

Olimpíada Brasileira Online de Química

2ª Fase - 3-5 de outubro de 2025

Nome: _____

Série: _____

Nível SHF
Prova única

Instruções de Prova

- Este caderno apresenta 10 páginas, incluindo capa, enunciado para problemas objetivos e créditos para a equipe responsável pela prova.
- A prova possui 20 questões objetivas, cada uma com pontuação, se correta, de 1 ponto. Assim, a pontuação máxima é 20 pontos.
- É permitido o uso de calculadora científica **não programável**. Utilize caneta azul ou preta para marcar o gabarito.
- Esta prova tem duração de 90 minutos.

Caderno de Problemas

Tabela Periódica com massas atômicas relativas

1 H 1.008																	18 He 4.003
3 Li 6.94	4 Be 9.01											5 B 10.81	6 C 12.01	7 N 14.01	8 O 16.00	9 F 19.00	10 Ne 20.18
11 Na 22.99	12 Mg 24.30											13 Al 26.98	14 Si 28.09	15 P 30.97	16 S 32.06	17 Cl 35.45	18 Ar 39.95
19 K 39.10	20 Ca 40.08	21 Sc 44.96	22 Ti 47.87	23 V 50.94	24 Cr 52.00	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85	27 Co 58.93	28 Ni 58.69	29 Cu 63.55	30 Zn 65.38	31 Ga 69.72	32 Ge 72.63	33 As 74.92	34 Se 78.97	35 Br 79.90	36 Kr 83.80
37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.95	43 Tc -	44 Ru 101.1	45 Rh 102.9	46 Pd 106.4	47 Ag 107.9	48 Cd 112.4	49 In 114.8	50 Sn 118.7	51 Sb 121.8	52 Te 127.6	53 I 126.9	54 Xe 131.3
55 Cs 132.9	56 Ba 137.3	57-71 La 138.9	72 Hf 178.5	73 Ta 180.9	74 W 183.8	75 Re 186.2	76 Os 190.2	77 Ir 192.2	78 Pt 195.1	79 Au 197.0	80 Hg 200.6	81 Tl 204.4	82 Pb 207.2	83 Bi 209.0	84 Po -	85 At -	86 Rn -
87 Fr -	88 Ra -	89-103 Ac -	104 Rf -	105 Db -	106 Sg -	107 Bh -	108 Hs -	109 Mt -	110 Ds -	111 Rg -	112 Cn -	113 Nh -	114 Fl -	115 Mc -	116 Lv -	117 Ts -	118 Og -

57 La 138.9	58 Ce 140.1	59 Pr 140.9	60 Nd 144.2	61 Pm -	62 Sm 150.4	63 Eu 152.0	64 Gd 157.3	65 Tb 158.9	66 Dy 162.5	67 Ho 164.9	68 Er 167.3	69 Tm 168.9	70 Yb 173.0	71 Lu 175.0
89 Ac -	90 Th 232.0	91 Pa 231.0	92 U 238.0	93 Np -	94 Pu -	95 Am -	96 Cm -	97 Bk -	98 Cf -	99 Es -	100 Fm -	101 Md -	102 No -	103 Lr -

Constantes consideradas

Volume molar do gás ideal: 22,4 L (CNTP)

Constante dos gases: $0,0821 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} = 8,3145 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

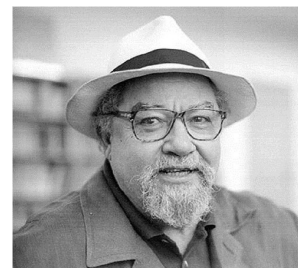
1 atm = 1,01325 bar = $1,01325 \times 10^5 \text{ Pa} = 760 \text{ torr}$

Massa do elétron: $9,109 \times 10^{-31} \text{ Kg}$

Constante de Planck: $6,626 \times 10^{-34} \text{ J/s}$

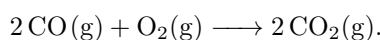
1 eV = $1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$

Curiosidades: Sergio Henrique Ferreira (1934-2016) foi um médico e farmacologista brasileiro de destaque, cuja pesquisa teve um impacto fundamental na medicina. Ele ficou mais conhecido por sua descoberta do fator de potenciação da bradicinina (BPF), um peptídeo encontrado no veneno da cobra jararaca. Essa descoberta foi crucial para o desenvolvimento do captopril, um dos primeiros e mais importantes medicamentos usados para tratar a hipertensão arterial. Além disso, Ferreira fez outras contribuições significativas para a ciência, como a descoberta de que a inibição da síntese de prostaglandinas por drogas como a aspirina é o mecanismo por trás de sua ação analgésica. Ao longo de sua carreira, ele atuou como professor na Universidade de São Paulo (USP) e recebeu inúmeros prêmios e homenagens, sendo reconhecido como um dos cientistas brasileiros mais influentes de sua geração.



