MATEMÁTICA

Convenções: Consideramos o sistema de coordenadas cartesiano a menos que haja indicação contrária.

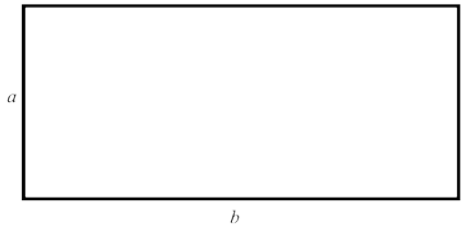
$\mathbb{N}=\{1,2,3,...\}$	: denota o conjunto dos números naturais.
$\mathbb{R}$	: denota o conjunto dos números reais.
$\mathbb{C}$	: denota o conjunto dos números complexos.
i	: denota a unidade imaginária, $i^2=-1$.
$M_n(\mathbb{R})$	: denota o conjunto das matrizes $n\times n$ de entradas reais.
$\overline{AB}$	: denota o segmento de reta de extremidades nos pontos A e B.
$A\hat{O}B$	:denota o ângulo formado pelas semi-retas $\overrightarrow{OA}$ e $\overrightarrow{OB}$, com vértice no ponto O.
$m(\overline{AB})$	: denota o comprimento do segmento $\overline{AB}$.

Questão 01

Seja $x\in\mathbb{R}$. Considere um retângulo R de lados medindo $a=9x^2-5x^4$ e $b=8x-8x^3$. Sabendo que o perímetro de R é 8 determine a e b.

Resolução

Dado o retângulo apresentado abaixo, temos os seguintes dados do enunciado:



- $a=9x^2-5x^4$
- $b=8x-8x^3$
- $2p=2(a+b)=8\rightarrow a+b=4$

Dessa forma, temos
$a+b=-5x^4-8x^3+9x^2+8x=4\rightarrow 5x^4+8x^3-9x^2-8x+4=0.$
Por inspeção, notamos que $x=1$ e $x=-1$ são raízes do polinômio obtido.
Aplicando o Dispositivo Prático de Briot-Ruffini, temos

$$\begin{array}{r|rrrrr} & 5 & 8 & -9 & -8 & 4 \\ \hline 1 & 5 & 13 & 4 & -4 & 0 \\ -1 & 5 & 8 & -4 & 0 & \end{array}$$

Portanto, temos a seguinte decomposição para o polinômio:
$(x-1)(x+1)(5x^2+8x-4)=0.$

Para $x=\pm1$, temos que $b=8x-8x^3=8-8=0$. Como b é um comprimento, esse resultado não se aplica à questão.
Para encontrar as raízes de $5x^2+8x-4=0$, temos
$\Delta=8^2-4(5)(-4)=64+80=144\rightarrow\sqrt{\Delta}=\pm12.$

Portanto, $x=\dfrac{-8\pm12}{10}$

Caso 1

$x' = \frac{-8+12}{10} = \frac{2}{5}$

$\rightarrow a = 9\left(\frac{2}{5}\right)^2 - 5\left(\frac{2}{5}\right)^4 = \frac{164}{125}$

$\rightarrow b = 8\left(\frac{2}{5}\right) - 8\left(\frac{2}{5}\right)^3 = \frac{336}{125}$

Caso 2

$x'' = \frac{-8-12}{10} = -2$

$\rightarrow a = 9(-2)^2 - 5(-2)^4 = -44$

Como a é um comprimento, esse resultado não se aplica à questão.

Portanto, $a = \frac{164}{125}$ e $b = \frac{336}{125}$.

Questão 02

Seja $z \in \mathbb{C}$ e denote por $\Im(z)$ a parte imaginária de z. Determine todos os possíveis $z \in \mathbb{C}$ com $\Im(z) \neq 0$ tais que temos simultaneamente $\Im(z^3) = 0$ e $\Im\left((1+z)^3\right) = 0$.

Resolução:

Seja $z = a + bi$, em que $b \neq 0$ e a e b são reais. Desenvolvendo, obtemos:

$$(a+bi)^3 = \left(a^3 - 3ab^2\right) + \left(3a^2b - b^3\right)i$$

e

$$\left[(1+a)+bi\right]^3 = \left(a^3 + 3a^2 + 3a - 3b^2 - 3ab^2 + 1\right) + \left(3b + 6ab + 3a^2b - b^3\right)i$$

A partir do enunciado, temos que $3a^2b - b^3 = 0$ e, como $b \neq 0$, $3a^2 - b^2 = 0 \Rightarrow b = \pm a\sqrt{3}$.

Além disso, também é verdade que $3b + 6ab + 3a^2b - b^3 = 0$ e, como $b \neq 0$, conclui-se que $3 + 6a + 3a^2 - b^2 = 0$.

Como $b^2 = 3a^2$, então $6a = -3 \Rightarrow a = -\frac{1}{2}$. Assim, b pode assumir dois valores, $\frac{\sqrt{3}}{2}$ ou $-\frac{\sqrt{3}}{2}$.

Então temos dois números complexos z possíveis, $z = -\frac{1}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2}i$ ou $z = -\frac{1}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2}i$.

Questão 03

Seja A a matriz com 5 linhas e 10 colunas cujas entradas $a_{n,m}$ são dadas por

$$a_{n,m} = \begin{cases} 1, & \text{se } m = 1 \\ n + a_{n,(m-1)}, & \text{se } m > 1 \end{cases}$$

Determine a soma de todas as entradas de A.

Resolução:

Os elementos da linha n, $n = 1, 2, 3, 4, 5$, da matriz A, formam uma progressão aritmética com 10 termos, razão igual a n, primeiro termo igual a 1 e décimo termo igual a $1 + 9n$. Isso quer dizer que a soma dos elementos da linha n é $\frac{(1+1+9n)\cdot 10}{2}$ ou, ainda, $10 + 45n$. Com isso, a soma de todos os elementos de A é $\sum_{n=1}^{5}(10 + 45n)$, ou melhor, $10 \cdot 5 + 45 \cdot \sum_{n=1}^{5} n$. Assim, conclui-se que a soma de todos os elementos de A é 725.

Questão 04

No jogo da velha, dois jogadores competem em um tabuleiro ordenado formado por 3 linhas e 3 colunas. Os jogadores se alternam marcando uma casa ainda não ocupada até que um deles ocupe toda uma linha, coluna ou diagonal, sendo declarado o vencedor. Quantas configurações diferentes do tabuleiro correspondem à vitória do primeiro jogador na sua terceira jogada?

Resolução:

Para determinarmos as diferentes configurações do tabuleiro que correspondem à vitória do primeiro jogador na sua terceira jogada, temos que levar em consideração as seguintes possibilidades:

1. Quantas maneiras de vencer: 8 (3 linhas, 3 colunas e 2 diagonais)

2. Quantas configurações possíveis para o perdedor: $\binom{6}{2} = \frac{6 \cdot 5}{2} = 15$ (6 casas que sobraram, nas quais o perdedor terá feito 2 jogadas)

Portanto, a resposta é $8 \cdot 15 = 120$ configurações diferentes.

Observação: consideramos que a "configuração do tabuleiro correspondente à vitória" é a mesma independente da escolha do símbolo usado pelo primeiro jogador. Caso essa escolha seja considerada para a resolução da questão, a resposta seria $2 \cdot 8 \cdot 15 = 240$ configurações.

Questão 05

Considere arccos: $[-1, 1] \to [0, \pi]$ e arcsen: $[-1, 1] \to [-\pi/2, \pi/2]$. Determine todos os valores de $\arccos(x)$ dado que x satisfaz

$$\arccos(x^4) + \operatorname{arcsen}(x^2 - 1/4) = \pi/2.$$

Resolução:

Inicialmente, sabemos que precisamos ter $-1 \le x^4 \le 1$ e, como x é real, $-1 \le x \le 1$.

Analogamente, precisamos ter $-1 \le x^2 - \frac{1}{4} \le 1$ e, portanto, $-\frac{\sqrt{5}}{2} \le x \le \frac{\sqrt{5}}{2}$. Fazendo a interseção entre os conjuntos que representam as duas condições, temos que é necessário e suficiente que $-1 \le x \le 1$.

