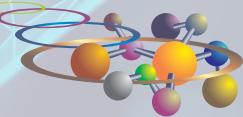


# química

## 2021

obquimica.org

Programa Nacional  
Olimpíadas de  
Química



Olimpíada Brasileira de Química

XIV Olimpíada Brasileira de Química Júnior

XXVII Olimpíada Norte/Nordeste de Química

XXV Olimpíada Ibero-americana de Química

53<sup>rd</sup> International Chemistry Olympiad

III Olimpíada Brasileira do Ensino Superior de Química

Promoção



Realização



Apoio



**Prof. José Cândido Lustosa Bittencourt de Albuquerque**

Reitor da Universidade Federal do Ceará

**Prof. Gildásio Guedes Fernandes**

Reitor da Universidade Federal do Piauí

**Prof. Inácio Francisco de Assis Nunes Arruda**

Secretário da Ciência, Tecnologia e Educação Superior do Ceará

**Profa. Elizabeth de Francesco Daher**

Pró-Reitora de Extensão da UFC

**Profa. Deborah Dettmam Matos**

Pró-Reitora de Extensão e Cultura da UFPI

**Profa. Silvana Carvalho de Souza Calado**

Presidenta da Associação Brasileira de Química

**Prof. Sérgio Maia Melo**

Coordenador do Programa Nacional Olimpíadas de Química

**Prof. José Arimatéia Dantas Lopes**

Vice-coordenador do Programa Nacional Olimpíadas de Química e Coordenador da equipe de medidas educacionais

**Prof. Lucas Carvalho Veloso Rodrigues**

Coordenador da equipe de elaboração dos exames experimentais (vídeos)

**Prof. Paulo Chagas**

Coordenador da equipe de elaboração dos exames teóricos

**Prof. Luís Carlos de Abreu Gomes**

Coordenador da Comissão de Regulamento

---

**ISSN:** 1809-2012

---

**Organização de originais:** Prof. Sérgio Melo

**Projeto Gráfico:** Maherle - maherle@gmail.com

**2021 © Programa Nacional Olimpíadas de Química**

Lançamento em 03.12.2021 por ocasião da solenidade de encerramento dos eventos: XXVII Olimpíada Norte/Nordeste de Química, XIV Olimpíada Brasileira de Química Júnior, Olimpíada Brasileira de Química - 2021 e III Olimpíada Brasileira do Ensino Superior de Química.

Distribuição gratuita

**Distribuição gratuita**

## **Parte 1** OBQ 2021

<b>1.1</b>	Calendário .....	4	
<b>1.2</b>	Mensagem do Reitor da UFRPE .....	5	
<b>1.3</b>	Opinião .....	7	
<b>Capítulo 2 XXVII Olimpíada Norte/Nordeste</b>			
<b>2.1</b>	Exames .....	9	
<b>2.2</b>	Resultados .....	26	
<b>Capítulo 3 XIV Olimpíada Brasileira de Química Júnior</b>			
<b>3.1</b>	Exames Fase I .....	28	
<b>3.2</b>	Exames Fase II .....	39	
<b>3.3</b>	Resultados .....	55	
<b>Capítulo 4 OBQ 2021</b>			
<b>4.1</b>	Fase III Modalidade A – Questões de múltipla escolha .....	58	
<b>4.2</b>	Fase III Modalidade B – Questões de múltipla escolha .....	76	
<b>4.3</b>	Resultados .....	95	
<b>Capítulo 5 OBESQ 2021</b>			
<b>5.1</b>	Exames Fase II .....	100	
<b>5.2</b>	Exames Fase III .....	113	
<b>5.3</b>	Resultados .....	121	
<b>Parte 2 Processo seletivo para as Olimpíadas Internacionais</b>			
<b>Capítulo 6</b> OBQ 2019 Fase IV .....			122
<b>Capítulo 7</b> OBQ 2020 Fase V .....			126
<b>Capítulo 8</b> OBQ 2020 Fase VI .....			127
<b>8.1</b>	Resultado da Fase VI .....	147	
<b>Capítulo 9 53<sup>rd</sup> International Chemistry Olympiad</b>			
	Exame Teórico .....	148	
<b>Capítulo 10 XXV Olimpíada Ibero-americana de Química</b>			
	Exame Teórico .....	185	
	Exame Prático .....	203	
	Destaques Olímpicos .....	211	
	Mulheres na Química .....	213	
	Destaques Escolas Públicas .....	214	
	Depoimento .....	215	
	Considerações Finais .....	217	
	Endereços dos Coordenadores .....	219	

# CAPÍTULO

# 1



## 1.1 Calendário 2021

### Programa Nacional Olimpíada de Química

<b>19 a 23/04/2021</b>	Tempo integral	Curso de Aprofundamento e Excelência em Química (USP) 19 a 23/04/2021
<b>23/05/2022</b>	8h - 13h	Exame Olimpíada Brasileira de Química 2020 Fase VI
<b>24/julho a 02/agosto</b>	13h - 18h	53ª Olimpíada Internacional de Química, Osaka, Japão. (Teórica virtual)
<b>24/julho a 02/agosto</b>	13h - 18h	53ª Olimpíada Internacional de Química, Osaka, Japão. (Teórica virtual)
<b>28 e 29/8/2021</b>	Acesso de 0h 28 até 24h 29/8	Olimpíada Brasileira de Química júnior - 2021 Fase I 6º ao 9º anos do EF e treineiros de anos anteriores.
<b>18/9/2021</b>	Acesso entre 9h e16h	Olimpíada Brasileira de Química júnior - 2021 Fase II Níveis: 6º ao 9º anos do EF.
<b>26/9/2021</b>	Acesso entre13h e 15h	Olimpíada Brasileira de Química 2021 Fase III
<b>17/10/2021</b>	Acesso entre 9h e 13h	XXVII Olimpíada Norte/Nordeste de Química
<b>03/10/2021</b>	Acesso entre 13h e 14h	III Olimpíada Brasileira do Ensino Superior de Química (OBESQ) Fase II
<b>17/10/2021</b>	Acesso entre 13h e 15h	III Olimpíada Brasileira do Ensino Superior de Química (OBESQ) Fase III
<b>25/10/2021</b>	9h - 21h	Olimpíadas Estaduais Fase I
<b>03/12/2021</b>	19h	Solenidade Nacional de Premiação

## 1.2 Mensagem do Reitor da Universidade Federal Rural de Pernambuco aos participantes das Olimpíadas de Química

O Programa Nacional Olimpíadas de Química vem, ao longo dessas décadas, oportunizando o gosto pela química em jovens de todo o Brasil. Por meio da organização e da realização de diferentes atividades em torno das suas olimpíadas do conhecimento, com muita competência e êxito, o Programa tem estimulado na juventude brasileira o interesse e o aprendizado em química.

Congregar jovens de todo o Brasil em uma área fundamental para nossas vidas, como é a química, para além do objetivo específico da química, também se constitui em reforçar a importância da ciência, como caminho fundamental para a compreensão de mundo e para o desenvolvimento de qualquer país. Esse papel o Programa Nacional Olimpíadas de Química tem cumprido com primazia. Anualmente, as Olimpíadas de Química atingem maiores públicos e mais capilaridade por todos os Estados da Federação, conforme aconteceu novamente em 2021. Pernambuco ilustra a dimensão e importância do Programa nos Estados. Em 2021, realizada em formato digital, a OPEQ registrou um número recorde de participantes: 31.540 estudantes inscritos, de 569 escolas e de 182 municípios do Estado de Pernambuco.



O Programa Olimpíadas de Química também tem investido e contribuído na formação de recursos humanos na docência em química, segundo também aconteceu em 2021, especialmente com projetos voltados a estudantes de escolas públicas. Em todos os Estados da Federação, professoras e professores de química, incluindo os(as) colegas das coordenações estaduais e das coordenações das escolas, têm se dedicado e contribuído para o sucesso do Programa. Ao parabenizá-los(as), gostaria de destacar o papel fundamental dos professores Antonio Carlos Pavão (Espaço Ciência e UFPE), Cristiano Marcelino Jr. (UFRPE) e Maria José Gomes (UFRPE) na consolidação da Olimpíada Pernambucana de Química (OPEQ).

É importante ressaltar também que, como aconteceu em 2021, mais e mais jovens, de todos os níveis educacionais - fundamental, médio e superior – têm participado de um tipo de olimpíada do conhecimento que extrapola um modelo competitivo excludente, mas que se consolida como uma forma de integração e engajamento no fantástico mundo da química. Premiados ou não, esses estudantes constroem conhecimentos e desenvolvem habilidades intelectuais extremamente relevantes. A aquisição e o aprimoramento dessas ferramentas culturais contribuem para aproximar-los da compreensão da importância da ciência em suas

vidas e propiciam êxitos acadêmico-profissionais. Historicamente, as Olimpíadas de Química também vêm contribuindo nas escolhas profissionais de muitos jovens e incentivando-os ao ingresso e à realização de diferentes cursos de graduação e de pós-graduação, no Brasil e no exterior, incluindo os cursos de química.

Como licenciado em química, mas principalmente como educador e como cidadão, expresso minha alegria e gratidão a todos os envolvidos na organização das Olimpíadas de Química. Hoje, como Reitor da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), cada vez mais, posso expressar a percepção da importância de ações como esta, para um maior engajamento de nossos jovens na ciência, em especial na química.

Vida longa ao Programa Nacional de Olimpíadas de Química!!!

**Prof. Dr. Marcelo Brito Carneiro Leão**

Reitor da Universidade Federal Rural de Pernambuco

Licenciado em Química pela UFRPE

*"A principal meta da educação é criar homens que  
sejam capazes de fazer coisas novas, não simplesmente  
repetir o que outras gerações já fizeram."*

*Jean Piaget*

## 1.3 Opinião

# O experimento em que a água é separada em 'dois líquidos'

Carlos Serrano (@carliserrano)

BBC News Mundo

10 dezembro 2020

Diferente dos outros líquidos, ao congelar, a água se expande; quando está quente, congela mais rápido do que quando está fria.

Além de essencial, a água é estranhamente única — conta-se mais de 70 propriedades que a diferenciam de outros líquidos.

Na verdade, para alguns especialistas, o comportamento físico e químico da água é tão estranho que ela chega a se comportar, em condições extremas, como se fosse dois líquidos diferentes — ou o mesmo líquido em duas configurações distintas, uma mais densa e outra menos densa.

Um cientista que defende isso é Anders Nilsson, professor de Química e Física da Universidade de Estocolmo. Em um experimento recente, ele afirma ter demonstrado essa "vida dupla" da água — que no entanto só aparece em temperaturas baixíssimas e sob pressão alta, e não na água como a conhecemos no dia-a-dia.

"Não é que a água seja um líquido complexo", explicou o pesquisador à BBC News Mundo, o serviço em espanhol da BBC.

"Na verdade, ela é como a mistura de dois líquidos simples."

Essa hipótese não é nova: foi proposta nos anos 1990 pelo professor Harry Eugene Stanley, da Universidade de Boston, e vem sendo aprimorada com simulações de computador por Nilsson e sua equipe.

À primeira vista, a água parece um líquido uniforme; entretanto, nos experimentos, a nível microscópico, suas moléculas flutuam, separando-se em duas configurações marcadas por diferentes densidades. Em condições normais, porém, esses dois formatos encontram-se misturados.

Isso, de acordo com os trabalhos de Nilsson, é o que explica as "estranhezas" da água.

Em um experimento recente, ele e sua equipe analisaram uma amostra de água ultrapura sob temperatura de -63 °C e com pressão até 3 mil vezes superior à atmosférica.

Assim, foi possível observar, através de raios X, como grupos de moléculas se formaram e se deslocaram de um lado para o outro.

A equipe também notou que essa "anomalia" se torna mais evidente quanto mais baixa a temperatura.

"O que vemos são dois líquidos fingindo ser um só, por meio da flutuação", aponta Nilsson.

Os pesquisadores manipularam as condições de pressão, conduzindo-a a diferentes níveis em questão de nanosegundos, mas sempre evitando que a amostra congelasse.

Professora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), a física Marcia Cristina Bernardes Barbosa explicou à BBC News Brasil por e-mail por que esse controle milimétrico foi necessário.

"Estas duas estruturas de água líquida sobrevivem por um tempo muito pequeno, pois nesta temperatura a água em equilíbrio congela", escreveu Barbosa, também diretora da Academia Brasileira de Ciências (ABC).

"A ideia é antiga e vem de Stanley. Nilsson faz, no entanto, experimentos deslumbrantes que mostram em poucos segundos a existência das duas fases líquidas que só sobrevivem rapidamente, dando lugar ao gelo."

Na verdade, a equipe de Nilsson defende que suas descobertas podem explicar fenômenos não só relativos à água em si, mas tudo que é ligado a ela na natureza.

Fivos Perakis, um dos pesquisadores da Universidade de Estocolmo que faz parte do grupo, menciona por exemplo o que isso implica para os seres vivos.

"Eu me pergunto se os dois estados líquidos podem ser um fator importante nos processos biológicos das células", questiona Perakis.

Ele também vislumbra avanços como na dessalinização da água, afinal, "o acesso à água potável será um dos maiores desafios diante das mudanças climáticas", lembra.

**Fonte:** <https://www.bbc.com/portuguese/geral-55254403> (Acessado em 31/10/2021)

**\*Atualização, às 19h13 de 15/12/2020:** A versão original da reportagem foi ajustada para tornar mais evidente que as diferentes configurações da água somente aparecem em condições extremas; a menção anterior a dois "estados" distintos foi substituída pela palavras "configurações" e "formatos". Também foram incluídas explicações mais detalhadas sobre o fenômeno e apontamentos da pesquisadora Marcia Cristina Bernardes Barbosa, professora de física na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e diretora da Academia Brasileira de Ciências (ABC).

# CAPÍTULO 2



## XXVII Olimpíada Norte/Nordeste de Química

### 2.1 Exames

A prova consta de **30 questões** de múltipla escolha entre 5 alternativas, tendo apenas uma alternativa correta.

As questões estão divididas em **3 grupos** por complexidade: **FÁCIL** (2,00 PONTOS), **Média** (3,75 pontos) e **DIFÍCIL** (5,00 PONTOS), num total de **100 pontos**.

#### QUESTÃO 1 | FÁCIL 2,00 PONTOS

O elemento químico Bário, um metal macio, ligeiramente maleável, de cor branco/prateado. Tem várias aplicabilidades, entre elas no diagnóstico clínico do trato digestivo acompanhado por radiografia contínua (fluoroscopia). Entre os sais de bário abaixo, qual é usado nos exames clínicos por ser insolúvel, ou apresentar baixa solubilidade, em água:

- a)  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$       b)  $\text{BaSO}_4$       c)  $\text{BaCl}_2$       d)  $\text{Ba}(\text{NO}_2)_2$       e)  $\text{Ba}(\text{CH}_3\text{COO})_2$

#### QUESTÃO 2 | FÁCIL 2,00 PONTOS

O acidente de Goiânia, em setembro de 1987, que completou em 2021, 34 anos, envolveu uma capsula de radiografia com céssio-137, que ocasionou diretamente 4 mortes, e indiretamente a contaminação de 200 pessoas. Tendo uma meia-vida de 30 anos, e sabendo que a capsula do equipamento tem em torno de 20g, qual a massa aproximada de céssio-137, daqui a 300 anos no lixo guardado em contêiner de concreto.

- a) 2,00g      b) 0,20g      c) 0,02g      d) 0,67g      e) 0,59g

#### QUESTÃO 3 | FÁCIL 2,00 PONTOS

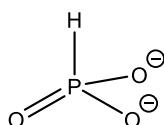
Os óxidos podem originar diferentes tipos de substâncias a depender de suas características, ou seja, a qual elemento o íon óxido,  $\text{O}_2^-$ , está ligado e o caráter da ligação química. Da reação

do dióxido de selénio com água e com hidróxido de sódio aquoso, qual a função inorgânica dos compostos derivados de selénio formados respectivamente:



## **QUESTÃO 4 | FÁCIL 2,00 PONTOS**

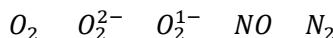
O ácido fosfórico ( $H_3PO_3$ ), melhor descrito pela fórmula  $HPO(OH)_2$ , tem aplicação na agricultura em razão de: 1) tem ação no controle de doenças fúngicas; 2) prolonga o tempo dos produtos pós-colheita; e 3) auxilia na absorção de micronutrientes, cálcio, potássio e outros. A partir da fórmula estrutural do íon fosfito abaixo, indique entre as alternativas abaixo, qual óxido que ao reagir com água origina o ácido citado no texto.






QUESTÃO 5 | MÉDIA 3,75 PONTOS

A distribuição eletrônica permite prever o comportamento dos átomos quanto as características da energia das ligações químicas que podem formar com base na distribuição eletrônica e na teoria de orbitais moleculares. Entre as moléculas e íons abaixo, indique quais são diamagnéticas.



- a) gás oxigênio, íon superóxido e óxido de nitrogênio
  - b) íon peróxido, íon superóxido e gás nitrogênio
  - c) íon peróxido e gás nitrogênio
  - d) gás oxigênio e gás nitrogênio
  - e) óxido nitrogênio e gás nitrogênio

**QUESTÃO 6 | MÉDIA 3,75 PONTOS**

Muito se simplifica nas reações químicas, principalmente quando envolve elementos químicos ou substâncias com características bem distintas como ocorre entre a reação de metais com

não-metais para formar sais ou óxidos, pois, temos estados de organização atómica diferentes (entropia), quebra e formação de ligações químicas, energia de ionização e de eletroafinidade, e a energia associada ao arranjo espacial dos átomos ao formar o sal ou óxido (retículo cristalino). Com base nas equações químicas abaixo, marque a alternativa que apresenta o calor de formação para o cloreto de cálcio sólido.



a) +795,0 kJ/mol

b) -795,0 kJ/mol

c) +447,0 kJ/mol

d) -447,0 kJ/mol

e) -1.143,0 kJ/mol

## QUESTÃO 7 | MÉDIA 3,75 PONTOS

Sobre o Ácido fosfínico (IUPAC; também chamado de ácido hipofosforoso ou HPA), são feitas cinco afirmações seguintes:

- I) Tem forma molecular  $\text{H}_3\text{PO}_3$  e fórmula estrutural com duas oxidrilas.
- II) O ácido hipofosforoso é um oxiácido de fósforo e um poderoso agente redutor. É também conhecido por ácido fosfínico. Embora a sua fórmula molecular seja  $\text{H}_3\text{PO}_2$ , a fórmula  $\text{HOP(O)H}_2$  é muito utilizada, por tratar-se de uma apresentação mais descriptiva da molécula, com realce para o seu carácter de ácido monoprótico.
- III) São inúmeros os derivados do HPA, nos quais os dois átomos de hidrogénio diretamente ligados ao fósforo são substituídos por grupos orgânicos. Estes derivados são conhecidos como ácidos fosfínicos e os seus sais são conhecidos como fosfinatos.
- IV) É um poderoso agente redutor
- V) Não reage com bases para formar sais.

**Dessas afirmações, estão corretas:**

a) I e II, somente.      b) II, III, IV, somente.      c) I e V, somente.

d) III e V, somente.      e) I, II, III e V, somente.

## QUESTÃO 8 | FÁCIL 2,00 PONTOS

O efeito estufa é um fenômeno natural de extrema importância para a existência de vida na Terra. Ele é responsável por manter as temperaturas médias globais, evitando que haja grande amplitude térmica, possibilitando o desenvolvimento dos seres vivos. A energia solar chega à Terra na forma de energia radiante de comprimento de onda curto, sendo cerca de 55% dessa energia absorvida pela superfície terrestre e parte dela é irradiada na forma de calor de volta para a atmosfera. Em condições naturais, as moléculas componentes da atmosfera retêm parte desse calor, regulando as temperaturas do planeta. Com base nessas informações, determine qual informação a seguir é correta.

- (A) A emissão de gases como CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O e SF<sub>6</sub> pelas atividades humanas aumenta a densidade da atmosfera, ajudando a bloquear a radiação solar incidente sobre a superfície terrestre e, portanto, aumentando o efeito estufa e suas consequências.
- (B) Superfícies terrestres que refletem a radiação solar com mais eficiência, como as geleiras, contribuem para o aumento do efeito estufa, pois os gases atmosféricos interagem melhor com esse tipo de radiação, retendo-a.
- (C) Áreas florestais absorvem e retêm a radiação solar com mais eficiência, pois utilizam boa parte dessa energia para seus processos de respiração, evitando a emissão de energia térmica para a atmosfera.
- (D) O efeito estufa é essencialmente causado por CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub>, portanto, gases como O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O não têm nenhuma participação nesse fenômeno.
- (E) O aumento do aquecimento global causado pelos gases CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O e SF<sub>6</sub> resulta em maior evaporação da água no planeta, cujo vapor alimenta ainda mais o efeito estufa, levando a um ciclo catastrófico para a vida na terra.

## QUESTÃO 9 | DIFÍCIL 5,00 PONTOS

O cloreto de nitrosila é um gás liquefeito, que quando comprimido apresenta uma coloração vermelho alaranjado, e que em contato com os olhos causa irritação, além de ter odor irritante. Sendo altamente reativo com a água, e produzindo diante disso uma nuvem de vapor visível venenoso. A partir de uma temperatura de 503 K e sob pressão do sistema reacional de 1/2 atm, o cloreto de nitrosila passa por um processo de dissociação, conforme pode ser observado na equação química: NOCl(g) → NO(g) + Cl<sub>2</sub>(g). A partir do momento que o equilíbrio é atingido, a pressão parcial do cloro na mistura gasosa é igual a 7/100 atm. A partir das informações apresentadas, assinale a alternativa que apresenta o grau de dissociação ( $\alpha$ ) do referido composto reagente:

- (A) 12,2%      (B) 13,3 %      (C) 13,99%  
 (D) 16,30%      (E) 18,25%

### QUESTÃO 10 | DIFÍCIL 5,00 PONTOS

O metano é um composto químico do grupo dos hidrocarbonetos, formado por átomos de carbono e de hidrogênio (H), apresentando fórmula molecular  $\text{CH}_4$ , sendo classificado pela química orgânica por alcanos. Muito conhecido por gás natural, pois sua composição chega a 95%, sendo também formado por meio do apodrecimento de vegetais nos pântanos. A produção de gás metano pode ocorrer a partir de um óxido neutro na presença de hidrogênio molecular em excesso, conforme pode ser observado pela seguinte equação química não balanceada:  $\text{CO(g)} + \text{H}_2\text{(g)} \rightarrow \text{CH}_4\text{(g)} + \text{H}_2\text{O(v)}$ . Considere que um mol de monóxido de carbono e três mol de gás hidrogênio sejam colocados inicialmente em um reator químico de 10,0 litros, a 727°C. Quando atingido o equilíbrio químico, há 0,387 mol de vapor de água. Assinale a alternativa que apresenta o valor da pressão total da mistura reacional.

- (A) 20,30 atm    (B) 22,60 atm    (C) 24,00 atm    (D) 26,50 atm    (E) 28,20 atm

### QUESTÃO 11 | DIFÍCIL 5,00 PONTOS

Analise a reação a seguir, que ocorre na camada de ozônio a temperatura T:  $\text{NO(g)} + \text{O}_{3(\text{g})} \rightarrow \text{NO}_{2(\text{g})} + \text{O}_{2(\text{g})}$ . Assinale a alternativa que apresenta a ordem global e o valor da velocidade específica, a partir da tabela apresentada a seguir.

<b>Velocidade inicial</b>	<b>[NO]</b>	<b>[O<sub>3</sub>]</b>
(10-8 mol/L.s)	(10-7 mol/L)	(10-9 mol/L)
2,70	2,50	1,00
5,40	2,50	2,00
6,75	2,50	2,50
13,50	5,00	2,50
16,20	6,00	2,50

- a) 1 e  $1,08 \times 10^8$       b) 2 e  $1,08 \times 10^8$       c) 4 e  $1,08 \times 10^8$   
 d) 2 e  $1,08 \times 10^8$       e) 2 e  $2,00 \times 10^8$

## **QUESTÃO 12 | MÉDIA 3,75 PONTOS**

A Lei da conservação das massas, criada por Lavoisier, diz que “na natureza nada se cria e nada se perde, tudo se transforma”. Sem dúvida você já ouviu essas palavras em algum momento da sua vida, na escola ou até mesmo em ditos populares. Na Química, a Lei da conservação de massas é a base para o que conhecemos como balanceamento químico.

**Disponível em:** <https://www.stoodi.com.br/blog/quimica/balanceamento-quimico/>

Um processo de soluções verdadeiras pode ser destacada a partir da solução aquosa de bromato de sódio com solução aquosa ácida de iodeto de potássio, conforme a seguinte equação química não balanceada:  $1 \text{BrO}_3^- + x \text{I}^- + y \text{H}^+ \rightarrow 1 \text{Br}^- + z \text{I}_2 + w \text{H}_2\text{O}$ . A partir da equação apresentada, assinale a opção que corresponde as variações do número de oxidação e os coeficientes que balanceiam a equação.

Variação do Número de Oxidação				Coeficiente Estequiométrico				
	Br	O	I	H	x	y	z	w
a)	+5	-2	-1	+1	10	12	5	6
b)	-1	-2	-1	+1	12	12	3	3
c)	+4	+1	-1	+1	6	12	3	6
d)	-6	0	+1	-1	8	6	4	3
e)	-8	0	+1	-1	8	6	4	3

**QUESTÃO 13 | FÁCIL 2,00 PONTOS**

O permanganato de Potássio é um medicamento usado desde há muito tempo atrás para tratar problemas de pele como: coceira, catapora, acabar com bactérias e fungos, cicatrizante e em alguns casos é usado para banho de assento como no caso de vaginite, corrimento ou vulvovaginite. Assinale a alternativa que apresenta o somatório dos coeficientes da seguinte equação química e o volume de gás cloro produzido nas CNATP, a partir de 12 mol de permanganato de potássio, sabendo que o rendimento é de 69%.



**QUESTÃO 14 | FÁCIL 2,00 PONTOS**

A fórmula molecular  $C_3H_6O$  é comum a alguns compostos orgânicos distribuídos em diferentes classes funcionais. Sabendo que:

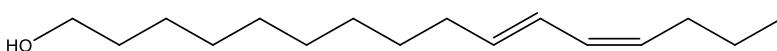
- I. Suas moléculas realizam ligações de hidrogênio.
  - II. Sua molécula apresenta distâncias diferentes entre as ligações dos átomos de carbono.
  - III. A molécula está em equilíbrio químico originando um composto com diferente grupo funcional.
  - IV. A molécula apresenta diastereoisômeros.
  - V. As moléculas apresentam o mínimo de energia de repulsão.

**Qual o possível nome para essa molécula?**



QUESTÃO 15 | FÁCIL 2,00 PONTOS

O termo “feromônio” pode ser usado para indicar tanto uma substância em particular, como uma mistura de substâncias. Eles foram descobertos em 1950. Em 1959, o pesquisador alemão Butenandt conseguiu isolar e identificar o primeiro feromônio conhecido como bombicol, apresenta a fórmula estrutural abaixo, que é o feromônio da mariposa do bicho-da-seda *Bombyx mori*. Ele precisou matar 500 mil fêmeas desse inseto para obter apenas 1 mg da substância ativa.



## **Podemos afirmar:**

- I. A estrutura apresenta isomeria óptica e geométrica.
  - II. As duplas ligações estão localizadas nos carbonos 4 e 6.
  - III. O nome para estrutura apresentada é (10E,12E)-Hexadecadien-1-ol.
  - IV. A fórmula molecular do bombicol é  $C_{16}H_{30}O$  e apresenta uma massa molar, de aproximadamente, 238 g/mol.

**Qual a alternativa correta:**



**QUESTÃO 16 | FÁCIL 2,00 PONTOS**

Lawrência, aluna extremamente cuidadosa e que sempre seguia as normas de segurança, estava realizando experimentos no Laboratório de Química da escola, que estava bem equipado, pois possuía capela, agitadores magnéticos, estufa, geladeira, e outros.

Foi solicitado a Lawrênci a preparar uma solução sulfocromática, normalmente usada para limpeza de vidrarias em laboratório. A seguir constam quadros que informam sobre todos os materiais e equipamentos usados por Lawrênci no processo de preparo da solução sulfocromática:

## **Equipamentos de proteção individual (EPI):**

- Guarda-pó (também denominado de jaleco ou bata)
  - Touca para cabelos
  - Calça comprida
  - Sapatos fechados
  - Óculos de segurança
  - Luvas plásticas (polietileno)

## Reagentes:

- Ácido sulfúrico 98% P.A.
  - Dicromato de potássio P.A.
  - Água destilada

### Vidrarias:

- Erlenmeyer
  - Provetas

### Materiais diversos:

- Isopor
  - Gelo

Lawrêncio utilizou a bancada para preparar a solução, pois as janelas do laboratório estavam abertas, promovendo boa ventilação do ambiente. O recipiente escolhido por ela foi um erlenmeyer de 2 litros. No momento em que ela finalizou a adição do ácido sulfúrico à solução de dicromato de potássio, e iniciava a agitação manual do erlenmeyer, ocorreu um grande barulho na rua, isso devido a um pneu de carro que estourou. Lawrêncio tomou um grande susto e parte da solução respingou sobre sua mão causando dolorosas queimaduras.

Abaixo constam 3 assertivas que abordam o preparo de solução sulfocrômica e explicam a causa do acidente (queimadura) sofrida por Lawrência.

- I- O preparo de solução sulfocromática ocorre em capela. O becker com a solução aquosa de dicromato de potássio é posto em banho de gelo sobre um agitador magnético, agitando-se a solução com baguete (ímã) e se adicionando lentamente o ácido sulfúrico (con-

trolando a temperatura do meio com termômetro). Além disso, a pessoa que executa a atividade deve usar os EPIs corretos e as luvas devem ser de Neoprene ou de PVC que são as apropriadas para o manuseio de ácido sulfúrico. A queimadura sofrida por Lawrência foi devido à utilização de materiais inadequados pela mesma (equipamento, vidrarias e EPIs), como também por ela ter realizado procedimentos incorretos.

- II-** Em laboratórios sem muitos recursos, o preparo de solução sulfocrômica pode ser realizado em ambiente ventilado. No Becker prepara-se a solução de Dicromato de potássio, colocando-se em seguida no banho de gelo. O ácido sulfúrico (material corrosivo) deve ser adicionado lentamente, agitando-se o meio com bastão de vidro e observando-se a variação de temperatura com termômetro para evitar acidentes, uma vez que é um processo exotérmico. O executante do preparo da solução deve usar os EPIs adequados à atividade, sendo que as luvas devem ser de PVC. Lawrência acidentou-se por não utilizar luvas de PVC, escolher vidraria inadequada, não usar bastão de vidro para agitar a solução e não acompanhar com termômetro a elevação de temperatura da solução.
- III-** A solução sulfocrômica deve ser preparada em capela com exaustor. O técnico deve usar luvas de Polietileno ou de PVC que são materiais apropriados para manuseio de ácido sulfúrico. A solução de Dicromato de potássio pode ser preparada em Erlenmeyer ou Becker, e deve ser posta em banho de gelo, pois é um processo exotérmico. Em seguida o ácido sulfúrico (material corrosivo) deve ser adicionado, agitando-se o meio com bastão de vidro (se usar Becker) ou com as próprias mãos (se usar Erlenmeyer). O acidente sofrido por Lawrência foi por não realizar a atividade na capela que evitaria os respingos da solução ao tomar o susto. Ela estava usando os EPIs apropriados e procedeu ao preparo da solução segundo a metodologia recomendada, utilizando corretamente os materiais e vidrarias.

**Após ter lido as assertivas I, II e III, e, de acordo com seus conhecimentos, escolha a opção correta.**

- a) Somente as assertivas I e II estão corretas      b) Somente as assertivas I e III estão corretas  
c) Somente as assertivas II e III estão corretas      d) Todas as assertivas estão corretas  
e) Nenhuma das assertivas está correta

### QUESTÃO 17 | MÉDIA 3,75 PONTOS

Dentre as tecnologias disponíveis, a precipitação química é a técnica convencionalmente utilizada para a redução dos níveis de concentração de contaminantes metálicos presentes em efluentes aquosos industriais. Isso se deve aos baixos custos de investimento e fácil operação envolvidos. O processo convencional ocorre através da reação entre os íons metálicos e um

agente precipitante (cal, soda, sulfetos) em tanques agitados, onde ocorre a formação do sólido (hidróxidos ou sulfetos) seguida de uma etapa de separação sólido-líquido, normalmente a sedimentação.

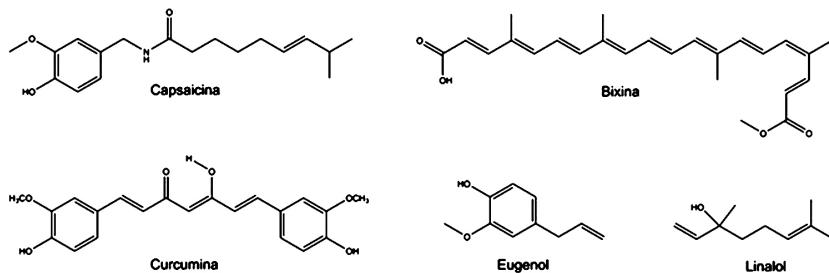
No tratamento de água, foi usada uma base solúvel para precipitação do ferro dissolvido, onde a concentração molar de  $\text{Fe}^{+3}$  é igual a  $1,50 \times 10^{-8}$  mols por cada litro. Marque a alternativa, que representa o potencial hidroxiliônico para o processo de precipitação do hidróxido férrico.

**Dados:** Produto de solubilidade do hidróxido férrico é igual a  $6,0 \times 10^{-38}$ , a 25°C.

- a) 6,80      b) 7,80      c) 8,50      d) 9,80      e) 10,20

### QUESTÃO 18 | MÉDIA 3,75 PONTOS

A utilização de especiarias tanto no âmbito culinário quanto na medicina popular remonta desde a antiguidade. Sua relevância histórico-cultural é inegável, uma vez que propiciou grandes descobertas. Com a evolução da Química foi possível analisar a composição de um grande número de especiarias e identificar uma série de substâncias orgânicas e estudar possíveis ações farmacológicas das mesmas. A figura abaixo evidencia alguns compostos presentes em certas especiarias. As variedades de pimentas por exemplo, são ricas em Capsaicina, já a Bixina está presente em grande quantidade no urucum (colorau), o açafrão-da-terra por sua vez é rico em Curcumina, enquanto Eugenol e Linalol estão presentes respectivamente no cravo-da-índia e alecrim.



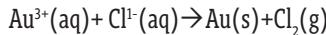
Acerca das estruturas dos compostos são feitas as seguintes afirmações:

- I. Três dos compostos mostrados apresentam como função orgânica o fenol.
- II. A função orgânica álcool está presente em todas as estruturas.
- III. Os compostos presentes no açafrão-da-terra e urucum além de fornecer sabor também atuam como corantes nos preparos, e isso é justificado pela presença de uma grande cadeia conjugada.

- IV.** A Curcumina possui tautomerismo, sendo que no equilíbrio ceto-enólico a forma predominante é a apresentada na figura acima, pois possibilita uma maior conjugação, o que torna a molécula mais estável que o tautômero diceto.
- V.** Tanto a Capsaicina quanto o Linalol são apresentados na configuração trans.
- VI.** O Linalol é o único dos compostos evidenciados que apresenta desvio da luz planopolarizada, desde que não seja uma mistura racêmica. De acordo com o exposto acima pode-se afirmar que:
- (A) apenas as assertivas III, e IV estão corretas.
- (B) apenas as assertivas I, III, IV e VI estão corretas.
- (C) todas as assertivas estão corretas.
- (D) apenas as assertivas I, III, e V estão corretas.
- (E) apenas as assertivas II, IV e VI estão corretas.

### QUESTÃO 19 | DIFÍCIL 5,00 PONTOS

Um jovem nerd químico ganhou de presente uma mini réplica de um cavaleiro de ouro do famoso anime Cavaleiro dos Zodíacos. A réplica correspondia ao Shaka de virgem, considerado um dos mais fortes e conhecido como o mais homem mais próximo de Deus na franquia, ele tem grande destaque na saga de Hades por apresentar enorme sabedoria e habilidades que auxiliam a deusa Atena e seus cavaleiros. A réplica de Shaka veio cunhada em prata e o jovem deseja revestir-a com ouro através de eletrólise, processo que consiste em eletrodepositar ouro sobre a prata utilizando uma solução aquosa de ouro (III) contendo excesso de íons cloreto com passagem de corrente elétrica, conforme a reação não balanceada a seguir:



**Dados:** constante de Faraday =  $9,65 \times 10^4$  coulomb mol<sup>-1</sup>; MM<sub>Au</sub> = 197 g/mol)

Analise as proposições abaixo e assinale a alternativa correta:

- (A) O jovem deve aplicar uma corrente constante de 5,0 ampere durante 2,0 minutos para eletrodepositar 1,0 grama de ouro.
- (B) Utilizando uma carga de 5000 C ele consegue eletrodepositar 4,0 gramas de ouro.
- (C) Nesse processo eletroquímico teremos a oxidação da prata e redução do ouro.
- (D) Se ele deseja eletrodepositar 2,0 gramas de ouro, deve aplicar corrente constante de 2,0 ampere por aproximadamente 24,5 minutos.

- (E) Para eletrodepositar 3,0 gramas de ouro, deve aplicar por 2,0 minutos uma corrente constante de aproximadamente 32,20 ampere.

**QUESTÃO 20 | FÁCIL 2,00 PONTOS**

Os alcinos são hidrocarbonetos acíclicos insaturados com uma ligação tripla. Só dois de seus carbonos estão unidos por covalência tripla, sendo as demais ligações simples. O acetileno (etino) é um exemplo de alcino, ele foi obtido pela primeira vez, por Berthelot, que estabeleceu um arco entre eletrodos de grafite numa atmosfera de hidrogênio. O acetileno é um gás incolor, instável, altamente combustível, e produz uma chama de elevada temperatura (mais de 3000 °C ou 5400 °F) em presença de oxigênio. Este gás tem cheiro agradável quando puro, mas o seu odor é comumente desagradável devido às impurezas que o acompanham. O acetileno é a matéria prima na fabricação de solventes industriais, de plásticos de borracha sintética, de explosivos, na síntese de compostos orgânicos como ácido acético e álcool etílico. Considere a reação de combustão completa do acetileno, representada pela equação química a seguir:



Determine a quantidade de energia na forma de calor, que é liberada a partir de 175 g de acetileno, sabendo que esse processo apresenta rendimento de aproximadamente igual a 70%.



**QUESTÃO 21 | MÉDIA 3,75 PONTOS**

A equação de Van der Waals é uma equação de estado de um fluido composto de partículas com um tamanho não desprezável e com forças intermoleculares, como as forças de Van der Waals. A equação, cuja origem remonta a 1873, deve seu nome à Johannes Diderik van der Waals, que recebeu o Prêmio Nobel de Física em 1910 por seu trabalho na equação de estado dos gases e líquidos. Essa equação está baseada na modificação da lei dos gases ideais para que se aproxime da maneira mais precisa do comportamento dos gases reais, tendo em conta seu tamanho diferente de zero e a atração entre suas partículas.

**Disponível em** [https://pt.wikipedia.org/wiki/Equa%C3%A7%C3%A3o\\_de\\_Van\\_der\\_Waals](https://pt.wikipedia.org/wiki/Equa%C3%A7%C3%A3o_de_Van_der_Waals)

Acessado em 14/09/2021

Uma das constantes de van der Waals trata-se do coeficiente  $b$ . Este parâmetro é utilizado para determinar o tamanho de um átomo ou até mesmo de uma molécula no estado gasoso, sendo o valor de  $b$  em relação ao  $N_2$  igual a  $39,4 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$ , determine o raio hipotético de uma molécula de  $N_2$  desse gás.

- (A) 0,185 nm    (B) 0,190 nm    (C) 0,250 nm    (D) 0,420 nm    (E) 0,520 nm

## QUESTÃO 22 | MÉDIA 3,75 PONTOS

A Câmara analisa o Projeto de Lei 1370/11, do deputado Antonio Carlos Mendes Thame (PSDB-SP), que proíbe a utilização de dióxido de titânio em alimentos e cosméticos. O dióxido de titânio é um pigmento branco inorgânico, bastante usado em cosméticos, tintas e corantes de alimentos. Tem uso bastante comum também em bloqueadores solares, em virtude de sua propriedade física de barrar a radiação da luz solar.

**Fonte:** Agência Câmara de Notícias

Considere a seguinte reação para a síntese do bromo em fase líquida a partir do dióxido de titânio.



Se 12,0 g do óxido produz 0,056 g de oxigênio, assinale a alternativa que apresenta o valor aproximado do grau de pureza do grau de pureza do  $\text{TiO}_2$  utilizado.

- a) 0,67%      b) 1,17%      c) 2,78%      d) 4,02%      e) 5,56%

## QUESTÃO 23 | MÉDIA 3,75 PONTOS

Assinale a alternativa correta que apresenta o valor da intensidade da corrente elétrica que deve foi depositada a partir de uma massa de 0,254 gramas de cobre metálico a partir de uma solução de sulfato de cobre, no tempo de 200 segundos.

- a) 1,96 A      b) 3,86 A      c) 5,06 A      d) 6,68 A e) NDA

## QUESTÃO 24 | MÉDIA 3,75 PONTOS

A Teoria do Campo Cristalino (TCC) postula que a única interação existente entre o íon central e os ligantes é de natureza eletrostática, pois os ligantes são considerados cargas negativas ou dipolos pontuais que repele os elétrons dos orbitais d do íon metálico. Esta interação eletrostática, metal-ligante, remove parcialmente a degeneração dos cinco orbitais d, que existem no íon metálico isolado, ocasionando o desdobramento destes orbitais em conjuntos com diferentes energias. Utilizando a teoria do campo cristalino para a molécula de trans- $[\text{Co}(\text{Cl})_2(\text{OH}_2)_4]$ , assinale a alternativa que apresenta quantos níveis de energia ocorrem devido ao desdobramento dos orbitais d e também o número de elétrons que ficam desemparelhados, de forma respectiva:

- a) 1; 5      b) 2; 5      c) 5; 1      d) 4; 1      e) 5; 3

## QUESTÃO 25 | MÉDIA 3,75 PONTOS

Um Analista Químico recebeu amostras desconhecidas rotuladas de 01 a 05, das quais estão presentes compostos que tem as seguintes características.

**Amostra 01.** Anti-inflamatório não-esteroidal indicado para tratamento de dor e febre. Apresenta cadeia contendo anel aromático com sítios polares, um centro estereogênico e quatro carbonos terciários.

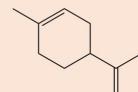
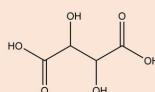
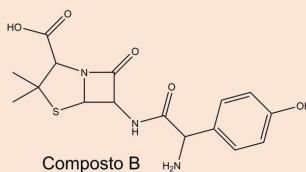
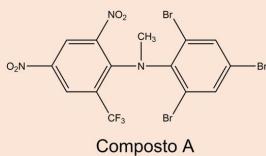
**Amostra 02.** Antibiótico indicado para infecções de pele, do trato urinário e otite média. Apresenta anel aromático, cadeia heterogênea e mais de um centro estereogênico

**Amostra 03.** Isolado extraído de cascas de laranja. Apresenta uma porção cíclica, possui cadeia insaturada, lipofílica e homogênea, desvia a luz planopolarizada desde que não seja um racemato.

**Amostra 04.** Rodenticida neurotóxico que danifica o sistema nervoso central. Apresenta anel aromático, cadeia heterogênea, elemento altamente eletronegativo e é opticamente inativo.

**Amostra 05.** Isolado do sedimento de vinhos utilizado no preparo de sobremesas e bolos. Cadeia contendo elemento altamente eletronegativo, dois centros estereogênicos, porém não obedece a fórmula  $n^2 =$  isômeros opticamente ativos.

Além das amostras, o Analista recebeu uma relação contendo compostos químicos nomeadas de **A** a **E**, cujas estruturas são mostradas abaixo. Após verificar os dados apresentados e relacioná-los às estruturas fornecidos ele chegou à seguinte relação Amostra-Composto:



- a) 01-B; 02-C; 03-E; 04-D; 05-A      b) 01-A; 02-B; 03-E; 04-C; 05-D  
c) 01-C; 02-B; 03-E; 04-A; 05-D      d) 01-A; 02-B; 03-D; 04-C; 05-E  
e) 01-C; 02-E; 03-B; 04-A; 05-D

**QUESTÃO 26 | MÉDIA 3,75 PONTOS**

Cloreto de Potássio é indicado no tratamento e/ou prevenção da hipocalêmia em pacientes que não toleram ou se recusam a ingerir potássio líquido ou efervescente.

**Disponível em** <https://consultaremedios.com.br/cloreto-de-potassio/bula/para-que-servem>

Acessado em 10/09/2021

Além disso é muito utilizado no estudo da eletroquímica, através da utilização de uma solução na ponte salina. Determine a pressão osmótica (atm) a 27°C de uma solução aquosa contendo KCl, sabendo que a fração mássica do soluto igual a 15%, sendo a densidade da solução igual a 1,54 g.mL<sup>-1</sup>. Considere também que o grau de dissociação do KCl na temperatura de interesse seja igual a 80%.

- (A) 101,36 atm    (B) 122,25 atm    (C) 137,30 atm    (D) 155,26 atm    (E) 187,39 atm

**QUESTÃO 27 | MÉDIA 3,75 PONTOS**

O ácido metanoico ou ácido fórmico recebeu este nome em virtude de sua primeira obtenção, que foi a partir da destilação da formiga vermelha (*Formica rufibarbis*) e sua picada causa grande dor na vítima, em razão da injeção deste composto orgânico.

Disponível em <https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/acido-metanoico-ou-acido-formico.htm>

Foi realizada uma solução de ácido fórmico adicionando 1,15 gramas deste mesmo ácido até completar meio litro de solução. Considerando que para esta concentração o grau de ionização seja igual a 2%, assinale o valor do pOH desta solução.



**QUESTÃO 28 | MÉDIA 3,75 PONTOS**

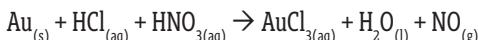
Um técnico de uma empresa de petróleo coloca 125 cm<sup>3</sup> de uma solução aquosa contendo 100,65 g de carbonato de sódio por litro de solução em um equipamento, juntamente com um excesso de ácido clorídrico dissolvido em água. Admitindo que, nesta experiência, todo o gás produzido

pela reação química foi 100% coletado em um cilindro, determine o volume em litros deste cilindro, considerando que a experiência foi realizada na temperatura igual a 77°C e pressão de 720 mmHg.

- a) 1,20 L      b) 240 L      c) 2,90 L      d) 3,60 L      e) 4,10 L

### QUESTÃO 29 | MÉDIA 3,75 PONTOS

Uma massa de 1 Kg de ouro puro reage com água régia (mistura de ácidos nítrico e clorídrico), segundo a seguinte equação química.



Assinale a alternativa correta que apresenta o volume de NO nas CNATP (Condições Normais Ambientais de Temperatura e Pressão).

- (A) 124,22 L      (B) 155,58 L      (C) 163,80 L  
(D) 181,94 L      (E) 200,02 L

### QUESTÃO 30 | MÉDIA 3,75 PONTOS

O ataque terrorista de 11 de Setembro de 2001 em Nova York teve mais uma morte oficialmente contabilizada. Uma mulher, que sobreviveu na ocasião aos destroços, morreu por conta da poeira que foi espalhada após a colisão de dois aviões nas Torres Gêmeas, o World Trade Center (WTC).

O Instituto Médico Legal (IML) da cidade de Nova York confirmou que o pó tóxico colaborou com a morte de Felicia.

Felicia entrará na lista de pessoas mortas da Fundação Memorial World Trade Center, que será inaugurada em 2009. Ela ganhará o número de 2.750, que é o total considerado de pessoas que morreram no WTC. No total, o ataque terrorista matou 2.973 pessoas, somando-se os atentados em Nova York, Pensilvânia e Washington.

**Disponível em:** <https://www.gazetadopovo.com.br/mundo/po-toxico-de-11-de-setembro-provocou-mais-uma-morte-em-nova-york-ahncmrpss5di51ym5shc7drgu/>

A atitude pode abrir caminho para a inclusão de outras mortes no total de vítimas do ataque. Segundo a deputada democrata Carolyn Maloney, pelo menos oito outras pessoas morreram por causa da poeira carregada de **amianto** que é uma fibra natural, também conhecida como asbesto, utilizada na estrutura para conter incêndios. Sabe-se que o pó de amianto é cancerígeno e pode,

no futuro, causar doenças a quem o respira. Quimicamente o asbesto é formado por silicatos hidratados de cálcio e magnésio e neste sentido é correto afirmar que o mesmo é:

- a) Um composto covalente
- b) Uma substância simples
- c) Uma mistura tipicamente molecular
- d) Um sal orgânico
- e) Uma mistura de compostos iônicos e covalentes

### Gabarito

Questão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	b	c	c	a	N	b	b	e	N	d	b	N	a	c	b
Questão	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	a	d	b	d	d	c	b	b	N	c	c	c	d	a	e

**N = NULO**

*Nem tudo o que se enfrenta pode ser modificado . . .  
Mas nada pode ser modificado até que seja enfrentado.*

*Albert Einstein*

# CAPÍTULO

# 2



## XXVII Olimpíada Norte/Nordeste de Química

### 2.2 Resultados

#### O U R O

Nome	Escola	Escore	UF
Cassia Caroline Aguiar da Ponte	Master	100	CE
Rafael Moreno Ribeiro	Ari de Sá	100	CE
Guilherme Saraiva Brasiliense	Farias Brito	97,6	CE
Moises Holanda de Souza	Master	97,6	CE
Gabriel Aragão Silva	Farias Brito	95,5	CE
Jana Almeida Pacheco dos Santos	Ari de Sá	95,5	CE
Joao Venicio Gadelha Fraga	Master	95,5	CE
Wesley Antonio M. A. de Aguiar	Colégio Militar	95,2	AM
Clovis Tabor de Aguiar	Objetivo/ Lavoisier	95,2	PI
Joao Otavio Paiva Farias	Farias Brito	95,2	CE
Marina Malta Nogueira	Ari de Sá	95,2	CE
Nicolas Adauto Saraiva Costa	Ari de Sá	95,2	CE

#### P R A T A

Vinicius Conrado Farias	Master	93,1	CE
Romana Severo Galvão	IFRN Parnamirim	93,1	RN
Sofia Severo Galvão	IRFN Parnamirim	93,1	RN
Kairan Alves de Freitas Barros	Master	91,6	CE
Pedro Victor Saraiva Campello	Núcleo	90,7	PE
Gabriel Nobuaki Nojima	Farias Brito	90,7	CE
Arthur Queiroz Moura	Dom Barreto	90,7	PI
Allan Garcia Cavalcante e Silva	CET Ideal	88,7	PA
Luis Augusto de Oliveira Sa	Master	88,7	CE
Hana Gabriela Albuquerque Sousa	Farias Brito	88,7	CE
André Andrade Gonçalves	IFMA	88,4	MA
Mateus Lopes Rangel de Andrade	Farias Brito	88,4	CE
Nailton Gama de Castro	Master	88,4	CE

**BRONZE**

Gabriela Torreao M. Ferreira	Ari de Sá	86,3	CE
Artur Neves Maia	EC Madre de Deus	83,9	PE
David Costa Pereira	Objetivo	83,9	PI
Murillo Rangel Amorim Teixeira	Farias Brito	83,9	CE
Pedro Fernandes Kalume	Farias Brito	83,9	CE
Vinicio da Silveira Lanza Avelar	Ari de Sá	82,7	CE
Bernardo Asztalos Teixeira	Farias Brito	81,5	CE
Luís Eduardo Vieira de Mello	Núcleo	80,3	PE
João Pedro Siebra Vieira	Pequeno Príncipe	80,0	CE
Matheus Marinheiro Spontam	Farias Brito	79,7	CE
Camila Vuicik dos Santos	Lato Sensu	79,4	AM
Felipe Farah Affonso Alves	Ari de Sá	79,4	CE
Raphael Yuri Alves Pinto Diniz	Farias Brito	79,4	CE
Diego do Nascimento Gomes	Master	79,1	CE
Caio Maia Batista de Almeida	GGE	77,3	PE
Matheus Santos Gama de Lima	Núcleo	77,3	PE
João Pedro Mello da Silva	Contato Maceió	77,3	AL

**Veja lista de Menção Honrosa e Demais Classificados em [www.obquimica.org](http://www.obquimica.org)**

# CAPÍTULO 3



## Olimpíada Brasileira de Química Júnior 2021

### 3.1 Exame Fase I

#### QUESTÃO 1

A imagem abaixo apresenta o esquema de funcionamento de um motor automotivo à explosão de quatro tempos.



- 1º tempo:** O pistão desce e ocorre a injeção da mistura entre ar e vapor da gasolina.  
**2º tempo:** O pistão sobe comprimindo a mistura.  
**3º tempo:** A vela de ignição lança uma faísca que causa a explosão da mistura e empurra o pistão para baixo.  
**4º tempo:** O pistão sobe e libera os gases formados na combustão.

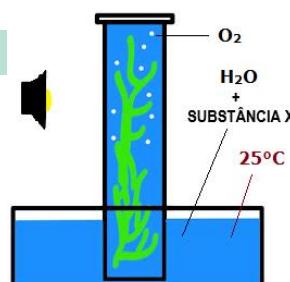
**Fonte:** <https://www.manualdaquimica.com/combustiveis/gasolina.htm>

Dentro do compartimento indicado, em qual destes tempos se espera haver maior concentração de  $\text{CO}_2$ ?

- A) 1º      B) 2º      C) 3º      D) 4º

#### QUESTÃO 2

Um experimento fotossintético utilizando uma planta aquática e uma fonte luminosa é ilustrado abaixo. A planta é mantida no interior de um recipiente contendo uma solução aquosa saturada da **substância X**. Essa substância foi adicionada em excesso à água para se conseguir uma produção constante de  $\text{CO}_2$ .



**Fonte:** <https://biology-igcse.weebly.com/> (Adaptado)

Qual é a substância X?

- A)  $\text{NaHCO}_3$       B)  $\text{NaOH}$       C)  $\text{CH}_3\text{COOH}$       D)  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$

### QUESTÃO 3

Observe o resultado da aproximação de uma chama à abertura de um buraco cavado na superfície de uma lago congelado.



<https://media1.giphy.com/media/kF68zzXjBON96FlRnt/giphy.gif>

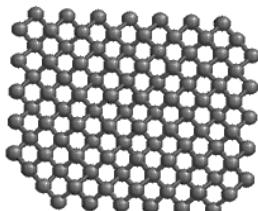
<https://www.sciencenewsforstudents.org/article/strange-lake-belches-flammable-gas-high-arctic>

O fenômeno envolveu a combustão do

- A) metano.      B) nitrogênio.      C) gás carbônico.      D) cloreto de sódio.

### QUESTÃO 4

Uma proposta de representação microscópica da estrutura química de determinada substância não apresentada abaixo.



**Fonte:** <https://commons.wikimedia.org/> (Adaptado)

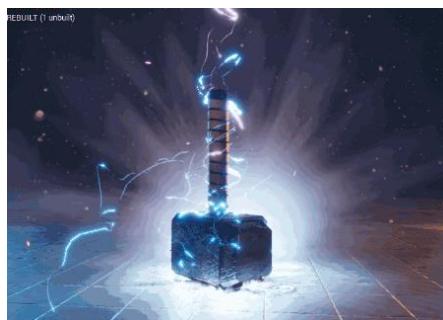
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Diamond\\_animation.gif](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Diamond_animation.gif)

Esse modelo corresponde à estrutura de qual substância?

- A) Diamante      B) Ozônio      C) Amônia      D) Vinagre

## QUESTÃO 5

Criado por Stan Lee e sucesso nas composições em quadrinhos e no universo cinematográfico da Marvel, Thor é um personagem que retém a maioria de seus poderes em seu martelo característico, Mjolnir, um utilitário sem o qual o herói se torna menos “super”. O martelo de Thor exibe propriedades magnéticas, luminosas e térmicas interessantes. A química hipotética por trás dos componentes mais prováveis de seu martelo sugere que a ignição do tório pode ser responsável pela luz branca brilhante e pelo calor produzidos quando o Mjolnir quebra algo.



**Fonte:** <http://www.ragnaroktraining.com/2021-ragnarok-thunderstrike.html>

Assim como ocorre com o tório metálico, que se inflama ao reagir com o oxigênio após ser aquecido no ar, além desses componentes, o forte atrito do Mjolnir também produziria o

- A) dióxido de tório,  $\text{ThO}_2$ .      B) nitrato de tório,  $\text{Th}(\text{NO}_3)_2$ .  
C) carbonato de tório,  $\text{Th}(\text{CO}_3)_2$ .      D) sulfato de tório,  $\text{Th}(\text{SO}_4)_2$ .

## QUESTÃO 6

Bebeu água, não!  
Tá com sede, tô!  
Olha, olha, olha, olha a água mineral  
Água mineral  
Água mineral  
Água mineral  
Do Candeal  
Você vai ficar legal

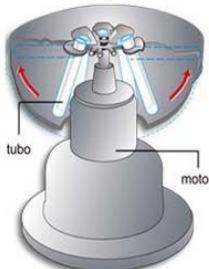
Composição de Carlinhos Brow e um dos *hits* do período de carnaval, essa canção também embala o trabalho de muitos vendedores autônomos que comercializam produtos desse tipo nas ruas e em ônibus, por todo o País.

Que tipo de espécie química não é comumente encontrada na composição química desse tipo de produto?

- A)  $\text{Hg}^{2+}$       B)  $\text{Mg}^{2+}$       C)  $\text{Ca}^{2+}$       D)  $\text{Na}^+$

### QUESTÃO 7

A ilustração abaixo destaca a visão interna de um equipamento utilizado em processos de separação.



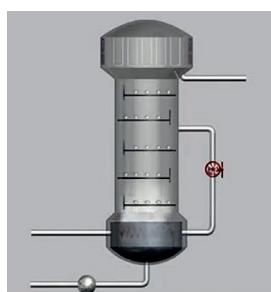
**Fonte:** <http://cfq-blog.blogspot.com/2010/01/7ano-processos-fisicos-de-separacao.html>

Este equipamento se mostra eficaz na separação de

- A) plasma no sangue.      B) ouro na areia.  
C) óleo na água do mar.      D) açúcar (sacarose) no caldo da cana.

### QUESTÃO 8

Analise o processo industrial representado abaixo.



**Fonte:** <https://thumbs.gfycat.com/ResponsibleHeartfeltDromaeosaur-mobile.mp4>

Optando pela alternativa **V** (verdadeira) ou **F** (falsa), avalie as afirmações realizadas sobre esse processo.

- (V) (F) O equipamento ilustra uma coluna de fracionamento.  
(V) (F) Sistemas desse tipo são usados no refino do petróleo.  
(V) (F) Ele exemplifica uma etapa de uma destilação simples.  
(V) (F) O aparelho é usado para a destilação de metais.

QUESTÃO 9

Analise a animação mostrada a seguir.



**Fonte:** <https://sites.google.com/site/peytonbranhamwebquest/>

Optando pela alternativa **V** (verdadeira) ou **F** (falsa), indique qual(is) processos físicos rege(m) o ciclo apresentado nesse contexto.



QUESTÃO 10

O vídeo abaixo ilustra a etapa final de um processo de purificação de uma substância.



**Fonte:** <https://gfycat.com/wavyflawlesshagfish-bullion-gold>

Dentro do processo visualizado, qual é a fase destacada nas imagens?

- A) Fusão      B) Evaporação      C) Sublimação      D) Liquefação

### QUESTÃO 11

As imagens mostradas no vídeo abaixo são apetitosas, confira.



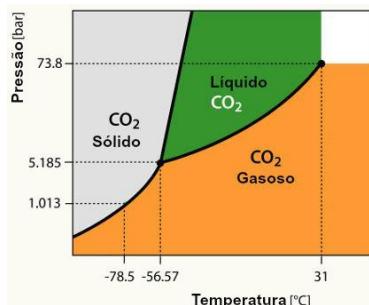
**Fonte:** <https://gfycat.com/oilymenacingadmiralbutterfly>

Sobre a fumaça produzida nesse processo, é correto afirmar que ela corresponde a uma:

- A) mistura de substâncias orgânicas e inorgânicas.  
B) mistura rica em vapor de carvão.  
C) solução de CO<sub>2</sub> em vapor d'água.  
D) solução de gordura e vapor d'água.

### QUESTÃO 12

O diagrama de fases para o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) é ilustrado pelo seguinte gráfico:



**Fonte:** [http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/16517/1/FB\\_COENO\\_2019\\_2\\_09.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/16517/1/FB_COENO_2019_2_09.pdf)

Considerando estas informações, um pedaço de gelo seco será encontrado exclusivamente no estado sólido caso se mantenha a temperatura

- A) em -78,5 °C e a pressão seja variada de 1,013 a 73,8 bar.
- B) abaixo de -78,5 °C, sob qualquer pressão.
- C) entre -78,5 °C e -56,57 °C, sob qualquer pressão.
- D) entre -78,5 e 31 °C e a pressão seja variada de 1,013 a 73,8 bar.

### QUESTÃO 13

A letra da “Canção do Sal”, música composta por Milton Nascimento é apresentada abaixo.

Trabalhando o sal é amor é o suor que me sai  
Vou viver cantando o dia tão quente que faz  
Homem ver criança buscando conchinhas no mar  
Trabalho o dia inteiro pra vida de gente levar

Água vira sal lá na salina  
Quem diminuiu água do mar?  
Água enfrenta sol lá na salina  
Sol que vai queimando até queimar

Trabalhando o sal pra ver a mulher se vestir  
E ao chegar em casa encontrar a família sorrir  
Filho vir da escola problema maior é o de estudar  
Que é pra não ter meu trabalho e vida de gente levar

É correto afirmar que nos versos da canção

- A) o cloreto de sódio é abordado a partir de dois aspectos, a água do mar e o suor.
- B) a destilação simples da água do mar é associada à produção de NaCl na salina.
- C) a obtenção de sal marinho é tratada como um processo simples e sem riscos.
- D) o suor e as conchas do mar são apontadas como grandes fontes de NaCl.

