

## MATEMÁTICA

### Notações

- $\mathbb{N}$  = {1,2,3,...}: conjunto de números naturais.  
 $\mathbb{R}$  : conjunto dos números reais.  
 $\mathbb{C}$  : conjunto dos números complexos  
 $i$  : unidade imaginária  $i^2 = -1$ .

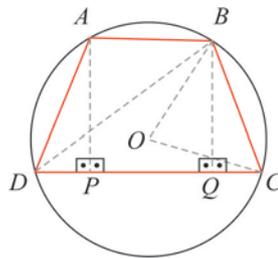
Observação: Os sistemas de coordenadas considerados são os cartesianos retangulares.

### ▶ Questão 01

Determine o raio da circunferência circunscrita a um trapézio isósceles cujas bases e altura têm comprimentos 4, 2 e 3, respectivamente.

### Resolução:

Considere a figura.



Seja  $AB = 2$ ,  $DC = 4$  e  $BQ = 3$ . Com isso,  $QC = 1$  e  $DP = 1$ . Com  $DQ = BQ = 3$ , o ângulo  $BDQ$  mede  $45^\circ$ . Sendo  $O$  o centro da circunferência, o ângulo  $BOC$  mede  $90^\circ$ . Sendo  $r$  o raio da circunferência,  $OB = OC = r$ . Com  $BQ = 3$  e  $QC = 1$ ,  $BC^2 = 3^2 + 1^2$ , ou seja,  $BC = \sqrt{10}$ . No triângulo  $BOC$ ,  $r^2 + r^2 = (\sqrt{10})^2$ . Assim  $r = \sqrt{5}$ , ou seja, o raio da circunferência é  $\sqrt{5}$ .

### ▶ Questão 02

Determine todos os valores do número real  $a$  para os quais a matriz

$$\begin{pmatrix} 1 & a^3 & -a & 3 & 2 \\ 2 & a^2 & 1 & a^3 & a \\ 0 & 0 & 0 & a & -a^2 \\ -a & 0 & 0 & 0 & 3 \\ a^2 & 0 & 0 & -3 & 0 \end{pmatrix}$$

É não singular.

### Resolução:

A matriz é não singular se, e só se, seu determinante não é zero. Aplicando Laplace na 4ª linha, vem:

$$\begin{vmatrix} 1 & a^3 & -a & 3 & 2 \\ 2 & a^2 & 1 & a^3 & a \\ 0 & 0 & 0 & a & -a^2 \\ -a & 0 & 0 & 0 & 3 \\ a^2 & 0 & 0 & -3 & 0 \end{vmatrix} = (-1)^{4+1} \cdot (-a) \cdot \underbrace{\begin{vmatrix} a^3 & -a & 3 & 2 \\ a^2 & 1 & a^3 & a \\ 0 & 0 & a & -a^2 \\ 0 & 0 & -3 & 0 \end{vmatrix}}_X + (-1)^{4+5} \cdot 3 \cdot \underbrace{\begin{vmatrix} 1 & a^3 & -a & 3 \\ 2 & a^2 & 1 & a^3 \\ 0 & 0 & 0 & a \\ a^2 & 0 & 0 & -3 \end{vmatrix}}_Y = aX - 3Y$$

Fazendo Laplace na 4ª linha de X:

$$\bullet X = \begin{vmatrix} a^3 & -a & 2 \\ a^2 & 1 & a \\ 0 & 0 & -a^2 \end{vmatrix} \cdot (-1)^{4+3} \cdot (-3) = 3 \cdot (-2a^5) = -6a^5$$

Fazendo Laplace na 3ª linha de Y:

$$\bullet Y = \begin{vmatrix} 1 & a^3 & -a \\ 2 & a^2 & 1 \\ a^2 & 0 & 0 \end{vmatrix} \cdot (-1)^{4+3} \cdot a = (-a) \cdot 2a^5 = -2a^6$$

Então, queremos  $aX - 3Y \neq 0 \Leftrightarrow -6a^6 + 6a^6 \neq 0$ , o que é sempre falso.

Logo,  $\nexists a \in \mathbb{R}$  tal que a matriz seja não singular.

$$S = \{ \}$$

### ▶ Questão 03

O primeiro termo de uma progressão geométrica de números reais é 1, e a soma de seus primeiros 79 termos é igual ao produto de seus primeiros 13 termos. Determine

- a soma dos 40 primeiros termos.
- o produto dos 7 primeiros termos.

#### Resolução:

A P.G. descrita é da forma  $(1, q, q^2, \dots)$ , onde  $q$  é a razão.

Como a soma dos primeiros 79 termos é igual ao produto dos seus primeiros 13 termos, a razão  $q$  será, obrigatoriamente, diferente de 1.

Equacionando, temos:

$$\frac{q^{79} - 1}{q - 1} = 1 \cdot q \cdot q^2 \cdot \dots \cdot q^{12} = q^{\frac{12 \cdot 13}{2}} = q^{78}.$$

Então:

$$\begin{aligned} q^{79} - 1 &= q^{79} - q^{78} \\ &\Downarrow \\ q^{78} &= 1. \end{aligned}$$

Como  $q \neq 1$ , então  $q = -1$  e a P.G. descrita será  $(1, -1, 1, -1, \dots)$ .

- A soma dos 40 primeiros termos é  $\frac{(-1)^{40} - 1}{(-1) - 1} = 0$ .
- o produto dos 7 primeiros termos é  $(1) \cdot (-1) \cdot (1) \cdot (-1) \cdot (1) \cdot (-1) \cdot (1) = -1$ .