Observando a equação e, considerando que $\arccos(x^4) = \alpha$ e $\operatorname{arcsen}\left(x^2 - \frac{1}{4}\right) = \beta$, temos que $\alpha + \beta = \frac{\pi}{2}$ e, portanto, $\cos\alpha = \operatorname{sen}\beta$. Garantindo valores de x compatíveis, é verdade que $x^4 = x^2 - \frac{1}{4} \Rightarrow x^4 - x^2 + \frac{1}{4} = 0$. Com isso,

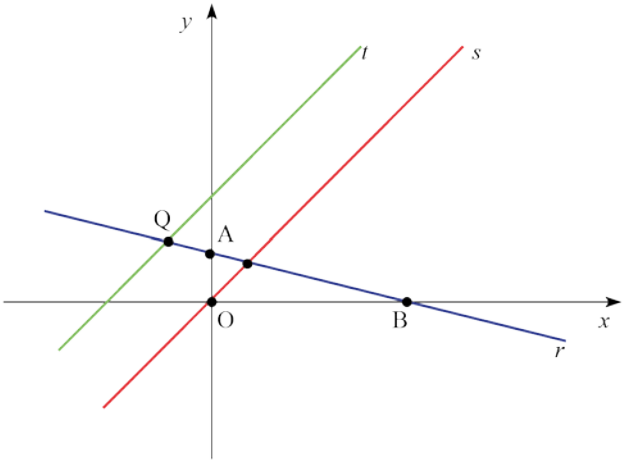
$$\left(x^2 - \frac{1}{2}\right)^2 = 0 \Rightarrow x = \pm\frac{\sqrt{2}}{2}.$$

Como ambos os valores de x satisfazem a condição $-1 \le x \le 1$ desenvolvida, os valores de $\arccos(x)$ que satisfazem a equação em questão são $\frac{\pi}{4}$ e $\frac{3\pi}{4}$.

Questão 06

Seja A = (0,1). Considere a reta r de equação $y = 1 - x/4$ e seja s uma reta passando pela origem O e que intersecta r no 1º quadrante em um ponto P. Determine o ponto Q do 2º quadrante que pertence a r e dista $\sqrt{2}$ de s sabendo que $A\hat{P}O = \theta$ e que $\tan(\theta) = \frac{5}{3}$.

Resolução:
Considere a figura.



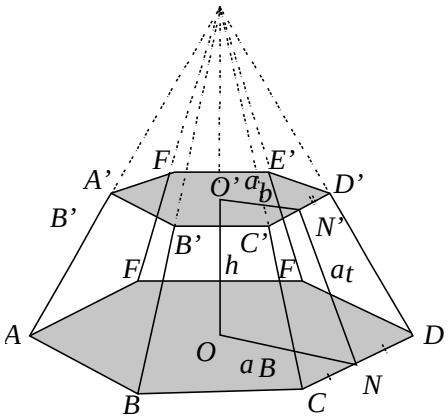
Considere α e β, respectivamente, os ângulos *POB* e *PBO*. Desse modo, $\text{tg}\,\alpha = \text{tg}(\theta - \beta)$. Tem-se que $\text{tg}\,\theta = \frac{5}{3}$ e, levando-se em conta que o coeficiente angular de ***r*** é $-\frac{1}{4}$, $\text{tg}\,\beta = \frac{1}{4}$. Com isso, $\text{tg}\,\alpha = \dfrac{\frac{5}{3} - \frac{1}{4}}{1 + \frac{5}{3} \cdot \frac{1}{4}}$, o que quer dizer que $\text{tg}\,\alpha = 1$. Com $\text{tg}\,\alpha = 1$, a equação de ***s*** é $x - y = 0$. A reta ***t*** é a reta paralela à reta ***s*** cujo coeficiente linear é positivo e que dista $\sqrt{2}$ de *s*. Com isso, sendo $x - y + c = 0$, com $c > 0$, a equação de ***t***, tem-se que $\dfrac{|c - 0|}{\sqrt{1^2 + (-1)^2}} = \sqrt{2}$, o que implica $c = 2$. O ponto Q é o ponto de intersecção de *t* e *r*. Assim, resolvendo-se o sistema com as equações $x - y + 2 = 0$ e $y = 1 - \frac{x}{4}$, obtém-se $x = -\frac{4}{5}$ e $y = \frac{6}{5}$ e conclui-se que $Q = \left(-\frac{4}{5}, \frac{6}{5}\right)$.

Questão 07

Considere T um tronco de pirâmide regular de altura, $h = 4 + 2\sqrt{3}$ com bases hexagonais paralelas. Sabendo que o lado da maior base hexagonal mede $8\sqrt{3}/3$ e que o ângulo diedral entre as faces laterais e a base do tronco mede 75°, determine o volume de *T*.

Resolução:

Seja o tronco de pirâmide regular de bases hexagonais paralelas apresentado a seguir.



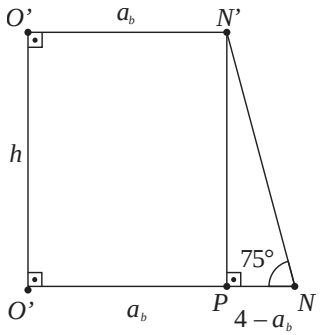
Sabemos do enunciado que:

- $h = 4 + 2\sqrt{3}$
- Lado da maior base hexagonal mede $\dfrac{8\sqrt{3}}{3}$
- O ângulo diedral entre as faces laterais e a base do tronco mede $75°$, ou seja $N'\widehat{N}O = 75°$

Como as bases são hexágonos regulares, sabemos que o apótema da base maior a_B é dado pela altura do triângulo equilátero OCD. Portanto,

$$a_B = \frac{L\sqrt{3}}{2} = \frac{8\sqrt{3}}{3} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 4.$$

Visualizando o trapézio retângulo ON'NO, temos:



Como $ON = a_B = 4$ e $O'N' = a_b$, temos $PN = 4 - a_b$. Dessa forma, no triângulo retângulo N'PN:

$$tg75° = 2 + \sqrt{3} = \frac{N'P}{PN} = \frac{h}{4 - a_b} = \frac{4 + 2\sqrt{3}}{4 - a_b}$$

$$\rightarrow a_b = 2$$

Como a_b é altura do triângulo equilátero O'C'D', o lado da base menor do tronco de pirâmide é

$$a_b = \frac{\ell\sqrt{3}}{2} \rightarrow \ell = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot 2 = \frac{4\sqrt{3}}{3}.$$

Seja A_b a área da base menor e A_B a área da base maior, temos:

$$A_B = 6 \cdot \left(\frac{8\sqrt{3}}{3}\right)^2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{4} = 32\sqrt{3}$$

$$A_b = 6 \cdot \left(\frac{4\sqrt{3}}{3}\right)^2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{4} = 8\sqrt{3}$$

Para determinarmos o volume do tronco de pirâmide, temos a seguinte expressão:

$$V = \frac{h}{3} \cdot \left(A_B + A_b + \sqrt{A_B \cdot A_b}\right) = \frac{4 + 2\sqrt{3}}{3} \cdot \left[32\sqrt{3} + 8\sqrt{3} + \sqrt{\left(32\sqrt{3}\right) \cdot \left(8\sqrt{3}\right)}\right]$$

$$\rightarrow V = \frac{112\left(2\sqrt{3} + 3\right)}{3}.$$

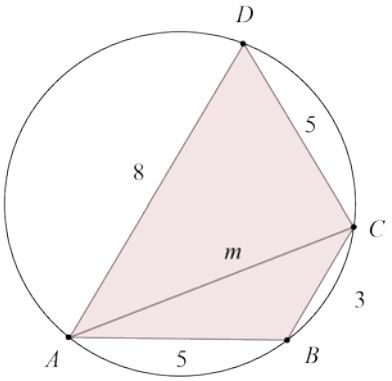
Questão 08

Seja Q um quadrilátero de vértices A, B, C e D cujos lados satisfazem $m\left(\overline{AB}\right) = 5 = m\left(\overline{CD}\right)$, $m\left(\overline{BC}\right) = 3$ e $m\left(\overline{DA}\right) = 8$. Sabendo que Q é inscrito em uma circunferência de raio r, determine r.

Resolução:

Como $ABCD$ tem lados $5,\ 3,\ 5$ e 8, seu semiperímetro é $p = \dfrac{5+3+5+8}{2} = \dfrac{21}{2}$. Então, pela Fórmula de Brahmagupta, sua área será igual a

$[ABCD] = \sqrt{(p-a)(p-b)(p-c)(p-d)} = \dfrac{55\sqrt{3}}{4}$. Desenhando o quadrilátero e traçando a diagonal AC, temos:



Sendo $AC = m$, a área do quadrilátero também pode ser calculada pela soma das áreas dos triângulos ABC e ACD, ou seja,

$$[ABCD] = \frac{5 \cdot 3 \cdot m}{4r} + \frac{8 \cdot 5 \cdot m}{4r} = \frac{55m}{4r}.$$

Igualando as áreas calculadas, temos que:

$$\frac{55\sqrt{3}}{4} = \frac{55m}{4r} \Rightarrow r = \frac{m\sqrt{3}}{3}$$

Para finalizar, basta calcularmos a medida m da diagonal AC.

