternativa que relaciona os pares em que o primeiro elemento tem a *menor* primeira energia de ionização.

- A** 1      **B** 4      **C** 1 e 4  
**D** 1, 2 e 4      **E** 1, 3 e 4

**1D.20** Considere os pares de elementos

1. Ca e Mg    2. Mg e Na    3. Al e Na    4. Al e Si

**Assinale** a alternativa que relaciona os pares em que o primeiro elemento tem a *menor* segunda energia de ionização.

- A** 1 e 2      **B** 1 e 3      **C** 2 e 3  
**D** 1, 2 e 3      **E** 1, 2, 3 e 4

**1D.21** Considere os elementos: selênio, oxigênio e telúrio.

**Assinale** a alternativa que relaciona os compostos em ordem *decrecente* de energia de ionização.

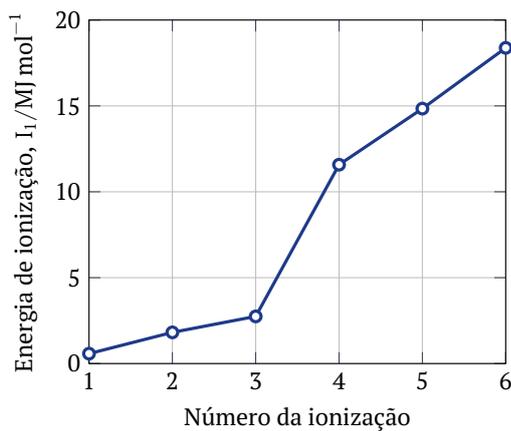
- A** oxigênio; selênio; telúrio    **B** telúrio; selênio; oxigênio  
**C** telúrio; oxigênio; selênio    **D** selênio; oxigênio; telúrio  
**E** oxigênio; telúrio; selênio

**1D.22** Considere os elementos: chumbo, bário e célio.

**Assinale** a alternativa que relaciona os compostos em ordem *decrecente* de energia de ionização.

- A** bário; célio; chumbo      **B** célio; bário; chumbo  
**C** chumbo; bário; célio      **D** bário; chumbo; célio  
**E** célio; chumbo; bário

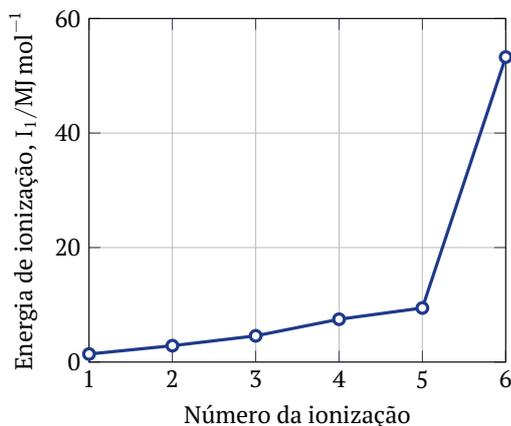
**1D.23** Considere as energias de ionização de um elemento.



**Assinale** a alternativa com o grupo a que esse elemento pertence.

- A** Grupo 1      **B** Grupo 2      **C** Grupo 13  
**D** Grupo 14      **E** Grupo 15

**1D.24** Considere as energias de ionização de um elemento.



**Assinale** a alternativa com o grupo a que esse elemento pertence.

- A** Grupo 1      **B** Grupo 2      **C** Grupo 13  
**D** Grupo 14      **E** Grupo 15

**1D.25** Considere os pares de elementos.

1. Telúrio e iodo.                      2. Berílio e magnésio.  
 3. Oxigênio e enxofre                4. Gálio e índio.

**Assinale** a alternativa que relaciona os pares em que o primeiro elemento tem a *menor* afinidade eletrônica.

- A** 1                      **B** 3                      **C** 1 e 3  
**D** 1, 2 e 3            **E** 1, 3 e 4

**1D.26** Considere os pares de elementos.

1. Germânio e selênio.                2. Boro e carbono.  
 3. Fósforo e arsênio.                4. Cloro e flúor.

**Assinale** a alternativa que relaciona os pares em que o primeiro elemento tem a *menor* afinidade eletrônica.

- A** 1 e 2                **B** 1 e 3                **C** 2 e 3  
**D** 1, 2 e 3            **E** 1, 2, 3 e 4

