

# Gabarito: Propriedades das Ligações

Daniel Sahadi, Renan Romariz, e Gabriel Braun

Colégio e Curso Pensi, Coordenação de Química

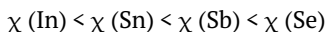


## Problemas

### PROBLEMA 1. C

1E01

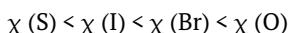
Para os elementos do mesmo período (In, Sn e Sb) o efeito do aumento do raio é muito menos relevante que o efeito do aumento de carga de modo que os átomos mais à direita na tabela periódica possuem maior eletronegatividade. E para os elementos de períodos distintos o efeito do aumento do raio é mais relevante que o efeito do aumento de carga de modo que os átomos os mais acima na tabela tendem a ser mais eletronegativos.



### PROBLEMA 2. A

1E02

Para os elementos de mesma família (Br e I, O e S) o efeito do aumento do raio é mais relevante que o efeito do aumento de carga de modo que os átomos mais acima na tabela periódica possuem maior eletronegatividade. Na comparação entre enxofre e iodo, o aumento no raio do iodo é compensado pelo aumento de sua carga. Já na comparação entre oxigênio e bromo, o aumento no raio não é compensado pelo aumento de carga.



### PROBLEMA 3. D

1E03

1. O oxigênio é mais eletronegativo que o cloro de modo que a diferença entre a eletronegatividade dos elementos é mais acentuada no  $\text{P}_4\text{O}_{10}$ .
2. O nitrogênio é mais eletronegativo que o carbono de modo que a diferença entre a eletronegatividade dos elementos é mais acentuada no  $\text{CO}_2$ .
3. O magnésio é mais eletronegativo que o sódio de modo que a diferença entre a eletronegatividade dos elementos é mais acentuada no NaBr.
4. O oxigênio é mais eletronegativo que o enxofre de modo que a diferença entre a eletronegatividade dos elementos é mais acentuada no CaO.

### PROBLEMA 4. C

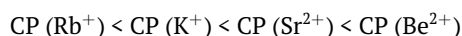
1E04

1. O cloro é mais eletronegativo que o iodo de modo que a diferença entre a eletronegatividade dos elementos é mais acentuada no HCl.
2. O flúor é mais eletronegativo que o hidrogênio de modo que a diferença entre a eletronegatividade dos elementos é mais acentuada no  $\text{CF}_4$ .
3. O nitrogênio é mais eletronegativo que o fósforo de modo que a diferença entre a eletronegatividade dos elementos é mais acentuada no  $\text{NH}_3$ .
4. O nitrogênio é mais eletronegativo que o enxofre de modo que a diferença entre a eletronegatividade dos elementos é mais acentuada no  $\text{SO}_2$ .

### PROBLEMA 5. B

1E05

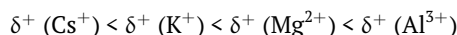
A capacidade de polarização diz respeito a capacidade de polarizar uma nuvem eletrônica de modo a formar um polo negativo para interagir com o núcleo positivo do elemento. Daí, quanto menor o elemento, isto é, quanto menor a interferência gerada pela repulsão de sua nuvem eletrônica maior será sua capacidade de polarização, assim como quanto maior sua carga, maior sua capacidade de polarização, tendo a carga um efeito, em geral, mais relevante que o tamanho.



### PROBLEMA 6. B

1E06

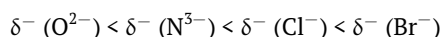
A capacidade de polarização diz respeito a capacidade de polarizar uma nuvem eletrônica de modo a formar um polo negativo para interagir com o núcleo positivo do elemento. Daí, quanto menor o elemento, isto é, quanto menor a interferência gerada pela repulsão de sua nuvem eletrônica maior será sua capacidade de polarização, assim como quanto maior sua carga, maior sua capacidade de polarização, tendo a carga um efeito, em geral, mais relevante que o tamanho.