QUESTÕES DE MÚLTIPLA ESCOLHA

- 1) A combustão do monóxido de carbono é dada por:



Dados (a 298 K):

$$\Delta H_f^\circ(\text{CO(g)}) = -110.5 \text{ kJ mol}^{-1}, \quad \Delta H_f^\circ(\text{CO}_2\text{(g)}) = -393.5 \text{ kJ mol}^{-1}.$$

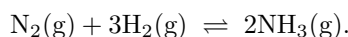
As capacidades caloríficas médias no intervalo 298-1000 K são (em $\text{J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$):

$$C_p(\text{CO}) = 29.1, \quad C_p(\text{O}_2) = 29.4, \quad C_p(\text{CO}_2) = 37.1.$$

Calcule o valor aproximado de ΔH_{rxn}° a 1000 K.

- (A) -565 kJ mol^{-1}
- (B) -571 kJ mol^{-1}
- (C) -575 kJ mol^{-1}
- (D) -583 kJ mol^{-1}

- 2) Considere a reação de síntese da amônia:



A reação ocorre a 400 °C e 100 bar, partindo de uma mistura estequiométrica de N_2 e H_2 . Use os seguintes dados de termoquímica padrão:

Espécie	$\Delta_f H^\circ$ (kJ mol^{-1})	S° ($\text{J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$)
$\text{N}_2\text{(g)}$	0	191.6
$\text{H}_2\text{(g)}$	0	130.7
$\text{NH}_3\text{(g)}$	-45.9	192.8

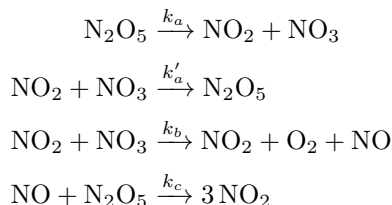
Assuma que ΔH° e ΔS° são independentes da temperatura. Encontre a conversão molar de nitrogênio (em porcentagem) em amônia sob as condições de produção de uma mistura estequiométrica de nitrogênio e hidrogênio.

- (A) 25%
- (B) 38%

(C) 51%

(D) 66%

- 3) Um mecanismo proposto para a decomposição do N_2O_5 é apresentado a seguir:



Utilizando a aproximação do estado estacionário para os intermediários, determine a lei de velocidade da decomposição de N_2O_5 .

(A) $-k_a[\text{N}_2\text{O}_5]$

(B) $-\frac{2k_a k_b}{k_b + k'_a}[\text{N}_2\text{O}_5]$

(C) $-\frac{k_a k_b}{k_b + k'_a}[\text{N}_2\text{O}_5]$

(D) $-\frac{k_a(k_b - k'_a)}{k_b + k'_a}[\text{N}_2\text{O}_5]$

- 4) Uma amostra de 15 g de um fármaco é dissolvida em 250 g de um solvente que apresenta as seguintes propriedades:

- Massa molar do solvente: 100 g/mol
- Ponto de congelamento do solvente puro: -15°C
- Constante crioscópica (K_f) do solvente: $4.5 \text{ K kg mol}^{-1}$
- Entalpia-padrão de vaporização do solvente: 25.0 kJ/mol
- Pressão de vapor do solvente puro a -15°C : 0.0075 atm
- Ponto de congelamento da solução contendo o fármaco: -16.5°C

Estime a pressão de vapor do solvente no novo ponto de congelamento após a dissolução do fármaco, utilizando a equação de Clausius-Clapeyron e a lei de Raoult.

(A) 0.0079 atm

(B) 0.0069 atm

(C) 0.0059 atm

(D) 0.0049 atm

- 5) Dissolve-se 0.01 mol de AgNO_3 em 1.00 L de 1.00 M de solução aquosa de NH_3 . Qual é a quantidade mínima de HCl que deve ser adicionada a esta solução para induzir a precipitação de AgCl ?