**1D.27** **Assinale** a alternativa com o par de elementos que *possuem* relação diagonal.

- A** Li e Mg              **B** Ca e Al              **C** Fe e S  
**D** O e S                **E** C e Al

**1D.28** **Assinale** a alternativa com o par de elementos que *não possuem* relação diagonal.

- A** Be e Al              **B** As e Sn              **C** Ga e Sn  
**D** B e Si                **E** C e P

**1D.29** A seguir são feitas afirmativas a respeito do histórico da organização periódica dos elementos:

- I. Johann Dobeheiner, em 1824, propôs a chamada Lei das Tríades, nas quais os 54 elementos conhecidos eram organizados em grupos de 3 em que o elemento central de cada tríade possuía média aritmética aproximadamente igual ao das extremidades.
- II. Em 1862, Alexandre Chancourtois propôs o chamado parafuso telúrico, em que os elementos conhecidos foram organizados em torno de uma hélice cilíndrica em ordem crescente de massa atômica, e elementos com propriedades semelhantes ficaram sob uma mesma vertical.
- III. Em 1869, Dmitri Mendeleev e Lothar Meyer propuseram a primeira tabela periódica de elementos, organizando os elementos em grupos ou famílias em ordem crescente de massas atômicas, e prevendo a existência de elementos ainda não conhecidos à época, como o eka-alumínio (gálio) e o eka-silício (germânio).

**Assinale** a alternativa que relaciona as afirmativas *corretas*.

- A** Apenas I.            **B** Apenas III.            **C** Apenas I e II.  
**D** Apenas II.            **E** I, II e III.

**1D.30** Analise as afirmativas a seguir com relação a classificação periódica atual dos elementos:

- I. Os elementos representativos, que compõem as chamadas “famílias A” da tabela periódica, são aqueles cuja distribuição eletrônica termina nos subníveis s ou p. Podemos citar como exemplos de representativos o magnésio ( $Z = 12$ ), o argônio ( $Z = 18$ ) e o zinco ( $Z = 30$ ).

- II. Os elementos de transição externa, que compõem as chamadas famílias B da tabela periódica, são aqueles cuja distribuição eletrônica termina no subnível d. Podemos citar como exemplos de transição externa o escândio ( $Z = 21$ ), o molibdênio ( $Z = 41$ ) e o tálio ( $Z = 81$ ).
- III. Os elementos de transição interna são aqueles que compõem a série dos lantanídeos (localizados no 6° período) e a série dos actinídeos (localizados no 7° período). Podemos citar como exemplos de transição interna o neodímio ( $Z = 60$ ), o tório ( $Z = 90$ ) e o urânio ( $Z = 92$ ).

Está(ão) correta(s):

- A** Apenas I.      **B** Apenas III.      **C** Apenas I e II.  
**D** Apenas II.      **E** I, II e III.

**1D.31** O efeito do par inerte refere-se à observação empírica de que os elementos mais pesados dos grupos 13 a 17 da tabela periódica têm frequentemente estados de oxidação que são duas unidades a menos do que o máximo previsto para o seu grupo.

**Assinale** a alternativa em que apresenta um elemento em que o efeito do par inerte NÃO é apreciável.

- A** Estanho ( $Z = 50$ )      **B** Antimônio ( $Z = 51$ )  
**C** Mercúrio ( $Z = 80$ )      **D** Tálio ( $Z = 81$ )  
**E** Bismuto ( $Z = 83$ )

**1D.32** A seguir são feitas afirmativas com relação a classificação dos elementos da tabela periódica com relação ao caráter metálico e ao estado físico dos elementos:

- I. Os elementos classificados como metais apresentam características específicas como serem muito eletropositivos, altos pontos de fusão, bons condutores de corrente elétrica e calor e inertes à presença de água. Todos são sólidos nas condições ambientes, com exceção do mercúrio ( $Z = 80$ ), que é líquido.
- II. Os elementos classificados como semimetais apresentam características intermediárias entre os metais e os ametais, e estão localizados próximo a diagonal do bloco p da tabela periódica. São sólidos nas condições ambiente, e apresentam características relacionadas a semicondutores.
- III. Os elementos classificados como ametais apresentam de uma forma geral características opostas aos metais, como serem elementos muito eletronegativos, apresentarem baixos pontos de fusão e serem maus condutores de corrente elétrica. Todos são elementos gasosos ou líquidos nas condições ambiente.