### PROBLEMA 7. A

1E07

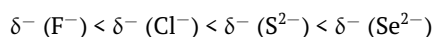
A polarizabilidade diz respeito a capacidade de um elemento de polarizar sua nuvem eletrônica de modo a formar um polo negativo. Daí, quanto maior o elemento, isto é, quanto maior a maleabilidade de sua nuvem, maior será sua polarizabilidade.



### PROBLEMA 8. B

1E08

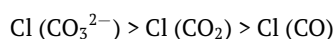
A polarizabilidade diz respeito a capacidade de um elemento de polarizar sua nuvem eletrônica de modo a formar um polo negativo. Daí, quanto maior o elemento, isto é, quanto maior a maleabilidade de sua nuvem, maior será sua polarizabilidade.



### PROBLEMA 9. E

1E09

- CO : Montando os orbitais moleculares, obtêm-se que a ordem da ligação entre o carbono e o oxigênio na molécula é igual 3.
- $\text{CO}_2$  : A molécula possui uma estrutura com os dois oxigênios ligados ao carbono por ligação dupla de modo que a ordem das ligações entre o carbono e os oxigênios seja igual a 2.
- $\text{CO}_3^{2-}$  : A molécula possui uma estrutura com dois oxigênios ligados ao carbono por ligação simples e um oxigênio ligado ao carbono por ligação dupla de modo que por efeito de ressonância a ligação  $\pi$  se "divide" entre os três átomos de oxigênio de modo que a ordem das ligações entre o carbono e os oxigênios seja igual a 4/3.



**PROBLEMA 10. A** 1E10

- $\text{SO}_3$  : A molécula possui uma estrutura com os três oxigênios ligados ao enxofre por ligação dupla de modo que a ordem das ligações entre o enxofre e os oxigênios seja igual a 2.
- $\text{SO}_3^{2-}$  : A molécula possui uma estrutura com dois oxigênios ligados ao enxofre por ligação simples e um oxigênio ligado ao enxofre por ligação dupla de modo que por efeito de ressonância a ligação  $\pi$  se “divide” entre os três átomos de oxigênio de modo que a ordem das ligações entre o enxofre e os oxigênios seja igual a 4/3.
- $\text{SO}_4^{2-}$  : A molécula possui uma estrutura com dois oxigênios ligados ao enxofre por ligação simples e dois oxigênios ligados ao enxofre por ligação dupla de modo que por efeito de ressonância as ligações  $\pi$  se “dividem” entre os quatro átomos de oxigênio de modo que a ordem das ligações entre o enxofre e os oxigênios seja igual a 3/2.

$$\text{Cl}(\text{SO}_4^{2-}) > \text{Cl}(\text{SO}_3^{2-}) > \text{Cl}(\text{SO}_3)$$

**PROBLEMA 11. C** 1E11

- $\text{HCN}$  : A molécula possui uma estrutura com o nitrogênio ligado ao carbono por ligação tripla de modo que a ordem da ligação entre o carbono e o nitrogênio seja igual a 3.
- $\text{CH}_2\text{NH}$  : A molécula possui uma estrutura com o nitrogênio ligado ao carbono por ligação dupla de modo que a ordem da ligação entre o carbono e o nitrogênio seja igual a 2.
- $\text{CH}_3\text{NH}_2$  : A molécula possui uma estrutura com o nitrogênio ligado ao carbono por ligação simples de modo que a ordem da ligação entre o carbono e o nitrogênio seja igual a 1.

$$\text{Cl}(\text{CH}_3\text{NH}_2) > \text{Cl}(\text{CH}_2\text{NH}) > \text{Cl}(\text{HCN})$$