Dados:

$$K_{sp}(\text{AgCl}) = 1.8 \times 10^{-10}, \quad K_f([\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+) = 1.6 \times 10^7, \quad K_a(\text{NH}_4^+) = 5.6 \times 10^{-10}.$$

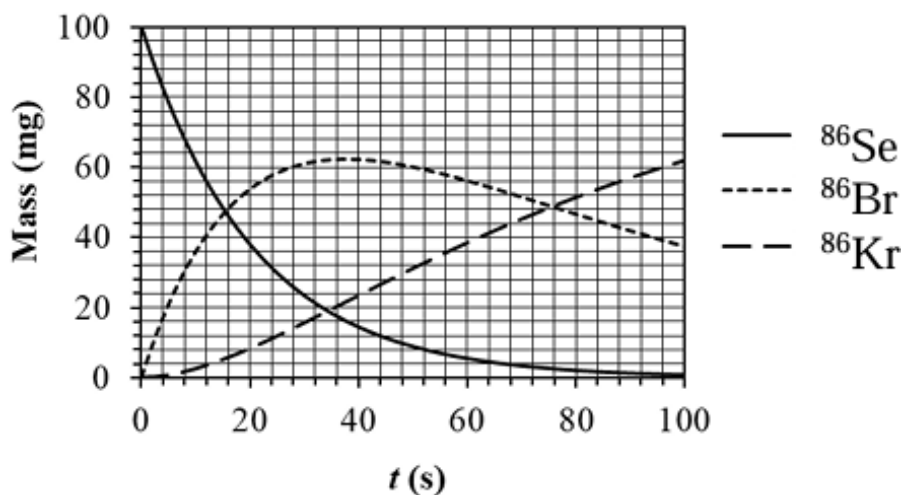
(A) $1.8 \times 10^{-8} \text{ mol}$

(B) $1.3 \times 10^{-5} \text{ mol}$

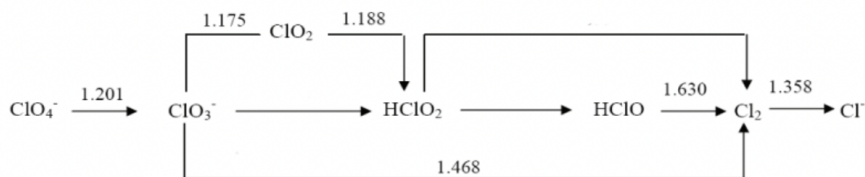
(C) 0.18 mol

(D) 0.28 mol

- 6) O ^{86}Se sofre decaimento β^- para ^{86}Br , com meia-vida de 14.3 s. Em seguida, ^{86}Br também sofre decaimento β^- para formar ^{86}Kr , um produto estável. Foram colocados 0.100 g de ^{86}Se em um recipiente fechado, e as massas dos três núclídeos foram medidas ao longo do tempo, conforme o gráfico abaixo. Qual é a meia-vida de ^{86}Br ?



- (A) 55 s
(B) 70 s
(C) 85 s
(D) Não é possível determinar com as informações fornecidas
- 7) Sabendo que Diagramas de Latimer são úteis para prever a estabilidade termodinâmica de espécies em estados de oxidação intermediários e que uma espécie é instável em relação à desproporção se o potencial da etapa à sua direita for maior que o potencial da etapa à sua esquerda. Considere que a análise de estabilidade indica que o ácido cloroso (HClO_2) é termodinamicamente instável e tende a se desproporcionar em íon clorato (ClO_3^-) e ácido hipocloroso (HClO). Calcule o valor da constante de equilíbrio (K_{eq}) para esta reação de desproporção a 298 K. Use $R=8.374 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ e $F=96485 \text{ C mol}^{-1}$.



- a) $1.8 \cdot 10^7$
b) $3.1 \cdot 10^{-15}$
c) $3.2 \cdot 10^{14}$
d) $1.2 \cdot 10^{29}$
- 8) Em uma certa célula galvânica, sob temperatura constante de 25 °C: $\text{Zn(s)} | \text{Zn}^{2+}(\text{aq}, 0.010 \text{ M}) || \text{Cu}^{2+}(\text{aq}, 1.5 \text{ M}) | \text{Cu(s)}$. Qual é o potencial da célula, nas condições de que os potenciais padrões de redução são $E_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}}^\circ = -0,76 \text{ V}$ e $E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}^\circ = +0,34 \text{ V}$? Use $R=8.374 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ e $F=96485 \text{ C mol}^{-1}$.
- a) 1.16
b) 1.10