Está(ão) correta(s):

- A** Apenas I.      **B** Apenas III.      **C** Apenas I e II.  
**D** Apenas II.      **E** I, II e III.

**1D.33** A prata ou argenteo é um elemento químico de símbolo Ag e de número atômico igual a 47 (47 prótons e 47 elétrons). Sua massa atômica é 107,87u. À temperatura ambiente, a prata encontra-se no estado sólido. No teste de chama, assume a cor lilás.

Sobre a prata, analise as seguintes afirmativas:

- I. É um elemento do 5° período, e pertencente ao grupo 11 (ou família 1B) da tabela periódica.
- II. Sua distribuição eletrônica prática é  $[\text{Kr}]4d^{10}5s^1$
- III. É um metal nobre, não podendo ser oxidado por ácidos fracos oxidantes, como o clorídrico.

Está(ão) correta(s):

- A** Apenas I.      **B** Apenas III.      **C** Apenas I e II.  
**D** Apenas II.      **E** I, II e III.

**1D.34** A relação diagonal consiste numa relação da Tabela Periódica na qual certos elementos representativos do segundo período têm uma grande semelhança química com os seus vizinhos na diagonal do grupo seguinte no terceiro período.

Assinale a alternativa em que o par de elementos apresentados NÃO forma uma relação diagonal:

- A** Litio ( $Z = 3$ ) e magnésio ( $Z = 12$ ).  
**B** Berílio ( $Z = 4$ ) e alumínio ( $Z = 13$ ).  
**C** Boro ( $Z = 5$ ) e silício ( $Z = 14$ ).  
**D** Fluor ( $Z = 9$ ) e enxofre ( $Z = 16$ ).  
**E** Todos os pares acima formam relações diagonais.

**1D.35** A seguir, são feitas afirmativas com relação a comparação de raios atômicos e iônicos dos elementos:

- I. O fato do raio atômico do boro ( $Z = 5$ ) (87 pm) ser maior que o do berílio ( $Z = 4$ ) (112 pm) consiste em uma inversão na tendência periódica desta propriedade na tabela.
- II. A ordem crescente correta de raio iônico é:  ${}_{20}\text{Ca}^{2+} < {}_{19}\text{K}^{+} < {}_{18}\text{Ar}$ .
- III. Ao longo da série dos lantanídeos, observa-se uma diminuição contínua do raio iônico dos íons provenientes dos elementos desse grupo, que varia de 106 pm no lantânio a 85 pm no lutécio. Este efeito é denominado *contração dos lantanídeos*, e ocorre devido a baixa eficiência de blindagem dos orbitais 4f.

Está(ão) correta(s):

- A** Apenas I.      **B** Apenas III.  
**C** Apenas I e II.      **D** Apenas II e III.  
**E** I, II e III.

**1D.36** Sabe-se que a distribuição de elétrons em orbitais pode nos indicar casos de inversão clássicos com relação a primeira e segunda energias de ionização dos elementos. Um estudante apresentou as seguintes constatações a um professor de química:

- I. A primeira energia de ionização do berílio ( $Z = 4$ ) (900 kJ/mol) é maior que a primeira energia de ionização do boro ( $Z = 5$ ) (801 kJ/mol).
- II. A primeira energia de ionização do fósforo ( $Z = 15$ ) (1012 kJ/mol) é maior que a primeira energia de ionização do enxofre ( $Z = 16$ ) (1000 kJ/mol).

- III. A segunda energia de ionização do sódio ( $Z = 11$ ) (4562 kJ/mol) é muito superior a segunda energia de ionização do magnésio ( $Z = 12$ ) (1451 kJ/mol).

Do ponto de vista de distribuição eletrônica em orbitais, pode-se afirmar que as constatações corretas do estudante são:

- A** Apenas I.                      **B** Apenas III.  
**C** Apenas I e II.                **D** Apenas II e III.  
**E** I, II e III.