### ▶ Questão 04

Determine todos os pontos  $(x, y)$  que pertencem à circunferência de centro  $(5, 0)$  e raio 5, que satisfazem a equação

$$\sqrt{3x - y - 4} = \sqrt{x^2 - 7x - 5y - 4}.$$

#### Resolução:

Deve-se ter  $3x - y - 4 \geq 0$ . Com isso,  $3x - y - 4 = x^2 - 7x - 5y - 4$ , ou ainda,  $x^2 - 10x = 4y$ . A circunferência de centro  $(5, 0)$  e raio 5 tem equação  $(x - 5)^2 + y^2 = 25$ , ou ainda,  $x^2 - 10x + 25 + y^2 = 25$ . Fazendo, nesta equação,  $x^2 - 10x = 4y$ , obtém-se  $y^2 + 4y = 0$ , o que implica  $y = 0$  ou  $y = -4$ . Com  $y = 0$ , tem-se  $x = 0$  ou  $x = 10$ ; e com  $y = -4$ , tem-se  $x = 8$  ou  $x = 2$ . Com isso, os possíveis pontos são

$(0,0)$ ,  $(10,0)$ ,  $(8,-4)$  e  $(2,-4)$ . Desses, apenas  $(0,0)$  não satisfaz  $3x - y - 4 \geq 0$ . Assim, os pontos da circunferência que satisfazem a igualdade são  $(10,0)$ ,  $(8,-4)$  e  $(2,-4)$ .

**Questão 05**

Determine as raízes comuns aos polinômios

$$p(x) = x^5 + x^4 - 8x^2 - 9x + 15 \text{ e } q(x) = 3x^4 + 6x^3 + 13x^2 - 4x - 10.$$

**Resolução:**

$$p(x) = x^5 + x^4 - 8x^2 - 9x + 15$$

$$q(x) = 3x^4 + 6x^3 + 13x^2 - 4x - 10$$

Por inspeção, 1 é raiz de  $p$  e  $q(1) = 8 \neq 0$ .

$$\begin{array}{r|rrrrrr} 1 & 1 & 1 & 0 & -8 & -9 & 15 \\ & 1 & 2 & 2 & -6 & -15 & 0 \end{array}$$

Logo, as raízes comuns a  $p$  e  $q$  são raízes comuns a  $x^4 + 2x^3 + 2x^2 - 6x - 15$  e  $3x^4 + 6x^3 + 13x^2 - 4x - 10$

$$\begin{aligned} & \Downarrow & & \Downarrow \\ x^4 + 2x^3 + 2x^2 - 6x - 15 = 0 & = & 3x^4 + 6x^3 + 13x^2 - 4x - 10 \\ \Leftrightarrow x^4 + 2x^3 + 2x^2 - 6x - 15 = 0 & \text{ e } & \Rightarrow 3x^4 + 6x^3 + 13x^2 - 4x - 10 = 0 \\ \cancel{3x^4} + \cancel{2x^3} + 3 + 6x^2 - 18x - 45 = 0 & = & \cancel{3x^4} + \cancel{6x^3} + 13x^2 - 4x - 10 \\ \Leftrightarrow 7x^2 + 14x + 35 = 0 & \Leftrightarrow & x^2 + 2x + 5 = 0 \end{aligned}$$

$$\Delta = 4 - 20 = -16 \quad x = -1 \pm 2i$$

Logo, as raízes comuns a  $p$  e  $q$  são

$$\boxed{-1 + 2i \text{ e } -1 - 2i}$$

Verificando, vemos que, de fato, cada raiz é solução de  $p(x)$  e  $q(x)$ . É suficiente mostrar que cada uma é raiz de apenas um deles.

**Questão 06**

Considere  $z = a(\sqrt{3} + i) \in \mathbb{C}$ , em que  $a \in \mathbb{R}$ . Determine todos os números reais  $a$  para os quais  $z^7$  e  $z^{13}$  estão à mesma distância de  $z$  no plano complexo.

**Resolução:**

Primeiramente, verificamos que  $z = 0$  satisfaz a condição pedida, pois a distância de  $0^7$  a  $0$  é igual à distância de  $0^{13}$  a  $0$ . Ou seja,  $a = 0$  é solução.

Supondo, então,  $z \neq 0$  e, conseqüentemente,  $a \neq 0$ . Temos que:

$$|z^7 - z| \Rightarrow \text{Distância de } z^7 \text{ a } z.$$

$$|z^{13} - z| \Rightarrow \text{Distância de } z^{13} \text{ a } z.$$

Igualando as duas distâncias, obtemos:

$$|z^7 - z| = |z^{13} - z|$$

$$|z||z^6 - 1| = |z||z^{12} - 1|. \text{ Como } |z| \neq 0:$$

$$|z^6 - 1| = |z^6 + 1||z^6 - 1| \quad (1)$$

Para resolver essa equação, considere:

$$z = 2a\left(\frac{\sqrt{3}}{2} + \frac{1}{2}i\right) = 2a \text{ cis } 30^\circ \quad (2)$$

Para resolver (1), temos dois casos distintos:

•Caso 1:  $|z^6 - 1| = 0 \rightarrow z^6 = 1$

Por (2), temos que  $z^6 = (2a \text{ cis } 30^\circ)^6 = 64a^6 \text{ cis } 180^\circ = -64a^6 \quad (3)$

Igualando as equações acima, teríamos  $-64a^6 = 1$ , o que é absurdo, pois  $a$  é um número real.

•Caso 2:  $|z^6 + 1| = 1$

Por (3), temos  $|1 + 64a^6| = 1$ , o que fornece:

$$\circ 1 - 64a^6 = 1 \rightarrow a = 0 \quad (\text{caso que já havia sido considerado})$$

ou

$$\circ 1 - 64a^6 = -1 \rightarrow 64a^6 = 2 \rightarrow a = \pm \frac{1}{\sqrt[6]{32}} = \pm 2^{-\frac{5}{6}}$$

Então, o conjunto de valores possíveis para  $a$  é  $S = \left\{ 0, 2^{-\frac{5}{6}}, -2^{-\frac{5}{6}} \right\}$ .