Pelo Teorema de Ptolomeu, sabemos que, se a diagonal BD tem medida n, então: $m \cdot n = 5 \cdot 5 + 8 \cdot 3 \Rightarrow m \cdot n = 49$.

Pelo Teorema de Hiparco, também sabemos que $\frac{m}{n} = \frac{5 \cdot 3 + 8 \cdot 5}{5 \cdot 3 + 8 \cdot 5} = 1$ e, portanto, $m = n$. Com isso, é verdade que $m^2 = 49 \Rightarrow m = 7$.

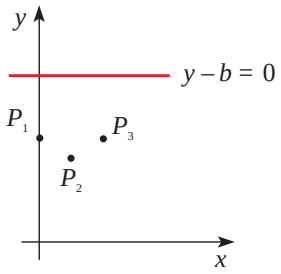
Então o raio da circunferência tem medida $r = \frac{7\sqrt{3}}{3}$.

Questão 09

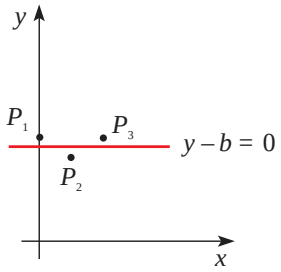
Sejam $P_1 = (0,6)$, $P_2 = (1,5)$ e $P_3 = (2,6)$ e sejam C_1, C_2 e C_3 circunferências centradas em P_1, P_2 e P_3, respectivamente. Sabendo que existe uma reta horizontal que é tangente a C_1, C_2 e $C3$ determine $C_1 \cap C_2 \cap C_3$ quando este não for vazio.

Resolução:

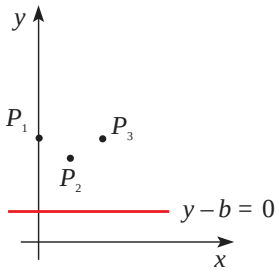
Seja $y - b = 0$ a equação da reta horizontal tangente às circunferências C_1, C_2 e C_3 e r_1, r_2 e r_3, respectivamente, os raios de C_1, C_2 e C_3.
Com $b > 6$, tem-se que $b - 6 = r_1$, $b - 5 = r_2$ e $b - 6 = r_3$, o que implica $r_1 = r_3$ e $r_2 - r_1 = 1$. Observe a figura.



Com $5 < b < 6$, $6 - b = r_1$, $b - 5 = r_2$ e $6 - b = r_3$, o que implica $r_1 = r_3$ e $r_1 + r_2 = 1$.



Com $b < 5$, $6 - b = r_1$, $5 - b = r_2$ e $6 - b = r_3$, o que implica $r_1 = r_3$ e $r_1 - r_2 = 1$.



No caso em que $5 < b < 6$, observa-se que $d(P_1, P_2) > r_1 + r_2$ e $d(P_3, P_2) > r_3 + r_2$. Além disso, ainda nesse caso, $r_1 + r_3 = 12 - 2b$ e, já que $5 < b < 6$, tem-se que $0 < r_1 + r_3 < 2$, o que significa que $d(P_1, P_3) > r_1 + r_3$. Desse modo, no caso em que $5 < b < 6$, C_1, C_2 e C_3 são, duas a duas, exteriores, o que quer dizer que $C_1 \cap C_2 \cap C_3 = \varnothing$. Considerando $b > 6$, $r_1 = r_3$ e $r_2 - r_1 = 1$ ou, ainda, $r_1 = r_3$, $r_2 - r_1 = 1$ e $r_2 - r_3 = 1$. Sendo P um ponto tal que $P \in C_1 \cap C_3$, com $r_1 = r_3$, tem-se que $d(P, P_1) = d(P, P_3)$ e, disso, $x_P = 1$. Supondo que $P \in C_1 \cap C_2 \cap C_3$, com $r_2 - r_1 = 1$ e $r_2 - r_1 = 1$ ou, ainda, $d(P, P_2) - d(P, P_1) = 1$ e $d(P, P_2) - d(P, P_3) = 1$. Sendo P = (1, y), isso significa que $|y - 5| - \sqrt{y^2 - 12y + 37} = 1$. Para $y \geq 5$, tem-se que $\sqrt{y^2 - 12y + 37} = y - 6$ e, mesmo com $y \geq 6$, conclui-se que não há y que satisfaça esta igualdade. Para $y < 5$, tem-se que $\sqrt{y^2 - 12y + 37} = 4 - y$ e, com $y \leq 4$, $y^2 - 12y + 37 = y^2 - 8y + 16$, o que implica $y = \frac{21}{4}$. Ocorre que, como $y \leq 4$, não há solução. Assim, com $b > 6$, $C_1 \cap C_2 \cap C_3 = \varnothing$. Considerando $b < 5$, $r_1 = r_3$ e $r_1 - r_2 = 1$ ou, ainda, $r_1 = r_3$ e $r_1 - r_2 = 1$ e $r_3 - r_2 = 1$. Sendo P um ponto tal que $P \in C_1 \cap C_3$, com $r_1 = r_3$, tem-se que $d(P, P_1) = d(P, P_3)$ e, disso, $x_P = 1$. Supondo que $P \in C_1 \cap C_2 \cap C_3$, com $r_1 - r_2 = 1$ e $r_3 - r_2 = 1$ ou, ainda, $d(P, P_1) - d(P, P_2) = 1$ e $d(P, P_3) - d(P, P_2) = 1$. Sendo P = (1, y), isso significa que $\sqrt{y^2 - 12y + 37} - |y - 5| = 1$. Para $y \geq 5$, tem-se que $\sqrt{y^2 - 12y + 37} = y - 4$ ou, ainda, $y^2 - 12y + 37 = y^2 - 8y + 16$, o que implica $y = \frac{21}{4}$. Para $y < 5$, tem-se que $\sqrt{y^2 - 12y + 37} = 6 - y$, para a qual não há solução. Assim, a única solução ocorre no caso em que $b < 5$, com $x = 1$ e $y = \frac{21}{4}$. Assim, $C_1 \cap C_2 \cap C_3 = \{(1, \frac{21}{4})\}$.

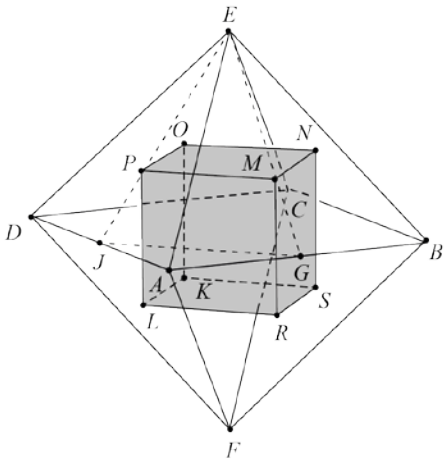
Questão 10

Considere um octaedro regular de aresta de comprimento l_1. Inscreva nesse octaedro um cubo cujos vértices estão nos baricentros das faces do octaedro. Dentro desse cubo inscreva um novo octaedro regular de aresta de comprimento l_2 cujos vértices estão nos centros das faces do cubo. Continue com esse processo obtendo uma sequência l_i para $i \in \mathbb{N}$. Determine então o valor da razão l_{10}/l_1.

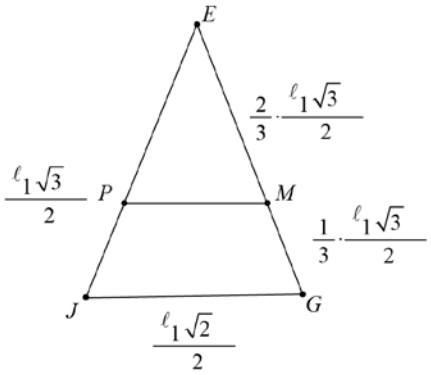
Resolução:

Temos a inscrição e circunscrição dos sólidos Octaedro Regular e Cubo.
Vamos primeiramente encontrar a relação das arestas do cubo inscrito no octaedro regular.

Sejam o octaedro *ABCDEF* de aresta ℓ_1 e o cubo *RSKL-MNOP* nele inscrito, de aresta ℓ_{C1}.



