

# OLIMPIÁDA DE QUÍMICA DO ESTADO DE SÃO PAULO

## OQSP-2022 – FASE FINAL

### Caderno de Perguntas

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	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	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 -

## Instruções

- O caderno de problemas tem 13 páginas.
- O exame possui 20 questões objetivas (questões 1 a 20) e 4 questões discursivas (questões 21-24)
- Certifique-se de inserir seu código em todas as folhas do caderno de respostas.
- Todas as respostas das questões objetivas devem ser marcadas no gabarito óptico e as questões discursivas devem ser respondidas nos espaços apropriados no caderno de respostas. Caso o espaço não seja suficiente, utilize o verso das folhas do caderno de respostas.
- Nas questões discursivas, escreva os cálculos relevantes nos espaços apropriados quando necessário. Se você fornecer apenas o resultado para questões com contas, você não receberá pontos.
- É permitido o uso de calculadora.
- Esta prova tem duração de 2h30.
- Você pode ficar com o caderno de perguntas.
- Boa Prova!

### Questões Objetivas

**Questão 1.** No vídeo 1: “Composição do lixo eletrônico”, é mostrado um equipamento de medida da massa atômica de elementos por ablação a laser. No esquema mostrado, o laser causa a \_\_\_\_ (I) \_\_\_\_ da amostra que, na sequência, é exposta a um plasma de argônio, responsável pela \_\_\_\_ (II) \_\_\_\_ da amostra, deixando-a pronta para ser medida pelo espectrômetro de massas.

Os conceitos que completam corretamente a frase, de acordo com o mostrado no vídeo, são:

- A) I- vaporização; II- ionização.
- B) I- atomização; II- cristalização.
- C) I- fusão; II- atomização.
- D) I- ablação; II- condução.
- E) I- liquefação; II- sublimação.

**Questão 2.** O vídeo 1: “Composição do lixo eletrônico” cita uma aplicação muito frequente do estanho (Sn) em placas de circuito impresso: a solda. A alternativa que descreve corretamente um motivo da escolha de ligas desse metal para a função é:

- A) O estanho tem potencial de oxidação extremamente baixo, formando facilmente óxido de estanho. A condutividade elétrica e térmica desse óxido é superior à de muitos metais, servindo como condutor de eletricidade e calor.
- B) Ligas de estanho têm alta maleabilidade devido aos dois alótropos existentes de estanho. Esse fato confere à solda alta resistência mecânica e elétrica, bem como a capacidade de se adaptar à mudança de temperatura resultante da passagem de corrente elétrica.
- C) As ligas de estanho usadas para solda têm baixo ponto de fusão, permitindo que ela seja facilmente liquefeita para se adaptar ao ponto de solda. A baixa temperatura também é importante para preservar os componentes eletrônicos, que são sensíveis ao calor.
- D) O estanho metálico, quando aquecido e resfriado, forma dois alótropos com potenciais redox diferentes. A existência desses alótropos é condição fundamental para que ocorra a condução de eletricidade em qualquer sólido metálico, característica necessária na solda.
- E) O metal tem alta condutividade térmica apesar de baixa condutividade elétrica, resultando numa boa dissipação térmica. A dissipação do calor é fundamental para que a placa de circuito impresso não aqueça e estrague os componentes eletrônicos.

**Questão 3.** Uma liga de estanho/chumbo disponível comercialmente tem as seguintes características: Fio cilíndrico com diâmetro de 1,0 mm, 67 m de comprimento e pesando 500 g. Considerando que a densidade do estanho é 7,3 g/cm<sup>3</sup> e a do chumbo é 11,3 g/cm<sup>3</sup>, a porcentagem de estanho na liga é de aproximadamente

- A) 27,5%.
- B) 33,8%.
- C) 39,5%.
- D) 41,5%.
- E) 66,2%.

Considere o volume de um cilindro:  $V = \pi r^2 h$ , sendo  $r$  seu raio e  $h$  sua altura e  $\pi = 3$ .