### ▶ Questão 07

Um relógio digital mostra o horário no formato  $H : M : S$ , em que  $H$  é um inteiro entre 1 e 12 representando as horas,  $M$  é um inteiro representando os minutos, e  $S$  é um inteiro representando os segundos, ambos entre 0 e 59. Quantas vezes em um dia ( $H, M, S$ ) são, nessa ordem, os três primeiros termos de uma progressão aritmética de razão estritamente positiva?

#### Resolução:

Sabe-se que devemos ter  $2M = H + S$ , considerando  $H < M < S$ . Fazendo todos os casos possíveis, teremos:

Se  $H = 1$ , então  $2M = 1 + S$ , implicando  $S = 3, 5, 7, \dots, 59$ .

Se  $H = 2$ , então  $2M = 2 + S$ , implicando  $S = 4, 6, 8, \dots, 58$ .

Se  $H = 3$ , então  $2M = 3 + S$ , implicando  $S = 5, 7, 9, \dots, 59$ .

Se  $H = 4$ , então  $2M = 4 + S$ , implicando  $S = 6, 8, 10, \dots, 58$ .

Se  $H = 5$ , então  $2M = 5 + S$ , implicando  $S = 7, 9, 11, \dots, 59$ .

Se  $H = 6$ , então  $2M = 6 + S$ , implicando  $S = 8, 10, 12, \dots, 58$ .

Se  $H = 7$ , então  $2M = 7 + S$ , implicando  $S = 9, 11, 13, \dots, 59$ .

Se  $H = 8$ , então  $2M = 8 + S$ , implicando  $S = 10, 12, 14, \dots, 58$ .

Se  $H = 9$ , então  $2M = 9 + S$ , implicando  $S = 11, 13, 15, \dots, 59$ .

Se  $H = 10$ , então  $2M = 10 + S$ , implicando  $S = 12, 14, 16, \dots, 58$ .

Se  $H = 11$ , então  $2M = 11 + S$ , implicando  $S = 13, 15, 17, \dots, 59$ .

Se  $H = 12$ , então  $2M = 12 + S$ , implicando  $S = 14, 16, 18, \dots, 58$ .

Diante disso, considerando a metade de um dia,  $H, M$  e  $S$  formam, nessa ordem, uma progressão aritmética de razão estritamente positiva em, ao todo,  $29 + 2(28 + 27 + 26 + 25 + 24) + 23 = 312$  vezes.

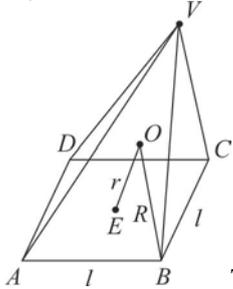
Assim, considerando um dia inteiro, o número de vezes em que isso deve ocorrer é  $2 \cdot 312 = 624$  vezes.

### ▶ Questão 08

Seja  $P$  uma pirâmide regular com base quadrada. Suponha que os centros das esferas inscrita e circunscrita a  $P$  coincidam. Determine a razão entre as áreas das esferas circunscrita e inscrita a  $P$ .

#### Resolução:

Sejam  $R$  e  $r$  os raios das esferas circunscrita e inscrita na pirâmide.

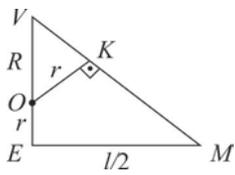


Temos  $\overline{OV} = \overline{OB} = R$  e, sendo  $E$  o centro da base,  $\overline{OE} = r$ .

Com isso, como  $\overline{EB} = \frac{1}{2} \cdot l\sqrt{2}$ , vem, por Pitágoras:  $R^2 = r^2 + \frac{l^2}{2}$  (I)

Como  $O, V$  e  $E$  são colineares, a altura da pirâmide é  $R + r$ .

Seja  $M$  ponto médio de  $\overline{BC}$ .



$$\frac{r}{\frac{l}{2}} = \frac{\overline{VK}}{R+r} \Leftrightarrow \overline{VK} = \frac{2r(R+r)}{l} \quad (\text{II})$$

Pitágoras no  $\Delta VOK$  :

$$R^2 = r^2 + \overline{VK}^2 \quad (\text{III})$$

Substituindo (III) em (II), temos

$$R^2 = r^2 + \frac{4r^2(R+r)^2}{l^2} \Leftrightarrow (R-r)(R+r) = \frac{4r^2(R+r)^2}{l^2} \Leftrightarrow l^2(R-r) = 4r^2(R+r)$$

Mas, por (I),  $l^2 = 2(R^2 - r^2)$ . Então

$$(R^2 - r^2)(R-r) = 2r^2(R+r) \Leftrightarrow (R-r)^2 = 2r^2 \Leftrightarrow \left(\frac{R}{r} - 1\right)^2 = 2 \Rightarrow \frac{R}{r} = 1 + \sqrt{2}$$

$$\text{Logo, } \frac{4\pi R^2}{4\pi r^2} = (1 + \sqrt{2})^2 = 3 + 2\sqrt{2}$$

### ▶ Questão 09

Sejam  $\alpha, \beta, \gamma \in \mathbb{R}$  tais que  $\alpha + \beta + \gamma = -3\pi$ ,  $\text{sen}\alpha + \text{sen}\beta + \text{sen}\gamma = \frac{1}{2}$  e  $\cos\alpha + \cos\beta + \cos\gamma = -\frac{1}{2}$ . Determine o valor de  $\cos^2\alpha + \cos^2\beta + \cos^2\gamma$ .