Visualizando o triângulo *EJG*:



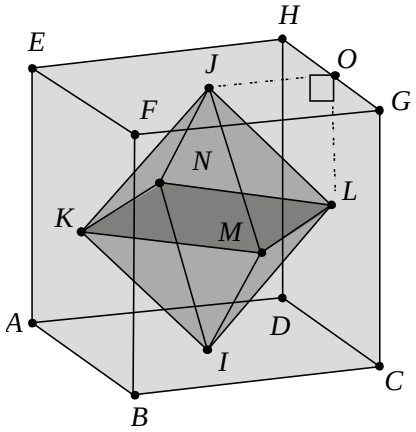
No triângulo isósceles *EJG*, o lado *JG* é base média do triângulo *ABD*, então $JG = \frac{\ell_1\sqrt{2}}{2}$ e os lados *EJ* e *EG* são alturas dos triângulos equiláteros de lado ℓ_1, *ADE* e *ABE*, respectivamente. Então, $EJ = EG = \frac{\ell_1\sqrt{3}}{2}$.

Os pontos *M* e *P* são baricentros dos triângulos equiláteros *ADE* e *ABE*, respectivamente. Logo, os triângulos *EPM* e *EJG* são semelhantes na razão $\frac{2}{3}$.

Assim,

(I) $\ell_{C1} = MP = \frac{2}{3}\cdot JG = \frac{2}{3}\cdot\frac{\ell_1\sqrt{2}}{2} = \frac{\ell_1\sqrt{2}}{3}$, que é a medida da aresta ℓ_{C1} do cubo.

Vejamos agora a relação das arestas do octaedro regular inscrito no cubo.



No triângulo retângulo *JOL*, os catetos são metade da aresta do cubo ℓ_{C1}, então a aresta ℓ_2 do octaedro é

$$\ell_2{}^2 = \left(\frac{\ell_{C1}}{2}\right)^2 + \left(\frac{\ell_{C1}}{2}\right)^2 = \frac{2\ell_{C1}{}^2}{4} \Leftrightarrow \ell_2 = \frac{\ell_{C1}\sqrt{2}}{2}.$$

Portanto, de (I), temos $\ell_2 = \frac{\ell_{C1}\sqrt{2}}{2} = \frac{\ell_1\sqrt{2}}{3}\cdot\frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{\ell_1}{3}$.

Analogamente, $\ell_3 = \frac{\ell_2}{3} = \ell_1\left(\frac{1}{3}\right)^2$. Temos, portanto, uma *PG* de razão $\frac{1}{3}$.

Dessa forma, $\ell_{10} = \ell_1\left(\frac{1}{3}\right)^9 \rightarrow \frac{\ell_{10}}{\ell_1} = \left(\frac{1}{3}\right)^9 = \frac{1}{19\ 683}$

QUÍMICA

Constantes

Constante de Avogadro (N_A)	$= 6{,}02 \times 10^{23}$ mol^{-1}
Constante de Faraday (F)	$= 9{,}65 \times 10^4$ C·mol^{-1} = $9{,}65 \times 10^4$ A·s·mol^{-1} = $9{,}65 \times 10^4$ J·V^{-1}·mol^{-1}
Carga elementar	$= 1{,}60 \times 10^{-19}$ C
Constante dos gases (R)	$= 8{,}21 \times 10^{-2}$ atm·L·K^{-1}·mol^{-1} = 8,31 J·K^{-1}·mol^{-1} = 1,98 cal·K^{-1}·mol^{-1}
Constante de Planck (h)	$= 6{,}63 \times 10^{-34}$ J·s
Velocidade da luz no vácuo	$= 3{,}0 \times 10^8$ m·s^{-1}
Número de Euler (e)	= 2,72

Definições

Pressão: 1 atm = 760 mmHg = $1{,}01325 \times 10^5$ N·m^{-2} = 760 Torr = 1,01325 bar
Energia: 1 J = 1 N·m = 1 kg·m^2·s^{-2} = $6{,}24 \times 10^{18}$ eV
Condições normais de temperatura e pressão (CNTP): 0º C e 760 mmHg
Condições ambientes: 25° C e 1 atm
Condições-padrão: 1 bar; concentração das soluções = 1 mol L^{-1} (rigorosamente: atividade unitária das espécies); sólido com estrutura cristalina mais estável nas condições de pressão e temperatura em questão.
(*s*) = sólido. (ℓ) = líquido. (*g*) = gás. (*aq*) = aquoso. (*conc*) = concentrado. (*ua*) = unidades arbitrárias.
(*u.m.a.*) = unidade de massa atômica. [*X*] = concentração da espécie química *X* em mol·L^{-1}
In X = 2,3 log X
EPH = eletrodo padrão de hidrogênio

Dados eventualmente necessários:
$e^{10} = 2{,}2 \times 10^4$

Massas Molares

Elemento Químico	Número Atômico	Massa Molar (g mol^{-1})	Elemento Químico	Número Atômico	Massa Molar (g mol^{-1})
H	1	1,01	*Cl*	17	35,45
B	5	10,81	*K*	19	39,10
C	6	12,01	*Ca*	20	40,08
N	7	14,01	*Mn*	25	54,94
O	8	16,00	*Br*	35	79,90
F	9	19,00	*Ag*	47	107,87
Na	11	22,99	*I*	53	126,90
Mg	12	24,30	*Hg*	80	200,59
P	15	30,97	*Pb*	82	207,19
S	16	32,06	*Pa*	91	231,04

Questão 01

Considere a seguinte reação química hipotética:

$$2X + Y \rightleftharpoons 3Z$$

A velocidade dessa reação é igual à constante de velocidade multiplicada pelas concentrações da espécie X elevada ao quadrado e da espécie Y. A constante de velocidade obedece a equação de Arrhenius:

$$k = A \cdot e^{\left(\frac{-Ea}{RT}\right)}$$

em que E_a representa a energia de ativação e *A* representa o fator de frequência. Sabendo-se que a energia de ativação da reação é igual a 24,94 kJ·mol^{-1} a 300 K, concentrações iniciais de X e Y iguais a 0,2 mol·L^{-1} e Z igual a zero, determine o valor numérico da:

a) constante de velocidade da reação inversa, considerando o atingimento do equilíbrio quando a concentração de Z é igual a 0,l5 mol·L^{-1}.
b) velocidade da reação química, considerando o fator de frequência igual a $25{,}00 \times e^{10}$ mol^{-2}·L^2·s^{-1}

Resolução:

a) Calculando as concentrações de X e Y no equilíbrio, temos:

	$2X$	$+$	Y	$\rightleftarrows$	$3Z$
início	$0,2M$		$0,2M$		$0M$
r/f	$-2x$		$-x$		$+3x$
$eq.$	$(0,2-2x)$		$(0,2-x)$		$3x$

Como a molaridade de Z é 0,15 M, então x vale 0,05. Assim,

$[X]=(0,2-2\cdot x)=0,2-0,1=0,1M$

$[Y]=(0,2-\cdot x)=0,2-0,05=0,15M$

$[Z]=0,15M$.

No equilíbrio, a velocidade de reações diretas é igual à velocidade de reação inversa. Desse modo:

$V_1=V_{-1}\therefore k_1\cdot[X]^2\cdot[Y]=k_{-1}\cdot[Z]^3$

$$k_{-1}=\frac{k_1\cdot[X]^2\cdot[Y]}{[Z]^3}$$

Para determinar a constante da reação direta, utilizaremos o valor de A dado no item B, portanto

$$k_1=A\cdot e^{\left(\frac{-E_a}{RT}\right)}=25\cdot e^{10}\cdot e^{\left(\frac{-24,94\cdot 10^3}{8,31\cdot 300}\right)}=25\cdot e^{10}\cdot e^{-10}=25.$$

Assim:

$$k_{-1}=\frac{k_1\cdot[X]^2\cdot[Y]}{[Z]^3}=\frac{25\cdot(0,1)^2\cdot(0,15)}{(0,15)^3}\cong 11,11mol^{-2}\cdot L^2\cdot s^{-1}$$

b) Calculando a velocidade da reação no momento do equilíbrio, temos:

$V_{-1}=k_{-1}\cdot[Z]^3=11,11\cdot(0,15)^3=3,75\cdot 10^{-2}\,mol\cdot L^{-1}\cdot s^{-1}$

Obs.: A questão deveria ter colocado o valor de A como dado e não no enunciado do item B, pois é impossível de se determinar o valor da constante de velocidade da reação inversa sem o valor da constante de velocidade direta. Outro ponto a ser notado é que não é determinado o instante para o qual o aluno deveria calcular o valor da velocidade e nem se seria a velocidade direta ou inversa na alternativa B. Diante disso, arbitramos que seria no momento do equilíbrio.