**1D.37** A seguir são feitas afirmativas com relação a afinidade eletrônica dos elementos:

- I. A afinidade eletrônica é a energia envolvida (liberada ou absorvida) quando um elétron é adicionado a um átomo gasoso e isolado.  
 II. Existem elementos que apresentam afinidade eletrônica negativa, como o hélio ( $Z = 2$ ), o berílio ( $Z = 4$ ) e o nitrogênio ( $Z = 7$ ).  
 III. A afinidade eletrônica do silício ( $Z = 14$ ) (134 kJ/mol) é superior a do fósforo ( $Z = 15$ ) (72 kJ/mol), sendo esta uma inversão a tendência periódica dos elementos explicada analisando a distribuição por orbitais dos elementos.  
 IV. A afinidade eletrônica do cloro ( $Z = 17$ ) (349 kJ/mol) é superior a do flúor ( $Z = 7$ ) (328 kJ/mol), sendo esta uma inversão a tendência periódica dos elementos explicada pela capacidade de o flúor comportar melhor a carga negativa devido ao menor raio.

Quantas estão corretas?

- A** 0      **B** 1      **C** 2      **D** 3      **E** 4

**1D.38** Analise a seguir as afirmativas com relação aos pontos de fusão e ebulição de elementos da tabela periódica:

- I. O elemento como substância pura com maior ponto de fusão da tabela periódica é o tungstênio ( $Z = 74$ ), que é de 3422°C.  
 II. O mercúrio ( $Z = 80$ ) apresenta maior ponto de fusão que o chumbo ( $Z = 82$ ), pois é um elemento mais ao centro da tabela periódica.  
 III. O ponto de fusão do cálcio (822 °C) é superior ao ponto de fusão do bário (725 °C), obedecendo a tendência periódica dos elementos dos grupos 1 e 2 da tabela periódica.

Está(ão) correta(s):

- A** Apenas I.                      **B** Apenas III.  
**C** Apenas I e II.                **D** Apenas II e III.  
**E** I, II e III.

**1D.39** Analisando a tendência geral dos elementos da tabela periódica, qual dos seguintes elementos apresenta a maior densidade?

- A** Mercúrio ( $Z = 80$ ).            **B** Cádmiio ( $Z = 48$ ).  
**C** Prata ( $Z = 47$ ).                **D** Tálíio ( $Z = 81$ ).  
**E** Chumbo ( $Z = 82$ ).

**1D.40** Considere as seguintes afirmativas a respeito da tabela periódica atual dos elementos:

- I. Os elementos cobre ( $Z = 29$ ), prata ( $Z = 47$ ) e mercúrio ( $Z = 80$ ) são elementos de transição externa e que compõem o grupo 11 (ou 1B) da tabela periódica, sendo esta família também conhecida como família dos metais nobres.  
 II. O efeito do par inerte afirma empiricamente que metais pesados dos grupos 13 a 17 da tabela periódica tendem a formar cátions com os estados de oxidação com duas unidades menor que o previsto para o seu grupo, como o tálio (com estados de oxidação 1+ e 3+) e o chumbo (com estados de oxidação 2+ e 4+).  
 III. As relações diagonais afirmam, por exemplo, que lítio ( $Z = 3$ ) e sódio ( $Z = 11$ ) apresentam certa semelhança em 3 suas propriedades químicas, como o fato de formarem nitretos após a reação com gas nitrogênio e carbonatos que se decompõem por aquecimento.

Está(ão) correta(s):

- A** Apenas I.                      **B** Apenas III.                      **C** Apenas I e II.  
**D** Apenas II.                      **E** I, II e III.

**1D.41** A seguir são feitas afirmativas com relação a comparação de raios atômicos e iônicos e energias de ionização dos elementos químicos potássio ( $Z = 19$ ), cálcio ( $Z = 20$ ) e escândio ( $Z = 21$ ):

- I. A ordem crescente correta de raio atômico  $d$  é:  $Sc < Ca < K$   
 II. A ordem crescente correta de raio iônico é:  $Sc^{3+} < Ca^{2+} < K^+$ .  
 III. A ordem crescente correta de primeira energia de ionização é:  $K < Ca < Sc$ .  
 IV. A ordem crescente correta de segunda energia de ionização é:  $K < Ca < Sc$ .

Está(ão) correta(s):

- A** Apenas I, II e III.                **B** Apenas I, II e IV.  
**C** Apenas I e IV.                      **D** Apenas II, III e IV.  
**E** I, II, III e IV.

## Nível II

**1D.42** Explique as tendências na energia de ionização.

- a. As energias de ionização geralmente aumentam da esquerda para a direita na Tabela Periódica. A energia de ionização do oxigênio, entretanto, é menor que a do nitrogênio e a do flúor.  
 b. A primeira energia de ionização do alumínio é menor que a do magnésio.