**Questão 4.** No vídeo 1: “Composição do lixo eletrônico”, quando se faz as medidas por laser na placa de circuito impresso, inicialmente é selecionada para identificação a região com contatos metálicos, cujo valor medido é de 197 g/mol; na sequência, incide-se o laser na região da solda, cujos valores medidos são 118 e 208 g/mol; e, por fim, incide-se o laser nas trilhas condutivas, cujo valor medido é de 63 g/mol. Nesse momento do vídeo foi mostrada a seguinte informação: “Obs.: Equipamento ajustado para detectar apenas algumas massas selecionadas.”

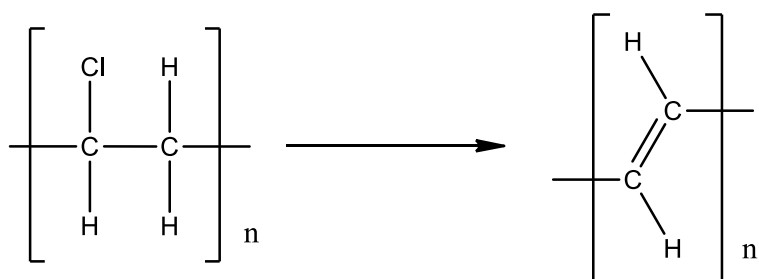
Se para cada experimento mostrado, o equipamento foi selecionado para medir apenas uma massa específica ( $\pm 0,01$  u.m.a.), o sistema detectaria o elemento químico selecionado e

- A) não detectaria nenhum isóbaro desse elemento, independentemente da condição da medida.
- B) detectaria todas as espécies isoeletrônicas desse elemento, separando-as conforme sua configuração eletrônica.
- C) não detectaria outros isótopos desse elemento uma vez que as massas desses isótopos não estariam ajustadas ao equipamento.
- D) detectaria automaticamente os outros isótonos desse elemento, independentemente de sua configuração eletrônica.
- E) detectaria espécies com erro de  $\pm 1$  u.m.a. uma vez que as espécies podem perder ou ganhar um elétron durante o processo.

Texto para as **questões 5 e 6:**

No vídeo 3: “Plásticos em lixo eletrônico”, são mostrados experimentos da decomposição térmica do PVC e do poliestireno seguida da coleta dos gases em solução contendo sal de prata em meio ácido.

**Questão 5.** Uma das primeiras etapas da degradação do PVC pode ser exemplificada pela reação a seguir, em que é mostrado apenas um trecho do polímero e uma espécie é omitida no produto:



Com base nessas informações, nos resultados mostrados no vídeo e em seus conhecimentos, assinale a alternativa correta a respeito da solução exposta ao gás liberado pelo aquecimento do PVC, conforme reação acima.

- A) A solução fica turva devido à precipitação de um sólido branco, o AgOH, uma vez que os gases deixam a solução com caráter alcalino.
- B) A solução fica ainda mais ácida do que inicialmente, devido à liberação de ácido sulfúrico, e a solução fica levemente turva, devido à formação de Ag<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, espécie pouco solúvel em água.
- C) Não há alteração no aspecto da solução, uma vez que há a formação da espécie [AgCl<sub>4</sub>], muito solúvel em solução aquosa alcalina.
- D) Há apenas a liberação de CO<sub>2</sub> no gás resultante do aquecimento do polímero, resultando na precipitação de Ag<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, espécie estável em meio ácido.
- E) Há a formação de AgCl, um sólido branco que precipita, e a solução fica ainda mais ácida, uma vez que há liberação de ácido clorídrico gasoso no aquecimento do polímero.

**Questão 6.** A partir do experimento de decomposição térmica do poliestireno mostrado no vídeo 3, foram feitas as seguintes afirmações:

I – O poliestireno é resistente à temperatura da chama e nada ocorreu no experimento, uma vez que nenhuma mudança foi observada na solução aquosa.

II – Se ao invés de realizar o experimento na ausência de O<sub>2</sub> (pirólise) o mesmo fosse realizado em sistema aberto (combustão), nem todos os produtos gerados seriam os mesmos.

III – A fumaça branca liberada pela decomposição do polímero é majoritariamente vapor de água preso na estrutura polimérica e que é liberado pela chama.

É correto o que se afirma em

- A) I, apenas.
- B) II, apenas.
- C) I e II, apenas.
- D) I e III, apenas.
- E) I, II e III.