Questão 02

O método de determinação da quantidade de nitrogênio amoniacal (NHx) em amostras de efluentes baseia-se nas seguintes etapas: (i) alcalinização da amostra, com excesso de base forte para produção de amónia, (ii) a qual é posteriormente destilada e recolhida em uma quantidade conhecida de uma solução padrão de ácido bórico. Após reação da amónia com o ácido, (iii) o borato formado é titulado com uma solução padrão de ácido sulfúrico, formando sulfato de amónio. Considere que uma amostra de 20,00 mL de efluente com densidade de 1,50 g.cm^{-3} foi alcalinizada com excesso de NaOH e que a titulação do borato consumiu 18,00 mL de uma solução aquosa 0,500 mol.L^{-1} em ácido sulfúrico. Com base nessas informações:

a) escreva as reações químicas balanceadas que representam cada uma das etapas envolvidas nesse método.
b) calcule o valor numérico da massa (em g) de sulfato de amónio formado.
c) calcule o valor numérico da massa (em g) de nitrogênio na amostra.
d) calcule o valor numérico do percentual do elemento N na amostra.

Resolução:

a)

$NH^+_{4\,(aq)}+OH^-{}_{(aq)}\rightarrow NH_{3(g)}+H_2O_{(l)}$

$NH_{3(g)}+H_2O\rightleftharpoons NH_4^+OH^-$

$\underline{NH_4OH+B(OH)_3\rightarrow NH_4^+\ B(OH)_4^-}$

$NH_{3(g)}+H_2O_{(l)}+B(OH)_3\rightarrow NH_4{}^+B(OH)_4^-$

$2NH_4^+\,B(OH)_4^-+H_2SO_4\rightarrow 1(NH_4)_2\,SO_{4(aq)}+2HB(OH)_4$

b)

$n_{H_2SO_4}=M\cdot V=0,5\text{ mol/L}\times 18\text{ mL}=9\text{ m mol}$

$n_{H_2SO_4}=N_{(NH_4)_2SO_4}=9\text{ m mol}$

$\text{massa}=9\text{ m mol}\times 132\text{ g/mol}=1\cdot 188\text{ mg}=1,188\,g$

c)

$$2 \text{ mol } NH_4^+ --- 1 \text{ mol } H_2SO_4$$
$$n --- 9 \text{m mol}$$
$$n = 18 \text{m mol} \therefore \text{massa} = 18 \text{ m mol} \times 18 \text{ g/mol}$$
$$\text{massa} = 324 \text{ mg} = 0,324\ g \text{ na forma de nitrogênio amoniacal ionizado.}$$

Se for a massa de N_1 teremos
$M(N) = 18 \times 14 = 252$ mg = 0,252 g

d)

$$\%(N) = \frac{M(N)}{m(\text{total})} = \frac{0,252}{30} = 0,84\%$$
$$\%(NH_4^+) = \frac{0,324}{30} = 1,08\%$$

Questão 03

Um químico carregou um reator com 20 atm de uma mistura gasosa, constituída de uma substância A e de um componente inerte I, em uma proporção molar de A:I igual a 4:1. A temperatura do reator foi mantida constante e a pressão total foi monitorada, o que permitiu determinar a velocidade da reação em função do tempo, de acordo com os dados da tabela.

t (min)	0,89	2,08	3,75	6,25	10,42	18,75
P (atm)	21	22	23	24	25	26
V (atm.min^{-1})	1,96	1,44	1,00	0,64	0,36	0,16

Com base nesses dados e sabendo que a estequiometria da reação é 2A(g) $\rightarrow$ 3B(g), pede-se:

a) O valor numérico da ordem da reação.
b) O valor numérico da constante de velocidade com sua unidade de medida.
c) A composição no interior do reator no tempo 10,42 minutos em termos das pressões parciais (em atm) de cada componente
d) O valor numérico do tempo de meia vida da reação.

Resolução:

Incialmente, vamos determinar a pressão de I. Como a proporção inicial, em mols, é de 4:1 entre A e I:

$$P_A = 4P_I \quad e \quad P_A + P_I = 20$$
$$4P_I + P_I = 20 \therefore P_I = 4\ atm \quad e \quad P_A = 16\ atm.$$

Da equação química, temos que $-\Delta P_B = 3/2\Delta P_A$. Assim, o aumento da pressão se faz pelo aumento do número de mols de gás na reação. Para um instante t, qualquer:

$$-1,5 \cdot \Delta P_A = \Delta P_B \therefore -1,5 \cdot (P_A - 16) = P_B \therefore P_B = 1,5 \cdot (16 - P_A)$$
$$P_t = P_I + P_A + P_B = 4 + P_A + 1,5 \cdot (16 - P_A) = 28 - 0,5 \cdot P_A$$

Refazendo a tabela em função da pressão de A:

t (min)	0,89	2,08	3,75	6,25	10,42	18,75
P (atm)	21	22	23	24	25	26
P_A (atm)	14	12	10	8	6	4
P_B (atm)	3	6	9	12	15	18
v (atm.min^{-1})	1,96	1,44	1,00	0,64	0,36	0,16

a) Analisando os instantes 10,42min e 2,08min:

$$V = k \cdot (P_A)^\alpha$$
$$1,44 = k \cdot 12^\alpha \quad (I)$$
$$0,36 = k \cdot 6^\alpha \quad (II)$$

Dividindo as equações I e II:

$$\frac{1,44}{0,36} = \left(\frac{12}{6}\right)^\alpha \therefore 4 = 2^\alpha \therefore \alpha = 2$$

Logo, a ordem da reação é 2.

b) Utilizando o instante 10,42min:

$$0,36 = k \cdot 6^2 \therefore k = 0,01\ atm^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

c) De acordo com a tabela:
P_I = 4 atm; P_A = 6 atm; P_B = 15 atm.
% I = 16%; %A = 24%; %B = 60%

d) Como a reação se inicia com A em pressão parcial de 16 atm e, aos 6,25 min a pressão parcial é de 8 atm, então o tempo de meia vida da reação é de 6,25 min. Vale ressaltar que esse tempo de meia vida é para a situação inicial, pois esse valor é diferente quando se alteram as condições iniciais.

Questão 04

Um novo método para potabilização da água residual em espaçonaves emprega íons de prata como agente bactericida. Considere os dados de produto de solubilidade de alguns sais apresentados na Tabela 1 e o limite máximo permitido de íons nos padrões de qualidade da água potável disposto na Tabela 2.

Tabela 1
Dados de constantes de solubilidade.

Sal	K_{ps}
AgCl(s)	$1,21 \times 10^{-10}$
AgBr(s)	$4,90 \times 10^{-13}$
AgI(s)	$1,0 \times 10^{-16}$
NaCl(s)	37,3
NaBr(s)	127
NaI(s)	151
$HgCl_2$(s)	$8,10 \times 10^{-2}$
$HgBr_2$(s)	$6,20 \times 10^{-20}$
HgI_2(s)	$3,20 \times 10^{-29}$

Tabela 2
Limite máximo permitido nos padrões de qualidade da água potável.

Espécie	Máximo nível permitido ($mg.L^{-1}$)
Cloretos	1000
Brometos	4,0
Iodetos	0,018
Prata	0,090
Sódio	20
Mercúrio	0,002

Sabe-se que concentrações de íons de prata acima de dez partes por bilhão (>10 ppb) são suficientes para prevenir o crescimento de bactérias, algas e outros microorganismos. A estratégia do método consiste em assegurar uma concentração fixa de Ag^+ na água potável por meio da saturação da solução com um sal de prata moderadamente solúvel. Com base nessas informações, responda:

a) Dentre as sais de prata apresentados na Tabela 1, indique qual(is) poderia(m) ser empregado(s) no método de potabilização da água e calcule a concentração em ppb de Ag^+ na solução resultante.

b) Dentre os sais de prata que não poderiam ser usados no item (a) e considerando o limite máximo permitido nos padrões de qualidade da água potável, indique aquele(s) sal(is) que poderia(m) ser empregado(s), juntamente com NaCl ou $HgCl_2$, para ajustar a concentração total de Ag^+ para 10,8 ppb. Determine o valor numérico da concentração final de Na^+ ou Hg^{2+} em cada situação.