#### Resolução:

Como  $\alpha + \beta + \gamma = -3\pi$ , então  $-\gamma = \alpha + \beta + 3\pi$ . Aplicando seno e cosseno em ambos os lados, temos:

$$\begin{aligned} \text{sen}(-\gamma) &= \text{sen}(\alpha + \beta + 3\pi) \Rightarrow -\text{sen}\gamma = \text{sen}(\alpha + \beta) \overbrace{\cos 3\pi}^{-1} + \overbrace{\text{sen} 3\pi}^0 \cos(\alpha + \beta) \\ \text{sen}\gamma &= \text{sen}(\alpha + \beta) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cos\gamma &= \cos(\alpha + \beta + 3\pi) \Rightarrow \cos\gamma = \cos(\alpha + \beta) \overbrace{\cos 3\pi}^{-1} - \overbrace{\text{sen} 3\pi}^0 \text{sen}(\alpha + \beta) \\ \cos\gamma &= -\cos(\alpha + \beta) \quad (1) \end{aligned}$$

Analogamente, podemos escrever:

$$\text{sen}\alpha = \text{sen}(\beta + \gamma)$$

$$\text{sen}\beta = \text{sen}(\alpha + \gamma)$$

$$\cos\alpha = -\cos(\beta + \gamma) \quad (2)$$

$$\cos\beta = -\cos(\alpha + \gamma) \quad (3)$$

Seja  $\cos^2\alpha + \cos^2\beta + \cos^2\gamma = k$ . Pela relação fundamental da trigonometria, sabe-se que  $\text{sen}^2\alpha + \text{sen}^2\beta + \text{sen}^2\gamma = 3 - k$ . Utilizando a identidade  $a^2 + b^2 + c^2 = (a + b + c)^2 - 2(ab + ac + bc)$ :

$$k = \left( \overbrace{\cos\alpha + \cos\beta + \cos\gamma}^{\frac{1}{2}} \right)^2 - 2(\cos\alpha\cos\beta + \cos\alpha\cos\gamma + \cos\beta\cos\gamma)$$

↓ -

$$3 - k = \left( \overbrace{\text{sen}\alpha + \text{sen}\beta + \text{sen}\gamma}^{\frac{1}{2}} \right)^2 - 2(\text{sen}\alpha\text{sen}\beta + \text{sen}\alpha\text{sen}\gamma + \text{sen}\beta\text{sen}\gamma)$$

Subtraindo as equações acima e considerando que  $\cos x \cos y - \text{sen} x \text{sen} y = \cos(x + y)$ , temos:

$$2k - 3 = -2[\cos(\alpha + \beta) + \cos(\alpha + \gamma) + \cos(\beta + \gamma)]$$

Por (1), (2) e (3), temos:

$$2k - 3 = -2(-\cos \gamma - \cos \beta - \cos \alpha)$$

$$2k - 3 = 2 \underbrace{(\cos \alpha + \cos \beta + \cos \gamma)}_{-1/2}$$

$$2k - 3 = -1$$

$$k = 1$$

Como  $k = \cos^2 \alpha + \cos^2 \beta + \cos^2 \gamma$ , conclui-se que  $\cos^2 \alpha + \cos^2 \beta + \cos^2 \gamma = 1$ .

### ▶ Questão 10

Uma moeda é lançada sucessivas vezes até que se tenha a ocorrência de 2 caras. Qual a probabilidade do número total de lançamentos ser par?

#### Resolução:

Sendo  $P(n)$  a probabilidade de se obter o evento desejado com  $n$  lançamentos,

$$P(n) = \binom{n-1}{1} \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^n,$$

Sendo  $P(X)$  a probabilidade de o evento desejado ocorrer com um número par de lançamentos,

$$P(X) = P(2) + P(4) + P(6) + \dots,$$

ou ainda,

$$P(X) = \left(\frac{1}{2}\right)^2 + 3\left(\frac{1}{2}\right)^4 + 5\left(\frac{1}{2}\right)^6 + \dots$$

Com isso,

$$\left(\frac{1}{2}\right)^2 \cdot P(X) = \left(\frac{1}{2}\right)^4 + 3\left(\frac{1}{2}\right)^6 + 5\left(\frac{1}{2}\right)^8 + \dots,$$

o que implica,

$$P(X) - \left(\frac{1}{2}\right)^2 \cdot P(X) = \left(\frac{1}{2}\right)^2 + 2 \cdot \left[ \left(\frac{1}{2}\right)^4 + \left(\frac{1}{2}\right)^6 + \left(\frac{1}{2}\right)^8 \dots \right].$$

Isso significa que

$$P(X) = \frac{5}{9}.$$

Com isso e considerando como certa a ocorrência de 2 caras, a probabilidade de o número total de lançamentos ser par é  $\frac{5}{9}$ .

As questões numéricas devem ser desenvolvidas sequencialmente até o final.

**Constantes**

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

**Definições**

Pressão:  $1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg} = 1,01325 \times 10^5 \text{ N m}^{-2} = 760 \text{ Torr} = 1,01325 \text{ bar}$

Energia:  $1 \text{ J} = 1 \text{ N m} = 1 \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-2} = 6,24 \times 10^{18} \text{ eV}$

Condições normais de temperatura e pressão (CNTP):  $0^\circ \text{ C}$  e  $760 \text{ mmHg}$

Condições ambientes:  $25^\circ \text{ C}$  e  $1 \text{ atm}$

Condições-padrão:  $1 \text{ bar}$ ; concentração das soluções  $= 1 \text{ mol L}^{-1}$  (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  $\text{mol L}^{-1}$

$\ln X = 2,3 \log X$

EPH = eletrodo padrão de hidrogênio

**Massas Molares**

Elemento Químico	Número Atômico	Massa Molar (g mol <sup>-1</sup> )	Elemento Químico	Número Atômico	Massa Molar (g mol <sup>-1</sup> )
H	1	1,01	Ca	20	40,08
C	6	12,01	Cr	24	52,00
N	7	14,01	Fe	26	55,85
O	8	16,00	Ni	28	58,69
Na	11	22,99	Cu	29	63,55
Mg	12	24,31	Ga	31	69,72
Al	13	26,98	Ag	47	107,87
Cl	17	34,45	Au	79	196,97
S	16	32,06	Pb	82	207,19
K	19	39,10			

**Questão 01**

Sejam dados os seguintes pares redox e seus respectivos potenciais padrão de eletrodo, a  $25^\circ \text{ C}$ .