Texto para as **questões 7 e 8**

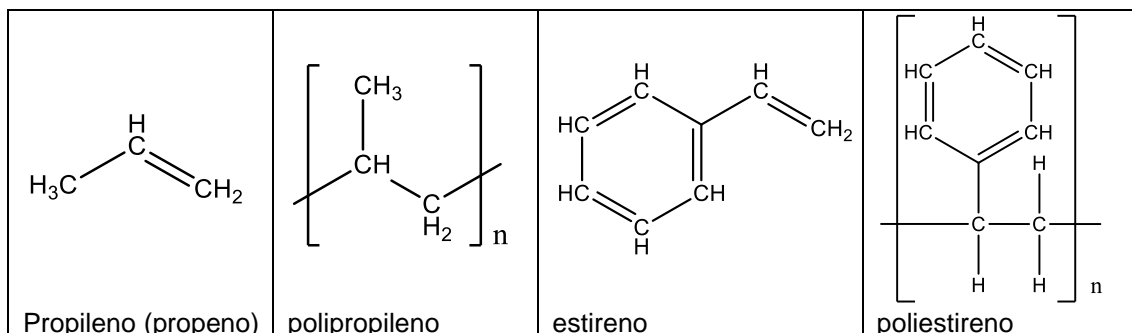
Na parte final do **vídeo 3**: “Plásticos em lixo eletrônico”, apresentam-se experimentos de separação de diferentes tipos de plásticos comerciais e uma tabela de densidade de polímeros, reproduzida a seguir:

Polímeros	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )		Polímeros	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )
PP	0,90 – 0,91		PVC	1,16 – 1,58
PEAD	0,95 – 0,96		PET	1,29 – 1,40
PS	1,04 – 1,05			

**Questão 7.** Indique qual dos solventes listados abaixo teria o mesmo efeito da água com cloreto de sódio no experimento de separação de polímeros.

- A) Acetona (d = 0,79 g/cm<sup>3</sup>)
- B) Ciclohexanona (d = 0,95 g/cm<sup>3</sup>)
- C) Lactato de etila (d = 1,03 g/cm<sup>3</sup>)
- D) Etilenoglicol (d = 1,11 g/cm<sup>3</sup>)
- E) Bromometano (d= 1,73 g/cm<sup>3</sup>)

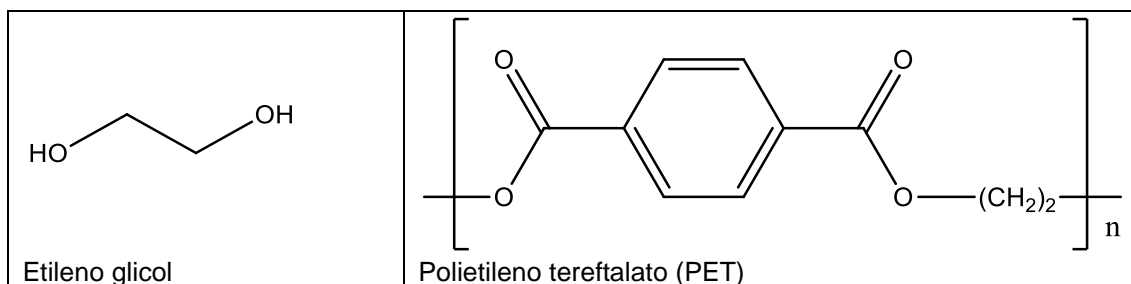
**Questão 8.** O poliestireno e o polipropileno são sólidos à temperatura e pressão ambientes, enquanto o estireno é líquido nessas mesmas condições, com densidade de  $0,909 \text{ g/cm}^3$  e o propileno é um gás. As estruturas são mostradas abaixo.