Resolução:

a) Vamos analisar a solubilidade dos sais AgCl, AgBr e AgI.

$$AgC\ell_{(s)} \rightleftarrows Ag^+_{(aq)} + C\ell^-_{(aq)}$$
$$-sM \qquad +sM \qquad +sM$$
$$k_{ps} = [Ag^+_{(aq)}]\cdot[C\ell^-_{(aq)}] \therefore 1,21\cdot10^{-10} = s\cdot s \therefore s = 1,1\cdot10^{-5}\,\text{mol/L}$$
$$[Ag^+_{(aq)}] = 1,1\cdot10^{-5}\cdot(107,87\text{ g/mol}) \cong 1,19\cdot10^{-3}\,g/L \cong 1,19\cdot10^{3}\,ppb > 10\,ppb \quad ok!$$
$$Mas$$
$$[Ag^+_{(aq)}] \cong 1,19\cdot10^{-3}\,g/L = 1,19\,mg/L > 0,090\,mg/L \quad maior\ que\ limite\ máximo!!$$
$$[C\ell^-_{(aq)}] = 1,1\cdot10^{-5}\cdot(35,5\text{ g/mol}) \cong 3,9\cdot10^{-4}\text{ g/L} = 0,39\text{ mg/L} < 1000\text{ mg/L} \quad ok!$$

$$AgBr_{(s)} \rightleftarrows Ag^+_{(aq)} + Br^-_{(aq)}$$
$$-sM \qquad +sM \qquad +sM$$
$$k_{ps} = [Ag^+_{(aq)}]\cdot[Br^-_{(aq)}] \therefore 4,9\cdot10^{-13} = s\cdot s \therefore s = 7,0\cdot10^{-7}\text{ mol/L}$$
$$[Ag^+_{(aq)}] = 7,0\cdot10^{-7}\cdot(107,87\text{ g/mol}) \cong 7,55\cdot10^{-5}\text{ g/L} \cong 7,55\cdot10^{1}\,ppb > 10\,ppb \quad ok!$$
$$[Ag^+_{(aq)}] = 7,55\cdot10^{-5}\text{ g/L} = 0,0755\,mg/L < 0,090\,mg/L \quad ok!$$
$$[Br^-_{(aq)}] = 7,0\cdot10^{-7}\cdot(79,9\text{ g/mol}) \cong 5,6\cdot10^{-5}\text{ g/L} = 5,6\cdot10^{-2}\text{ mg/L} < 4\text{ mg/L} \quad ok!$$

$$AgI_{(s)} \rightleftarrows Ag^+_{(aq)} + I^-_{(aq)}$$
$$-sM \qquad +sM \qquad +sM$$
$$k_{ps} = [Ag^+_{(aq)}]\cdot[I^-_{(aq)}] \therefore 1,0\cdot10^{-16} = s\cdot s \therefore s = 1,0\cdot10^{-8}\text{ mol/L}$$
$$[Ag^+_{(aq)}] = 1,0\cdot10^{-8}\cdot(107,87\text{ g/mol}) \cong 1,08\cdot10^{-6}\text{ g/L} \cong 1,08\,ppb < 10\,ppb \quad não\ aceitável!$$
$$[I^-_{(aq)}] = 1,0\cdot10^{-8}\cdot(126,9\text{ g/mol}) \cong 1,27\cdot10^{-6}\text{ g/L} = 1,27\cdot10^{-3}\text{ mg/L} < 0,018\text{ mg/L} \quad ok!$$

Assim, os sais que poderiam ser utilizados são o cloreto de prata ($[Ag^+]=1,16.10^3$ ppb) e brometo de prata ($[Ag^+]=75,5$ ppb).

b) A adição de NaCl poderia consumir o Ag^+ da solução, ou seja, resolverá o problema da solução de AgCl.
Na adição de $HgCl_2$, haverá a precipitação de HgI_2, uma vez que é um sal bem menos solúvel. Então, a concentração de Ag^+ irá aumentar pelo deslocamento do equilíbrio do iodeto de prata, assim temos:
Solução de AgCl:
$[Ag^+]$= 10,8 ppb

$$[Ag^+_{(aq)}] = 10{,}8\ ppb = 1{,}08 \cdot 10^{-5}\ \text{g/L} = \frac{1{,}08 \cdot 10^{-5}}{107{,}87} \cong 1{,}0 \cdot 10^{-7}\ \text{mol/L}$$

$$AgC\ell_{(s)} \rightleftarrows Ag^+_{(aq)} + C\ell^-_{(aq)}$$

$$k_{ps} = [Ag^+_{(aq)}] \cdot [C\ell^-_{(aq)}] \therefore 1{,}21 \cdot 10^{-10} = 1{,}0 \cdot 10^{-7} \cdot [C\ell^-_{(aq)}] \therefore [C\ell^-_{(aq)}] = 1{,}21 \cdot 10^{-3} M$$

Admitindo que todo o cloreto é proveniente do cloreto de sódio:
$[Na^+_{(aq)}] = 1{,}21.10^{-3}$ M
Transformando para mg/L:

$$[Na^+_{(aq)}] = M \cdot MM = 1{,}21 \cdot 10^{-3} \cdot 23 = 27{,}83 \cdot 10^{-3} g / L = 27{,}83 mg / L > 20 mg / L$$

Ou seja, ultrapassa o limite máximo.

Solução de AgI:
$[Ag^+]$= 10,8 ppb

$$[Ag^+_{(aq)}] = 10{,}8\ ppb = 1{,}08 \cdot 10^{-5}\ \text{g/L} = \frac{1{,}08 \cdot 10^{-5}}{107{,}87} \cong 1{,}0 \cdot 10^{-7}\ \text{mol/L}$$

$$AgI_{(s)} \rightleftarrows Ag^+_{(aq)} + I^-_{(aq)}$$

$$k_{ps} = [Ag^+_{(aq)}] \cdot [I^-_{(aq)}] \therefore 1{,}0 \cdot 10^{-16} = 1{,}0 \cdot 10^{-7} \cdot [I^-_{(aq)}] \therefore [I^-_{(aq)}] = 1{,}0 \cdot 10^{-9} M$$

Analisando o equilíbrio do iodeto de mercúrio II, temos:

$$HgI_{2(s)} \rightleftarrows Hg^{2+}_{(aq)} + 2I^-_{(aq)}$$

$$k_{ps} = [Hg^{2+}_{(aq)}] \cdot [I^-_{(aq)}]^2 \therefore 3{,}2 \cdot 10^{-29} = [Hg^{2+}_{(aq)}] \cdot (10^{-9})^2 \therefore [Hg^{2+}_{(aq)}] = 3{,}2 \cdot 10^{-11} M$$

Transformando ambas as concentrações em mg/L:

$$[Hg^{2+}_{(aq)}] = M \cdot MM = 3{,}2 \cdot 10^{-11} \cdot 207{,}19 = 6{,}63 \cdot 10^{-9} g / L = 6{,}63 \cdot 10^{-6} mg / L < 0{,}002 mg / L\ \ ok!$$

$$[I^+_{(aq)}] = M \cdot MM = 1{,}0 \cdot 10^{-9} \cdot 126{,}90 = 1{,}27 \cdot 10^{-7} g / L = 1{,}27 \cdot 10^{-4} mg / L < 0{,}018 mg / L\ \ ok!$$

Questão 05

Na reação conhecida como "cão que late", uma mistura de óxido nitroso e dissulfeto de carbono entra em combustão, gerando um clarão azulado e um som parecido com "*woof*" ou "*uulsh*". Considerando uma combustão completa e que todo o enxofre gerado se encontra na forma de sólido S_8

a) escreva a equação química balanceada dessa reação.
b) determine o valor numérico do volume de gás gerado (em litros) para cada 304 g de dissulfeto de carbono que reagiu de forma estequiométrica. Considere a pressão igual a 10^5 Pa e a temperatura de 300 K.
c) calcule o valor numérico da massa de enxofre sólido (em g) gerado considerando a mesma quantidade de dissulfeto de carbono do item (b).