Semirreação	$E^0$ (V versus EPH)
$\text{Mg}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Mg}$	- 2,37
$\text{Ag}^{3+} + 3e^- \rightleftharpoons \text{Al}$	- 1,66
$\text{Cr}^{3+} + 3e^- \rightleftharpoons \text{Cr}$	- 0,74
$\text{Fe}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Fe}$	- 0,44
$\text{Pb}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Pb}$	- 0,13

Semirreação	$E^0$ (V versus EPH)
$2\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons \text{H}_2$	0,00
$\text{Cu}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Cu}$	0,34
$\text{Ag}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{Ag}$	0,80
$\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4e^- \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}$	1,23
$\text{Au}^{3+} + 3e^- \rightleftharpoons \text{Au}$	1,50

Com base nessas informações, responda aos itens abaixo sobre a tendência à corrosão de metais em diferentes meios.

- Apresente aos elementos metálicos listados na tabela em ordem decrescente (do maior para o menor) de tendência à corrosão.
- Se esses elementos metálicos forem mergulhados em uma solução desaeerada de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  e  $0,5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , quais deles sofrerão corrosão? Justifique.

- c) Se a solução do item b) for aerada, a tendência à corrosão dos elementos metálicos será alterada? Se sim, quais sofrerão corrosão? Justifique.
- d) Se os elementos metálicos forem mergulhados em uma solução aquosa desaerada de  $NaOH$  a  $1 \text{ mol} \cdot L^{-1}$ , quais deles sofrerão corrosão? Justifique.
- e) Se a solução do item d) for substituída por uma de  $NaOH$  a  $0,1 \text{ mol} \cdot L^{-1}$  e aerada, a tendência à corrosão dos elementos metálicos será alterada? Se sim, quais sofrerão corrosão? Justifique.

Dado eventualmente necessário:  $\log 2 = 0,3$ .

### Resolução

- a) Quanto menor o  $E_{(red)}^0$ , maior a tendência à oxidação (corrosão)
- $$Mg > Al > Cr > Fe > Pb > Cu > Ag > Au$$
- b) Considerando a solução de  $H_2SO_4$  como diluída, apenas os metais ativos  $E_{oxi}^0 > 0$  deslocarão o  $H^+$  sofrendo corrosão.
- $$Mg, Al, Cr, Fe \text{ e } Pb$$
- c) Sim, com a aeração, a concentração de  $O_{2(aq)}$  aumentará o grau oxidante do meio, assim, até os metais  $Cu(s)$  e  $Ag(s)$  passarão a sofrer corrosão.  
 Nota: Vale ressaltar que os metais  $Al$  e  $Cr$ , em meio aerado, formam uma película passivadora de  $Al_2O_3$  e  $Cr_2O_3$  que dificulta a corrosão, no entanto, em meio ácido a corrosão continua ocorrendo lentamente.
- d) Apenas os metais com características anfotéricas irão sofrer corrosão em meio básico, assim, apenas  $Al(s)$ ,  $Fe(s)$  e  $Cr(s)$ .
- $$Fe + 2NaOH + 2H_2O \rightarrow Na_2[Fe(OH)_4] + H_2$$
- $$2Al + 2NaOH + 6H_2O \rightarrow 2Na_2[Al(OH)_4] + 3H_2$$
- $$Cr + 3NaOH + 3H_2O \rightarrow Na_3[Cr(OH)_6] + \frac{3}{2}H_2$$
- e) Como o meio tem  $O_{2(aq)}$ , mesmo em meio básico os metais ativos e os nobres serão corroídos (exceto  $Au$  e  $Pt$ ). Logo,  $Mg$ ,  $Al$ ,  $Cr$ ,  $Fe$ ,  $Pb$ ,  $Cu$  e  $Ag$ .

### Questão 02

Três regiões industrializadas apresentaram as seguintes concentrações (em partes por milhão em volume) de óxido gasoso em suas atmosferas:

Região	Gás(es) presente(s)	Concentração (ppmv)
R	$CO_2$	$5,00 \cdot 10^2$
S	$NO_2$	4,00
	$NO$	$1,45 \cdot 10^1$
T	$SO_2$	$2,00 \cdot 10^3$

Sabe-se que a chuva ácida se refere à água da chuva com  $pH$  menor que 5,6 (equivalente a  $[H^+] > 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ mol} \cdot L^{-1}$ ). Considere a pressão atmosférica igual a  $1 \text{ atm}$  e a formação apenas dos ácidos  $H_2CO_3$ ,  $HNO_2$  e  $H_2SO_3$  na dissolução dos gases.

- a) Determine a concentração molar de  $H^+$  esperada para a água da chuva em cada uma das regiões.
- b) Organize as regiões em ordem crescente de  $pH$  esperado da água da chuva.
- c) Qual(is) região(ões) pode(m) sofrer os efeitos negativos de uma chuva ácida?

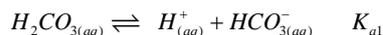
Dados eventualmente necessários:  $K_H$  = constante da lei de Henry,  $K_a$  = constante de ionização da espécie ácida  $A$  formada na solubilização do gás  $X$ .

Substância X	$K_H (\text{mol} \cdot \text{atm}^{-1} \cdot L^{-1})$	$K_{a1}$	$K_{a2}$
	$X(g) \rightleftharpoons X(aq)$	$HA(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + A^-(aq)$	$HA^-(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + A^{2-}(aq)$
$CO_2$	0,04	$4,5 \cdot 10^{-7}$	$4,7 \cdot 10^{-11}$
$NO_2$	0,01	$7,0 \cdot 10^{-4}$	-----
$NO$	0,002		
$SO_2$	0,04	$1,2 \cdot 10^{-2}$	$6,6 \cdot 10^{-8}$

## Resolução

a) Região R

$$[CO_2] = 0,04 \cdot \frac{5 \cdot 10^2}{1 \cdot 10^6} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L} = [H_2CO_3]$$



$$i) \quad 2 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L} \quad 0 \quad 0$$

$$Eq \cong 2 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L} \quad x \quad x$$

$$4,5 \cdot 10^{-7} = \frac{x^2}{2 \cdot 10^{-5}}$$

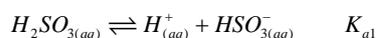
$$x = [H^+] = 3 \cdot 10^{-6} \text{ mol/L}$$

Região S.