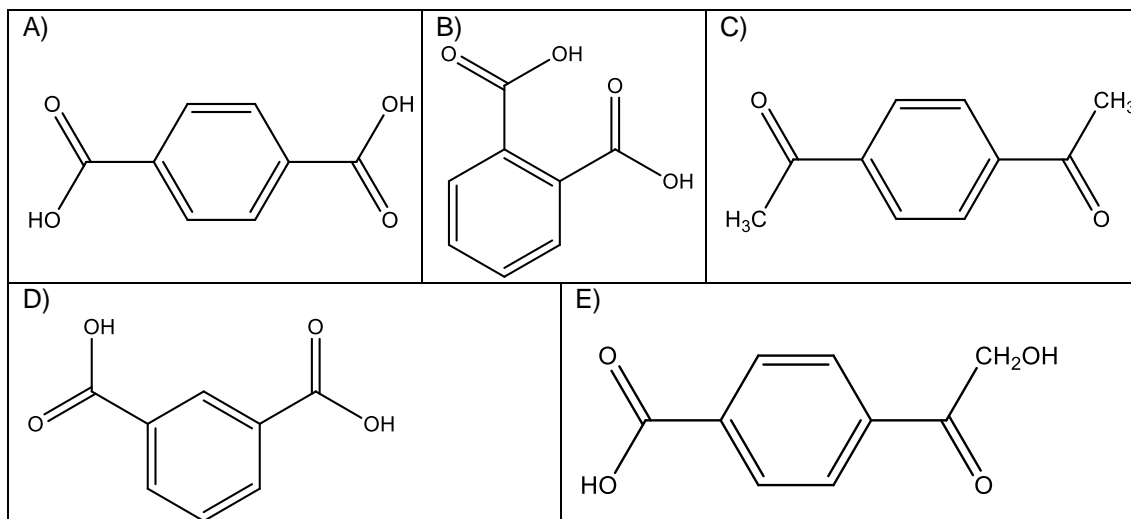
Com base nessas informações e no que se sabe sobre o assunto, assinale a afirmação correta.

- A) O conceito de densidade é diferente para sólidos e líquidos, por exemplo, de forma que não se pode comparar a densidade de um polímero sólido com a densidade de seu precursor líquido ou gasoso. A única medida adequada para comparar esses diferentes estados da matéria é o ponto de fusão e de ebulição, resultado das ligações químicas.
- B) Polímeros com cadeia aromática, como o poliestireno, têm maior empacotamento do que polímeros de cadeia aberta, como o polipropileno, uma vez que anéis aromáticos causam grande atração entre si, causada pela ressonância dos elétrons; como consequência, polímeros com anéis aromáticos são mais densos que seus precursores, mas os de cadeia aberta não.
- C) A mudança de estado físico dos polímeros em relação a seus precursores bem como o aumento da densidade dos polímeros em relação a seus precursores se deve tanto à formação de espécies mais pesadas, com a polimerização, quanto à inclusão de grande quantidade de átomos mais pesados, vindos do catalisador, na cadeia polimérica.
- D) Os polímeros têm sempre ligações químicas mais fracas do que seus precursores, mas como há um número muito maior de ligações fracas nessa cadeia polimérica, ela se torna mais pesada e mais compacta, como um resultado direto das interações eletrostáticas presentes entre os dois tipos de monômeros que sempre compõem um polímero.
- E) O aumento das interações intermoleculares com o aumento da cadeia polimérica e o grande grau de empacotamento do polímero, isso é, a proximidade que as cadeias têm entre si, justificam a maior densidade dos polímeros em relação a seus precursores, além de ser um dos fatores que explica por que ocorre a mudança de estado físico.

**Questão 9.** O PET, sigla para polietileno tereftalato, é um polímero produzido pela reação entre o etileno glicol e o diácido carboxílico conhecido como ácido tereftálico.



Considerando as estruturas do PET e do etileno glicol mostradas na tabela acima, assinale a alternativa que mostra a estrutura correta do ácido tereftálico.



**Questão 10.** Baseado no que ocorre no **vídeo 2**: “recuperação do cobre”, dados os seguintes potenciais redox de diferentes metais, assinale a alternativa que apresenta apenas elementos que podem ser usados no lugar da platina como eletrodos que não sofrem corrosão no contato com uma solução de  $\text{Cu}^{2+}$ .

Semi-reação	Potencial Padrão, $E^\circ$ (V)
$\text{Cu}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Cu}$	0,34
$\text{Au}^{3+} + 3e^- \rightarrow \text{Au}$	1,50
$\text{Cd}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Cd}$	-0,40
$\text{Pd}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Pd}$	0,92
$\text{Co}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Co}$	-0,28
$\text{Bi}^{3+} + 3e^- \rightarrow \text{Bi}$	0,31

- A) Co, Cd e Bi
- B) Au, Pd e Bi
- C) Au e Pd
- D) Bi e Co
- E) Cd

**Questão 11.** Considere as três afirmações a seguir sobre as etapas de extração do cobre, conforme mostrado no **vídeo 2**: “recuperação do cobre”:

I – A chama amarela indica que a combustão do verniz da placa provavelmente ocorreu de forma completa.