**1D.43** Considere as primeiras energias de ionização do fósforo, enxofre e cloro.

	$I_1/\text{kJ mol}^{-1}$	$I_2/\text{kJ mol}^{-1}$
P	1011	1903
S	1000	2251
Cl	1255	2296

**Explique** as tendências nessas energia de ionização.

- As primeiras energias de ionização do fósforo e do enxofre são aproximadamente iguais, ao passo que a segunda energia de ionização do enxofre é muito maior que a do fósforo.
- A primeira energia de ionização do cloro é muito maior que a do enxofre, enquanto suas segundas energias de ionização são quase iguais.

**1D.44 Explique** as tendências na afinidade eletrônica.

- A afinidade eletrônica do cátion e a primeira energia de ionização diferem para todos os elementos, exceto para o hidrogênio.
- A afinidade eletrônica do flúor é menor que a do cloro.

**1D.45 Explique** as tendências na afinidade eletrônica.

- A primeira afinidade eletrônica do enxofre é positiva, enquanto a segundo é negativa.
- As afinidades eletrônicas do carbono e do oxigênio são positivas, enquanto, a afinidade eletrônica do nitrogênio é negativa.

**1D.46 Explique** as tendências nas propriedades periódicas.

- O raio atômico do germânio é muito próximo do raio atômico do silício.
- A energia de ionização do alumínio é muito próximo da energia de ionização do gálio.

**1D.47 Explique** as tendências nas propriedades periódicas.

- o raio atômico aumenta no grupo Sc; Y; La entretanto, o mesmo não acontece no grupo Ti; Zr; Hf.
- a diferença entre os raios atômicos do praseodímio e do samário é menor que a diferença os raios atômicos entre do háfnio e do tântalo.

**1D.48 Explique** as tendências nas propriedades periódicas.

- Alguns elementos experimentam o efeito do par inerte.
- O efeito do par inerte só é observado em elementos pesados.

**1D.49** Considere os elementos: Sb; As; Tl; Ba.

- Identifique** os elementos que experimentam o efeito do par inerte.
- Apresente** a fórmula do íon mais comum formado por cada elemento.

**1D.50** Os íons  $\text{Li}^{2+}$  e  $\text{He}^+$  são isoeletrônicos e a energia de ionização (EI) dessas espécies é de  $11\,815\text{ kJ mol}^{-1}$  e  $5250,5\text{ kJ mol}^{-1}$ , não necessariamente nesta ordem.

Escreva a equação química que representa o processo de ionização de cada uma dessas espécies, e associe a cada um deles o valor de energia de ionização, e justifique.

**1D.51** A afinidade eletrônica (AE) pode ser definida como a energia liberada quando um elétron é adicionado a um átomo na fase gasosa, em seu estado fundamental. Um quadro com valores de AE em kJ/mol é apresentado a seguir.

	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
AE	-53	-	-42	-134	-72	-200	-349	-

- Considerando o silício e o fósforo, qual deles tem maior afinidade eletrônica? Justifique sua resposta.
- Explique por que o magnésio não possui um valor de afinidade eletrônica associado.

**1D.52** m elemento apresenta os seguintes números quânticos para o elétron diferenciador:

$$n = 4; \quad l = 0; \quad m_l = 0; \quad s = +1/2$$

(considere spin  $-1/2$  para o primeiro elétron em orbital do átomo).

- Identifique o período e o grupo a qual o elemento pertence.
- Compare a densidade deste elemento com a do elemento imediatamente acima na tabela periódica, e justifique.
- Compare o ponto de fusão deste elemento com o elemento imediatamente acima na tabela periódica, e justifique.
- Apresente a reação deste elemento com solução aquosa de ácido clorídrico.

**1D.53** O fleróvio (Fl) é um elemento químico artificial, de número atômico 114. Na tabela periódica, está situado imediatamente abaixo do elemento de número atômico 82, que é o chumbo (Pb).