O enunciado da questão traz um erro quanto ao ácido formado na região S, pois o  $NO_2$  forma  $HNO_2$  e  $HNO_3$  e o  $NO$  não reage com  $H_2O$ , formando ácido, logo fica inviável determinar a  $[H^+]$  dessa região com a condição do texto.

Região T.

$$[SO_2] = 0,04 \cdot \frac{2 \cdot 10^3}{1 \cdot 10^6} = 8 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L} = [H_2SO_3]$$



$$i) \quad 8 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L} \quad 0 \quad 0$$

$$Eq \cong 8 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L} \quad x \quad x$$

$$1,2 \cdot 10^{-2} = \frac{x^2}{8 \cdot 10^{-5} - x} \therefore x = [H^+] = 7,94 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L}$$

b) Considerando apenas as regiões R e T

$$[H^+]_{(R)} < [H^+]_{(T)}$$

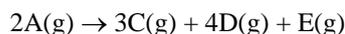
$$pH_{(T)} < pH_{(R)}$$

c) Regiões R e T

\* região S ficou para adivinhar.

## ▶ Questão 03

Um reator químico, projetado com uma válvula de alívio de pressão, que é acionada a 8,5 atm, contém uma mistura gasosa composta por quantidades iguais de um reagente (A) e de uma substância inerte (B), a 10 °C e 2 atm. Ao elevar rapidamente a temperatura do reator para 293 °C, o reagente A começa a se decompor de acordo com a seguinte equação estequiométrica genérica:



Sabendo que a velocidade de consumo de A nessa temperatura é dada por  $v_A = -0,25 \times (P_A)^\circ$  (em atm  $\cdot$  h<sup>-1</sup>), em que  $P_A$  corresponde à pressão parcial da substância A, responda:

- Após quanto tempo de reação a válvula de alívio é acionada?
- Quais as pressões parciais de cada espécie (A, B, C, D e E) presente no reator no momento do acionamento da válvula de alívio?
- Assumindo 100% de rendimento da reação, qual a quantidade máxima de mistura gasosa que pode ser adicionada ao reator sem que a válvula de alívio seja acionada?

## Comentário

a) Inicialmente temos uma transformação isotérmica

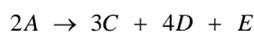
$$\frac{P_i}{T_i} = \frac{P_f}{T_f} \therefore \frac{2}{283} = \frac{P_f}{566} \therefore P_f = 4 \text{ atm}$$

Como a mistura é equimolar, tem-se

$$P_A = 2 \text{ atm}$$

$$P_B = 2 \text{ atm}$$

$$\text{Se } V = -0,25 \cdot PA \therefore K = 0,25h^{-1}$$



$$\text{i) } 2\text{atm} \quad 0 \quad 0 \quad 0$$

$$\text{RIF) } -2x \quad +3x \quad +4x \quad +x$$

$$\text{final) } 2-2x \quad 3x \quad 4x \quad x \quad (\text{P.total})$$

$$8,5 = 2 - 2x + 3x + 3x + 4x + x \therefore \boxed{x = 0,75 \text{ atm}}$$

$$\text{logo } \therefore \boxed{P_A = 0,5 \text{ atm}}$$

$$\text{Consumo de A} = 2x$$

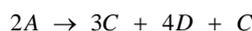
$$2x = 1,5 \text{ atm}$$

$$\begin{cases} 0,25 \text{ atm} & \text{--- } 1h \\ 1,5 \text{ atm} & \text{--- } t \end{cases}$$

$$\therefore \boxed{t = 6h}$$

$$\text{b) } P_A = 0,5 \text{ atm} \quad P_C = 2,25 \text{ atm} \\ P_B = 22 \text{ atm} \quad P_D = 3 \text{ atm} \\ P_E = 0,75 \text{ atm}$$

c)



$$\text{i) } P^0 \quad 0 \quad 0 \quad 0$$

$$\text{RIF) } -P^0 \quad 1,5P^0 \quad 2P^0 \quad 0,5P^0$$

$$\text{final) } 0 \quad 1,5P^0 \quad 2P^0 \quad 0,5P^0 \therefore (P_{total})$$

$$8,5 \text{ atm} = 5P^0 \therefore P^0 = 1,7 \text{ atm}$$

Como no início da reação a  $P_A$  é o dobro da pressão antes do aquecimento, conclui-se que a pressão de "A" a 283K era de 0,75 atm, logo, a  $P(\text{total})$  era de 1,7 atm.

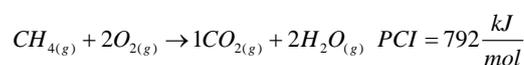
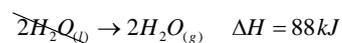
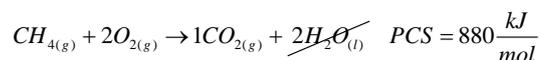
#### ▶ Questão 04

O poder calorífico é um indicativo do potencial energético dos combustíveis, sendo que a diferença entre o poder calorífico superior (PCS) e o poder calorífico inferior (PCI) equivalem à energia necessária para a vaporização da água formada numa reação de combustão completa. Sabe-se que o PCS do metano é  $55 \text{ MJ.kg}^{-1}$  e do etanol é  $30 \text{ MJ.kg}^{-1}$  e que a entalpia de vaporização da água é  $\Delta H_{\text{vap}, \text{H}_2\text{O}} = 44 \text{ kJ.mol}^{-1}$ .