### QUESTÃO 14

Analise o procedimento apresentado abaixo.



**Fonte:** [https://lh3.googleusercontent.com/41V4gVwl0t\\_qIAPMx3ZAM3\\_ZTsN8STwlXhvhyJcd3ssr002hte7nYD-wA747EG\\_pP2uYq=s146](https://lh3.googleusercontent.com/41V4gVwl0t_qIAPMx3ZAM3_ZTsN8STwlXhvhyJcd3ssr002hte7nYD-wA747EG_pP2uYq=s146)

Optando pela alternativa **V** (verdadeira) ou **F** (falsa), avalie as afirmações realizadas sobre este procedimento.

- (V) ( ) Exemplifica uma solução diluída com ação biológica contra o coronavírus.
- ( ) (F) Resulta em uma mistura heterogênea de soda cáustica, que mata vírus.
- ( ) (F) Produz uma solução aquosa saturada de soda cáustica, que mata vírus.
- ( ) (F) Fornece uma mistura saturada de HCl, utilizada contra o coronavírus.

## QUESTÃO 15

Na ausência de qualquer contaminante atmosférico, a água precipitada pela chuva é levemente ácida, esperando-se apresentar um pH de aproximadamente 5,2 a 20 °C. Essa acidez natural resulta basicamente da dissociação do dióxido de carbono atmosférico dissolvido na água. Porém, localmente, conforme ocorre em algumas regiões de florestas tropicais, a acidez da precipitação pode ser influenciada por outros fatores também, como pela presença de compostos orgânicos voláteis, conforme acontece com o(a)

- |  |   |
|--|---|
| A) ácido fórmico ( <chem>HCOOH</chem> ). | B) ácido clorídrico ( <chem>HCl</chem> ). |
| C) ácido nítrico ( <chem>HNO3</chem> ).  | D) ácido fluorídrico ( <chem>HF</chem> ). |

## QUESTÃO 16

Com o lema “Sejamos melhores, juntos - Para o planeta e as pessoas”, Tóquio 2021 foi a olimpíada mais sustentável da história. Diversas ações do evento se pautaram na sustentabilidade. Obra do designer Tokujin Yoshioka e pesando 1,2 kg, a tocha foi produzida com 30% de resíduos de alumínio. As quase 5 mil medalhas foram confeccionadas reutilizando-se ouro, prata e bronze.

ze extraídos de 6 milhões e 78 toneladas de lixo eletrônico. As 26 mil camas utilizadas pelos atletas e demais membros das comissões eram de papelão e possuem colchões de composto químico reciclável.

Qual das alternativas abaixo corresponde às fontes materiais dessas práticas sustentáveis?

Tocha	Latas e folhas metálicas	Telhas	Telhas	Latas e folhas metálicas
Medalhas	Placas de circuito de celulares e computadores	Alto-falantes e rádios	Placas de circuito de celulares e computadores	Alto-falantes e rádios
Cama	Celulose	Celulose	Polietileno	Polietileno
Resposta	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>

### QUESTÃO 17

Um desinfetante recomendado pela OMS para eliminar o coronavírus de superfícies, também é um excelente antisséptico. A concentração dessa solução é fator importante para sua atividade, para o efeito microbicida. A água presente na sua formulação facilita a entrada do álcool para o interior do microrganismo e também retarda a volatilização do álcool, permitindo maior tempo de contato.

**Fonte:** <https://www.unifesp.br/> (Adaptado)

Qual é esse desinfetante?

- A) Etanol a 70%
- B) Água oxigenada 20 volumes
- C) Sabonete com glicerol
- D) Ácido muriático

### QUESTÃO 18

Uma cena comum nas competições dos jogos olímpicos realizados em Tóquio, em 2021, era a utilização de um pó branco pelos ginastas.



**Foto:** Foto Gaspar Nóbrega/COB / Agência O Globo

**Fonte:** <https://oglobo.globo.com/esportes/toquio-2020/>

Esse sal de magnésio atua como antiumectante, ou seja, evita absorção da umidade. Com isso, atua como uma barreira seca entre a mão suada e as superfícies dos aparelhos que os ginastas interagem. Eles provocam mais atrito, diminuindo os riscos de escorregamentos e de quedas.

**Indique qual é esse sal.**

A)  $\text{MgCO}_3$

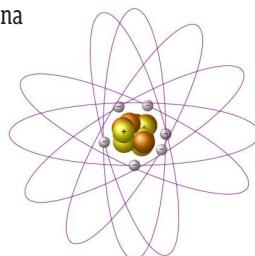
B)  $\text{Mg(OH)}_2$

C)  $\text{MgO}$

D)  $\text{Mg}$

### QUESTÃO 19

O meio atômico representado abaixo causou avanços na ciência.

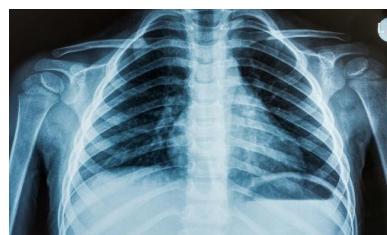


**Fonte:** <https://gifer.com/en/7Rw9>

Apesar de não explicar adequadamente alguns fenômenos, ele permitiu explicar o observado em

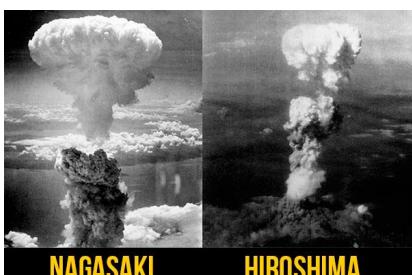


Gustavo Pellizzon/Agência O Globo/VEJA  
Fonte: <https://veja.abril.com.br/>



Fonte: <https://brasilescola.uol.com.br/>

**A**



Fonte: <https://www2.bauru.sp.gov.br/>

**B**



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=p4HwkZSW2l4&t=11s>

**C**

## QUESTÃO 20

O enxofre é utilizado em muitos processos industriais, como na vulcanização da borracha, na produção de pólvora, inseticidas, cosméticos, fertilizantes e baterias de automóveis. Na natureza, ele se faz presente como duas espécies químicas. O enxofre monoclinico,  $S_8$ , possui aspecto de finos cristais na forma de agulhas e é encontrado principalmente em regiões vulcânicas. O enxofre rômbico,  $S_8$ , é a espécie mais comum. Seus cristais são maiores e de uma amarelo transparente.



<https://sites.google.com/site/apuntesdecta/jornada-manana>

Essas espécies exemplificam um caso de

- A) alotropia.
- B) isotopia.
- C) radioatividade.
- D) fluorescência.

## Gabarito

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

Todas as respostas com letra A



## Olimpíada Brasileira de Química Júnior 2021

### 3.2 Exame Fase II

#### INSTRUÇÕES

1. A prova consta de 23 (vinte e três) questões: 20 (vinte) questões objetivas e 3 (três) questões analítico-expositivas (discursivas). As questões objetivas possuem 2 (dois) formatos: i) questões de múltipla-escolha, cada uma contendo 4 (quatro) alternativas, das quais você deve assinalar apenas uma; e ii) questões com alternativas verdadeiras (V) ou falsas (F), nas quais para cada alternativa se deve marcar apenas uma das opções (V ou F).
2. O exame é ininterrupto, ou seja, não permite interrupções. Após iniciada a prova, o sistema computará 3 (três) horas de prazo quando, então, se encerrará automaticamente e concluirá a participação, independentemente do número de questões até então resolvidas.
3. Caso você termine o exame antes deste período, acione a opção “CONCLUIR O EXAME” e seu exame será automaticamente enviado à central de dados do Programa Nacional Olimpíadas de Química (PNOQ).
4. Em caso de descarregamento do dispositivo eletrônico, falta de energia, falha de internet ou qualquer outro incidente ocorrido na hora do exame, fato este sem nenhuma possibilidade de interferência da coordenação do PNOQ, não será possível continuar o exame e o sistema dará como encerrada a prova naquele instante.

**Boa prova!**

#### QUESTÕES OBJETIVAS

##### QUESTÃO 1

**Analise a seguinte charge:**



**Fonte:** <http://ecodiariodomeioambiente.blogspot.com/2016/02/charges-que-nos-fazem-refletir-sobre.html>

Uma alternativa para combater a principal ideia denunciada nesta charge seria a promoção de medidas mais efetivas para a(o)



## QUESTÃO 2

O resultado da transferência de 40 quilos de pedras de gelo seco para uma piscina é mostrado na imagem abaixo.



**Fonte:** <https://i2.wp.com/www.fatosdesconhecidos.com.br/wp-content/uploads/2017/07/giphy-25.gif>

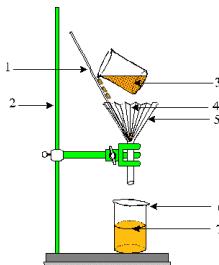
Em relação ao verificado após a adição do sólido, é correto afirmar que

- A) a concentração de CO<sub>2</sub> na fumaça é muito alta.
  - B) o pH da piscina aumentou bastante.
  - C) o gelo seco fundiu ao entrar em contato com a piscina.
  - D) o teor de cloro na água da piscina ficou bem maior.

### QUESTÃO 3

Observe a técnica ilustrada ao lado.

**Fonte:** [https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.sciencesphysiquescollege.online%2Fcinquieme%2Fmatiere4%2Fimages%2F%3FSD&psig=A0vVaw0xPsmiy1L3LgR2feqNQKzy&ust=1631473294448000&source=images&cd=vfe&ved=0CAgQjRxqFwoTCKjy2ejN9\\_ICFOAAAAAdAAAAABAK](https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.sciencesphysiquescollege.online%2Fcinquieme%2Fmatiere4%2Fimages%2F%3FSD&psig=A0vVaw0xPsmiy1L3LgR2feqNQKzy&ust=1631473294448000&source=images&cd=vfe&ved=0CAgQjRxqFwoTCKjy2ejN9_ICFOAAAAAdAAAAABAK)



Sobre esse processo, analise se as seguintes alternativas são verdadeiras (V) ou falsas (F).

- A) 

V	F
---	---

 Resulta em um sistema monofásico (no bêquer maior).
- B) 

V	F
---	---

 É adequado para separação de misturas homogêneas.
- C) 

V	F
---	---

 Tem rapidez de escoamento aumentada pelo vácuo formado no funil.
- D) 

V	F
---	---

 Funcionaria melhor se fosse usado um funil de separação.

### QUESTÃO 4

Analise a tirinha abaixo.



Fonte: <https://www.humorcomciencia.com/>

Considerando o fenômeno ilustrado, a composição química mais adequada para esse gás se associa a uma

- A) substância simples.
- B) substância composta.
- C) mistura heterogênea.
- D) mistura de H<sub>2</sub> e O<sub>2</sub>.

## QUESTÃO 5

Um grupo de cientistas do Laboratório Nacional Lawrence Livermore, na Califórnia, EUA, conseguiu reproduzir um altíssimo potencial energético durante uma pequena fração de segundo. Conhecida como fusão de confinamento inercial, a abordagem usa um laser gigante. Ele produz 192 feixes que são focados em um alvo em um pulso energético, muito breve e poderoso. O objetivo é colocar o máximo possível dessa energia na cápsula alvo, uma esfera diminuta preenchida com dois tipos de isótopos de hidrogênio ( $Z = 1$ ) montados dentro de um cilindro, do tamanho de uma borracha de lápis, constituído por um único elemento químico metálico. No futuro, espera-se gerar eletricidade em escala bem maiores.

Fonte: <https://www.science.org/> (Adaptado)

Quais as três espécies químicas participantes desse processo?

- A)  $^2\text{H}$ ,  $^3\text{H}$  e Au.
- B) He,  $^1\text{H}$  e Hg.
- C) He,  $^1\text{H}$  e Au.
- D)  $\text{H}_2$ ,  $^1\text{H}$  e Hg.

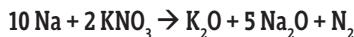
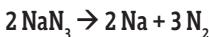
## QUESTÃO 6

O equipamento de segurança mostrado na animação abaixo tem ajudado a salvar vidas em acidentes envolvendo veículos.



Fonte: <https://creary.net/test/@test/gif-test-10mb>

No interior dessa bolsa protetora, há uma mistura de azida de sódio ( $\text{NaN}_3$ ), nitrato de potássio ( $\text{KNO}_3$ ) e dióxido de silício ( $\text{SiO}_2$ ). No momento da colisão, sensores acionam o sistema que, por meio de uma faísca ou descarga elétrica, aquece uma pastilha de azida de sódio, desencadeando um conjunto de reações mostrada a seguir:



Sobre esse processo, analise se as seguintes alternativas são verdadeiras (V) ou falsas (F).

- A) 

V	F
---	---

 O gás nitrogênio, N<sub>2</sub>, é o responsável por inflar a bolsa.
- B) 

V	F
---	---

 O aquecimento da pastilha produz um metal bastante reativo.
- C) 

V	F
---	---

 A reação com o nitrato de potássio produz um derivado mais estável de Na.
- D) 

V	F
---	---

 O silicato produzido é ambientalmente menos danoso ao meio que os óxidos.

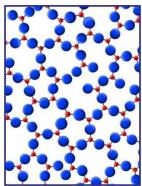
## QUESTÃO 7

Analise a tirinha abaixo.

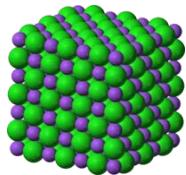


**Fonte:** IWATA, Adriana Yumi; LUPETT, Karina Omuro. X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – X ENPEC. *Anais*... Águas de Lindóia, SP – 24 a 27 de Novembro de 2015.

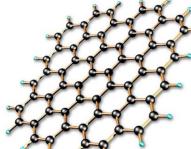
A rede tridimensional do material em destaque na tirinha é melhor representada por qual(is) desse(s) modelo(s)?



I



II



III

**Fonte:** I - <https://materiaisjr.com.br/> (Adaptado); II - <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/>; III - <http://www.dsc.ufcg.edu.br/~pet/jornal/>

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

## QUESTÃO 8

É possível perceber odores desagradáveis nas mãos quando se manipula moedas por certo tempo. Eles decorrem das reações químicas entre os constituintes do suor e das moedas. Dos fatores envolvidos, a alimentação do indivíduo tem participação. Aqueles que se alimentam muito de carnes, ovos e queijos são mais afetados pelo cheiro nas mãos quando manipulam moedas.

**Fonte:** <https://mundoeducacao.uol.com.br/> (Adaptado)

Avaliando se as alternativas são verdadeiras (**V**) ou falsas (**F**), que espécie(s) química(s) participa(m) das reações para a produção desses odores na manipulação de moedas?

- |  |          |          |                         |  |          |          |   |
|--|----------|----------|-------------------------|--|----------|----------|---|
| A) <table border="1"><tr><td><b>V</b></td><td><b>F</b></td></tr></table> | <b>V</b> | <b>F</b> | Compostos nitrogenados  | B) <table border="1"><tr><td><b>V</b></td><td><b>F</b></td></tr></table> | <b>V</b> | <b>F</b> | Cloreto de sódio                                    |
| <b>V</b>   | <b>F</b> |          |                         |  |          |          |   |
| <b>V</b>   | <b>F</b> |          |                         |  |          |          |   |
| C) <table border="1"><tr><td><b>V</b></td><td><b>F</b></td></tr></table> | <b>V</b> | <b>F</b> | Metais (cobre e níquel) | D) <table border="1"><tr><td><b>V</b></td><td><b>F</b></td></tr></table> | <b>V</b> | <b>F</b> | Gases halogenados ( $\text{Cl}_2$ e $\text{Br}_2$ ) |
| <b>V</b>   | <b>F</b> |          |                         |  |          |          |   |
| <b>V</b>   | <b>F</b> |          |                         |  |          |          |   |

## QUESTÃO 9



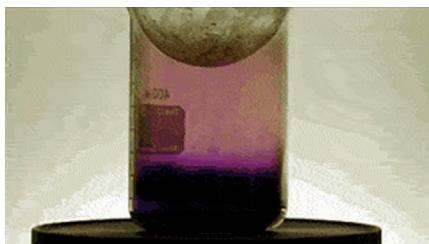
**Fonte:** <https://viagemeturismo.abril.com.br/blog/brasis/a-gruta-do-lago-azul-e-a-atracao-mais-impressionante-de-bonito/>

Quais processos naturais são bastante contributivos para as principais belezas observadas nesta gruta?

- A) evaporação da água e deposição do carbonato de cálcio.
- B) decomposição da água e destilação do carbonato de cálcio.
- C) solubilização do calcário na água e evaporação do cálcio.
- D) dissociação do calcário e destilação do carbonato de cálcio.

## QUESTÃO 10

Observe o que aconteceu no fundo do balão (contendo gelo) neste experimento, no qual um béquer foi aquecido. Ao béquer, inicialmente, havia sido transferida apenas uma substância sólida, uma substância diatômica.



**Fonte:** <https://thumbs.gfycat.com/LinearBewitchedDunlin-max-1mb.gif>

Q A formação desses cristais exemplificam um processo de

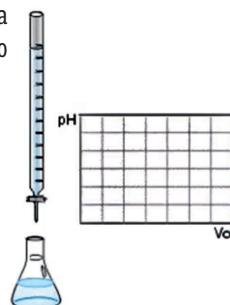


## QUESTÃO 11

Uma titulação virtual ácido-base de soluções aquosas é mostrada abaixo. Inicialmente, foi adicionado um indicador à solução contida no erlenmeyer.

**Fonte:** <https://gfycat.com/defenselessdamageddromaeosaur>

Sobre este procedimento, são verdadeiras (**V**) ou falsas (**F**) as seguintes alternativas:



- A) 

V	F
---	---

 O erlenmeyer contém uma solução ácida.

B) 

V	F
---	---

 Um funil de separação contém a solução básica.

C) 

V	F
---	---

 A amostra a ser titulada é básica.

D) 

V	F
---	---

 O líquido presente na bureta é uma solução de NaCl.

## QUESTÃO 12

O enredo desta charge retrata um contexto verificado em muitas praias do litoral brasileiro, nos últimos anos.



**Fonte:** <https://www.humorpolitico.com.br>

Do ponto de vista químico, a solução apontada pelo banhista é

- A) inadequada, pois apesar de alguns dos compostos presentes poderem apresentar proteção contra a radiação solar, os danos à pele e à saúde são severos.
- B) adequada, uma vez que essa camada que cobre o seu corpo é um óleo natural e, por isso, faz bem à saúde.
- C) adequada, porque os óleos não se misturam com a água e filtram a radiação ultravioleta com a mesma intensidade.
- D) inadequada, por causa do baixo fator de proteção exibido pelos derivados do petróleo, apesar de eles serem atóxicos.

## QUESTÃO 13

Observe o efeito do contato de uma palha de aço com a chama de um maçarico.



**Fonte:** <https://media0.giphy.com/media/4wZqUk3vnJXxK/giphy.gif>

Este experimento ilustra um fenômeno de conservação de massas, cuja explicação pode ser elaborada adequadamente com a utilização de algumas teorias propostas ao longo da história da Química, exceto para a

- A) Teoria da Força Vital  
B) Teoria de Dalton  
C) Teoria (Lei) de Proust  
D) Teoria (Lei) de Lavoisier

## QUESTÃO 14

As tatuagens podem ter vários significados, tais como: identificação, comunicação e/ou estética. A técnica utilizada nas *tattoos* permanentes consiste em introduzir na derme, com o auxílio de agulhas, pigmentos que ficam retidos nas células da pele, conforme relacionado a seguir.

Pigmento	Cor
Sais de cádmio	Amarelo ou vermelho
Sais de crômio	Verde
Sais de ferro	Castanho, rosa e amarelo
Sais de cobalto	Azul
Sulfeto de Mercúrio	Preto
Carbono (carvão)	Preto
Óxido de Titânio	Branco

**Fonte:** <https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/a-quimica-tatuagem.htm>

Considerando a possibilidade de uso desses de pigmentos, que tipo de elementos químicos devem constar na *tattoo* abaixo?



**Fonte:** <https://4.bp.blogspot.com/-CVVMC6XTOIM/>

- A) Elementos de transição  
B) Elementos alcalinos terrosos  
C) Halogênios  
D) Calcogênios

## QUESTÃO 15

Na Índia, um adolescente injetou mercúrio nas veias, inspirado na gênese de Wolverine, em X-men. O rapaz chegou a um hospital com feridas múltiplas, não cicatrizadas, no antebraço esquerdo. O metal teria sido obtido após a quebra de um termômetro e de um medidor de pressão. Ele admitiu ter se inspirado no longa **X-Men Origens: Wolverine** (2009), cujo personagem principal tem o esqueleto revestido por uma liga de metal indestrutível. Ao mesmo tempo, ele esperava simular o personagem Mercúrio, que nada tem a ver com ligas metálicas - talvez a ideia fosse se apropriar do nome desse e mesclar com a origem do outro, vai saber. Apesar dos danos causados aos vasos sanguíneos, o paciente teve lesões cortadas por cirurgiões e recebeu enxertos de pele na região afetada. Felizmente, deve se recuperar totalmente do trauma, uma vez que "não desenvolveu sinais clínicos de intoxicação crônica".

**Fonte:** <https://noticias.r7.com/hora-7/> (Adaptado)

O exemplo relatado no texto reforça a constatação que o mercúrio metálico não deve ser

- A) administrado no corpo humano.                    B) abordado em filmes de ficção científica.  
C) considerado tóxico aos braços humanos.     D) usado em ligas metálicas.

## QUESTÃO 16

Uma descoberta fantástica ocorreu em 1903 na fazenda Oseberg, no sudoeste da Noruega: um barco viking e vários artefatos, intactos. A embarcação e seu conteúdo pertenciam à Idade Média. O barco de Oseberg foi construído em carvalho por volta do ano 820 dC e era um navio de alto mar antes de ser usado em ritual fúnebre para duas de suas ricas proprietárias, que viviam ao redor do Fiorde de Oslo. Na embarcação foram incluídos trenós, camas, uma carroça para cavalos, entalhes em madeira, componentes para barracas, baldes, adereços e outros itens.

Qual elemento químico não poderia ser detectado em nenhum dos objetos desenterrados em 1903 na fazenda Oseberg?

- A) Nobélio    B) Carbono    C) Ferro    D) Cobre

1	H Hidrogênio (1.00)	2	Tabela periódica												18																					
3	Li lítio (6.94)	4	Be berílio (9.01)	5	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	19	He helíio (4.00)																	
11	Na sódio (22.99)	12	Mg magnésio (24.31)	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18																	
19	K potássio (39.09)	20	Ca calcônio (40.08)	21	Sc escandônio (41.98)	22	V vanádio (50.94)	23	Cr cromo (51.90)	24	Mn manganês (54.94)	25	Fe ferro (55.85)	26	Co cobalto (58.93)	27	Ni níquel (58.69)	28	Cu cobre (63.55)	29	Zn zincos (65.40)	30	Ga gálio (69.72)	31	Ge germanium (72.61)	32	As arséniio (75.00)	33	Se selênio (78.91)	34	F flúor (19.00)	35	Ne neônio (20.18)	36		
37	Rb rubílio (85.47)	38	Sr estrôncio (87.62)	39	Y lítio (88.90)	40	Nb náilon (91.94)	41	Tc técneto (91.96)	42	Mo molibdénio (95.94)	43	Ru ruído (96.21)	44	Pd pórfirio (96.91)	45	Ag argentino (107.87)	46	Cd códio (111.41)	47	In indígio (114.80)	48	Ga gálio (115.07)	49	Ge germanium (118.71)	50	As arséniio (121.79)	51	Se selênio (127.60)	52	Br brometo (128.90)	53	Xe xenôio (131.30)	54		
55	Cs césio (132.91)	56	Ba baritio (137.33)	57	Fr frônio (139.90)	58	La lantano (138.91)	59	Ce cerílio (140.91)	60	Pr praseodímio (141.00)	61	Nd neodímio (144.23)	62	Pm primo (147.00)	63	Sm samário (150.36)	64	Eu europio (151.90)	65	Gd gadolinio (157.91)	66	Dy disprosíio (162.50)	67	Ho holídio (164.93)	68	Tb terbício (164.93)	69	Tm tulio (168.93)	70	Yb ybário (173.93)	71	Lu lutecio (174.93)			
87	Rf rutherfordio (261)	88	Db darmstato (262)	89 a 103	Ta tauetio (263)	104	Rf rutherfordio (264)	105	Ta tauetio (265)	106	W tateno (266)	107	Re rutenio (267)	108	Bh bohmeio (268)	109	Os osmio (269)	110	Mt metastato (270)	111	Rg rutherfordio (271)	112	Cn cinstato (272)	113	Nh norfatato (273)	114	Fl flameio (274)	115	Mc mendelevio (275)	116	Lv lavadio (276)	117	Ts tessadio (277)	118	Og oganesson (278)	119
89	Ac actinio (227)	90	Th tório (232.04)	91	Pa protactinio (231.04)	92	U urânio (238.03)	93	Pu proto-urânio (239.03)	94	Am americio (243.02)	95	Cm curio (247.02)	96	Bk berkelio (247.02)	97	Cf californio (251.02)	98	Es elétronio (252.02)	99	Fm fermio (257.02)	100	Md mermelado (258.02)	101	Lr lernebo (259.02)	102	No nobepto (260.02)	103	Rn rutherfordio (262)	104						

## QUESTÃO 17

O ferro fundido é composto por ferro, carbono (de 2% a 4%) e silício (de 1% a 3%) e tem sido amplamente utilizado na metalurgia para a produção de muitos artefatos, como: máquinas agrícolas, veículos automobilísticos e tubulações. Ele é fabricado a partir do ferro-gusa, o produto imediato da fundição do minério de ferro (misturas de óxidos de ferro, cujas formas primárias são a magnetita ( $Fe_3O_4$ ) e a hematita ( $Fe_2O_3$ ) com carvão e calcário, dentro de um alto forno. O ferro-gusa contém ferro e de 3,5 a 4,5% de carbono, além de outros elementos (silício, manganes, fósforo, enxofre). Após a entrada no alto-forno, o minério de ferro é submetido a grandes temperaturas e elevada quantidade de ar, dando início à queima e, consequentemente, à iniciализação das reações químicas que acarretarão na redução do minério e sua transformação em ferro gusa.

**Fonte:** <https://www.encimat.cefetmg.br/2017/12/12/ferro-fundido/> (Adaptado)

Sobre os materiais ferrosos citado no texto, é correto afirmar que

- A) o ferro fundido e o ferro-gusa são ligas metálicas.
- B) o minério de ferro é uma substância composta.
- C) o ferro-gusa é uma substância composta.
- D) o minério de ferro é uma liga metálica.

## QUESTÃO 18

Um grupo de estudantes ficou impressionado com a coloração observada na demonstração de um experimento sobre fenômeno físico.

Qual dos experimentos chamou atenção do grupo?



A



B



C



D

**Fontes:** A - [https://thumbs.gfycat.com/WavyFlawlessHagfish-size\\_restricted.gif](https://thumbs.gfycat.com/WavyFlawlessHagfish-size_restricted.gif)

B – <https://chemnotcheem.com/reactivity-series-of-metals/>

C - <https://gfycat.com/discover/magnesium-gifs>

D - [https://www2.chem.wisc.edu/deptfiles/genchem/demonstrations/Gen\\_Chem\\_Pages/14acidpage/nitric\\_acid\\_acts\\_on\\_copper.htm](https://www2.chem.wisc.edu/deptfiles/genchem/demonstrations/Gen_Chem_Pages/14acidpage/nitric_acid_acts_on_copper.htm)

<https://www.uol.com.br/tilt/noticias/redacao/2021/08/29/antonio-gomes-ele-trocou-os-redemoinhos-do-sertao-por-nanotubos-de-carbono.htm>

## QUESTÃO 19



O vestuário abaixo é comercializado para proteção, em consultórios dentários, contra os raios-x.

**Fonte:** <https://dentacarts.com/consumables/general-consumables/x-ray-film-and-materials>

Ao se adquirir e utilizar esse tipo de equipamento de proteção individual, espera-se que ele contenha



## QUESTÃO 20

A água sanitária é uma solução de hipoclorito de sódio (NaClO). Esse é um produto que mata os germes e clareia tecidos e outras superfícies. Nas higienizações, a água sanitária não é indicada para a limpeza de superfícies e de materiais que contenham e/ou liberem amônia. Quando presentes, eles reagem com o hipoclorito de sódio, formando gases perigosos, como as cloraminas.

Considerando essas informações, a água sanitária não é indicada para

- A) limpeza do xixi de cachorro.  
B) lavagem de roupas brancas.  
C) desinfecção de legumes.  
D) esterilização de cozinhas.

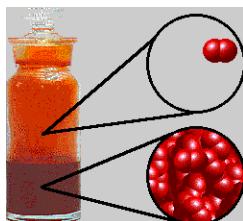
## QUESTÕES ANALÍTICO-EXPOSITIVAS

### QUESTÃO 21

Discuta sobre as diferenças existentes entre os valores dos pontos de fusão do cloreto de sódio,  $\text{NaCl}$ ,  $801^\circ\text{C}$ , e da sacarose,  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ ,  $186^\circ\text{C}$ .

### QUESTÃO 22

Proponha uma explicação para a situação observada no sistema ilustrado abaixo, um frasco contém bromo. Utilize em seus argumentos conceitos associados às temáticas: substância, ligação química, mudança de estado físico, fenômenos físicos e químicos



**Fonte:** <https://www.chem.purdue.edu/gchelp/liquids/bromine.gif>

### QUESTÃO 23

Dê um título para a imagem apresentada a seguir e indique legendas e comentários para as numerações apresentadas.



**Fonte:** <https://www.epa.gov/>

# CAPÍTULO 3



## Olimpíada Brasileira de Química Júnior 2021

### 3.2 Exame Fase II

#### GABARITO E EXPECTATIVA DE RESPOSTAS

##### QUESTÕES OBJETIVAS

01	02	03		04	05	06		07	08		09	10
A	A	V	F	A	A	V	F	A	V	F	A	A
		V	F			V	F		V	F		
		V	F			V	F		V	F		
		V	F			V	F		V	F		
		V	F			V	F		V	F		

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
V	F	A	A	A	A	A	A	A	A
V	F								
V	F								
V	F								

##### QUESTÕES ANALÍTICO-EXPOSITIVAS

#### QUESTÃO 21

Discuta sobre as diferenças existentes entre os valores dos pontos de fusão do cloreto de sódio,  $\text{NaCl}$ ,  $801^\circ\text{C}$ , e da sacarose,  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ ,  $186^\circ\text{C}$ .

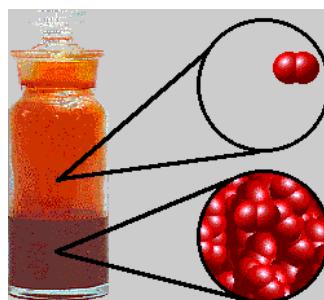
O cloreto de sódio e a sacarose são duas substâncias que possuem características diferentes. Em razão dos tipos de ligações químicas existentes entre os átomos de seus elementos, o cloreto de sódio é um composto iônico e a sacarose é uma substância molecular.

O cloreto de sódio é um sal inorgânico constituída por arranjos de íons, cátions sódio ( $\text{Na}^+$ ) e ânion cloreto ( $\text{Cl}^-$ ), que produzem aglomerados com formas geométricas definidas, conhecidos como retículos cristalinos. Esses arranjos iônicos são consequência das forças de atração eletrostática, também conhecidas com ligações eletrovalentes, onde cada ânion atrai simultaneamente vários cátions e cada cátion também atrai simultânea e vários ânions, por terem cargas contrárias. Essas interações contribuem para que o cloreto de sódio possua um ponto de fusão elevado.

A sacarose é uma substância orgânica constituída por ligações covalentes. Esse açúcar possui ponto de fusão bem menor que o NaCl porque ele é uma substância orgânica. Portanto, as forças entre as suas moléculas (intermoleculares) são mais fracas. As forças intermoleculares no NaCl mantêm os seus átomos mais unidos, em comparação às interações entre as moléculas de sacarose. Desse modo, maior quantidade de energia é preciso fornecer ao meio para que essas interações sejam rompidas e ocorra mudança de estado físico, consequentemente, o resultado é um ponto de fusão mais elevado.

## QUESTÃO 22

Proponha uma explicação para a situação observada no sistema ilustrado abaixo, um frasco contendo bromo. Utilize em seus argumentos conceitos associados às temáticas: substância, ligação química, mudança de estado físico, fenômenos físicos e químicos.



**Fonte:** <https://www.chem.purdue.edu/gchelp/liquids/bromine.gif>

A imagem exibe um recipiente contendo bromo ( $\text{Br}_2$ ), que é líquido marrom-avermelhado à temperatura e pressão ambientes. Considerando as ilustrações estática e dinâmicas, não há reação química, mas um fenômeno físico. Verifica-se que no sistema apresentado essa substância está em dois estados físicos da matéria: líquido (fundo) e gasoso (vapor, acima do nível do líquido).

A molécula do Br<sub>2</sub> é uma molécula diatômica, formada por átomos do mesmo elemento químico, que interagem por meio de uma ligação covalente. As forças intermoleculares que atuam entre as moléculas de Br<sub>2</sub> são significativamente altas para que a substância seja líquida, à temperatura e pressão ambientais, mas não tão intensas. Por isso, ela se vaporiza rapidamente nessa temperatura.

## QUESTÃO 23

### Título: O caminho da chuva ácida em nosso meio ambiente

A figura ilustra um caminho, um movimento, relacionado à chuva ácida.

A água da chuva naturalmente tem um pH um pouco ácido (cerca de 5,6) por causa da dissolução do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) em água. Também chamada de deposição ácida, a chuva ácida tem um pH mais baixo (geralmente entre 4,2 e 4,4). Chuva ácida é um termo que inclui qualquer forma de precipitação com componentes ácidos, como ácido sulfúrico ou ácido nítrico, ao precipitarem da atmosfera na forma úmida ou seca.

- 1 - O pH da chuva ácida se deve principalmente a reações envolvendo óxidos de nitrogênio e de enxofre. Apesar de uma pequena porção do SO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub> que causam a chuva ácida seja de fontes naturais, como os vulcões, a maior parte das emissões de gases poluentes na atmosfera provém da queima de combustíveis fósseis. Eles são utilizados, por exemplo, em geradores de energia elétrica, veículos e indústrias.
- 2 - Esses poluentes gasosos são transformados em espécies químicas ácidas. O SO<sub>2</sub> e o NO<sub>x</sub> reagem com água, oxigênio e outras espécies químicas para formar o ácido sulfúrico e o ácido nítrico. Essas substâncias podem ser transportadas pelas correntes de ar, inclusive por longas distâncias. Com isso, a chuva ácida pode se tornar um problema para todos e não apenas para aqueles que vivem perto das fontes emissoras.
- 3 - As partículas de ácido caem na terra como deposição úmida e seca, por exemplo: chuva, neve, nevoeiro, granizo ou até mesmo poeira ácida.
- 4 - Os impactos ambientais causados pela chuva ácida podem ser diversos e significativos. As deposições ácidas podem causar efeitos prejudiciais no solo, nas florestas, nos riachos e nos lagos. A contaminação do solo pode também afetar os cursos d'água, como os lagos, os rios e as reservas aquosas subterrâneas. O aumento de acidez dos corpos d'água pode prejudicar o desenvolvimento da vida aquática. As plantas também são prejudicadas quando há excesso de acidez. Seja por acidez do solo ou contato direto com a água mais acidificada, os vegetais podem ter desenvolvimento prejudicado e terem superfícies de folhas e troncos afetados.

# CAPÍTULO 3



## XIV Olimpíada Brasileira de Química Júnior - Fase II

### 3.3 Resultados

#### O U R O

Nome	Escola	UF	Cidade	Escore
Letícia Muniz Moreira	Objetivo	SP	Santos	100
Gabriel Paz Sampaio Aguiar	Colégio Militar	CE	Fortaleza	97,7
Ana Luiza Aquino B. de Oliveira	Colégio Christus	CE	Fortaleza	94,9
Gledson José dos Santos Júnior	IDB - Madre Maria Villac	PI	Teresina	94,3
Estela Baron Nakamura	Col Podion	DF	Brasília	92,6
Ester Passos Reis dos Santos	IDB - Madre Maria Villac	PI	Teresina	92,6
Laura Cosmo Pinheiro	Dáulia Bringel	CE	Fortaleza	92,0

#### P R A T A

João Yerú D'avila Albuquerque	Santa Cecília	CE	Fortaleza	91,4
Mariana Lima M. Albuquerque	Farias Brito	CE	Fortaleza	91,4
Daniel Oliveira Santos	CEF Vitorino	CE	Crato	90,9
Maria Antonia Soares Silva	Casucha	PR	Sto Ant. Platina	90,9
Anna Julia Andrino Schneider	CE Piaget	MT	Lucas Rio Verde	90,3
Miguel Mascarenhas	São Rafael	BA	Salvador	90,3
Marta da Silva Leite de Carvalho	EM Nsa Sra Perpétuo Socorro	PI	Teresina	89,2
Ana Julia Leandro Tavares	E E Ten Cel Cândido Mariano	AM	Manaus	88,6
Guilherme Garcia Reis	Parque Ecológico Inst. Educ.	SP	Indaiatuba	88,6
Lucas de Oliveira Andrade	Inst. Maria Augusta Machado	MG	Lagoa da Prata	88,0
Sara Teixeira Ribeiro	Escola Educação Criativa	MG	Ipatinga	87,5
Iany Maria Nascimento Linhares	Farias Brito Sobralense	CE	Sobral	86,3
Arthur Sousa de Oliveira	Objetivo Diferencial	PI	Teresina	85,8
Lucas Batista Mesquita	Colégio Militar	DF	Brasília	85,8
Maria Giulia Maranhão I. de Paula	Christus	CE	Fortaleza	85,8
Sofia Chapermann Araújo	Colégio do Salvador	SE	Aracaju	85,8
Jose Miguel Santana Dominguez	Etapa	SP	São Paulo	85,2

Letícia Felicio Saldanha	Colégio Militar	CE	Fortaleza	85,2
Maria Luisa Bernal Rupp	Centro Educ. Integração	ES	Mal. Floriano	85,2
Pedro Caua Mota Sales	Farias Brito	CE	Fortaleza	85,2
Ana Bárbara de Souza Costa	Colégio de Santa Águeda	RN	Ceará-Mirim	84,6
Augusto César Amaral de Moraes	Escola Chave do Saber	MT	Cuiabá	84,6
Fernando Henrique Melo Garcia	Farias Brito	CE	Fortaleza	84,6
Pedro Medeiros Guimarães	Objetivo Cantareira	SP	São Paulo	84,6
Livia Maria Barbosa de Aragão	Ari de Sá Cavalcante	CE	Fortaleza	84,1
Pedro Paulo Denizart dos Santos	Teleyos	CE	Fortaleza	84,1
Alexandre Andrade de Almeida	Objetivo Teodoro	SP	São Paulo	83,5
Clara Beatriz Albuquerque Collyer	Christus	CE	Fortaleza	83,5
Kim Mota Pedroso Colégio	Christus	CE	Fortaleza	83,5
João Kim Furlan	Dante Alighieri	SP	São Paulo	82,9
Mariana Oliveira de Moura	Santa Maria	PE	Recife	82,9
Haroldo Riann Silva Lacerda	Nsa Sra de Fátima	CE	Juazeiro do Norte	82,4
Lucas Assunção Canto	Centro de Ensino Tec. Ideal	PA	Belém	82,4
Lucas Galas Justo	Nossa Sra das Graças	PI	Parnaíba	82,4
Pedro Emidio Goersch Aguiar	Farias Brito	CE	Fortaleza	82,4
Ana Beatriz Oliveira F. da Rocha	Contemporâneo Cidade Verde	RN	Parnamirim	81,2
Gabriela Pimenta Souza Melo	São Paulo da Cruz	MG	Belo Horizonte	81,2
Guilherme Santiago de Lima	Teleyos	CE	Fortaleza	81,2
Maria Luísa Dalla Rosa	Poliedro	SP	Campinas	81,2
Mariana Benites de A. Mena	E E Ten Cel Cândido Mariano	AM	Manaus	81,2
Isis Matos Andrade	Farias Brito	CE	Fortaleza	80,7
Gabriel Amorim Santiago	Colégio Militar	CE	Fortaleza	80,1
João Vitor da Silva Rodrigues	EE Irmao Afonso	MG	Uberaba	80,1
Lara Sofia Martins Pereira	Dáulia Bringel	CE	Fortaleza	80,1
Nicolas Yamamoto Vieira	Vital Brazil	SP	São Paulo	80,1
Paulo Victor R. Mascarenhas	Colégio Militar	DF	Brasília	80,1

#### Medalha de Bronze

Veja lista de agraciados com medalha de bronze, Menção Honrosa e Demais  
Classificados em [www.obquímica.org](http://www.obquímica.org)

# CAPÍTULO 4



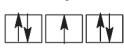
## Olimpíada Brasileira de Química 2021

### Fase III Modalidade A

#### Questões de Múltipla Escolha

##### QUESTÃO 1

Abaixo estão várias configurações que podem estar corretas para o átomo de flúor ( $Z = 9$ ). Os elétrons são representados por setas cuja direção indica o valor do número quântico spin,  $m_s$ . Os três quadrados para os orbitais p indicam os possíveis valores para o número quântico magnético,  $m_l$ .

					Configuração 1
					Configuração 2
					Configuração 3
					Configuração 4
					Configuração 5

Em relação a essas configurações eletrônicas, considere as afirmações a seguir.

- I. A configuração eletrônica 1 representa o estado fundamental para o átomo de flúor.
- II. A configuração eletrônica 2 representa um estado excitado para o átomo de flúor.
- III. A configuração eletrônica 3 representa um estado excitado para o átomo de flúor.
- IV. A configuração eletrônica 4 representa um estado proibido para o átomo de flúor.
- V. A configuração eletrônica 5 representa o estado fundamental para o átomo de flúor.

As afirmações **INCORRETAS** são:

- a) I, III e IV.      b) II e V.      c) I, III e V.      d) II e IV.      e) apenas III.

## QUESTÃO 2

Considere que a partir da reação química entre 200 g de permanganato de potássio e 200 g de ácido clorídrico, há a formação de cloreto de potássio, cloreto de manganês(II), água e cloro molecular na forma gasosa. Sabendo que cada reagente apresenta grau de pureza igual a 75%, **assinale** o valor do volume de gás cloro (**em L**), produzido a partir de uma pressão igual a 2,50 atm e T = 27°C, sabendo que o rendimento da reação é de 66%.

- a) 2,50      b) 3,65      c) 4,66      d) 6,89      e) 8,35

## QUESTÃO 3

Desde que a pandemia de coronavírus (Sars-CoV-2) começou, diversas receitas e *fake news* circulam na internet com o intuito de achar a cura para a doença. Uma das mais recentes é que o consumo de alimentos alcalinos ajudaria a aumentar o nível do pH do organismo, deixando a pessoa mais imunizada. Na mensagem, a recomendação é para consumir limão, abacate, alho e outros alimentos. Além de ser uma inverdade e não ter uma fonte segura, seguir determinadas dietas não muda o pH do organismo. De acordo com Guilherme Perini, hematologista da Sociedade Beneficente Israelita Brasileira Albert Einstein, em São Paulo, a manutenção do pH do sangue ocorre por diversos fatores: "A manutenção do pH do sangue, na verdade, depende de uma série de mecanismos fisiológicos do nosso organismo, que inclui a função renal e trocas gasosas pela respiração".

Guilherme Giorelli, nutrólogo, coordenador da pós-graduação em Nutrologia do Hospital Israelita Albert Einstein e colunista do VivaBem, ressalta que o organismo não tem somente um pH, por isso é quase impossível equilibrar e alcançar um específico: "Alimentos quase não têm capacidade de mudar o pH, é uma quantidade incompatível,..."

**Veja mais em** <https://www.uol.com.br/vivabem/noticias/redacao/2020/04/23/coronavirus-dieta-alcalina-nao-ajuda-nocombate-a-doenca-entenda.htm?cmpid=copiaecola> (Priscila Carvalho - Do VivaBem, em São Paulo\*, 23/04/2020, 11h).

Considerando-se o pH do alho igual a 6,30, **indique** o valor da concentração hidroxiliônica (**em mol L<sup>-1</sup>**) do alimento, sabendo que log 2 = 0,30.

- a) 5,0 x 10<sup>-7</sup>      b) 5,0 x 10<sup>-8</sup>      c) 2,0 x 10<sup>-7</sup>  
d) 2,0 x 10<sup>-8</sup>      e) Nenhuma das respostas anteriores

## QUESTÃO 4

A energia de Gibbs ( $\Delta G$ ) é o parâmetro termodinâmico que deve ser avaliado para se decidir sobre a espontaneidade ou não de um processo. Considerando as equações químicas (I a III, **não balanceadas**) e os dados apresentados no quadro a seguir, **analice** as afirmações seguintes.

- I. Oxidação do ferro metálico:  $\text{Fe(s)} + \text{O}_2\text{(g)} \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3\text{(s)}$   
II. Oxidação do dióxido de enxofre:  $\text{SO}_2\text{(g)} + \text{O}_2\text{(g)} \rightarrow \text{SO}_3\text{(g)}$

**III.** Decomposição de uma solução de nitrato de amônio:  $\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{aq}) \rightarrow \text{N}_2\text{O}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$

Substância	$\Delta fH^\circ \text{ (kJ mol}^{-1}\text{)}$	$S^\circ \text{ (J mol}^{-1}\text{ K}^{-1}\text{)}$
$\text{H}_2\text{O}(\text{g})$	- 241,8	188,8
$\text{N}_2\text{O}(\text{g})$	81,6	220,0
$\text{SO}_3(\text{g})$	- 395,7	256,8
$\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s})$	- 824,2	87,4
$\text{Fe}(\text{s})$	0	27,3
$\text{O}_2(\text{g})$	0	205,2
$\text{SO}_2(\text{g})$	- 296,8	248,2
$\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{aq})$	- 339,9	259,8

- I. A decomposição do  $\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{aq})$  é espontânea em qualquer faixa de temperatura.
- II. A oxidação do ferro é espontânea em temperaturas inferiores a 2.997 K.
- III. A oxidação do dióxido de enxofre não é espontânea em temperaturas inferiores a 1.052 K.
- IV. Duas reações ocorrem de forma espontânea em qualquer faixa de temperatura.

As afirmações verdadeiras são:

- a) I e III.      b) II e IV.      c) I e II.      d) III e IV.      e) nenhuma das afirmações.

## QUESTÃO 5

O peróxido de hidrogénio, conhecido como água oxigenada ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), é um antisséptico e desinfetante de uso local, podendo ser usado na limpeza de feridas. Também é muito empregada como agente branqueador para tecidos e cabelos. No mercado, tem sua concentração comumente indicada em volumes, como, por exemplo, 10, 20 e 30 volumes. Para um frasco de 10 volumes de água oxigenada, pode-se afirmar que a concentração dessa solução, expressa em porcentagem (% m/m), é:

- a) 3      b) 8      c) 6      d) 10      e) 12

## QUESTÃO 6

Substâncias apresentam determinadas propriedades físico-químicas, que são diferentes quando estão misturadas com outras, formando, por exemplo, soluções. Em soluções, essas propriedades são chamadas de COLIGATIVAS. Nas situações abaixo, as propriedades coligativas **NÃO** são observadas na seguinte situação:

- a) Liberação de energia quando ácido sulfúrico e água são misturados a 1 atm e 25°C.
- b) Adição de etilenoglicol aos radiadores automotivos para evitar o congelamento da água de refrigeração, em regiões muito frias.

- c) Uso de membranas para purificação de água salobra em potável.
- d) Adição de composto iônico em um solvente polar, para aumentar a temperatura de ebulição do sistema.
- e) Uso de sal de cozinha para "derreter" gelo.

## QUESTÃO 7

Titulações envolvendo reações de oxirredução são muito comuns em química analítica, sendo que entre os exemplos clássicos estão as titulações iodométricas (par redox  $I_2/I^-$  - devido à baixa solubilidade do iodo, costuma-se manter também em solução uma certa quantidade de iodeto).

Considere o procedimento abaixo envolvendo a determinação de ácido ascórbico.

### Padronização do titulante:

- padronizou-se a solução de iodo pela titulação de 50,00 mL de solução 0,0513 mol L<sup>-1</sup> de tiosulfato de sódio (par redox  $S_2O_3^{2-}/S_4O_6^{2-}$ ), sendo o volume gasto de iodo igual a 39,00 mL.

### Titulação:

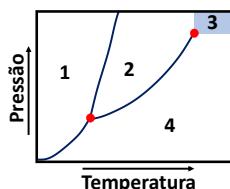
- mediu-se a massa de um comprimido de ácido ascórbico (massa = 1,070 g).
- solubilizou-se o comprimido e transferiu-se o conteúdo para um balão volumétrico de 250,00 mL, sendo o menisco ajustado;
- uma alíquota de 50,00 mL da solução foi transferida para um Erlenmeyer, adicionada de indicador e a titulação realizada, sendo 27,20mL de titulante gastos até o ponto final da titulação.
- Equação (não balanceada) que representa a reação da titulação:  $C_6H_8O_6(aq) + I_2(aq) \rightarrow C_6H_6O_6(aq) + HI(aq)$

Com base nos dados fornecidos, **indique** a fração mássica percentual de ácido ascórbico na referida amostra de medicamento.

- a) 73,6                  b) 66,5                  c) 14,6                  d) 80,2                  e) 50,7

## QUESTÃO 8

Diagramas de fase são muito úteis para representar o comportamento de uma substância em função da temperatura e pressão. Na figura abaixo, é apresentado um diagrama de fases de uma substância hipotética.



Analizando-se esta figura, algumas afirmações são feitas:

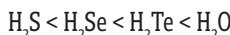
- I -** Os números apresentados na figura representam regiões em que está presente: 1 = líquido; 2 = sólido; 3 = gás; 4 = um fluido super crítico;
  - II-** Nas regiões demarcadas com pontos em vermelho, até três fases podem estar presentes;
  - III -** Em pressão constante (independentemente do valor desta), ao aquecer o composto haverá processos de fusão e vaporização.

Está **correto** o que se afirma em:

- a) II, somente.      b) I e III, somente.      c) I e II, somente.  
d) II e III, somente.      e) I, somente.

## QUESTÃO 9

Quando os hidretos formados por alguns elementos do grupo 16 são dispostos em ordem crescente de temperatura de ebulição é obtida a seguinte sequência:



Avalie as afirmações abaixo sobre esse comportamento:

- I** - Esse comportamento é completamente justificado, pois a eletronegatividade dos elementos aumenta na mesma sequência ( $S < Se < Te < O$ ).
  - II** - Para a água, há de se considerar a formação de ligações de hidrogênio clássicas, justificando-se a maior temperatura de ebulição entre as substâncias listadas.
  - III** - O aumento na temperatura de ebulição é justificado devido ao aumento da força das ligações de hidrogênio.
  - IV** - De  $H_2S$  até  $H_2Te$ , o aumento na temperatura de ebulição é justificado devido ao aumento na polarizabilidade das moléculas que formam as respectivas substâncias.

Está correto o que se afirma em:

- a) II e IV, somente.      b) I, II, somente.      c) I, II e IV, somente.  
d) III e IV, somente.      e) I e III, somente.

## QUESTÃO 10

Calcule o número de partículas dispersas numa solução contendo 1 mol de sulfato de alumínio, suposto 66% dissociado.

- a)  $2,19 \times 10^{24}$       b)  $3,19 \times 10^{24}$       c)  $4,19 \times 10^{21}$   
d)  $5,19 \times 10^{22}$       e)  $5,19 \times 10^{23}$

## QUESTÃO 11

Volumes iguais de iodeto de potássio  $1,0 \text{ mol L}^{-1}$  e nitrato de prata  $0,70 \text{ mol L}^{-1}$  são misturados.

**Assinale** a opção que indica as espécies que estão presentes (ions, compostos etc., excluindo a água) e suas respectivas concentrações após a mistura.

- a)  $\text{AgI(s)}$ ;  $0,35 \text{ mol L}^{-1}$  de  $\text{NO}_3^-$ ;  $0,5 \text{ mol L}^{-1}$  de  $\text{K}^+$ ;  $0,15 \text{ mol L}^{-1}$  de  $\text{I}^-$
- b)  $\text{AgI(s)}$ ;  $0,50 \text{ mol L}^{-1}$  de  $\text{NO}_3^-$ ;  $0,25 \text{ mol L}^{-1}$  de  $\text{K}^+$ ;  $0,15 \text{ mol L}^{-1}$  de  $\text{I}^-$
- c)  $\text{AgI(s)}$ ;  $0,35 \text{ mol L}^{-1}$  de  $\text{NO}_3^-$ ;  $0,25 \text{ mol L}^{-1}$  de  $\text{K}^+$ ;  $0,50 \text{ mol L}^{-1}$  de  $\text{I}^-$
- d)  $\text{AgI(aq)}$ ;  $0,15 \text{ mol L}^{-1}$  de  $\text{NO}_3^-$ ;  $0,50 \text{ mol L}^{-1}$  de  $\text{K}^+$ ;  $0,15 \text{ mol L}^{-1}$  de  $\text{I}^-$
- e)  $\text{AgI(s)}$ ;  $0,70 \text{ mol L}^{-1}$  de  $\text{NO}_3^-$ ;  $1,0 \text{ mol L}^{-1}$  de  $\text{K}^+$ ;  $0,30 \text{ mol L}^{-1}$  de  $\text{I}^-$

## QUESTÃO 12

A forma e estrutura das moléculas são importantes para os tipos de interações que elas podem estabelecer enquanto substância (no estado sólido ou líquido) ou ao formar uma solução.

**Indique** qual das afirmações abaixo é **INCORRETA**.

- a) O íon  $\text{BrOF}_4^-$  possui geometria piramidal quadrada e arranjo octaédrico.
- b) A molécula  $\text{XeO}_2\text{F}_4$  possui geometria octaédrica e arranjo octaédrico.
- c) A molécula  $\text{XeO}_2$  possui geometria linear.
- d) O íon  $\text{IF}_2^-$  possui geometria linear e arranjo bipirâmide trigonal.
- e) A molécula  $\text{PF}_3\text{O}$  possui geometria tetraédrica.

## QUESTÃO 13

Em 1738, o suíço físico-matemático Daniel Bernoulli, publicou o livro *Hydrodynamica*, que foi a base para a teoria cinética dos gases, usada até hoje.

Assim, de acordo com a teoria cinética dos gases, **NÃO** é correto afirmar que:

- a) as partículas apresentam um alto grau de coesão, estando muito unidas e, por causa disso, têm baixa velocidade.
- b) a energia cinética média é proporcional à temperatura de Kelvin.
- c) por apresentarem movimento livre dentro do recipiente que as contém, as partículas ocupam todo o espaço disponível.
- d) as partículas apresentam movimentação e isso proporciona um choque entre si e contra as paredes do recipiente, onde estão contidas.
- e) o movimento das partículas dentro do recipiente é totalmente caótico, sem nenhuma organização ou ordem.

## QUESTÃO 14

Considerando seus conhecimentos sobre a Tabela Periódica dos elementos químicos, analise as afirmações a seguir.

- I - A Tabela Periódica, atualmente, é sistematizada em ordem crescente de massa atômica. Assim, a única exceção ocorre entre o Telúrio e o Iodo, devido à contração lantanídica.
- II - Todos os elementos que possuem um elétron em seu nível de valência pertencem ao Grupo dos Metais Alcalinos Terrosos.
- III - A proposta final da Tabela Periódica foi apresentada por D. Mendeleev, no final do século XIX.
- IV - As famílias ou grupos da Tabela Periódica estão organizados de acordo com suas propriedades físicas.

Em relação a essas afirmações, é adequado afirmar que:

a) todas estão incorretas.

b) I, II e III estão corretas. c) I e IV estão corretas.

c) II, III e IV estão corretas. d) II e III estão corretas.

## QUESTÃO 15

Duas soluções aquosas de nitrato de potássio foram preparadas conforme indicado no quadro abaixo.

Solução	Massa de nitrato de potássio	Volume de Solução
I	28 g	1,0 L
II	133 g	1,0 L

Com base nesses dados, é INCORRETO afirmar que:

- a) ambas as soluções têm temperatura de ebulição menores do que a da água.
- b) a temperatura de solidificação de ambas as soluções é mais baixa do que a da água.
- c) a solução I tem pressão de vapor maior do que a II, na mesma temperatura.
- d) a temperatura de ebulição da solução I é menor do que a da solução II.
- e) a temperatura de congelamento da solução II é mais baixa do que da solução I.

## QUESTÃO 16

Uma amostra de 10,0 g de uma substância reconhecida por ser usada na fabricação de um tipo

especial de célula solar é totalmente queimada, produzindo 28,7 g de CO<sub>2</sub> e 9,13 g de H<sub>2</sub>O. **Indique** qual é a fórmula empírica da molécula que constitui essa substância.

- a) C<sub>9</sub>H<sub>14</sub>O      b) C<sub>9</sub>H<sub>13</sub>O      c) C<sub>9</sub>H<sub>12</sub>O      d) C<sub>8</sub>H<sub>14</sub>O      e) C<sub>8</sub>H<sub>12</sub>O

### QUESTÃO 17

Métodos titulométricos são amplamente utilizados em laboratório. Dentre esses, se destacam os métodos de titulação envolvendo reações ácido-base. Considerando-se que uma amostra aquosa contendo um ácido triprótico (H<sub>3</sub>A) foi diluída de 10 vezes, que uma alíquota de 20,00 mL dessa solução diluída foi titulada com NaOH, 1000 mol L<sup>-1</sup> e que o volume de titulante consumido foi de 35,00mL, **indique** a concentração em quantidade de substância (mol L<sup>-1</sup>) do ácido na amostra.

**Dados:**

- 1) H<sub>3</sub>A ( $K_{a_1} = 7,11 \times 10^{-3}$ ;  $K_{a_2} = 6,32 \times 10^{-8}$  e  $K_{a_3} = 4,47 \times 10^{-13}$ )
  - 2) Considere que o ponto estequiométrico foi determinado com o uso de um indicador visual com viragem em pH = 9,1.
- a) 0,875      b) 0,437      c) 1,31      d) 0,0437      e) 0,131

### QUESTÃO 18

Considerando o modelo atual para o átomo, analise as afirmações abaixo:

- i. O spin de um elétron depende do nível de energia (nível eletrônico) em que se encontra.
- ii. Os números quânticos são utilizados para “localizar” os elétrons em um átomo.
- iii. Um átomo, teoricamente, apresenta infinitos níveis e subníveis de energia.
- iv. Orbital é a região de maior probabilidade para se localizar um elétron.

Após a análise das afirmações, **assinala** a alternativa **correta**:

- a) somente ii, iii e iv estão corretas.  
b) somente ii e iii estão corretas.      c) todas as afirmativas estão corretas.  
d) somente i, ii e iii estão corretas.      e) somente i e iv estão corretas.

### QUESTÃO 19

A identificação da composição de uma amostra é uma atividade comum na química e pode ser conduzida com a realização de alguns testes baseados em propriedades físico-químicas das es-

pécies. Nestes, é comum que sejam realizados experimentos diferentes e que permitam determinar de forma separada cátions e ânions. Imagine então que em uma bancada do laboratório, foram encontrados três frascos de reagentes (A, B e C). Sabe-se que se trata de reagentes puros, porém, não há presença do rótulo de identificação nos mesmos.

Na tentativa de identificá-los, um analista realizou alguns testes (i a iii) e obteve os seguintes resultados:

- i) Adição de água → apenas 'A' é insolúvel;
- ii) Medida de pH da solução (ou suspensão) resultante → solução (ou suspensão) 'A' apresenta pH entre 7 e 11, 'B' pH > 9 e 'C' pH < 7;
- iii) Ajuste de pH das soluções (ou suspensões) até valores maiores que 11 → presença de odor característico apenas em 'C';

Com base nestas informações e nas alternativas abaixo, é possível afirmar que os frascos 'A', 'B' e 'C' continham, respectivamente:

- |  |  |
|--|--|
| a) BaCO <sub>3</sub> , CaO e NH <sub>4</sub> Cl                            | b) CaCO <sub>3</sub> , NH <sub>4</sub> OH e H <sub>2</sub> S |
| c) AgCl, KOH e NH <sub>4</sub> Cl  | d) AgNO <sub>3</sub> , KOH e HCl                             |
| e) Ag <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , NH <sub>4</sub> Cl e H <sub>2</sub> S |  |

## QUESTÃO 20

A equação de Arrhenius utilizada na cinética química, permite calcular a variação da constante de velocidade de uma reação química com a temperatura, bem como determinar a energia de ativação da reação. Matematicamente, a equação de Arrhenius é dada por:

$$k = Ae^{-\frac{E_a}{RT}}$$

em que  $k$  é a constante de velocidade da reação,  $A$  é a constante de Arrhenius (pré-exponencial),  $E_a$  é a energia de ativação,  $R$  é a constante dos gases e  $T$  é a temperatura.

Considere que a constante de velocidade de uma reação de primeira ordem é  $3,68 \times 10^{-2} \text{ s}^{-1}$  a  $150^\circ\text{C}$ , e a energia de ativação é  $71 \text{ kJ mol}^{-1}$ . Qual é o valor da constante de velocidade (em  $\text{s}^{-1}$ ) a  $170^\circ\text{C}$ ?

- |                         |                         |         |
|-------------------------|-------------------------|---------|
| a) $9,2 \times 10^{-2}$ | b) $3,7 \times 10^{-2}$ | c) 2,49 |
| d) $4,0 \times 10^{-2}$ | e) $3,7 \times 10^{-1}$ |         |

## QUESTÃO 21

A existência de elementos mais pesados do que o ferro envolve o rápido processo de captura de

nêutrons (processo r), teoria aceita para validar a formação de metais mais pesados que o ferro nos planetas. A captura de nêutrons de alta velocidade resulta em um núcleo instável que decai rapidamente. Em cada etapa de decaimento, um nêutron se converte em um próton. Qual elemento formado pela reação de nucleossíntese a partir da absorção de 6 nêutrons por um núcleo de ferro-56 e o subsequente decaimento a 6 prótons?

- a)  $\frac{56}{26}Fe$       b)  $\frac{26}{62}Fe$       c)  $\frac{62}{26}Ge$       d)  $\frac{62}{32}Ge$       e)  $\frac{32}{62}Ge$

### QUESTÃO 22

Durante as Olimpíadas de Tóquio 2020, um atleta foi retirado da competição sob suspeita de doping, ao utilizar uma substância proibida, a Osterina, que é um modulador hormonal. Sua fórmula molecular é  $C_{19}H_{14}F_3N_3O_3$ , e ela é vendida numa dosagem de 25 mg por comprimido. Para a Osterina, o doping é observado na urina e pode ser detectado quando a concentração é, no mínimo, de 100 ng/100mL. Considerando essas informações escolha a alternativa que indica a razão entre a quantidade de substância que é ingerida por comprimido ( $n_i$ ) e a quantidade mínima para detecção em 100 mL de urina ( $n_d$ ).

- a)  $n_i/n_d = 2,5 \times 10^5$ ;      b)  $n_i/n_d = 4,5 \times 10^6$ ;      c)  $n_i/n_d = 1,5 \times 10^6$ ;  
d)  $n_i/n_d = 8,5 \times 10^3$ ;      e)  $n_i/n_d = 5,5 \times 10^6$ ;

### QUESTÃO 23

Um dos grandes problemas da agricultura moderna é o uso de pesticidas organoclorados. Ao serem usados nas plantações, eles são levados, por chuvas, a rios e lagos, podendo ser absorvidos por peixes e armazenados acumuladamente em seus tecidos gordurosos. Esse armazenamento é devido, principalmente, a:

- a) elevada hidrofobia.  
b) elevada polaridade.      c) baixa massa molar.  
d) formação de ligações de hidrogênio.      e) presença de cloro ativo.

### QUESTÃO 24

O aumento do consumo de combustíveis fósseis e consequente emissão de dióxido de carbono e dióxido de enxofre como subprodutos nocivos ao Ambiente é um dos grandes problemas modernos. Esses óxidos têm fórmulas moleculares similares, são gasosos a temperatura ambiente e formam soluções levemente ácidas em meio aquoso. Em relação a esses óxidos, considere as afirmações abaixo:

- I. ambos são polares, solúveis em água e apresentam geometria linear.  
II. ambos são não polares e reagem com a água por apresentarem uma geometria angular.

- III.** O primeiro é não polar e possui geometria linear; o segundo é polar, com geometria triangular plana.
- IV.** O dióxido de carbono reage com a água, formando uma solução de ácido carbônico que, por sua vez, pode se dissociar.
- V.** O dióxido de enxofre reage com a água, formando uma solução de ácido sulfúrico que, por sua vez, pode se dissociar.
- VI.** O dióxido de enxofre é polar e tem geometria angular; o dióxido de carbono é não polar e tem geometria linear.

As afirmações **corretas** são:

- a) IV e VI.
- b) todas.
- c) I, III e VI.
- d) IV, V e VI.
- e) nenhuma.

## QUESTÃO 25

É muito comum encontrar indicações em bulas de remédios para que os mesmos sejam armazenados fechados e um lugar fresco. Ou a indicação de guardar alimentos em geladeira ou lugares frescos. Isso, em parte, deve-se ao fato de que podem ocorrer alterações significativas neles, como, por exemplo:

- I.** evaporação de líquidos
- II.** decomposição devido ao contato com oxigênio e calor
- III.** apodrecimento

Dessas alterações, são fenômenos químicos:

- a) II e III, somente.
- b) I, II e III.
- c) I, somente.
- d) I e II, somente.
- e) I e III, somente.

## QUESTÃO 26

O sal de cozinha, em nosso país, é quase todo obtido a partir das salinas. Ao se evaporar água do mar, existe, como efeito colateral, a formação de uma solução rica em brometo, que é nocivo à saúde. Assim, é importante que ele seja removido. Para isso, a solução rica em brometo é borbulhada com uma corrente de gás cloro e assim se obtém vapores de bromo, que pode ser destinado a outros usos. Em relação a esse processo de conversão de brometo em bromo, **assinale a afirmação correta**.

- a) O cloro é reduzido e o bromo é oxidado.
- b) Ocorre uma reação de desproporcionamento envolvendo o cloro.

- c) Ocorre uma reação de coproporcionamento envolvendo o bromo.
- d) O bromo é reduzido e o cloro é oxidado.
- e) Não ocorre uma reação redox, uma vez que elementos do grupo 17 estão envolvidos.

## QUESTÃO 27

No tratamento de água, para torná-la potável para consumo, estão envolvidas diversas etapas e várias reações químicas. Como exemplo, temos reações que produzem um material gelatinoso, que é utilizado para retirar materiais em suspensão. Tanto o sulfato de alumínio como o cloreto férreo podem ser utilizados para essa tarefa, sendo esses sais escolhidos pelo seguinte motivo:

- a) os íons  $\text{Al}^{3+}$  e  $\text{Fe}^{3+}$  são hidrolisados e formam seus respectivos hidróxidos. Esses se aderem aos poluentes, promovendo a floculação.
- b) os íons  $\text{SO}_4^{2-}$  e  $\text{Cl}^-$  são hidrolisados e formam ácidos fortes, capazes de oxidar toda matéria orgânica em suspensão.
- c) por serem sais de bases fracas, eles reagem com os poluentes ácidos, precipitando-os como sais insolúveis.
- d) ambos os sais são solúveis em água, formando soluções básicas. A alcalinidade resultante altera o pH da água em tratamento, promovendo a floculação de todos os poluentes, que podem ser filtrados.
- e) a formação de um complexo insolúvel dos cátions com os poluentes mais comuns, causa a precipitação ou decantação dos mesmos.

## QUESTÃO 28

Com um foco no Ambiente, o uso de combustíveis menos poluentes tem sido cada vez mais incentivado. Por exemplo, o diesel S10 é chamado assim porque contém 10 ppm de enxofre ao invés dos tradicionais S50 (com 50 ppm de enxofre). Assim, o uso desse combustível diminui o lançamento de enxofre e seus derivados na atmosfera, minimizando a poluição ambiental.

Sobre o enxofre e seus derivados, assinale a opção **incorreta**:

- a) O  $\text{SO}_3$ , formado durante a queima do diesel, é oxidado a ácido sulfúrico na atmosfera, na presença do oxigênio atmosférico.
- b) Os óxidos de enxofre formados durante a combustão, são óxidos ácidos por serem formados de ametais e são também alguns dos responsáveis pela chuva ácida.
- c) Um dos principais problemas causados pela chuva ácida é a remoção do íon cálcio insolúvel (por exemplo, presente em concreto, estátuas, recifes de corais etc.).

- d) O enxofre elementar, presente no diesel, sofre um processo de oxidação durante a queima do combustível, formando óxidos (anidridos sulfuroso e sulfúrico).
- e) A chuva ácida produz, entre outros problemas, a diminuição do pH de reservatórios de água, tais como lagos, represas, açudes etc. comprometendo a qualidade da água e a vida aquática.

### QUESTÃO 29

Sabe-se que em qualquer transição eletrônica que ocorra num átomo há variação de energia, podendo ser emitida ou absorvida. Essas transições ocorrem com valores definidos de energia (daí o nome *quanta*, ou seja, uma quantidade fixa de energia) entre os diversos níveis energéticos ( $n$ ). Assim, qual transição eletrônica em um átomo de hidrogênio está associada com a absorção de maior energia?

- a)  $n = 2 \rightarrow n = 1$
- b)  $n = 2 \rightarrow n = 3$
- c)  $n = 2 \rightarrow n = 5$
- d)  $n = 3 \rightarrow n = 2$
- e)  $n = 4 \rightarrow n = 5$

### QUESTÃO 30

Em meados do século XIX, um incidente ocorreu na Igreja de Zeitz, na Alemanha. Durante um culto dominical, num inverno muito rigoroso, o órgão (aparelho musical, feito de tubos de estanho), emitiu ruídos estranhos e começou a se desfazer aos olhos dos presentes. Os fiéis, na igreja, correram com medo, achando que era o fim do mundo ou alguma ação maligna. Anos depois, descobriu-se que, na verdade, a baixa temperatura causa uma mudança do estanho beta (metal íntegro) em estanho alfa (pó amorfo). Essa mudança estrutural do estanho pode ser definida como:

- a) alotropia.
- b) isotopia.
- c) radioatividade.
- d) criogenia.
- e) isomeria.

### QUESTÃO 31

Considere o valor da constante do produto de solubilidade para três carbonatos:  $\text{ZnCO}_3$  ( $K_{\text{ps}} = 1,5 \times 10^{-10}$ ),  $\text{CoCO}_3$  ( $K_{\text{ps}} = 1,0 \times 10^{-10}$ ) e  $\text{MnCO}_3$  ( $K_{\text{ps}} = 2,2 \times 10^{-11}$ ). Em relação a essas espécies, três afirmações são feitas:

- I - em uma solução saturada de cada sal,  $\text{ZnCO}_3$  é a espécie que possui maior solubilidade, considerando a concentração em quantidade de substância ( $\text{mol L}^{-1}$ ).
- II - em soluções não saturadas equimolares dos sais, a concentração mássica do ânion ( $\text{g L}^{-1}$ ) é a mesma para os três sais.

**III-** em soluções preparadas usando-se  $1,0 \times 10^{-2}$  g de sal para 1,0 L de solução, a concentração mássica ( $\text{g L}^{-1}$ ) será a mesma para os três sais.

Em relação a essas afirmações é **correto** o que se afirma em:

- a) I e II, somente.      b) I, II e III.      c) III, somente.  
d) I e III, somente.      e) II, somente.

### QUESTÃO 32

A presença de cloreto em solução aquosa pode ser determinada pela acidificação e adição de íons  $\text{Ag}^+$ , com a consequente formação de um precipitado de coloração branca. Se ao sólido formado for adicionada solução aquosa de amônia, o precipitado pode ser solubilizado, sendo esta observação explicada pela formação de um íon complexo.

Sabendo disso, indique entre as opções abaixo qual espécie corresponde ao íon complexo formado.

- a)  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$       b)  $[\text{AgNH}_4]^+$       c)  $[\text{AgNH}_3]$   
d)  $[\text{AgClNH}_3]^+$       e)  $[\text{Ag}^*\text{Cl}]^-$

### QUESTÃO 33

A configuração eletrônica permite prever não só a posição de um elemento na tabela periódica como seu comportamento, por exemplo, quando na formação de compostos. Assim, considere as três distribuições eletrônicas (1 a 3) a seguir e as afirmações (I a III).

- 1)  $1s^1$   
2)  $1s^2 \ 2s^2 \quad 2p^6 \quad 3s^1$   
3)  $1s^2 \ 2s^2 \quad 2p^6 \quad 3s^2 \quad 3p^6 \quad 3d^{10} \quad 4s^2 \quad 4p^6$

- I.** O elemento “1” não pode formar compostos moleculares; o elemento “2” tende a ceder um elétron em ligações iônicas; e o elemento “3” é encontrado na natureza na forma moléculas diatômicas.
- II.** O elemento “1” é um gás nobre; o elemento “2” pode formar cátion com estado de oxidação +3 e o elemento “3” possui o nível de valência completo.
- III.** O elemento “1” é o hidrogênio; o elemento “2” pode formar cátion com estado de oxidação +1 e o elemento “3” é um gás nobre.

Considerando as afirmações apresentadas, está correto o que se afirma em:

- a) III, somente.      b) I e II, somente.      c) II e III, somente.  
d) I e II, somente.      e) I e III, somente.

## QUESTÃO 34

Dentre as estratégias utilizadas pelo corpo humano para manutenção do pH do sangue há um sistema tampão e também a respiração (eliminação de CO<sub>2</sub> no ar exalado).

Com relação ao pH do sangue, avalie as seguintes afirmações:

- I. desvios negativos de pH podem ser compensados pelo aumento na eliminação de  $\text{CO}_2$ .
  - II. um sistema tampão é capaz de evitar apenas o aumento do pH.
  - III. a capacidade tamponante de qualquer solução tampão é limitada, assim, excesso de ácidos ou bases no sangue podem resultar em alterações de pH fora do biologicamente aceitável.

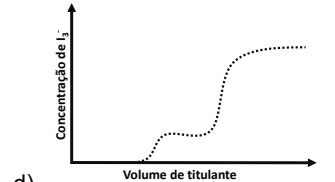
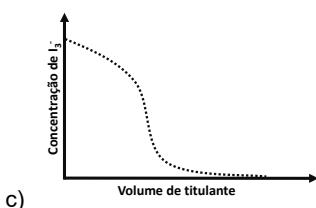
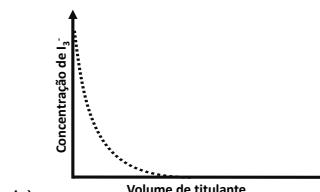
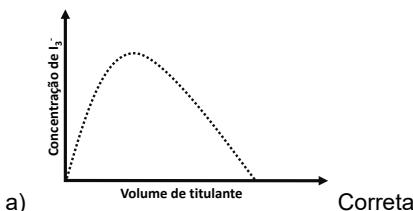
Está correto o que se afirma em:

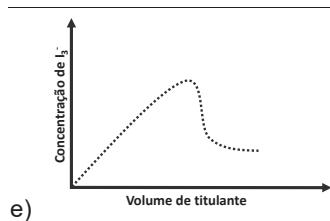
- a) I e III, somente.      b) I e II, somente.      c) II e III, somente.  
d) I, II e III.      e) I, somente

## QUESTÃO 35

A solubilidade de iodo ( $I_2$ ) em água é maior na presença de iodeto ( $I^-$ ). Isso é justificado pois, quando há a presença dessas duas espécies em água, ocorre a formação do íon triiodeto ( $I_3^-$ ).

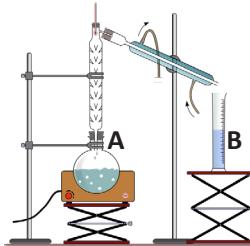
Iodo pode ser reduzido a iodeto em uma reação com tiosulfato ( $S_2O_3^{2-}/S_4O_6^{2-}$ ). Considerando-se que uma solução aquosa de iodo foi titulada com solução de tiosulfato, indique qual dos gráficos abaixo melhor representa a concentração de triiodeto ao longo da titulação (concentração de  $I_3^-$  versus volume de titulante).





### QUESTÃO 36

Considere que a montagem abaixo está sendo utilizada em um processo de produção de etanol após fermentação de uma mistura contendo açúcar.



Em relação a esse processo, avalie as seguintes afirmações:

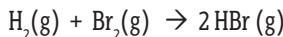
- i) a temperatura de ebulição da solução A é maior que da solução B.
- ii) a densidade da solução A é menor que a de B.
- iii) a solução A apresenta menor condutividade que a solução B.

As afirmações corretas são:

- a) apenas i.
- b) apenas i e ii.
- c) apenas ii e iii.
- d) apenas iii.
- e) nenhuma das alternativas.

### QUESTÃO 37

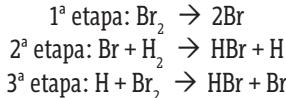
A reação entre hidrogênio e bromo leva a formação de brometo de hidrogênio. Com o propósito de compreender o mecanismo foram realizadas medidas de concentração e velocidade inicial de consumo dos reagentes nas condições padrão (298 K, 1 bar), sendo os dados representados a seguir:



Experimento	$[\text{H}_2]_0$ (mmolL $^{-1}$ )	$[\text{Br}_2]_0$ (mmolL $^{-1}$ )	$v_0 (\times 10^{-5} \text{ molL}^{-1}\text{s}^{-1})$
I	1,5	3,0	2,0

II	1,5	27,0	6,0
III	4,5	3,0	6,0
IV	3,0	2,5	3,6

Após se determinar a lei de velocidade, o mecanismo abaixo foi proposto:



De posse dessas informações, assinale a afirmação **correta**.

- a) A constante de velocidade\* é  $7,6 \times 10^{-6}$  (unidade resulta da lei de velocidade).
- b) A partir da lei de velocidade conclui-se que a terceira etapa é a etapa lenta.
- c) Todas as etapas elementares no mecanismo são bimoleculares.
- d) A equação de velocidade é expressa por  $v = k [\text{H}^2]^{1/2} \cdot [\text{Br}^2]$
- e)  $k$  encontrado a partir da equação de velocidade foi 0,242 (unidade resulta da lei de velocidade).

### QUESTÃO 38

Uma esfera metálica de densidade igual a  $7,85 \text{ g cm}^{-3}$  e insolúvel em Hg foi introduzida em um recipiente contendo mercúrio metálico (Hg), sendo que apenas parte da esfera ficou submersa. Sabendo-se que a densidade do Hg líquido é de  $13,58 \text{ g cm}^{-3}$ , **indique** qual percentual da esfera ficou submersa.

- a) 57,8
- b) 54,7
- c) 61,3
- d) 65,8
- e) 65,3

### QUESTÃO 39

De acordo com o Comitê Olímpico Internacional, nas Olimpíadas do Japão, as medalhas de ouro, prata e bronze foram feitas a partir da reciclagem de lixo eletrônico e tem as seguintes características:

Tipo	Diâmetro	Massa	Composição
Ouro	85 mm	556 g	550 g de prata, 6 g de ouro
Prata	85 mm	550 g	550 g de prata
Bronze	85 mm	450 g	latão vermelho (95% de cobre e 5% de zinco)

Dados:  $\rho_{\text{Au}} = 19,3 \text{ g cm}^{-3}$ ;  $\rho_{\text{Ag}} = 10,49 \text{ g cm}^{-3}$ ;  $\rho_{\text{Cu}} = 8,96 \text{ g cm}^{-3}$ ;  $d_{\text{Zn}} = 7,13 \text{ g cm}^{-3}$

Considerando os dados fornecidos, **indique** entre as opções abaixo a alternativa que corresponde

ao volume (em cm<sup>3</sup>) da medalha de prata e à quantidade de substância dos metais em cada uma das medalhas:

- a) volume = 52,43; n<sub>Au</sub> = 0,03; n<sub>Ag</sub> = 5,10; n<sub>Cu</sub> = 6,73; n<sub>Zn</sub> = 0,34.
- b) volume = 52,43; n<sub>Au</sub> = 0,10; n<sub>Ag</sub> = 2,10; n<sub>Cu</sub> = 2,73; n<sub>Zn</sub> = 0,14.
- c) volume = 22,43; n<sub>Au</sub> = 0,03; n<sub>Ag</sub> = 8,10; n<sub>Cu</sub> = 2,73; n<sub>Zn</sub> = 0,34.
- d) volume = 12,43; n<sub>Au</sub> = 0,08; n<sub>Ag</sub> = 5,10; n<sub>Cu</sub> = 6,73; n<sub>Zn</sub> = 0,14.
- e) volume = 22,43; n<sub>Au</sub> = 0,08; n<sub>Ag</sub> = 2,10; n<sub>Cu</sub> = 4,73; n<sub>Zn</sub> = 0,34.

### QUESTÃO 40

De uma solução que contém 0,200 mol L<sup>-1</sup> de um ácido diprótico H<sub>2</sub>A foi retirada uma alíquota de 25,00 mL, transferido para um balão volumétrico de 100,00 mL e o menisco ajustado com água destilada. Considerando-se  $K_{a1} = 2,9 \times 10^{-6}$  e  $K_{a2} = 6,7 \times 10^{-9}$ , calcule o pH da solução final.

- a) 3,42
- b) 6,24
- c) 4,83
- d) 3,24
- e) 4,38

*Das Utopias  
Se as coisas são inatingíveis... ora! Não é  
motivo para não querê-las...  
Que tristes os caminhos, se não fora a  
mágica presença das estrelas!*

*Mario Quintana, Poesia Completa*

# CAPÍTULO 4



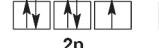
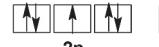
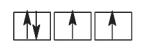
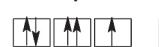
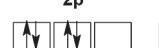
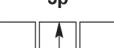
## Olimpíada Brasileira de Química 2021

### Fase III Modalidade B

#### Questões de Múltipla Escolha

##### QUESTÃO 1

Abaixo estão várias configurações que podem estar corretas para o átomo de flúor ( $Z = 9$ ). Os elétrons são representados por setas cuja direção indica o valor do número quântico spin,  $m_s$ . Os três quadrados para os orbitais p indicam os possíveis valores para o número quântico magnético,  $m_l$ .

					Configuração 1
					Configuração 2
					Configuração 3
					Configuração 4
					Configuração 5

Em relação a essas configurações eletrônicas, considere as afirmações a seguir.

- I. A configuração eletrônica 1 representa o estado fundamental para o átomo de flúor.
- II. A configuração eletrônica 2 representa um estado excitado para o átomo de flúor.
- III. A configuração eletrônica 3 representa um estado excitado para o átomo de flúor.
- IV. A configuração eletrônica 4 representa um estado proibido para o átomo de flúor.
- V. A configuração eletrônica 5 representa o estado fundamental para o átomo de flúor.

As afirmações **INCORRETAS** são:

- a) I, III e IV.      b) II e V.      c) I, III e V.      d) II e IV.      e) apenas III.

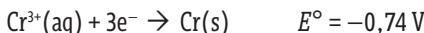
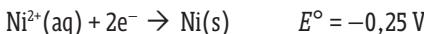
## QUESTÃO 2

Considere que a partir da reação química entre 200 g de permanganato de potássio e 200 g de ácido clorídrico, há a formação de cloreto de potássio, cloreto de manganês(II), água e cloro molecular na forma gasosa. Sabendo que cada reagente apresenta grau de pureza igual a 75%, **assinale** o valor do volume de gás cloro (**em L**), produzido a partir de uma pressão igual a 2,50 atm e T = 27°C, sabendo que o rendimento da reação é de 66%.

- a) 2,50      b) 3,65      c) 4,66      d) 6,89      e) 8,35

## QUESTÃO 3

Uma célula voltaica é baseada nas seguintes semi-equações, com os respectivos valores de potencial padrão de redução:



Com base nos dados acima, analise a célula voltaica e assinale a afirmação correta sobre ela.

- a) Cr serve como anodo.  
b) A reação que ocorre nessa célula é representada por  $3\text{Ni}_{(\text{s})} + 2\text{Cr}^{3+}_{(\text{aq})} \rightarrow 3\text{Ni}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{Cr}_{(\text{s})}$ .  
c) A direção do fluxo de elétrons através do fio externo é do eletrodo de Ni para o eletrodo de Cr.  
d) Quando a célula atinge o equilíbrio, o ânodo e o cátodo continuam sofrendo alteração de massa.  
e) O potencial padrão da célula corresponde a  $E^\circ = +0,99 \text{ V}$

## QUESTÃO 4

A energia de Gibbs ( $\Delta G$ ) é o parâmetro termodinâmico que deve ser avaliado para se decidir sobre a espontaneidade ou não de um processo. Considerando as equações químicas (I a III, **não balanceadas**) e os dados apresentados no quadro a seguir, **analice** as afirmações seguintes.

- I. Oxidação do ferro metálico:  $\text{Fe}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s})$   
II. Oxidação do dióxido de enxofre:  $\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{SO}_3(\text{g})$   
III. Decomposição de uma solução de nitrato de amônio:  $\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{aq}) \rightarrow \text{N}_2\text{O}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$

Substância	$\Delta fH^\circ (\text{kJ mol}^{-1})$	$S^\circ (\text{J mol}^{-1} \text{K}^{-1})$
$\text{H}_2\text{O}(\text{g})$	- 241,8	188,8
$\text{N}_2\text{O}(\text{g})$	81,6	220,0

$\text{SO}_3(\text{g})$	- 395,7	256,8
$\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s})$	- 824,2	87,4
$\text{Fe}(\text{s})$	0	27,3
$\text{O}_2(\text{g})$	0	205,2
$\text{SO}_2(\text{g})$	- 296,8	248,2
$\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{aq})$	- 339,9	259,8

- I. A decomposição do  $\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{aq})$  é espontânea em qualquer faixa de temperatura.
- II. A oxidação do ferro é espontânea em temperaturas inferiores a 2.997 K.
- III. A oxidação do dióxido de enxofre não é espontânea em temperaturas inferiores a 1.052 K.
- IV. Duas reações ocorrem de forma espontânea em qualquer faixa de temperatura.

As afirmações verdadeiras são:

- a) I e III.      b) II e IV.      c) I e II.      d) III e IV.      e) nenhuma das afirmações.

## QUESTÃO 5

O peróxido de hidrogênio, conhecido como água oxigenada ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), é um antisséptico e desinfetante de uso local, podendo ser usado na limpeza de feridas. Também é muito empregada como agente branqueador para tecidos e cabelos. No mercado, tem sua concentração comumente indicada em volumes, como, por exemplo, 10, 20 e 30 volumes. Para um frasco de 10 volumes de água oxigenada, pode-se afirmar que a concentração dessa solução, expressa em porcentagem (% m/m), é:

- a) 3      b) 8      c) 6      d) 10      e) 12

## QUESTÃO 6

Substâncias apresentam determinadas propriedades físico-químicas, que são diferentes quando estão misturadas com outras, formando, por exemplo, soluções. Em soluções, essas propriedades são chamadas de COLIGATIVAS. Nas situações abaixo, as propriedades coligativas **NÃO** são observadas na seguinte situação:

- a) Liberação de energia quando ácido sulfúrico e água são misturados a 1 atm e 25°C.
- b) Adição de etilenoglicol aos radiadores automotivos para evitar o congelamento da água de refrigeração, em regiões muito frias.
- c) Uso de membranas para purificação de água salobra em potável.
- d) Adição de composto iônico em um solvente polar, para aumentar a temperatura de ebulição do sistema.
- e) Uso de sal de cozinha para "derreter" gelo.

## QUESTÃO 7

Titulações envolvendo reações de oxirredução são muito comuns em química analítica, sendo que entre os exemplos clássicos estão as titulações iodométricas (par redox  $I_2/I^-$  - devido à baixa solubilidade do iodo, costuma-se manter também em solução uma certa quantidade de iodeto).

Considere o procedimento abaixo envolvendo a determinação de ácido ascórbico.

### Padronização do titulante:

- padronizou-se a solução de iodo pela titulação de 50,00 mL de solução 0,0513 mol L<sup>-1</sup> de tiosulfato de sódio (par redox  $S_2O_3^{2-}/S_4O_6^{2-}$ ), sendo o volume gasto de iodo igual a 39,00 mL.

### Titulação:

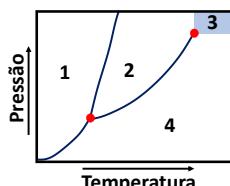
- mediu-se a massa de um comprimido de ácido ascórbico (massa = 1,070 g).
- solubilizou-se o comprimido e transferiu-se o conteúdo para um balão volumétrico de 250,00 mL, sendo o menisco ajustado;
- uma alíquota de 50,00 mL da solução foi transferida para um Erlenmeyer, adicionada de indicador e a titulação realizada, sendo 27,20mL de titulante gastos até o ponto final da titulação.
- Equação (não balanceada) que representa a reação da titulação:  $C_6H_8O_6(aq) + I_2(aq) \rightarrow C_6H_6O_6(aq) + HI(aq)$

Com base nos dados fornecidos, **indique** a fração mássica percentual de ácido ascórbico na referida amostra de medicamento.

- a) 73,6                    b) 66,5                    c) 14,6                    d) 80,2                    e) 50,7

## QUESTÃO 8

Diagramas de fase são muito úteis para representar o comportamento de uma substância em função da temperatura e pressão. Na figura abaixo, é apresentado um diagrama de fases de uma substância hipotética.



Analizando-se esta figura, algumas afirmações são feitas:

- I - Os números apresentados na figura representam regiões em que está presente: 1 = líquido; 2 = sólido; 3 = gás; 4 = um fluido super crítico;

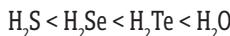
- II** - Nas regiões demarcadas com pontos em vermelho, até três fases podem estar presentes;  
**III** - Em pressão constante (independentemente do valor desta), ao aquecer o composto haverá processos de fusão e vaporização.

Está **correto** o que se afirma em:

- a) II, somente.                    b) I e III, somente.                    c) I e II, somente.  
d) II e III, somente.                e) I, somente.

## QUESTÃO 9

Quando os hidretos formados por alguns elementos do grupo 16 são dispostos em ordem crescente de temperatura de ebulição é obtida a seguinte sequência:



Avalie as afirmações abaixo sobre esse comportamento:

- I -** Esse comportamento é completamente justificado, pois a eletronegatividade dos elementos aumenta na mesma sequência ( $S < Se < Te < O$ ).
  - II -** Para a água, há de se considerar a formação de ligações de hidrogênio clássicas, justificando-se a maior temperatura de ebulição entre as substâncias listadas.
  - III -** O aumento na temperatura de ebulição é justificado devido ao aumento da força das ligações de hidrogênio.
  - IV -** De  $H_2S$  até  $H_2Te$ , o aumento na temperatura de ebulição é justificado devido ao aumento na polarizabilidade das moléculas que formam as respectivas substâncias.

Está correto o que se afirma em:

- a) II e IV, somente.      b) I, II, somente.      c) I, II e IV, somente.  
d) III e IV, somente.      e) I e III, somente.

## **QUESTÃO 10**

Calcule o número de partículas dispersas numa solução contendo 1 mol de sulfato de alumínio, suposto 66% dissociado.

- a)  $2,19 \times 10^{24}$       b)  $3,19 \times 10^{24}$       c)  $4,19 \times 10^{21}$   
d)  $5,19 \times 10^{22}$       e)  $5,19 \times 10^{23}$

## **QUESTÃO 11**

Volumes iguais de iodeto de potássio 1,0 mol L<sup>-1</sup> e nitrato de prata 0,70 mol L<sup>-1</sup> são misturados.

**Assinale** a opção que indica as espécies que estão presentes (íons, compostos etc., excluindo a água) e suas respectivas concentrações após a mistura.

- a) AgI(s); 0,35 mol L<sup>-1</sup> de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>; 0,5 mol L<sup>-1</sup> de K<sup>+</sup>; 0,15 mol L<sup>-1</sup> de I<sup>-</sup>
- b) AgI(s); 0,50 mol L<sup>-1</sup> de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>; 0,25 mol L<sup>-1</sup> de K<sup>+</sup>; 0,15 mol L<sup>-1</sup> de I<sup>-</sup>
- c) AgI(s); 0,35 mol L<sup>-1</sup> de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>; 0,25 mol L<sup>-1</sup> de K<sup>+</sup>; 0,50 mol L<sup>-1</sup> de I<sup>-</sup>
- d) AgI(aq); 0,15 mol L<sup>-1</sup> de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>; 0,50 mol L<sup>-1</sup> de K<sup>+</sup>; 0,15 mol L<sup>-1</sup> de I<sup>-</sup>
- e) AgI(s); 0,70 mol L<sup>-1</sup> de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>; 1,0 mol L<sup>-1</sup> de K<sup>+</sup>; 0,30 mol L<sup>-1</sup> de I<sup>-</sup>

### QUESTÃO 12

A forma e estrutura das moléculas são importantes para os tipos de interações que elas podem estabelecer enquanto substância (no estado sólido ou líquido) ou ao formar uma solução.

**Indique** qual das afirmações abaixo é **INCORRETA**.

- a) O íon BrOF<sub>4</sub><sup>-</sup> possui geometria piramidal quadrada e arranjo octaédrico.
- b) A molécula XeO<sub>2</sub>F<sub>4</sub> possui geometria octaédrica e arranjo octaédrico.
- c) A molécula XeO<sub>2</sub> possui geometria linear.
- d) O íon IF<sub>2</sub><sup>-</sup> possui geometria linear e arranjo bipirâmide trigonal.
- e) A molécula PF<sub>3</sub>O possui geometria tetraédrica.

### QUESTÃO 13

Em 1738, o suíço físico-matemático Daniel Bernoulli, publicou o livro *Hydrodynamica*, que foi a base para a teoria cinética dos gases, usada até hoje.

Assim, de acordo com a teoria cinética dos gases, **NÃO** é correto afirmar que:

- a) as partículas apresentam um alto grau de coesão, estando muito unidas e, por causa disso, têm baixa velocidade.
- b) a energia cinética média é proporcional à temperatura de Kelvin.
- c) por apresentarem movimento livre dentro do recipiente que as contém, as partículas ocupam todo o espaço disponível.
- d) as partículas apresentam movimentação e isso proporciona um choque entre si e contra as paredes do recipiente, onde estão contidas.
- e) o movimento das partículas dentro do recipiente é totalmente caótico, sem nenhuma organização ou ordem.

### QUESTÃO 14

Considerando seus conhecimentos sobre a Tabela Periódica dos elementos químicos, analise as afirmações a seguir.

## QUESTÃO 15

Duas soluções aquosas de nitrato de potássio foram preparadas conforme indicado no quadro abaixo.

Solução	Massa de nitrato de potássio	Volume de Solução
I	28 g	1,0 L
II	133 g	1,0 L

Com base nesses dados, é **INCORRETO** afirmar que:

- a) ambas as soluções têm temperatura de ebulação menores do que a da água.
  - b) a temperatura de solidificação de ambas as soluções é mais baixa do que a da água.
  - c) a solução I tem pressão de vapor maior do que a II, na mesma temperatura.
  - d) a temperatura de ebulação da solução I é menor do que a da solução II.
  - e) a temperatura de congelamento da solução II é mais baixa do que da solução I.

## QUESTÃO 16

Uma amostra de 10,0 g de uma substância reconhecida por ser usada na fabricação de um tipo especial de célula solar é totalmente queimada, produzindo 28,7 g de  $\text{CO}_2$  e 9,13 g de  $\text{H}_2\text{O}$ . **Indique** qual é a fórmula empírica da molécula que constitui essa substância.

- a) C<sub>9</sub>H<sub>14</sub>O      b) C<sub>9</sub>H<sub>13</sub>O      c) C<sub>9</sub>H<sub>12</sub>O      d) C<sub>8</sub>H<sub>14</sub>O      e) C<sub>8</sub>H<sub>12</sub>O

## QUESTÃO 17

Métodos titulométricos são amplamente utilizados em laboratório. Dentre esses, se destacam os métodos de titulação envolvendo reações ácido-base. Considerando-se que uma amostra aquosa contendo um ácido triprótico ( $H_3A$ ) foi diluída de 10 vezes, que uma alíquota de 20,00 mL dessa solução diluída foi titulada com  $NaOH$ , 1000 mol L<sup>-1</sup> e que o volume de titulante consumido foi de 35,00mL, **indique** a concentração em quantidade de substância (mol L<sup>-1</sup>) do ácido na amostra.

**Dados:**

- 1)  $H_3A$  ( $K_{a1} = 7,11 \times 10^{-3}$ ;  $K_{a2} = 6,32 \times 10^{-8}$  e  $K_{a3} = 4,47 \times 10^{-13}$ )
  - 2) Considere que o ponto estequiométrico foi determinado com o uso de um indicador visual com viragem em pH = 9,1.
- a) 0,875      b) 0,437      c) 1,31      d) 0,0437      d) 0,131

## QUESTÃO 18

Processos de eletrólise são amplamente utilizados em indústrias, sendo um exemplo disso a produção de alguns produtos químicos. Considerando-se as substâncias de I a IV abaixo, indique qual(is) dos produtos é(são) formado(s) tanto na eletrólise ígnea quanto na eletrólise aquosa do cloreto de estrôncio.

- I.  $Sr(s)$       II.  $H_2(g)$       III.  $Cl_2(g)$       IV.  $O_2(g)$
- a) Somente III      b) Somente II      c) Somente II e III  
d) Somente II e IV      e) Somente I, II e III

## QUESTÃO 19

A identificação da composição de uma amostra é uma atividade comum na química e pode ser conduzida com a realização de alguns testes baseados em propriedades físico-químicas das espécies. Nestes, é comum que sejam realizados experimentos diferentes e que permitam determinar de forma separada cátions e ânions. Imagine então que em uma bancada do laboratório, foram encontrados três frascos de reagentes (A, B e C). Sabe-se que se trata de reagentes puros, porém, não há presença do rótulo de identificação nos mesmos.

Na tentativa de identificá-los, um analista realizou alguns testes (i a iii) e obteve os seguintes resultados:

- i) Adição de água → apenas ‘A’ é insolúvel;
- ii) Medida de pH da solução (ou suspensão) resultante → solução (ou suspensão) ‘A’ apresenta pH entre 7 e 11, ‘B’ pH > 9 e ‘C’ pH < 7;
- iii) Ajuste de pH das soluções (ou suspensões) até valores maiores que 11 → presença de odor característico apenas em ‘C’;

Com base nestas informações e nas alternativas abaixo, é possível afirmar que os frascos ‘A’, ‘B’ e ‘C’ continham, respectivamente:

- |  |  |
|--|--|
| a) BaCO <sub>3</sub> , CaO e NH <sub>4</sub> Cl                            | b) CaCO <sub>3</sub> , NH <sub>4</sub> OH e H <sub>2</sub> S |
| c) AgCl, KOH e NH <sub>4</sub> Cl  | d) AgNO <sub>3</sub> , KOH e HCl                             |
| e) Ag <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , NH <sub>4</sub> Cl e H <sub>2</sub> S |  |

## QUESTÃO 20

A equação de Arrhenius utilizada na cinética química, permite calcular a variação da constante de velocidade de uma reação química com a temperatura, bem como determinar a energia de ativação da reação. Matematicamente, a equação de Arrhenius é dada por:

$$k = Ae^{-\frac{E_a}{RT}}$$

em que  $k$  é a constante de velocidade da reação,  $A$  é a constante de Arrhenius (pré-exponencial),  $E_a$  é a energia de ativação,  $R$  é a constante dos gases e  $T$  é a temperatura.

Considere que a constante de velocidade de uma reação de primeira ordem é  $3,68 \times 10^{-2} \text{ s}^{-1}$  a  $150^\circ\text{C}$ , e a energia de ativação é  $71 \text{ kJ mol}^{-1}$ . Qual é o valor da constante de velocidade (em  $\text{s}^{-1}$ ) a  $170^\circ\text{C}$ ?

- |                         |                         |         |
|-------------------------|-------------------------|---------|
| a) $9,2 \times 10^{-2}$ | b) $3,7 \times 10^{-2}$ | c) 2,49 |
| d) $4,0 \times 10^{-2}$ | e) $3,7 \times 10^{-1}$ |         |

## QUESTÃO 21

A existência de elementos mais pesados do que o ferro envolve o rápido processo de captura de nêutrons (processo r), teoria aceita para validar a formação de metais mais pesados que o ferro nos planetas. A captura de nêutrons de alta velocidade resulta em um núcleo instável que decai rapidamente. Em cada etapa de decaimento, um nêutron se converte em um próton. Qual elemento formado pela reação de nucleossíntese a partir da absorção de 6 nêutrons por um núcleo de ferro-56 e o subsequente decaimento a 6 prótons?

- |                            |                            |                            |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| a) ${}_{26}^{56}\text{Fe}$ | b) ${}_{62}^{26}\text{Fe}$ | c) ${}_{26}^{62}\text{Ge}$ | d) ${}_{32}^{62}\text{Ge}$ | e) ${}_{62}^{32}\text{Ge}$ |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

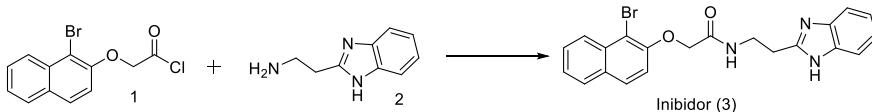
## QUESTÃO 22

Durante as Olimpíadas de Tóquio 2020, um atleta foi retirado da competição sob suspeita de doping, ao utilizar uma substância proibida, a Osterina, que é um modulador hormonal. Sua fórmula molecular é  $C_{19}H_{14}F_3N_3O_3$ , e ela é vendida numa dosagem de 25 mg por comprimido. Para a Osterina, o doping é observado na urina e pode ser detectado quando a concentração é, no mínimo, de 100 ng/100mL. Considerando essas informações escolha a alternativa que indica a razão entre a quantidade de substância que é ingerida por comprimido ( $n_i$ ) e a quantidade mínima para detecção em 100 mL de urina ( $n_d$ ).

- a)  $n_i/n_d = 2,5 \times 10^5$  ;      b)  $n_i/n_d = 4,5 \times 10^6$  ;      c)  $n_i/n_d = 1,5 \times 10^6$  ;  
d)  $n_i/n_d = 8,5 \times 10^3$  ;      e)  $n_i/n_d = 5,5 \times 10^6$  ;

## QUESTÃO 23

O desenvolvimento de inibidores de cruzaína foi impulsionado pela necessidade urgente de desenvolver medicamentos novos e mais eficazes para o tratamento de Doença de Chagas. No trabalho de Rafaela e colaboradores (*J. Med. Chem.* 2014, 57, 2380–2392), foram sintetizados e avaliados mais de 40 análogos de fármacos, o qual levou ao desenvolvimento de um inibidor competitivo e promissor para a doença de Chagas. Referente a este inibidor. Pode-se dizer que a alternativa correta é



- I. Na substância (2) a amina secundária é mais básica que a amina primária.  
II. A reação química envolvida na formação do inibidor (3) é uma reação de alquilação.  
III. Estão presentes na estrutura do inibidor as funções amida, fenol, imina, amina e haloalcano.  
IV. Na substância (2) a amina secundária é mais ácida que a amina primária.  
V. Se colocar as substâncias 1 e 2 em meio ácido, ocorrerá a protonação da amina primária.  
a) I e II      b) I e III      c) IV e III      d) IV e V  
e) todas as alternativas estão corretas.

## QUESTÃO 24

O aumento do consumo de combustíveis fósseis e consequente emissão de dióxido de carbono e dióxido de enxofre como subprodutos nocivos ao Ambiente é um dos grandes problemas mo-

dernos. Esses óxidos têm fórmulas moleculares similares, são gasosos a temperatura ambiente e formam soluções levemente ácidas em meio aquoso. Em relação a esses óxidos, considere as afirmações abaixo:

- I. ambos são polares, solúveis em água e apresentam geometria linear.
- II. ambos são não polares e reagem com a água por apresentarem uma geometria angular.
- III. O primeiro é não polar e possui geometria linear; o segundo é polar, com geometria trigonal plana.
- IV. O dióxido de carbono reage com a água, formando uma solução de ácido carbônico que, por sua vez, pode se dissociar.
- V. O dióxido de enxofre reage com a água, formando uma solução de ácido sulfúrico que, por sua vez, pode se dissociar.
- VI. O dióxido de enxofre é polar e tem geometria angular; o dióxido de carbono é não polar e tem geometria linear.

As afirmações **corretas** são:

- a) IV e VI.      b) todas.      c) I, III e VI.      d) IV, V e VI.      e) nenhuma.

## QUESTÃO 25

É muito comum encontrar indicações em bulas de remédios para que os mesmos sejam armazenados fechados e um lugar fresco. Ou a indicação de guardar alimentos em geladeira ou lugares frescos. Isso, em parte, deve-se ao fato de que podem ocorrer alterações significativas neles, como, por exemplo:

- I. evaporação de líquidos
- II. decomposição devido ao contato com oxigênio e calor
- III. apodrecimento

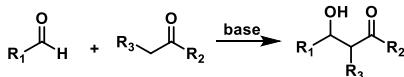
Dessas alterações, são fenômenos químicos:

- a) II e III, somente.      b) I, II e III.      c) I, somente.  
d) I e II, somente.      e) I e III, somente.

## QUESTÃO 26

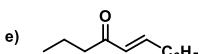
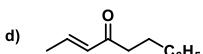
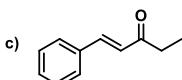
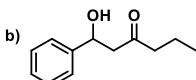
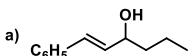
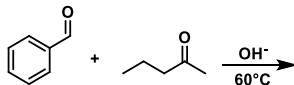
Um dos grandes desafios da Química Orgânica do século XXI é a busca por protocolos verdes para as sínteses de novas moléculas a partir da formação de ligações carbono-carbono, carbono-oxi-

gênio, carbono-nitrogênio, entre outras. Entre as mais variadas opções de reações de formação de ligação carbono-carbono estão as adições aldólicas, cujo esquema geral encontra-se abaixo:



O produto  $\beta$ -hidroxialdeído ou  $\beta$ -hidroxicetona são mais facilmente desidratados que os álcoois, algo que pode ser feito com aquecimento. O produto desidratado será um aldeído ou cetona  $\alpha,\beta$ -insaturado e a reação global é denominada condensação aldólica.

Para a reação representada a seguir, indique qual seria o produto principal.



**RESPOSTA E**

## QUESTÃO 25

No tratamento de água, para torná-la potável para consumo, estão envolvidas diversas etapas e várias reações químicas. Como exemplo, temos reações que produzem um material gelatinoso, que é utilizado para retirar materiais em suspensão. Tanto o sulfato de alumínio como o cloreto férrico podem ser utilizados para essa tarefa, sendo esses sais escolhidos pelo seguinte motivo:

- a) os íons  $\text{Al}^{3+}$  e  $\text{Fe}^{3+}$  são hidrolisados e formam seus respectivos hidróxidos. Esses se aderem aos poluentes, promovendo a floculação.
- b) os íons  $\text{SO}_4^{2-}$  e  $\text{Cl}^-$  são hidrolisados e formam ácidos fortes, capazes de oxidar toda matéria orgânica em suspensão.
- c) por serem sais de bases fracas, eles reagem com os poluentes ácidos, precipitando-os como sais insolúveis.

- d) ambos os sais são solúveis em água, formando soluções básicas. A alcalinidade resultante altera o pH da água em tratamento, promovendo a floculação de todos os poluentes, que podem ser filtrados.
- e) a formação de um complexo insolúvel dos cátions com os poluentes mais comuns, causa a precipitação ou decantação dos mesmos.

## QUESTÃO 28

Com um foco no Ambiente, o uso de combustíveis menos poluentes tem sido cada vez mais incentivado. Por exemplo, o diesel S10 é chamado assim porque contém 10 ppm de enxofre ao invés dos tradicionais S50 (com 50 ppm de enxofre). Assim, o uso desse combustível diminui o lançamento de enxofre e seus derivados na atmosfera, minimizando a poluição ambiental.

Sobre o enxofre e seus derivados, assinale a opção **incorrecta**:

- a) O  $\text{SO}_3$ , formado durante a queima do diesel, é oxidado a ácido sulfúrico na atmosfera, na presença do oxigênio atmosférico.
- b) Os óxidos de enxofre formados durante a combustão, são óxidos ácidos por serem formados de ametais e são também alguns dos responsáveis pela chuva ácida.
- c) Um dos principais problemas causados pela chuva ácida é a remoção do íon cálcio insolúvel (por exemplo, presente em concreto, estátuas, recifes de corais etc.).
- d) O enxofre elementar, presente no diesel, sofre um processo de oxidação durante a queima do combustível, formando óxidos (anidridos sulfuroso e sulfúrico).
- e) A chuva ácida produz, entre outros problemas, a diminuição do pH de reservatórios de água, tais como lagos, represas, açudes etc. comprometendo a qualidade da água e a vida aquática.

## QUESTÃO 29

Sabe-se que em qualquer transição eletrônica que ocorra num átomo há variação de energia, podendo ser emitida ou absorvida. Essas transições ocorrem com valores definidos de energia (daí o nome *quanta*, ou seja, uma quantidade fixa de energia) entre os diversos níveis energéticos ( $n$ ). Assim, qual transição eletrônica em um átomo de hidrogênio está associada com a absorção de maior energia?

- a)  $n = 2 \rightarrow n = 1$
- b)  $n = 2 \rightarrow n = 3$
- c)  $n = 2 \rightarrow n = 5$
- d)  $n = 3 \rightarrow n = 2$
- e)  $n = 4 \rightarrow n = 5$

### QUESTÃO 30

Em meados do século XIX, um incidente ocorreu na Igreja de Zeitz, na Alemanha. Durante um culto dominical, num inverno muito rigoroso, o órgão (aparelho musical, feito de tubos de estanho), emitiu ruídos estranhos e começou a se desfazer aos olhos dos presentes. Os fiéis, na igreja, correram com medo, achando que era o fim do mundo ou alguma ação maligna. Anos depois, descobriu-se que, na verdade, a baixa temperatura causa uma mudança do estanho beta (metal íntegro) em estanho alfa (pó amorfo). Essa mudança estrutural do estanho pode ser definida como:

- a) alotropia.
- b) isotopia.
- c) radioatividade.
- d) criogenia.
- e) isomeria.

### QUESTÃO 31

Considere o valor da constante do produto de solubilidade para três carbonatos:  $\text{ZnCO}_3$  ( $K_{\text{ps}} = 1,5 \times 10^{-10}$ ),  $\text{CoCO}_3$  ( $K_{\text{ps}} = 1,0 \times 10^{-10}$ ) e  $\text{MnCO}_3$  ( $K_{\text{ps}} = 2,2 \times 10^{-11}$ ). Em relação a essas espécies, três afirmações são feitas:

- I - em uma solução saturada de cada sal,  $\text{ZnCO}_3$  é a espécie que possui maior solubilidade, considerando a concentração em quantidade de substância ( $\text{mol L}^{-1}$ ).
- II - em soluções não saturadas equimolares dos sais, a concentração mássica do ânion ( $\text{g L}^{-1}$ ) é a mesma para os três sais.
- III - em soluções preparadas usando-se  $1,0 \times 10^{-2}$  g de sal para 1,0 L de solução, a concentração mássica ( $\text{g L}^{-1}$ ) será a mesma para os três sais.

Em relação a essas afirmações é **correto** o que se afirma em:

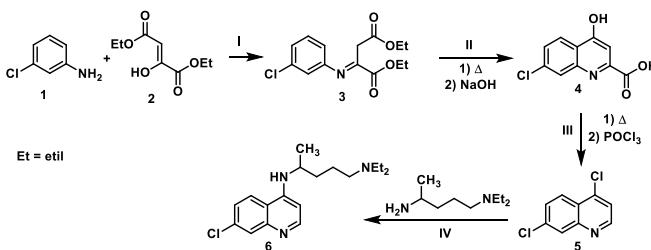
- a) I e II, somente.
- b) I, II e III.
- c) III, somente.
- d) I e III, somente.
- e) II, somente.

### QUESTÃO 32

No início da pandemia do novo coronavírus, a cloroquina e seu análogo hidroxicloroquina, foram testadas no tratamento dos sintomas da infecção causada pelo vírus, num processo chamado “redirecionamento terapêutico”. Isso se deveu ao fato de que mesmo sendo indicadas para prevenir ou curar a malária, também eram conhecidos relatos de seus efeitos anti-inflamatórios, imunomoduladores, anti-infecciosos, antitrombóticos e metabólicos. Porém, com o avanço dos estudos, percebeu-se que estes fármacos não demonstraram ser eficazes no tratamento da Covid-19. A síntese da cloroquina envolve quatro etapas conforme a descrição da rota sintética apresentada por Menegatti, Fraga e Barreiro.

“A rota sintética da cloroquina dá-se inicialmente pela reação entre 3-cloroanilina (1) e dietil-2-*-cetobutirato* (2), para a obtenção da imina (3). A imina (3), quando aquecida em solvente de elevadatemperaturade ebulação, leva ao deslocamento do grupamento etoxila, com consequenteformação de um intermediário. Ainda na mesma etapa, com o emprego de condições de saponificação, é obtido o intermediário ácido (4). A descarboxilação e conversão do grupamento enol de (4) é feita pelo seu aquecimento na presença de oxicloreto de fósforo. Na última etapa, o halogênio (5) é deslocado, via reação de substituição, por uma amina primária, para a obtenção da cloroquina (6)”.

Adaptado de Menegatti, R.; Fraga, C. A. M e Barreiro, E. J. A importância da síntese dos fármacos. Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola. N° 3 – Maio 2001.



Entre as etapas I, II, III e IV, algumas reações clássicas estão envolvidas. Sobre as reações envolvidas, está **correto**:

- a) a etapa I envolve uma condensação aldólica com perda de água.
- b) a etapa IV envolve uma substituição nucleofílica aromática.
- c) na etapa II ocorrem ciclização (anelação) e hidrólise ácida.
- d) na etapa III a descarboxilação é promovida pelo oxicloreto de fósforo.
- e) na etapa II o deslocamento do grupo etoxila é uma substituição nucleofílica.

**Obs.** Alguns catalisadores e produtos de reações foram omitidos.

### QUESTÃO 33

A configuração eletrônica permite prever não só a posição de um elemento na tabela periódica como seu comportamento, por exemplo, quando na formação de compostos. Assim, considere as três distribuições eletrônicas (1 a 3) a seguir e as afirmações (I a III).

- |    |        |        |        |        |        |           |        |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|--------|
| 1) | $1s^1$ |        |        |        |        |           |        |
| 2) | $1s^2$ | $2s^2$ | $2p^6$ | $3s^1$ |        |           |        |
| 3) | $1s^2$ | $2s^2$ | $2p^6$ | $3s^2$ | $3p^6$ | $3d^{10}$ | $4s^2$ |

- I. O elemento “1” não pode formar compostos moleculares; o elemento “2” tende a ceder

- um elétron em ligações iônicas; e o elemento “3” é encontrado na natureza na forma moléculas diatômicas.
- II. O elemento “1” é um gás nobre; o elemento “2” pode formar cátion com estado de oxidação +3 e o elemento “3” possui o nível de valência completo.
  - III. O elemento “1” é o hidrogênio; o elemento “2” pode formar cátion com estado de oxidação +1 e o elemento “3” é um gás nobre.

Considerando as afirmações apresentadas, está correto o que se afirma em:

- a) III, somente.
- b) I e II, somente.
- c) II e III, somente.
- d) I e II, somente.
- e) I e III, somente.

### QUESTÃO 34

Dentre as estratégias utilizadas pelo corpo humano para manutenção do pH do sangue há um sistema tampão e também a respiração (eliminação de  $\text{CO}_2$  no ar exalado).

Com relação ao pH do sangue, avalie as seguintes afirmações:

- I. desvios negativos de pH podem ser compensados pelo aumento na eliminação de  $\text{CO}_2$ .
- II. um sistema tampão é capaz de evitar apenas o aumento do pH.
- III. a capacidade tamponante de qualquer solução tampão é limitada, assim, excesso de ácidos ou bases no sangue podem resultar em alterações de pH fora do biologicamente aceitável.

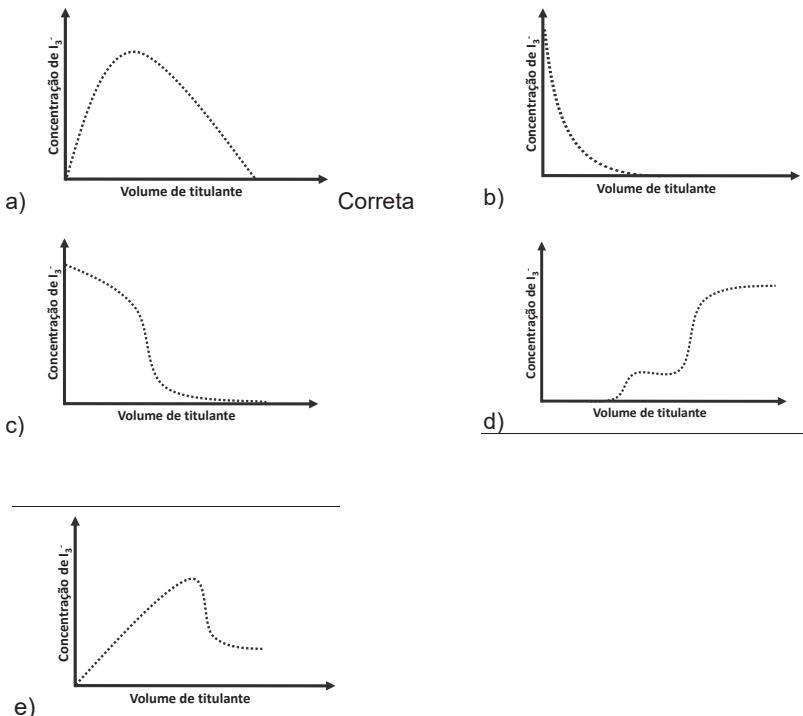
Está correto o que se afirma em:

- a) I e III, somente.
- b) I e II, somente.
- c) II e III, somente.
- d) I, II e III.
- e) I, somente

### QUESTÃO 35

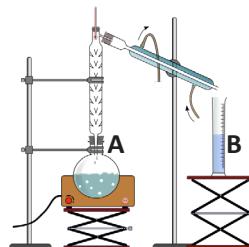
A solubilidade de iodo ( $\text{I}_2$ ) em água é maior na presença de iodeto ( $\text{I}^-$ ). Isso é justificado pois, quando há a presença dessas duas espécies em água, ocorre a formação do íon triiodeto ( $\text{I}_3^-$ ).

Iodo pode ser reduzido a iodeto em uma reação com tiossulfato ( $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}/\text{S}_4\text{O}_6^{2-}$ ). Considerando-se que uma solução aquosa de iodo foi titulada com solução de tiossulfato, indique qual dos gráficos abaixo melhor representa a concentração de triiodeto ao longo da titulação (concentração de  $\text{I}_3^-$  versus volume de titulante).



### QUESTÃO 36

Considere que a montagem abaixo está sendo utilizado em um processo de produção de etanol após fermentação de uma mistura contendo açúcar.



Em relação a esse processo, avalie as seguintes afirmações:

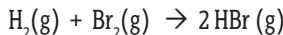
- a temperatura de ebulição da solução A é maior que da solução B.
- a densidade da solução A é menor que a de B.
- a solução A apresenta menor condutividade que a solução B.

As afirmações corretas são:

- a) apenas i.  
b) apenas i e ii.  
c) apenas ii e iii.  
d) apenas iii.  
e) nenhuma das alternativas.

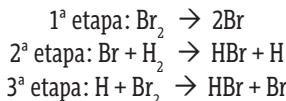
### QUESTÃO 37

A reação entre hidrogênio e bromo leva a formação de brometo de hidrogênio. Com o propósito de compreender o mecanismo foram realizadas medidas de concentração e velocidade inicial de consumo dos reagentes nas condições padrão (298 K, 1 bar), sendo os dados representados a seguir:



Experimento	$[\text{H}_2]_0$ (mmolL <sup>-1</sup> )	$[\text{Br}_2]_0$ (mmolL <sup>-1</sup> )	$v_0 (\times 10^{-5} \text{ molL}^{-1}\text{s}^{-1})$
I	1,5	3,0	2,0
II	1,5	27,0	6,0
III	4,5	3,0	6,0
IV	3,0	2,5	3,6

Após se determinar a lei de velocidade, o mecanismo abaixo foi proposto:



De posse dessas informações, assinale a afirmação **correta**.

- a) A constante de velocidade\* é  $7,6 \times 10^{-6}$  (unidade resulta da lei de velocidade).  
b) A partir da lei de velocidade conclui-se que a terceira etapa é a etapa lenta.  
c) Todas as etapas elementares no mecanismo são bimoleculares.  
d) A equação de velocidade é expressa por  $v = k [\text{H}^2]^{1/2} \cdot [\text{Br}^2]$   
e)  $k$  encontrado a partir da equação de velocidade foi 0,242 (unidade resulta da lei de velocidade).

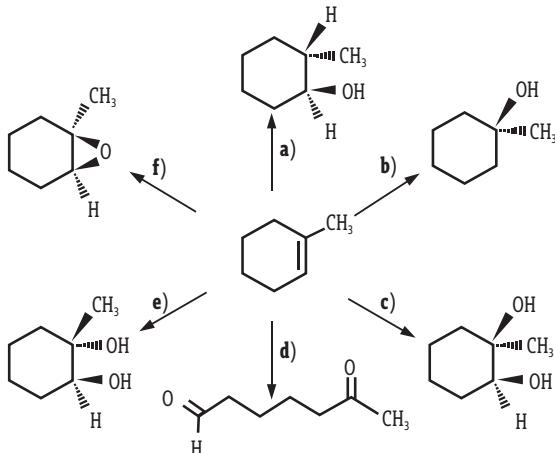
### QUESTÃO 38

Uma esfera metálica de densidade igual a 7,85 g cm<sup>-3</sup> e insolúvel em Hg foi introduzida em um recipiente contendo mercúrio metálico (Hg), sendo que apenas parte da esfera ficou submersa. Sabendo-se que a densidade do Hg líquido é de 13,58 g cm<sup>-3</sup>, **indique** qual percentual da esfera ficou submersa.

- a) 57,8  
b) 54,7  
c) 61,3  
d) 65,8  
e) 65,3

## QUESTÃO 39

Selecione dentre a lista de reagentes a seguir, os mais adequados para efetuarem as transformações a-f. As substâncias com carbonos assimétricos são obtidos como misturas racêmicas, ainda que por simplicidade seja indicado apenas um dos enantiômeros.



- |   |  |
|---|--|
| 1) $\text{KMNO}_4/\text{H}_2\text{O}$                       | 2) $\text{Hg}(\text{AcO})_2/\text{H}_2\text{O}; \text{NaBH}_4/\text{NaOH}$ |
| 3) $\text{B}_2\text{H}_6; \text{H}_2\text{O}_2/\text{NaOH}$ | 4) $\text{H}_2\text{SO}_4/\text{H}_2\text{O} 30\%$                         |
| 5) Ácido m-cloro perbenzóico (MCPBA)                        | 6) $\text{KMNO}_4/\text{H}_2\text{O}$                                      |
| 7) MCPBA; $\text{H}^+/\text{H}_2\text{O}$                   | 8) $\text{O}_3; \text{Zn}/\text{AcOH}$                                     |
- a) 3, 2, 5, 6, 8, 4      b) 3, 4, 1, 8, 7, 5      c) 1, 3, 5, 7, 6, 8  
d) 4, 3, 2, 1, 7, 6      e) 2, 5, 6, 7, 3, 1

## QUESTÃO 40

De uma solução que contém  $0,200 \text{ mol L}^{-1}$  de um ácido diprótico  $\text{H}_2\text{A}$  foi retirada uma alíquota de  $25,00 \text{ mL}$ , transferido para um balão volumétrico de  $100,00 \text{ mL}$  e o menisco ajustado com água destilada. Considerando-se  $K_{a1} = 2,9 \times 10^{-6}$  e  $K_{a2} = 6,7 \times 10^{-9}$ , calcule o pH da solução final.

- a) 3,42      b) 6,24      c) 4,83      d) 3,24      e) 4,38

# CAPÍTULO

# 4



## Programa Nacional Olimpíadas de Química Olimpíada Brasileira de Química Fase III RESULTADO 2020 - Modalidade A (\*)

# A

### O U R O

Nome do Aluno	Escola	UF	Escore
Gabriel Aragao Silva	Farias Brito	CE	100,0
Nailton Gama De Castro	Master	CE	96,91
Vinícius Conrado Farias	Master	CE	93,82
Bernardo Asztalos Teixeira	Farias Brito	CE	90,73
Nicolas Adauto Saraiva Costa	Ari De Sá Cavalcante	CE	81,45
Diego Do Nascimento Gomes	Colégio Master	CE	80,42
Enzo Said Figueiredo Ammourí	Colégio Maxi	MT	78,36
Vinícius Kenji Amano Tanaka	Colégio Etapa Valinhos	SP	78,36
Rafael Moreno Ribeiro	Ari De Sá Cavalcante	CE	76,29
Igor Bersanetti Gabilondo	Objetivo - Luis Goes	SP	75,26
Jana Almeida P. dos Santos	Ari De Sá Cavalcante	CE	75,26
Raphael Yuri Alves Pinto Diniz	Farias Brito	CE	73,72
Alex Guan	Objetivo Integrado	SP	72,69
Joao Otavio Paiva Farias	Farias Brito Sobralense	CE	72,17
Ricardo Amorim Casado	Poliedro	SP	72,17

### PRATA

Arthur Felipe Souza Starling	Escola Educação Criativa	MG	70,11
Arthur Amaral Araaes Henrique	Colégio Ph	RJ	69,59
Andre Galvao Knopp	Santa Maria	PE	69,08
Felipe Mandalozzo Tebcherani	Positivo Master	PR	69,08
Gabriel Tedesco Gotz	Mater Dei	PR	69,08
Gabriela Torreao Marques Ferreira	Ari De Sá Cavalcante	CE	69,08
Kauan Mariani Ferreira	IFSC - Criciuma	SC	69,08
Luiza Prandini Oliveira Barbosa	Coluni – UFV	MG	69,08
Alicia Duarte Silva	Objetivo Integrado	SP	66,50
Artur Neves Maia	Eduacional - Madre De Deus	PE	65,98
João Guilherme Rosa Odebrecht	Colégio Etapa	SP	65,98
Luís Eduardo Vieira De Mello	Colégio Núcleo	PE	65,98
Alan Sereno Braz Da Silva	Colégio Militar	DF	64,95
João Pedro Siebra Vieira	Pequeno Príncipe	CE	63,92
Giovanni Barbosa Herrero	Etapa Valinhos	SP	62,89
Gustavo Cesar De Sousa Neves	Farias Brito	CE	62,89
Mauro De Andrade Pinto	Coluni – UFV	MG	62,89
Luiz Carlos Machado Ferreira	Cefet - Maracanã	RJ	61,86
João Pedro Della Valentina	IFES - Vitória	ES	61,34

Giovanna Barbosa Samary Soares	Pedro II - Tijuca II	RJ	60,31
Matheus Nucci Mascarenhas	Notre Dame Campinas	SP	60,31
Arthur Menezes Botelho	Colégio Militar	RJ	59,80
Caio Melo De Moura	IFPE	PE	59,80
César Augusto N. e Sousa Junior	IFRN - Natal	RN	59,80
Isabela Pereira Gregio	Harmonia	MS	59,80
João Victor Sales Vital	Eximus	PE	59,80
Leonardo Guimarães Sofiatti	Marista Santa Maria	PR	59,80
Matheus Lopes Bitar Mesquita	Marista Nsa Sra de Nazare	PA	59,80
Sophia Coelho Andrade De Melo	Ari De Sá Cavalcante	CE	59,80
Hugo Fares Menhem	Dante Alighieri	SP	59,28

### BRONZE

Cauã De Freitas Barreto	Colégio e Curso Pensi	RJ	57,74
Maria Antônia C. P. Del Nero Gomes	SEI – Sist. Ensino Interativo	RS	57,74
Daniel Fialho Caetano Da Silva	Santo Antônio	MG	57,22
Moises Holanda De Souza	Master	CE	57,22
Ricardo Sávio De Oliveira Costa	Santo Antônio	MG	57,22
Alexia Marques Oliveira De Meneses	Antares	CE	56,71
Analu Ribeiro Nalessio	Casucha	PR	56,71
Gabriel Ravani Do Rosario	IFES - Serra	ES	56,71
Lucas Mateus Da Costa Vacchiano	Salesiano Dom Bosco	MS	56,71
Rodrigo Akira Azevedo Kurosawa	Col Sta Catarina De Sena	PA	56,71
Sofia Valverde Villas Bôas	São Paulo	BA	55,67
Luana Tuzze Pinheiro Alves	Escola SESC	RS	54,64
Anna Luíza Farias Da Costa	Contexto	PI	54,13
Lucas Carvalho Ribeiro	Amadeus	SE	54,13
Sarah Rebeka Cabral De Souza	IFRN - São Gonçalo Amarante	RN	54,13
Tarcísio Ferreira Alves Batista	Amadeus	SE	54,13
Carlos Vinícius De Souza Felipe	IFRN - Currais Novos	RN	53,61
Davi Guedes Cardoso Barcellos	IFES - Vitoria	ES	53,61
Fernando Arruda C. Montenegro	Santa Maria	PE	53,61
Henrique Prieto Schurig Fernandes	Bandeirantes	SP	53,61
João Lucas Julião De Moraes	Farias Brito Aplicação	CE	53,61
Leonardo Machado Martins	Master	SE	53,61
Leonardo Torres Silva	Educação Criativa	MG	53,61
Lorenzo Leontcio Verdi	Colégio São Jose	RS	53,61
Lucas Batini Araujo	Londrinense	PR	53,61
Vinícius Castro Coutinho	Lato Sensu	AM	53,61
Vitor Fadoni De Godoi	Casucha	PR	53,61
Yumi Elisa Watanabe Chagas	Bernoulli	MG	53,61
Ana Sarah De Sousa	CET Ideal	PA	53,10
Gabrielle Magalhães Da Silva	Objetivo Integrado	SP	52,58
Maria Laura L. Q. de Pinho Barroso	Santo Antônio	MG	52,58
Mariana Socol Farias	Olimpo	DF	52,58
Luiz Satoshi Yunomae Oikawa	CEA Multid. Altas Habilidades	MS	51,55
Beatriz Bilhalva Da Luz	Nossa Senhora Da Gloria	RS	51,03
Eduardo Wiliam Farinha Carvalho	Nascentes do Araguaia	GO	51,03
Alessandra Cristina Da Costa Arruda	Marista de Natal	RN	50,52

Arthur Carlos Jacobina Pires Filho	Colégio Militar	BA	50,52
Caique Bruno Araújo Nunes	Christus	CE	50,52
Carlos Alberto G. de Oliveira Filho	Dom Barreto	PI	50,52
Gustavo Ribeiro Bernardo	ETEC Júlio De Mesquita	SP	50,52
Isabela Dos Santos Barcelos	Colégio WR	GO	50,52
João Guilherme De Farias Martins	CET Ideal	PA	50,52
Kauí Lebarbenchon	Coc Osvaldo Carvalho	SC	50,52
Kelson Lopes Da Silva	Objetivo/Lavoisier	PI	50,52
Luiz Henrique Ferreira Lima	Contexto	PI	50,52
Maria Fernanda Diniz Ferreira	Santa Maria	PE	50,52
Mariana de Sousa Barreto	Antares	CE	50,52
Matheus José Pereira	Anglo Americano	PR	50,52
Matheus Torres Prates	Santo Antônio	MG	50,52
Raíssa Cássia de Souza Ortega	Colégio Militar	PR	50,52

**(\*) Classificam-se para a Fase IV os estudantes  
da Modalidade A agraciados com medalhas.**

*A ciência não é tudo, minha senhora. Há alguma coisa mais, além do espírito, alguma coisa essencial ao homem (...) o mundo intelectual é estreito para conter o homem todo.*

*Machado de Assis*

# CAPÍTULO 4



# B

## Programa Nacional Olimpíadas de Química Olimpíada Brasileira de Química Fase III RESULTADO 2020 - Modalidade B (\*)

### O U R O

Nome do Aluno	Escola	UF	Escore
Cassia Caroline Aguiar da Ponte	Master	CE	100,0
Marina Malta Nogueira	Ari de Sá Cavalcante	CE	100,0
Joao Venicio Gadelha Fraga	Master	CE	93,82
Vinicio Da Silveira Lanza Avelar	Ari de Sá Cavalcante	CE	93,82
Rui Andrade Carvalho Nunes	Arena	GO	87,64
Diego Teixeira Ribeiro	Educação Criativa	MG	87,64
Lucas Takayasu	Etapa	SP	87,64
David Costa Pereira	Objetivo	PI	84,54
Glauco César Prado Soares	Militar De Brasília	DF	81,45
Gabriel Figueiredo Barbosa	Bernoulli	MG	81,45
Pedro Sales Toro Alonso	Etapa	SP	81,45

### PRATA

Hana Gabriela Albuquerque Sousa	Farias Brito	CE	79,39
Felipe Farah Affonso Alves	Ari de Sá Cavalcante	CE	78,36
Raphael Fernandes De Oliveira	Colegio	CE	78,36
Jonatan De Lima Santos	Arena	MT	78,36
Pedro Romero Rodrigues	IFC - Blumenau	SC	78,36
João Pedro Moritz De Carvalho	Dante Alighieri	SP	75,26
Luis Augusto De Oliveira Sa	Master	CE	72,17
Matheus Marinheiro Spontam	Farias Brito	CE	72,17
Lucas Lana Moreira Lima	Bernoulli	MG	72,17
José Ronaldo Silva Henrique Filho	Dom Barreto	PI	72,17
Luca Sartori Boni	Liberato Salzano	RS	72,17
Arthur Queiroz Moura	Dom Barreto	PI	71,14
Felipe De Faria Teixeira	Colégio Pedro II - Tijuca II	RJ	71,14
Luiz Felipe Giareta Schmitt	Etapa Valinhos	SP	69,59
André Andrade Gonçalves	IFMA - Imperatriz	MA	69,08
João Pedro Prevot Lima	Matriz Educação - Nova Iguaçu	RJ	69,08
Pedro Miguel Pereira Gonzaga Vianna	Colégio Militar	RJ	69,08
Clovis Tabor De Aguiar	Objetivo/Lavoisier	PI	66,50
Cecília Da Matta Duarte Fattori	Militar De Brasília	DF	65,98
João Victor Machado Lourenço	Podion	DF	65,98
Matheus Santos Gama De Lima	Núcleo	PE	65,98
Marvin Rangel Schwengber	Esc Est Tec. Affonso Wolf	RS	65,98
Erik Matsuda Serikava	Etapa	SP	65,98
Matheus Gallerani Da Conceição	Etapa	SP	65,98

BRONZE			
Renan Romariz Pinto De Miranda	Colégio Pensi	RJ	63,41
Sofia Severo Galvão	IFRN - Parnamirim	RN	63,41
Wesley Antonio M. A. de Aguiar	Colégio Militar	AM	62,89
Dexter Pires Seider	Liberato Salzano	RS	62,89
João Lucas Hansen	Liberato Salzano	RS	62,89
Igor Augusto Lee Bafini Dorighelo	Etapa	SP	62,89
Pedro Gambogi T. Lamounier Lopes	Santo Antônio	MG	62,38
Helena Bianchi Moyen	Visconde de Porto Seguro	SP	60,83
Caio Maia Batista De Almeida	GGE	PE	60,31
Gabriel Nobuaki Nojima	Farias Brito	CE	59,80
Daniel Galvão F. de Souza Moraes	CEI - Romualdo	RN	59,80
Bruno Joukoski Jalowski	IFSC - Florianópolis	SC	59,80
Giovanni Carrilho Malta	Objetivo Integrado	SP	59,28
Bárbara Fernandes Dias Bueno	Escola Batista de Acesita	MG	58,77
Leandro Silva De Pinho	Magister	SP	58,77
Enzo Pereira Da Cunha	Etapa III	SP	57,22
Mateus Lopes Rangel De Andrade	Farias Brito	CE	56,71
João Victor Souza De Andrade	Motiva	PB	56,71
João Artur Freire Cabral	IFRN - Natal	RN	56,71
Klaus Augustus Ramos Reiniger	IFRN - Natal	RN	56,71
Iago Riveiro Santos Dutra	IFSUL - Pelotas	RS	56,71
Leonardo Vellar Augé	Gonzaga	RS	56,71
Juliana Mitie Hosne Nakata	Etapa	SP	56,71
Lucas Suzin Bertan	E E Barão Geraldo Rezende	SP	56,71
Fabio Braga Giugni	Santo Antônio	MG	55,67
Ruan Silva Miranda Siqueira	Cefet – Timóteo	MG	54,64
Júlia Ribeiro De Souza	Liberato Salzano	RS	54,13
Murillo Rangel Amorim Teixeira	Farias Brito	CE	53,61
Hugo Spadete Arrivabene	IFES - Vitória	BA	53,61
Guilherme Augusto Marques	Cefet – Campus I	MG	53,61
Maria Eduarda De Jesus Carvalho	Coluni - UFV	MG	53,61
Thiago Costa Torres	Bom Jesus Nsa Sra de Lourdes	SP	53,61
Pedro Victor Saraiva	Nucleo	PE	53,61
Marina Beatriz Almeida Mota	CE do Sesu	RN	53,61
Fernando Da Trindade Schutz	Liberato Salzano	RS	53,61
Mateus Sartor Bazzo	Marista Nsa Sra Rosário	RS	53,61
Bruno Santos Meneses Barreto	COESI	SE	53,61
Davi Tonelli Balbo	Santo Antônio	MG	53,10
Fernanda Ferro Moraes	Olimpo	DF	52,58
Pedro Etelvino Gomes Cabral	3º Milenio	PE	52,58
Renato Moreira Serrano De Andrade	IFPE	PE	52,07
Romana Severo Galvão	IFRN - Natal	RN	52,07

**(\*) Classificam-se para a Fase IV os estudantes  
da Modalidade A agraciados com medalhas.**

# CAPÍTULO

# 5



## 5.2 Exames Fase II

03/10/2021

### INSTRUÇÕES

1. Você tem 4 horas para resolver a prova.
2. A prova consta de 30 questões do tipo múltipla escolha, cada uma contendo cinco alternativas, das quais somente uma deve ser assinalada.
3. Cada questão objetiva será pontuada considerando os seguintes níveis: Nível I – 2,9 pontos, Nível II – 3,4 pontos e Nível III – 3,9 pontos num total de 100 pontos.

### Nível I

- 1) Considere as seguintes afirmativas:

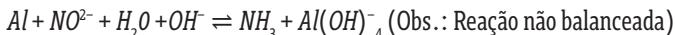
**Obs.:** Considere todos os eventos ocorrendo a 25 °C.

- I. A reação de hidrólise salina é a reação reversível da neutralização.
- II. A dissolução de um sal provoca uma reação de hidrólise.
- III. O íon alumínio é considerado como causador de acidez potencial no solo, devido a sua capacidade de causar reação de hidrólise.
- IV. Ao produzir uma solução a partir da dissolução de 2,5 g de sulfeto de potássio em 100 mL de água, o pH resultante é aproximadamente 10,3.
- V. A solução de um sal formado por uma base fraca com um ácido fraco, assim como a solução de um sal formado por uma base forte com um ácido forte, resultará em um pH neutro.

Assinale o item que apresenta as afirmativas CORRETAS:

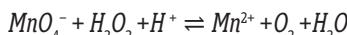
- A) I, II e V      B) I, III, e IV      C) I, II, V      D) III, IV e V      E) II, III, IV e V

- 2)** A fim de oxidar o alumínio existente em 150 mL de uma solução contendo o citado metal em concentração  $0,075\text{ mol}^{-1}$ , foi adicionado 0,05 mol de íon nitrito. Sabendo que a reação só ocorre em meio básico, a massa (g) mínima de NaOH necessária é:



- A)  $5,6 \times 10^{-3}$       B)  $2,3 \times 10^{-3}$       C)  $1,1 \times 10^{-2}$       D)  $2,2 \times 10^{-1}$       E)  $4,5 \times 10^{-1}$

- 3)** A permanganometria é utilizada para determinação da dosagem de peróxido de hidrogênio utilizando uma solução padronizada de permanganato de potássio (solução oxidante) em meio aquoso. Assinale o item que indica uma sequência correta de coeficientes estequiométricos para a reação de oxidação-redução envolvida no processo descrito pela equação essencial abaixo:



- A) 2, 2, 4, 2, 3, 8      B) 2, 5, 6, 2, 5, 8      C) 1, 1, 2, 1, 3, 4  
D) 2, 2, 6, 2, 3, 4      E) 2, 3, 6, 2, 5, 8

- 4)** Durante uma aula prática de campo você estava transportando o sal para um experimento, mas tropeçou e deixou todo sal (NaCl) cair na areia ( $\text{SiO}_2$ ). Assumindo que só existam esses dois sólidos na mistura, qual sequência de métodos de separação você realizaria para recuperar a maior parte do sal?

Escolha a sequência correta a ser utilizada.

- A) diluição  $\rightarrow$  filtração  $\rightarrow$  destilação simples.  
B) catação  $\rightarrow$  liquefação  $\rightarrow$  vaporização.  
C) sedimentação  $\rightarrow$  destilação fracionada  $\rightarrow$  condensação. D) dissolução  $\rightarrow$  filtração  $\rightarrow$  destilação simples.  
E) filtração  $\rightarrow$  sedimentação  $\rightarrow$  vaporização.

- 5)** Com relação às tendências periódicas, estão em destaque quatro elementos A ( $Z = 12$ ), B ( $M.A. = 35,45\text{ u}$ ), C ( $[\text{Xe}] 6s^2$ ) e D (Grupo dos Pnictogênicos do sexto período), assinale a afirmativa falsa:

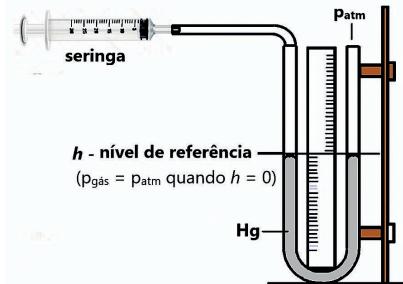
- A) O elemento A possui um raio atômico maior que o elemento B.  
B) O elemento B possui energia de ionização maior do que o elemento D.  
C) O elemento C é menos reativo do que o elemento A.  
D) O elemento D é mais eletronegativo do que o elemento C.  
E) O elemento B tem afinidade eletrônica maior do que todos os elementos apresentados.

- 6) Quando o princípio da incerteza de Heisenberg é aplicado a partículas de mecânica quântica no nível de energia mais baixo de uma caixa unidimensional, qual das seguintes opções é verdadeira?
- O momento é conhecido exatamente, mas nenhuma informação sobre a posição pode ser conhecida.
  - Nenhuma informação sobre a posição ou momento pode ser conhecida.
  - Tanto a posição quanto o momento podem ser conhecidos exatamente.
  - Nem a posição nem o momento podem ser conhecidos com exatidão.
  - A posição é conhecida exatamente, mas nenhuma informação sobre o momento pode ser conhecida.
- 7) Os “gases rarefeitos” são um estado de gás simplificado, comumente conhecido como “gases perfeitos” ou “gases ideais”, que obedecem a algumas leis básicas. Além disso, o comportamento físico de um gás confinado a baixas pressões (normalmente, abaixo de 2 atm) e temperaturas normais (longe do ponto de condensação) não é afetado pela natureza química das moléculas. Nesse sentido, uma lei do gás ideal é uma formulação matemática que expressa relações entre pressão, volume e temperatura, que podem ser encontradas experimentalmente.

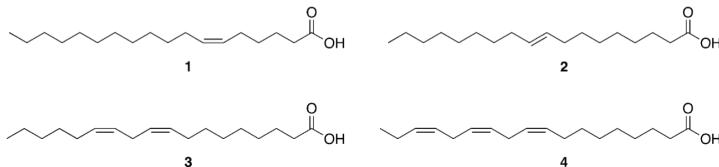
**Adaptado de:** DA SILVA, L. M.; DE CASTRO, A. H. Revisiting ideal gases and proposal of a simple experiment for determining atmospheric pressure in the laboratory. Quim. Nova, v. 41, n. 7, p. 818-824, 2018.

Algumas leis dos gases ideais a que os autores se referem podem ser verificadas com experimentos relativamente simples, como o que eles mesmos propuseram, cujo aparato experimental encontra-se ilustrado a seguir.

O experimento deve ser executado em temperatura fixa e permite observar a relação entre o volume de gás atmosférico injetado pela seringa e a pressão correspondente indicada no manômetro (tubo em U contendo Mercúrio líquido - Hg). Sobre o sistema proposto, assinale a afirmativa que não está de acordo com as observações experimentais a 25 °C.

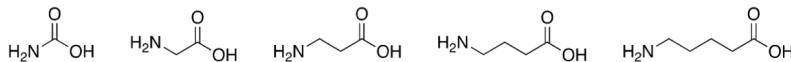


- A) A pressão correspondente ao gás injetado é medida a partir do desnível de Hg nas extremidades do tubo em U.
- B) No experimento deve-se desprezar as interações intermoleculares entre as moléculas do ar atmosférico.
- C) Quanto maiores forem os valores de pressão medidos no manômetro, maiores tendem a ser os desvios do comportamento ideal do ar atmosférico.
- D) Ao se registrar graficamente os diversos valores de pressão medidos em função dos respectivos volumes de ar injetado, obtém-se uma reta.
- E) A temperatura deve ser mantida fixa porque também interfere nas propriedades do ar atmosférico nesse sistema.
- 8)** Um elétron do átomo de hidrogênio realiza uma transição do estado  $n_i$  para o estado  $n = 2$ . Se o fóton emitido possui um comprimento de onda de 656 nm, o valor de  $n_i$  é:
- Dado:**  $R_H = 2,18 \times 10^{-18} \text{ J}$
- A)  $n_i = 5$       B)  $n_i = 3$       C)  $n_i = 4$       D)  $n_i = 6$  . . E)  $n_i = 7$
- 9)** Para estabelecer o equilíbrio entre as três fases da água sob 611,00 Pa, é necessária uma temperatura de 0,01 °C. Sob pressão de  $1,01 \times 10^5 \text{ Pa}$ , é possível estabelecer o equilíbrio entre as fases sólida e líquida na temperatura de 0 °C. Com relação ao equilíbrio de fases, marque a alternativa correta.
- A) Assim como as curvas de equilíbrio entre as outras fases, a curva de equilíbrio entre as fases sólida e líquida apresenta coeficiente angular, da reta tangente, positivo.
- B) A explicação para coeficiente angular da reta tangente, da curva de equilíbrio entre as fases sólida e líquida, tem relação com fenômeno do gelo flutuar na água líquida.
- C) O equilíbrio entre as fases sólida e líquida é possível ser estabelecido sob pressão menor que 611,00 Pa.
- D) O aumento de pressão, provocado pelas láminas dos patins sobre o gelo, favorece a fase sólida facilitando o deslizamento da lâmina.
- E) A inclinação da reta tangente sobre a curva de equilíbrio das fases sólida e líquida tem como única explicação a variação de entalpia positiva do processo de liquefação.
- 10)** Os lipídeos são compostos celulares que quando hidrolisados produzem ácidos alifáticos de cadeia longa. De acordo com a nomenclatura usual para os ácidos insaturados 1-4, assinale o item que apresente TODAS as afirmações verdadeiras descritas.



- A) Ácido vacênico (1), Ácido oléico (2), Ácido  $\gamma$ -linolênico (3) e Ácido linoleico (4).
- B) Ácido vacênico (1), Ácido palmitoleico (2), Ácido gadoléico (3) e Ácido linoleelaídico (4).
- C) Ácido petroselínico (1), Ácido eládico (2), Ácido linoleico (3) e Ácido  $\alpha$ -linolênico (4).
- D) Ácido petroselínico (1), Ácido margárico (2), Ácido palmitoleico (3) e Ácido linolenelaídico (4).
- E) Ácido fisetérico (1), Ácido oléico (2), Ácido gadoléico (3) e Ácido araquidônico (4).
- 11)** As moléculas de proteínas são copolímeros provenientes da condensação entre 20 aminoácidos de ocorrência natural. As estruturas apresentadas abaixo pertencem à classe dos aminoácidos, assinale o item que representa um destes aminoácidos naturais.
- 12)** Os carboidratos – poliidroxialdeídos ou cetonas – podem ser classificados como monossacarídeos, oligossacarídeos ou polissacarídeos. Frequentemente, estas estruturas são representadas por meio de projeções de Fischer. Para a projeção de Fischer fornecida para a aldopentose D-arabinose,

Assinale o item que apresenta a estrutura em linha para o referido carboidrato.



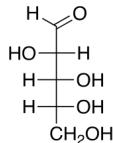
A

B

C

D

E



D-arabinose

## Nível II

- 13)** Analise as afirmativas abaixo e marque a alternativa que apresenta o somatório das afirmativas incorretas. ( $K_{ps} \text{AgI}_3 = 3,1 \times 10^{-8}$ ;  $K_{ps} \text{Ba}(\text{IO}_3)_2 = 1,6 \times 10^{-9}$  e  $K_{ps} \text{Pb}(\text{IO}_3)_2 = 2,5 \times 10^{-13}$ )

**Obs.:** Considere todos os eventos ocorrendo a 25 °C.

- 01)** Em uma solução com  $[\text{Pb}^{2+}] = 1,8 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$  adicionou-se  $[\text{IO}_3] = 2,1 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$ , essa mistura resultará na precipitação de  $\text{Pb}(\text{IO}_3)_2$ .
- 02)** Se a solução do item 01 for diluída 100 vezes, o precipitado se formará.
- 04)** A uma solução que contém concentrações iguais dos íons prata e bário, adicionou-se íons iodato em quantidade suficiente para realizar a separação dos íons por precipitação fracionada. Neste caso o primeiro sal a precipitar é o  $\text{Ba}(\text{IO}_3)_2$ .
- 08)** Quanto a solubilidade de sais pouco solúveis podemos afirmar que a solubilidade destes aumenta com o aumento da temperatura.
- 16)** Durante uma reação de precipitação quanto maior a quantidade de reagente precipitante adicionada, mais eficiente será a precipitação.

- A) 01      B) 10      C) 13      D) 20      E) 31

- 14)** Uma solução tampão é formada quando se mistura um ácido ou base fraca e seu sal conjugado, e caracteriza-se pela sua resistência à variação do pH mesmo quando se adiciona a ela pequenas quantidades de ácidos ou bases. Determine o pH de uma solução tampão formada pela mistura de 100 mL de ácido benzóico ( $C_6\text{H}_5\text{COOH}$ ) 0,1 mol L<sup>-1</sup> com 150 mL de NaOH 0,05 mol L<sup>-1</sup>, em seguida, calcule a variação de pH que sofrerá essa mistura quando forem adicionados 10 mL de ácido clorídrico 0,1 mol L<sup>-1</sup>.  $K_a = 6,20 \times 10^{-5}$
- A) 4,69; -0,21      B) 5,59; +0,21      C) 3,73; +0,11  
D) 3,73; -0,11      E) 4,48; -0,31

- 15)** A diferença de solubilidade de hidróxidos metálicos possibilita o controle de condições para a precipitação seletiva de íons metálicos em solução. Considere uma mistura contendo  $\text{Cu}^{2+}$  na concentração  $1,50 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$  e  $\text{Al}^{3+}$   $2,50 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$ . Qual íon metálico precipita primeiro e em qual pH da solução isto ocorrerá?  $K_{ps} \text{Cu(OH)}_2 = 2,0 \times 10^{-19}$ ;  $K_{ps} \text{Al(OH)}_3 = 1,0 \times 10^{-32}$
- A)  $\text{Cu}^{2+}; 5,26$       B)  $\text{Cu}^{2+}; 8,74$       C)  $\text{Cu}^{2+}; 7,56$       D)  $\text{Al}^{3+}; 4,20$       E)  $\text{Al}^{3+}; 9,80$

- 16)** Sobre o elemento e compostos de nitrogênio são feitas as seguintes afirmativas:  
I. O dinitrogênio ( $\text{N}_2$ ) apresenta baixa reatividade devido ao elevado valor de energia de ligação  $\text{N} \equiv \text{N}$ .

- II. O dióxido de nitrogênio ( $\text{NO}_2$ ) é um óxido ácido, também conhecido como anidrido nítrico.
- III. A reação de formação da amônia ( $\text{NH}_3$ ) é exotérmica, e por isso, sua síntese industrial é feita a baixas temperaturas ( $200\ ^\circ\text{C}$ ), à pressão de aproximadamente de 1 atm e com adição de catalisador.
- IV. A azida de sódio,  $\text{NaN}_3$ , é um composto instável utilizado como matéria prima de *airbags*. Durante a colisão de um automóvel, o composto se decompõe produzindo  $\text{N}_2(g)$  e  $\text{Na}(s)$  como produtos. Para preencher um *airbag* com capacidade de 140 L com dinitrogênio nas CNTP são necessários 270,9 g de  $\text{NaN}_3$ .
- V. O íon  $\text{N}_2^{2-}$  é diamagnético e possui ordem de ligação igual à 2.

São verdadeiras apenas as afirmativas:

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

- 17)** Um determinado hidreto de um halogénio X apresenta valores de carga parcial positiva ( $\delta+$ ) de + 0,121 unidades eletrônicas (u.e.) para o hidrogênio e carga parcial negativa ( $\delta-$ ) de - 0,121 (u.e) para X. A tabela abaixo mostra os valores de comprimento de ligação e o momento de dipolo para os hidretos de halogênio:

Hidreto	Comprimento de Ligação (Å)	Momento de Dipolo (D)
HF	0,92	1,82
HCl	1,27	1,08
HBr	1,41	0,82
HI	1,61	0,44
HAt	1,72	0,00

Sabendo que  $1,00\ \text{u.e.} = 1,602 \times 10^{-19}\ \text{C}$  e que  $1,00\ \text{Debye} = 3,336 \times 10^{-30}\ \text{C m}$ , pode-se concluir que X é:

- A) Flúor      B) Cloro      C) Bromo      D) Iodo      E) Astato

- 18)** Uma molécula hipotética é composta por dois tipos de átomos X e Y. Onde X é o átomo central e o vetor de dipolo para a ligação X-Y é de 1,04 Debye. Sabendo que o momento de dipolo resultante da molécula é 1,27 Debye, qual das opções abaixo tem fórmula e geometria possíveis para essa molécula?

- A)  $\text{XY}_4$ , tetraédrica com ângulos de  $109,5^\circ$   
 B)  $\text{XY}_3$ , trigonal plana com ângulos de  $120^\circ$   
 C)  $\text{XY}_2$ , angular com ângulo de  $98,0^\circ$   
 D)  $\text{XY}_4$ , gangorra com ângulos de  $90^\circ$  e  $105^\circ$   
 E)  $\text{XY}_3$ , forma de T com ângulos de  $90^\circ$

- 19)** A função trabalho, que é a energia necessária para remover um elétron da superfície do metal, do nióbio é de 4,3 eV. A frequência mínima da luz necessária para ejetar elétrons desse metal e a energia cinética dos elétrons ejetados quando uma luz de frequência igual a  $3.110 \times 10^{12}$  Hz irradia sobre esse metal valem, respectivamente:

**Dado:** 1,0 eV  $\approx 1,60 \times 10^{-19}$  J.

- A)  $1,04 \times 10^{15}$  Hz e 2,06 eV.
- B)  $4,56 \times 10^{-52}$  Hz e 8,55 eV.
- C)  $1.040 \times 10^{12}$  Hz e 8,55 eV.
- D)  $6,49 \times 10^{33}$  Hz e  $1,37 \times 10^{-18}$  J. E)  $1,040 \times 10^{12}$  Hz e 2,06 eV.

- 20)** A Agência Nacional do Petróleo (ANP) define as especificações da gasolina de uso automotivo no Brasil. A ANP avalia, entre outros itens, a octanagem da gasolina. As gasolinas com alta octanagem possuem elevada concentração de 2,2,4-trimetilpentano ( $C_8H_{18}$ ). Compreender a energia liberada em sua combustão é crucial. Os calores de formação do 2,2,4-trimetilpentano líquido, do dióxido de carbono gasoso e da água líquida, na condição padrão e a 298,15 K, são respectivamente:  $-255,1\text{ kJ mol}^{-1}$ ;  $-393,51\text{ kJ mol}^{-1}$  e  $-285,83\text{ kJ mol}^{-1}$ . Considere as seguintes afirmativas:

- I. O calor de combustão é  $-5.465,45\text{ kJ mol}^{-1}$  e independe dos valores dos coeficientes estequiométricos utilizados no balanceamento da reação química, pois a energia envolvida é para 1 mol de 2,2,4-trimetilpentano consumido.
- II. A energia envolvida não depende da fase de agregação da água, uma vez que a combustão é do 2,2,4-trimetilpentano.
- III. A quantidade de matéria, em mol, de moléculas gasosas é modificada quando os reagentes se transformam nos produtos. Logo, a variação de entalpia não é igual ao calor envolvido no processo, pois a pressão é modificada.
- IV. Considerando que na condição reacional não há diferença significativa entre os volumes do 2,2,4-trimetilpentano consumido e da água produzida, o sistema sofre trabalho de compressão.
- V. A energia absorvida para a quebra das ligações químicas é menor que a energia liberada na formação das novas ligações químicas.

Assinale o item que representa as afirmativas CORRETAS:

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

- 21)** Com respeito às reações dos álcoois, assinale a alternativa incorreta:

- A) Na reação do propan-1-ol com HBr, a velocidade da reação é proporcional às concentrações de HBr e do álcool representada pela equação  $d[\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Br}]/dt = k_{\text{exp}} [\text{H}^+][\text{Br}^-][\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}]$ .

- B) Uma reação entre um álcool primário e HBr é classificada como reação de substituição, na qual os íons haleto e alcoxônio estão presentes no estado de transição.
- C) Nas reações entre álcoois primários e halogenetos de hidrogênio, a velocidade de reação aumenta na ordem  $I^- < Br^- < Cl^- < F^-$ .
- D) Na reação do 2-metilpropan-2-ol com HBr, a etapa determinante da velocidade independe da concentração do íon haleto e forma carbocátion terciário com hibridação  $2sp^2$  como intermediário.
- E) O 1-metilciclohexanol pode sofrer reação de desidratação na presença de ácido sulfúrico resultando na formação do metilenociclohexano.
- 22)** O enalaprilato é um fármaco inibidor da enzima conversora de angiotensina (ECA) indicado para o tratamento da hipertensão. Observe sua estrutura, analise as afirmações abaixo e responda.
- I) Consiste em um tripeptídeo.
- II) É formado pelos aminoácidos naturais prolina, alanina e fenilalanina. III) Apresenta as funções ácido carboxílico, amida e amina.
- IV) Possui três centros assimétricos e portanto, 8 pares de enantiômeros. V) A molécula possui em sua estrutura o grupo fenetila.
- Assinale o item que apresente TODAS as afirmações verdadeiras descritas.

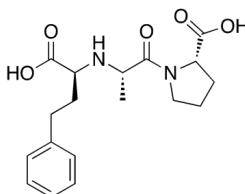
A) I e II

B) I e IV

C) II e III

D) III e V

E) IV e V



### Nível III

- 23)** Sabe-se que o  $H_2CO_3$  é o ácido inorgânico mais importante dos ecossistemas aquáticos, onde aparece especiado nas formas  $H_2CO_3$ ;  $HCO_3^-$  e  $CO_3^{2-}$ . O somatório dessas espécies é representado pelo CID (Carbono Inorgânico Dissolvido), que influencia diretamente o pH das águas naturais. É possível calcular a contribuição de cada espécie a partir da medida do pH de uma amostra de água. Assim pede-se que marque a alternativa que apresente o valor de  $\alpha_{HCO_3^-}$  em uma água cujo pH é 7,9.

**Dados:**  $K_{a1}H_2CO_3 = 4,45 \times 10^{-7}$  e  $K_{a2}H_2CO_3 = 4,69 \times 10^{-11}$ . Obs.: Considere a temperatura de 25 °C.

- A)  $3,62 \times 10^{-3}$       B)  $5,83 \times 10^{-2}$       C)  $2,71 \times 10^{-2}$   
 D)  $7,26 \times 10^{-2}$       E)  $9,69 \times 10^{-1}$

**24)** Analise os itens abaixo:

Uma solução 0,1 mol L<sup>-1</sup> de Fenol ( $C_6H_5OH$ ) tem pH igual a 4,47.

Em pH alcalino a espécie majoritária no equilíbrio de dissociação do fenol é o  $C_6H_5O^-$ .

3. Na titulação de 100 mL de solução 0,1 mol L<sup>-1</sup> de fenol com NaOH 0,1 mol L<sup>-1</sup> o pH no ponto de viragem seria aproximadamente 9,47.
4. Na titulação de 100 mL de solução 0,1 mol L<sup>-1</sup> de fenol com NaOH 0,1 mol L<sup>-1</sup>, o pH da solução quando forem neutralizados 10 % do ácido é 9,00.
5. Uma solução 0,1 mol L<sup>-1</sup> de fenóxido de sódio tem pH maior que 10,00. Dados:  $K_w = 1,0 \times 10^{-14}$ ;  $K_a = 1,1 \times 10^{-10}$

Considerando V como verdadeiro e F como Falso, marque a alternativa correta:

- |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|
| A) 1-V, 2-V, 3-V, 4-F, 5-F | B) 1-F, 2-V, 3-F, 4-V, 5-F |
| C) 1-V, 2-F, 3-V, 4-F, 5-F | D) 1-V, 2-V, 3-V, 4-V, 5-F |
| E) 1-F, 2-V, 3-F, 4-V, 5-V |                            |

**25)** Em uma reação de adição oxidativa o estado de oxidação formal do metal e a contagem de elétrons do complexo aumentam. Qual das reações a seguir é melhor classificada como uma adição oxidativa?

- A)  $[Pt(CH_3)(H)\{P(C_6H_5)_3\}_2] + P(C_6H_5)_3 \rightarrow [Pt\{P(C_6H_5)_3\}_3] + CH_4$
- B)  $[Mn(CH_3)(CO)_5] + PPh_3 \rightarrow [Mn(COCH_3)(CO)_4(PPh_3)]$
- C)  $[PtCl(H)\{P(C_2H_5)_3\}_2] + HCl \rightarrow [PtCl_2(H)_2\{P(C_2H_5)_3\}_2]$
- D)  $[Cr(CO)_6] + Br^- \rightarrow [CrBr(CO)_5]^- + CO$
- E)  $[Mn(H)(CO)_5] + CF_2 = CF_2 \rightarrow [Mn(CF_2CF_2H)(CO)_5]$

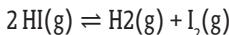
**26)** Dados os seguintes pares:

- |                           |                           |                               |
|---------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| I. $H_3P$ e $H_2S$        | II. $HMnO_4$ e $H_2CrO_4$ | III. $HSO_4^-$ e $HPO_4^{2-}$ |
| IV. $H_3PO_4$ e $H_3PO_3$ | V. $FeCl_2$ e $FeCl_3$    |                               |

A partir destes dados, as espécies de maior caráter ácido de cada par são, respectivamente:

- A)  $H_2S$ ,  $HMnO_4$ ,  $HSO_4^-$ ,  $H_3PO_4$ ,  $FeCl_3$
- B)  $H_3P$ ,  $H_2CrO_4$ ,  $HPO_4^{2-}$ ,  $H_3PO_4$ ,  $FeCl_2$
- C)  $H_2S$ ,  $H2CrO_4$ ,  $HSO_4^-$ ,  $H_3PO_3$ ,  $FeCl_2$
- D)  $H_3P$ ,  $H_2CrO_4$ ,  $HPO_4^{2-}$ ,  $H_3PO_4$ ,  $FeCl_3$
- E)  $H_2S$ ,  $HMnO_4$ ,  $HSO_4^-$ ,  $H_3PO_3$ ,  $FeCl_3$

- 27)** O estado de equilíbrio e a velocidade das reações são independentes, mas inter-relacionados. A fim de analisar tais aspectos numa mesma reação, estudou-se o seguinte equilíbrio, a 500 K.



$E_a = 180 \text{ kJ mol}^{-1}$  (energia de ativação da reação direta a 500 K)

Nas condições experimentais empregadas, sabe-se que a constante de equilíbrio ( $K_c$ ) é  $6,25 \times 10^{-3}$  e a constante cinética ( $k$ )  $2,7 \times 10^{-4} \text{ L mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$  para uma lei de velocidade de segunda ordem em relação a HI na reação direta. Na hipótese de 1,5 mol de reagente ser posto para reagir a 500 K num sistema fechado de volume fixo 3,0 L em equilíbrio térmico com a vizinhança por tempo suficiente para que o equilíbrio químico seja estabelecido, fez-se as seguintes suposições:

**Dados:**  $\Delta_f H^\circ = -26,5 \text{ kJ mol}^{-1}$

- I) O equilíbrio químico se estabelecerá antes do tempo de meia-vida da reação direta, desconsiderando-se a reação inversa até o equilíbrio.
- II) Espera-se um aumento de mais de 2.000 vezes na velocidade inicial da reação direta se a temperatura do sistema aumentar 100 K e o valor de  $E_a$  se mantiver constante.
- III) Se o aumento de temperatura descrito em II for realizado no sistema já em equilíbrio, espera-se um deslocamento no sentido dos produtos.
- IV) Em qualquer temperatura, as constantes de equilíbrio em termos de concentração e pressão ( $K_c$  e  $K_p$ , respectivamente) serão iguais.

Quais das suposições feitas são condizentes com a reação química mostrada anteriormente?

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

- 28)** Considere a seguinte informação: “No processo de mistura entre a  $\text{H}_2\text{O}$  e  $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NH}$ , dietilamina a  $49^\circ\text{C}$ , 1 atm e na fração molar de 0,5 a variação de entropia do processo é  $-8,8 \text{ J K}^{-1}$ .” Sabendo que o processo é espontâneo, marque a alternativa correta.

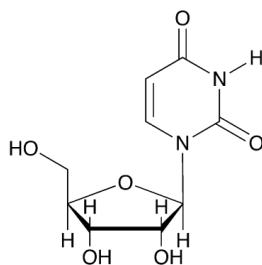
- A) A informação está errada, pois no processo de mistura a solução é mais desorganizada que seus componentes puros.
- B) As energias de Gibbs dos componentes na mistura são maiores quando comparados às condições puras, uma vez que as interações moleculares, na solução, são mais fracas.
- C) A informação está errada. Uma mistura equimolar tem comportamento ideal, assim uma variação de entropia nula é obtida no processo.
- D) O processo é exotérmico para aumentar a entropia da vizinhança o suficiente para

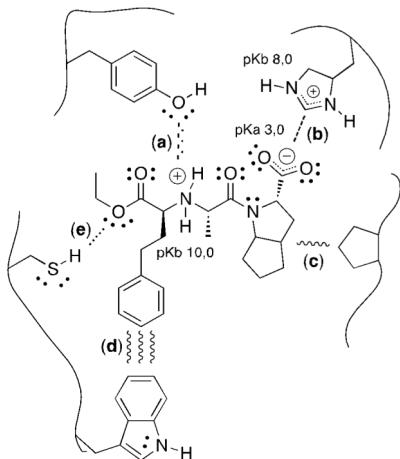
- o processo ser espontâneo.
- E) Nesse caso, em que a variação de entropia é negativa, a variação de energia de Gibbs e a variação de entropia do universo serão negativas para caracterizar o processo espontâneo.
- 29)** De acordo com seu conhecimento sobre ácidos nucleicos, observe a estrutura abaixo, analise as afirmações e responda.
- I) A base nitrogenada pertence à classe das purinas.
  - II) O carboidrato é a aldopentose D-ribose.
  - III) A estrutura é um nucleotídeo denominado uridina.
  - IV) Especificamente a base nitrogenada é a timina
  - V) Quando na forma polimérica com outras unidades de nucleotídeos forma o ácido ribonucleico.

Assinale o item que apresente TODAS as afirmações verdadeiras descritas.

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

- 30)** O ramipril, pertencente à classe terapêutica dos inibidores da enzima conversora de angiotensina (iECA) é indicado para o tratamento da hipertensão arterial sistêmica (HAS). Considerando seu reconhecimento molecular pelo biorreceptor hipotético em pH 5,0, analise as afirmações abaixo e responda:





- I) A maioria das moléculas em solução encontra-se na forma zwitteriônica, mas não em pH 1,0.
- II) A interação (a), entre a amina secundária protonada e a cadeia lateral do resíduo de aminoácido tirosina, é do tipo ion-dipolo.
- III) A interação (b) entre o íon carboxilato e o íon histidínio, se ocorresse em pH 7,0, seria do tipo íon-íon.
- IV) As interações (c) e (d) são do tipo força de London, onde a força de (c) é maior que d em função da repulsão das nuvens eletrônicas dos anéis aromáticos.
- V) A interação (e) que ocorre entre o átomo de oxigênio da subunidade etoxila e a cadeia lateral do resíduo do aminoácido cisteína é do tipo ligação de hidrogênio.

Assinale o item que apresente TODAS as afirmações verdadeiras descritas.

- |                    |                  |              |
|--------------------|------------------|--------------|
| A) I               | B) II e III      | C) I, II e V |
| D) II, III, IV e V | E) I, II, IV e V |              |

## CAPÍTULO

# 5



# OBESQ

OLIMPÍADA BRASILEIRA DO ENSINO  
SUPERIOR DE QUÍMICA.

## 5.1 Exames Fase III

17/10/2021

### INSTRUÇÕES

1. Você tem 3 horas para resolver a prova após acesso.
2. A prova consta de **8 questões** analítico-descriptivos.
3. Cada questão é pontuada antes do enunciado. Total: 200 pontos.
4. Use **somente** caneta preta ou azul para que as respostas fiquem legíveis.

## QUESTÕES ANALÍTICO-EXPOSITIVAS

### QUÍMICA ANALÍTICA

#### QUESTÃO 1

Item	A	B	C	D	Total
Pontos	9	4	4	8	<b>25</b>

Um químico necessita analisar um efluente de uma indústria galvanoplástica a fim de verificar se atende as especificações da legislação para o descarte ambientalmente correto. O efluente em questão contém apenas íons  $\text{Fe}^{3+}$  e  $\text{Cr}^{3+}$  na sua composição. A técnica analítica possível de ser usada, segundo as condições laboratoriais da indústria, é a titulação complexométrica com EDTA. Considere que a determinação dos íons ( $\text{Fe}^{3+}$  e  $\text{Cr}^{3+}$ ) deve ser efetuada simultaneamente utilizando a mesma alíquota amostral, que a solução padrão de EDTA tem concentração  $0,1000 \text{ mol L}^{-1}$  e a análise se deu a  $25^\circ\text{C}$ . Com base nos dados das tabelas e quadro abaixo, responda o que se pede a seguir:

**Tabela 1** - Valores de pK para o EDTA a 25 °C

pK	valor	pK	valor
pK <sub>1</sub>	0,00	pK <sub>4</sub>	2,69
pK <sub>2</sub>	1,50	pK <sub>5</sub>	6,13
pK <sub>3</sub>	2,00	pK <sub>6</sub>	10,37

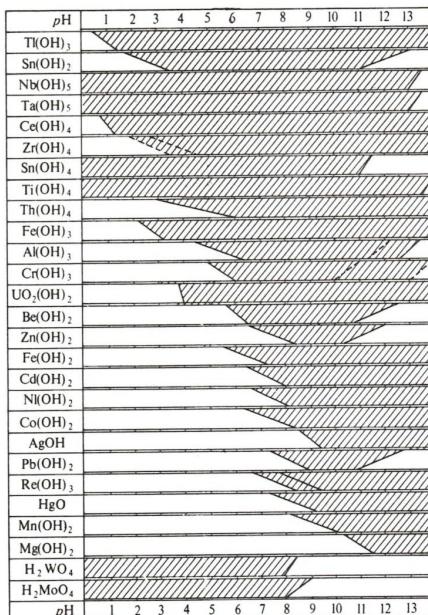
**Fonte:** Harris, Daniel C.; Análise Química Quantitativa - 8<sup>a</sup> edição. RJ. LTC, 2015

**Tabela 2** - Constantes de formação de complexo metal-EDTA

Íon	log de K <sub>f</sub>	Íon	log de K <sub>f</sub>
Li <sup>+</sup>	2,95	C <sup>3+</sup>	23,40
Mg <sup>2+</sup>	8,79	Mn <sup>3+</sup>	25,20
Ca <sup>2+</sup>	10,65	Fe <sup>3+</sup>	25,10
Cr <sup>2+</sup>	13,60	Al <sup>3+</sup>	16,40
Fe <sup>2+</sup>	14,30	Ce <sup>3+</sup>	15,93
Ti <sup>3+</sup>	21,30	Pb <sup>2+</sup>	18,00
V <sup>3+</sup>	25,90	Th <sup>4+</sup>	23,2

**Fonte:** Harris, Daniel C.; Análise Química Quantitativa - 8<sup>a</sup> edição. RJ. LTC, 2015

**Quadro 1** - Gráfico de precipitação metálica em função do pH



**Obs.:** A área hachurada indica a região de pH na qual o precipitado é formado.

**Fonte:** Vogel, Arthur I.; Química Analítica Qualitativa - 5<sup>a</sup> edição. SP. Mestre Jou, 1981

- A)** Qual técnica complexométrica deve ser utilizada para se ter êxito na análise do efluente? Justifique sua resposta.
- B)** Calcule o valor da fração de EDTA na forma  $Y^{-4}$  ( $\alpha_{(Y^{4-})}$ ) para os pHs 3,8 e 9,6
- C)** Qual o valor da constante condicional para a complexação do íon  $Cr^{3+}$  caso a sua determinação tenha sido efetuada no pH 8,0?
- D)** Para analisar o efluente, o químico responsável retirou uma alíquota de 5 mL, diluiu em balão volumétrico para 100 mL. Da alíquota diluída analisou 25 mL, onde o volume de EDTA necessário para determinar a concentração de  $Fe^{3+}$  foi de 5,7 mL tendo a análise sido efetuada em pH 10,0, qual a concentração do referido íon na amostra?

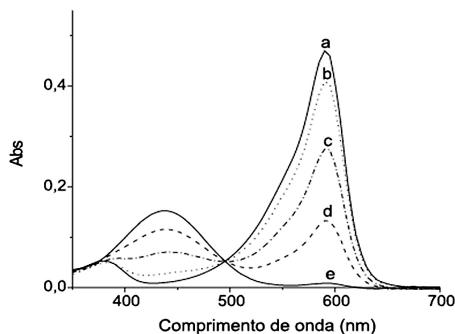
## QUESTÃO 2

Item	A	B	C	Total
Pontos	12	7	6	<b>25</b>

Um estudante utilizou medidas espectroscópicas para caracterizar um corante desconhecido ( $C_x$ ). Para isto, foram feitas medidas de absorbância na região UV-Vis para uma solução aquosa  $7,2 \times 10^{-6}$  mol L<sup>-1</sup> do corante, em diferentes valores de pHs, utilizando uma cubeta de 2 cm de caminho óptico. Sabendo que o estudante encontrou apenas um ponto isosbéstico para o experimento, responda os itens a seguir.

- A)** Utilizando os dados da Tabela a seguir, determine o valor do  $K_a$  para o corante desconhecido.

pH	HIn	In <sup>-</sup>
2,23	0,1449	0,0084
3,43	0,1157	0,1047
4,11	0,0707	0,2748
4,81	0,0282	0,4088
6,70	0,0022	0,4713



Espectro de absorbância na região do UV-Vis do corante desconhecido em água.  
 (a) pH = 6,70; (b) pH = 4,81; (c) pH = 4,11; (d) pH = 3,43; (e) pH = 2,23

**Adaptado de:** PREVIDELLO, B. A. F.; CARVALHO, F. R.; TESSARO, A. L.; DE SOUZA, V. R.; Hioka, N. OpK<sub>A</sub> de indicadores ácido-base e os efeitos de sistemas coloidais. Nova, v.29, n. 3, p. 600-606, 2006.

- B)** Qual o valor aproximado para o coeficiente de absorvidade molar da espécie ácida ( $\epsilon_{\text{Hh}}$ ) e para a espécie básica ( $\epsilon_{\text{In}}$ ) nas condições do experimento? Considere a tabela e a figura acima.
- C)** O estudante utilizou o corante em questão para padronizar uma solução de hidróxido de amônia. Para tanto, foram titulados 100 mL da solução 0,01 mol L<sup>-1</sup> de hidróxido de amônia com ácido clorídrico 0,01 mol L<sup>-1</sup>. Calcule o erro da titulação levando em consideração o valor médio da faixa de pH de viragem do corante como pH do ponto final da titulação.

### QUESTÃO 3

Item	A	B	C	Total
Pontos	10	10	5	<b>25</b>

Os óxidos de césio desempenham um papel importante em muitos dispositivos fotoemissores práticos. São semicondutores de baixa função de trabalho, permitindo que os elétrons escapem do sólido sobre excitações de baixa energia e criem superfícies fotoemissivas adequadas para detecção de luz com alta eficiência quântica (BAND, A. et al. Characterization of Oxides of Cesium, J. Phys. Chem. B, 108, p. 12360-12367, 2004).

- A)** Desenhe o esquema do ciclo de Born-Haber para a formação de óxido de césio (escreva todo o processo termoquímico para as etapas do ciclo).
- B)** Use os dados a seguir e calcule a energia de rede do óxido de césio, considerando os processos na condição padrão, mostrados na tabela a seguir.

Processos	Energia (kJ mol <sup>-1</sup> )
Formação do óxido de césio	- 233
Dissociação do oxigênio molecular gasoso	+ 494
Sublimação do césio metálico	+ 78
Primeira ionização do césio	+ 375
Primeira afinidade eletrônica do átomo de oxigênio	- 141
Segunda afinidade eletrônica do átomo de oxigênio	+ 845

- C)** O óxido de césio é caracterizado como óxido ácido, básico ou neutro? Justifique com reações químicas a sua resposta.

#### QUESTÃO 4

Item	A	B	C	Total
Pontos	6	8	11	<b>25</b>

O ródio é um elemento químico com símbolo Rh e número atômico 45. Sua configuração eletrônica é  $[Kr] 4d^8 5s^1$ . À temperatura de 25 °C e sob uma pressão de 1,00 bar possui densidade de aproximadamente 12,3 g cm<sup>-3</sup>. Sua massa molar é de 102,9 g mol<sup>-1</sup> e possui raio atômico de 135 pm. Sobre o ródio, dê o que se pede:

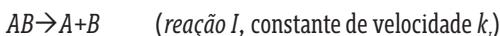
- A)** Qual bloco, grupo e período esse elemento químico pertence?
- B)** Explique o motivo da divergência da configuração eletrônica do ródio em relação ao esperado pelo “diagrama de Linus Pauling”.
- C)** A partir do valor da sua densidade é mais provável que seu sólido tenha uma estrutura: (a) cúbica simples, (b) cúbica de corpo centrado ou (c) cúbica de face centrada? Justifique sua resposta.

#### FÍSICO-QUÍMICA

#### QUESTÃO 5

Item	A	B	C	Total
Pontos	10	5	10	<b>25</b>

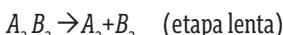
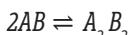
Sob certas condições experimentais o composto AB sofre dissociação, segundo uma cinética de primeira ordem em etapa única



Em outras condições, porém, o composto sofre a reação



num mecanismo que envolve as seguintes etapas



Admita que ambas as reações ocorram à mesma temperatura.

- A)** Determine a lei de velocidade da reação II em função da concentração de AB.
- B)** Para a mesma concentração inicial de AB igual a 0,1 mol L<sup>-1</sup> observa-se um tempo de

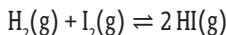
meia-vida ( $t_{1/2}$ ) de 300 segundos em ambas as reações. Sabendo disso, calcule o valor da constante de velocidade de cada reação.

- C)** Considerando as condições do item B), mostre que a reação de menor velocidade inicial é a que converte mais reagentes em produtos após 1000 segundos.

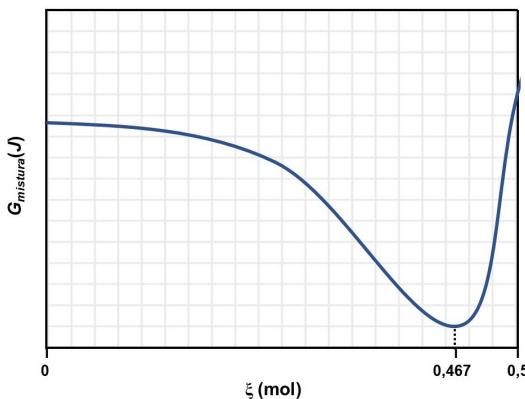
### QUESTÃO 6

Item	A	B	Total
Pontos	10	15	<b>25</b>

O grau de avanço de uma reação ( $\xi$ ) é um conceito muito útil para a compreensão das propriedades do equilíbrio químico. Ao se colocar 0,5 mol de cada reagente  $H_2$  e  $I_2$  num recipiente fechado de volume fixo em equilíbrio térmico com a vizinhança nas condições padrão até o estabelecimento do equilíbrio



observa-se que a variação da energia livre de Gibbs da mistura reacional ( $G_{mistura}$ ) em função de  $\xi$  segue o perfil dado pelo gráfico a seguir.



Admitindo o comportamento ideal da mistura entre reagentes e produto nesta reação, determine:

- A)** O valor da constante de equilíbrio  $K_c$  da reação.  
**B)** O valor estimado de  $\xi$  para o qual o quociente de reação ( $Q$ ) é cem vezes menor que o valor de  $K_c$ .

## QUÍMICA ORGÂNICA

### QUESTÃO 7

Item	A	B	C	Total
Pontos	5	10	10	25

Um determinado composto X teve seus espectros de RMN  $^1\text{H}$  e  $^{13}\text{C}$  simulados e apresentados nas Figuras 1 e 2, respectivamente. A análise desse composto por espectrometria de massas mostrou o pico do íon molecular  $m/z$  182 e os picos  $m/z$  91, 65 e 39.

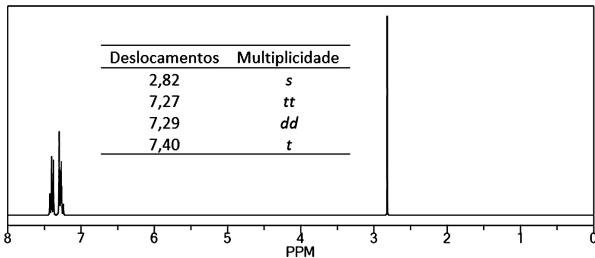


Figura 1: Espectro de RMN  $^1\text{H}$  de X.

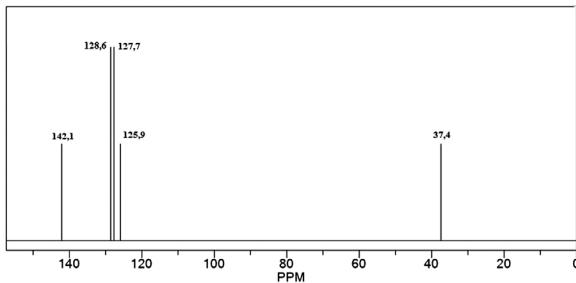


Figura 2: Espectro de RMN  $^{13}\text{C}$  de X.

**De acordo com essas informações, responda:**

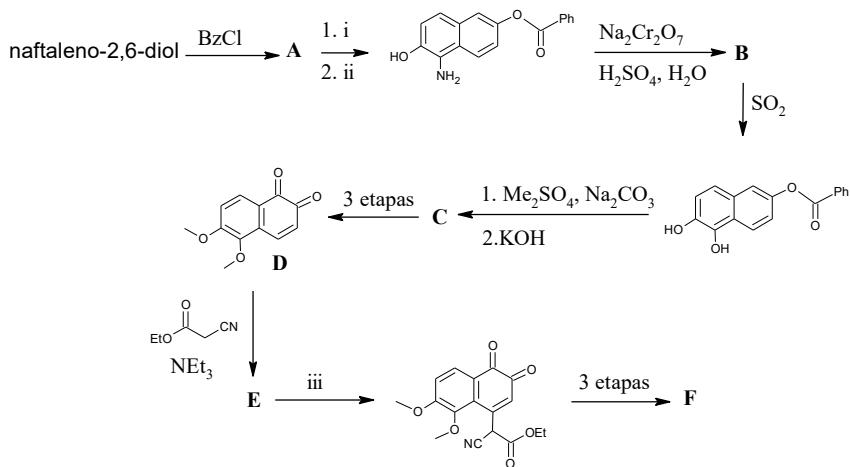
- A)** Qual a estrutura do composto X?
- B)** De acordo com a estrutura proposta associe os sinais do espectro de RMN  $^1\text{H}$  com seus respectivos hidrogênios. Justifique.
- C)** Proponha os mecanismos de fragmentações que levam a formação dos picos em  $m/z$  91, 65 e 39 no espectro de massas.

## QUESTÃO 8

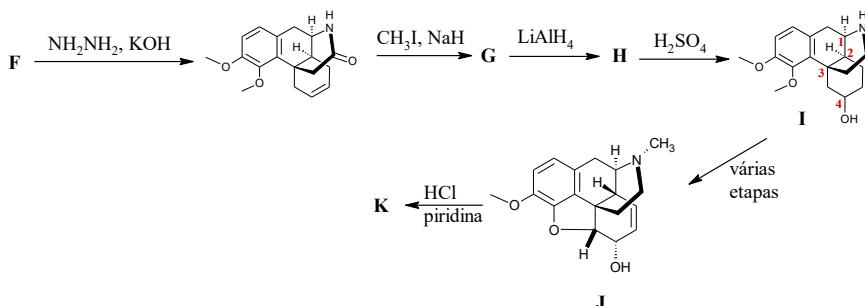
Item	A	B	C	D	Total
Pontos	7	6	4	8	<b>25</b>

A morfina é um alcaloide bastante utilizado como um analgésico forte em dores severas, como do câncer e ataques cardíacos. Esta substância foi descoberta no século XIX por Friedrich Sertürner a partir do ópio. O uso de opioides tem aumentado consideravelmente, sendo que os Estados Unidos e o Canadá são os países de maior utilização *per capita*. Considerando os esquemas mostrados de diferentes sínteses da morfina e demais informações mostradas abaixo, responda:

**Esquema 1:**



**Esquema 2:**



- A)** Quais as fórmulas estruturais das substâncias **A**, **B**, **C** e **E**, bem como, dos reagentes i, ii e iii observados no esquema 1.
- B)** Escreva as fórmulas estruturais dos reagentes e produtos envolvidos nas três etapas do esquema 1.
- C)** Escreva as fórmulas estruturais dos compostos **F**, **G**, **H** e **K**.
- D)** Represente o composto **I** na conformação cadeira com a hidroxila do carbono 4 na posição axial e identifique a configuração (*R/S*) de seus centros estereogênicos.

FORMULÁRIO			
Gás de van der Waals	$p = \frac{RT}{V - b} - \frac{a}{V^2}$	$T_B = \frac{a}{Rb}$	$T_C = \frac{8a}{27Rb}$
Efeito fotolétrico	$E_{INC} = \emptyset + E_{CIN}$	$E_{Fóton} = h\nu$	$E_{Fóton} = \frac{hc}{\lambda}$
Transição Eletrônica		$\frac{1}{\lambda} = Z^2 R_H \left( \frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$	
Eletroquímica	$\Delta G = -nFE$		$E = E^\circ - \frac{RT}{nF} \cdot \ln Q$
1ª Lei da Termodinâmica	$U = w + q$	$\mu_{JT} = \left( \frac{\partial T}{\partial p} \right)_H \cong \frac{\Delta T}{\Delta p}$	$q = \int_{Ti}^{Tf} n\underline{C}(T) dt$
	$U = q_v$	$H = q_p$	
Potencial químico ( $\mu$ )	$\mu = Vdp - SdT + \sum_{i=1}^n \mu_i dn$		$\mu = \mu^\circ + RT \ln \left( \frac{p}{p^\circ} \right)$
Relações da atividade	$a_1 = \gamma_1 M_1$		
Lei de Raoult	$P_1 = P_1^{puro} a_1$ ou $P_1 = P_1^{puro} x_1$ (Solução ideal)		
Ebulioscopia	$\Delta T_{Eb} = i K_{Eb} W_1$		
Constante de Planck (h)	$h = 6,626 \cdot 10^{-34} J \cdot s$		
Constante e Rydeberg ( $R_H$ )	$1,097 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$		
Constante dos Gases Ideais (R)	$0,08206 \cdot atm \cdot L \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1} = 8,314 \cdot J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$		

# CAPÍTULO

# 5



## CLASSIFICAÇÃO GERAL

### LISTA DOS ESTUDANTES MEDALHISTAS

### CLASSIFICADOS DO 1º AO 12º LUGAR EM ORDEM DE CLASSIFICAÇÃO

CLAS.	NOME COMPLETO	CURSO/IES	UF
1	LUCAS VERONA DE ARAUJO	IQ-Unicamp Química	SP
2	GABRIEL AMGARTEN	IQ-USP - Licenciatura Química Diurno	SP
3	BRUNO GABRIEL MOTTA RODRIGUES	IME - Engenharia Química	RJ
4	LUCAS YUTAKA KUROISHI	Eng. Química da Escola Politécnica	SP
5	LUCCAS DE MOURA RIBEIRO	curso de Engenharia Química UFPE	PE
6	JURANDI CAMPELO	IQ-USP - Bacharelado em Química	SP
7	FRANCISCA KARINA CASTRO LIMA	Bacharelado em Química UFC	CE
8	GABRIEL HANAUER	Química Industrial - Bacharelado - UFRGS	RS
9	JOÃO PEDRO DE MEDEIROS GOMES	IME - Engenharia Química	RJ
10	PAULO CESAR BAUTISTA COUTO	Eng. Química da Escola Politécnica	SP
11	RODRIGO MENEZES KERBER	Engenharia Química - UNISINOS	RS
12	VINÍCIUS BESERRA C. DE SOUZA	IME - Engenharia Química	RJ

## MODALIDADE QUÍMICA ANALÍTICA

### MEDALHISTAS - CLASSIFICADOS DO 1º AO 3º LUGAR EM ORDEM ALFABÉTICA

CLAS.	NOME COMPLETO	CURSO/IES	UF
1	EDUARDO PEIXOTO LINS	CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA - UEL	PR
2	ANTONIO MARCELO ALVES LIMA	CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA - UECE	CE
3	CHRISTOPHER PORATH GRETTER	CURSO DE BACHARELADO EM QUÍMICA - UFSC	SC

## MODALIDADE QUÍMICA INORGÂNICA

### MEDALHISTAS - CLASSIFICADOS DO 1º AO 3º LUGAR EM ORDEM ALFABÉTICA

CLAS.	NOME COMPLETO	CURSO/IES	UF
1	LUCAS VERONA DE ARAUJO	IQ-UNICAMP QUÍMICA	SP
2	HENRIQUE DO N. COUTINHO	CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA - UNB	DF
3	JURANDI CAMPELO	IQ-USP - BACHARELADO EM QUÍMICA	SP

## MODALIDADE FÍSICO-QUÍMICA

### MEDALHISTAS - CLASSIFICADOS DO 1º AO 3º LUGAR EM ORDEM ALFABÉTICA

CLAS.	NOME COMPLETO	CURSO/IES	UF
1	BRUNO GABRIEL M. RODRIGUES	IME - ENGENHARIA QUÍMICA	RJ
2	LUCAS VERONA DE ARAUJO	IQ-UNICAMP QUÍMICA	SP
3	LUCCAS DE MOURA RIBEIRO	CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA UFPE	PE

## MODALIDADE QUÍMICA ORGÂNICA

### MEDALHISTAS - CLASSIFICADOS DO 1º AO 3º LUGAR EM ORDEM ALFABÉTICA

CLAS.	NOME COMPLETO	CURSO/IES	UF
1	LUIZ PAULO MELCHIOR DE O. LEÃO	Química - Licenciatura - UNIFAL - MG	MG
2	NATÁLIA SOARES DE OLIVEIRA	CURSO DE BACHARELADO EM QUÍMICA - UNB	DF
3	ANA BEATRIZ DA S. SAMPAIO	Curso de Bacharelado em Química Tecnológica	DF

# CAPÍTULO

# 6



## Programa Nacional Olimpíadas de Química Olimpíada Brasileira de Química - 2020 Fase IV

### Questão 1

**Determinação do Kps do bromato de prata.** <https://youtu.be/U9AhtWP66Zg>

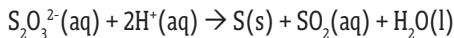
- 1.1. Após o “empacotamento” da resina de troca catiônica, verificou-se o pH da solução eluída da coluna. O que o resultado observado indica? **(8 pt)**
- 1.2. Antes de ser “passada” pela coluna de troca iônica, a solução de Bromato de Prata foi filtrada. Observa-se que o papel de filtro não foi molhado nesta ocasião. O procedimento está correto? Justifique. **(8 pt)**
- 1.3. Qual o nome da vidraria utilizada na transferência da solução de Bromato de Prata para dentro da coluna? Qual a justificativa para o uso dessa vidraria? **(12 pt)**
- 1.4. Por que o analista, ao final da titulação, gotejou a solução eluída da coluna no Erlenmeyer? O que o resultado observado indica? **(12 pt)**
- 1.5. Com base nos dados do experimento, qual o valor do Kps do Bromato de Prata? **(16 pt)**
- 1.6. Explique o resultado observado no teste do eluído da coluna (após regeneração da resina) com solução de NaCl. **(10 pt)**
- 1.7. Baseado nos resultados mostrados, a resina poderia ser regenerada utilizando HCl concentrado? **(10 pt)**
- 1.8. Calcule as cargas formais dos átomos nas estruturas de Lewis do ânion bromato mostradas abaixo: **(16 pt)**
- 1.9. Baseando-se nos cálculos das cargas formais acima, aponte a estrutura mais estável para o ânion. Justifique. **(8 pt)**

### Questão 2

**Determinação de uma lei cinética de uma reação de formação de enxofre.**

[https://www.youtube.com/watch?v=fL9wSjv\\_Klo](https://www.youtube.com/watch?v=fL9wSjv_Klo)

No experimento “Determinação da lei cinética de uma reação de formação de enxofre” mostrado no vídeo a reação química estudada foi



A técnica experimental consiste em se medir o tempo transcorrido,  $\Delta t$ , desde a mistura dos reagentes até que a reação atinja um mesmo grau de formação de produtos [quantidade fixa de enxo-

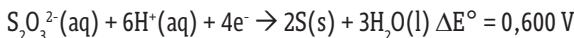
fre, embora desconhecida, em suspensão em um mesmo volume de água]. Para tanto, colocou-se o bêquer contendo uma solução de tiosulfato de sódio de quantidade de matéria conhecida sobre uma superfície branca e, sob o bêquer, colocou-se uma tira de plástico preto. O tempo decorrido desde a adição de ácido clorídrico até não mais se perceber a tira preta foi registrado.

Foram preparadas cinco soluções de tiosulfato de sódio em água em cinco bêqueres de 100 mL, conforme a tabela abaixo e o procedimento descrito acima foi repetido para cada uma das soluções, mantendo-se a concentração de  $H^+$  constante, em excesso, com os seguintes valores de tempo obtidos para a reação a 25 °C:

Para estudar o efeito da temperatura na reação, foi preparado um banho de gelo e no bêquer foram colocados um bêquer contendo a solução de tiosulfato e um bêquer contendo HCl 2,0 mol L<sup>-1</sup>. As soluções de tiosulfato utilizadas e os resultados obtidos são mostrados a seguir:

De acordo com o vídeo, com a descrição dos experimentos e dos resultados apresentados, responda os itens a seguir:

- 2.1.** Determine a ordem da reação em relação ao  $S_2O_3^{2-}$ . **(20 pt)**
- 2.2.** A maneira como o experimento foi conduzido garante que, de maneira aproximada, podemos garantir que a concentração de enxofre produzido é sempre a mesma no momento que os intervalos de tempo foram registrados. Explique porque a afirmação anterior é verdadeira. **(10 pt)**
- 2.3.** Assumindo que a reação é de ordem zero em relação ao  $H^+$ , determine a energia de ativação da reação. **(20 pt)**
- 2.4.** A reação estudada no experimento é uma reação de desproporcionamento? Justifique. **(10 pt)**
- 2.5.** Dadas as seguintes semi-reações com os respectivos potenciais de redução em meio ácido:



**Determine** se a reação que ocorre no experimento é espontânea.

**Justifique** com cálculos. **(10 pt)**

- 2.6.** Escreva as estruturas de Lewis dos íons tiosulfato, ditionato ( $S_2O_6^{2-}$ ) e tetrionato ( $S_4O_6^{2-}$ ). **(10 pt)**
- 2.7.** No experimento foi utilizada uma bureta para medir os volumes das soluções utilizadas. A bureta é o instrumento mais adequado para fazer essas medições? Justifique. **(10 pt)**
- 2.8.** No experimento foram medidos os intervalos de tempo até que não fosse mais possível visualizar a tira de plástico preta abaixo do bêquer. Qual a propriedade da suspensão que impede que a tira de plástico preta seja visualizada? Explique. **(10 pt)**

**Questão 3** **Nitração da acetanilida.** <https://www.youtube.com/watch?v=n3K81cT95iU>

- 3.1.** Com relação às medições de volume do ácido acético glacial e do ácido sulfúrico concentrado, por que foi utilizada proveta ao invés de pipeta volumétrica? **(6 pt)**
- 3.2.** Observou-se que o meio ácido (após adição de ácido sulfúrico concentrado) permitiu a solubilização da acetanilida. Por que não se observou essa solubilização quando foi adicionado apenas o ácido acético glacial? **(8 pt)**
- 3.3.** O experimento ocorreria da mesma forma, se ao invés de utilizar ácido acético glacial, fosse utilizado água como solvente? Explique. **(8 pt)**
- 3.4.** A solução sulfonítrica obtida pela mistura dos ácidos sulfúrico e nítrico concentrados, fornece o eletrófilo  $\text{NO}_2^+$ . Esquematize a reação de formação deste eletrófilo e aponte as espécies que são classificadas como ácido e base de Brönsted-Lowry. **(10 pt)**
- 3.5.** Desenhe três possíveis estruturas de ressonância do  $\text{NO}_2^+$  e utilizando as cargas formais, justifique qual deve ser a mais estável. **(14 pt)**
- 3.6.** A adição de cloreto de sódio ao banho de gelo proporciona uma menor temperatura, porém se observa que o gelo derrete mais rapidamente. Há alguma contradição neste fato? Justifique. **(8 pt)**
- 3.7.** Desenhe as estruturas de ressonância da acetanilida e indique quais as posições preferenciais para o ataque do eletrófilo. A resposta só será válida acompanhada das estruturas de ressonância. **(12 pt)**
- 3.8.** Esquematize a reação de nitração da acetanilida mostrando as estruturas desta e dos dois produtos principais esperados. **(10 pt)**
- 3.9. Qual dos dois produtos da reação é esperado em quantidade majoritária? Justifique. **(10 pt)**
- 3.10.** Observa-se que o papel de filtro foi molhado na ocasião da filtração à vácuo. O procedimento está correto? Justifique. **(7 pt)**
- 3.11.** Após a lavagem com água gelada, espera-se que a mistura sólida de produtos seja enriquecida em um dos produtos esperados. Indique qual é o produto e o porquê disso ocorrer. **(7 pt)**

## CAPÍTULO

## 6



# Programa Nacional Olimpíadas de Química

## Olimpíada Brasileira de Química 2020 - Fase IV

### R E S U L T A D O

NOME	ESCOLA	UF	Escore Fase III	Escore Fase IV	Resultado
Marina Malta Nogueira	Ari de Sá Cavalcante	CE	97,62	100,00	<b>99,29</b>
Lucas Takayasu	Etapa III	SP	100,00	93,99	<b>95,80</b>
Vinicio da Silveira Lanza Avelar	Ari de Sá Cavalcante	CE	94,65	93,99	<b>94,19</b>
Cassia Caroline Aguiar da Ponte	Master	CE	88,10	95,71	<b>93,43</b>
Pedro Sales Toro Alonso	Etapa	SP	97,62	91,42	<b>93,28</b>
Hana Gabriela Albuquerque Sousa	Colegio Militar de Manaus	AM	86,31	88,42	<b>87,78</b>
Luiz Felipe Giareta Schmitt	Etapa	SP	85,72	80,69	<b>82,20</b>
Juliana Mitie Hosne Nakata	Etapa III	SP	73,22	85,84	<b>82,05</b>
Kairan Alves de Freitas Barros	Master	CE	71,43	84,98	<b>80,92</b>
Jana Almeida Pacheco dos Santos	Colegio Militar de Salvador	BA	83,93	77,26	<b>79,26</b>
Vinícius Kenji Amano Tanaka	Etapa	SP	90,48	67,81	<b>74,61</b>
Rafael Moreno Ribeiro	Colegio Militar de Salvador	BA	68,45	70,82	<b>70,11</b>
Felipe Farah Affonso Alves	Colégio Militar do RJ	RJ	79,76	64,81	<b>69,30</b>
Helena Baptista Reis	Colégio PH	RJ	72,03	65,67	<b>67,58</b>
Glauco César Prado Soares	Colégio Militar de Brasilia	DF	64,88	68,67	<b>67,54</b>
Vinícius Conrado Farias	Master	CE	79,17	60,52	66,11
Diego Teixeira Ribeiro	Escola Educacao Criativa	MG	75,00	59,66	64,26
Giovanni Carrilho Malta	Objetivo Integrado	SP	91,07	50,65	62,77
Gabriel Nobuaki Nojima	Colégio Militar do Recife	PE	61,91	62,23	62,14
João Pedro Moritz de Carvalho	Dante Alighieri	SP	80,36	54,08	61,96
Caio Escórcio Lima Dourado	Instituto Dom Barreto	PI	90,48	48,50	61,09
Nataniel Marques Viana Neto	Farias Brito	CE	66,67	54,51	58,16
Erik Matsuda Serikava	Etapa	SP	62,50	54,94	57,21
Rui Andrade Carvalho Nunes	Arena	GO	86,91	42,06	55,52
Sofia Severo Galvão	IFRN - Campus Parnamirim	RN	86,91	42,06	55,52
João Otávio Paiva Farias	Farias Brito Sobralense	CE	66,67	50,65	55,45
Rodrigo Oliveira do Nascimento	IFRJ	RJ	61,91	49,36	53,12
Ruan Silva Miranda Siqueira	CEFET-Mg - Timoteo	MG	67,86	45,92	52,50
Caio Augusto Siqueira da Silva	Objetivo	SP	62,50	48,07	52,40
Bárbara Fernandes Dias Bueno	Escola Batista de Acesita	MG	69,64	43,35	51,24
Felipe Mandalozzo Tebcherani	Colégio Positivo Master	PR	79,76	38,63	50,97
Felipe de Faria Teixeira	CPII - Campus Tijuca II	RJ	69,05	42,49	50,46
Fabiano Meneguzzi de Souza Ramos	Bandeirantes	SP	61,91	45,07	50,12
Matheus Santos Gama de Lima	Nucleo	PE	74,41	38,63	49,36
Sofia Barbosa Henrique	Interação	TO	73,22	37,77	48,40
Lucas Lana Moreira Lima	Colégio Bernoulli	MG	72,62	36,91	47,62

\* Os marcados com sombreado foram classificados para a Fase IV

## CAPÍTULO

# 7



## Olimpíada Brasileira de Química 2020 Fase V Curso de Aprofundamento e Excelência em Química



A **Fase V da Olimpíada Brasileira de Química** é constituída por um curso tradicionalmente ministrado na forma presencial por professores de uma das universidades parceiras deste Programa Nacional. Ela dá continuidade aos exames iniciados no ano anterior.

Em 2021, esta fase foi realizada de forma remota sob a responsabilidade do Instituto de Química da USP, com professores dessa instituição e professores convidados lotados em outras universidades parceiras.

O curso foi realizado no período de **19 a 23/04/2021** com a participação dos quinze estudantes mais bem classificados na fase anterior e teve por objetivo discutir com os estudantes participantes os temas abordados na **International Chemistry Olympiad** que neste ano foi organizada por professores de universidades japonesas. Os assuntos tratados foram os sugeridos no caderno de problemas preparatórios divulgado pela organização desse certame internacional.

Trinta dias após esse curso de aprofundamento os estudantes participam de um exame que definirá os quatro estudantes que representarão o Brasil na International Chemistry Olympiad - I e três estudantes que participarão na Olimpíada Ibero-americana de Química, sendo o quarto estudante que completa a equipe o mais bem classificado na IChO.

# CAPÍTULO 8



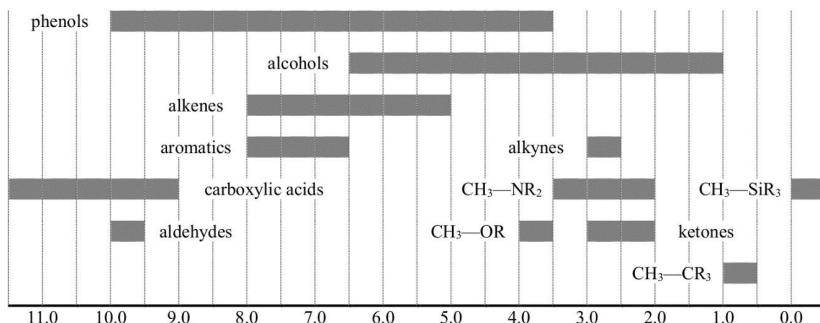
## Exame da Olimpíada Brasileira de Química 2020 – Fase VI

### Constantes físicas, Unidades, Fórmulas e Equações

Constante universal dos gases .....	$R = 8,3145 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} = 0,08205 \text{ atm L K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
Pressão padrão.....	$p^0 = 1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$
Pressão atmosférica .....	$1 \text{ atm} = 1,01325 \times 10^5 \text{ Pa} = 760 \text{ mmHg}$
Pi .....	$\pi = 3,14$
Mudança de base em logaritmos .....	$\log x = \frac{1}{\ln 10} \ln x$
Zero na escala Celsius .....	273,15 K
Angstrom.....	$1 \text{\AA} = 10^{-10} \text{ m}$
Massa do elétron.....	$m_e = 9,1094 \times 10^{-31} \text{ kg}$
Constante de Avogadro .....	$N_A = 6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Constante de Boltzmann.....	$k_B = R/N_A = 1,38 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$
Unidade de massa atómica .....	$1 \text{ uma} = 1,661 \times 10^{-27} \text{ kg}$
Constante de Faraday .....	$F = 96.485 \text{ C mol}^{-1}$
Elétron-volt.....	$1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J} = 96.485 \text{ J mol}^{-1}$
Constante de Planck .....	$h = 6,626 \times 10^{-34} \text{ J s}$
Velocidade da luz .....	$c = 2,998 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$
Constante do produto iônico água a 25 °C .....	$K_w = 1,0 \times 10^{-14}$
Equação do gás ideal .....	$pV = nRT$
Equação de van der Waals para os gases reais .....	$p = \frac{nRT}{V-nb} - a \frac{n^2}{V^2}$
Primeira lei da termodinâmica.....	$\Delta U = q + w$
Potência de entrada para um dispositivo eletrônico .....	$P = UI$ , onde U é a voltagem e I a corrente elétrica
Entalpia.....	$H = U + pV$

Energia de Gibbs .....	$G = H - TS$
Energia de Gibbs .....	$\Delta_f G = \Delta_f G^\circ + RT \ln Q$
Energia de Gibbs .....	$\Delta_f G^\circ = -RT \ln K = -nF E_{cel}^\circ$
Quociente da reação para uma reação $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$	
	$Q = \frac{[C]^c[D]^d}{[A]^a[B]^b}$
Variação de entropia.....	$\Delta S = \frac{q_{rev}}{T}$ , onde $q_{rev}$ é o calor para um processo reversível
Quantidade de calor para capacidade calorífica molar independente da temperatura	$q = nC_m \Delta T$
Equação de Van't Hoff.....	$\frac{d \ln K}{dt} = \frac{\Delta_f H_m}{RT^2} \Rightarrow -\frac{\Delta_f H_m}{R} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$
Equação de Clapeyron.....	$\frac{dp}{dT} = \frac{\Delta_{trs} H}{T \Delta_{trs} V}$
Equação de Clausius-Clapeyron.....	$\ln \frac{p_2}{p_1} = -\frac{\Delta_{vap} H}{R} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$
Equação de Henderson-Hasselbach.....	$pH = pK_a + \log [A]/[HA]$
Equação de Nernst-Peterson	$E = E^\circ - \frac{RT}{nF} \ln Q = E^\circ - \frac{0.059 V}{n} \log Q$
Energia do fóton .....	$E = h c \lambda^{-1}$
Relação entre energia em eV e em J.....	$E[eV] = E[J]/q_e$
Lei de Lambert-Beer .....	$A = \log I_0/I = \varepsilon l C$
Transmitância vs Absorbância. ....	$T = I/I_0; A = -\log T$
Número de onda .....	$\tilde{\nu} = \frac{v}{c} = \frac{1}{2\pi c} \sqrt{\frac{k}{\mu}}$
Massa reduzida, $\mu$ , para uma molécula AX.....	$\mu = \frac{m_A m_X}{m_A + m_X}$
Leis integradas de velocidade:	
Ordem zero .....	$[A] = [A]_0 + kt$
Primeira ordem .....	$\ln[A] = \ln[A]_0 - kt$
Segunda ordem .....	$\frac{1}{[A]} = \frac{1}{[A]_0} + kt$
Equação de Arrhenius .....	$k = Ae^{-E_a/RT}$
Meia-vida para um processo de primeira ordem .....	$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k}$

### Chemical shifts of hydrogen (in ppm /TMS)



### Constantes de acoplamento H-H (em Hz)

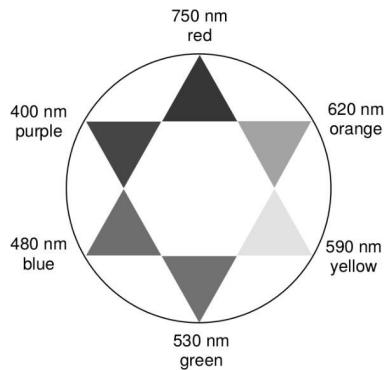
Hydrogen type	$ J_{ab} $ (Hz)
$\text{R}_2\text{CH}_a\text{H}_b$	4-20
	2-12
$\text{R}_2\text{H}_a\text{C}-\text{CR}_2\text{H}_b$	if free rotation: 6-8 ax-ax (cyclohexane): 8-12 ax-eq or eq-eq (cyclohexane): 2-5
$\text{R}_2\text{H}_a\text{C}-\text{CR}_2-\text{CR}_2\text{H}_b$	if free rotation: < 0.1 otherwise (rigid): 1-8
$\text{RH}_a\text{C}=\text{CRH}_b$	cis: 7-12 trans: 12-18
$\text{R}_2\text{C}=\text{CH}_a\text{H}_b$	0.5-3
$\text{H}_a(\text{CO})-\text{CR}_2\text{H}_b$	1-3
$\text{RH}_a\text{C}=\text{CR}-\text{CR}_2\text{H}_b$	0.5-2.5

### Tabela de espectroscopia IV

Vibrational mode	$\sigma$ ( $\text{cm}^{-1}$ )	Intensity
alcohol O—H (stretching)	3600-3200	strong
carboxylic acid O—H (stretching)	3600-2500	strong
N—H (stretching)	3500-3350	strong
$\equiv\text{C}-\text{H}$ (stretching)	3300	strong
$=\text{C}-\text{H}$ (stretching)	3100-3000	weak
C—H (stretching)	2950-2840	weak
$-(\text{CO})-\text{H}$ (stretching)	2900-2800	weak
$\text{C}\equiv\text{N}$ (stretching)	2250	strong

C≡C (stretching)	2260-2100	variable
aldehyde C=O (stretching)	1740-1720	strong
anhydride C=O (stretching)	1840-1800; 1780-1740	weak; strong
ester C=O (stretching)	1750-1720	strong
ketone C=O (stretching)	1745-1715	strong
amide C=O (stretching)	1700-1500	strong
alkene C=C (stretching)	1680-1600	weak
aromatic C=C (stretching)	1600-1400	weak
CH <sub>2</sub> (bending)	1480-1440	medium
CH <sub>3</sub> (bending)	1465-1440; 1390-1365	medium
C—O—C (stretching)	1250-1050 (several)	strong
C—OH (stretching)	1200-1020	strong
NO <sub>2</sub> (stretching)	1600-1500; 1400-1300	strong

## Luz visível



Para descrever o movimento rotacional de uma molécula diatômica, o modelo do rotor rígido costuma ser utilizado. Nesse modelo, considera-se que o comprimento de ligação ( $R$ ) da molécula diatômica se mantém constante durante o movimento de rotação. Usando-se o modelo do rotor rígido, a energia rotacional de uma molécula diatômica é dada por

$$E_J = \frac{h^2}{8\pi^2 I} J(J+1)$$

Em que  $h$  é a constante de Planck,  $I$  é o momento de inércia da molécula e  $J$  é um inteiro não negativo. O momento de inércia é dado por

$$I = \mu R^2$$

Em que  $\mu$  é a massa reduzida e  $R$  é o comprimento de ligação da molécula diatômica.

No espectro de microondas da molécula  ${}^1\text{H}{}^{35}\text{Cl}$  o valor da frequência de menor energia é 635 GHz.

**1.1.** Calcule o comprimento de ligação da molécula de  ${}^1\text{H}{}^{35}\text{Cl}$  em Å.

**1.2.** Calcule a frequência da absorção rotacional de menor energia para a molécula  ${}^2\text{D}{}^{35}\text{Cl}$ .

A energia rotacional molecular é distribuída pelos níveis de energia quantizados, e a razão de distribuição é proporcional ao seguinte fator:

$$e^{-\frac{E_J}{k_B T}}$$

Em que  $k_B$  é a constante de Boltzmann e  $T$  é a temperatura absoluta. Esse fator é conhecido como fator de Boltzmann, e a soma desse fator para todos os níveis rotacionais é  $q_{rot}$ , que é chamada de função de partição rotacional.

**1.3.** Mostre que a função de partição rotacional para uma molécula diatômica é dada por

$$q_{rot} = \sum_{J=0}^{\infty} g_J e^{-\beta h B J (J+1)}$$

Em que  $g_J$  é a degenerescência de cada nível de energia rotacional ( $2J+1$ ),  $\beta$  é igual a  $1/k_B T$

$$B = \frac{h}{8\pi^2 I}$$

É a chamada constante rotacional da molécula. A grandeza

$$\theta_{rot} = \frac{hB}{k_B}$$

É chamada de **temperatura rotacional**.

**1.4.** Mostre que  $\theta_{rot}$  tem unidade de temperatura.

**1.5.** Calcule a temperatura rotacional para a molécula de  ${}^1\text{H}{}^{35}\text{Cl}$ .

O valor de  $\theta_{rot}/T$  geralmente é bem pequeno em temperaturas comuns para moléculas diatônicas. Assim, a soma dada pela equação da questão X.3 pode ser aproximada pela seguinte integral em temperaturas comuns

$$q_{rot} = \int_{J=0}^{\infty} g_J e^{-\beta h B J (J+1)} dJ$$

cuja resolução nos leva a

$$q_{rot} = \frac{T}{\theta_{rot}}$$

A fração de moléculas que ocupa um determinado nível de energia é dada por

$$f_J = \frac{g_J e^{-\beta E_j}}{q_{rot}}$$

**1.6.** Calcule a fração de moléculas que ocupa os 5 primeiros níveis de energia rotacional para o  ${}^1\text{H}{}^{35}\text{Cl}$  a  $25^\circ\text{C}$ .

**1.7.** Determine o nível de energia rotacional do  ${}^1\text{H}{}^{35}\text{Cl}$  com maior fração de ocupação a  $25^\circ\text{C}$ .

### Problema 2

17% do total

O dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) é o principal gás de efeito estufa e, por esta razão, vários países estão em busca de novas estratégias para reduzir as emissões deste gás na atmosfera. Há um consenso mundial de que uma das maiores problemáticas ambientais da atualidade e que vem chamando atenção de pesquisadores e governos é a elevada concentração de gases de efeito estufa na atmosfera terrestre. O  $\text{CO}_2$  apresenta-se como um dos principais gases causadores deste problema, tornando-se assim tema de estudos com a finalidade de encontrar rotas alternativas para a captura deste gás em correntes industriais. Assim, entre as opções tecnológicas para a mitigação dessas mudanças, a captura e o armazenamento de carbono (CCS) surgem como uma escolha interessante e promissora para a redução das emissões de gases do efeito estufa (GEE) a partir de grandes emissores, como termelétricas, refinarias de petróleo e fábricas de cimento.

Para gases que são ligeiramente solúveis em água, há uma relação proporcional entre a pressão parcial,  $P$ , e a fração molar,  $x$ , das moléculas de gás dissolvidas na água (lei de Henry):

$$P = k_h x$$

em que  $k_H$  é o coeficiente da lei de Henry. Em aplicações práticas, normalmente a lei de Henry é expressa em termos da molalidade, b, do soluto,

$$P = k_B b$$

em que  $k_B$  é o coeficiente da lei de Henry em termos da molalidade do soluto em mol kg<sup>-1</sup>.

- 2.1.** Sabendo que a constante da lei de Henry em termos da molalidade para o CO<sub>2</sub> em água a 25 °C é igual 3,01 x 10<sup>3</sup> kPa kg mol<sup>-1</sup>, **determine** a solubilidade em mol L<sup>-1</sup> do CO<sub>2</sub> em água, a 25 °C, e sob a pressão parcial de 35 Pa, que é a pressão parcial do CO<sub>2</sub> na atmosfera ao nível do mar. (Admita que a densidade da solução é aproximadamente igual à densidade da água a 25 °C, d = 0,997 kg dm<sup>-3</sup>)
- 2.2.** **Determine** o coeficiente da lei de Henry em termos de fração molar,  $k_H$ , para o CO<sub>2</sub> em água a 25 °C.
- 2.3.** **Marque** a alternativa que completa corretamente a seguinte frase:

“A fração molar de CO<sub>2</sub> dissolvido em água a 50 °C é \_\_\_\_\_ que a mesma grandeza a 25 °C.

<input type="checkbox"/>	Menor
<input type="checkbox"/>	A mesma
<input type="checkbox"/>	Maior

- 2.4.** **Marque** a alternativa que completa corretamente a seguinte frase:

“A constante da lei de Henry do CO<sub>2</sub> dissolvido em água a 50 °C é \_\_\_\_\_ que a mesma grandeza a 25 °C.

- 2.5.** **Marque** a alternativa que completa corretamente a seguinte frase:

“A entropia de um sistema fechado contendo do CO<sub>2</sub> dissolvido em água a 50 °C é \_\_\_\_\_ que a mesma grandeza a 25 °C.

<input type="checkbox"/>	Menor
<input type="checkbox"/>	A mesma
<input type="checkbox"/>	Maior

O processo de captura e sequestro de CO<sub>2</sub> pode ser realizado por diversas técnicas, porém a que se destaca, pela eficiência e viabilidade econômica, é o processo de adsorção. Na adsorção, o gás livre e o gás adsorvido estão em equilíbrio dinâmico. O grau de recobrimento da superfície, θ, é definido como

$$\theta = \frac{\text{número de sítios de adsorção ocupados}}{\text{número total de sítios de adsorção disponíveis}}$$

e depende da pressão do gás em equilíbrio.

O grau de recobrimento é também expresso em termos do volume de adsorvado adsorvido por

$$\theta = \frac{V}{V_\infty}$$

em que  $V_\infty$  é o volume de adsorvado que corresponde ao recobrimento completo da amostra por uma camada monomolecular.

A variação de  $\theta$  com a pressão, a uma temperatura constante, é uma isotermia de adsorção. A isotermia mais simples fisicamente plausível está baseada em três hipóteses:

- A adsorção não pode ir além do recobrimento com uma monocamada.
- Todos os sítios de adsorção são equivalentes.
- A capacidade de uma molécula ser adsorvida em um certo sítio é independente da ocupação dos sítios vizinhos (ou seja, não há interações entre as moléculas adsorvidas).

Esse tipo de isotermia é conhecido como **isotermia de Langmuir**.

O equilíbrio dinâmico é



com as constantes de velocidade  $k_a$  para a adsorção e  $k_d$  para a dessorção. A velocidade de variação do grau de recobrimento,  $d\theta/dt$ , provocada pela adsorção é proporcional à pressão parcial de  $A$ ,  $P$ , e do número de sítios vagos.

## 2.6. Mostre que

$$\theta = \frac{KP}{1 + KP}$$

em que  $K = k_a/k_d$ .

## 2.7. Mostre que $K$ tem como unidade o inverso da unidade de pressão.

Na adsorção com dissociação, quando  $A_2$  adsorve na forma de 2  $A$ , a velocidade de adsorção é proporcional à pressão e à probabilidade de os dois fragmentos  $A$  encontrarem sítios e a velocidade de dessorção é proporcional à frequência de encontros de átomos sobre a superfície.

## 2.8. Escreva a expressão para $\theta$ em uma adsorção com dissociação em função de $K$ e $P$ .

## 2.9. O volume do $\text{CO}_2$ gasoso, medido a $0^\circ\text{C}$ e $101\text{ kPa}$ , adsorvido em $1,00\text{ g}$ de um carvão ativado, a $0^\circ\text{C}$ , é de $0,284\text{ cm}^3$ a $142,4\text{ Torr}$ e $1,480\text{ cm}^3$ a $760\text{ Torr}$ . Calcule o valor de $V_\infty$ . (A adsorção do $\text{CO}_2$ não ocorre com dissociação).

Caso você não tenha conseguido resolver o item anterior, para resolver os dois itens a seguir utilize

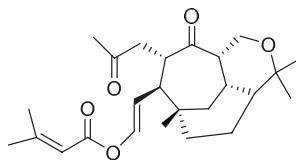
$$V_\infty = 70,00 \text{ cm}^3$$

- 2.10.** Uma monocamada de moléculas de  $\text{CO}_2$  (área efetiva de cada molécula igual  $0,197 \text{ nm}^2$ ) é adsorvida sobre a superfície de  $1,00 \text{ g}$  de um carvão ativado a  $0^\circ\text{C}$ . **Calcule** a área superficial do catalisador em  $\text{m}^2 \text{ g}^{-1}$  de carvão ativado. Admita que o volume de gás dessorvido corresponde ao volume de gás que estava adsorvido em uma camada monomolecular.
- 2.11.** Sabendo que a constante de equilíbrio da adsorção do  $\text{CO}_2$  nesse carvão ativado a  $25^\circ\text{C}$  é  $1,111 \text{ atm}^{-1}$ , **determine** o volume de  $\text{CO}_2$  adsorvido a  $25^\circ\text{C}$  e  $1 \text{ atm}$  de pressão.

### Problema 3

14% do total

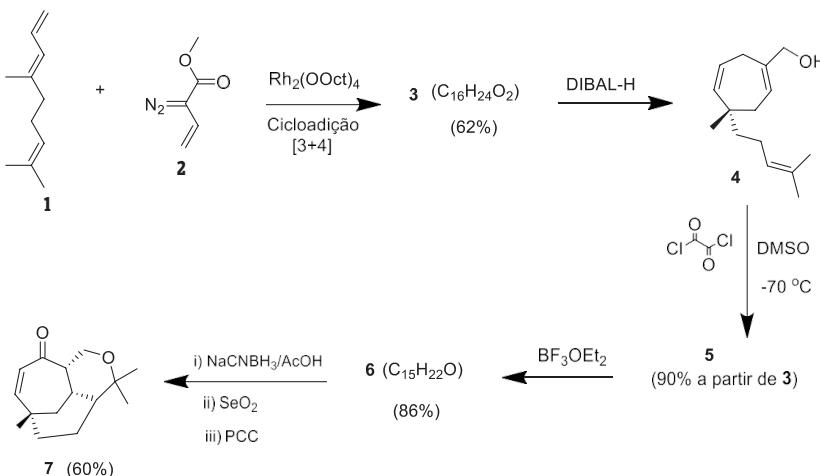
A vibsana E é um produto natural extraído das folhas de *Viburnum odoratissimum*, uma planta originária do Japão, onde é conhecida como sangoju e pertence à família *Caprifoliaceae* (Figura 1). As vibsanas apresentam atividades biológicas como: inibição do crescimento de plantas e citotoxicidade, entre outras.



**Vibsana E**

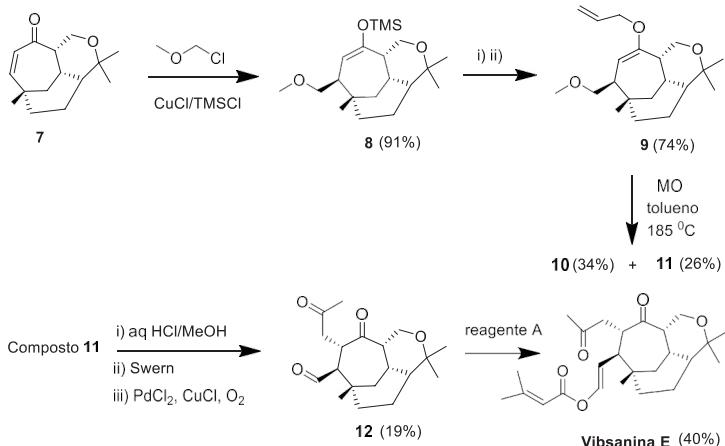
**Figura 1** – Estrutura da vibsana E

Como se pode observar a vibsana possui uma estrutura complexa, altamente funcionalizada, possui vários centros de quiralidade e três anéis fundidos, o que torna a sua síntese um desafio. Esse composto foi sintetizado pela primeira vez por dois grupos de pesquisa, um do professor Huw M. L. Davies (USA) e o outro do professor Craig M. Williams (Austrália) que publicaram juntamente a síntese total da vibsana E. A seguir está representado nos Esquemas 1 e 2 a rota de síntese efetuada na obtenção da vibsana E racêmica por estes grupos de pesquisa.



**Esquema 1**- Síntese do intermediário 7.

- 3.1. Forneça a fórmula estrutural do composto **3**, resultante da reação de cicloadição [3+4] entre o composto **1** e o vinildiazooacetato **2**, na presença do catalisador de ródio.
- 3.2. O álcool **4** sob as condições da reação de Swern conduziu ao composto **5**. Represente a fórmula estrutural do composto **5**.
- 3.3. O composto **5**, na presença do ácido de Lewis, conduz facilmente ao **6**, via uma cicloadição intramolecular. O composto **6** é obtido com a estereoquímica adequada para a obtenção da vibsana E. Represente a fórmula estrutural do composto **6** com a estereoquímica correta.



**Esquema 2**- Conversão do intermediário 7 na vibsana E.

- 3.4.** A obtenção do composto **9** a partir do derivado sililado **8** pode ser realizada com os reagentes:

<input type="checkbox"/>	i) MeLi; ii) $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Br}$
<input type="checkbox"/>	i) EtLi; ii) $\text{H}_3\text{CCH}_2\text{CH}_2\text{Br}$
<input type="checkbox"/>	i) MeOH; ii) $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2\text{CH}_2$
<input type="checkbox"/>	i) MeLi; ii) $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$
<input type="checkbox"/>	i) EtLi; ii) $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Cl}$

- 3.5.** O composto **9** quando submetido a uma irradiação de micro-ondas (MO) sofreu um rearranjo de Claisen, análogo ao rearranjo de Cope, e conduziu a uma mistura de dois epímeros (**10** e **11**), sendo o epímero majoritário o **10**, cuja fórmula molecular é  $\text{C}_{20}\text{H}_{32}\text{O}_3$ . No entanto, o epímero necessário para a obtenção da vibsana E é o epímero **11**. Observou-se ainda que o epímero **10** pode ser convertido no **11** na presença de carbonato de potássio, metanol e irradiação de MO a 110 °C. Represente as fórmulas estruturais dos epímeros **10** e **11** com a esterequímica correta.

- 3.6.** Represente a fórmula estrutural do reagente A.

- 3.7.** Na última etapa da rota de síntese, na conversão do composto **12** na vibsana E foi obtido um produto secundário cuja fórmula molecular é  $\text{C}_{25}\text{H}_{36}\text{O}_5$ . O espectro de RMN de  $^1\text{H}$  desse composto apresenta, dentre outros sinais, um simpleto em torno de 2,3 ppm, com uma integração para 3 hidrogênios. Represente a fórmula estrutural deste produto.

#### Códigos e fórmulas:

DIBAL-H - Hidreto de diisobutilalumínio

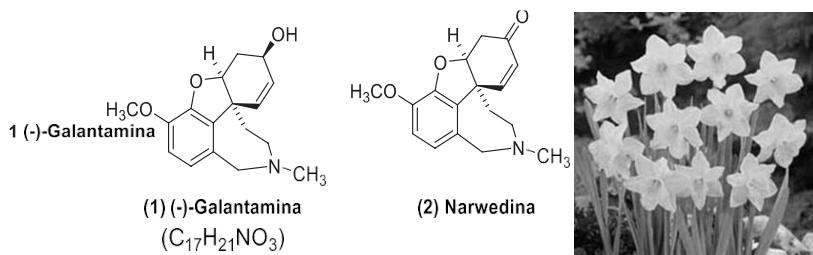
PCC – Clorocromato de piridínio

DMSO - Dimetissulfóxido

#### Problema 4

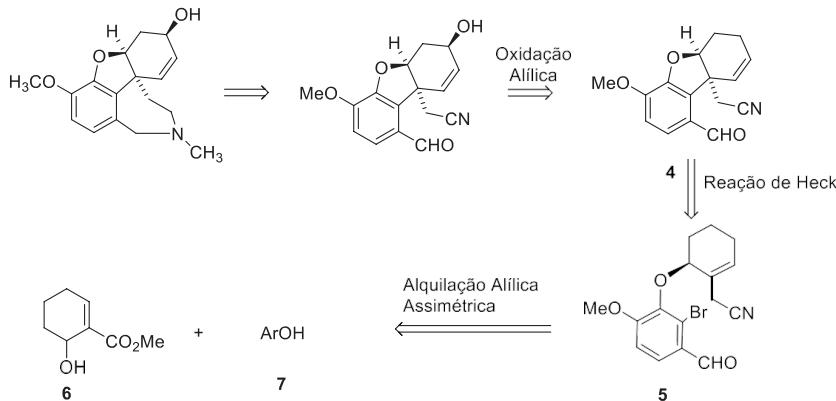
17% do total

A (-)-galantamina é uma substância pertencente à classe dos alcaloides, que são comumente encontrados em plantas da família *Amaryllidaceae*. Esse composto apresenta atividade inibitória seletiva sobre a enzima acetilcolinesterase (AChE), tendo potencial aplicação clínica para o tratamento da doença de Alzheimer. Seu uso como medicamento para o tratamento dessa doença já foi aprovado na Austrália, Estados Unidos da América e Europa.



**Figura 1** – Estruturas da (-)-galantamina (**1**) e da narwedina (**2**). Imagem de plantas da espécie *Narcissus* cultivar *Carlton*, fonte de (**1**).

Devido à sua baixa concentração nas plantas, o que dificulta a sua obtenção em grande quantidade, diversas estratégias de síntese têm sido desenvolvidas para esse composto, bem como para seu análogo narwedina (**2**). Umas das estratégias sintéticas para a (-)-galantamina é baseada na análise retrosintética mostrada no Esquema 1, onde vários intermediários sintéticos são destacados. Essa estratégia foi ligeiramente modificada visando superar alguns dos problemas encontrados durante a síntese, ilustrada nos Esquemas **2** e **3**.



**Esquema 1** – Análise retrosintética para a (-)-galantamina.

**Esquema 2** - Síntese do intermediário 17.

- 4.1.** Para transformar **8** em **9**, quais dos seguintes reagentes podem ser usados nas etapas i) e ii)?

<input type="checkbox"/>	i) $O_3$ ; ii) $Me_2S$
<input type="checkbox"/>	i) $O_3$ ; ii) $Ph_3P$
<input type="checkbox"/>	i) $O_3$ ii) $Me_2S$

	i) O <sub>3</sub> ; ii) NaBH <sub>4</sub>
	i) O <sub>3</sub> ; ii) H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>

**4.2.** A conversão do composto **9** em **10** envolve a formação do intermediário **10a**, cuja fórmula é **C<sub>12</sub>H<sub>23</sub>O<sub>7</sub>P**. Embora esse intermediário não tenha sido isolado, se o fosse, seu o espectro no infravermelho deveria apresentar uma banda larga e intensa centrada em torno de 3350 cm<sup>-1</sup> (no espectro de RMN de <sup>1</sup>H não foi observado nenhum sinal entre 9,5-10,5 ppm). **Proponha** uma fórmula estrutural para **10a** que seja consistente com os dados apresentados. **Indique** qual o grupo funcional presente responsável pela banda indicada.

**4.3.** Ainda durante a conversão de composto **9** em **10** (empregando o reagente (EtO)<sub>2</sub>POCH<sub>2</sub>CO<sub>2</sub>Et no lugar do éster metílico), observou-se formação de 20% de um composto **11** de fórmula molecular é **C<sub>13</sub>H<sub>20</sub>O<sub>4</sub>**. O espectro de RMN de <sup>1</sup>H desse composto apresenta, dentre outros, os seguintes sinais:

- a. 1,2 ppm, quarteto, *J* = 7 Hz
- b. 4,0 ppm, tripleto, *J* = 7 Hz
- c. 5,9 ppm, dupletos, *J* = 17 Hz
- d. 6,9 ppm, dupletos triplo, *J*<sub>1</sub> = 17 Hz; *J*<sub>2</sub> = 7 Hz

**Proponha** uma fórmula estrutural para o composto **11** consistente com os dados apresentados. A estereoquímica correta deve ser indicada.

**4.4.** Durante as várias experiências realizadas para fins de otimização da conversão de composto **9** em **10**, sob certas condições (empregando o reagente (EtO)<sub>2</sub>POCH<sub>2</sub>CO<sub>2</sub>Et no lugar do éster metílico), observou- se a formação do composto **12** de fórmula molecular é **C<sub>9</sub>H<sub>14</sub>O<sub>3</sub>**. O espectro de RMN de <sup>1</sup>H desse composto apresenta, dentre outros, um tripleto em torno de 9,7 ppm, além de dois sinais em 5,9 ppm (dupletos) e em 6,9 ppm (dupletos triplos).

**Proponha** uma fórmula estrutural para o composto **12** consistente com os dados apresentados. Não se preocupe com a estereoquímica.

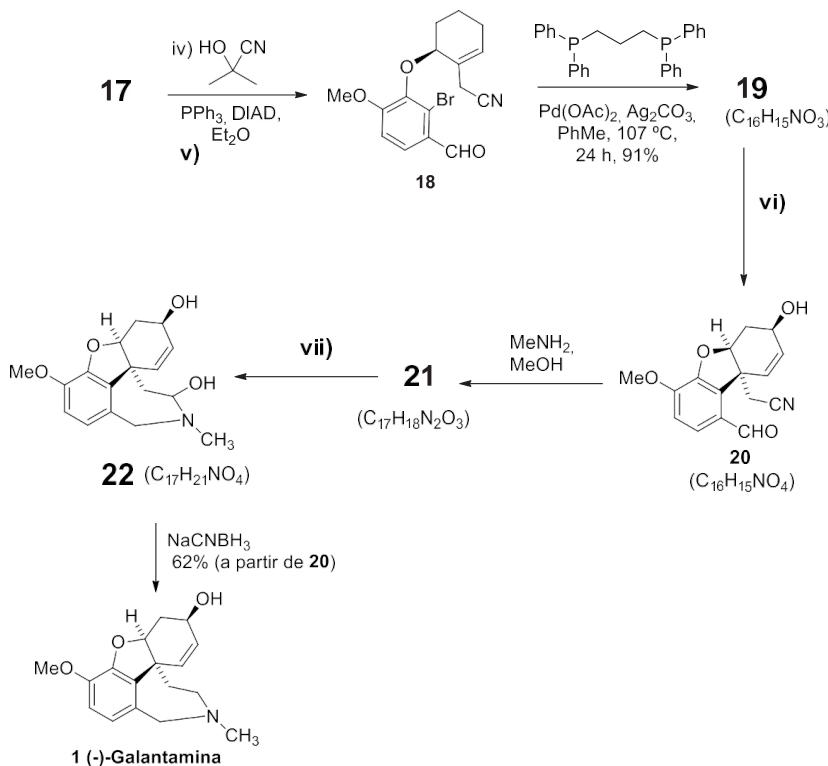
**4.5.** Considerando as condições fornecidas para a conversão do composto **10** em **15**, **forneca** as fórmulas estruturais para os compostos **6** e **14** (**C<sub>8</sub>H<sub>7</sub>BrO**).

**4.6.** Para transformar **15** em **16**, quais dos seguintes reagentes (**iii**) podem ser usados?

	PTSA (cat.), CH(OMe) <sub>3</sub> , MeOH
	PTSA (cat.), CH(OEt) <sub>3</sub> , EtOH
	NaOH (cat.), CH(OMe) <sub>3</sub> , MeOH
	HCl (cat.), CH(OMe) <sub>3</sub> , MeOH
	PTSA, CH(OEt) <sub>3</sub> , Tolueno

- 4.7.** Escreva a fórmula estrutural para o composto **17** ( $C_{17}H_{23}BrO_5$ ).
- 4.8.** Considerando a conversão do composto **6** em **15**, represente a fórmula do composto que seria obtido se fosse empregado o enantiômero do composto **13** como catalisador.
- 4.9.** Qual a configuração absoluta (R/S) do centro quiral do composto **15**?

No esquema 3 é apresentada uma sequência de reações que culminou na conversão do intermediário **17** na (-)-galantamina.



**Esquema 3-** Conversão do intermediário **17** na (-)-galantamina.

- 4.10** A conversão do composto **17** no aldeído **18** envolveu uma reação de Mitsunobu para a introdução do grupo CN, seguida da adição do reagente (**v**). Qual dos reagentes mostrados a seguir poderia ser empregado como (**v**)?

<input type="checkbox"/>	PTSA (cat.), THF, $H_2O$
<input type="checkbox"/>	PTSA 10 equiv., EtOH
<input type="checkbox"/>	$H_2SO_4$ conc. a quente

<input type="checkbox"/>	NaOH <sub>(aq.)</sub> a quente
<input type="checkbox"/>	LiAlH <sub>4</sub> , seguido de HCl <sub>(aq.)</sub>

**4.11** Forneça as fórmulas estruturais para os compostos **19** e **21**.

**4.12** Qual dos reagentes mostrados a seguir poderia ser empregado como (**vii**) para a conversão do intermediário **21** no composto **22**?

<input type="checkbox"/>	DIBAL-H, seguido de NaH <sub>2</sub> PO <sub>4(aq.)</sub>
<input type="checkbox"/>	DIBAL-H, seguido de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> conc., a quente
<input type="checkbox"/>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> conc. a quente, seguido de LiAlH <sub>4</sub>
<input type="checkbox"/>	NaOH <sub>(aq.)</sub> a quente
<input type="checkbox"/>	LiAlH <sub>4</sub> (2 equiZv.), seguido de HCl <sub>(aq.)</sub>

**4.13** A conversão do composto **19** no álcool alílico **20** pode ser realizada com o reagente (**vi**):

<input type="checkbox"/>	SeO <sub>2</sub> , NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> , dioxano, sob aquecimento.
<input type="checkbox"/>	MnO <sub>2</sub> , seguido de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> conc., a quente
<input type="checkbox"/>	KMnO <sub>4</sub> em meio ácido a quente.
<input type="checkbox"/>	OsO <sub>4</sub> , seguido de Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> (aq.)
<input type="checkbox"/>	SeO <sub>2</sub> , KMnO <sub>4</sub> , em tolueno a frio.

**4.14** Para transformar **1** em **2**, quais dos seguintes reagentes poderiam ser usados?

<input type="checkbox"/>	i) DMSO, (COCl) <sub>2</sub> , DCM, -50 °C; ii) Et <sub>3</sub> N, 0 °C
<input type="checkbox"/>	i) KMnO <sub>4</sub> a quente; ii) NaOH
<input type="checkbox"/>	i) OsO <sub>4</sub> ; ii) seguido de Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> (aq.)
<input type="checkbox"/>	i) Ácido <i>m</i> -cloroperbenzoico (2 equiv.)
<input type="checkbox"/>	i) H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ; ii) H3O <sup>+</sup>

**4.15** Represente a fórmula estrutural para a (+)-Galantamina e indique as configurações ab-solutas (*R/S*) dos centros assimétricos e a estereoquímica (*E/Z*) para a ligação dupla.

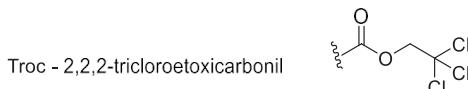
#### Códigos e fórmulas:

DIAD - Azodicarbonilato de diisopropila

DMSO - Dimetilssulfóxido

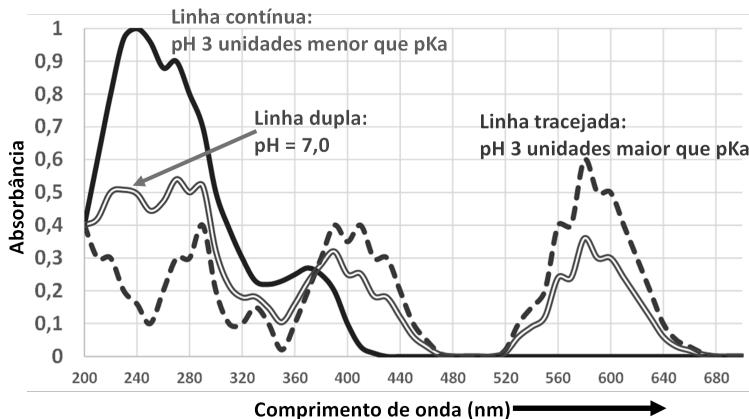
PTSA - Ácido para-toluenossulfônico

DIBAL-H – Hidreto de diisobutilalumínio. PhMe – Tolueno



A avaliação de sistemas químicos e equilíbrios envolvidos pode ser realizada por métodos espectroscópicos. No gráfico abaixo, pode-se visualizar alguns espectros UV-Vis obtidos em três diferentes condições de pH para uma solução aquosa contendo um ácido RCOOH hipotético.

Condições experimentais: Todas as curvas foram obtidas com solução de  $2,00 \times 10^{-4}$  mol L<sup>-1</sup> do ácido; utilizou-se cubeta espectrofotométrica de 1,0 cm de caminho óptico e feita de quartzo, vez que acrílico e vidro comum absorvem radiação na região UV.



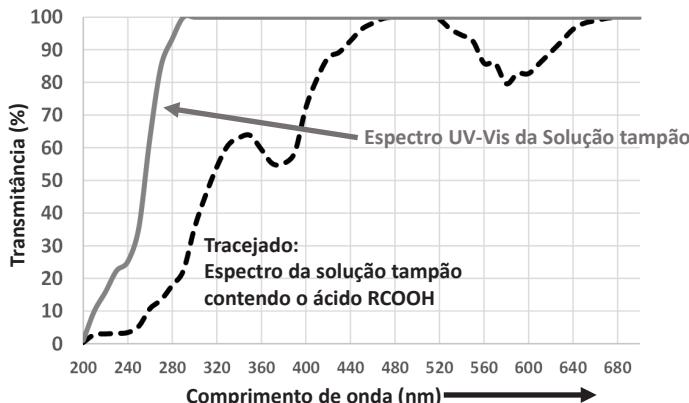
- 5.1. **Calcule** a absorvidade molar para a espécie **protonada** no comprimento de onda de maior sensibilidade (apresente as unidades).
- 5.2. **Calcule** a absorvidade molar para a espécie **desprotonada** no comprimento de onda de maior sensibilidade (apresente as unidades).

Caso não tenha conseguido calcular a absorvidade molar dos itens anteriores, considera-las 4500 e 2500 (unidades não apresentadas propositalmente) para as espécies protonada e desprotonada, respectivamente.

- 5.3. **Calcule** o valor de p<sub>Ka</sub> para o referido ácido.

Para os próximos itens, caso não tenha conseguido calcular o valor do p<sub>Ka</sub>, utilize o valor 6,5.

Uma solução tampão foi preparada utilizando-se 0,0500 mol L<sup>-1</sup> de uma base 'B' hipotética e 0,0500 mol L<sup>-1</sup> de seu ácido conjugado. A 10,0 mL dessa solução, foi adicionado pequena quantidade do ácido RCOOH do item anterior (considerar nulo o efeito desse ácido sobre o pH). Na figura abaixo são apresentados alguns espectros UV-Vis de **transmitância** obtidos para esse problema.

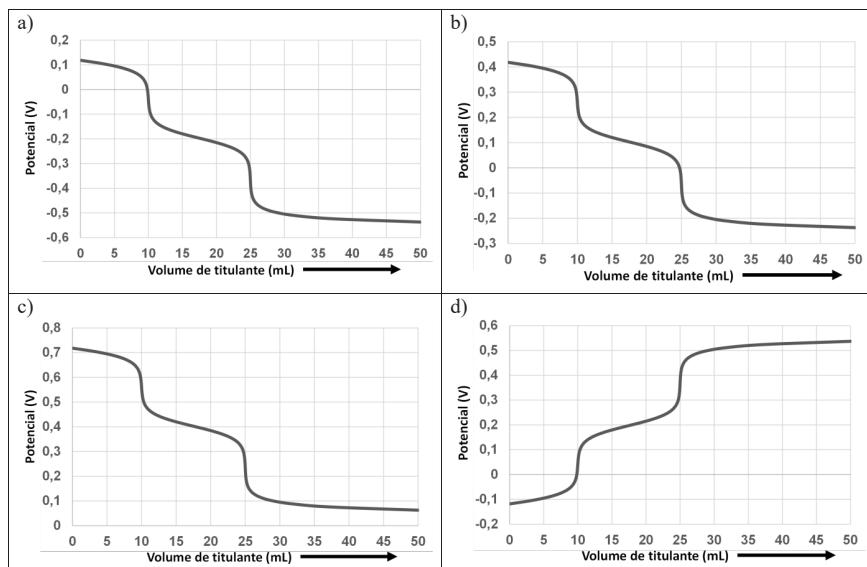


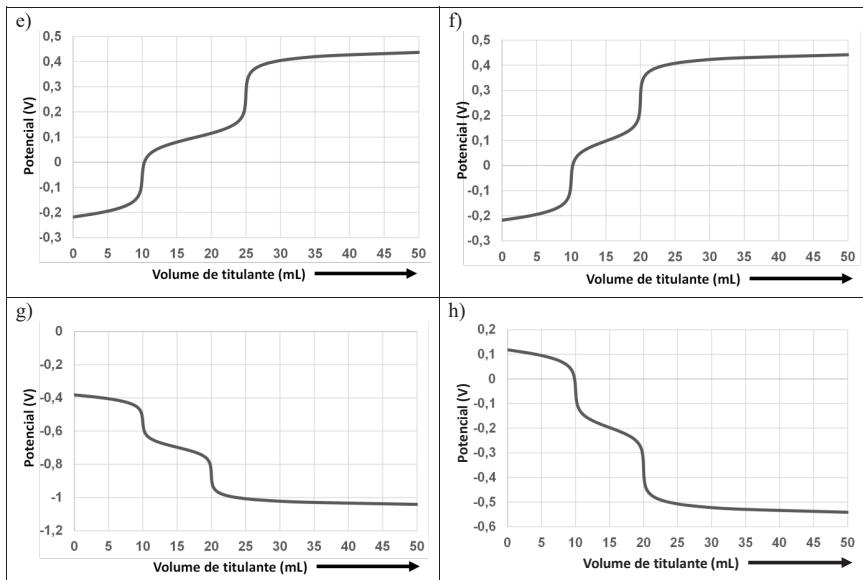
**5.4.** Calcule a quantidade de matéria do ácido RCCOH adicionado.

**5.5.** Calcule o pH da solução tampão.

**5.6.** Uma solução aquosa (20 mL) consistindo de uma mistura contendo ácido clorídrico e 0,0750 mol L<sup>-1</sup> do ácido RCOOH foi titulada com NaOH 0,100 mol L<sup>-1</sup> e o potencial da solução foi monitorado com eletrodo de vidro ión seletivo para H<sup>+</sup> ( $T = 25^\circ\text{C}$ ). Considerando  $E_0' = 0,200 \text{ V}$  ( $E_0' = E_0$  com correções necessárias ao eletrodo de pH), indique qual das curvas na próxima página poderia representar essa titulação.

**Dados:**  $E = E_0' - 2,303 \cdot (RT/F) \cdot \text{pH}$





### Problema 6

10% do total

- 6.1. Se  $\Delta_f H^\circ$  (298K) para o MgCl é igual à -641 kJ mol<sup>-1</sup>, **calcule** a energia de rede do MgCl<sub>2</sub>.  
Dados:

Entalpia de sublimação do Mg	$\Delta_s H^\circ (\text{Mg},\text{s}) = 146 \text{ kJ mol}^{-1}$
Entalpia de dissociação do Cl <sub>2</sub>	$\Delta_d H^\circ (\text{Cl},\text{g}) = 121 \text{ kJ mol}^{-1}$
1 <sup>a</sup> Energia de ionização do Mg ( $\text{Mg(g)} \rightarrow \text{Mg}^+(\text{g}) + \text{e}^-$ )	$EI_1 (\text{Mg,g}) = 737,7 \text{ kJ mol}^{-1}$
2 <sup>a</sup> Energia de ionização do Mg ( $\text{Mg}^+(\text{g}) \rightarrow \text{Mg}^{2+}(\text{g}) + \text{e}^-$ )	$EI_2 (\text{Mg,g}) = 1451 \text{ kJ mol}^{-1}$
Afinidade Eletrônica do Cl	$\Delta_{AF} H (\text{Cl,g}) = -349 \text{ kJ mol}^{-1}$
Entalpia de formação do MgCl(s)	$\Delta_f H^\circ (\text{MgCl}) = -641 \text{ kJ mol}^{-1}$

- 6.2. **Assinale** as alternativas corretas em relação a Constante de Madelung:

- ( ) considera apenas as interações de atração entre íons vizinhos mais próximos;
- ( ) o valor da constante específica para o tipo de estrutura, ou seja, a estrutura de Sal gema terá o mesmo valor da constante, independente do composto ser o NaCl ou AgBr;
- ( ) na estrutura do NaCl, considera-se apenas 6 Cl<sup>-</sup>, 12 Na<sup>+</sup>;

( ) é uma consideração de todos os fatores geométricos que ocorrem nas distâncias crescentes entre íons até que essas interações se tornem insignificantes.

**6.3.** Considerando um sólido metálico, composto por esferas rígidas e que se tocam, (a) **prove** a partir do cálculo do Fator de Empacotamento Atômico de uma célula unitária que a estrutura Cúbica de Face Centrada (CFC) é mais densa que a estrutura cúbica de corpo centrado (CCC), e (b) então **escreva qual é o número de coordenação** dos átomos nas duas estruturas.

**6.4.** **Marque** as alternativas corretas sobre compostos de coordenação;

- ( ) ao solubilizar o sal cloreto de ferro (**III**) em água um composto de coordenação é formado;
- ( ) na teoria do campo cristalino, o composto de coordenação é resultado da interação atrativa entre o metal e os ligantes, e, também, da atração deste ligantes pelos orbitais d do metal ;
- ( ) os orbitais **d** não sentem as mesmas influências pela aproximação dos ligantes, e assim têm sua degenerescência orbital quebrada;
- ( ) na teoria do campo cristalino, ao calcular a energia de estabilização do campo cristalino, considera a energia dos orbitais d em relação ao baricentro do íon metálico isolado (livre de qualquer campo).

**6.5.** **Calcule** a Energia de Estabilização do Campo Cristalino para um complexo octaédrico de  $\text{Fe}^{2+}$  ( $Z = 26$ ) em campo forte e em campo fraco, desconsidere a energia e emparelhamento eletrônico.

### Problema 7

14% do total

Halogenoalcanos e halogenosilanos são fundamentais para a química fina, pois são precursores de diversos produtos de alta pureza com diferentes aplicações.

Dados de entalpias de ligação em kJ/mol: H-H: 435, H-F: 569, F-F: 159, C-O: 392, C=O: 532, O-H: 467, C-H: 413, C-F: 440

**7.1.** A reatividade de alguns compostos pode ser analisada a partir das entalpias de ligação. Analisando as entalpias de ligação, nota-se que os compostos  $\text{CH}_4$  e  $\text{CF}_4$  tem reatividades bem distintas em relação à reação de combustão. **Calcule** a entalpia necessária para quebrar as quatro ligações C-H no  $\text{CH}_4$  e C-F no  $\text{CF}_4$  e **indique** qual dos dois deve apresentar maior facilidade para entrar em combustão.

Quando consideramos o aspecto energético total da reação, deve-se levar em conta a entalpia da quebra das ligações dos reagentes e formação das ligações dos produtos. Baseado nisso, sua tarefa é calcular qual reação é mais favorável: a hidrólise completa do  $\text{CH}_4$  ou do  $\text{CF}_4$ .

**7.2.** **Escreva as reações balanceadas** de hidrólise completa do  $\text{CH}_4$  e  $\text{CF}_4$ . Na reação de hidrólise completa desses dois compostos formam-se apenas dois produtos, um deles é comum às duas reações e é um gás solúvel em soluções alcalinas.

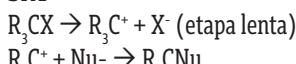
**7.3.** **Calcule** a entalpia das duas reações e **indique** qual deve ser mais favorável.

**7.4.** Comparando o  $\text{CF}_4$  com o  $\text{SiF}_4$ , nota-se que a hidrólise do segundo é muito mais rápida. Um dos motivos é a possibilidade de o  $\text{SiF}_4$  formar intermediários octaédricos neutros numa primeira etapa do ataque com água. **Desenhe** as estruturas de Lewis (levando em conta a geometria) dos dois isômeros desse intermediário.

**7.5.**  $\text{SiF}_4$  também reage com  $[(\text{CH}_3)_4\text{N}]F$  formando  $[(\text{CH}_3)_4\text{N}][\text{SiF}_5]$ . Desenhe a estrutura de Lewis do cátion e ânion desse produto e **responda** quantos sinais no espectro de RMN de  $^{19}\text{F}$  seriam esperados para esse composto.

Halogenoalcanos ( $\text{R}_3\text{CX}$ ) podem sofrer ataque de um nucleófilo de acordo com dois mecanismos expostos abaixo de substituição nucleofílica mono e bimolecular,  $\text{S}_{\text{N}}1$  e  $\text{S}_{\text{N}}2$ , respectivamente:

**$\text{S}_{\text{N}}1$**



**$\text{S}_{\text{N}}2$**

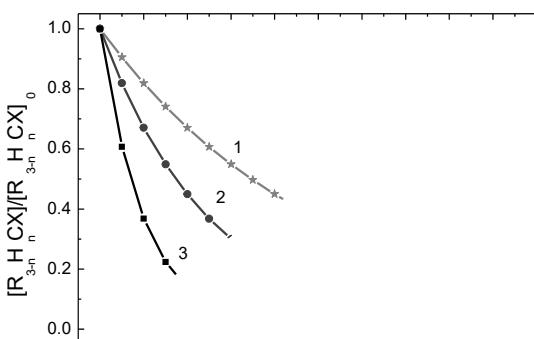


O mecanismo da reação depende dos grupos R substituintes e pode ser determinado estudando-se a cinética da reação.

**7.6.** **Esboce** o diagrama de coordenada de reação para os dois mecanismos, **indique claramente** no diagrama a posição dos estados de transição e intermediários de reação e **desenhe** suas estruturas. Considere ambas as reações exotérmicas.

A cinética das reações  $\text{S}_{\text{N}}1$  ou  $\text{S}_{\text{N}}2$  é influenciada de maneira diferente pelos grupos R substituintes da cadeia.

**7.7.** Tendo-se os três halogenoalcanos:  $\text{R}_3\text{CX}$ ,  $\text{R}_2\text{HCX}$  e  $\text{RH}_2\text{CX}$ , **determine** qual curva no gráfico a seguir corresponde à reação  $\text{S}_{\text{N}}2$  de cada um desses halogenoalcanos.



# CAPÍTULO 8



## Programa Nacional Olimpíadas de Química Olimpíada Brasileira de Química - 2020 Fase VI

### RESULTADO

Nome	Cidade	UF	Escore Fase IV	Nota Fase VI	Escore Fase VI	FINAL
Vinicius da Silveira Lanza Avelar	Fortaleza	CE	94,86	82,83	100	<b>98,29</b>
Marina Malta Nogueira	Fortaleza	CE	100,00	76,4	92,24	<b>94,83</b>
Cassia Caroline Aguiar da Ponte	Fortaleza	CE	94,10	74,57	90,03	<b>91,39</b>
Hana Gabriela Albuquerque Sousa	Manaus	AM	88,41	70,97	85,68	<b>86,59</b>
Pedro Sales Toro Alonso	Valinhos	SP	93,95	60,865	73,48	<b>80,30</b>
Lucas Takayasu	São Paulo	SP	96,48	50,64	61,14	<b>72,92</b>
Glaucio César Prado Soares	Brasília	DF	68,02	60,51	73,05	<b>71,37</b>
Jana Almeida Pacheco dos Santos	Salvador	BA	79,83	52,41	63,27	68,79
Felipe Farah Affonso Alves	Rio de Janeiro	RJ	69,80	53,915	65,09	66,66
Luiz Felipe Giareta Schmitt	Valinhos	SP	82,79	43,995	53,11	63,00
Kairan Alves de Freitas Barros	Fortaleza	CE	81,50	36,555	44,13	56,59
Rafael Moreno Ribeiro	Salvador	BA	70,61	37,73	45,55	53,90
Juliana Mitie Hosne Nakata	São Paulo	SP	82,64	30,165	36,42	51,83
Vinícius Kenji Amano Tanaka	Valinhos	SP	75,14	15,435	18,63	37,47
Helena Baptista Reis	Rio de Janeiro	RJ	68,06	NC	-	-

Os quatro primeiros estudantes representarão o Brasil na **53<sup>rd</sup> International Chemistry Olympiad**, organizada no Japão será realizada, remotamente, no próximo dia 28 de julho.

Os três estudantes seguintes representarão o Brasil na **XXV Olimpíada Ibero-americana de Química** que será realizada, remotamente, no dia 2/10/2021 (prática) e 4/10/2021 (teórica).

O estudante com melhor desempenho na **IChO** completará a equipe que representará o Brasil da **Olimpíada Ibero-americana de Química**.

# CAPÍTULO

# 9



IChO™



## International Chemistry Olympiad 2021 Japan 53<sup>rd</sup> IChO 2021 Japan

25th July – 2nd August, 2021 - <https://www.icho2021.org>

### Exame teórico

#### Problemas e Informações sobre Pontuação

	Título	Pontuação Total	Porcentagem
1	Hidrogênio em uma Superfície Metálica	24	11
2	Cápsula do Tempo Isotópica	35	11
3	Lei de Lambert–Beer?	22	8
4	A Química Redox do Zinco	32	11
5	Silício Misterioso	60	12
6	A Química de Estado Sólido dos Metais de Transição	45	13
7	Jogando com aromaticidade não-benzenóide	36	13
8	Moléculas Orgânicas Dinâmicas e suas Quiralidades	26	11
9	Os Likes e Dislikes de uma Cápsula	23	10
		Total	100

#### Constantes Físicas e Equações

##### Constantes

Velocidade da luz no vácuo	$c = 2,99792458 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$
Constante de Planck	$h = 6,62607015 \times 10^{-34} \text{ Js}$
Carga elementar	$e = 1,602176634 \times 10^{-19} \text{ C}$
Massa do elétron	$m_e = 9,10938370 \times 10^{-31} \text{ kg}$
Constante elétrica (permissividade no vácuo)	$\epsilon_0 = 8,85418781 \times 10^{-12} \text{ F m}^{-1}$

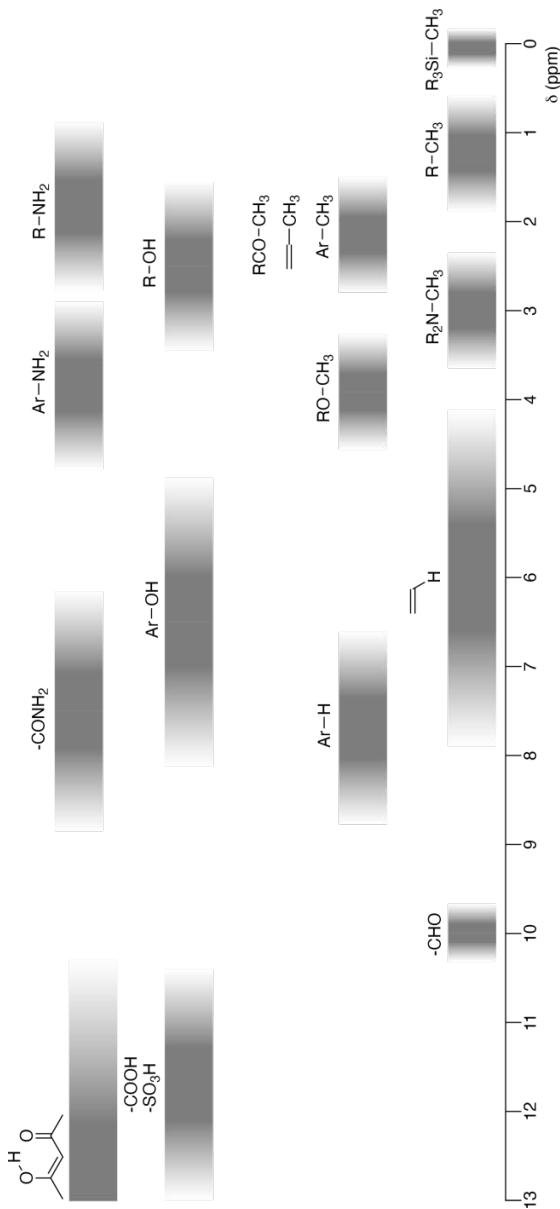
Constante de Avogadro	$N_A = 6,02214076 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Constante de Boltzmann	$k_B = 1,380649 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$
Constante de Faraday	$F = N_A \times e = 9,64853321233100184 \times 10^4 \text{ C mol}^{-1}$
Constante Universal dos Gases	$R = N_A \times k_B = 8,31446261815324 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ $= 8,2057366081 \times 10^{-2} \text{ L atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
Unidade de Massa Atômica	$u = 1 \text{ Da} = 1,66053907 \times 10^{-27} \text{ kg}$
Pressão Padrão	$p = 1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$
Pressão Atmosférica	$p_{\text{atm}} = 1,01325 \times 10^5 \text{ Pa}$
Zero graus Celsius	$0^\circ\text{C} = 273,15 \text{ K}$
Ångstrom	$1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$
Picômetro	$1 \text{ pm} = 10^{-12} \text{ m}$
Elétron-volt	$1 \text{ eV} = 1,602176634 \times 10^{-19} \text{ J}$
Parte por milhão	$1 \text{ ppm} = 10^{-6}$
Parte por bilhão	$1 \text{ ppb} = 10^{-9}$
Parte por trilhão	$1 \text{ ppt} = 10^{-12}$
pi	$\pi = 3,141592653589793$
A base do logaritmo natural (Número de Euler)	$e = 2,718281828459045$

## Equações

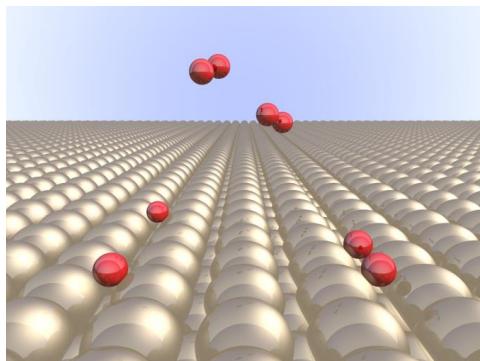
Lei dos gases ideais	$PV = nRT$ , onde $P$ é a pressão, $V$ é o volume, $n$ é a quantidade de substância, $T$ é a temperatura absoluta do gás ideal.
Lei de Coulomb	$F = k_e \frac{q_1 q_2}{r^2}$ , onde $F$ é a força eletrostática, $k_e (\approx 9,0 \times 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2})$ é a constante de Coulomb, $q_1$ e $q_2$ são as magnitudes das cargas e $r$ é a distância entre as cargas.
Primeira lei da termodinâmica	$\Delta U = q + w$ , onde $\Delta U$ é a variação da energia interna, $q$ é o calor fornecido, $w$ é o trabalho realizado.
Entalpia $H$	$H = U + PV$
Entropia baseada no princípio de Boltzmann $S$	$S = k_B \ln w$ , onde $w$ é o número de microestados.

Variação da entropia $\Delta S$	$\Delta S = \frac{q_{rev}}{T}$ , onde $q_{rev}$ é o calor para o processo reversível.
Energia livre de Gibbs $G$	$G = H - TS$ $\Delta_f G^\circ = -RT \ln K = -xFE^\circ$ , onde $K$ é a constante de equilíbrio, $x$ é o número de elétrons, $E^\circ$ é o potencial padrão do eletrodo.
Quociente de reação $Q$	$\Delta_r G = \Delta_f G^\circ + RT \ln Q$ Para uma reação $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$ $Q = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$ , onde $[A]$ é a concentração de A.
Troca de calor $\Delta q$	$\Delta q = nc_m \Delta T$ , onde $c_m$ é a capacidade calorífica molar independente da temperatura.
Equação de Nernst para reação redox	$E = E^\circ + \frac{RT}{xF} \ln \frac{C_{ox}}{C_{red}}$ , onde $C_{ox}$ é a concentração da substância oxidada, $C_{red}$ é a concentração da substância reduzida.
Equação de Arrhenius	$k = A \exp(-\frac{E_a}{RT})$ , onde $k$ é a constante de velocidade, $A$ é o fator pré-exponencial, $E_a$ é a energia de ativação. $\exp(x) = e^x$
Equação de Lambert - Beer	$A = \varepsilon lc$ , onde $A$ é a absorbância, $\varepsilon$ é o coeficiente de absorvidade molar, $l$ é o caminho óptico, $c$ é a concentração da solução.
Equação de Henderson–Hasselbalch	Para um equilíbrio $HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$ , onde a constante de equilíbrio é $k_a$ , $pH = pK_a + \log\left(\frac{[A^-]}{[HA]}\right)$
Energia de um fóton	$E = hV = h\frac{c}{\lambda}$ , onde $v$ é a frequência, $\lambda$ é o comprimento

## Deslocamento químico para RMN de 1H



$\Delta\delta$  para a substituição por um grupo alquila: ca. +0,4 ppm



Espera-se que o hidrogênio seja uma fonte de energia futura que não depende de combustíveis fósseis. Aqui, consideraremos o processo de armazenamento de hidrogênio em um metal, que está relacionado à tecnologia de transporte e armazenamento de hidrogênio.

### Parte A

Como o hidrogênio é absorvido em sua maior parte em um metal por meio de sua superfície, vamos primeiro considerar o processo de adsorção de hidrogênio na superfície do metal,  $H_2(g) \rightarrow 2H(ad)$ , em que os estados gasoso e adsorvido do hidrogênio são representados como (g) e (ad), respectivamente. Moléculas de hidrogênio ( $H_2$ ) que alcançam a superfície do metal (M) sofrem dissociação na superfície e são adsorvidos como átomos de H (Fig. 1). Aqui, a energia potencial do  $H_2$  é representada por duas variáveis: a distância interatômica,  $d$ , e a altura relativa à superfície do metal,  $x$ . Considera-se que o eixo ao longo dos dois átomos de H é paralelo à superfície e que o centro de gravidade está sempre na linha tracejada vertical na Fig. 1. A Fig. 2 mostra o gráfico de contorno da energia potencial para a dissociação na superfície. Os valores numéricos representam a energia potencial em unidades de kJ por mol de  $H_2$ . O espaçamento entre as linhas sólidas é de  $20\text{ kJ mol}^{-1}$ , o espaçamento entre as linhas tracejadas é de  $100\text{ kJ mol}^{-1}$ , e o espaçamento entre uma linha sólida e uma tracejada é de  $80\text{ kJ mol}^{-1}$ . A energia vibracional no ponto zero é ignorada.

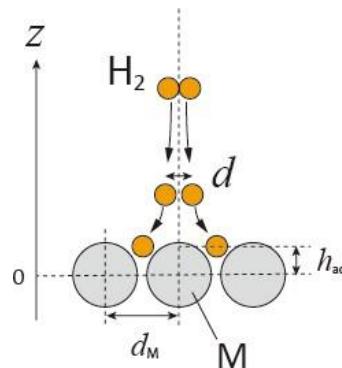


Fig.1 Definição das variáveis. A figura não está em escala.

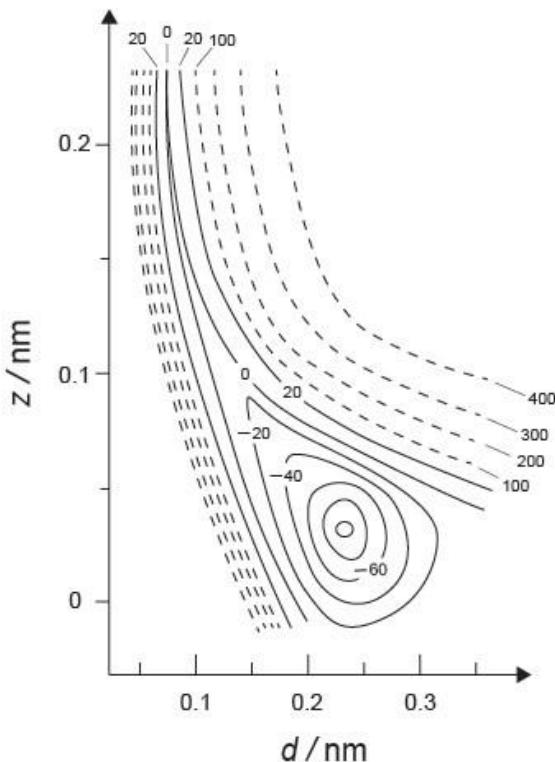


Fig.2

**A.1 Seleccione**, dentre os valores mostrados entre A–G, o valor mais próximo à resposta correspondente a cada um dos itens a seguir (i)–(iii),

- (i) A distância interatômica em uma molécula de H<sub>2</sub> gasoso
- (ii) A distância interatômica entre os átomos de metal ( $d_M$  na Fig. 1)
- (iii) A distância dos átomos de H adsorvidos para os átomos da superfície ( $h_{ad}$  na Fig. 1) **6pt**

A. 0,03 nm	B. 0,07 nm	C. 0,11 nm	D. 0,15 nm
E. 0,19 nm	F. 0,23 nm	G. 0,27 nm	

**A.2 Seleccione**, dentre os valores apresentados de A–H, aquele que corresponde ao valor mais próximo à resposta correspondente a cada um dos itens a seguir (i)–(ii).

- (i) a energia necessária para a dissociação do H<sub>2</sub> gasoso em H gasoso [H<sub>2</sub>(g) → 2H(g)]
- (ii) a energia liberada na adsorção do H<sub>2</sub> gasoso [H<sub>2</sub>(g) → 2H(ad)] **4pt**

A. 20 kJ mol <sup>-1</sup>	B. 40 kJ mol <sup>-1</sup>	C. 60 kJ mol <sup>-1</sup>	D. 100 kJ mol <sup>-1</sup>
E. 150 kJ mol <sup>-1</sup>	F. 200 kJ mol <sup>-1</sup>	G. 300 kJ mol <sup>-1</sup>	H. 400 kJ mol <sup>-1</sup>

## Parte B

Os átomos de hidrogênio adsorvidos são então absorvidos na parte interna do metal (bulk) ou recombinação e desorvidos de volta à fase gasosa, conforme mostrado nas reações (1a) e (1b). H(ab) representa um átomo de hidrogênio absorvido internamente (no bulk).



As velocidades de reação por sítio da superfície para a adsorção, desorção e absorção são  $r_1[\text{s}^{-1}]$ ,  $r_2[\text{s}^{-1}]$  e  $r_3[\text{s}^{-1}]$ , respectivamente. Elas são expressas como:

$$r_1 = k_1 P_{\text{H}_2} (1 - \theta)^2 \quad (2)$$

$$r_2 = k_2 \theta^2 \quad (3)$$

$$r_3 = k_3 \theta \quad (4)$$

em que  $k_1 [\text{s}^{-1}\text{Pa}^{-1}]$ ,  $k_2 [\text{s}^{-1}]$  e  $k_3 [\text{s}^{-1}]$  são constantes de velocidade de reação e  $P_{\text{H}_2}$  é a pressão do H<sub>2</sub>.

Entre os sítios disponíveis na superfície,  $\theta$  ( $0 \leq \theta \leq 1$ ) é a fração ocupada pelos átomos de H. Considera-se que a adsorção e a dessorção são rápidas quando comparadas à absorção ( $r_1, r_2 > r_3$ ) e que  $\theta$  permanece constante.

**B.1**  $r_3$  pode ser expresso como:

$$k_3 = \frac{r_3}{1 + \sqrt{\frac{1}{P_{H_2} C}}} \quad (5)$$

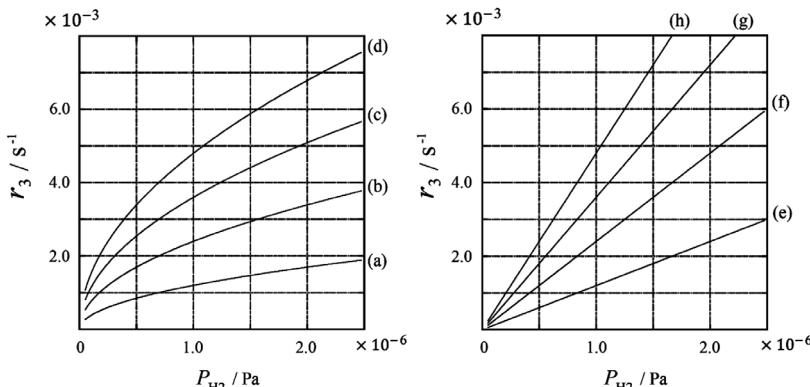
**Expresse**  $C$  em função de  $k_1$  e  $k_2$ .

Uma amostra de metal com área superficial  $S = 1,0 \times 10^{-3} \text{ m}^2$  foi colocado em um recipiente de 1 L ( $1\text{L} = 1,0 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ ) contendo  $H_2$  ( $P_{H_2} = 1,0 \times 10^2 \text{ Pa}$ ). A densidade dos sítios de adsorção de átomos de hidrogênio na superfície é dada por  $N = 1,3 \times 10^{18} \text{ m}^{-2}$ . A temperatura na superfície foi mantida constante em  $T = 400 \text{ K}$ . À medida que a reação (1) avança,  $P_{H_2}$  diminuiu a uma velocidade constante de  $v = 4,0 \times 10^{-4} \text{ Pa s}^{-1}$ . Considere que o  $H_2$  é um gás ideal e que o volume da amostra do metal é desprezível.

**B.2 Calcule** a quantidade de matéria de átomos de H absorvidos por unidade de área da superfície por unidade de tempo,  $A$  [ $\text{mol s}^{-1} \text{ m}^{-2}$ ]. **3pt**

**B.3** Em  $T = 400 \text{ K}$ ,  $C$  é igual a  $1,0 \times 10^2 \text{ Pa}^{-1}$ . **Calcule** o valor de  $k_3$  a  $400 \text{ K}$ . Se você não conseguiu obter a resposta em **B.2**, use  $A = 3,6 \times 10^{-7} \text{ mol s}^{-1} \text{ m}^{-2}$ . **3pt**

**B.4** A uma temperatura  $T$  diferente, são dados  $C = 2,5 \times 10^3 \text{ Pa}^{-1}$  e  $k_3 = 4,8 \times 10^{-5} \text{ s}$ . Para  $r_3$  como função de  $P_{H_2}$  nessa temperatura, **selecione** o gráfico correto dentre as opções mostradas em (a)–(h). **3pt**

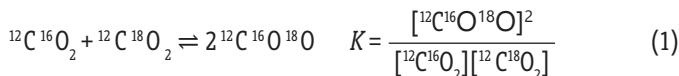


11 % do total					
Questão	A.1	A.2	A.3	A.4	Total
Pontos	8	8	10	9	<b>35</b>



Entidades moleculares que diferem entre si apenas na composição isotópica, como  $\text{CH}_4$  e  $\text{CH}_3\text{D}$  por exemplo, são chamadas de isotopólogos. Considera-se que isotopólogos têm as mesmas características químicas. Na natureza, no entanto, existe uma pequena diferença.

Considere que todas as substâncias mostradas nesta questão estejam em fase gasosa. Consideremos agora o seguinte equilíbrio:



A entropia,  $S$ , aumenta com o aumento do número de estados microscópicos possíveis de um sistema,  $W$ :

$$S = k_B \ln W \quad (2)$$

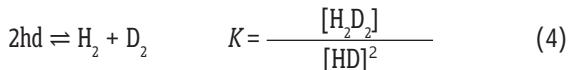
$W = 1$  para  $^{12}\text{C}^{16}\text{O}_2$  e  $^{12}\text{C}^{18}\text{O}_2$ . Em contraste,  $W = 2$  para uma molécula de  $^{12}\text{C}^{16}\text{O}^{18}\text{O}$  porque os átomos de oxigênio são distinguíveis nessa molécula. Como o lado direito do equilíbrio na eq. 1 tem duas moléculas de  $^{12}\text{C}^{16}\text{O}^{18}\text{O}$  então  $W = 2^2 = 4$ .

**A.1** A variação de entalpia,  $\Delta H$ , da eq. 3 é positiva independentemente de qual seja a temperatura. **8pt**



**Calcule** as constantes de equilíbrio,  $K$ , para a eq. 3 em uma temperatura muito baixa ( $T \rightarrow 0$ ) e em uma temperatura muito alta ( $T \rightarrow +\infty$ ). Considere que a reação permanece inalterada nessas temperaturas e que  $\Delta H$  converge para um valor constante em altas temperaturas.

O  $\Delta H$  do seguinte processo pode ser explicado por vibrações moleculares.



Em  $T = 0$  K, a energia vibracional de uma molécula diatômica cuja frequência de vibração é  $v$  [ $\text{s}^{-1}$ ] é expressa como:

$$E = \frac{1}{2} hv \quad (5)$$

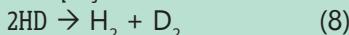
$$v = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{\mu}} \quad (6)$$

Em que  $K$  é a constante de força e  $\mu$  a massa reduzida, que é expressa em função da massa dos dois átomos na molécula diatômica,  $m_1$  e  $m_2$ , de acordo com:

$$\mu = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} \quad (7)$$

**A.2** A vibração do  $\text{H}_2$  está em  $4161,0 \text{ cm}^{-1}$  quando expressa como número de onda.

**Calcule** o  $\Delta H$  da seguinte equação em  $T = 0$  K na unidade de  $\text{J mol}^{-1}$ . **8pt**



Considere que:

- apenas a energia vibracional contribui para o  $\Delta H$ .
- os valores de  $k$  para  $\text{H}_2$ ,  $\text{HD}$ , e  $\text{D}_2$  são idênticos.
- a massa do H seja 1 Da e a massa do D seja 2 Da.

A razão molar de  $\text{H}_2$ ,  $\text{HD}$ , e  $\text{D}_2$  depende da temperatura em um sistema em equilíbrio. Aqui,  $\Delta_{\text{D}_2}$  é definida como a variação da razão molar de  $\text{D}_2$ .

$$\Delta_{\text{D}_2} = \frac{R_{\text{D}_2}}{R^*_{\text{D}_2}} - 1 \quad (9)$$

Aqui,  $R_{\text{D}_2}$  se refere a  $\frac{[\text{D}_2]}{[\text{H}_2]}$  na amostra e  $R^*_{\text{D}_2}$  se refere a  $\frac{[\text{D}_2]}{[\text{H}_2]}$  em  $T \rightarrow +\infty$ .

Deve-se notar aqui que a distribuição dos isótopos torna-se aleatória em  $T \rightarrow +\infty$ .

**A.3 Calcule**  $\Delta_{D_2}$  com a abundância natural D quando a troca isotópica está em equilíbrio na temperatura na qual  $K$  na eq. 4 é 0,300. Considere que as razões de abundâncias naturais de D e H são  $1,5576 \times 10^{-4}$  e  $1 - 1,5576 \times 10^{-4}$ , respectivamente. **10pt**

Em geral, a razão molar do isotopólogo duplamente substituído que contém dois átomos pesados em uma molécula, aumenta com a diminuição da temperatura. Consideremos a razão molar das moléculas de  $\text{CO}_2$  com massas moleculares de 44 e 47, que são descritas como  $\text{CO}_2[44]$  e  $\text{CO}_2[47]$  abaixo. A grandeza  $\Delta_{47}$  é definida como:

$$\Delta_{47} = \frac{R_{47}}{R_{47}^*} - 1 \quad (10)$$

$R_{47}$  se refere a  $\frac{[\text{CO}_2[47]]}{[\text{CO}_2[44]]}$  na amostra e  $R_{47}^*$  se refere a  $\frac{[\text{CO}_2[47]]}{[\text{CO}_2[44]]}$  em  $T \rightarrow +\infty$ .

As abundâncias naturais dos átomos de carbono e oxigênio são mostradas abaixo; ignore os isótopos que não são mostrados aqui.

	$^{12}\text{C}$	$^{13}\text{C}$
abundância natural	0,988888	0,011112

	$^{16}\text{O}$	$^{17}\text{O}$	$^{18}\text{O}$
abundância natural	0,997621	0,0003790	0,0020000

A dependência de  $\Delta_{47}$  com a temperatura é mostrada a seguir, em que  $T$  é dada como a temperatura absoluta na unidade K:

$$\Delta_{47} = \frac{36.2}{T^2} + 2.920 \times 10^{-4} \quad (11)$$

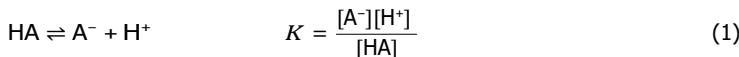
**A.4** O  $R_{47}$  de um fóssil de plâncton obtido do fundo do mar Antártico foi  $4,50865 \times 10^{-5}$ . **Estime** a temperatura usando esse valor de  $R_{47}$ . Essa temperatura é interpretada como a temperatura atmosférica durante a era na qual o plâncton viveu. Considere apenas o isotopólogo mais comum do  $\text{CO}_2[47]$  para esse cálculo. **9pt**

8 % do total					
B.1	B.2	Total	A.3	A.4	Total
6	6	22	10	9	35

Neste problema, ignore a absorção da cela e do solvente. As temperaturas de todas as soluções e gases são mantidas constantes a 25 °C.

## Parte A

Uma solução aquosa **X** foi preparada usando HA e NaA. As concentrações  $[A^-]$ ,  $[HA]$ , e  $[H^+]$  na solução **X** são  $1,00 \times 10^{-2}$  mol L<sup>-1</sup>,  $1,00 \times 10^{-3}$  mol L<sup>-1</sup>, e  $1,00 \times 10^{-4}$  mol L<sup>-1</sup>, respectivamente, as quais são correlacionadas por meio do equilíbrio ácido-base:



O caminho óptico é  $l$  na Parte A. Ignore a mudança de densidade que ocorre com a diluição. Considere que nenhuma reação química, além da eq 1, está ocorrendo.

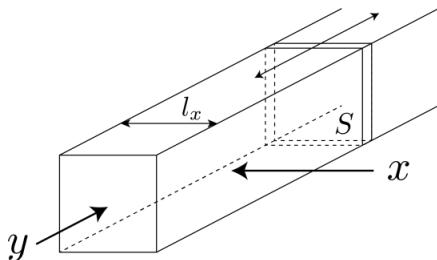
- A.1** A absorbância de **X** foi  $A_1$  no comprimento de onda  $\lambda_1$ . Em seguida, a solução **X** foi diluída para duas vezes seu volume inicial usando-se ácido clorídrico de pH = 2,500. Depois da diluição, a absorbância ainda era  $A_1$  em  $\lambda_1$ . **Determine** a razão  $\varepsilon_{HA}/\varepsilon_{HA^-}$ , em que  $\varepsilon_{HA}$  e  $\varepsilon_{A^-}$  representam os coeficientes de absorção de HA e de  $A^-$ , respectivamente, em  $\lambda_1$ . **10pt**

## Parte B

Consideremos o seguinte equilíbrio em fase gasosa.

$$D \rightleftharpoons 2M \quad (2)$$

O gás puro D é inserido em um recipiente cubóide que tem um êmbolo móvel transparente com área de seção  $S$  (veja a figura abaixo) a uma pressão  $P$ , e o equilíbrio é estabelecido enquanto a pressão total é mantida constante em  $P$ . A absorbância do gás é  $A = \varepsilon(n/V)l$ , em que  $\varepsilon$ ,  $n$ ,  $V$ , e  $l$  são o coeficiente de absorção, quantidade de matéria de gás (em mol), volume de gás e caminho óptico, respectivamente. Considere que todos os componentes da mistura gasosa se comportam como gases ideais.



Use as seguintes definições, se necessário.

	Estado inicial		Depois do equilíbrio	
	D	M	D	M
Pressão parcial	$P$	0	$p_D$	$p_M$
Quantidade de matéria (em mol)	$n_0$	0	$n_D$	$n_M$
Volume	$V_0$			$V$

- B.1** A absorbância do gás em  $\lambda_{B1}$  medida na direção  $x$  ( $l = l_x$ ) foi  $A_{B1}$  tanto no estado inicial quanto depois do equilíbrio. **Determine** a razão  $\varepsilon_D/\varepsilon_M$  em  $\lambda_{B1}$ , em que  $\varepsilon_D$  e  $\varepsilon_M$  representam os coeficientes de absorção de D e de M, respectivamente. **6pt**

- B.2** A absorbância do gás em  $\lambda_{B2}$  medida na direção  $y$  foi  $A_{B2}$  tanto no estado inicial ( $l = l_{y0}$ ) quanto depois do equilíbrio ( $l = l_y$ ). **Determine** a razão  $\varepsilon_D/\varepsilon_M$  em  $\lambda_{B2}$ . **6pt**

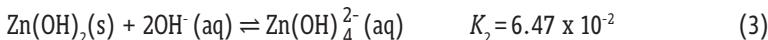
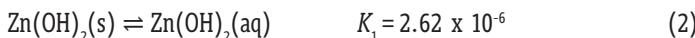
11 % do total							
Questão	A.1	A.2	B.1	B.2	B.3	B.4	Total
Pontos	6	5	4	3	5	9	32



O zinco é usado há muito tempo em ligas para materiais de latão e aço. O zinco contido nas águas de resíduos industriais é separado por precipitação para desintoxicar a água, e o precipitado obtido é reduzido para recuperá-lo e reutilizá-lo como zinco metálico.

## Parte A

O equilíbrio de dissolução do hidróxido de zinco  $\text{Zn}(\text{OH})_2(s)$  a 25 °C e as constantes de equilíbrio relevantes são dados nas equações 1–4.



A solubilidade,  $S$ , de zinco (concentração de zinco em uma solução aquosa saturada) é dada na equação 5.

$$S = [\text{Zn}^{2+}(\text{aq})] + [\text{Zn}(\text{OH})_2(\text{aq})] + [\text{Zn}(\text{OH})_4^{2-}(\text{aq})] \quad (5)$$

- A.1** Quando os equilíbrios das equações 1–4 são atingidos, **calcule** a faixa de pH na qual  $[\text{Zn}(\text{OH})_2(\text{aq})]$  é a maior dentre  $[\text{Zn}^{2+}(\text{aq})]$ ,  $[\text{Zn}(\text{OH})_2]$ ,  $[\text{Zn}(\text{OH})_4^{2-}(\text{aq})]$ .

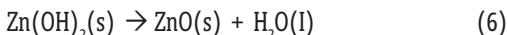
6pt

**A.2** Uma solução aquosa saturada de  $\text{Zn}(\text{OH})_2(\text{s})$  com  $\text{pH} = 7.00$  foi preparada e filtrada.  $\text{NaOH}$  foi adicionado a esse filtrado para aumentar seu  $\text{pH}$  para  $12.00$ .

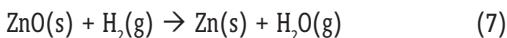
**Calcule** a porcentagem molar de zinco que precipita com o aumento do  $\text{pH}$  de  $7.00$  para  $12.00$ . Ignore as mudanças de volume e temperatura. **5pt**

## Parte B

A seguir, o hidróxido de zinco recuperado é aquecido para se obter óxido de zinco de acordo com a reação abaixo:



Então, o óxido de zinco é reduzido a zinco metálico pela reação com hidrogênio:



**B.1** Para que a reação (7) aconteça a uma pressão parcial de hidrogênio mantida a 1 bar, é necessário reduzir a pressão parcial do vapor de água gerado. **Calcule** o limite superior para a pressão parcial do vapor de água para que a reação (7) ocorra à  $300^\circ\text{C}$ . Considere que as energias de Gibbs de formação de óxido de zinco e de vapor de água à  $300^\circ\text{C}$  e 1 bar para todas as espécies gasosas são  $\Delta G_{\text{ZnO}}(300^\circ\text{C}) = -2,90 \times 10^2 \text{ kJ mol}^{-1}$  e  $\Delta G_{\text{H}_2\text{O}}(300^\circ\text{C}) = -2,20 \times 10^2 \text{ kJ mol}^{-1}$ , respectivamente.

**4pt**

Zinco metálico é usado como material para eletrodo negativo (ânodo) em baterias de metal-ar. O eletrodo consiste de Zn e ZnO. Ele usa a reação redox à seguir para gerar eletricidade com uma força eletromotriz (f.e.m.) a  $25^\circ\text{C}$  e pressão de 1 bar,  $E^\circ$ .



**B.2** Uma bateria de zinco–ar foi descarregada com  $20 \text{ mA}$  por 24 horas. **Calcule** a mudança de massa no eletrodo negativo (ânodo) da bateria. **3pt**



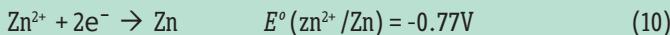
Monte Fuji

- B.3** Considere que a mudança da f.e.m. de uma bateria de zinco-ar depende do meio. **Calcule** a f.e.m. no pico do Monte Fuji, onde as temperatura e altitude são  $-38\text{ }^{\circ}\text{C}$  (fevereiro) e 3776 m, respectivamente. A pressão atmosférica é representada por

$$P \text{ [bar]} = 1.013 \times \left( 1 - \frac{0.0065h}{T + 0.0065h + 273.15} \right)^{5.257} \quad (9)$$

numa altitude  $h$  [m] e temperatura  $T$  [ $^{\circ}\text{C}$ ]. A fração molar de oxigénio na atmosfera é 21%. A variação da energia de Gibbs da reação (8) é  $\Delta G_{\text{ZnO}}(-38\text{ }^{\circ}\text{C}) = -3,26 \times 10^2$  kJ mol $^{-1}$  a  $-38\text{ }^{\circ}\text{C}$  e 1 bar. **5pt**

- B.4** **Calcule** a variação da energia de Gibbs para a reação (6) a  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Note que os potenciais de redução padrão,  $E^{\circ}(\text{Zn}/\text{Zn}^{2+})$  e  $E^{\circ}(\text{O}_2/\text{H}_2\text{O})$  a  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  e 1 bar são dados em (10) e (11), respectivamente. **9pt**



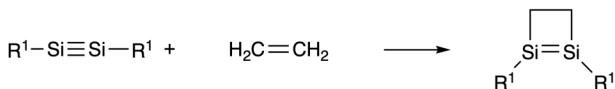
## 5

## Silício Misterioso

12 % do total								
Questão	A.1	A.2	A.3	A.4	B.1	B.2	B.3	Total
Pontos	9	7	6	10	5	15	8	60



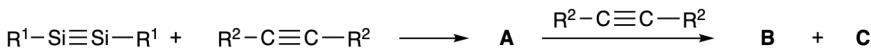
Ainda que silício também seja um elemento do grupo 14 como o carbono, suas propriedades diferem significativamente.



## Parte A

Diferente da ligação tripla carbono-carbono, a ligação tripla silício-silício em um composto formulado como  $R^1-Si \equiv Si-R^1$  ( $R$ : substituinte orgânico) é extremamente reativa. Por exemplo, ele reage com etileno para formar um produto cíclico que contém um anel com 4 membros.

Quando  $R^1-Si \equiv Si-R^1$  reage com um alcino ( $R^2-C \equiv C-R^2$ ), o composto **A**, com anel de quatro membros, é formado como um intermediário inicial. Uma reação posterior de outra molécula de  $R^2-C \equiv C-R^2$  com **A** gera os isômeros **B** e **C**, ambos possuindo estruturas conjugadas cílicas semelhantes ao benzeno, chamadas ‘disilabenzenos’ que contém um anel de seis membros e podem ser formulados como  $(R^1-Si)_2(R^2-C)_4$ .



A análise de RMN de  $^{13}C$  dos esqueletos de anel de seis membros  $Si_2C_4$  correspondentes mostra dois sinais para **B** e um sinal para **C**.

**A.1 Desenhe** as formulas estruturais de **A**, **B**, e **C** usando  $R^1$ ,  $R^2$ , Si, e C, com uma das possíveis estruturas de ressonância. **9pt**

**A.2 Calcule** a energia de estabilização aromática (ASE) para o benzeno e para o composto **C** (no caso de  $R^1 = R^2 = H$ ) como valores positivos, considerando as variações da entalpia em algumas reações de hidrogenação de sistemas insaturados mostradas abaixo (Fig. 1). **7pt**

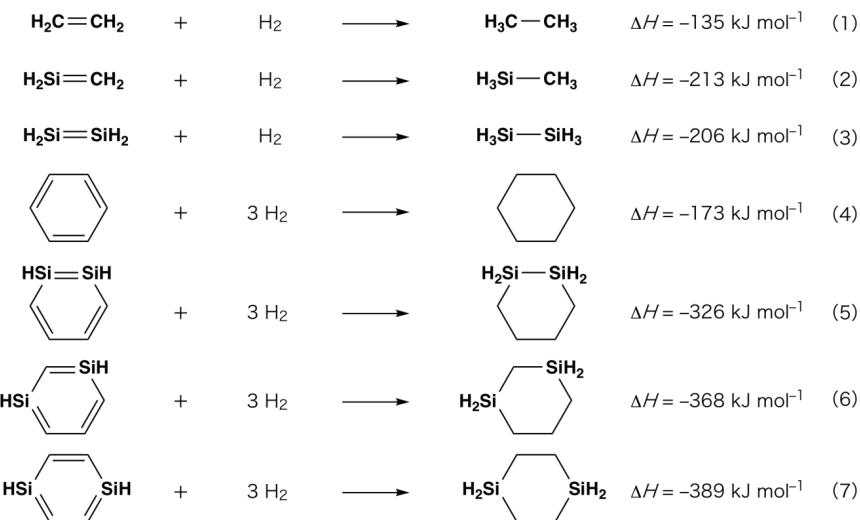


Fig. 1

Quando uma solução de **C** em Xileno é aquecida ele sofre isomerização para formar uma mistura em equilíbrio dos compostos **D** e **E**. A razão molar é **D** : **E** = 1 : 40,0 a 50,0 °C e **D** : **E** = 1 : 20,0 a 120,0 °C.

**A.3 Calcule** o  $\Delta H$  para a transformação de **D** para **E**. Assuma que o  $\Delta H$  não depende da temperatura. **6pt**

A isomerização de **C** para **D** e para **E** acontece através de transformações das ligações  $\sigma$  em ligações  $\sigma$  sem que se quebre nenhuma ligação  $\pi$ . Uma análise de RMN de  $^{13}\text{C}$  revelou um sinal para o esqueleto  $\text{Si}_2\text{C}_4$  de **D** e dois sinais para o esqueleto de **E**. O esqueleto de **D** não contém nenhum anel de três membros enquanto o do **E** tem dois anéis de três membros que compartilham uma aresta.

**A.4 Desenhe** as fórmulas estruturais de **D** e **E** usando  $\text{R}^1$ ,  $\text{R}^2$ , Si, e C. **10pt**

## Parte B

O silício é capaz de formar compostos altamente coordenados ( $> 4$  substituintes) com elementos eletronegativos como flúor. Assim como os fluoretos metálicos são normalmente usados como agentes de fluoração, fluoretos de silício altamente coordenados também atuam como reagentes para fluoração.

A reação de fluoração do  $\text{CCl}_4$  usando  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$  foi realizada como descrito a seguir.

### Padronização da solução de $\text{Na}_2\text{SiF}_6$ :

#### Preparação

Solução aquosa **F**: 0,855 g de  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$  ( $188,053 \text{ g mol}^{-1}$ ) dissolvido em água (volume total: 200 mL). Solução aquosa **G**: 6,86 g de  $\text{Ce}_2(\text{SO}_4)_3$  ( $568,424 \text{ g mol}^{-1}$ ) dissolvido em água (volume total: 200 mL).

#### Procedimento

Titulação de precipitação de uma da solução **F** (50,0 mL) por adição gota a gota da solução **G** na presença de alaranjado de xilenol, que coordena com  $\text{Ce}^{3+}$ , como um indicador. Após a adição de 18,8 mL da solução **G**, a cor da solução muda de amarelo para magenta. O precipitado gerado é um composto binário que contém  $\text{Ce}^{3+}$ , e o único composto de silício resultante é  $\text{Si(OH)}_4$ .

**B.1** **Escreva** a reação balanceada para a reação de  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$  com  $\text{Ce}_2(\text{SO}_4)_3$ . **5pt**

#### Reação do $\text{CCl}_4$ com $\text{Na}_2\text{SiF}_6$ :

(Perdas de substâncias através de evaporação, por exemplo, são desprezíveis nas operações seguintes.)

$\text{Na}_2\text{SiF}_6$  (X [g]) foi adicionado a  $\text{CCl}_4$  (500,0 g) e aquecido a  $300^\circ\text{C}$  em um frasco de reação vedado resistente à pressão. O  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$  que não reagiu e o  $\text{NaCl}$  gerado foram removidos por filtração. O filtrado foi diluído para um volume total de 1,00 L com  $\text{CCl}_4$  (solução **H**). Os espectros de RMN de  $^{29}\text{Si}$  e  $^{19}\text{F}$  da solução **H** mostraram  $\text{SiF}_4$  como o único composto de silício. No espectro de RMN de  $^{19}\text{F}$  foram observados, além do  $\text{SiF}_4$ , sinais correspondentes a  $\text{CFCl}_3$ ,  $\text{CF}_2\text{Cl}_2$ ,  $\text{CF}_3\text{Cl}$ , e  $\text{CF}_4$  (confira Tabela 1). As razões de integração no espectro de RMN de  $^{19}\text{F}$  são proporcionais aos números de núcleos de flúor.

**Tabela 1**

Dados de RMN de $^{19}\text{F}$	$\text{CFCl}_3$	$\text{CF}_2\text{Cl}_2$	$\text{CF}_3\text{Cl}$	$\text{CF}_4$
Razão de integração	45,0	65,0	18,0	2,0

$\text{SiF}_4$  é hidrolisado formando  $\text{H}_2\text{SiF}_6$  de acordo com a eq. 8 a seguir:



Solução **H** (10 mL) foi adicionada a uma quantidade em excesso de água, o que resultou na hidrólise completa do  $\text{SiF}_4$ . Após a separação, o  $\text{H}_2\text{SiF}_6$  gerado na hidrólise em solução aquosa foi neutralizado e convertido completamente em  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$  (solução aquosa **J**).

O precipitado contendo o  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$  que não reagiu e  $\text{NaCl}$ , que foi removido por filtração na etapa inicial (sublinhada) foi completamente dissolvido em água resultando em uma solução aquosa (solução **K**; 10,0 L).

Então, titulações de precipitação adicionais usando a solução **G** foram realizadas e os pontos finais das titulações com **G** foram os seguintes:

- Para a solução **J** (quantidade total): 61,6 mL.
- Para 100 mL da solução **K**: 44,4 mL.

Deve-se notar aqui que a coexistência de  $\text{NaCl}$  ou  $\text{SiO}_2$  não tem nenhum efeito na titulação de precipitação.

**B.2** **Calcule** a massa de  $\text{NaCl}$  produzida no frasco de reação (informação sublinhada), e **Calcule** a massa ( $X[\text{g}]$ ) do  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$  usado como reagente de partida. **15pt**

**B.3** 77,8% do  $\text{CCl}_4$  usado como reagente de partida não reagiu. **Calcule** a massa de  $\text{CF}_3\text{Cl}$  gerado. **8pt**

## 6

## A Química de Estado Sólido dos Metais de Transição

13% do total											
Questão	A.1	A.2	A.3	B.1	B.2	B.3	B.4	C.1	C.2	C.3	Total
Pontos	6	3	3	6	4	4	4	5	5	5	<b>45</b>
Nota											



Vulcão na ilha de Sakurajima

## Parte A

O Japão é um dos países com maior número de vulcões ativos. Quando os silicatos cristalizam a partir do magma, uma parte dos íons de metais de transição ( $M^{n+}$ ) do magma é incorporada nos silicatos. Os íons  $M^{n+}$  estudados nesse problema são coordenados por íons óxido ( $O^{2-}$ ) e adotam uma geometria tetraédrica tetracoordenada ( $T_d$ ) no magma e uma geometria octaédrica hexacoordenada ( $O_h$ ) nos silicatos, ambas numa configuração eletrônica de spin-alto. O coeficiente de distribuição dos íons  $M^{n+}$  entre os silicatos e o magma,  $D$ , é definido pela seguinte expressão:

$$D = \frac{[M]_S}{[M]_I}$$

onde  $[M]_S$  e  $[M]_I$  são as concentrações de  $M^{n+}$  nos silicatos e no magma, respectivamente. A tabela a seguir mostra os valores de  $D$  dos íons  $Cr^{2+}$  e  $Mn^{2+}$  como exemplos.

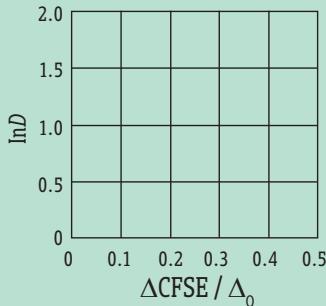
	$Cr^{2+}$	$Mn^{2+}$
$D$	7.2	1.1

Sejam  $\Delta_0$  e  $EECC^0$  a energia de separação das orbitais d do íon  $M^{n+}$  e a energia de estabilização do campo cristalino num campo  $O_h$ , respectivamente. Sejam  $\Delta_T$  e  $EECC^T$  as respetivas energias num campo  $T_d$ .

- A.1** Calcule  $|EECC^0 - EECC^T| = \Delta E E C C$  em função de  $\Delta_0$  para  $Cr^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ , e  $Co^{2+}$ ; assuma que  $\Delta_T = 4/9\Delta_0$ . **6pt**

- A.2** Podemos observar uma relação linear no gráfico de  $\ln D$  em função de  $\Delta E E C C / \Delta_0$  (indicado no gráfico como  $\Delta C F S E / \Delta_0$ ) usando o sistema de coordenadas cartesianas que se segue.

Estime o valor de  $D$  para  $Co^{2+}$ . **3pt**



Os óxidos metálicos MO (M: Ca, Ti, V, Mn ou Co) cristalizam numa estrutura do tipo Halita onde os íons  $M^{n+}$  adotam uma geometria octaédrica com uma configuração eletrônica de spin alto. A entalpia de rede destes óxidos é governada majoritariamente por interações Coulômbicas baseadas no raio e carga dos íons e em algumas contribuições da EECC do íon  $M^{n+}$  no campo  $O_h$

**A.3 Escolha** a opção certa dentre as opções (a) - (f) para as entalpias de rede [ $\text{kJ mol}^{-1}$ ]. **3pt**

	<b>CaO</b>	<b>TiO</b>	<b>VO</b>	<b>MnO</b>	<b>CoO</b>
<b>(a)</b>	3460	3878	3913	3810	3916
<b>(b)</b>	3460	3916	3878	3810	3913
<b>(c)</b>	3460	3913	3916	3810	3878
<b>(d)</b>	3810	3878	3913	3460	3916
<b>(e)</b>	3810	3916	3878	3460	3913
<b>(f)</b>	3810	3913	3916	3460	3878

## Parte B

Um óxido metálico misto **A**, que contém  $\text{La}^{3+}$  e  $\text{Cu}^{2+}$ , cristaliza numa célula unitária tetragonal representada na Fig. 1. No octaedro  $[\text{CuO}_6]$  a distância Cu-O ao longo do eixo z ( $lx$ ) é maior do que a distância ao longo do eixo x ( $lx$ ), ou seja, o octaedro  $[\text{CuO}_6]$  encontra-se distorcido relativamente a uma geometria  $O_h$  regular. Esta distorção remove a degenerescência dos orbitais eg ( $d_{x^2-y^2}$  e  $d_{z^2}$ ).

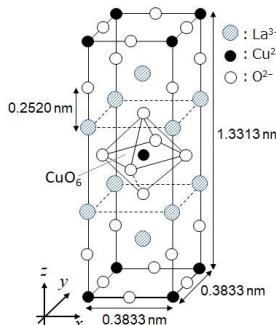


Fig. 1

A pode ser sintetizado através da decomposição térmica (pirólise) do complexo **B**. O complexo **B** é obtido pela mistura de cloretos metálicos numa solução diluída de amoníaco contendo ácido esquárlico  $\text{C}_4\text{H}_2\text{O}_4$  que é um diácido. A pirólise de **B** em ar seco revela uma perda de 29,1% de massa até aos 200° C atribuída à perda das águas de cristalização, seguida por uma perda até 700° C atribuída à liberação de  $\text{CO}_2$ . A perda total de massa na transformação de **B** em **A** é de 63,6%. Salienta-se que apenas são liberados água e  $\text{CO}_2$  durante a reação de pirólise.

**B.1** Escreva as fórmulas químicas de **A** e **B**. **6pt**

**B.2** Calcule  $lx$  e  $lx$  através da Fig. 1. **4pt**

**B.3** Para o íon  $\text{Cu}^{2+}$  no octaédro distorcido  $[\text{CuO}_6]$  no composto **A** da Fig. 1, escreva o nome dos orbitais eg ( $d_{x^2-y^2}$  e  $d_{z^2}$ ) nos campos (i) e (ii), e desenhe a configuração eletrônica na caixa pontilhada de seu caderno de respostas. **4pt**

O óxido **A** é um isolante. Quando um íon  $\text{La}^{3+}$  é substituído por um íon  $\text{Sr}^{2+}$  forma-se uma vacância na estrutura cristalina capaz de conduzir eletricidade. Deste modo, um óxido **A** dopado com  $\text{Sr}^{2+}$  apresenta supercondutividade abaixo dos 38K. Quando se realizou uma reação de substituição em A foram criadas  $2,05 \times 10^{27}$  vacâncias. $\text{m}^{-3}$ .

**B.4** Calcule a porcentagem de substituição de  $\text{La}^{3+}$  por  $\text{Sr}^{2+}$  tendo por base a razão molar da reação de substituição. Note que as valências dos íons constituintes e a estrutura cristalina não são alteradas. **4pt**

## Parte C

O  $\text{Cu}_2(\text{CH}_3\text{CO}_2)_4$  é composto por quatro ligantes  $\text{CH}_3\text{CO}_2$  coordenados a dois íons Cu (Fig. 2A).

$\text{Cu}_2(\text{CH}_3\text{CO}_2)_4$  exibe uma elevada simetria estrutural, com dois eixos de simetria que passam pelos átomos de carbono dos quatro grupos  $\text{CH}_3\text{CO}_2^-$  e um eixo de simetria que passa pelos dois átomos de  $\text{Cu}_{2+}$ , todos ortogonais entre si. Quando um ligante dicarboxilato é usado em vez de  $\text{CH}_3\text{CO}_2^-$  forma-se um “complexo gaiola”. O complexo gaiola  $\text{Cu}_4(\text{L}1)_4$  é constituído pelo ligante planar dicarboxilato **L1** (Fig. 2B) e por  $\text{Cu}^{2+}$  (Fig. 2C). O ângulo  $\theta$  entre as direções de coordenação dos dois carboxilatos, indicadas pelas setas na Fig. 2B, determina a estrutura do complexo.  $\theta = 0^\circ$  para **L1**. Note que os átomos de hidrogénio não foram representados na Figura 2.

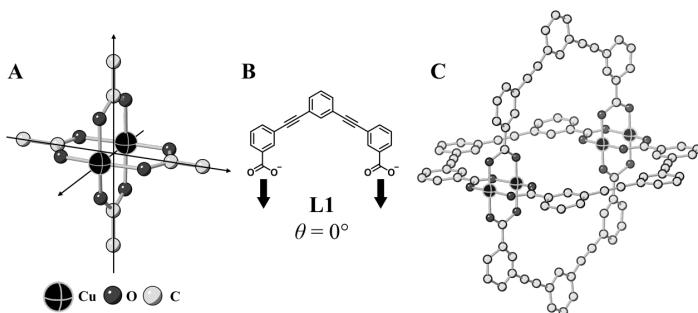
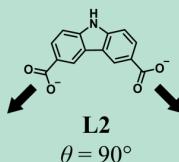


Fig. 2

- C.1** O ângulo  $\theta$  do dicarboxilato planar **L2**, abaixo, é fixo em  $90^\circ$ . Assumindo que a composição do complexo gaiola formado por **L2** e  $\text{Cu}^{2+}$  é  $\text{Cu}_n(\text{L2})_m$ , **indique** qual a menor combinação possível de números inteiros  $n$  e  $m$  para o complexo. Assuma que apenas os grupos  $\text{CO}_2^-$  em **L2** coordenam com os íons  $\text{Cu}^{2+}$ . **5pt**



Um complexo de zinco,  $\text{Zn}_4\text{O}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_6$ , contém quatro íons  $\text{Zn}^{2+}$  em geometria tetraédrica, seis  $\text{CH}_3\text{CO}_2^-$  e um  $\text{O}^{2-}$  (Fig. 3A). Neste complexo  $\text{Zn}_4\text{O}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_6$ , o  $\text{O}^{2-}$  encontra-se localizado na origem do referencial, e os três eixos, ortogonais entre si, passam pelos átomos de carbono dos grupos  $\text{CH}_3\text{CO}_2^-$ . Quando o ligante *p*-benzenodicarboxilato (Fig. 3B, **L3**,  $\theta = 180^\circ$ ) é usado em vez de  $\text{CH}_3\text{CO}_2^-$ , os grupos de  $\text{Zn}^{2+}$  ligam-se entre si para formar um sólido cristalino (**X**) chamado de “polímero poroso de coordenação” (Fig. 3C). A composição de **X** é  $[\text{Zn}_4\text{O}(\text{L3})_3]_n$ , e apresenta uma estrutura cristalina cúbica com poros nanométricos. Um desses poros é representado como uma esfera na Fig. 3D. e cada cluster tetraédrico de  $\text{Zn}^{2+}$  está representado como um poliedro cinza escuro nas Fig. 3C e 3D. Note que os átomos de hidrogênio foram omitidos na Figura 3.

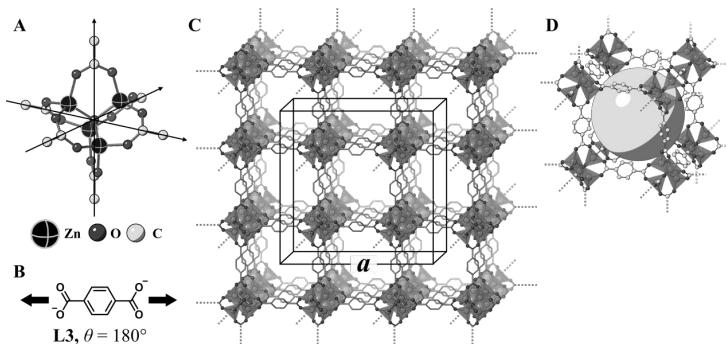


Fig. 3

- C.2** O polímero **X** tem uma célula unitária cúbica de lado  $a$  (Fig. 3C) e uma densidade de  $0,592 \text{ g cm}^{-3}$ . **Calcule**  $a$  em [cm]. **5pt**

- C.3** O polímero **X** contém um número considerável de poros. 1g de **X** pode acumular em seus poros  $3,0 \times 10^2 \text{ mL}$  de gás  $\text{CO}_2$  a 1 bar e  $25^\circ\text{C}$ . **Calcule** o número médio de moléculas de  $\text{CO}_2$  por poro. **5pt**

13 % do total					
Questão	A.1	A.2	A.3	B.1	Total
Pontos	5	2	19	10	<b>36</b>
Nota					

Prof. Nozoe (1902 - 1996) inaugurou o campo de pesquisa de compostos aromáticos não-benzenóides, que agora são populares em Química Orgânica.

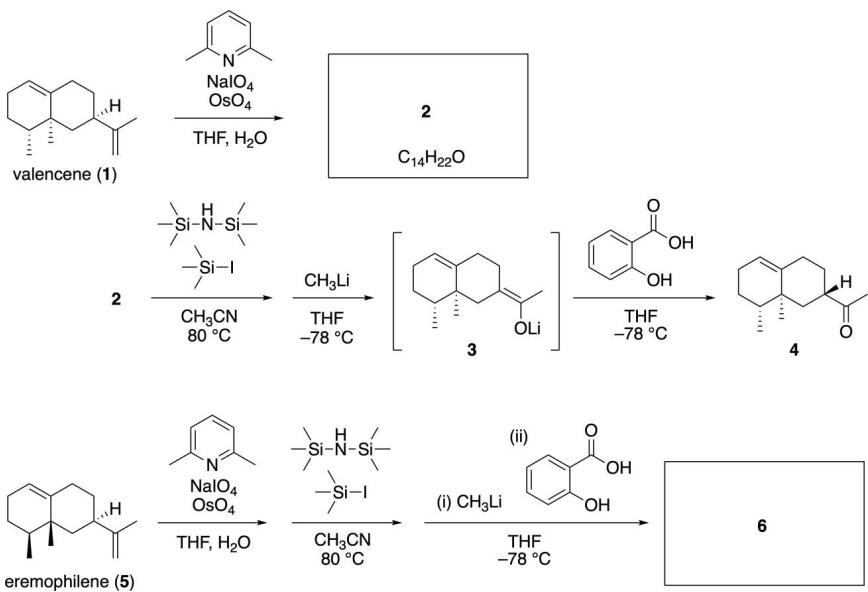


Foto cortesia: Universidade de Tohoku

## Parte A

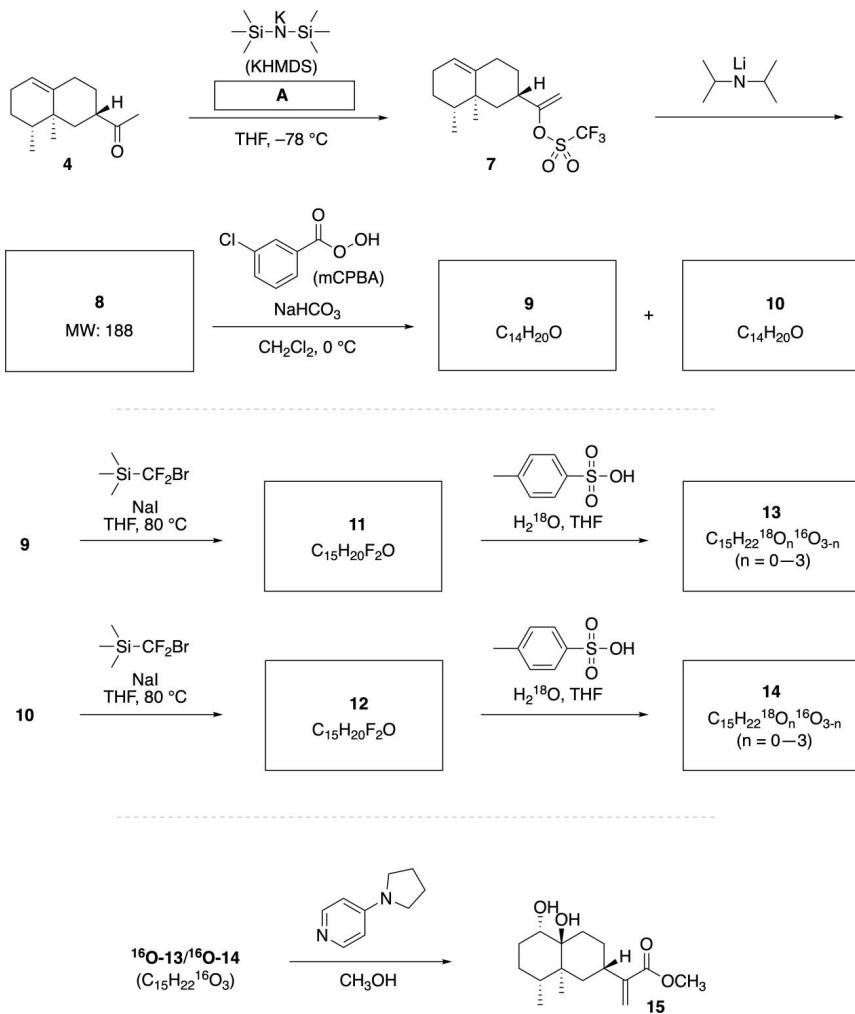
Linearifolianona é um produto natural com uma estrutura única, que foi isolada da *Inula linariifolia*. A partir do valenceno (**1**), uma conversão em uma etapa fornece **2**, antes de uma conversão em três etapas via **3** que fornece a cetona **4**. O Eremofileno (**5**) é convertido em **6** realizando-se a mesma conversão de quatro etapas.





**A.1 Desenhe** as estruturas de **2** e **6** e identifique claramente a estereoquímica onde necessário. **5pt**

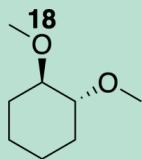
A seguir, a cetona **4** é convertida no éster **15**. O composto **8** (peso molecular: 188) retém todos os estereocentros de **7**. Os compostos **9** e **10** possuem cinco estereocentros e nenhuma ligação dupla carbono-carbono. Assuma que H<sub>2</sub><sup>18</sup>O é usada ao invés de H<sub>2</sub><sup>16</sup>O para a síntese das linearifolianonas **13** e **14**, marcadas com <sup>18</sup>O, a partir de **11** e **12**, respectivamente. Os compostos **13** e **14** são isotopômeros marcados com <sup>18</sup>O. Ignorando a marcação isotópica, ambos compostos **13** e **14** fornecem o mesmo produto **15** com estereoquímica idêntica.



**A.2 Escolha a estrutura apropriada para A. 2pt**

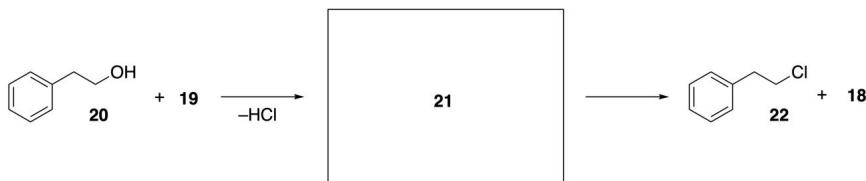
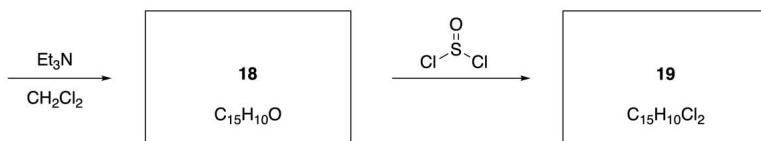
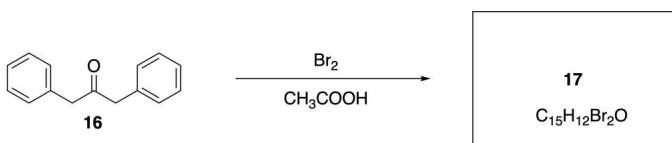


**A.3 Desenhe** as estruturas de **8–14** e identifique claramente a estereoquímica onde necessário. Também, indique o átomo de  $^{18}\text{O}$  introduzido em **13** e **14** como mostrado no exemplo ao lado. **19pt**



## Parte A

O composto **19** é sintetizado como mostrado abaixo. Em relação à aromaticidade não-benzenóide, **19** pode ser usado como um ativador para álcoois, e **20** foi convertido em **22** via o par iônico intermediário **21**. Embora a formação de **21** seja observada por RMN, **21** gradualmente se decompõe gerando **18** e **22**.



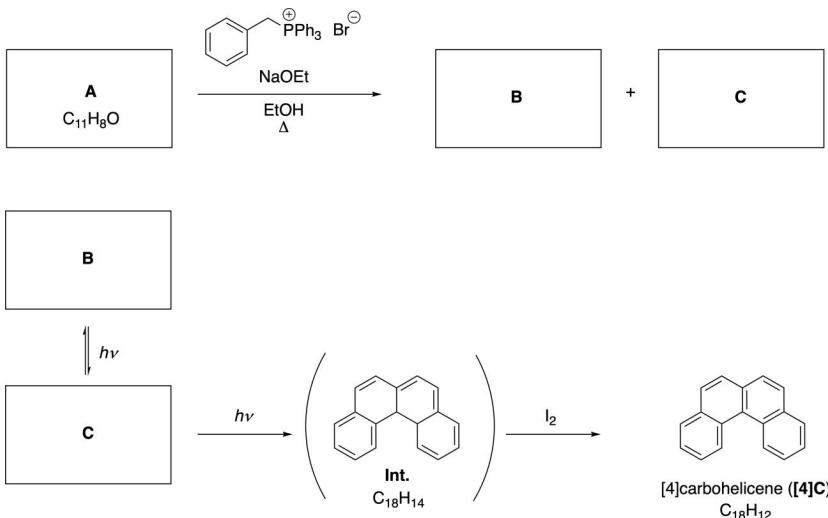
$^1\text{H}$  NMR (CD<sub>3</sub>CN, ppm) **20**:  $\delta$  7.4–7.2 (5H), 3.7 (2H), 2.8 (2H), 2.2 (1H)  
**21**:  $\delta$  8.5–7.3 (15H), 5.5 (2H), 3.4 (2H)

**A.3 Desenhe** as estruturas de **17–19** e **21**. A identificação da estereoquímica não é necessária. **10pt**

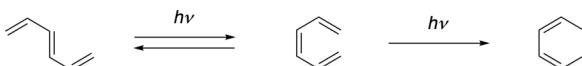
11 % do total					
Questão	A.1	A.2	A.3	B.1	Total
Pontos	9	3	7	3	26

### Parte A

Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos com sucessivas conexões na posição orto são chamados [n]carbohelicenos (aqui, n representa o número de anéis de seis membros) (veja abaixo). O [4]Carboheliceno (**[4]C**) é eficientemente preparado por uma rota usando uma fotoreação como mostrado abaixo, via um intermediário (**Int.**) que é prontamente oxidado pelo iodo.



A fotoreação procede de maneira similar ao seguinte exemplo.



**Nota:** Para toda a Questão 8, por favor desenhe ligações simples e duplas alternadas em suas respostas para os problemas, como mostrado nos exemplos de carboheliceno. Não use círculos para sistemas  $\pi$  conjugados.

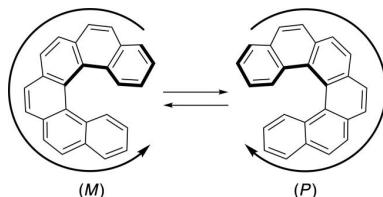
**A.1** Desenhe as estruturas de **A–C**. Estereoisômeros devem ser distinguidos. **9pt**

**A.2** A tentativa de sintetizar [5]carboheliceno a partir do mesmo sal de fosfônio e um composto de partida apropriado, resultou na formação de somente uma quantidade traço de [5]carboheliceno, e ao contrário favoreceu a formação do produto **D** cujo peso molecular foi 2 Da menor do que aquele do [5]carboheliceno. Os deslocamentos químicos de RMN  $^1\text{H}$  de D são listados abaixo.

**Desenhe** a estrutura de **D**.

**[D** ( $\delta$ , ppm em CS $\text{2}$ , temperatura ambienter.t.), 8,85 (2H), 8,23 (2H), 8,07 (2H), 8,01 (2H), 7,97 (2H), 7,91 (2H)] **3pt**

[5]- e maiores [n]carbohelicenos tem quiralidade helicoidal e a interconversão entre os enantiômeros destes helicenos é significativamente lenta à temperatura ambiente. A quiralidade de [n]carbohelicenos é definida como (*M*) ou (*P*) como mostrado abaixo.



[n]Carbohelicenos com n maior do que 4 podem ser enantiometricamente separados por uma coluna cromatográfica quiral, que foi desenvolvida pelo Prof. Yoshio Okamoto.

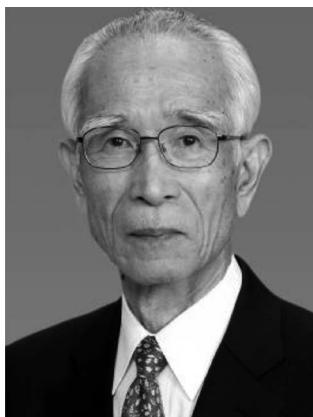
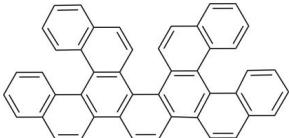
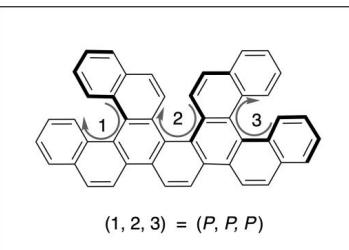


Foto cortesia: Fundação "Japan Prize"

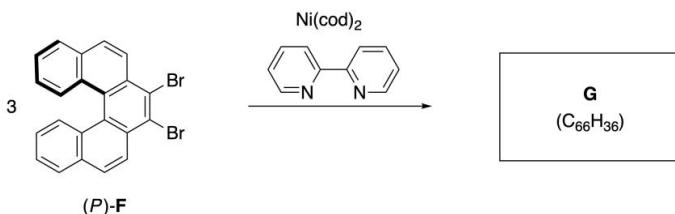
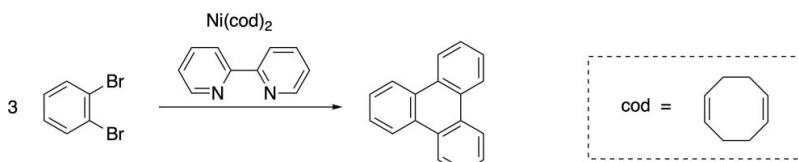
Helicenos múltiplos são moléculas que contém duas ou mais estruturas do tipo heliceno. Se sua quiralidade helicoidal é considerada, vários estereoisômeros existem em um heliceno múltiplo. Por exemplo, o composto **E** contém três porções do tipo [5]carboheliceno em uma molécula. Um destes estereoisômeros é descrito como (*P, P, P*) como mostrado abaixo.



**E**



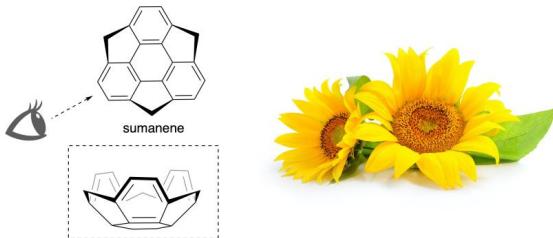
- A.3** A trimerização mediada por níquel de 1,2-dibromobenzeno gera trifenieleno. Quando a mesma reação é aplicada para um enantiômero de **F**, (*P*)-F, o heliceno múltiplo **G** ( $C_{66}H_{36}$ ) é obtido. Dada que a conversão entre estereoisômeros não ocorre durante a reação, **identifique todos** os possíveis estereoisômeros de **G** formado neste processo, sem duplicação. Como uma referência, um isômero deve ser desenhado completamente com a quiralidade definida conforme o exemplo acima, com rótulos numéricos; os outros estereoisômeros devem ser listados com os números das localizações e os rótulos *M* e *P* de acordo com a mesma numeração. Por exemplo, os outros estereoisômeros de **E** devem ser listados como (1, 2, 3) = (*P, M, P*), (*P, M, M*), (*P, P, M*), (*M, M, M*), (*M, M, P*), (*M, P, P*), e (*M, P, M*). **7pt**



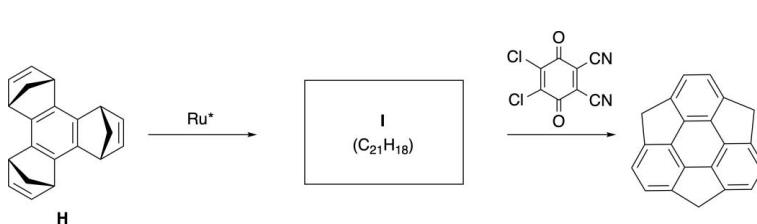
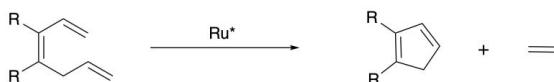
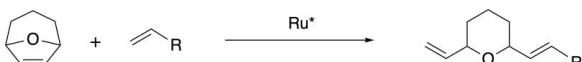
## Parte B

O sumaneno é um hidrocarboneto em formato de tigela (bowl) que foi primeiro reportado no Japão em 2003. O nome "sumaneno" deriva de uma palavra Sânskrito-Hindi "suman" que significa girassol.

A síntese do sumaneno foi realizada pela sequência de reações que consistem de uma metátese de abertura e fechamento de anel.



Reações representativas da metátese catalisada por um catalisador de rutênio ( $\text{Ru}^*$ ) são mostradas abaixo.



**B.1 Desenhe** a estrutura do intermediário **I** (sua estereoquímica não é requerida). **3pt**

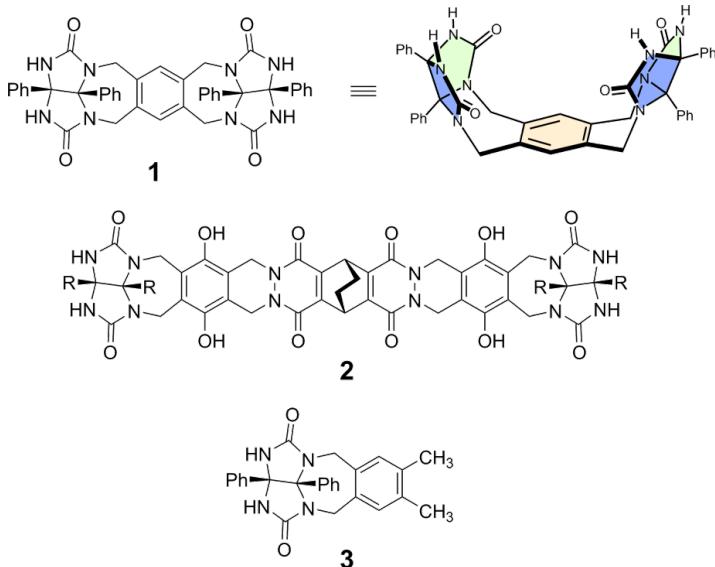
**B.2** Iniciando do precursor opticamente ativo **J**, a mesma sequência de reações fornece o derivado do sumaneno opticamente ativo **K**. Os estereocentros em **J** não sofrem inversão durante a reação de metátese. **Desenhe** a estrutura de **K** com a estereoquímica apropriada. **4pt**

10 % do total						
Questão	A.1	A.2	A.3	A.4	Total	
Pontos	13	2	2	3	3	23

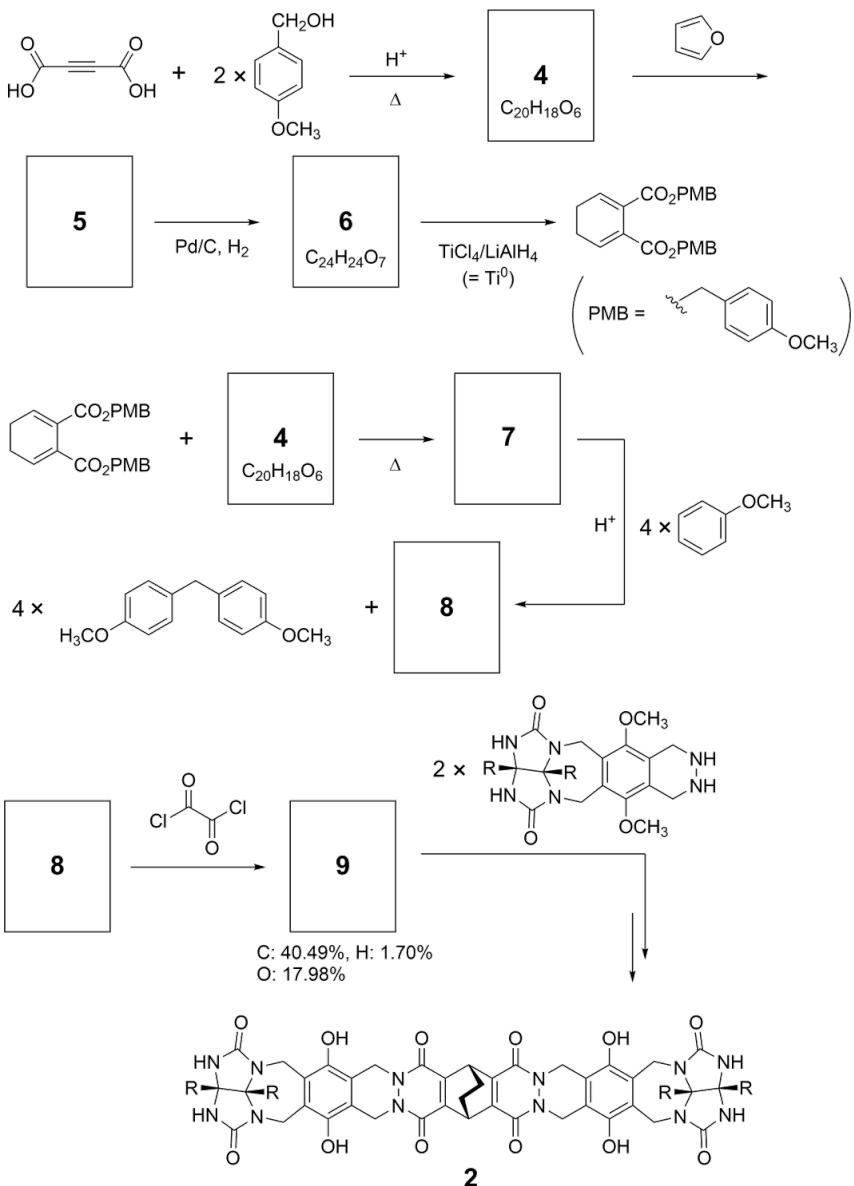
Jovens, não façam isso, mas se descosturarem uma bola de tênis vocês poderiam desmontá-la em dois pedaços em forma de U.



Tendo por base esta ideia, sintetizaram-se os compostos **1** e **2** como moléculas em forma de U diferentes tamanhos. O composto **3** foi preparado para comparação com **1** e o potencial de encapsulação destes compostos foi investigado.



A rota sintética para o composto **2** é mostrada abaixo. A composição elementar em massa do composto **9** é: C; 40.49%, H; 1.70%, and O; 17.98%.



**A.1 Desenhe** as estruturas **4–9**; não é necessário indicar a estereoquímica. Use “PMB” como grupo substituinte em vez de desenhar a estrutura do grupo *p*metoxibenzil mostrado no esquema acima. **13pt**

No espectro de massas do composto **1** foi observado claramente o pico correspondente ao seu dímero ( $1_2$ ). Contudo, não se observou o pico correspondente ao  $3_2$  no espectro de  $3$ .

Nos espectros de RMN de  $^1\text{H}$  de uma solução de  $1_2$ , todos os prótons NH provenientes de **1** foram observados como quimicamente equivalentes e seu deslocamento químico foi significativamente diferente do dos prótons NH do composto **3**. Estes dados indicam que se formam ligações de hidrogénio entre os grupos NH do composto **1** e os átomos **X** de outra molécula de **1** que forma a cápsula dimérica.

**A.2** **Circule** o(s) átomo(s) X apropriados no composto **1**. **2pt**

**A.3** **Indique** qual é o número de ligações de hidrogénio na cápsula dimérica ( $1_2$ ). **2pt**

A cápsula dimérica de **1** ( $1_2$ ) tem um espaço interno no qual uma molécula pequena  $Z$ , de tamanho apropriado, pode ser encapsulada. Este fenômeno de encapsulação é expresso pela equação que se segue:

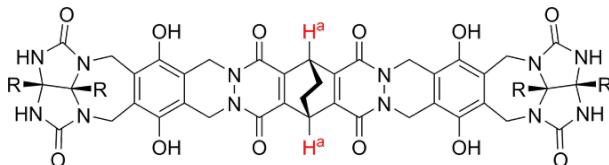


A constante de equilíbrio da encapsulação de  $Z$  em  $1_2$  é dada pela seguinte fórmula:

$$K_a = \frac{[Z@\mathbf{1}_2]}{[Z][\mathbf{1}_2]} \quad (2)$$

A encapsulação de uma molécula numa cápsula pode ser monitorada por espectroscopia de RMN. Por exemplo,  $1_2$  em  $\text{C}_6\text{D}_6$  apresenta sinais diferentes no espectro de RMN de  $^1\text{H}$  antes e após a adição de  $\text{CH}_4$ .

O composto **2** também forma uma cápsula dimérica ( $2_2$ ), rígida e maior. Mediú-se o espectro de RMN de  $^1\text{H}$  de  $2_2$  em  $\text{C}_6\text{D}_6$ ,  $\text{C}_6\text{D}_5\text{F}$  e em uma mistura de  $\text{C}_6\text{D}_6/\text{C}_6\text{D}_5\text{F}$ ; todas as demais condições foram mantidas constantes. Os deslocamentos químicos dos prótons  $\text{H}^a$  do composto **2** nos diferentes solventes encontram-se descritos a seguir e nenhum outro sinal de  $\text{H}^a$  em **2** (além dos descritos) foi observado. Assuma que o interior da cápsula está sempre preenchido com o maior número possível de moléculas de solvente, e que cada sinal no espectro corresponde a uma espécie diferente da cápsula preenchida.



**2**

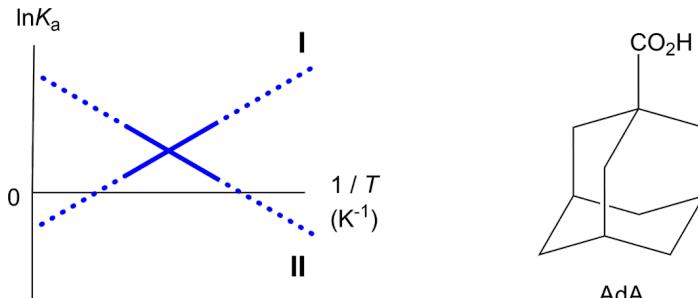
Solvente	$\delta$ (ppm) de H <sup>a</sup>
C <sub>6</sub> D <sub>6</sub>	4.60
C <sub>6</sub> D <sub>5</sub> F	4.71
C <sub>6</sub> D <sub>6</sub> / C <sub>6</sub> D <sub>5</sub> F	4.60, 4.71, 4.82

**A.4 Determine** o número de moléculas de C<sub>6</sub>D<sub>6</sub> e C<sub>6</sub>D<sub>5</sub>F encapsuladas em 2 para cada sinal H<sup>a</sup> na tabela. **3pt**

As medidas de RMN de <sup>1</sup>H em C<sub>6</sub>D<sub>6</sub> revelaram que o composto 2<sub>2</sub> pode incorporar uma molécula de ácido 1-adamantanocarboxílico (AdA) e foram determinadas as constantes de associação ( $K_a$ , expressa abaixo) a várias temperaturas. [solvent@2<sub>2</sub>] denota uma espécie contendo uma ou mais moléculas de solvente encapsulado.

$$K_a = \frac{[Z@2_2]}{[Z][\text{solvent}@2_2]} \quad (3)$$

Do mesmo modo, determinaram-se por RMN de <sup>1</sup>H os valores de  $K_a$  (equação 2) entre CH<sub>4</sub> e 1<sub>2</sub> em C<sub>6</sub>D<sub>6</sub> a várias temperaturas. Os gráficos das duas constantes de associação (ln Ka vs 1/T) encontram-se abaixo.



Nenhuma molécula de C<sub>6</sub>D<sub>6</sub> está encapsulada em 1<sub>2</sub>. Na reta II, a variação de entropia ( $\Delta S$ ) é (1) e a variação de entalpia ( $\Delta H$ ) é (2), indicando que o principal fator responsável pela encapsulação na reta II é (3). Assim, a reta I corresponde a (4) e a reta II corresponde a (5)

**A.5** Para cada uma das lacunas de (1)-(5) **escolha** a resposta entre A e B que preenche corretamente. **3pt**

	<b>A</b>	<b>B</b>
(1)	positivo	negativo
(2)	positivo	negativo
(3)	$\Delta S$	$\Delta H$
(4)	$1_2$ e $\text{CH}_4$	$2_2$ e AdA
(5)	$1_2$ e $\text{CH}_4$	$2_2$ e AdA

# CAPÍTULO 10



## XXV Olimpíada Ibero-American de Química

Teresina Piauí - Brasil - 30/09 a 09/10/2021

### EXAME TEÓRICO

#### Instruções gerais para o Exame Teórico

- Este exame contém XX páginas para 6 problemas experimentais e tem a duração de 5:00 horas. A Tabela Periódica dos Elementos encontra-se na última página deste folheto. Não separe as folhas.
- Inicie a prova quando for dado o sinal respectivo.
- Todas as respostas devem ser escritas com caneta (nunca com lápis) nos quadros correspondentes no caderno de respostas. Tudo o que você escrever nesse caderno de perguntas, não será avaliado.
- Escreve o seu nome e o seu código de identificação no cabeçalho da primeira folha. Adicionalmente, você receberá um código que deverá escrever em cada folha do caderno de resposta.
- Você deve usar somente o material que é fornecido e a sua calculadora não programável.
- Escreva os cálculos relevantes nos quadros apropriados, quando necessário. A pontuação total só é dada para respostas corretas quando seu trabalho é mostrado.
- Um aviso será anunciado 15 minutos antes de finalizar o tempo previsto para a prova.
- Quando escutar o sinal de fim de prova deverá parar de trabalhar imediatamente, senão o problema que esteja resolvendo será anulado.
- Ao concluir o exame, você deve entregar todas as suas folhas para o supervisor de seu exame.
- Você não está autorizado a sair de seu local de exame sem permissão. Se precisar de alguma assistência (calculadora quebrada, sanitário etc.), levante a mão e espere até que um aplicador chegue.
- É essencial que entregue o enunciado do exame com o seu nome e código e se assegure que todas as páginas apresentam o seu número correlativo.

**BOA SORTE**

## Constantes, Fórmulas e Equações

Constante de Avogadro	$N_A = 6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Constante Molar dos Gases	$R = 82,06 \text{ atm cm}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ $R = 1,987 \text{ cal mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ $R = 8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$
Constante de Faraday	$F = 96485 \text{ C mol}^{-1}$
Pressão atmosférica	$1 \text{ atm} = 1,01325 \times 10^5 \text{ Pa} = 760 \text{ mmHg}$

Equação dos gases ideais	$PV = nRT$
Equação de Arrhenius	$k = Ae^{-E_a/RT}$
Equação integrada de primeira ordem	$[R] = [R]_0 e^{kt}$
Conversão de Celsius a Kelvin	$K = ({}^\circ\text{C} + 273,15 {}^\circ\text{C}) \times (\text{K } {}^\circ\text{C}^{-1})$
Energia de Gibbs	$\Delta G^\circ = -RT \ln(K) = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$
Lei de Raoult	$p = p^* \times X$ $p = \text{pressão parcial do solvente}$ $p^* = \text{pressão parcial do solvente puro}$ $X = \text{fração molar do solvente}$
Potência Elétrica	$P = U \cdot i$ $P = \text{potencia elétrica}$ $U = \text{diferença de potencial}$ $I = \text{corrente elétrica}$

Número	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	Total
Pontos	6	4	20	10	15	20	5	20	<b>100</b>

## Problema Teórico 1 (X%)

### Brasil – Produtor de Frutas Cítricas



Fonte: <https://saberhortifruti.com.br/frutas-citricas/>

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de frutas cítricas, os quais podemos destacar laranjas, limões, limas e tangerinas. Essas são as variedades mais conhecidas e que fazem parte da rotina do brasileiro, seja pelo consumo in natura ou em forma de sucos e sobremesas. As plantas dessas frutas fazem parte do gênero Citrus e suas frutas apresentam grande concentração de ácido cítrico, um dos grandes responsáveis pelo sabor ácido que elas possuem. Essas frutas também representam uma importante fonte de ácido ascórbico, também conhecida como vitamina C, um importante agente antioxidante em nosso organismo. Mas a acidez dessas frutas também é relacionada à presença de diversos outros ácidos orgânicos.

Considerando que os ácidos orgânicos presentes no suco ou na polpa são responsáveis pelo sabor e aroma dessas frutas, a determinação da acidez pode ser realizada por Titulometria, técnica que se baseia na determinação da quantidade de um reagente de concentração conhecida que é requerida para reagir completamente com o analito. Na titulação volumétrica, a acidez em alimentos é avaliada em termos de acidez titulável total (ATT) e se expressa o resultado obtido como o volume de reagente padrão adicionado por peso da amostra.

Em uma amostra de laranja, foram extraídos apenas dois ácidos monopróticos fracos denominados HC e HD, cujas constantes de ionização são  $K_{HC} = 1,74 \times 10^{-7}$  e  $K_{HD} = 1,34 \times 10^{-7}$ , respectivamente. Esses dois ácidos foram ressuspensos em água deionizada obtendo-se a solução aquosa de amostra para análise.

- 1.1. Considerando que a solução aquosa da amostra possui apenas os dois ácidos monopróticos fracos HC e HD, escreva os equilíbrios químicos presentes.
- 1.2. Escreva a expressão do balanço de cargas para a solução de amostra de análise.
- 1.3. Considerando a solução aquosa da amostra, escreva a expressão matemática que relaciona a concentração de  $[H_3O]^+$  com as concentrações iniciais dos ácidos HC e HD. Para esses cálculos, considere que o meio é ácido e despreze a concentração de  $OH^-$  na resolução da questão.
- 1.4. Na análise da amostra por titulação, o pH inicial foi medido e o valor foi de 3,75. Em seguida, utilizando a Titulometria Ácido-Base, um volume de 100 mL dessa solução de amostra necessitou de 100 mL de solução padrão de NaOH 0,220 mol.L<sup>-1</sup> para a neutralização completa da solução da amostra de análise. **Calcule** a concentração inicial (em mol.L<sup>-1</sup>) do ácido HC e do ácido HD na solução da amostra.

**Obs:** Caso não tenha respondido à questão 1.3, você pode utilizar a expressão abaixo nos cálculos:

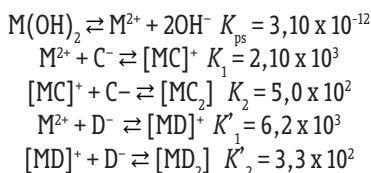
$$[H_3O^+]^2 = 1,64 \times 10^{-7} \times [HC]_i + 1,24 \times 10^{-7} \times [HD]_i \quad (\text{os termos } [HC]_i \text{ e } [HD]_i \text{ representam as concentrações iniciais dos ácidos HC e HD.})$$

- 1.5. Em outro experimento com a solução aquosa da amostra, adicionou-se uma grande quantidade de água deionizada nessa solução da amostra gerando uma solução bastante

diluída, no qual as concentrações totais dos ácidos estão próximas de zero. **Calcule** o percentual de ionização de cada ácido nessa solução diluída.

- 1.6.** Os sais básicos NaC e NaD foram utilizados no preparo de uma solução para análise. Calcule o pH dessa solução na qual as concentrações iniciais de NaC é 0,06 mol.L<sup>-1</sup> e NaD é 0,04 mol.L<sup>-1</sup>.

Um nutriente M<sup>2+</sup> está presente nessa solução na forma de um composto básico, M(OH)<sub>2</sub>. Esse mesmo nutriente pode reagir com os ânions C<sup>-</sup> e D<sup>-</sup> formando complexos. Uma solução tampão é adicionada a solução do item 6 para manter o pH igual a 10,0. Os equilíbrios químicos envolvidos são expressos abaixo. Considerando que não houve alteração significativa de volume dessa solução, responda:



- 1.7.** Tendo como base os equilíbrios químicos descritos, **escreva** a expressão do balanço de massas que represente o cálculo da solubilidade do composto M(OH)<sub>2</sub>.
- 1.8.** **Calcule** a solubilidade (em mol.L<sup>-1</sup>) do composto M(OH)<sub>2</sub> nesta solução.

Número	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	Total
Pontos	10	10	20	5	20	10	15	10	<b>100</b>

## Problema Teórico 2 (X%)

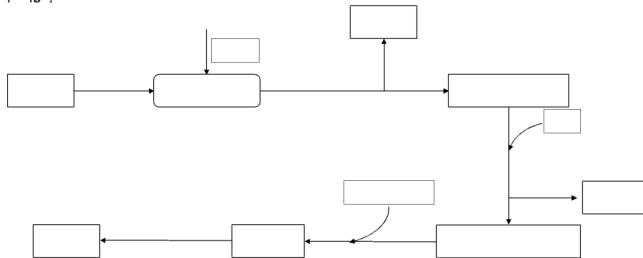
### Brasil – O País do Alumínio



Fonte: <https://www.fbandrade.com.br/wp-content/uploads/2019/09/BAUXITA-600x338.jpg>

O Brasil é atualmente o 3º maior produtor de óxido de alumínio do mundo. A bauxita, minério do qual se extrai alumínio, possui de 30 a 55% do óxido de alumínio. No Brasil a bauxita é de

excelente qualidade possuindo acima de 40% desse óxido. O segundo componente majoritário da bauxita (em torno de 25%) é o óxido de ferro (III), o que confere a coloração avermelhada a esse minério. O terceiro componente majoritário da bauxita é o dióxido de silício. Um processo conhecido de extração do óxido de alumínio a partir da bauxita é o Processo Bayer que é mostrado simplificadamente a seguir:



Dentre as duas principais impurezas (óxido de ferro (III) e dióxido de silício) existe um óxido ácido e um óxido básico. O óxido básico é separado em uma primeira etapa por não reagir com o NaOH. Então, o óxido de alumínio reage com NaOH e água (**Reação 1**) formando exclusivamente o produto solúvel B. Já o óxido ácido reage exclusivamente com NaOH (**Reação 2**) formando água e o produto C que também é solúvel. A substância C reage com CaO (**Reação 3**) formando NaOH e um composto D que é insolúvel e pode ser separado por filtração. A solução é então neutralizada formando a substância E (**Reação 4**) que ao ser calcinada forma o Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

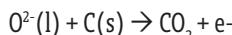
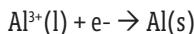
**2.1.** Escreva a fórmula dos compostos A-E.

**2.2.** Escreva as equações balanceadas que representam as reações 1-4.

Como o sólido E é gelatinoso e pode carregar impurezas em sua formação, uma outra maneira de se purificar o alumínio é a partir da síntese de alúmen de potássio. Esse composto é cristalino e de fácil separação. Sua cristalização é simples e ocorre espontaneamente quando existe uma proporção correta de íons Al<sup>3+</sup>, K<sup>+</sup> e SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. Sua composição final tem uma fórmula K<sub>x</sub>Al<sub>y</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>w</sub>·zH<sub>2</sub>O. Ao se realizar uma decomposição térmica desse composto, notou-se que entre 50 e 250 °C a amostra perdeu 45,2% de sua massa inicial e acima de 750 °C a amostra perdeu 33,7% de sua massa inicial, sobrando como produto da decomposição uma mistura dos óxidos de alumínio e potássio.

**2.3.** Determine os valores de x, y, w e z.

A parte mais cara de todo o processo de produção do alumínio é sua redução. Isso ocorre pois é necessária uma eletrólise ígnea, utilizando um eletrodo de carbono. As semi-reações não balanceadas que ocorrem encontram-se a seguir:



Como o ponto de fusão do alumínio é muito elevado, utiliza-se também um fundente, diminuindo o ponto de fusão da mistura.

**2.4. Escreva** a reação balanceada do processo de eletrólise

- 2.5.** Esse processo gasta em torno de 13000 kWh/t de alumínio formado. Parte dessa energia é usada para o aquecimento do sistema e parte para a reação eletroquímica. Sabendo que a diferença de potencial usada é 2 V e que a corrente aplicada é de 300 kA, **calcule** a porcentagem de energia gasta para a eletrólise.

O alumínio e seus compostos têm aplicações diversas. Pode por exemplo ser aplicado na forma metálica na construção civil por ser um metal pouco suscetível a oxidação. Porém por ter uma baixa densidade, normalmente é usado em algumas ligas com outros metais para deixá-lo mais resistente.

- 2.6.** Considerando que o Alumínio possui uma estrutura cúbica de face centrada e raio atômico de 143 pm, **calcule** a densidade teórica (em g/cm<sup>3</sup>) do alumínio.

Uma das ligas mais densas de alumínio é o Zircal, composta principalmente por Alumínio e Zinco.

- 2.7.** Considerando que a adição dessas quantidades de Zinco não altera o volume, **calcule** qual a porcentagem de Zn em uma liga com densidade 2,81 g/cm<sup>3</sup>. Caso não tenha resolvido o exercício 2.6, utilize o valor 2,70 g/cm<sup>3</sup> para a densidade do alumínio.

Um composto de alumínio muito importante em catálise é o cloreto de alumínio. Esse composto surpreendentemente possui ligações covalentes e pode ser encontrado na forma de  $\text{AlCl}_3$  ou  $\text{Al}_2\text{Cl}_6$ . Na estrutura do seu dímero, dois cloretos agem como ponte.

- 2.8. Desenhe** as estruturas de Lewis dos compostos  $\text{AlCl}_3$  e  $\text{Al}_2\text{Cl}_6$  considerando suas geometrias.

Número	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	Total
Pontos	10	10	10	10	20	10	15	15	<b>100</b>

### Problema Teórico 3 (X%)

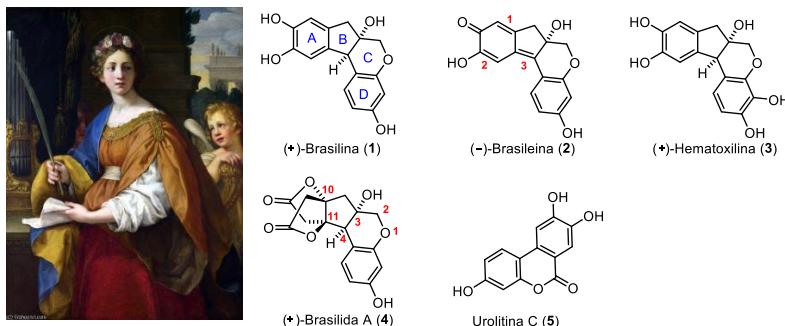
#### O País do pau-brasil – Parte 1

O pau-brasil, originalmente importado das Índias Orientais, era empregado na Europa para a fabricação de tinturas, muito antes da descoberta do continente americano. Segundo relatos

históricos, em torno de ano 1190, o escritor espanhol Kimichi já havia relatado a existência de uma madeira-tintureira chamada Bresil ou Brasil (de brasa). Quando os europeus descobriram o novo continente e encontraram no nordeste do Brasil uma madeira que produzia corante de mesma cor vermelha, chamaram esta árvore de pau-brasil, que veio a dar o nome de nosso país. O pau-brasil, pertencente à família Leguminosae, era conhecido como *Caesalpinia echinata*, tendo sido reclassificado como *Paubrasilia echinata*.

Tintas contendo pigmentos extraídos do pau-brasil eram empregadas por pintores como Rembrandt, Rafael, Van Gogh e Pietro da Cortona. Como exemplo, no quadro mostrado na Figura 1, o vestido vermelho de Santa Cecília de Pietro da Cortona, foi pintado com tinta contendo extrato de pau-brasil.

Há mais de um século muitos químicos vêm estudando a composição química do pau-brasil e outras espécies de *Caesalpinia*. Vários compostos foram isolados, identificados e sintetizados de espécies de *Caesalpinia*, como brasilina (**1**), brasileina (**2**), hematoxilina (**3**) e brasiliida A (**4**). Em trabalho recente foi mostrado que o composto presente no vermelho do vestido de Santa Cecília é a urolitina C (**5**).



**Figura 1** - Santa Cecília, obra pintada entre 1620-1625 pelo italiano Pietro da Cortona.  
Em destaque as fórmulas estruturais de alguns compostos isolados de *Caesalpinia* spp.

- 3.1.** Com relação às fórmulas estruturais apresentadas na Figura 1, **informe** o número de carbonos assimétricos para cada um dos compostos 1 a 5.

Composto <b>1</b> :	Composto <b>2</b> :	Composto <b>3</b> :
Composto <b>4</b> :	Composto <b>5</b> :	

- 3.2.** Com relação às fórmulas estruturais apresentadas na Figura 1, **assinale com um X** (no caderno de respostas) quais das afirmativas a seguir são corretas:

	O composto <b>1</b> é mais oxidado que <b>2</b> .
	Todos os compostos <b>1-5</b> são quirais.
	O composto <b>2</b> é uma quinona.
	O composto <b>4</b> possui três funções lactonas.
	A fórmula da urolitina C apresentada é racêmica.
	O composto <b>4</b> apresenta as funções fenol, álcool, éter e cetona.
	O composto <b>2</b> pode ser obtido pela oxidação de <b>1</b> .
	O composto <b>3</b> é mais oxidado que <b>1</b> .

- 3.3** Analise a fórmula do composto 2 e **especifique** a estereoquímica (*E/Z*) das ligações C=C (ligações duplas 1, 2 e 3, conforme a Figura 1) e a configuração absoluta (*R/S*) do carbono assimétrico.

Ligaçāo C=C <b>1</b> :	Ligaçāo C=C <b>3</b> :
Ligaçāo C=C <b>2</b> :	Carbono assimétrico:

- 3.4.** Observe a fórmula da (+)-brasilida A (**4**) e **especifique** as configurações absolutas (*R/S*) dos átomos de carbono assimétricos.

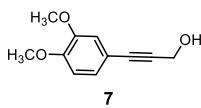
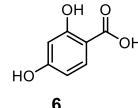
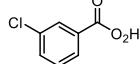
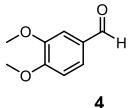
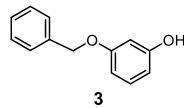
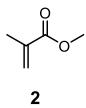
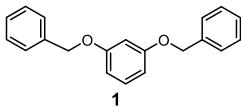
Carbono <b>3</b> :	Carbono <b>10</b> :
Carbono <b>4</b> :	Carbono <b>11</b> :

- 3.5.** Com relação ao composto **5**, resolva os itens a seguir:

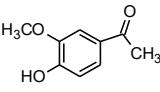
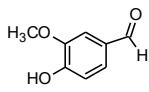
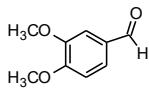
- A)** **Represente** as fórmulas estruturais para dois isômeros constitucionais para a urolitina C (**5**), que tenha o mesmo esqueleto carbônico (mantendo a mesma estrutura dos anéis);
- B)** **Escreva** a fórmula estrutural para o produto tetracíclico esperado da reação da urolitina C com acetona sob catálise ácida;
- C)** **Escreva** a fórmula estrutural do produto esperado para a reação da urolitina C com NaH (3,3 equivalentes) (intermediário **5i**);
- D)** **Escreva** a fórmula estrutural do produto da reação de **5i** com iodeto de metila em excesso (produto **5ii**);
- E)** **Escreva** qual o tipo de mecanismo da reação entre **5i** e o iodeto de metila.

- 3.6.** **Represente** a fórmula estrutural para a (-)-Brasilina (**1**) e para dois diastereoisômeros da (+)-Hematoxilina (**3**).

- 3.7.** Escreva os nomes sistemáticos (IUPAC) para os compostos cujas fórmulas estruturais são listadas a seguir (1-8). Esses compostos foram empregados em diversas sínteses de constituintes isolados do pau-brasil.



- 3.8.** O 3,4-dimetoxibenzaldeído (**A**) é utilizado na síntese de homoisoflavonoides, tais como a brasilina e pode ser preparado a partir da reação de metilação da vanilina (**B**). Considerando as substâncias **A**, **B** e **C**, assinale a(s) alternativa(s) correta(s):



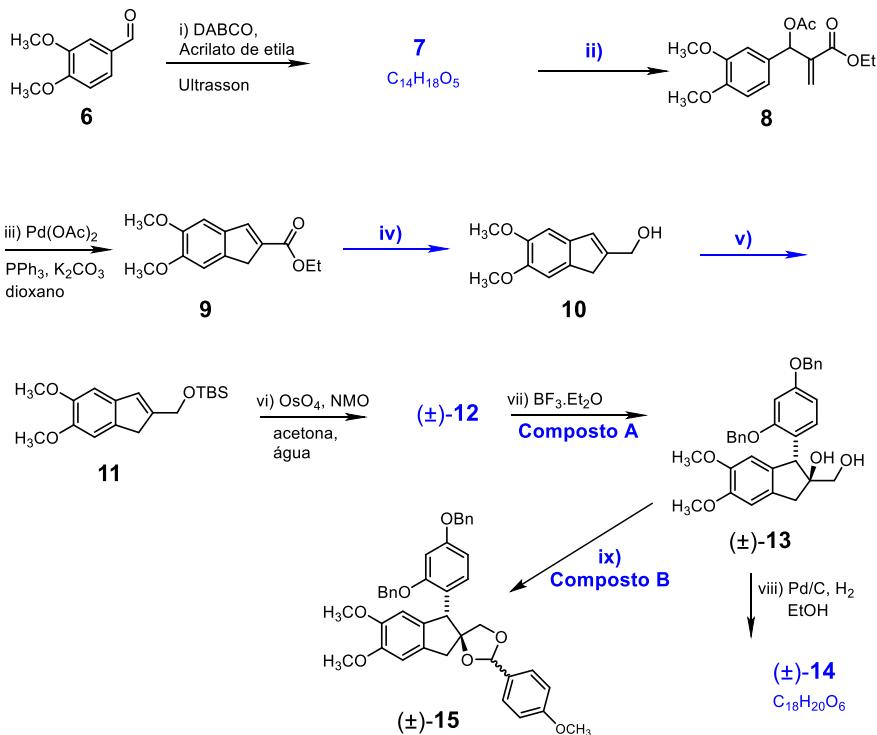
- I) As substâncias **A** e **C** apresentam maiores temperaturas de fusão que a substância **B** devido à formação de ligações de hidrogênio intermoleculares.
- II) A substância **A** apresenta maior temperatura de fusão que **B**, e esta, maior que a substância **C**, enquanto que a substância **B** é mais solúvel em água que **A**.
- III) A substância **A** apresenta menor temperatura de fusão que **B** e a substância **A** é menos solúvel em água que **B**.
- IV) O grupo hidroxila da substância **B** é ativador do anel aromático e orienta a substituição eletrofílica para a posição não substituída meta em relação ao grupo carbonila.
- V) A formação de ligações de hidrogênio intermoleculares entre o átomo de oxigênio do grupo carbonila de **A** e os hidrogênios da água, justifica a maior solubilidade em água desta substância quando comparada com **B** e **C**.
- VI) A reatividade e a orientação da substituição eletrofílica aromática para as substâncias **A**, **B** e **C** são o resultado do conjunto de seus efeitos inductivos e de ressonância, sendo que os grupos metoxila e carbonila são orto e para orientadores, bem como, ativadores do anel aromático.

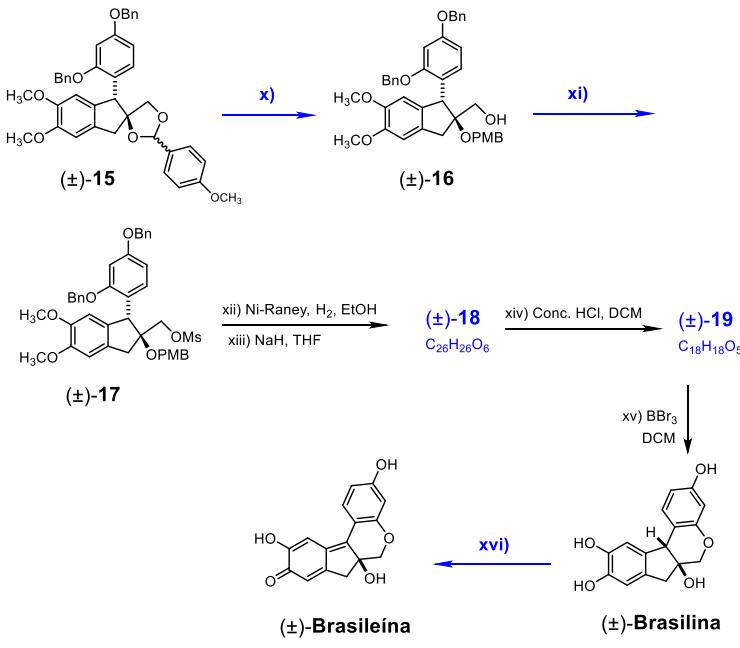
Número	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	Total
Pontos	30	15	10	5	5	5	20	10	100

## Problema Teórico 4 (X%)

### O País do pau-brasil – Parte 2

Há mais de um século diversos pesquisadores vêm trabalhando para desenvolver um procedimento sintético para as substâncias isoladas do pau-brasil. Em um trabalho recente, Yadav e colaboradores descreveram uma síntese para a  $(\pm)$ -brasilina conforme descrito nos esquemas 1 e 2.





**Esquema 2**

- 4.1.** Forneça os reagentes **ii**, **v**, **ix** (fórmula estrutural ou nome IUPAC) bem como as fórmulas estruturais dos compostos **(±)-7**, **(±)-12**, **(±)-14**, **A** e **B**, necessários para completar o esquema 1.

**Observação:** Os compostos **7**, **12** e **14** são obtidos como misturas racêmicas. Nesses casos, apresente as fórmulas de apenas um dos enantiômeros.

- 4.2.** Forneça os reagentes **xi** bem como as fórmulas estruturais dos compostos **(±)-18** e **(±)-19**, necessários para completar o esquema 2.

**Observação:** Os compostos **18** e **19** são obtidos como misturas racêmicas. Nesses casos, apresente as fórmulas de apenas um dos enantiômeros.

- 4.3.** Assinale com um **X** no caderno de resposta qual das seguintes condições reacionais poderia ser empregada como **(iv)** para a conversão do intermediário **9** no composto **10**.

	PTSA, CH(OEt) <sub>3</sub> , Tolueno
	DIBAL-H, HCl(conc.), DCM
	NaBH <sub>4</sub> , DCM
	HCl (cat.), H <sub>2</sub> O, MeOH
	DIBAL-H, DCM

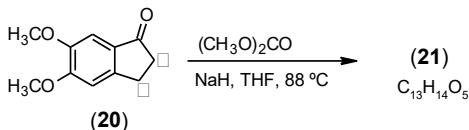
- 4.4.** Assinale com um **X** no caderno de resposta qual das seguintes condições reacionais poderia ser empregada como (**x**) para a conversão do intermediário ( $\pm$ )-**15** no composto ( $\pm$ )-**16**.

	AlCl <sub>3</sub> , LiAlH <sub>4</sub> , DCM
	LiAlH <sub>4</sub> , H <sub>2</sub> O, DCM
	HCl (cat.), H <sub>2</sub> O, DCM, MeOH
	PTSA, CH(OEt) <sub>3</sub> , Tolueno

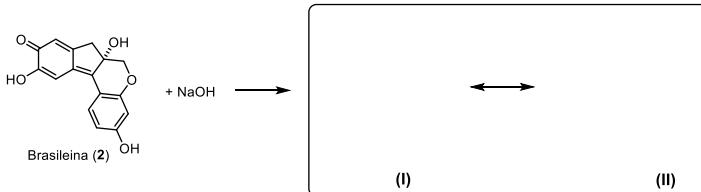
- 4.5.** A brasilina (**1**) pode ser naturalmente oxidada ao ar para produzir o pigmento vermelho brasileína (**2**). **Assinale com um X** no caderno de resposta com qual das seguintes condições reacionais pode ser realizada a conversão de (**2**) em (**1**).

	NaBH <sub>4</sub> , EtOH, sob atmosfera nitrogênio; HCl dil.
	H <sub>2</sub> (1 atm.), MeOH.
	BBr <sub>3</sub> , DCM
	KBH <sub>4</sub> , MeOH, O <sub>2</sub> (5 atm.); NaOH(aq.)

- 4.6.** A 5,6-dimetóxi-2,3-diidro-1*H*-inden-1-ona (**20**) é um composto de partida utilizado em uma das sínteses da brasilina descritas na literatura. Inicialmente NaH é adicionado à uma solução do composto (**20**) com dimetilcarbonato (DMC) para a formação do éster correspondente (**21**). Considerando o esquema abaixo, escreva a fórmula estrutural da substância (**21**). Para o composto (**20**), qual dos hidrogênios  $\alpha$  ou  $\beta$  à carbonila é o mais ácido?



- 4.7.** Considerando os três grupos hidroxila da brasileína (**2**), complete a equação representando duas estruturas de ressonância para o ânion formado da reação desta substância com 1 equivalente de NaOH.



### Códigos e formulas para os Problemas 3 e 4:

DIBAL-H – Hidreto de diisobutilalumínio
DCM – Diclorometano
DMAP – 4-( <i>N,N</i> -dimetilamino)piridina ou <i>N,N</i> -dimetilpiridin-4-amina
CSA – Ácido canforsulfônico
DABCO - 1,4-Diazabiciclo[2.2.2]octano
TBS - <i>tert</i> -butildimetsilil
NMO – Óxido de <i>N</i> -metilmorfolina
MsCl – Cloreto de mesila
Ac – Grupo acetil(a)
Atm. – atmosfera.
Aq. – aquoso
Conc. – Concentrado

Número	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	Total
Pontos	18	18	18	10	10	8	18	100

### Problema Teórico 5 (X%)

#### A Cinética dos Alimentos em Teresina



**Fonte:** [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Por\\_do\\_sol\\_e\\_Ponte\\_Estaiada.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Por_do_sol_e_Ponte_Estaiada.png)

A cidade de Teresina é conhecida pelas elevadas temperaturas registradas em seu território. Uma curiosidade que pode ser observada em alguns supermercados da cidade são cartazes com a seguinte informação: “Senhor cliente, por favor deixe para colocar os produtos que necessitam de refrigeração em seu carrinho ao final de sua compra, pois eles podem estragar ao longo da mesma”.

Se considerarmos que a deterioração dos alimentos segue a equação de Arrhenius, podemos usar dados de tempos de validade e ajustá-los adequadamente de maneira aproximada a uma reta.

A “velocidade de deterioração”,  $v$ , deve ser constante a uma dada temperatura e inversamente proporcional ao tempo de validade,  $t$ . Assim temos

$$t \cong \frac{1}{v} \cong c \times e^{-E_a/RT}$$

em que  $c$  é uma constante,  $E_a$  é a energia de ativação,  $R$  é a constante dos gases e  $T$  é a temperatura absoluta.

Essa equação pode ser usada de maneira conveniente para se conseguir uma estimativa razoável de como a temperatura influencia a velocidade das reações.

A embalagem de um determinado empanado de frango traz dentre suas informações que o tempo de validade do produto é de 48 h se ele for conservado a 5 °C e um mês se ele for conservado a -12 °C.

**5.1.** Calcule a energia de ativação da reação de decomposição desse empanado de frango.

Se você não conseguiu resolver o item anterior, use o valor de energia de ativação de 130  $\text{kJ mol}^{-1}$  para responder os itens **5.2** e **5.3**.

**5.2.** Considerando que a temperatura em um supermercado de Teresina seja de 35 °C, determine quantos minutos um cliente pode passar com o empanado de frango dentro do carrinho, depois de pegá-lo em um freezer a -12 °C, até ele estragar.

Uma alternativa à equação de Arrhenius para descrever a dependência da velocidade da reação com a temperatura na indústria alimentícia é o conceito de  $Q_{10}$ , que é a razão entre as constantes de velocidade em temperaturas que diferem por 10 °C, ou seja

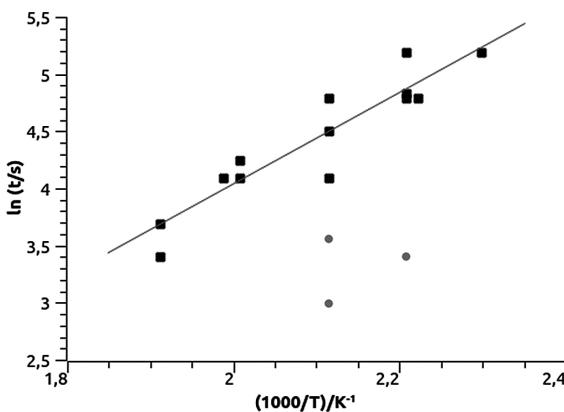
$$Q_{10} = \frac{k_{T+10}}{k_T}$$

em que  $k_T$  é a constante de velocidade da reação na temperatura  $T$  e  $k_{T+10}$  é a constante de velocidade da reação na temperatura  $T+10$ .

**5.3.** Utilizando 5 °C como a temperatura de referência, calcule o valor de  $Q_{10}$ .

A equação de Arrhenius também pode ser usada para estimar a energia de ativação das reações que ocorrem no cozimento dos alimentos. A figura a seguir mostra o uso da equação para estimar o tempo de cozimento da carne de diferentes animais cortadas em bifes e em pequenos pedaços.

**5.4.** Associe os símbolos do gráfico ao tipo de corte que ele está relacionado (bife ou pequenos pedaços).



- 5.4.** Associe os símbolos do gráfico ao tipo de corte que ele está relacionado (bife ou pequenos pedaços).

A equação de Arrhenius é uma equação empírica que se ajusta a diversas reações e, portanto, é usada frequentemente. No entanto, a teoria do estado de transição ou teoria do complexo ativado faz uma ligação entre a cinética e a termodinâmica. A equação a seguir é um exemplo dessa ligação

$$k = \frac{k_B T}{h} e^{\frac{\Delta H^\ddagger}{RT}} e^{-\frac{\Delta S^\ddagger}{R}} (c^\circ)^{1-m}$$

em que  $k_B$  é a constante de Boltzmann,  $T$  a temperatura absoluta,  $h$  a constante de Planck,  $\Delta H^\ddagger$  e  $\Delta S^\ddagger$  são a entalpia e a entropia de ativação, respectivamente,  $c^\circ$  é a concentração molar padrão ( $1 \text{ mol dm}^{-3}$ ) e  $m$  é a molecularidade da reação. Assim, pode-se observar uma dependência entre a constante de velocidade  $k$ , e, portanto, a velocidade da reação, com as chamadas entalpia e entropia de ativação. Por exemplo, uma elevada entalpia de ativação implicaria em uma reação lenta, a não ser que isso fosse compensado por um aumento na entropia de ativação de modo a se observar uma velocidade de reação razoável.

- 5.5.** Com base nas informações acima, preencha o quadro no caderno de respostas com as palavras alta ou baixa para o que se espera dos valores de entalpia e entropia de ativação para que se observe uma velocidade razoável de reação:

Reação	$\Delta H^\ddagger$	$\Delta S^\ddagger$
Desenovelamento de uma proteína		
Reações bimoleculares		

- 5.6.** Uma outra maneira de se diminuir o tempo de degradação dos alimentos é a adição de sais. No nordeste do Brasil, especialmente em Teresina, um alimento muito apreciado

é a carne de sol. Ela é preparada adicionando-se sal à carne e deixando em repouso ao sol para secar. Esse processo deve ser feito com muito cuidado, pois dependendo da quantidade de sal adicionada isso pode afetar a textura da carne e torná-la dura e difícil de mastigar.

Na indústria de alimentos costuma-se utilizar a chamada **atividade da água**,  $A_w$ , para avaliar a umidade ideal em produtos. Essa medida é definida como

$$A_w = \frac{p_s}{p_w}$$

em que  $p_s$  é a pressão de vapor de um produto ou solução e  $p_w$  é a pressão de vapor da água pura.

Considere um pedaço de carne no qual 75% de sua massa é água. Durante o processo de salga para a produção da carne de sol, cerca de 68% da umidade da carne é perdida. Com base nas informações responda os itens **5.6 e 5.7**.

- 5.6.** Assinale com um X no caderno de respostas qual o nome do fenômeno responsável pela perda de umidade da carne devido a adição de sal?

	Criometria
	Ebulioscopia
	Osmose

- 5.7.** Admitindo que o valor ideal de  $A_w$  seja 0,75 para a carne de sol e que a solução de água e sal na carne obedeça a lei de Raoult, determine a massa de sal de cozinha, NaCl, que deve estar presente em 1 kg de carne de sol para que ela tenha o valor ideal de  $A_w$ .

Número	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	Total
Pontos	30	15	40	10	5	<b>100</b>

## Problema Teórico 6 (X%)

### A Termodinâmica dos minérios

O Parque Nacional Serra da Capivara está localizado no sudeste do Estado do Piauí e corresponde a uma importante área de preservação permanente situada no domínio morfoclimático das caatingas, com vegetação e relevo diversificado (vales, serras e planícies).



**Fonte:** <http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/42>

No Parque há um dos conjuntos de sítios arqueológicos mais relevantes das Américas, com a maior concentração de pinturas rupestres do continente, que têm fornecido dados e vestígios essenciais para elucidar a origem do homem americano. Neste contexto, diversos estudos permitem compreender a evolução da paisagem e das condições climáticas, dentre outros fatores.

Numa determinada investigação de um sítio arqueológico, cientistas observaram dois sólidos com diferentes formas cristalinas, porém mesmos resultados de análise elementar. A massa molar do composto (o mesmo para os dois sólidos) foi medida com valor de 100,0 g mol<sup>-1</sup>. Experimentos de cristalografia indicaram que um dos sólidos (aqui chamado sólido 1) possui estrutura cúbica com uma fórmula por cela unitária e com parâmetro de rede de 3,94 Å e o outro sólido (aqui chamado sólido 2) possui estrutura cúbica com duas fórmulas por cela unitária e com parâmetro de rede de 4,90 Å.

**6.1. Calcule** as densidades dos dois sólidos. ( $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ ). Expressse todos os cálculos na resposta.

A relação da energia livre de Gibbs molar de sólidos com a pressão, uma vez que os sólidos possuem volume molar praticamente constante, dada a sua incompressibilidade, pode ser expressa pela equação:

$$\underline{G} = \underline{G}^\circ + \underline{V}(\underline{P} - \underline{P}_0)$$

onde " $\frac{\underline{G}}{n}$ " é a energia livre de Gibbs molar do sólido na pressão " $P$ ", " $\underline{G}^\circ = \frac{\underline{G}^\circ}{n}$ " é a energia livre de Gibbs molar padrão na pressão " $P_0$ " (= 1 atm), " $\underline{V} = \frac{V}{n}$ " é o volume molar do sólido e "n" é o número de mols. A energia livre de Gibbs molar também é chamada de potencial químico e do ponto de vista termodinâmico, duas fases se encontram em equilíbrio quando estes potenciais químicos se igualam.

Admitamos que em certo período no tempo e sob a pressão P e temperatura de 25 °C, os sólidos 1 e 2, encontravam-se em equilíbrio. Sabe-se através de cálculos teóricos que a variação de energia livre de Gibbs molar padrão de formação do sólido 1 tem valor de -1128,8 kJ mol<sup>-1</sup> e para o sólido 2, o valor de -1127,6 kJ mol<sup>-1</sup>.

- 6.2.** **Calcule** a variação de energia de Gibbs molar padrão para o equilíbrio de transformação do sólido 1 em sólido 2. Expresse todos os cálculos na resposta.
- 6.3.** **Calcule** o valor da pressão  $P$  citada acima? Expresse todos os cálculos na resposta. (1 atm = 101325 Pa).

Caso não tenha respondido o item 1, utilize para o sólido 1, densidade de 3,0 g cm<sup>-3</sup> e para o sólido 2, densidade de 3,2 g cm<sup>-3</sup>.

Caso não tenha respondido o item 2, utilize o valor de 3,0 kJ mol<sup>-1</sup> para a variação de energia de Gibbs molar padrão para o equilíbrio de transformação do sólido 1 em sólido 2.

- 6.4.** Considerando que a variação de entropia para o equilíbrio “sólido 1 ⇌ sólido 2” é desprezível, **calcule** o valor de variação de entalpia padrão para o equilíbrio? Expresse todos os cálculos na resposta.
- 6.5. 5.** Sob pressão padrão, o aumento de temperatura no equilíbrio citado favorece a formação de qual dos dois sólidos? **Assinale com X** no caderno de respostas a opção correta.

	Sólido 1	<b>X</b>	Sólido 2
--	----------	----------	----------

*A gravidade explica o movimento dos planetas,  
mas não pode explicar quem colocou os  
planetas em movimento. Deus governa todas as  
coisas e sabe tudo que é ou que pode ser feito.*

*Isaac Newton*

## CAPÍTULO

# 9



2021

## XXV Olimpíada Ibero-American de Química

Teresina Piauí - Brasil - 30/09 a 09/10/2021

### Instruções gerais para o Exame Prático

- Este exame prático contém **12 páginas** para 2 problemas experimentais. A Tabela Periódica dos Elementos encontra-se na última página deste folheto. Não separe as páginas. Durante o exame você pode utilizar o verso desse caderno para rascunho ou outra finalidade que necessite.
- Você pode consultar o vídeo experimental quantas vezes desejar durante o período da prova.
- Este exame experimental tem a duração de 4:30 horas. O vídeo tem duração de 22 minutos e estará disponível para ser assistido durante todo o exame.
- Inicie a prova quando for dado o sinal respectivo.
- Todas as respostas devem ser escritas com caneta (**nunca com lápis**).
- Escreve o seu nome e o seu código de identificação no cabeçalho da primeira folha do caderno de respostas. Adicionalmente, você receberá um código que deverá escrever em cada folha do caderno de respostas.
- Você deve usar somente o material que é fornecido e a sua calculadora não programável.
- Deve escrever todas as tuas respostas nos espaços para isso destinados nos quadros do caderno de respostas. **Tudo o que escrever fora dos quadros no caderno de resposta respostas ou nas páginas caderno de perguntas, não será avaliado.**
- Escreva os cálculos relevantes nos quadros apropriados, quando necessário. A pontuação total só é dada para respostas corretas quando seu trabalho é mostrado.
- Um aviso será anunciado 15 minutos antes de finalizar o tempo previsto para a prova.
- Quando escutar o sinal de fim de prova deverá parar de trabalhar imediatamente, senão o problema que esteja resolvendo será anulado.
- Ao concluir o exame, você deve entregar todas as suas folhas para o supervisor de seu exame.
- Você não está autorizado a sair de seu local de exame sem permissão. Se precisar de alguma assistência (calculadora quebrada, sanitário etc.), levante a mão e espere até que um aplicador chegue.
- É essencial que entregue o enunciado do exame com o seu nome e código e se assegure que todas as páginas apresentam o seu número correlativo.**

**BOA SORTE**

## Problema Experimental 1

Número	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.10	1.11	Total
Pontos	6	6	6	2	4	4	10	10	16	20	16	<b>100</b>
Nota												

## Problema Experimental 1 (15,0%)

### Experimento com Minerais Brasileiros



**Figura 1:** Minerais contendo ferro.

Minérios de ferro estão na lista de materiais mais exportados pelo Brasil. Já no final do século XVII, a descoberta de ouro e a mineração foram motivação para o deslocamento de trabalhadores de regiões litorâneas para o interior do país. No começo, a busca era motivada por ouro, porém, hoje, um grupo de cidades localizadas no estado de Minas Gerais recebe o nome de “Quadrilátero Ferrífero”. A região apresenta a maior concentração urbana do estado, sendo referência, principalmente, por sua atividade siderúrgica. Um dos problemas enfrentados por este tipo de indústria é que juntamente com minerais com valor comercial, muitos outros compostos sem valor são extraídos do solo. Por isso, essa é uma atividade em que rejeitos, contendo sobretudo metais pesados, são gerados.

O enfoque do experimento apresentados em vídeos será a avaliação de alguns minerais com relação a sua composição química majoritária. São três os minerais avaliados (Figura 1) em testes qualitativos. Já experimentos quantitativos, são conduzidos apenas com os dois primeiros minerais apresentados na Figura 1.

Na ausência de experimentos de forma presencial, o objetivo é que você faça suas observações e interprete a sequência de etapas realizadas. Sendo assim, não será fornecido roteiro escrito dos experimentos, faz parte da resolução da prova o entendimento dos vídeos, identificação das etapas e identificação das reações envolvidas.

- 1.1** Considerando-se os testes qualitativos realizados, **escreva** quais íons as amostras sólidas apresentam.
- 1.2** Para o mineral 3, **escreva** todas as reações envolvidas na determinação que utilizou o tubo em J com dois tubos de ensaio.

- 1.3** Em alguns momentos dos experimentos qualitativos, foi utilizado Zinco metálico. **Escreva** três equações de reações possíveis ao adicionar este metal ao meio.
- 1.4** **Escreva** a equação da reação de formação de um dos complexos responsáveis pelo aparecimento de cor vermelha após adição de  $\text{NH}_4\text{SCN}$  ao tubo de ensaio.
- 1.5** Considerando-se que apenas um composto de coloração avermelhada está presente no cadiño no momento da pesagem final, **escreva** a fórmula do composto e **calcule** a % em massa de metal presente no mineral.
- 1.6** Na determinação quantitativa realizada no mineral 1 por gravimetria, podem ocorrer erros devido a perda de material nas diversas etapas, além de erros devido a formação de outros compostos indesejados durante a pirólise na chama ou mesmo durante a mineralização na mufla. Levando-se em consideração que estes produtos podem ser formados devido a baixa concentração de  $\text{O}_2$ , **escreva** duas equações de reação possíveis e que influenciariam no resultado final da determinação.
- 1.7** Durante a filtração no experimento de gravimetria foi verificada a presença de um íon na solução de lavagem (reação com  $\text{Ag}^+$ ). Foi verificado ainda que, sem a adição de solução de  $\text{HNO}_3$  ao meio, o precipitado branco não se mantém. **Escreva** a equação da reação química que explica a formação do precipitado formado e **escreva** a equação que explica a não permanência do precipitado quando não há acidificação do meio.
- 1.8** Utilizando-se os dados de calibração do pHmetro apresentado no vídeo, **calcule** o valor de  $c$  na equação abaixo. A seguir, calcule o valor de pH para 0,155 V.

$$\text{Considere } E(V) = c - 0,05916 \text{ pH} \quad (c = \text{constante}) \quad \text{Eq. 1.1}$$

- 1.9** Considerando-se os dados de titulação apresentados no gráfico, **indique** qual dentre os íons abaixo faz parte da composição do mineral.

íon	pKa1	pKa2	pKa3
$\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$	1,2	4,3	
$\text{PO}_4^{3-}$	2,1	7,2	12,4
$\text{SO}_4^{2-}$	-3,0	2,0	
$\text{BO}_3^{3-}$	9,2	12,7	13,8
$\text{CO}_3^{2-}$	6,4	10,3	
$\text{CrO}_4^{2-}$	-0,2	6,5	
$\text{ClO}^-$	7,5		
$\text{SeO}_3^{2-}$	2,6	8,3	

- 1.10** Considerando-se o mineral 2, determine a quantidade de matéria (em mols) presente na amostra triturada submetida ao experimento.

Volume de titulante considerado para os cálculos: \_\_\_\_\_ 15 mL \_\_\_\_\_;

## Problema Experimental 2

Número	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	2.10	2.11	2.12	2.13	Total
Pontos	3	2	4	5	2	2	2	2	2	4	4	2	3	<b>37</b>
Nota														

## Problema Experimental 2 (15,0%)

### Separação e purificação do ácido benzoico a partir de uma mistura e obtenção do benzoato de metila

O ácido benzoico é um sólido branco utilizado como conservante alimentício e como precursor de inúmeros compostos orgânicos, como o benzoato de metila, utilizado na indústria de perfumes devido ao seu odor característico.

Neste experimento será realizada, inicialmente, a separação do ácido benzoico em uma mistura contendo também a bifenila e o ácido ftálico (Parte I), contaminantes comumente encontrados em amostras de ácido benzoico (Figura 2).



Figura 2 – Estruturas do ácido benzoico, ácido ftálico e bifenila

Na **Parte II**, será feita a purificação do ácido benzoico por meio da técnica de recristalização e por fim, na **Parte III**, será obtido o benzoato de metila a partir de uma reação de esterificação do ácido benzoico recristalizado.

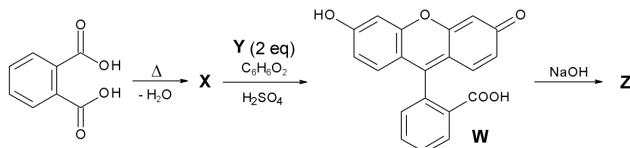
Na ausência de experimentos de forma presencial, o objetivo é que o estudante faça suas observações e interprete a sequência de etapas realizadas. Sendo assim, não será fornecido roteiro escrito dos experimentos. Faz parte da resolução da prova o entendimento dos vídeos, identificação das etapas e identificação das reações envolvidas. Para eventuais cálculos, devem ser utilizados os valores apresentados no vídeo, exceto quando o problema apresentar outro dado ou valor fictício. Quando isso acontecer, o texto e os dados estarão grafados em itálico no enunciado do problema.

#### Parte I – Separação do ácido benzoico

**2.1** Identifique os precipitados A, B e C obtidos neste experimento.

- 2.2** **Escreva** a equação para as reações observadas durante o experimento da Parte I, excluindo a reação para o teste qualitativo de identificação do ácido ftálico.
- 2.3** Considerando que o coeficiente de partição (ou coeficiente de distribuição) para o **composto C** no sistema acetato de etila/solução aquosa de  $\text{NaHCO}_3$ , 1,0 mol  $\text{dm}^{-3}$  é igual a 0,20, **calcule** a quantidade de massa do **composto C** extraída para a fase aquosa após as duas extrações com 50 ml de solução de  $\text{NaHCO}_3$ , 1,0 mol  $\text{dm}^{-3}$ , considerando uma massa inicial de 2,000 g do composto C dissolvida inicialmente em 50 mL de acetato de etila. Considere ainda que não houve perda dos solventes (diminuição do volume) após cada extração e que o coeficiente de partição,  $K_D$ , é dado por  $K_D = C_{\text{org}}/C_{\text{aq}}$ , em que  $C_{\text{org}}$  e  $C_{\text{aq}}$  são as concentrações do soluto no equilíbrio nas fases orgânica e aquosa, respectivamente.

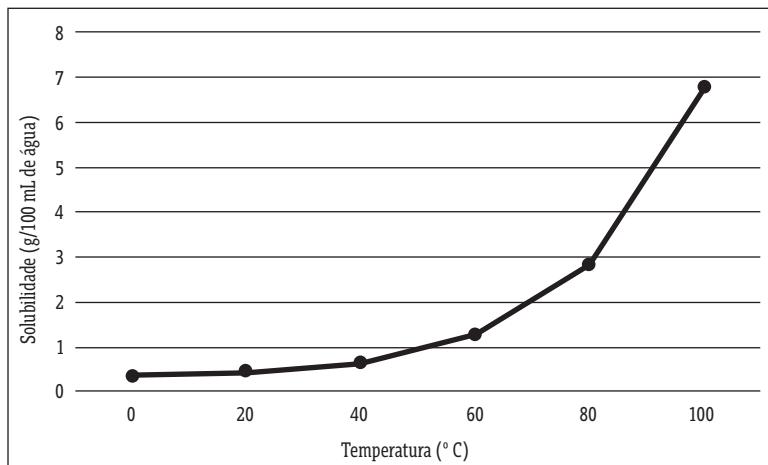
A presença de ácido ftálico em um dos precipitados recuperados neste experimento foi confirmada por meio de um teste qualitativo, conforme sequência reacional abaixo.



- 2.4** **Desenhe** a estrutura dos compostos **X**, **Y** e **Z**.

## Parte II – Recristalização do ácido benzoico

A curva de solubilidade do ácido benzoico em água em função da temperatura é dada no gráfico abaixo.



- 2.5** Com base no gráfico acima, **marque** no caderno de respostas a opção que apresenta o volume de água, a temperatura de ebulição ( $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), mais adequado que deve ser utilizado para a *recristalização* de  $4,000\text{ g}$  de ácido benzoico, a fim de proporcionar o melhor rendimento após o processo de recristalização.

20 mL       40 mL       **60 mL**       80 mL       100 mL

- 2.6** **Avalie** as afirmações abaixo, indicando se as ações propostas aumentam ou não aumentam o rendimento do processo de recristalização e/ou a pureza do produto recristalizado.

Adicionar o mínimo de solvente quente para a completa dissolução da amostra a ser purificada.

Adicionar o mínimo de solvente quente para a completa dissolução da amostra a ser purificada.	Aumenta o Rendimento	Não aumenta a pureza
Aquecer previamente a amostra sólida a ser purificada.	Não Aumenta Rendimento	Não aumenta Pureza

Resfriar lentamente a solução após dissolução do produto a quente.	Aumenta Rendimento	Aumenta Pureza
Lavar abundantemente o precipitado com solvente a temperatura ambiente após a filtração a vácuo.	Não aumenta Rendimento	Aumenta Pureza

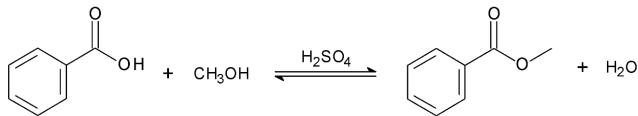
- 2.7** Após a recristalização do ácido benzoico foi determinada a sua temperatura de fusão. A respeito desta técnica, julgue as afirmações abaixo.

A temperatura de fusão pode ser utilizada para identificação de amostras sólidas.	<input type="checkbox"/> Verdadeiro	<input type="checkbox"/> Falso
Amostras sólidas puras apresentam pequena variação entre as temperaturas de fusão inicial e final.	<input type="checkbox"/> Verdadeiro	<input type="checkbox"/> Falso
A temperatura de fusão de uma amostra depende da massa (quantidade) do composto analisado.	<input type="checkbox"/> Verdadeiro	<input type="checkbox"/> Falso
A temperatura de fusão um composto depende das forças intermoleculares existentes no estado sólido.	<input type="checkbox"/> Verdadeiro	<input type="checkbox"/> Falso

- 2.8** Após a etapa de recristalização foi obtido o ácido benzoico purificado seco. **Calcule** o rendimento de toda a operação após a separação e purificação do ácido benzoico (Partes I e II).

### Parte III – Obtenção do benzoato de metila

O benzoato de metila foi obtido conforme a reação abaixo:

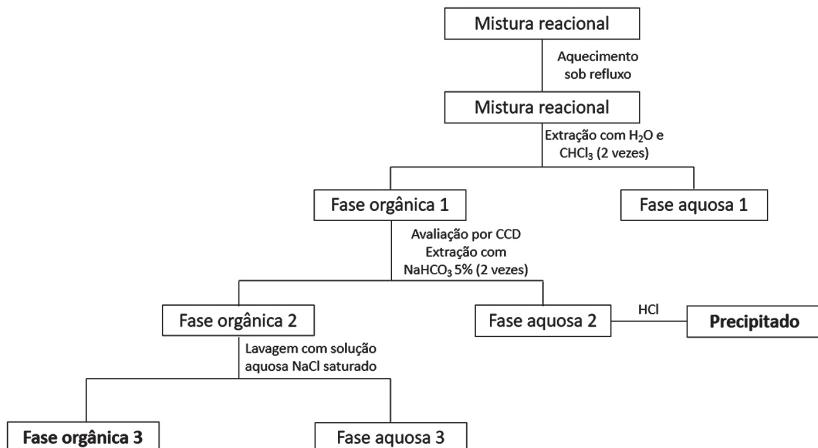


**2.9** A respeito da reação acima e da técnica utilizada para sua realização, julgue as afirmações abaixo.

As pedras porosas foram utilizadas para aumentar a velocidade da reação de esterificação.	<input type="checkbox"/> Verdadeiro	<input type="checkbox"/> Falso
Pode-se aumentar o rendimento do benzoato de metila adicionando-se metanol em excesso.	<input type="checkbox"/> Verdadeiro	<input type="checkbox"/> Falso
O condensador foi utilizado para prevenir a perda de reagentes e produtos durante a esterificação.	<input type="checkbox"/> Verdadeiro	<input type="checkbox"/> Falso
O ácido sulfúrico atuou como catalisador da reação tornando o carbono carbonílico do ácido benzoico mais eletrofílico.	<input type="checkbox"/> Verdadeiro	<input type="checkbox"/> Falso

Após o aquecimento sob refluxo a mistura foi resfriada e submetida a diversas extrações e lavagens conforme procedimento apresentado no Quadro 1.

**Quadro 1** – Procedimento para obtenção do benzoato de metila



Antes da extração com solução de  $\text{NaHCO}_3$ , 5%, foi feita a avaliação dos constituintes presentes na fase orgânica utilizando a técnica de cromatografia em camada delgada (CCD), que confirmou a presença de ácido benzoico e de benzoato de metila, conforme resultado da revelação da placa.



**Figura 3** – Placa de CCD revelada da fase orgânica contendo ácido benzoico e benzoato de metila

- 2.10** Com base no resultado observado na placa de CCD, responda as questões abaixo. **Calcule** os valores de  $R_f$  para os compostos **A** e **B**. Apresente os resultados com 2 casas decimais.
- 2.11** Considerando que o volume da mistura reacional é o mesmo para cada componente presente no equilíbrio, **calcule** o valor experimental da constante de equilíbrio,  $K_{\text{eq}}$ , a partir da **massa de ácido benzoico recuperada** (Parte III), da **massa de ácido benzoico recristalizado** (Parte II) e do volume de metanol utilizado na reação de esterificação. Considere a densidade do metanol igual a  $0,80 \text{ g cm}^{-3}$  na temperatura do experimento.

A **Fase orgânica final**, obtida após lavagem com solução saturada de  $\text{NaCl}$ , foi destilada com o objetivo de remover o clorofórmio e obter o benzoato de metila purificado.

- 2.12** Considerando a destilação simples de uma *mistura equimolar* de clorofórmio (temperatura de ebulação =  $61,1^\circ\text{C}$ ) e benzoato de metila (temperatura de ebulação =  $199,0^\circ\text{C}$ ) como uma solução ideal à pressão atmosférica de 1 atm, **pode-se afirmar** que a destilação deste sistema terá início na temperatura:

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Um pouco abaixo de $61,1^\circ\text{C}$ | <input type="checkbox"/> Exatamente a $80,0^\circ\text{C}$        |
| <input type="checkbox"/> Exatamente a $61,1^\circ\text{C}$       | <input type="checkbox"/> Um pouco abaixo de $199,0^\circ\text{C}$ |
| <input type="checkbox"/> Um pouco acima de $61,1^\circ\text{C}$  | <input type="checkbox"/> Exatamente a $199,0^\circ\text{C}$       |

- 2.13** **Calcule** o rendimento para a obtenção do benzoato de metila a partir da massa de **ácido benzoico recristalizado** (Parte II). Considere a densidade do benzoato de metila igual a  $1,10 \text{ g cm}^{-3}$  na temperatura do experimento.

## Destaques olímpicos

Pelo segundo ano consecutivo a **International Chemistry Olympiad - IChO** foi realizada de forma remota, desta feita organizada pela Toyota Chemical and Physical Research Institute e Kyoto University no período de 25 de julho a 2 de agosto de 2021. Tal como no certame anterior, somente o exame teórico foi aplicado para estudantes de 79 países participantes e seis países observadores. O Brasil foi representado por quatro (4) estudantes, todos eles agraciados com medalhas. Vinicius da Silveira Lanza Avelar, Colégio Ari de Sá, Fortaleza, conquistou medalha de prata; Marina Malta Nogueira, Colégio Ari de Sá, Fortaleza, Cassia Caroline Aguiar da Ponte, Colégio Master, Fortaleza, e Hana Gabriela Albuquerque Sousa, Colégio Farias Brito, Fortaleza, conquistaram medalhas de bronze.

A **XXV Olímpiada Ibero-americana de Química**, que havia sido suspensa no ano anterior em decorrência da pandemia Covid-19, foi organizada no Brasil pela Academia de Ciências do Piauí - ACIPI no período de 30 de setembro a 9 de outubro de 2021. O Brasil esteve representado por quatro estudantes, todos eles premiados no certame.

**Vinicius da Silveira Lanza Avelar**, do Colégio Ari de Sá - CE e **Pedro Sales Toro Alonso**, Colégio Etapa - SP conquistaram medalhas de ouro, **Glaucio César Prado Soares** do Colégio Militar de Brasília e **Lucas Takayasu** do Colégio Etapa - SP foram premiados com medalhas de prata.

Mais uma vez estudantes brasileiros elevam o nome do nosso país nos certames internacionais de química, parabéns a todos eles pelo esforço despendido e vitória alcançada.



**Vinicius da Silveira  
Lanza Avelar**  
Prata na IChO, Ouro na OIAQ



**Cassia Caroline  
Aguiar da Ponte**  
Bronze na IChO



**Marina Malta  
Nogueira**  
Bronze na IChO



**Hana Gabriela  
Albuquerque Sousa**  
Bronze na IChO



**Pedro Sales Toro Alonso**  
Medalha de Ouro  
na OIAQ



**Glauco César  
Prado Soares**  
Medalha de Prata na OIAQ



**Lucas Takayasu**  
Medalha de Prata  
na OIAQ

O estudante **Vinicius da Silveira Lanza Avelar**, por haver sido agraciado com medalha na 53<sup>rd</sup> International Chemistry Olympiad e alcançado a maior pontuação dentre os componentes da equipe brasileira, foi convocado para compor a equipe que representou o Brasil na XXV Olimpíada Ibero-americana de Química.

*Não existem métodos fáceis para resolver problemas difíceis.*

*René Descartes*

## Mulheres na Química

Finalmente, consolida-se a supremacia feminina em nossos certames, resultado de esforços desenvolvidos nos últimos quatro anos no sentido de ampliar e dar significância à participação feminina no Programa Nacional Olimpíadas de Química. Na época, a participação das meninas não ultrapassava 35% dos inscritos em quaisquer dos certames desse projeto educacional. Nos dois últimos anos já foi possível perceber mudanças substanciais, tanto na quantidade de meninas inscritas, quanto no desempenho diante das avaliações realizadas. Neste ano, na OBO voltada para o ensino fundamental tivemos 50,4% de participação feminina, mesmo percentual alcançado em 2020, no ensino médio, as meninas representaram 55,4% do total de participantes, e 53,8% em 2021.

As meninas tiveram extraordinário desempenho em 2021, nos exames da OBO Júnior, 71,4% das medalhas de ouro foram concedidas para o grupo feminino, portanto, têm sido efetivas as iniciativas tomadas para atrair maior participação das garotas.

Pela primeira vez, a delegação que representou o Brasil na Olimpíada Internacional de Química teve composição predominantemente feminina (75%). Um fato inédito e louvável considerando que na OBO não há reserva de vagas para o grupo feminino.

As mais destacadas meninas, em cada certame, receberão a medalha **Mulheres na Química** concedida pelo CFO e terão seus nomes gravados no troféu alusivo a essa premiação.

### Destaques femininos em 2021

#### Olimpíada Norte/Nordeste de Química

Cássia Caroline Aguiar da Ponte - Colégio Máster - Fortaleza, CE

#### Olimpíada Brasileira de Química Júnior

Letícia Muniz Moreira - Centro Educacional Objetivo - Santos, SP

#### Olimpíada Brasileira de Química Modalidade A

Jana Almeida Pacheco dos Santos - Colégio Ari de Sá - Fortaleza, CE

#### Olimpíada Brasileira de Química Modalidade B

Marina Malta Nogueira - Colégio Ari de Sá - Fortaleza, CE

#### Olimpíada Brasileira do Ensino Superior de Química

????

#### Destaque de Escola Pública

Marta da Silva Leite de Carvalho

Escola Municipal Nossa Senhora do Perpétuo Socorro - Teresina, PI

## Destaques de Escolas Públicas

Ultimamente, o percentual de participação dos estudantes de escolas públicas no Programa Nacional Olimpíadas de Química tem sido muito bom, sempre superior ao quantitativo de estudantes das escolas privadas, porém, o desempenho deles ainda está longe de considerar satisfatório.

As mesmas iniciativas que surtiram efeito com respeito ao desempenho feminino na OBQ, ainda não produziram semelhante resultado obtido com os estudantes das escolas públicas. Os esforços para alcançar esse objetivo continuaram, neste ano, com a concessão de 130 bolsas de iniciação científica para aqueles que mais se distinguiram na OBQjr. Eles receberão orientação de professores envolvidos em nosso projeto e, ao final do período de bolsa, serão avaliados no certame OBQjr do próximo ano.

Na lista de resultados da OBQjr deste ano, há 17 estudantes de escolas públicas agraciados com medalhas, quatro destes premiados com medalhas de prata, um palpável avanço, certamente.

O troféu DESTAQUES DE ESCOLAS PÚBLICAS, que perpetua os estudantes que tiveram maior destaque nas edições da OBQjr, receberá, na placa 2021, nomes dos cinco primeiros listados abaixo. Marta Carvalho, que encabeça a lista, já tem seu nome gravado na placa do ano anterior.

**Marta da Silva Leite de Carvalho** - Esc. Municipal N. S. do Perpétuo Socorro - Teresina, PI.

**Ana Julia Leandro Tavares** - Escola Estadual Ten. Cel. Cândido José Mariano - Manaus, AM.

**Mariana Benites de Andrade Mena** - Esc. Estad. Ten. Cel. Cândido José Mariano - Manaus, AM.

**João Vitor da Silva Rodrigues** - Escola Estadual Irmão Afonso - Uberaba, MG.

**Érick Riquelmy Lamb Blanco dos Santos** - Esc. Estadual Narcisa Amalia - Rio de Janeiro, RJ.

Gabriela Costa Santos - Colégio Tiradentes PMMG - Passos, MG.

Laerte Cesário Amorim - Escola Estadual Prof. José Nascimento Moraes - São Luís, MA.

Samuel de Oliveira Cordovil - Escola Estadual Ten. Cel. Cândido José Mariano - Manaus, AM.

Bianca Cristine Ribeiro Bravo - Escola Estadual Ten. Cel. Cândido José Mariano - Manaus, AM.

Jenyfer Vitória Santos de Sousa - Escola Municipal Parque Piauí - Teresina, PI.

João Antonio Souto Correia - Escola Estadual Profa. Dioguina A. Santana - Nova Belém, MG.

Sávio Olivercam de Oliveira Silva - Escola Municipal Vereador José Ommati - Teresina, PI.

Taíssa Souto Marques - Colégio Tiradentes PMMG - Passos, MG.

Victor Hugo Alves da Silva - Escola Municipal Iva Ferreira de Souza - Feira Nova, PE.

Luís Antônio Nunes de Albuquerque - Colégio da PM Tiradentes - Agreste - Arapiraca, AL.

Maria Júlia Leite Mendes - Colégio Militar Corpo de Bombeiros - Fortaleza, CE.

Mônica Maria Oliveira Santos - Colégio da PM Tiradentes - Agreste - Arapiraca, AL.

## Depoimentos

### Massachusetts, estava bem ali

Como me interessei pela Química?

Tenho boas lembranças de momentos significativos...

Um dia, quando era um pouco mais novo, observei meu irmão pingar algumas gotas de vinagre no que parecia ser um “suco” de repolho roxo. Em seguida, ele colocou na mistura algumas pitadas de bicarbonato de sódio. Fiquei pensando como a água tinha passado de roxo para vermelho e, depois, para amarelo. Curiosidade e fascinação me dominaram e me levaram ao que seria minha maior decisão até aquele momento: aprender química. Ou, como meu irmão diria, entender o mundo.

Comecei participando da Olimpíada Brasileira de Química e da Olimpíada Brasileira de Matemática. Em 2017, no nono ano, participei da OBOJr. Em seguida, pude participar da OQDF, da OBQ e, finalmente, em 2020, da IChO, totalizando sete torneios, além de outras competições externas de Química.

O lema de meus pais sempre foi “estudo em primeiro lugar”. Assim, fui incentivado de todas as formas possíveis por minha família, que tudo fez para que eu pudesse perseguir o sonho de ser o primeiro da minha região, para que eu pudesse representar o Brasil na Olimpíada Internacional de Química. As olimpíadas me incentivaram a buscar maiores desafios nos campos científicos, e constituíram minha principal forma de demonstrar interesse em certas áreas acadêmicas.

As Olimpíadas de Química, juntamente com as outras olimpíadas das quais participei intensamente, foram alicerces na construção de uma mentalidade desafiadora, curiosa e determinada que tenho. Por meio delas, tive o maior prazer de poder conhecer a melhor maneira de impactar o mundo: a tecnologia. Pude participar de vários projetos de incentivo a ciências, principalmente a química, no quesito inclusão e educação.

Porém, nem tudo são rosas. Ainda me lembro do dia que participei da minha primeira olimpíada de química, já a mencionei acima. Participei, mais pelo incentivo de amigos que, também, participaram, mas, sem perspectiva alguma de ganhar uma medalha. Seria minha primeira experiência, queria ver como era. Com alegria, comemorei minha medalha de bronze e, em consequência, pude participar de diversos grupos científicos. Conheci, assim, o verdadeiro sentido das olimpíadas. Bem além de meras competições, as Olimpíadas de Química me ajudaram a conhecer pessoas que buscam mudar sua realidade por meio da colaboração e do pensamento inovador. Aulas na UnB, projetos científicos, viagens pelo Brasil e pelo mundo,

feiras tecnológicas, e outros, foram algumas oportunidades que me foram ofertadas ao participar destas competições e eu as recebi, com enorme prazer. Certamente sem a química, eu não teria a mesma perspectiva crítica que eu tenho, por meio dela pude realizar projetos e desejos, para mim e em prol da minha comunidade.

Agradeço muitíssimo a minha mãe, meu pai e minha tia por fazerem de tudo para que eu pudesse investigar o mundo no nível atômico. Deixo, também, um agradecimento mais do que especial à professora Elaine e sua equipe na UnB, que juntamente com o professor Sérgio Melo, ajudaram a tornar possível minha caminhada pela química. Hoje, agora aluno do MIT, orgulhosamente ergo a bandeira para as Olimpíadas de Química e como elas podem transformar a vida de muitos estudantes.

Para aquele que tem interesse em tecnologia, ciência ou, mesmo, somente em participar de uma competição amistosa, as “olimpíadas de ciência fundamental” constituem uma grande oportunidade. E, se a preocupação for a premiação, saiba que esta é o de menos, quando se tem a possibilidade de adquirir conhecimento, ao mesmo tempo em que encontramos pessoas e amigos, que compartilham o mesmo ideal de mudar o mundo para melhor. Eu te prometo que não se arrependerá.

**Thiago Veloso**

Medalha de Prata na OBO -2019

Medalha de Bronze na IChO - 2020

Estudante do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT)

*Viver é enfrentar um problema atrás  
do outro. O modo como você o  
encara é que faz a diferença.*

*Benjamin Franklin*

## Considerações Finais

### Mulheres na Química, uma promissora iniciativa da OBO

Pontuado de muitos percalços chega-se ao final de mais um ano de atividades do Programa Nacional Olimpíadas de Química, mas, com sabor de vitória por haver realizado todos certames programados no calendário aprovado no ano anterior.

Onze exames foram aplicados na edição 2021, parte deles na forma remota, para provas em larga escala essa modalidade de avaliações mostrou-se mais adequada, ganhou-se tempo e foi possível cumprir o calendário de atividades que ficou mais concentrado no segundo semestre do corrente ano. Os exames presenciais foram aplicados para grupos mais restritos, previamente classificados em fases anteriores.

Um ano atípico que exigiu esforços maiores da nossa equipe pelas restrições de ajuntamento. Somados às costumeiras demandas tivemos o encargo de realizar, no Brasil, a XXV Olimpíada Ibero-americana de Química, de forma remota, mas que movimentou parte dos professores que compõem o projeto, inovou e surpreendeu os representantes dos demais países do grupo ibero-americano ao estruturar um exame experimental de química em um modelo não presencial. Uma experiência bem sucedida decorrente da larga experiência que acumulamos na preparação desse estilo de exame.

A participação do Brasil nos dois certames internacionais de química, em 2021, repetiu o ótimo desempenho atingido nas edições mais recentes, todos os estudantes brasileiros agraciados com medalhas, tanto na 53<sup>rd</sup> International Chemistry Olympiad quanto na XXV Olimpíada Ibero-americana de Química, nesta, o primeiro lugar geral foi do estudante brasileiro Vinicius da Silveira Lanza Avelar, também ele o mais destacado brasileiro na IChO, premiado com medalha de prata.

Ver a delegação que representou o Brasil na 53<sup>rd</sup> International Chemistry Olympiad composta por ampla maioria feminina, 75% da equipe, foi a concretização de um investimento que fizemos quando lançamos o prêmio "Mulheres na Química" o qual tinha por objetivo superar a incômoda estatística recorrente em anos anteriores relativa à participação e desempenho das meninas na Olimpíada Brasileira de Química. Os prolongados anos marcados com 35% de participação feminina, agora fazem parte do passado, pelo segundo ano consecutivo as garotas constituíram maioria, 55% do total de inscritos em 2021.

Auspicioso foi o desempenho das meninas na Olimpíada Brasileira de Química Júnior, porta de entrada para as demais olimpíadas, conquistaram 71% das medalhas de ouro do certame, relevante feito porque não tiveram necessidade de concorrer com reserva de vagas para esse grupo, quesito inexistente na Olimpíada Brasileira de Química.

Mesma performance aguardamos com respeito aos estudantes de escolas públicas, os quais, de longa data, frequentam as partes mais inferiores das listas de resultados dos certames. Com as mesmas estratégias aplicadas para as meninas, investimos no melhor desempenho dos estudantes de escolas públicas, eles são maioria, mas não reflete esse potencial nos resultados. Embora aquém do esperado, ganhos foram alcançados nessa empreitada, alguns deles já se apresentam agraciados com medalhas mais qualificadas, ainda são poucos, continuaremos insistindo nesse propósito.

Neste ano, os estudantes de escolas cearenses mostraram excepcional desempenho em todos os certames. Na Olimpíada Norte/Nordeste e Química, medalhas de ouro concedidas, ficaram nas mãos de estudantes desse estado, eles também conquistaram a maior parte das medalhas de ouro na OBJJr e nas modalidades A e B da Olimpíada Brasileira de Química (ensino médio).

A reunião anual da assembleia de coordenadores estaduais e a solenidade nacional de premiação, ambos programados, neste ano, na opção presencial, sinalizam o gradual retorno aos exames tradicionais os quais têm o salutar potencial de promover a integração entre estudantes de diferentes escolas.

Na oportunidade, registramos agradecimentos ao MCTI e ao CNPq pelo valioso suporte financeiro, fundamental para cumprirmos todas as atividades do Programa Nacional Olimpíadas de Química em todas suas etapas e dar dimensão maior a esse projeto. Nossa gratidão ao apoio recebido do INESP, por intermédio de seu presidente Dr. João Milton Cunha de Miranda, parceiro deste projeto, pela publicação deste Anais no formato digital juntando-se às Edições INESP, e por possibilitar a realização presencial, no auditório da Assembleia Legislativa do Estado do Ceará, da primeira solenidade nacional de premiação após a pandemia covid-19. Ao Martim Afonso Penna, diretor-executivo da Abiclor, que nos brindou com a bela capa desta edição e ao Prof. Dr. José de Ribamar Oliveira Filho, Presidente do CFO, sólito parceiro deste projeto.

**Sérgio Melo**

*Nem tudo o que se enfrenta pode ser modificado . . .  
Mas nada pode ser modificado até que seja enfrentado.*

**Albert Einstein**

# Endereços Coordenadores



ESTADO	COORDENADOR	ENDEREÇO PROFISSIONAL
<b>ACRE</b> <a href="http://acre.obquimica.org">acre.obquimica.org</a>	<b>Prof. Ilmar Bernardo Graebner</b> ibgraebner@gmail.com	<b>UFAC - Universidade Federal do Acre</b> <b>Centro de Ciencias Biológicas e da Natureza</b> - CCBN Rodovia BR 364, Km 04, s/n - Distrito Industrial, Rio Branco - AC, 69920-900 - Cx Postal 500 Fone: (68) 3228.0474
<b>ALAGOAS</b> <a href="http://alagoas.obquimica.org/">alagoas.obquimica.org/</a>	<b>Prof. Demetrius Pereira Morilla</b> demetriusmorilla@ifal.edu.br	<b>Instituto Federal de Alagoas - IFAL / Campus Maceió</b> Avenida do Ferroviário, 360, Centro 57.020-600 - Maceió - AL Fones: (82) 2126-7000 - 2126.7016
<b>AMAPÁ</b> <a href="http://amapa.obquimica.org/">amapa.obquimica.org/</a>	<b>Prof. Cláudio Pinheiro Jr.</b> claudiopinheiro23@yahoo.com.br keltonbelem@hotmail.com <b>Prof. Kelton Belém</b> olimpiadaquimica.ap@gmail.com	<b>Coordenação do Programa de Inclusão, Acesso e Permanência - PIAP</b> <b>Universidade Federal do Amapá</b> Rod. Juscelino Kubitscheck, Km 02 68.902-280 Macapá - AP Fones: (96) 3312-1752 / (96) 4009.2834
<b>AMAZONAS</b> <a href="http://oaqfam.wixsite.com/oamq">oaqfam.wixsite.com/ oamq</a> <a href="http://pt-br.facebook.com/oaquimica">pt-br.facebook.com/ oaquimica</a>	<b>Prof. Paulo Rogério da Costa Couceiro</b> oaq.ufam@gmail.com couceiro35@gmail.com	<b>Universidade Federal do Amazonas Bloco 10 - Departamento de Química/ICE/UFAM</b> Setor Norte do Campus Universitário Senador Arthur Virgílio Filho Av. Rodrigo Otávio, 6.200 - Coroadão 69.077-000 Manaus, AM (92) 3305-2874
<b>BAHIA</b> <a href="http://www.obaq.ufba.br">www.obaq.ufba.br</a>	<b>Prof . Lafaiete Almeida Cardoso</b> lafaiete@ufba.br <b>Caio Luís Santos Silva</b> clssilva@ufba.br	<b>Universidade Federal da Bahia</b> <b>Instituto de Química - Depto . Qui . Orgânica</b> Rua Barão de Jeremoabo, s/n (Ondina) 40.170-115 Salvador - BA (71) 3283 .6813 3237.4117 (Fax)
<b>CEARÁ</b> <a href="http://ceara.obquimica.org/">http://ceara.obquimica.org/</a> coord.ocq@gmail.com	<b>Profa. Nilce Viana Gramosa Pompeu de Sousa Brasil</b> nilce.dqoi@ufc.br <b>Prof. Jefferson Saraiva Ferreira</b> jefferson.ferreira@ifce.edu.br	<b>Universidade Federal do Ceará</b> Campus do Pici - Bloco 940 <b>Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)</b> 62350-000 - Ubajara-CE
<b>DISTRITO FEDERAL</b> <a href="http://brasilia.obquimica.org/">brasilia.obquimica.org/</a>	<b>Profa. Maria Aparecida da Silva Prado</b> olimpiada.obqdf@gmail.com	<b>Secretaria de Estado de Educação do Distrito Federal</b> SBN Quadra 02 Bloco C - Edifício Phenicia 70.040-020 - Brasília-DF

<b>ESPÍRITO SANTO</b> www.ocq.ufes.br/	Prof. Carlos Vital Paixão de Melo cvpaixao@globo.com carlos.melo@ufes.br	<b>Universidade Federal do Espírito Santo</b> <b>Departamento de Química - CCE</b> Av. Fernando Ferrari, 514 – Campus Universitário Alaor de Queiroz – Goiabeiras 29.075-910 - Vitória - ES (27) 4009-2473
<b>GOIÁS</b> goias.obquimica.org/	Renato Cândido da Silva renatocandido@ufg.br	<b>Universidade Federal de Goiás,</b> <b>Instituto de Química</b> Campus II Samambaia Bloco I - 74001-970 - Goiânia, GO - Telefone: 62 3521.1167
<b>MARANHÃO</b> maranhao.obquimica.org/	Prof. Roberto Batista de Lima rblimas@gmail.com obqma@yahoo.com.br	<b>Universidade Federal do Maranhão</b> <b>Departamento de Química</b> Av. dos Portugueses, 1966 Campus da Bacanga 65.080-580 - São Luis - MA Fone: (98) 3272.9241
<b>MATO GROSSO</b>	Prof. Luiz Both luiz.both@blv.ifmt.edu.br luiz_both@hotmail.com	<b>IFMT - Campus Bela Vista</b> Rua 28, Quadra 38, Casa 14, Jardim Universitário Cep: 78.075-592 - Cuiabá-MT Fone: 65 3663.1374
<b>MATO GROSSO DO SUL</b> olimpiquimica.ms.obq@gmail.com	Prof. Onofre Salgado Siqueira olimpiada.quimica.ms@gmail.com onofre.s.siqueira@gmail.com	<b>Universidade Federal do Mato Grosso do Sul</b> <b>Instituto de Química</b> Rua Filinto Muller, 1555 - Cidade universitária 79.070-900 - Campo Grande - MS (67) 3345.3556 3345.3552 (FAX)
<b>MINAS GERAIS</b> www.qui.ufmg.br/omq/ zeus.qui.ufmg.br/~omq/	Gilson de Freitas Silva gilson.freitas@gmail.com Prof. João Paulo Ataíde Martins omq.ufmg@gmail.com	<b>Universidade Federal de Minas Gerais</b> <b>Departamento de Química</b> <b>Instituto de Ciências Exatas (ICEx)</b> Av. Pres. Antônio Carlos, 6627 Pampulha 31.270-901 - Belo Horizonte -MG (31) 3409 5762 e 3409 5775 - Sala 287
<b>PARÁ</b> para.obquimica.org/	Profa. Patrícia da Luz pdaluz@yahoo.com	<b>IFPA Departamento de Química</b> Avenida Almirante Barroso, 1155 Bairro do Marco - 66093-020 Belém - PA
<b>PARAÍBA</b> paraiba.obquimica.org/	Prof. Francisco Ferreira Dantas Filho dantasquimica@yahoo.com.br comissaoopbq@gmail.com	<b>Universidade Estadual da Paraíba -UEPB</b> <b>- Centro de Ciências Tecnologia - Depto.</b> <b>Química</b> Rua Juvêncio Arruda, s/n - Campus Universitário Bodocongó, 58109-790 - Campina Grande -PB Telefone: (83) 3315.3356 (83) 99919-7772
<b>PARANÁ</b> <a href="https://oprq.ct.utfpr.edu.br/">https://oprq.ct.utfpr.edu.br/</a>	Profa. Maurici Luzia Del Monego mauriciluzia@gmail.com oprq-ct@utfpr.edu.br	<b>Universidade Tecnológica Federal do Paraná</b> <b>Campus Curitiba - Sede Ecoville</b> Rua Dep. Heitor Alencar Furtado, 5000 Bloco C Departamento Acadêmico de Química e Biologia 81280-340 - Curitiba - PR - Brasil Fone: (41) 3279.6800

<b>PERNAMBUCO</b> pernambuco.obquimica.org/	Maria José de Filgueiras Gomes olimpiadasquimicape@gmail.com	<b>Universidade Federal Rural de Pernambuco</b> Rua Dom Manuel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos Recife PE - 52171-900 Fone: (81) 33206370/6371
<b>PIAUÍ</b> piaui.obquimica.org/	<b>Prof. Samuel Anderson Alves de Sousa</b> olimpiquimica@gmail.com	<b>Universidade Federal do Piauí Depto de Química - SG2 CCN - Campus da Ininga</b> 64049-550 - Teresina - PI - (86) 3215.5840
<b>RIO DE JANEIRO</b> <a href="https://www.olimpiadaquimicarj.com.br/">https://www.olimpiadaquimicarj.com.br/</a>	<b>Prof. Paulo Chagas</b> paulo.chagas@ifrj.edu.br  <b>Prof. Luis Carlos de Abreu Gomes</b> luis.quimica@cp2.g12.br	<b>IFRJ - Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro</b> <b>Campus Rio de Janeiro (Maracanã)</b> Rua Senador Furtado, 121 - Praça da Bandeira 20.270-021 Rio de Janeiro - RJ e/ou Campus São Gonçalo (CIEP 436 Neusa Brizola) Rua Dr. José Augusto Pereira dos Santos, s/n - Neves - 24.425-004 - São Gonçalo - RJ
<b>RIO GRANDE DO NORTE</b> <a href="http://rn.obquimica.org/">http://rn.obquimica.org/</a>	<b>Prof. Fabiano do Espírito Santo Gomes</b> feibi_natal@yahoo.com.br	<b>Universidade Federal do Rio Grande do Norte</b> <b>Centro de Ciências Exatas e da Terra</b> <b>Instituto de Química</b> Av. Senador Salgado Filho, s/n - Lagoa Nova Campus Universitário - 59.072-970 Natal - RN Fone: (84) 3342.2323 (R.117)
<b>RIO GRANDE DO SUL</b> <a href="http://abqrs.com.br">www.abqrs.com.br</a> <a href="https://abqrs.com.br/olimpiadas-de-quimica/">https://abqrs.com.br/olimpiadas-de-quimica/</a>	<b>Profª. Tânia Denise Miskinis Salgado (UFRGS)</b> oqdors@gmail.com <b>Prof. Leandro Rosa Camacho (ABQ-RS)</b>	<b>ABQ-RS</b> Av. Itaqui, 45 - Bairro Petrópolis Porto Alegre- RS - 90460-140
<b>RONDÔNIA</b> <a href="http://www.programa-olimpiadarondoniense-de-quimica.com/">www.programa-olimpiadarondoniense-de-quimica.com/</a>	<b>Prof. Renato Cassaro</b> rrenatocassaro26@hotmail.com	<b>Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Santa Ana</b> Rua Eça de Queiroz, nº 4681 78.930-000 - Alvorada do Oeste - RO Fone (69) 3412-2842
<b>RORAIMA</b> <a href="http://roraima.obquimica.org/">roraima.obquimica.org/</a>	<b>Prof. Luiz Antonio Mendonça Alves da Costa</b> luizufrr@gmail.com luiz.costa@ufr.br.com obqroraima@gmail.com	<b>Universidade Federal de Roraima</b> <b>Centro de Ciências e Tecnologia</b> <b>Departamento de Química</b> Campus do Paricarana Av. Cap. Enê Garcêz, 2413 - Bloco III - Sala 345 - Aeroporto - 69.310-000 Boa Vista - RR Fone: 95 3621-3140 - Fax: 95 3621-3137

<b>SANTA CATARINA</b> <a href="http://www.ocquimica.com.br">www.ocquimica.com.br</a>	<p><b>Coordenação Colegiada:</b>  <b>Prof. Nivaldo Cabral Kuhnen</b>  nivaldo@crqsc.gov.br</p> <p><b>Prof. Jonas Comin Nunes</b>  jonas@crqsc.gov.br</p> <p><b>Prof. Francielen Kuball Silva</b>  francielen.silva@unisul.br</p>	<p><b>Universidade do Sul de Santa Catarina - UNISUL</b></p> <p>Av. José Acácio Moreira, 787 - Bairro Dehon  88704-900 - Tubarão - SC  Telefone: (48) 3621-3063</p> <p><b>Conselho Regional de Química - CRQ - 13ª Região</b></p> <p>Av. Osmar Cunha, 126 - 1º Andar - Centro  88015-100 - Florianópolis - SC  Telefone: (48) 3229-7800</p>
<b>SÃO PAULO</b> <a href="http://allchemistry.iq.usp.br">http://allchemistry.iq.usp.br</a>	<p><b>Prof. Lucas Carvalho Veloso Rodrigues</b>  (coordenador)  lucascrv@iq.usp.br  abqsp@iq.usp.br</p> <p><b>Dr. Fernando Silva Lopes</b>  (vice-coordenador)  fslopes@iq.usp.br</p>	<p><b>Instituto de Química da USP ABQ - Regional São Paulo</b></p> <p>Av. Prof. Lineu Prestes, 748 sala 0306  05.508-000 - São Paulo - SP  (11) 3091.2159 (8-12h)</p>
<b>SERGIPE</b> <a href="http://sergipe.obquimica.org/">http://sergipe.obquimica.org/</a>	<p><b>Prof. Dr. André Luís Bacelar Silva Barreiros</b>  osequim@gmail.com  andrellbarreiros@hotmail.com</p>	<p><b>Universidade Federal de Sergipe - Departamento de Química</b></p> <p>Campus Prof. José Alóisio de Campos  Jardim Rosa Elze  Av. Marechal Rondon, s/n - 49.100.000  São Cristóvão - SE  Fones: (79) 3194-6898 / 3194-6650</p>
<b>TOCANTINS</b> <a href="http://tocantins.obquimica.org/">tocantins.obquimica.org/</a>	<p><b>Profa. Dra. Adriana Idalina Torcato de Oliveira</b>  dritorcato@uft.edu.br</p>	<p><b>Universidade Federal do Tocantins Coordenação de Química</b></p> <p>Rua Paraguai, s/n (esquina com Urixamas)  Setor Cimba - 77.838-824, Araguaína-TO  Fone: 63 3416-5681</p>

<b>PROMOTORES</b>	
<b>Universidade Federal do Ceará Pró-Reitoria de Extensão</b>	Av. da Universidade, 2932 - Campus do Benfica 60.020 Fortaleza - CE - Fone: (85) 3366.7300
<b>Universidade Federal do Piauí Pró-Reitoria de Extensão</b>	Campus da Ininga - 64.049-550 Teresina - PI Fone: (86) 3215.5692 Fax: (86) 215.5570
<b>SECITECE - Secretaria da Ciência, Tecnologia e Educação Superior do Estado do Ceará.</b>	Av. Dr. José Martins Rodrigues, 150 - Edson Queiroz - CEP: 60811-520 - Fortaleza - Ceará - Ver localização no mapa - Telefone: (85) 3101.6400   Fax: (85) 3101.3675
<b>APOIO</b>	
<b>CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico</b>	SHIS QI 1 Conjunto B - Bloco D, 2o andar Edifício Santos Dumont, Lago Sul 71605-190 Brasília - DF Fone: (61) 3211-9408
<b>Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações</b>	Esplanada dos Ministérios, Bloco E, 2o andar. 70067-900 - Brasília - DF
<b>Conselho Federal de Química cfq.org.br</b>	SCS - Quadra 09 - Bloco A - Edifício Parque Cidade Corporate - Torre B - Salas 901 a 905 - 70.308-200 - Brasília - DF
<b>REALIZADOR</b>	
<b>Associação Brasileira de Química www.abq.org.br</b>	Av. Presidente Vargas, 633 sala 2208 20071-004 Rio de Janeiro RJ - Telefone: 21 2224-4480 Fax: 21 2224-6881 abqrj@alternex.com.br



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE QUÍMICA

## Eventos 2022



Encontro Nacional de Química e Sustentabilidade

### EVENTO HÍBRIDO

5 e 6 de abril de 2022

Centro de Eventos Hotel Regina  
Rio de Janeiro



Simpósio  
Brasileiro de  
Educação  
Química  
**IMPEQUI**

### EVENTO 100% ON-LINE

10 a 12 de agosto de 2022



### EVENTO 100% ON-LINE

21 e 22 de setembro de 2022



**CBQ**  
Congresso Brasileiro  
de Química

### EVENTO PRESENCIAL

Paralelo ao 35º CLAQ  
7 a 11 de novembro de 2022  
Rio de Janeiro

Informações: [www.abq.org.br](http://www.abq.org.br)