Até o momento, só foi possível sintetizar poucos átomos de fleróvio na forma dos isótopos 288 e 289, pela fusão dos elementos plutônio e cálcio em um acelerador de partículas. Para o fleróvio-289, o processo de síntese pode ser representado pela equação nuclear a seguir:



Considere as afirmativas a seguir:

- A aparência macroscópica do fleróvio é desconhecida, mas, provavelmente, será a de um sólido metálico.
- Na formação do fleróvio-288, por processo análogo ao da síntese do fleróvio-289, são liberados 3 prótons.
- No grupo da tabela periódica ao qual pertence o fleróvio, há elementos que formam óxidos covalentes.
- Caso hipoteticamente o elemento fleróvio fosse encontrado na natureza, os seus estados de oxidação mais estáveis seriam  $1+$  e  $3+$ .

Analise se cada uma das afirmativas são verdadeiras ou falsas, e corrija as afirmativas falsas.

**1D.54** Sabe-se que alguns pares de elementos apresentam comportamento de inversão inesperado com relação a propriedade periódica dos mesmos. A seguir são apresentadas constatações com relação à algumas dessas propriedades. Avalie se cada uma delas configura ou não uma inversão a tendência periódica, e justifique os casos de inversão:

- a. A primeira energia de ionização do magnésio ( $738 \text{ kJ mol}^{-1}$ ) é maior que a do alumínio ( $577 \text{ kJ mol}^{-1}$ ).
- b. A afinidade eletrônica do silício em módulo ( $134 \text{ kJ mol}^{-1}$ ) é maior que a do fósforo ( $72 \text{ kJ mol}^{-1}$ ).
- c. O raio atômico da prata (144 pm) é menor que o do ouro (174 pm).
- d. A densidade do ferro ( $7,9 \text{ g/cm}^3$ ) é maior que a do gálio ( $5,9 \text{ g/cm}^3$ ).

### Gabarito: Nível I

1D.01	B	1D.02	E	1D.03	A	1D.04	C	1D.05	E	1D.06	B
1D.07	D	1D.08	D	1D.09	E	1D.10	B	1D.11	E	1D.12	A
1D.13	C	1D.14	B	1D.15	C	1D.16	C	1D.17	D	1D.18	E
1D.19	C	1D.20	D	1D.21	A	1D.22	C	1D.23	C	1D.24	E
1D.25	C	1D.26	D	1D.27	A	1D.28	B	1D.29	E	1D.30	B
1D.31	C	1D.32	D	1D.33	E	1D.34	D	1D.35	D	1D.36	E
1D.37	D	1D.38	B	1D.39	A	1D.40	D	1D.41	A		

### Gabarito: Nível II

- 1D.42 O oxigênio é o primeiro elemento encontrado no qual os elétrons p precisam estar emparelhados. Esta energia de repulsão entre os elétrons faz com que a energia de ionização seja menor.  
O alumínio (Grupo 13) perde um elétron mais facilmente de uma subcamada de mais alta energia do que o magnésio (Grupo 12).
- 1D.43 A primeira energia de ionização dos átomos de enxofre é muito semelhante à do fósforo devido às repulsões mais intensas no enxofre, o que faz com que a energia dos elétrons mais externos seja maior do que o valor esperado. Uma vez que o primeiro elétron é removido, os elétrons se mantêm mais fixos devido ao menor tamanho do cátion do enxofre, o que se reflete na segunda energia de ionização muito maior desse elemento. A segunda energia de ionização do cloro é quase igual à do enxofre porque, apesar desse possuir maior carga nuclear efetiva, o elétron retirado ocupa um orbital preenchido e, por isso, sofre maior repulsão.
- 1D.44 O hidrogênio possui apenas um elétron.  
Devido ao seu pequeno raio, a alta repulsão eletrônica entre os elétrons do flúor desfavorece o ganho de um elétron.
- 1D.45 É necessário fornecer energia para adicionar um elétron a um ânion, devido à maior repulsão.  
O nitrogênio possui configuração semi-preenchida dos orbitais p, desfavorecendo o ganho de um elétron.
- 1D.46 Baixa blindagem dos orbitais d.
- 1D.47 Baixa blindagem dos orbitais f.
- 1D.48 O efeito do par inerte é a tendência de formar íons que tenham carga duas unidades menores do que o esperado com base no número atômico.  
Devido à baixa blindagem proporcionada pelos elétrons d em elementos pesados, a capacidade dos elétrons s de penetrar no núcleo e se manterem mais fixos é maior do que o esperado.
- 1D.49 Sb e Tl  
 $\text{Sb}^{3+}$ ;  $\text{As}^{5+}$ ;  $\text{Tl}^+$ ;  $\text{Ba}^{2+}$