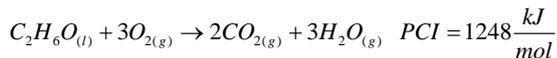
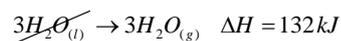
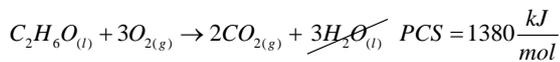
- Calcule os valores do PCI do metano e do etanol, em  $\text{kJ.mol}^{-1}$ .
- Sabendo que o gás natural é composto principalmente por metano e que os outros componentes possuem PCS muito inferiores ao deste gás, estime a porcentagem em massa de metano presente em um gás natural cujo  $\text{PCS} = 52 \text{ MJ.kg}^{-1}$ .
- Explique por que o PCS do metano é muito superior ao do etanol.

#### Comentário

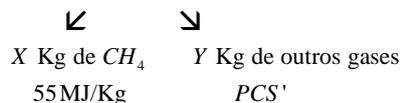
a) Para o metano



Para o etanol



b) 1 Kg de gás natural  $\therefore PCS = 52 MJ / Kg$



$$X \cdot 55 + Y \cdot PCS' = 52 MJ / Kg$$

$$X + Y = 1 Kg \times (-55)$$

$$-55Y = -3$$

$$Y = 0,0545 Kg \therefore X = 0,945 Kg \text{ de } CH_4 = 94,5\%$$

c) Como o etanol é um líquido com forças intermoleculares fortes entre suas moléculas, será necessário um gasto inicial de energia para levar suas moléculas até o ponto energético de combustão, por outro lado, o metano é um gás que quando colocado na câmara de combustão, precisará de pouca energia para explodir. Além disso, a energia liberada na combustão de 1 mol de metano equivale apenas a 16g, enquanto no etanol equivale a 46g, logo, como o PCS é dado por Kg do combustível, 1 Kg de metano tem uma quantidade de matéria superior ao etanol.

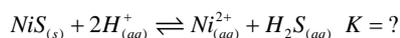
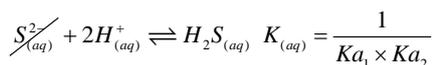
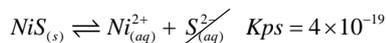
### ▶ Questão 05

Sulfeto de níquel é pouco solúvel em água, apresentando a constante do produto de solubilidade igual a  $K_{ps} = 4 \times 10^{-19}$ . Ao adicionar 18,15 g desse sal a 1L de água e, em seguida, ajustar o pH do meio com adição de ácido sulfúrico, observou-se a solubilização do sal com formação de ácido sulfídrico. Desprezando-se a variação de volume do meio reacional pela adição do ácido, e dadas as constantes de ionização do ácido sulfídrico  $K_{a1} = 1 \times 10^{-7}$  e  $K_{a2} = 1 \times 10^{-14}$ , determine

- a constante de equilíbrio K da reação de solubilização do sulfeto de níquel em meio ácido.
- a faixa de valores de pH na qual todo o sulfeto de níquel é solubilizado.
- a porcentagem de sulfeto de níquel solubilizado quando o pH do meio for 3.

#### Comentário

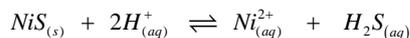
a)



$$K = K_{ps} \times \frac{1}{K_{a1} \times K_{a2}} = 400$$

b)

$$\text{N}^\circ \text{ de mols do } NiS \therefore n = \frac{18,5g}{90,7g/mol} = 0,2 \text{ mol}$$



$$\text{i) } \begin{array}{cccc} 0,2 \text{ mol} & 0 & 0 & 0 \end{array}$$

$$\text{R/F) } -0,2 \text{ mol } [H^+]_{\text{add}} \quad 0,2 \text{ mol} \quad 0,2 \text{ mol}$$

$$\text{final) } \begin{array}{cccc} 0 & [H^+] & 0,2 \text{ mol/L} & 0,2 \text{ mol/L} \end{array}$$

$$400 = \frac{[0,2] \cdot [0,2]}{[H^+]^2} \therefore [H^+] = 10^{-2} \quad \boxed{\text{Logo } \therefore PH = 2}$$

c)

$$\text{Se } PH = 3 \therefore [H^+] = 10^{-3} \text{ mol/L}$$

$$K(\text{global}) = \frac{[Ni^{2+}] \cdot [H_2S]}{[H^+]^2} \therefore [Ni^{2+}] = 2 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$$

$$400 = \frac{[Ni^{2+}]^2}{10^{-6}} \therefore [Ni^{2+}] = 2 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$$

Portanto, a % di NiS dissolvida será  $\therefore 0,02 / 0,2 = 10\%$

**Questão 06**

Considere a combustão de um determinado alceno com uma quantidade definida de ar em excesso. Considere, ainda, que o ar é composto apenas por nitrogênio e oxigênio numa proporção molar de 3,76 e que o nitrogênio não sofre oxidação durante a combustão. Para essa reação, determine a porcentagem do(s) gás(es) em cada uma das situações descritas abaixo.

- a) Na combustão incompleta do alceno com o ar em excesso, além dos produtos esperados numa combustão completa, há a formação de monóxido de carbono na proporção molar de 1 para 8 em relação ao dióxido de carbono no início da reação. Com base nessas informações, determine a composição percentual aproximada dos gases resultantes da reação, considerando a remoção prévia da água.
- b) Determine o percentual de ar em excesso na reação de combustão completa do alceno.