**PROBLEMA 12. A** 1E12

- $\text{NO}$  : Montando os orbitais moleculares, obtêm-se que a ordem da ligação entre o nitrogênio e o oxigênio na molécula é igual 5/2.
- $\text{NO}_2$  : A molécula possui é estabilizada por efeito de ressonância de modo que em duas das três estruturas há um oxigênio ligado ao nitrogênio por ligação simples e um oxigênio ligado ao nitrogênio por ligação dupla e na terceira estrutura os dois oxigênios estão ligados ao nitrogênio por ligação dupla de modo que a ordem das ligações entre o nitrogênio e os oxigênios seja igual a 5/3.
- $\text{NO}_3^-$  : A molécula possui uma estrutura com dois oxigênios ligados ao nitrogênio por ligação simples e um oxigênio ligado ao nitrogênio por ligação dupla de modo que por efeito de ressonância a ligação  $\pi$  se “divide” entre os três átomos de oxigênio de modo que a ordem das ligações entre o nitrogênio e os oxigênios seja igual a 4/3.

$$\text{Cl}(\text{NO}_3^-) > \text{Cl}(\text{NO}_2) > \text{Cl}(\text{NO})$$

**PROBLEMA 13. E** 1E13

- $\text{C}_2\text{H}_2$  : A molécula possui uma estrutura com os carbonos ligados entre si por ligação tripla de modo que a ordem de entre os átomos de carbono seja igual a 3.
- $\text{C}_2\text{H}_4$  : A molécula possui uma estrutura com os carbonos ligados entre si por ligação dupla de modo que a ordem de entre os átomos de carbono seja igual a 2.

- $\text{C}_2\text{H}_6$  : A molécula possui uma estrutura com os carbonos ligados entre si por ligação simples de modo que a ordem de entre os átomos de carbono seja igual a 1.

$$\text{Cl}(\text{C}_2\text{H}_6) > \text{Cl}(\text{C}_2\text{H}_4) > \text{Cl}(\text{C}_2\text{H}_2)$$

**PROBLEMA 14. A** 1E14

$\text{CH}_3\text{OH}$  : A molécula possui uma estrutura com o oxigênio ligado ao carbono por ligação simples de modo que a ordem da ligação entre o carbono e o oxigênio seja igual a 1.  $\text{CH}_2\text{O}$  : A molécula possui uma estrutura com o oxigênio ligado ao carbono por ligação dupla de modo que a ordem da ligação entre o carbono e o oxigênio seja igual a 2.  $\text{CH}_3\text{OCH}_3$  : A molécula possui uma estrutura com o oxigênio ligado aos carbonos por ligação simples de modo que a ordem das ligações entre os carbonos e o oxigênio seja igual a 1. Além disso, há uma repulsão entre os hidrogênios de cada grupo metila de modo a aumentar o comprimento das ligações C—O.

$$\text{Cl}(\text{CH}_3\text{OCH}_3) > \text{Cl}(\text{CH}_3\text{OH}) > \text{Cl}(\text{CH}_2\text{O})$$

**PROBLEMA 15. C** 1E15

Ambas as moléculas possuem a mesma estrutura e a mesma ordem de ligação de modo que o que define a ordem das energias de ligação é a repulsão entre os halogênios ligados ao carbono. Assim, quanto maior o halogênio, maior a repulsão gerada e portanto, menor a energia da ligação.

$$\text{El}(\text{CF}_4) > \text{El}(\text{CCl}_4) > \text{El}(\text{CBr}_4)$$

**PROBLEMA 16. A** 1E16

- $\text{NHCH}_2$  : A molécula possui uma estrutura com o nitrogênio ligado ao carbono por ligação dupla de modo que a ordem da ligação entre o carbono e o nitrogênio seja igual a 2.
- $\text{NH}_2\text{CH}_3$  : A molécula possui uma estrutura com o nitrogênio ligado ao carbono por ligação simples de modo que a ordem da ligação entre o carbono e o nitrogênio seja igual a 1.
- $\text{HCN}$  : A molécula possui uma estrutura com o nitrogênio ligado ao carbono por ligação tripla de modo que a ordem da ligação entre o carbono e o nitrogênio seja igual a 3.