II – É improvável que haja perdas de cobre pelo uso de altas temperaturas, visto que o cobre possui elevado ponto de fusão.

III – Possíveis impurezas de óxido de cobre na placa não serão solubilizadas e ficarão retidas na etapa de filtração.

Está correto o que se afirma apenas em

- A) I.
- B) II.
- C) III.
- D) II e III.
- E) I e III.

**Questão 12.** Após a remoção do verniz da placa de circuito impresso, o cobre é dissolvido em solução de  $\text{HNO}_3$ . Neste processo, cobre metálico é oxidado a  $\text{Cu}^{2+}$ , resultando em solução de coloração azul. A cinética da reação pode ser acompanhada observando-se a intensidade da cor da solução: quanto mais azul, maior é a concentração de  $\text{Cu}^{2+}$ . A tabela abaixo apresenta dados de experimentos realizados em diferentes condições experimentais, nas quais placas sem verniz foram dissolvidas em 100 mL de soluções de  $\text{HNO}_3$  mantidas a temperaturas variadas:

Experimento	Placa	Conc. da solução de $\text{HNO}_3$ , mol/L	Temperatura, °C
1	1 pedaço de 10 g	0,1	20
2	5 pedaços de 2 g	0,5	40
3	10 pedaços de 1 g	1,0	60
4	1 pedaço de 1 g	1,0	60
5	10 pedaços de 1 g	0,1	60

O experimento no qual a solução atingiu a máxima coloração azul em menor tempo é o

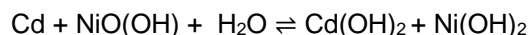
- A) 1.
- B) 2.
- C) 3.
- D) 4.
- E) 5.

**Questão 13.** Na reação entre cobre e ácido nítrico, formam-se  $\text{Cu}^{2+}$  e diversos compostos oxigenados de nitrogênio, como  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$  e  $\text{HNO}_2$ . Considerando **apenas o número de elétrons** transferidos entre  $\text{Cu}$  e  $\text{HNO}_3$ , assinale a alternativa que indica corretamente a proporção estequiométrica  **$\text{Cu}:\text{HNO}_3$**  para um balanceamento eletrônico correto na formação de cada um desses compostos apresentados na tabela.

	$\text{NO}$	$\text{NO}_2$	$\text{HNO}_2$
A)	2:2	1:2	2:3
B)	2:3	2:1	2:2
C)	2:1	3:2	2:2
D)	2:2	2:1	3:2
E)	3:2	1:2	2:2



**Questão 14.** As pilhas de níquel-cádmio (hoje substituídas pelas baterias de Lítio) tornaram possível o uso de dispositivos eletrônicos portáteis, como telefones celulares e notebooks. Tais pilhas operam com base em reação descrita pela equação não balanceada



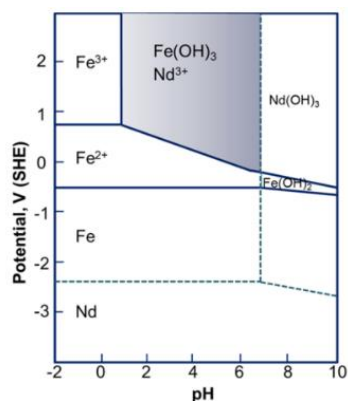
A reação é termodinamicamente favorável no sentido da formação de produtos, e neste processo, elétrons são transferidos. Considere as afirmações abaixo:

- I. Cd recebe elétrons e NiO(OH) fornece elétrons.
- II. Cada mol de Cd gera a mesma quantidade de matéria de Ni(OH)<sub>2</sub>.
- III. No processo de carga, Ni(OH)<sub>2</sub> sofre oxidação.

Está correto o que se afirma apenas em

- A) I.
- B) II.
- C) III.
- D) I e II.
- E) II e III.