Resolução:

a)

$$2N_2O_{(g)} \rightarrow 2N_{2(g)} + \cancel{O_{2\,(g)}} \qquad (4\times)$$

$$4CS_{2(l)} + \cancel{4O_2} \rightarrow 4CO_{2(g)} + S_{8(s)}$$

$$8N_2O_{(g)} + 4CS_{2(l)} \rightarrow 4CO_{2(g)} + 8N_{2(g)} + S_{8(s)}$$

b)

$$\overline{M}(CS_2) = 76\ g \therefore n_{CS_2} = 4\ \text{mol}$$

$$4\ \text{mol}\, CS_2 = 12\ \text{mol de gases}\ (CO_2 + N_2)$$

$$V = \frac{\overbrace{nRT}^{\text{Cálculo do volume gasoso}}}{P} = \frac{12 \cdot 8{,}314 \cdot 300}{10^5}$$

$$V \cong 0{,}3\ \text{m}^3 \cong 300\ l$$

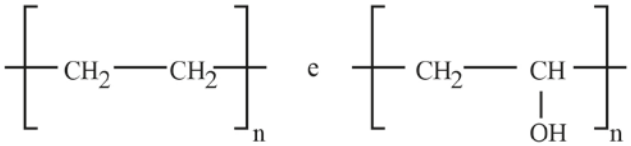
c)

$$n(S_8) = \frac{1}{4} n(CS_2) = 1\ \text{mol}$$

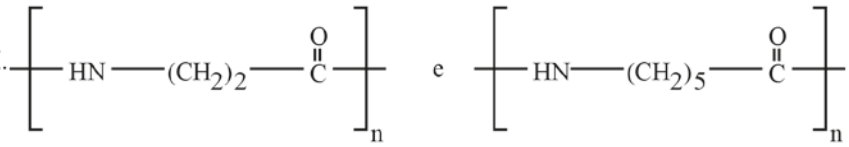
logo, a massa de $S_8 = 8 \times 32\ g = 256\ g$.

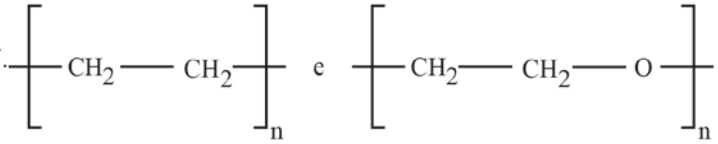
Questão 06

Considere os seguintes pares de homopolímeros, representados pelas respectivas fórmulas estruturais. Para cada par, indique qual homopolímero terá temperatura de fusão maior, considerando que suas massas molares sejam similares. Justifique a sua resposta.

I. 

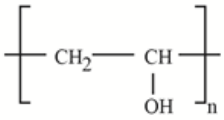
II.

III. 

IV. 

Resolução:

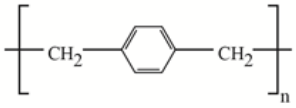
I. O polímero



,

pois apresenta interação intermolecular de maior intensidade, ligação de hidrogênio.

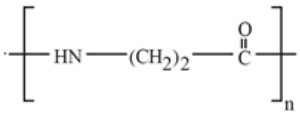
II. O polímero



.

A presença de anéis aromáticos aumenta a superfície de contato. Logo, há interações de maior intensidade.

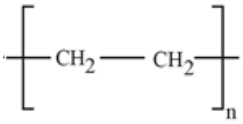
III. O polímero



.

A presença de unidades repetitivas de menor cadeia aumenta a proximidade e a intensidade das ligações de hidrogênio.

IV. O polímero



.

A presença de apenas C e H na unidade repetitiva favorece a compactação das cadeias poliméricas, aumentando assim a intensidade das interações.

Questão 07

Considere as seguintes informações:

I. Primeira energia de ionização do cálcio: 590 kJ.mol^{-1}
II. Segunda energia de ionização do cálcio: 1145 kJ.mol^{-1}
III. Afinidade eletrônica do cloro: -340 kJ.mol^{-1}
IV. Entalpia de solubilização do cloreto de cálcio: -81 kJ.mol^{-1}
V. Entalpia de hidratação do íon de cálcio: -1579 kj.mol^{-1}
VI. Entalpia de hidratação do íon de cloro: -378 kJ.mol^{-1}

Com base nessas informações, responda os itens abaixo.

a) Represente, na forma de equações químicas, as informações acima (I-VI).
b) Equacione a reação de entalpia de rede do cloreto de cálcio a partir das equações I-VI, conforme a necessidade.
c) Calcule o valor numérico da entalpia de rede do cloreto de cálcio (em kJ-mol^{-1}).

Resolução:

a)

$$I.\ Ca_{(g)} \rightarrow Ca^{+} + 1e^{-} \quad \Delta H = +590 \text{ kJ/mol}$$
$$II.\ Ca^{+}{}_{(g)} \rightarrow Ca^{2+}{}_{(g)} + 1e^{-} \quad \Delta H = 1145 \text{ kJ/mol}$$
$$III.\ Cl_{(g)} + 1e^{-} \rightarrow Cl^{-}_{(g)} \quad \Delta H = -340 \text{ kJ/mol}$$
$$IV.\ CaCl_{2(s)} \rightarrow Ca^{2+}_{(aq)} + 2Cl^{-}_{(aq)} \quad \Delta H = -81 \text{ kJ/mol}$$
$$V.\ Ca^{2+}{}_{(g)} \rightarrow Ca^{2+}_{(aq)} \quad \Delta H = -1579 \text{ kJ/mol}$$
$$VI.\ Cl^{-}_{(g)} \rightarrow Cl^{-}_{(aq)} \quad \Delta H = -378 \text{ kJ/mol}$$

b)

$$V \therefore Ca^{2+}_{(g)} \rightarrow \cancel{Ca^{2+}_{(aq)}}$$
$$\text{invertendo } IV \therefore \cancel{Ca^{2+}_{(aq)}} + \cancel{2Cl^{-}_{(aq)}} \rightarrow CaCl_{2(s)}$$
$$2 \times VI \therefore 2Cl^{-}_{(g)} \rightarrow \cancel{2Cl^{-}_{(aq)}}$$
$$Ca^{2+}_{(g)} + 2Cl^{-}_{(g)} \rightarrow CaCl_{2(s)} \quad U_{(rede)}$$

c)

$$U_{(rede)} = \Delta H\text{v} + (\Delta H\text{iv}) \text{ invertido} + \Delta\text{Hvi} \times 2$$
$$U_{(rede)} = -1579 + 81 + 2(-378)$$
$$U_{(rede)} = -2254 \text{ kJ/mol}$$

Questão 08

Em um reator químico vazio, mantido a altas temperaturas, injeta-se uma mistura gasosa, com massa molar aparente igual a 29 g.mol^{-1}, constituída de amônia e oxigênio puros. Os gases reagem entre si formando óxido nítrico e água no estudo gasoso. Ao final do processo, toda a amônia é consumida e são formados 20 mol de óxido nítrico. A respeito deste processo, pede-se:

a) A equação química balanceada.
b) Os valores numéricos das frações molares de amônia e de oxigênio no início da reação.
c) O valor numérico da porcentagem de reagente em excesso.
d) Os valores numéricos das quantidades (em mols) das espécies químicas no final da reação.

Resolução:

a) $4NH_{3(g)} + 5O_{2(g)} \rightarrow 4NO_{(g)} + 6H_2O(g)$

b)

$$4 \text{ mol } NH_3 \therefore 4 \text{ mol } NO$$
$$n_{NH3} \therefore 20 \text{ mol } N(NH_3) = 20 \text{ mol}$$

A massa molar aparente é a média ponderada das massas molares da mistura.

$$29 = 17 \cdot X_{NH_3} + 32 \cdot X_{O_2} \qquad X = \text{fração molar}$$

• Da reação $\therefore n_{O_2}(\text{reage}) = \dfrac{20 \times 5}{4} = 25 \text{ mol}$

• $n_{O_2}(\text{inicial}) = 25 + n_{O_2}(\text{excesso})$

• $29 = \dfrac{17 \cdot 20}{n} + \dfrac{32 \cdot \left(25 + n_{O_2}(\text{excesso})\right)}{n}$

Como $n = 20 + 25 + n_{O_2}\left(\text{excesso}\right)$

$n_{O_2}\left(\text{excesso}\right) = 55 \text{ mol}$ e $n = 100$ mol

Logo, $X_{NH_3} = \dfrac{20}{100} = 0,2 = 20\%$

$X_{O_2} = \dfrac{80}{100} = 0,8 = 80\%$

c)

$$\text{excesso} = \frac{55}{80} = 68,75\%$$

d)

$n_{NO} = 20$ mol

$n_{H_2O} = 30$ mol

$n_{O_2}(\text{excesso}) = 55$ mol

Questão 09

A etilcarbilamina ou isocianeto de etila é utilizada como reagente em duas rotas reacionais:

(i) Aquecimento a 250 °C que leva a sua isomerização funcional com a formação de um composto *A*, o qual reage com o cloreto de metil magnésio e, posteriormente, forma uma cetona *B* por hidrólise;

(ii) Hidrólise em meio ácido com a formação de uma amina primária *C* e um composto *D*.