$$\text{El}(\text{HCN}) > \text{El}(\text{NHCH}_2) > \text{El}(\text{NH}_2\text{CH}_3)$$

**PROBLEMA 17. D** 1E17

$$\Delta H_f^\circ(\text{KCl}) = \Delta H_{\text{sub}}^\circ(\text{K}) + \Delta H_{\text{ion}}^\circ(\text{K}) + \frac{1}{2} \Delta H_{\text{L}}(\text{Cl}_2) + \Delta H_{\text{ge}}^\circ(\text{Cl}) + \Delta H_{\text{rede}}^\circ(\text{KCl})$$

$$\Delta H_f^\circ(\text{KCl}) = 90 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} + 419 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} + 121 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} + (-349 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}) + (-690 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}})$$

$$\Delta H_f^\circ(\text{KCl}) = -409 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

**PROBLEMA 18. D** 1E18

$$\Delta H_f^\circ(\text{CaCl}_{2(s)}) = \Delta H_{\text{sub}}^\circ(\text{Ca}) + \Delta H_{\text{ion}}^\circ(\text{Ca}) + \Delta H_{\text{ion}}^\circ(\text{Ca}^+) + \Delta H_{\text{L}}(\text{Cl}_2) + 2 \Delta H_{\text{ge}}^\circ(\text{Cl}) + \Delta H_{\text{rede}}^\circ(\text{CaCl}_2)$$

$$-796 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} = 190 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} + 590 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} + 1150 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} + 242 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} + (-698 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}) + \Delta H_{\text{rede}}^\circ(\text{CaCl}_2)$$

$$\Delta H_{\text{rede}}^\circ(\text{CaCl}_2) = -2270 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

**PROBLEMA 19. B**

1E19

$$\Delta H_{\text{f}}^{\circ}(\text{LiI}_{(\text{s})}) = \Delta H_{\text{sub}}^{\circ}(\text{Li}) + \Delta H_{\text{ion}}^{\circ}(\text{Li}) + \frac{1}{2} \Delta H_{\text{L}}(\text{I}_2) + \Delta H_{\text{ge}}^{\circ}(\text{I}) + \Delta H_{\text{rede}}^{\circ}(\text{LiI})$$

$$-292 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} = \Delta H_{\text{sub}}^{\circ}(\text{Li}) + 520 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} + 75,5 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} + (-295 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}) + (-753 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}})$$

$$\Delta H_{\text{sub}}^{\circ}(\text{Li}) = 160,5 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

$$\Delta H = \Delta H_{\text{L}}(\text{H}_2) + \frac{1}{2} \Delta H_{\text{L}}(\text{O}_2) - 2 \Delta H_{\text{L}}(\text{O}-\text{H})$$

$$\Delta H = 463 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} + 248 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} - 926 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

$$\Delta H = -215 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \Rightarrow \frac{\Delta H}{N(\text{H})} = -107,5 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

Logo, a razão pedida é dada por:

**PROBLEMA 20. E**

1E20

$$\Delta H_{\text{f}}^{\circ}(\text{K}_2\text{S}_{(\text{s})}) = 2 \Delta H_{\text{sub}}^{\circ}(\text{K}) + 2 \Delta H_{\text{ion}}^{\circ}(\text{K}) + \Delta H_{\text{sub}}^{\circ}(\text{S}) + \Delta H_{\text{ge}}^{\circ}(\text{S}) + \Delta H_{\text{ge}}^{\circ}(\text{S}^-) + \Delta H_{\text{rede}}^{\circ}(\text{K}_2\text{S}) = \frac{-285 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}}{-107,5 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}} \approx 2,65$$

$$-381 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} = 180 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} + 8 \text{eV} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{mol}^{-1} \cdot 1,6 \cdot 10^{-22} \frac{\text{kJ}}{\text{eV}} + 277 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} + (-2 \text{eV} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{mol}^{-1} \cdot 1,6 \cdot 10^{-22} \frac{\text{kJ}}{\text{eV}}) + \Delta H_{\text{ge}}^{\circ}(\text{S}^-) + (-2050 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}})$$

$$E_{\text{ae}2}(\text{S}) \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{mol}^{-1} \cdot 1,6 \cdot 10^{-22} \frac{\text{kJ}}{\text{eV}} = 634,08 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \Rightarrow E_{\text{ae}2}(\text{S}) \approx 6,583 \text{eV}$$