c) 1.21

d) 1.04

- 9) Um analista realiza o seguinte procedimento em duas etapas. Primeiramente, 100,0 mL de uma solução de ácido acético (CH_3COOH) 0,30 M são misturados com 50,0 mL de uma solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,20 M. Em seguida, à solução resultante da primeira etapa, são adicionados 10,0 mL de ácido clorídrico (HCl) 0,10 M. Considerando o pK_a do ácido acético como 4,76, qual é o pH da solução final após a conclusão da segunda etapa?

a) 5.13

b) 4.76

c) 4.46

d) 4.39

- 10) A equação integrada para uma reação elementar de ordem n (com $n \neq 1$) é dada por

$$\frac{[A]_0^{1-n} - [A]_t^{1-n}}{1-n} = kt,$$

onde k é a constante de velocidade, $[A]_0$ é a concentração inicial e $[A]_t$ é a concentração no tempo t . Sejam $t_{1/3}$ o tempo necessário para $[A] = \frac{1}{3}[A]_0$ e $t_{2/3}$ o tempo necessário para $[A] = \frac{2}{3}[A]_0$. Determine a razão $\frac{t_{1/3}}{t_{2/3}}$.

(A) $\frac{1 - 3^{1-n}}{1 - \left(\frac{3}{2}\right)^{1-n}}$

(B) $\frac{3^{n-1} - 1}{\left(\frac{3}{2}\right)^{n-1} - 1}$

(C) $\frac{\left(\frac{3}{2}\right)^{n-1} - 1}{3^{n-1} - 1}$

(D) $\frac{1 - \left(\frac{3}{2}\right)^{1-n}}{1 - 3^{1-n}}$

- 11) O fluoreto de cálcio (CaF_2), conhecido como o mineral fluorita, é de extrema importância por ser a principal fonte de extração de flúor globalmente, sendo necessário na metalurgia para a produção de ácido e na produção industrial de ácido fluorídrico (HF). Este fluoreto de cálcio é solúvel em meio aquoso, com base nisso, calcule a solubilidade molar do fluoreto de cálcio em uma solução de fluoreto de sódio (NaF) com concentração de 0,05 M. Sabendo que K_{ps} para CaF_2 tem valor de $3,9 \cdot 10^{-11}$.

a) $7,8 \cdot 10^{-10}$

b) $8,9 \cdot 10^{-6}$

c) $2,1 \cdot 10^{-4}$

d) $1,6 \cdot 10^{-8}$

- 12) Para um químico, é de extrema importância compreender como os elementos químicos se comportam e como a periodicidade da tabela periódica ocorre, e essas respostas são explicadas de acordo com a carga nuclear efetiva (Z_{eff}), podendo explicar além disso, as interações dentro de um único átomo. Para o átomo de Vanádio (V, $Z=23$) em seu estado fundamental (configuração $[\text{Ar}]3d^34s^2$), analise a carga nuclear efetiva sentida por três elétrons distintos: (I) um elétron do core 2p, (II) um elétron 3d, e (III) um elétron de valência 4s. Qual das opções abaixo ordena corretamente a magnitude da carga nuclear efetiva sentida por cada um desses elétrons?

- a) $Z_{eff}(2p) > Z_{eff}(4s) > Z_{eff}(3d)$
- b) $Z_{eff}(4s) > Z_{eff}(3d) > Z_{eff}(2p)$
- c) $Z_{eff}(3d) > Z_{eff}(2p) > Z_{eff}(4s)$
- d) $Z_{eff}(2p) > Z_{eff}(3d) > Z_{eff}(4s)$

13) As forças intermoleculares são as atrações eletrostáticas entre moléculas, que as mantêm unidas nos estados sólido e líquido, influenciando propriedades como ponto de fusão e ebulição.

- 1) O valor de $|\Delta H_{vap}|$ do CH_3CN é maior que o do CH_3OH porque, apesar de ambos serem polares, o composto nitrogenado apresenta momento de dipolo muito maior, fortalecendo interações dipolo-dipolo.
- 2) Comparando sais iônicos, o LiI apresenta ponto de fusão menor que o LiF , pois o íon I^- é muito mais polarizável que o F^- , gerando maior caráter covalente na ligação iônica de LiI .
- 3) O H_2 apresenta apenas forças de dispersão de London, que são muito fracas devido à sua baixa polarizabilidade.
- 4) Se substituíssemos os hidrogênios do CH_3OH por flúor, obtendo CF_3OH , seria esperado que $|\Delta H_{vap}|$ fosse menor que o do metanol.

Quais afirmações estão corretas?

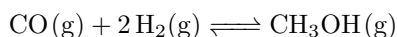
- a) Apenas 2, 3 e 4.
 - b) Apenas 2 e 3.
 - c) Apenas 3.
 - d) Apenas 3 e 4.
- 14) No ano de 2142, engenheiros da Agência Espacial do NOIC desenvolvem um novo motor de propulsão baseado em gases comprimidos para viagens interplanetárias. O protótipo utiliza 1,0 mol de um gás ideal monoatômico inicialmente a 400 K e volume de 2,00 L. Durante os testes, o gás é submetido a uma expansão isotérmica até atingir o volume final de 8,00 L. Qual a variação de entropia (ΔS) do sistema, em J/(K·mol)?
- a) +11,5
 - b) -8,3
 - c) -11,5
 - d) +8,3
- 15) O pentacloreto de fósforo (PCl_5) é um composto que cristaliza em duas formas: sólido iônico (contendo íons $[\text{PCl}_4]^+$ e $[\text{PCl}_6]^-$) e molécula covalente gasosa, onde o fósforo ocupa uma posição central em uma bipirâmide trigonal. Experimentos mostram que, em reações de substituição nucleofílica (como a reação com fluoreto para formar PCl_4F), a troca de ligantes ocorre preferencialmente em uma posição específica. Com base nessas informações, considere as afirmações:
- 1 Em uma bipirâmide trigonal perfeita, os ligantes axiais estão a 180° entre si e a 90° de três ligantes equatoriais, enquanto os ligantes equatoriais estão a 120° entre si e a 90° de apenas dois axiais.
 - 2 Para moléculas com cinco ligantes idênticos, os comprimentos das ligações axiais tendem a ser maiores porque o átomo do ligante não pode se aproximar do átomo central tão perto nessa posição.
 - 4 No íon $[\text{PCl}_6]^-$ de geometria octaédrica, não há diferença entre posições, de modo que todas as substituições nucleofílicas são equivalentes.

8 Na estrutura do PCl_3F_2 , os átomos de F ocupam as duas posições axiais, e os átomos maiores de Cl ocupam as posições equatoriais.

Qual a soma das alternativas corretas?

- a) 3
- b) 5
- c) 7
- d) 15

- 16) A síntese de metanol a partir de monóxido de carbono e hidrogênio é um processo industrial crucial. A reação ocorre em fase gasosa:



Em um reator industrial, uma mistura estequiométrica de CO e H_2 é aquecida a 500 K. O sistema atinge o equilíbrio a uma pressão total de 150 atm. A constante de equilíbrio em termos de pressões (K_p) para esta reação a 500 K é $1,78 \times 10^{-4} \text{ atm}^{-2}$.

Qual é a pressão parcial do hidrogênio (P_{H_2}) no equilíbrio?

- a) 37,5 atm
- b) 50,0 atm
- c) 75,0 atm
- d) 100,0 atm

- 17) Um estudante olímpico de química, ao analisar as propriedades magnéticas de diferentes moléculas, deparou-se com uma dificuldade curiosa: o gás oxigênio (O_2) apresenta paramagnetismo, mas nenhuma estrutura de Lewis que respeite a Teoria da Ligação de Valência (TLV) parecia fazer sentido. A solução surgiu quando ele estudou a Teoria dos Orbitais Moleculares (TOM), que descreve o arranjo eletrônico de maneira mais precisa. Com base nessas informações, considere as afirmações:

- (a) A molécula de O_2 , pela TOM, é paramagnética visto que possui um elétron desemparelhado.
- (b) Na TLV, uma ligação é interpretada como a sobreposição de apenas dois orbitais atômicos de valência. Já na TOM, os orbitais moleculares são descritos como combinações lineares de todos os orbitais atômicos dos átomos da molécula.
- (c) A partir da TOM, pode-se afirmar que a ordem de ligação da molécula de óxido nítrico (NO) é 1,5.
- (d) Na TLV, uma ligação π é formada pelo paralelismo entre dois orbitais p. Já na TOM, a ênfase está na combinação em fase ou fora de fase desses orbitais, originando os orbitais moleculares π e π^* .

Quais as alternativas corretas?

- a) Apenas 1 e 2.
- b) Apenas 1 e 4.
- c) Apenas 2 e 3.
- d) Apenas 2 e 4.

18) Durante um treinamento em laboratório, três estudantes receberam uma mistura contendo NaCl (sólido), areia (SiO_2) e ácido benzoico ($\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$, sólido pouco solúvel em água fria, mas solúvel em água quente e em solventes orgânicos apolares). O objetivo era separar e purificar os componentes da mistura utilizando apenas técnicas clássicas de laboratório. Considere as seguintes afirmações sobre os procedimentos adequados:

- (a) O NaCl pode ser separado inicialmente por dissolução em água quente, seguida de filtração, uma vez que é solúvel em água ao contrário da areia e do ácido benzoico.
- (b) Alternativamente, podemos separar o NaCl da solução por meio de destilação fracionada.
- (c) O ácido benzoico pode ser recuperado do filtrado pela técnica de recristalização fracionada em água quente, aproveitando sua solubilidade dependente da temperatura.
- (d) Alternativamente, o ácido benzoico poderia ser extraído seletivamente do meio aquoso alcalino após adição de NaOH, por conversão em benzoato solúvel, seguido de acidificação para regenerar o sólido puro.

Quais as alternativas corretas?

- a) Apenas 2.
- b) Apenas 3 e 4.
- c) Apenas 2, 3 e 4.
- d) 1, 2, 3 e 4.

19) Um analista precisa determinar a massa de oxalato de sódio ($\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$) em uma amostra. Para isso, ele realiza duas titulações distintas, utilizando em ambas a mesma amostra de oxalato e uma solução padronizada de permanganato de potássio (KMnO_4) $0,020 \text{ mol L}^{-1}$.

Experimento 1 (Meio Ácido): A amostra de oxalato é dissolvida em água e fortemente acidificada com H_2SO_4 . A titulação com a solução de KMnO_4 consome **25,00 mL** até o ponto final, observado pelo desaparecimento da cor violeta do íon permanganato, resultando em uma solução incolor.

Experimento 2 (Meio Neutro): Uma amostra idêntica de oxalato é dissolvida em uma solução tampão de pH neutro. A titulação com a mesma solução de KMnO_4 consome **41,67 mL** até o ponto final, observado pela formação de um precipitado castanho persistente.

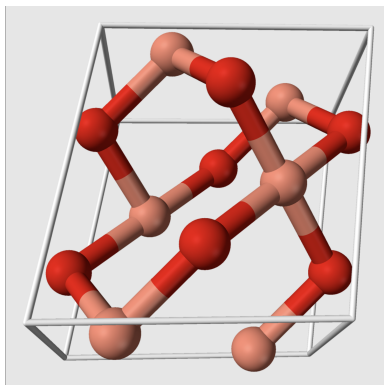
Com base nos dados volumétricos e nas observações, qual é o estado de oxidação final do manganês no Experimento 2?

- a) +6
- b) +4
- c) +3
- d) +2

20) O óxido de cobre(II) (CuO), conhecido como o mineral tenorita, cristaliza em um sistema monoclinico. Sua célula unitária possui os seguintes parâmetros, determinados por difração de raios-X: $a = 4,684 \text{ \AA}$, $b = 3,423 \text{ \AA}$, $c = 5,129 \text{ \AA}$, e o ângulo $\beta = 99,54^\circ$.

Com base nesses dados, calcule a densidade teórica da tenorita. Dados: Massa molar Cu = $63,55 \text{ g/mol}$; Massa molar O = $16,00 \text{ g/mol}$; Número de Avogadro (N_A) = $6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

- a) $3,15 \text{ g/cm}^3$
- b) $4,72 \text{ g/cm}^3$
- c) $6,52 \text{ g/cm}^3$
- d) $7,87 \text{ g/cm}^3$



Célula unitária do CuO. Crédito: Ben Mills, CC BY-SA 3.0, via Wikimedia Commons

EQUIPE RESPONSÁVEL PELA PROVA

- Artur Galiza (Coordenador e escritor).
- Gabriel Renato (escritor).
- Cristian Levi (escritor).
- Guilherme Soares (escritor).
- Lucas Guimarães (corretor).