Com base no enunciado, escreva as reações químicas evolvidas nas rotas (i) e (ii). Escreva a estrutura química dos compostos *A*, *B*, *C* e *D*.

Resolução:

i)

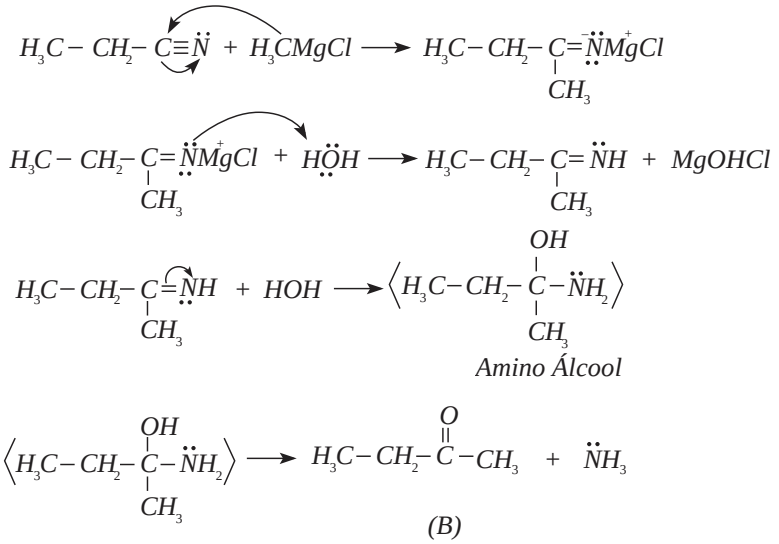
$$H_3C - CH_2 - N \equiv C \longrightarrow A$$

Ao aquecer isonitrila, o produto formado será uma nitrila (A)

$$H_3C - CH_2 - N \equiv C \xrightarrow{250\ °C} \underset{(A)}{H_3C - CH_2 - C \equiv N}$$

Ao reagir

$$A \xrightarrow[(2)\ 2H_2O]{(1)\ H_3CMgCl} B$$



ii)

$$H_3C-CH_2-\overset{+}{N}\equiv C\overset{-}{:} \;+\; HA \longrightarrow H_3C-CH_2-\overset{+}{N}\equiv CH \;+\; A\overset{-}{:}$$

$$H_3C-CH_2-\overset{+}{N}\equiv CH \;+\; HOH \longrightarrow H_3C-CH_2-\underset{+}{N}=\overset{H}{\overset{|}{C}}-\overset{OH}{\overset{|}{H}}$$

$$H_3C-CH_2-\underset{+}{N}=\overset{H}{\overset{|}{C}}-\overset{OH}{\overset{|}{H}} \;+\; HOH \longrightarrow \left\langle H_3C-CH_2-\overset{H}{\underset{H}{\overset{|}{\underset{|}{\overset{+}{N}}}}}-\overset{OH}{\underset{H}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}}-OH \right\rangle$$

$$\left\langle H_3C-CH_2-\overset{H}{\underset{H}{\overset{|}{\underset{|}{\overset{+}{N}}}}}-\overset{OH}{\underset{H}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}}-OH \right\rangle \longrightarrow H_3C-CH_2-\overset{+}{N}H_3 \;+\; H-C\begin{matrix}=O\\ -OH\end{matrix}$$

$$H_3C-CH_2-\overset{+}{N}H_3 \;+\; A\overset{-}{:} \longrightarrow H_3C-CH_2-NH_2 \;+\; HA$$

$$H_3C-CH_2-\overset{+}{N}\equiv C\overset{-}{:} \xrightarrow[HA]{2H_2O} \underset{C}{H_3C-CH_2-NH_2} \;+\; \underset{D}{H-C\begin{matrix}=O\\ -OH\end{matrix}}$$

Questão 10

Uma mistura de cloreto de cálcio e fluoreto de sódio, de massa igual a 39,0 g, foi adicionada à água, sendo observada a formação de um precipitado (Precipitado 1), o qual foi removido por filtração. Ao sobrenadante, foram adicionados 900 mL de uma solução aquosa
0,5 mol L^{-1} em nitrato de prata, sendo essa quantidade em excesso para garantir a formação de um precipitado (Precipitado 2) que também foi removido por filtração. Posteriormente, foi adicionada a essa nova solução sobrenadante uma placa polida de zinco metálico. Após um tempo suficientemente longo, observou-se um aumento de massa dessa placa igual a 3,76 g. A partir dessas observações:

a) apresente todas as equações que representam as reações químicas balanceadas envolvidas no processo, identificando cada um dos precipitados.
b) calcule o valor numérico do número de mols do Precipitado 2.
c) calcule o valor numérico das massas de cloreto de cálcio e fluoreto de sódio na mistura inicial.

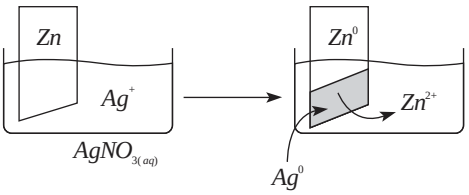
Resolução:

a) $CaCl_{2(aq)} + 2NaF_{(aq)} \rightarrow 2NaCl_{(aq)} + \underset{\text{Precipitado 1}}{CaF_{2(s)}}$

$NaCl_{(aq)} + AgNO_{3(aq)} \rightarrow NaNO_{3(aq)} + \underset{\text{Precipitado 2}}{AgCl_{(s)}}$

$2Ag\,NO_{3(aq)}$ excesso $+ Zn_{(s)} \rightarrow Zn(NO_3)_{2(aq)} + 2Ag°_{(s)}$

b)



$Zn^0_{(s)} + 2Ag^+_{(ag)} \rightarrow Zn^{2+} + 2Ay^0$

$\Delta m = m_{Ag} - m_{Zn}$

$\Delta m = (2 \cdot 108) - 65,4$

$\Delta m = 150,6\ g$ para 2 mol Ag^0

$2\ mol\ Ag - - - - - 150,6\ g$

$n_{Ag} - - - - - 3,76\ g$

$n_{Ag} \cong 0,05$ mol

$\mathrm{n}_{TOTAL}\ Ag^+ = \mu \cdot V$

$\mathrm{n}_{TOTAL}\ Ag^+ = \dfrac{0,5\ \mathrm{mol}}{L} \cdot 0,9\ L = 0,45$ mol.

$n_{Ag\ \ PRECIPITADO} = \mathrm{n}_{TOTAL}\ Ag^+ - n_{EXCESSO}(Ag^+)$

$n_{Ag\ \ PRECIPITADO} = 0,45 - 0,05$

$n_{Ag\ \ PRECIPITADO} = 0,40$ mol

Sendo $n_{Ag} = n_{AgCl}$

$n_{AgCl} = 0,40$ mol

c)

$n_{Cl^-} = n_{AgCl}$

$n_{Cl^-} = 0,40$ mol

$CaCl_2 \rightarrow Cu^{2+} + 2Cl^-$

1 mol $- - - - -$ 2 mol

$n_{CaCl_2} - - - - - 0,40$ mol

$n_{CaCl_2} = 0,20$ mol

$m_{CaCl_2} = n \times M_{Molar}$

$m_{CaCl_2} = 0,20 \times 111$

$m_{CaCl_2} = 22,2\ g$

$m_{CaCl_2} + m_{NaF} = 39$

$m_{NaF} = 16,8\ g$

Obs.: A questão não forneceu a massa do zinco.

Professores

Química
Luís Cícero
Welson Felipe
Heitor Cruz

Matemática
Marcello Salviano
Mateus Bezerra
Rodolfo Santos

Colaboradores
Alexandre Manso
Caíque Abraão

Digitação e Diagramação
Igor Soares
Pollyanna Chagas

Revisor
Pedro Verdejo

Desenhista
Rodrigo Ramos
Keoma Medeiros

Supervisão Editorial
Fernando Oliveira

Copyright©Olimpo2020

A Resolução Comentada das provas do ITA
poderá ser obtida diretamente no site do ***GRUPO OLIMPO****.*

As escolhas que você fez nesta prova, assim como outras escolhas na vida, dependem de conhecimentos, competências e habilidades específicas.
Esteja preparado.

www.grupoolimpo.com.br