**Questão 15.** O Diagrama de Pourbaix consiste em uma representação gráfica das fases de equilíbrio existentes em um sistema eletroquímico, sendo que as linhas indicam as fronteiras entre as regiões de estabilidade das diferentes espécies químicas de um determinado elemento. O referido diagrama para os elementos ferro (Fe) e neodímio (Nd), existentes em sucatas magnéticas, é apresentado abaixo. Uma condição experimental adequada para separar ferro de neodímio seria aquela em que uma espécie estivesse precipitada e a outra na forma iônica, ou seja, a região em cinza no Diagrama de Pourbaix abaixo apresentado. Valores de potencial e pH que correspondem a esta situação são, respectivamente,



Fonte (ACS Sustainable Chem. Eng. 2017, 5, 21–40)

- A) 2 V e pH = 2.
- B) 0 V e pH = 4.
- C) -2 V e pH = 3.
- D) -2 V e pH = 5.
- E) -2 V e pH = 8.

**Questão 16.** A extração de metais do lixo eletrônico pode ser feita por processo químico que envolve etapa inicial de dissolução em soluções ácidas. Uma estudante elaborou um projeto para avaliar como a extração de metais de peças pequenas de circuitos impressos (massa ao redor de 2 g) pode ser feita de maneira mais eficiente. Assim, estudou a influência de alguns parâmetros experimentais:

- I. Natureza do ácido (oxidantes ou não oxidantes)
- II. Concentração do ácido (0,1, 0,5 e 1,0 mol/L)
- III. Volume do ácido (100, 200 e 300 mL)
- IV. Tempo de dissolução (2, 15 e 60 minutos)
- V. Temperatura da solução (25, 50 e 75 °C)

Após fazer o estudo controlado sobre a influência de cada variável experimental (mantendo as 4 demais constantes) na porcentagem de extração dos metais, a aluna chegou à conclusão de que, nas condições propostas, todas foram muito importantes, com exceção de uma delas. O parâmetro experimental que deve ter menor influência na dissolução nas condições apresentadas é o descrito em

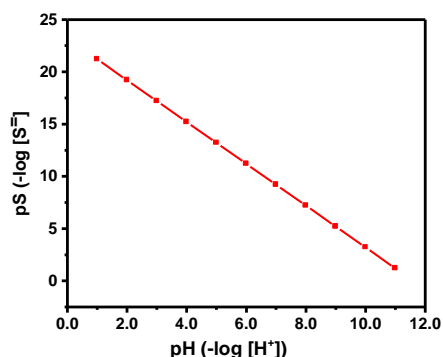
- A) I.
- B) II.
- C) III.
- D) IV.
- E) V.

**Questão 17.** Durante estudo com resíduos de material eletrônico, um grupo de pesquisadores (*Waste Management & Research* 2015, Vol. 33(9) 775–784) detectou cádmio (Cd), mercúrio (Hg), níquel (Ni), chumbo (Pb) e cobre (Cu) em níveis superiores a 100 µg/g, o que é significativo quanto à relevância toxicológica. Considere um procedimento em que se deseja separar por precipitação os sulfetos menos solúveis destes metais numa solução aquosa de H<sub>2</sub>S 0,10 mol/L e o gráfico abaixo, que indica o perfil da variação pS (-log [S<sup>=</sup>]) em função do pH (- log [H<sup>+</sup>]) na solução aquosa saturada em H<sub>2</sub>S. Os cátions que precipitam numa solução de pH ≤ 2,0 quando a concentração do cátion em solução é igual a 1,0 x 10<sup>-4</sup> mol/L, são

Valores das constantes de solubilidade (K<sub>s</sub>) dos sulfetos metálicos

Composto	K <sub>s</sub> (mol <sup>2</sup> L <sup>-2</sup> )
CdS	3,6 x 10 <sup>-29</sup>
CuS	8,5 x 10 <sup>-45</sup>
HgS	4,0 x 10 <sup>-53</sup>
NiS	3,0 x 10 <sup>-21</sup>
PbS	1,1 x 10 <sup>-29</sup>

Variação do pS em função do pH em uma solução aquosa saturada de H<sub>2</sub>S a 25°C.



- A) Cd<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, Hg<sup>2+</sup> e Ni<sup>2+</sup>.
- B) Cu<sup>2+</sup>, Hg<sup>2+</sup> e Ni<sup>2+</sup>.
- C) Cu<sup>2+</sup>, Hg<sup>2+</sup>, Ni<sup>2+</sup> e Pb<sup>2+</sup>.
- D) Cd<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, Hg<sup>2+</sup> e Pb<sup>2+</sup>.
- E) Cd<sup>2+</sup>, Hg<sup>2+</sup>, Ni<sup>2+</sup> e Pb<sup>2+</sup>.

**Questão 18.** Os compostos organobromados tetrabromobisfenol A e hexabromociclododecano são muito utilizados como retardantes de chama na indústria de plásticos destinados à fabricação de equipamentos elétricos e eletrônicos. Entre os plásticos bromados mais comuns destacam-se o co-polímero de acrilonitrila/butadieno/estireno/Br (ABS-Br) e o poliestireno de alto impacto/Br (PEAI-Br), que são usados na produção de gabinetes de computadores e impressoras. Na queima do ABS-Br, há liberação de  $\text{NH}_3$  e  $\text{HBr}$ . Estes gases, quando recolhidos em água, tornam a solução levemente ácida. Com estas informações, é possível afirmar que

I. Durante a coleta do gás e conseqüente reação de neutralização, há formação de brometo de amônio,  $\text{NH}_4\text{Br}(\text{aq})$ .

II. O pH da solução no frasco receptor é resultante da reação de hidrólise do  $\text{NH}_4^+$ , que leva à formação de  $\text{NH}_3$  e  $\text{H}_3\text{O}^+$ .

III. A adição de solução de  $\text{NaOH}$  0,5 mol/L na solução receptora até  $\text{pH} > 12$ , seguido de aquecimento, produz o desprendimento de amônia ( $\text{NH}_3$ ) gasosa, que pode ser identificada pela mudança da cor vermelha para azul do papel de tornassol.

São corretas as afirmações

- A) I, apenas.
- B) II, apenas.
- C) I e II, apenas.
- D) II e III, apenas.
- E) I, II e III.

**Questão 19.** Na reação de decomposição térmica de um plástico de ABS-Br realizada em reator com água em estado supercrítico ( $T \geq 374^\circ\text{C}$ ,  $P \geq 22,1 \text{ MPa}$ ), o principal produto gasoso formado é o dióxido de carbono. Visando identificar o gás inorgânico, um estudante inseriu um tubo de teflon na saída localizada na tampa do reator e borbulhou a corrente de gás em uma solução aquosa límpida. A formação de uma turbidez na solução após alguns minutos indica a formação de um composto pouco solúvel. Indique a composição química da solução receptora e o composto pouco solúvel formado.

É alternativa correta:

- A)  $\text{LiOH}(\text{s})$  e  $\text{Li}_2\text{CO}_3(\text{s})$
- B)  $\text{NaOH}(\text{aq})$  e  $\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{s})$
- C)  $\text{Ca}(\text{OH})_2(\text{aq})$  e  $\text{CaCO}_3(\text{s})$
- D)  $\text{CaCl}_2(\text{aq})$  e  $\text{CaCO}_3(\text{s})$
- E)  $\text{MgCl}_2(\text{aq})$  e  $\text{MgCO}_3(\text{s})$

**Questão 20.** Na decomposição térmica de retardantes de chama, como tetrabromobisfenol A (TBBPA), usados na fabricação de equipamentos eletrônicos, ocorre liberação de compostos orgânicos contendo ao menos um anel aromático e 6 a 13 átomos de carbono, os quais causam efeitos adversos à saúde humana e ao meio ambiente. A análise de um resíduo oleoso obtido da decomposição do TBBPA indicou a presença de um composto com alto ponto de ebulição ( $>200^\circ\text{C}$ ) e a seguinte composição em percentagem de massa: Carbono = 90,0%; Hidrogênio = 10,0%. Com estas informações, a fórmula molecular do composto aromático é

- A)  $\text{C}_3\text{H}_4$ .
- B)  $\text{C}_5\text{H}_8$ .
- C)  $\text{C}_7\text{H}_8$ .
- D)  $\text{C}_9\text{H}_{12}$ .
- E)  $\text{C}_{10}\text{H}_8$ .

**Questões Discursivas**

**Questão 21.** Uma forma de solubilização do ouro metálico, levando-o para a forma iônica em solução, é através da dissolução em água régia (mistura de ácidos clorídrico e nítrico na proporção 3:1), conforme mostrado na equação:



- a) Preencha na tabela da **folha de resposta** o valor dos coeficientes estequiométricos  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$ , e identifique a espécie X.
- b) Identifique, dentre as espécies explicitadas na equação, uma espécie que sofre oxidação e uma que sofre redução. Preencha na tabela **da folha de respostas**.
- c) As regras para descarte de produtos químicos indicam que se deve proceder à diluição e à neutralização de um resíduo ácido ou básico antes de seu descarte. Para tanto, em 1,0 L de rejeito de solução de água régia diluída para ser descartada adicionaram-se 0,53 g de carbonato de sódio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) para a neutralização. Determine o pH inicial dessa solução de água régia diluída. Considere  $\text{MM}(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 106 \text{ g/mol}$ .

**Questão 22.** Na recuperação eletroquímica de cobre realizada sob corrente de 0,50 A durante o intervalo de tempo de 10 min (600 s), observou-se a formação de pequenas bolhas ar no ânodo devido à formação de gás ( $\text{O}_2$ ) e de um filme rosado no cátodo, resultante da eletrodeposição de íons cobre.

- A) Apresente as reações que ocorrem no cátodo e no ânodo;
- B) Calcule a carga 'Q', em coulombs, que circula na célula eletroquímica;
- C) Determine o volume de  $\text{O}_2$  liberado no experimento considerando que o rendimento foi de 100% para esse gás.

Dados: 1 mol de elétrons = 96500 C,  $Q \text{ (C)} = I \text{ (A)} \times t \text{ (s)}$ , volume molar de um gás nas CNTP = 22,4 L.

**Questão 23.** Com base nos dados anotados no **vídeo 2**: “Recuperação de cobre”, calcule a porcentagem em massa da placa de circuito impresso correspondente ao cobre que foi extraído no processo.

**Questão 24.** Em um experimento, cinco diferentes estruturas foram identificadas: co-polímero de acrilonitrila/butadieno/estireno (ABS), poliestireno de alto impacto (PEAI), polipropileno (PP) e blendas de ABS/polycarbonato (ABS/PC) e óxido de polifelineno/poliestireno (PPO/PE).

- a) Visando separar as estruturas caracterizadas, dois estudantes prepararam uma série de soluções aquosas de  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  com densidade média de 1,0 g/mL, 1,03 g/mL, 1,05 g/mL, 1,07 g/mL e 1,09 g/mL. Após transferir cada uma das soluções aquosas para cinco béqueres, foram adicionados 10 g de uma amostra moída contendo os 5 polímeros ao béquer 1 (contendo a solução de densidade 1,0 g/mL). A solução foi agitada e mantida em repouso por alguns minutos. O material flutuante foi cuidadosamente removido, lavado com água deionizada e seco em estufa a 60°C. O resíduo no fundo do béquer foi transferido para o béquer 2 (solução de densidade 1,03 g/mL) e o procedimento experimental foi repetido seguindo a ordem de densidade das soluções. Com informações das densidades dos materiais plásticos (ABS = 1,08 g/mL; PEAi = 1,04 g/mL; PP = 0,90 g/mL; ABS/PC = 1,16 g/mL e PPO/PE = 1,06 g/mL), indique quais estruturas flutuam em cada etapa do procedimento e sua sequência de separação durante o procedimento experimental.

b) A queima de uma amostra de PEAI previamente separada, indicou uma composição gasosa variada, conforme ilustra a tabela no quadro. Considerando apenas o gás predominante (em % massa) na mistura gasosa, escreva a equação de sua reação química com  $O_2$  e calcule a entalpia de combustão a partir das entalpias de ligação, indicadas no quadro.

Composição de gases obtidos da queima do PEAI		Entalpias de ligação	
Composição gasosa	(% massa)	Ligação	$\Delta H^\circ$ (kJ/mol)
H <sub>2</sub>	9,9	C-H	415
CH <sub>4</sub>	21,7	O=O	498
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	13,5	C=O	745
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	16,9	H-O	464
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	14,4		
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	9,7		
C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	7,3		
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	6,6		