**PROBLEMA 21. C**

1E21

$$\Delta H = 5 \Delta H_{\text{L}}(\text{C}-\text{Cl}) + \Delta H_{\text{L}}(\text{C}-\text{C}) + \Delta H_{\text{L}}(\text{C}-\text{H}) + 2 \Delta H_{\text{L}}(\text{HF}) - (3 \Delta H_{\text{L}}(\text{C}-\text{Cl}) + \Delta H_{\text{L}}(\text{C}-\text{C}) + \Delta H_{\text{L}}(\text{C}-\text{H}) + 2 \Delta H_{\text{L}}(\text{C}-\text{F}) + 2 \Delta H_{\text{L}}(\text{HCl}))$$

$$\Delta H = 2 \cdot 338 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} + 2 \cdot 565 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} - 2 \cdot 484 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} - 2 \cdot 431 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

$$\Delta H = -24 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

**PROBLEMA 22. E**

1E22

$$\Delta H = 4 \Delta H_{\text{L}}(\text{C}-\text{H}) + 2 \Delta H_{\text{L}}(\text{F}_2) - (2 \Delta H_{\text{L}}(\text{C}-\text{H}) + 2 \Delta H_{\text{L}}(\text{C}-\text{F}) + 2 \Delta H_{\text{L}}(\text{HF}))$$

$$\Delta H = 2 \cdot 412 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} + 2 \cdot 158 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} - 2 \cdot 484 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} - 2 \cdot 565 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

$$\Delta H = -958 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

**PROBLEMA 23. C**

1E23

$$\Delta H_{\text{f}}^{\circ}(\text{CH}_3\text{OH}) = \Delta H_{\text{sub}}^{\circ}(\text{grafita}) + 2 \Delta H_{\text{L}}(\text{H}_2) + \frac{1}{2} \Delta H_{\text{L}}(\text{O}_2) - (3 \Delta H_{\text{L}}(\text{C}-\text{H}) + \Delta H_{\text{L}}(\text{C}-\text{O}) + \Delta H_{\text{L}}(\text{O}-\text{H}))$$

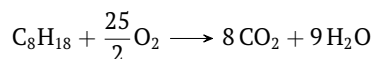
$$\Delta H_{\text{f}}^{\circ}(\text{CH}_3\text{OH}) = 716 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} + 872 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} + 248 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} - 1236 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} - 360 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} - 463 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

$$\Delta H_{\text{f}}^{\circ}(\text{CH}_3\text{OH}) = -223 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

**PROBLEMA 24. E**

1E24

Combustão completa do octano gasoso:



$$\Delta H_{\text{C}} = 7 \Delta H_{\text{L}}(\text{C}-\text{C}) + 18 \Delta H_{\text{L}}(\text{C}-\text{H}) + \frac{25}{2} \Delta H_{\text{L}}(\text{O}_2) - (16 \Delta H_{\text{L}}(\text{C}=\text{O}) + 18 \Delta H_{\text{L}}(\text{O}-\text{H}))$$

$$\Delta H_{\text{C}} = 7 \cdot 348 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} + 18 \cdot 412 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} + \frac{25}{2} \cdot 496 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} - 16 \cdot 803 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} - 18 \cdot 463 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

$$\Delta H_{\text{C}} = -5130 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \Rightarrow \frac{\Delta H_{\text{C}}}{N(\text{H})} = -285 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

Célula de combustível de hidrogênio e oxigênio:

