

Olimpíada Brasileira do Ensino Superior de Química

FASE II – 2025

DATA: 22/08/2025

INSTRUÇÕES

1. Escreva o seu código nos locais indicados em todas as páginas das folhas de respostas.
2. Você tem 4 horas para resolver a prova.
3. O horário da prova é das 14:00 às 18:00 no horário de Brasília.
4. Saída somente 1 hora após o início da prova (15:00)
5. A prova consta de 10 questões analítico-expositivas.
6. Você receberá no mínimo 10 folhas para resposta, onde:
 - 1º: irá se identificar exclusivamente com o número de inscrição (não colocar seu nome ou qualquer outra marca)
 - 2º: não poderá ser usado o verso da folha de resposta para continuar o desenvolvimento da questão. Para dar continuidade à resolução de uma questão, peça uma outra folha de respostas para o fiscal. Identifique-a como questão xxxx – continuação.
 - 3º: não poderá ter respostas de mais de uma questão na mesma folha de resposta
7. Se precisar de papel para rascunho, use o verso do caderno de questões (prova).
8. Os rascunhos não serão considerados para efeito de pontuação.
9. A pontuação de cada problema é mostrada antes do enunciado. Total: 20,0 pontos.
10. Use **SOMENTE** caneta preta ou azul.
11. Se tiver necessidade de ir ao banheiro, levante a mão e então será acompanhado até lá.
12. Ao ser informado do final do período de prova, coloque a prova em cima da mesa e aguarde. Se não atender o aviso de final de prova, ficará com zero ponto neste exame.
13. Verifique os enunciados das questões, observando se há falhas ou imperfeições gráficas que lhe causem dúvidas. **QUALQUER RECLAMAÇÃO SERÁ ACEITA SOMENTE DURANTE OS 30 MINUTOS INICIAIS.**
14. É permitido o uso de calculadoras, inclusive científicas. Porém, não é permitido o uso de calculadoras programáveis de qualquer tipo e o uso de demais equipamentos eletrônicos como smartphones, tablets e notebooks.

QUÍMICA GERAL

QUESTÃO 1

Item	A	B	C	D	Total
Pontos	5	5	5	5	20

A energia de rede é um conceito útil para a avaliação de propriedades relacionadas aos sólidos inorgânicos. Responda aos itens seguintes.

A) Considerando as informações apresentadas abaixo, **calcule** a energia de rede para o iodeto de prata (que tem a mesma estrutura da wurtzita) usando o Ciclo de Born-Haber e a equação de Born-Landé.

Dados: comprimento da ligação de 3,35 Å; $\epsilon_0 = 8,854 \times 10^{-12} \text{ F m}^{-1}$; $e = 1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$; configurações eletrônicas, Ag = [Kr] 4d¹⁰ 5s¹ e I = [Kr] 4d¹⁰ 5s² 5p⁵.

Espécie Química	Variável (kJ mol ⁻¹)	Configuração do íon	Valor de n
AgI(s)	$\Delta_f H^0 = -61,80$	He	5
Ag(g)	$\Delta_f H^0 = +284,9$	Ne	7
I(g)	$\Delta_f H^0 = +106,8$	Ar, Cu ⁺	9
Ag ⁺ (g)	Energia de ionização = + 731,0	Kr, Ag ⁺	10
I ⁻ (g)	Afinidade eletrônica = - 295,2	Xe, Au ⁺	12

Tipo de estrutura	Valor de A
Fluorita (CaF ₂)	2,5194
Rutilo (TiO ₂)	2,408
Wurtzita (α -ZnS)	1,6413
NaCl	1,7476

$$E_{rede} = \frac{NAZ^+Z^-e^2}{4\pi\epsilon_0 r} \left(1 - \frac{1}{n}\right)$$

B) Explique por que os valores encontrados no item anterior são diferentes.

C) Considerando os haletos de prata e o tipo de ligação química nessas substâncias, **explique** por que o iodeto de prata apresenta o menor valor de solubilidade em água nessa série.

D) Para cada um dos sólidos apresentados a seguir, **indique** o tipo de sólido (covalente, iônico, molecular ou metálico) e a unidade formadora (UF) de cada um deles. Considere o exemplo apresentado para escrever sua resposta.

Exemplo: NaF(s) – iônico; UF: íons.

d1) SiF₄(s) d2) HNO₃(s) d3) Zn(s) d4) SiO₂(s) d5) CaSO₄(s)

QUESTÃO 2

Item	A	B	C	D	Total
Pontos	4	4	4	4	20

A Tabela abaixo mostra algumas propriedades dos elementos do Grupo 14:

Átomo	Raio (pm)	1ª EI (kJ mol ⁻¹)	AE (kJ mol ⁻¹)	NOX	Caráter Metálico
Carbono (⁶ C)	70	1.086	-122	Variável	Ametal
Silício (¹⁴ Si)	110	787	-134	+4	Semimetal
Germânio (³² Ge)	125	762	-119	+4 (Principal) +2	Semimetal
Estanho (⁵⁰ Sn)	145	708	-107	+4 (Principal) +2	Metal
Chumbo (⁸² Pb)	180	716	-35	+4 +2 (Principal)	Metal

Fonte: webelements.com e Química a Ciência Central – 13ª Edição. EI = energia de ionização. AE = afinidade eletrônica.

Baseando-se nos dados acima, dê o que se pede:

- A)** Explique o motivo do raio atômico aumentar à medida com que se aumenta o número atômico.
- B)** Quem tem mais facilidade de receber 1 elétron na forma isolada: silício ou carbono? Justifique.
- C)** Por que o chumbo tem tendência de ficar com estado de oxidação principal +2, ao contrário da maioria dos elementos do grupo?
- D)** Sobre a energia de ionização: (i) Qual elemento do grupo tem maior dificuldade de perder 1 elétron na forma isolada? Justifique; (ii) Por que o chumbo possui maior energia de ionização que o estanho?

QUÍMICA ANALÍTICA

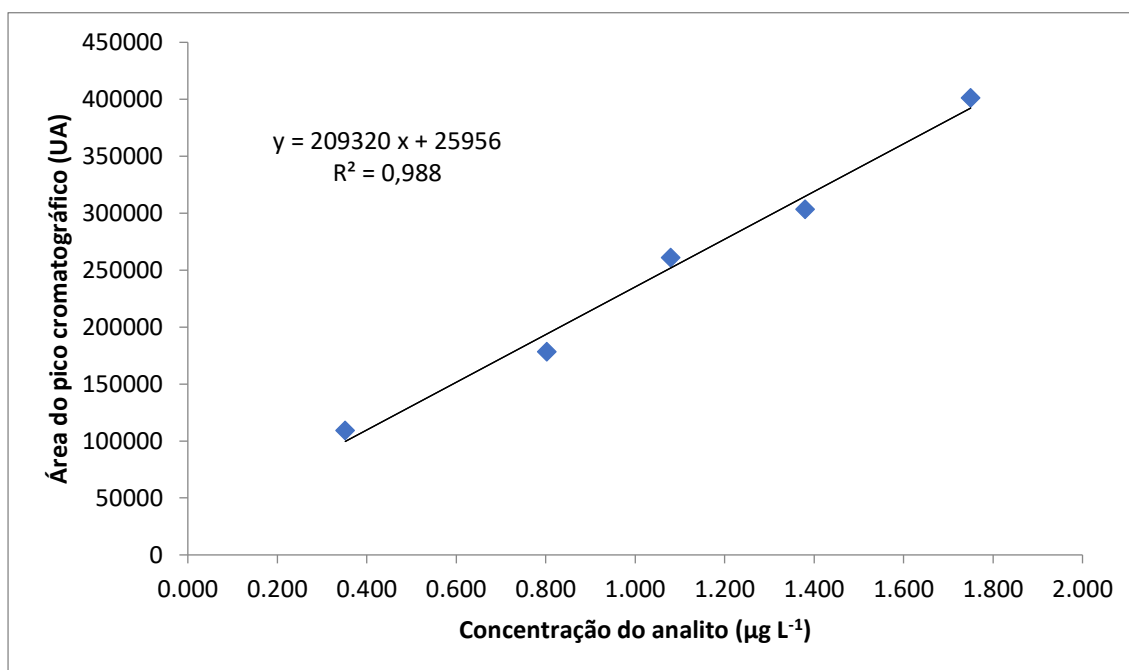
QUESTÃO 3

Item	A	B	C	Total
Pontos	10	5	5	20

A gasolina é composta por uma mistura complexa de hidrocarbonetos, dentre os quais pode-se destacar as parafinas (alcanos). Para a determinação de heptano, presente em uma amostra de gasolina, foram realizadas análises empregando-se cromatografia a gás para viabilizar a quantificação deste analito na amostra em avaliação. Os valores de concentração e área obtidos

nas análises cromatográficas para a construção da curva analítica estão apresentados a seguir, bem como a curva analítica construída pelo analista com estes valores:

Concentração heptano ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Área do pico cromatográfico
0,352	109123
0,803	178256
1,08	260894
1,38	303309
1,75	401201



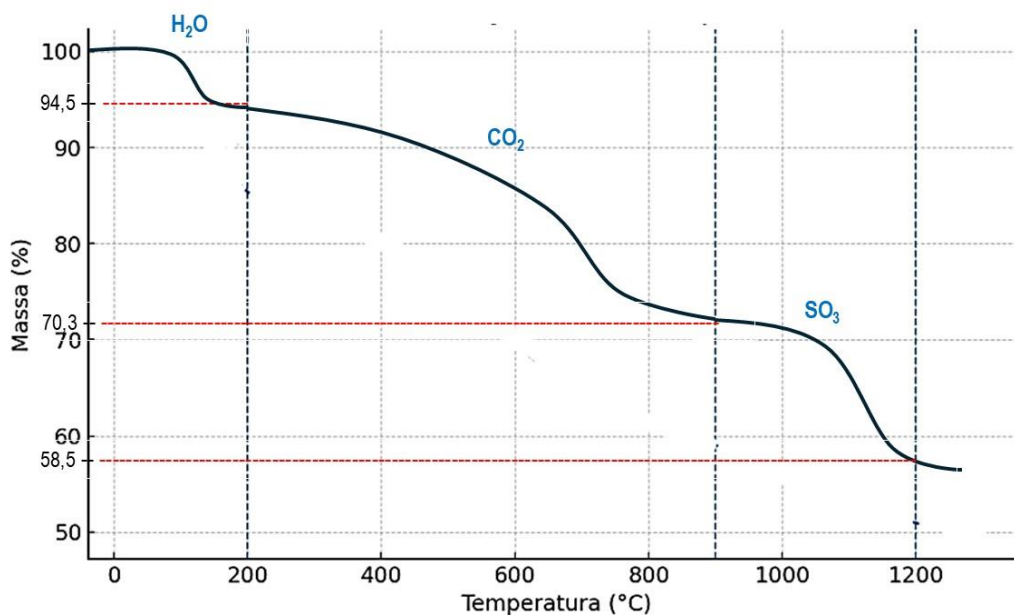
- A) A amostra em avaliação foi analisada em triplicata obtendo-se os seguintes valores de área: 265089; 278987 e 270991. Determine a concentração média de heptano presente na amostra.
- B) Qual o modo de injeção que o analista deveria selecionar para realizar a análise por cromatografia a gás? Justifique.
- C) Qual seria o detector mais adequado para realizar esta análise? Justifique.

QUESTÃO 4

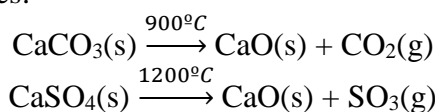
Item	A	B	C	Total
Pontos	5	5	10	20

A termogravimetria é uma técnica analítica qualitativa e quantitativa muito útil para sólidos. Ela consiste em aquecer uma amostra de forma muito controlada e monitorar as perdas de massa, associando-as com a degradação química do material que resulta na eliminação de gases. As variações de massa com a temperatura são registradas em um gráfico chamado termograma.

Considere uma análise termogravimétrica de uma amostra de minério rica em calcário (CaCO_3) e gesso ($\text{CaSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$). O termograma obtido está indicado a seguir.



Nota-se três eventos significativos de perdas de massa. O que vai até cerca de 200°C está associado à eliminação de água. Já as perdas de massa que ocorrem até 900°C e 1200°C estão associadas as seguintes reações:



De posse dessas informações:

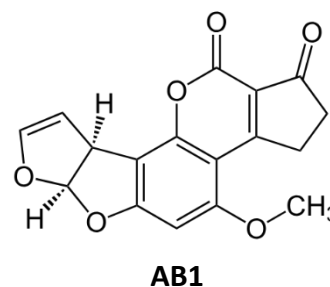
- Estime o percentual de CaCO_3 na amostra.
- Estime o percentual de CaSO_4 na amostra.
- Admitindo que toda a água eliminada provenha da estrutura do gesso (água de hidratação), qual deve ser sua fórmula química?

QUÍMICA ORGÂNICA

QUESTÃO 5

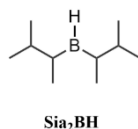
Item	A	B	C	D	Total
Pontos	9	4	4	3	20

A aflatoxina B1 (AB1) é uma **micotoxina** produzida principalmente pelos fungos *Aspergillus flavus* e *Aspergillus parasiticus*. Dentre as aflatoxinas, é a mais tóxica, sendo que apresenta forte ação carcinogênica, mutagênica e hepatotóxica. A aflatoxina B1 pode ser encontrada no milho, amendoim, castanhas, sementes oleaginosas e especiarias em climas quentes e úmidos ou quando o armazenamento dos alimentos é inadequado. Esta substância pode ser sintetizada a partir de

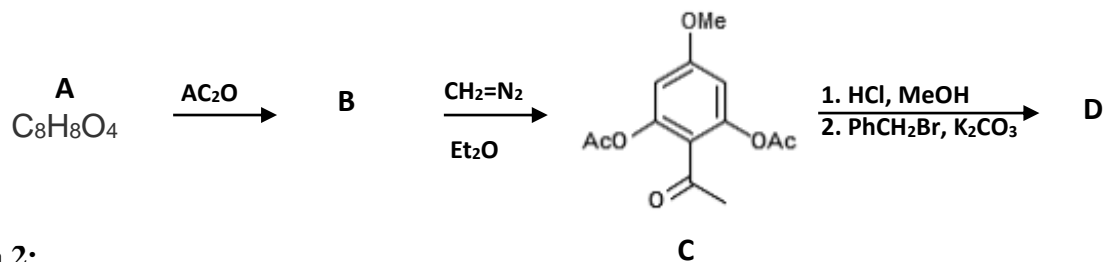


substâncias simples como a 2,4,6-trihidróxibenzofenona. Alguns esquemas reacionais são mostrados a seguir, ilustrando uma metodologia utilizada na síntese da aflatoxina B1. O espectro de massas da substância A é mostrado abaixo.

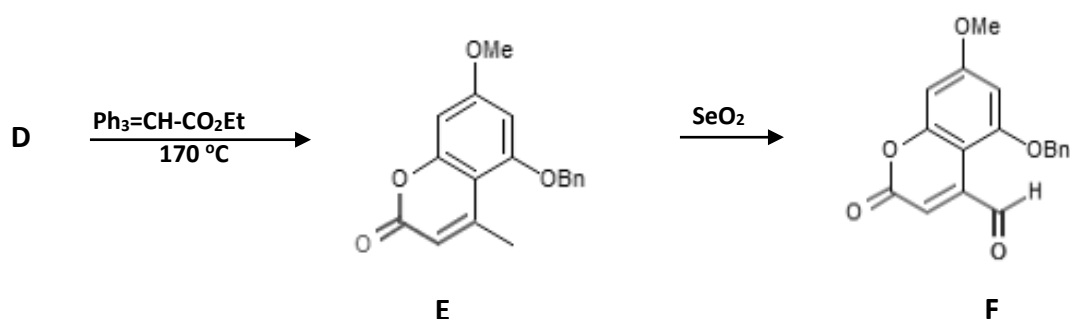
Dados: Bn = C₇H₇



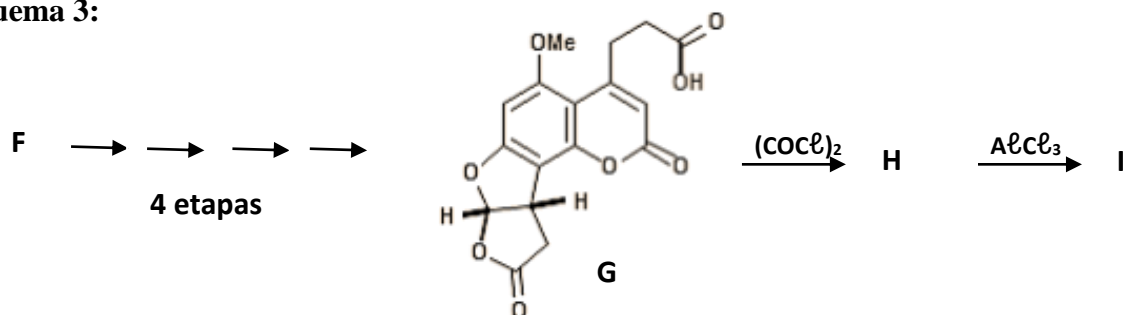
Esquema 1:



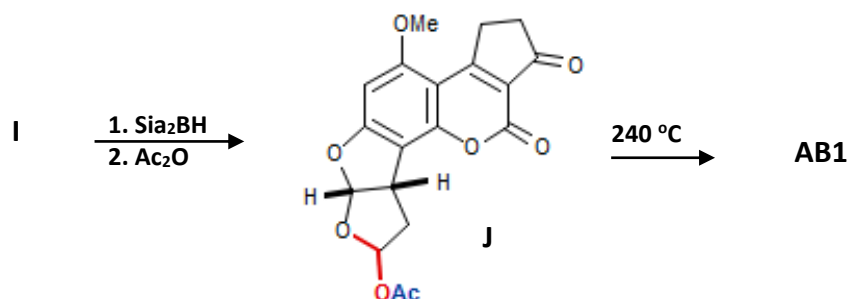
Esquema 2:

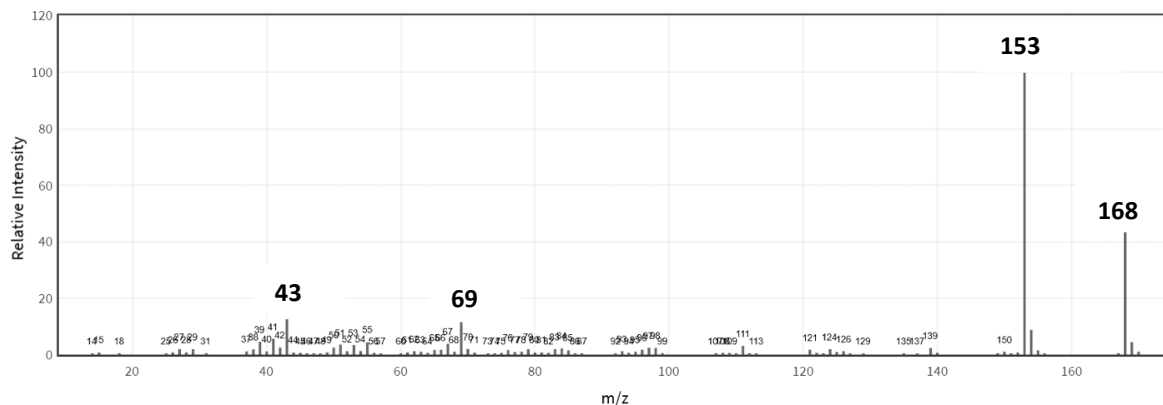


Esquema 3:



Esquema 4:





Considere que na reação de acetilação da substância **A**, mais de um produto é formado, entretanto, apenas a substância **B** forma a substância **C**.

Observe as seqüências reacionais descritas e o espectro de massas e responda.

A) Escreva as estruturas das substâncias **A**, **B**, **D**, **H** e **I**.

B) Escreva um mecanismo plausível para a obtenção da substância **C** a partir de **B**, de acordo com os esquemas reacionais mostrados.

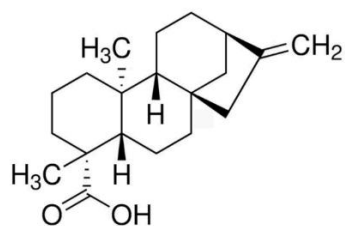
C) Escreva um mecanismo plausível para a obtenção da substância **E** a partir de **D**, de acordo com os esquemas reacionais mostrados.

D) Identifique os valores de m/z do pico do íon molecular e do pico base no espectro de massas e escreva a estrutura do fragmento de m/z 153.

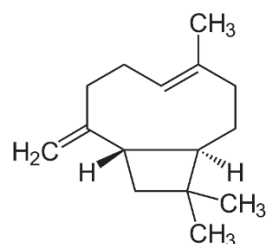
QUESTÃO 6

Item	A	B	C	D	Total
Pontos	2	5	5	8	20

Os terpenos são metabólitos secundários derivados de unidades de isopreno (C_5H_8) e representam uma das maiores e mais diversas classes de substâncias presentes em plantas, fungos e alguns animais. São classificados de acordo com o número de unidades de isopreno em monoterpenos (C_{10}), sesquiterpenos (C_{15}), diterpenos (C_{20}), triterpenos (C_{30}) e tetraterpenos (C_{40}). Além de sua função ecológica, como defesa contra herbívoros, atração de polinizadores e comunicação química, os terpenos possuem ampla importância farmacológica e industrial. Sesquiterpenos como o β -cariofileno e o farnesol exibem atividades antimicrobianas e anticancerígenas, diterpenos como o taxol são utilizados no tratamento de câncer, e diversos triterpenos e tetraterpenos, como os carotenoides, apresentam funções antioxidantes e protetoras contra estresse oxidativo. O óleo de copaíba, obtido da espécie vegetal identificada por *Copaifera langsdorffii*, é rico em β -cariofileno e ácido caurenico, dois terpenoides cujas estruturas são mostradas a seguir.



Ácido caurenóico



β-cariofileno

Considerando os terpenóides, responda.

- A) A partir da estrutura química do ácido caurenóico mostrada, desenhe estruturas para dois epímeros desta substância.
- B) Considere o ácido caurenóico e o β-cariofileno sendo analisados numa placa de cromatografia em camada delgada de sílica gel, utilizando um eluente de baixa polaridade. Indique qual das duas substâncias deve apresentar maior R_f . Justifique.
- C) Escreva a equação da reação do β-cariofileno com ácido *m*-cloroperbenzóico (mCPBA). Identifique o produto que deve ser formado majoritariamente e apresente o mecanismo.
- D) Escreva o(s) descritor(es) *R/S* para identificar os centros estereogênicos do ácido caurenóico e os descritores *E/Z* para as ligações duplas do β-cariofileno, se houver.

QUÍMICA INORGÂNICA

QUESTÃO 7

Item	A	B	C	D	Total
Pontos	5	5	5	5	20

Considerando que os estudos de equilíbrio ácido-base são particularmente úteis para a compreensão de fenômenos eletrônicos e estruturais em compostos de coordenação, responda a cada um dos itens a seguir.

- A) Para o par de complexos $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ e $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$, **indique** aquele que é o ácido mais forte. **Justifique** sua resposta.
- B) As constantes de formação sequenciais para os complexos $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_n]^{2+}(\text{aq})$ (com $n = 1$ a 5) são $\log K_1 = 4,15$, $\log K_2 = 3,50$; $\log K_3 = 2,89$; $\log K_4 = 2,13$ e $\log K_5 = -0,5$. **Explique** esta tendência geral e, especificamente, a razão do valor de K_5 ser tão baixo para este sistema em particular.
- C) As constantes de estabilidade sequenciais $\log K_1$, $\log K_2$ e $\log K_3$ para o sistema $[\text{Fe}(\text{phen})_n(\text{H}_2\text{O})_{6-2n}]^{2+}(\text{aq})$ são, respectivamente, 4,2; 3,7 e 9,3. **Explique** por que o valor de K_3 neste sistema é consideravelmente maior que K_1 e K_2 , justificando a elevada estabilidade do complexo 1:3 $[\text{Fe}(\text{phen})_3]^{2+}(\text{aq})$.
- D) **Defina** o que é uma substância anfotérica. **Explique** como o ácido nítrico pode atuar como uma substância anfotérica.

QUESTÃO 8

Item	A	B	C	D	Total
Pontos	4	4	4	8	20

Os clorossilanos são intermediários essenciais na produção de silicones, resinas e óxidos de silício de alta pureza. São aplicados em revestimentos, adesivos, isolantes e no tratamento hidrofóbico de superfícies. Além disso, têm uso estratégico na microeletrônica e na fabricação de semicondutores, devido à sua elevada reatividade e versatilidade.

Dados os seguintes compostos

Composto	Ponto de Ebulição	Momento de Dipolo
SiCl_4	57,6 °C	0,00 D
HSiCl_3	31,8 °C	0,86 D
H_2SiCl_2	8,3 °C	1,17 D
H_3SiCl	- 30,4 °C	1,31 D

A partir destes dados, responda o que se pede:

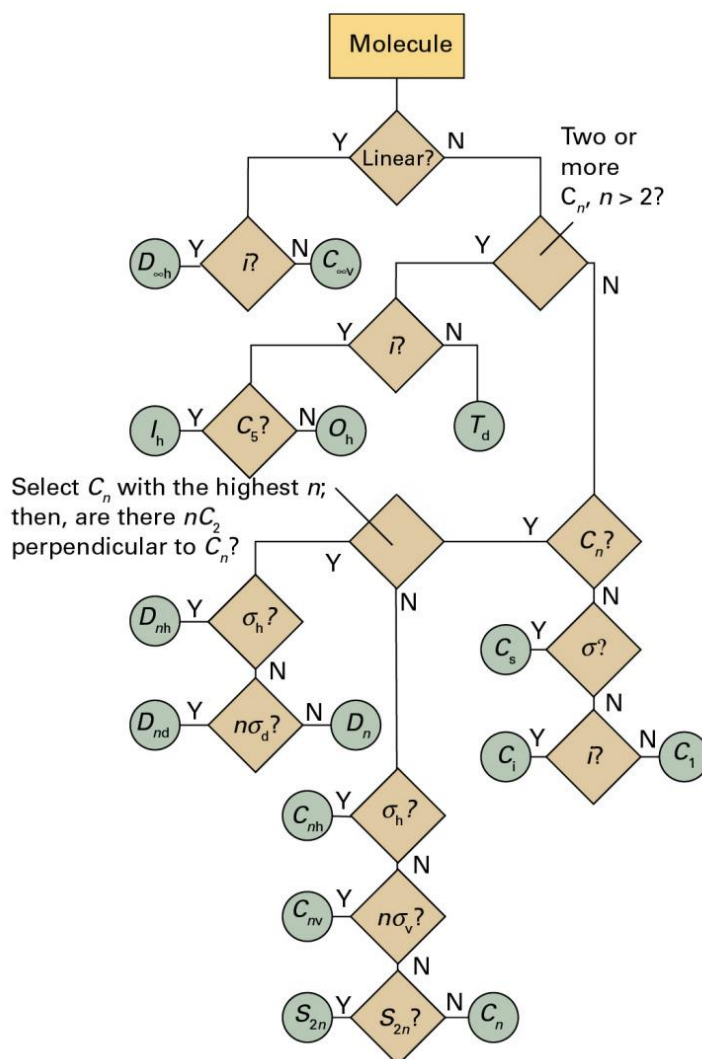
- A) Desenhe as estruturas de Lewis dos 4 compostos e esboce a direção e sentido do vetor momento de dipolo resultante, caso exista.
- B) Qual o tipo de força intermolecular de maior relevância para o ponto de ebulição? Justifique.
- C) Qual o grupo pontual das 4 moléculas?
- D) Dê a representação reduzida para as ligações sigma nas 4 espécies.

C_{2v}	E	C_2	σ_v	σ'_v	
A_1	1	1	1	1	z, x^2, y^2, z^2
A_2	1	1	-1	-1	R_z, xy
B_1	1	-1	1	-1	x, R_y, xz
B_2	1	-1	-1	1	y, R_x, yz

T_d	E	$8C_3$	$3C_2$	$6S_4$	$6\sigma_d$	
A_1	1	1	1	1	1	$x^2 + y^2 + z^2$
A_2	1	1	1	-1	-1	
E	2	-1	2	0	0	$(x^2 - y^2, 2z^2 - x^2 - y^2)$
T_1	3	0	-1	1	-1	(R_x, R_y, R_z)
T_2	3	0	-1	-1	1	$(x, y, z)(xy, xz, yz)$

C_{3v}	E	$2C_3$	$3\sigma_v$	
A_1	1	1	1	$z, x^2 + y^2, z^2$
A_2	1	1	-1	R_z
E	2	-1	0	$(x, y)(R_x, R_y)(x^2 - y^2, xy), (xz, yz)$

POINT GROUP FLOW CHART



FÍSICO-QUÍMICA

QUESTÃO 9

Item	A	B	C	Total
Pontos	8	4	8	20

No estudo da cinética química, diversos fatores podem alterar a velocidade de uma reação, como temperatura, concentração dos reagentes, presença de catalisadores e superfície de contato. Com base nos dados fornecidos, desenvolva e apresente respostas para os itens propostos.

- Qual é a energia de ativação para uma reação cuja constante de velocidade triplica quando a temperatura se eleva de 300 K a 310 K?
- Qual é o efeito de um catalisador sobre a variação de entalpia da reação?
- Calcule a constante de velocidade para a decomposição de N_2O_5 a 50 °C, sabendo que a 45 °C a constante de velocidade é $5 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ e possui energia de ativação 88 kJ mol^{-1} .

Dados: $R = 8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

$$\ln k_2 - \ln k_1 = - \frac{E_a}{R} \left[\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right]$$

QUESTÃO 10

Item	A	B	C	Total
Pontos	8	4	8	20

Parte 1 – Quântica.

Em seu decaimento radioativo, o isótopo potássio-40 (${}^{40}_{19}\text{K}$) se converte em argônio-40 (${}^{40}_{18}\text{Ar}$). Durante esse processo, um dos elétrons da camada K é capturado pelo núcleo, fundindo-se a um próton, e ambos se convertem em um nêutron.

$$\Delta x \cdot \Delta p \geq \frac{h}{4\pi}$$

Onde h é a Constante de Plank que vale $6,626 \times 10^{-34} \text{ J s}$.

Considere que o núcleo do potássio-40 tem raio de $3,44 \times 10^{-15} \text{ m}$.

A) Calcule a incerteza da velocidade de um elétron ($m_e = 9,109 \times 10^{-31} \text{ kg}$) e de um nêutron ($m_n = 1,675 \times 10^{-27} \text{ kg}$) no núcleo do átomo de potássio-40.

B) Sob a ótica do princípio da incerteza, e considerando a velocidade da luz no vácuo como $3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$, bem como os resultados dos itens A e B, por que um elétron precisa se converter em nêutron para existir no núcleo?

Parte 2 – Teoria Cinética dos Gases – Distribuição Barométrica.

Suponha que um Planeta X, perfeitamente esférico, tenha sua atmosfera formada por argônio-40 (${}^{40}_{18}\text{Ar}$) e criptônio-84 (${}^{84}_{36}\text{Kr}$). Na superfície do planeta, a pressão atmosférica exerce uma pressão de 12,0 atm. A gravidade do planeta é de $24,0 \text{ m s}^{-2}$. Uma sonda enviada ao planeta coletou amostra dessa atmosférica em uma altitude de 1,0 m. Após tratamento de dados, verificou-se uma composição de 50% de argônio e 50% de criptônio.

Lei Barométrica

$$P = P_0 e^{-\frac{mgh}{RT}}$$

C) Supondo que a temperatura atmosférica no momento da medida era constante e igual a 400 K, qual a composição total dos gases atmosféricos?