**Comentário**

a) Alceno:  $C_nH_{2n}$

$$\text{Ar atmosférico} \begin{matrix} \rightarrow 79 / N_2 \\ \rightarrow 21 / O_2 \end{matrix} \rightarrow \boxed{\frac{N_2}{O_2} = 3,76}$$

Sendo

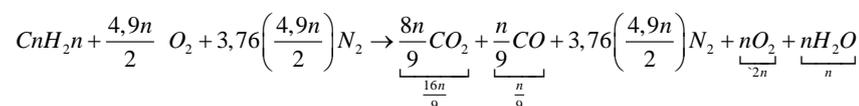
$$\frac{n_{CO_2}}{n_{CO}} = \frac{8}{1} \rightarrow n_{CO_2} = 8n_{CO}$$

$$n_{CO_2} + n_{CO} = n$$

$$8n_{CO} + n_{CO} = n$$

$$n = 9n_{CO}$$

$$\frac{n}{9} = n_{CO} \text{ e } \frac{8n}{9} = n_{CO_2}$$



$$\text{Total } \theta = \frac{16n}{9} + \frac{n}{9} + 3n = \frac{17}{9}n + 3n = \frac{17n + 27n}{9} = \frac{44n}{9} \cong 4,9n$$

Mistura seca:

$$\frac{8n}{9} + \frac{n}{9} + 9,21n + n = 11,21n$$

% $CO_2$	% $CO$	% $N_2$
11,21% ---- 100%	11,21% ---- 100%	11,21% ---- 100%
$\frac{8n}{9}$ ----- % $CO_2$	$\frac{n}{9}$ ----- % $CO$	9,21% ----- % $N_2$
% $CO_2 = \frac{800}{100,89}$	% $CO = \frac{100}{100,89}$	% $N_2 = \frac{921}{11,21}$
% $CO_2 = 7,93\%$	% $CO = 0,99\%$	% $N_2 = 82,2\%$

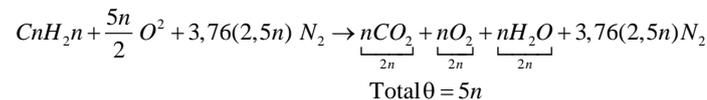
$$\% CO_2 + \% CO + \% N_2 + \% O_2(\text{excesso}) = 100$$

$$\% O_2(\text{excesso}) = 100 - (7,93 + 0,99 + 82,2\%)$$

$$\% O_2(\text{excesso}) = 100 - (91,12)$$

$$\% O_2(\text{excesso}) = 8,88\%$$

b)



$$\text{Ar} = 4,76 (2,5 n)$$

$$\text{Ar} = 11,9 n$$

Excesso de Ar

$$\text{Ar} = 4,76 (n)$$

$$\text{Ar} = 4,76 n$$

Excesso:

$$11,9n \text{ --- } 100\%$$

$$4,76n \text{ --- } \text{Excesso}$$

$$\text{Excesso} : \frac{476}{11,9}$$

$$\text{Excesso} : 40\%$$

### ▶ Questão 07

Responda às seguintes questões.

- Sabe-se que a primeira afinidade eletrônica do oxigênio é exotérmica ( $-141 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ) e a segunda é altamente endotérmica ( $+798 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ). Justifique a razão pela qual a maioria dos compostos iônicos contendo oxigênio é encontrada na forma do ânion  $\text{O}^{2-}$ .
- A primeira energia de ionização para o oxigênio ( $1313,9 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ) é menor do que a primeira energia de ionização para o nitrogênio ( $1402,3 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ), enquanto um comportamento oposto é observado para a segunda energia de ionização para oxigênio ( $3388,3 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ) e nitrogênio ( $2856 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ). Justifique esse comportamento.
- A primeira energia de ionização para o sódio ( $495,8 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ) é consideravelmente maior que a do potássio ( $418,8 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ). Um comportamento semelhante pode ser observado para o magnésio ( $737,7 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ) e para o cálcio ( $589,8 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ). No entanto, essa tendência não é observada para os elementos alumínio ( $577,5 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ) e gálio ( $578,8 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ). Justifique esses comportamentos.

#### Comentário

- Apesar da 2ª afinidade eletrônica ser desfavorável (ocorrer com absorção de energia), a formação do ânion bivalente do oxigênio será recompensada na etapa de formação do retículo iônico, pois a formação do composto ocorrerá com uma grande força de atração entre o cátion e o ânion  $\text{O}^{2-}$ ;

- ${}_8\text{O} \quad 2p^4 \quad \boxed{\uparrow\downarrow}\boxed{\uparrow}\boxed{\uparrow}$   
 ${}_7\text{N} \quad 2p^3 \quad \boxed{\uparrow}\boxed{\uparrow}\boxed{\uparrow}$  (distribuição simétrica)

Como a distribuição dos elétrons 2P no nitrogênio é mais estável, a 1ª energia de ionização do nitrogênio é superior à primeira do oxigênio, no entanto, após retirar o 1º elétron, a simetria nos orbitais se inverte, logo, a 2ª energia de ionização do oxigênio será maior que no nitrogênio.

- ${}_{31}\text{Ga} \quad 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 \overbrace{4s^2 3d^{10}}^{cv} 4p^1$

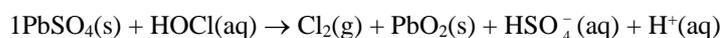
$cv = \text{camada de valência}$

↓  
orbitais internos  
com baixa  
blindagem

Devido à baixa blindagem dos orbitais “d” contra a cv do gálio, a força de atração nuclear aumenta, logo, a energia de ionização no gálio cresce consideravelmente.

### ▶ Questão 08

Considere a reação de oxirredução não balanceada de um mol de sulfato de chumbo com ácido hipocloroso, a  $25^\circ\text{C}$ .

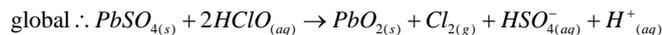
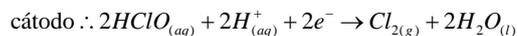
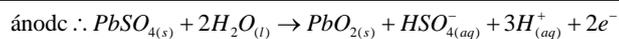


Para esta reação, a variação de entalpia padrão é  $\Delta H_r^0 = +19,9 \text{ kJ}$ . Sabe-se que o potencial de eletrodo padrão da espécie que sofre oxidação é  $+1,63 \text{ V}$  e o da espécie que sofre redução é  $+1,61 \text{ V}$ .

- Escreva as semirreações, a reação global balanceada e o potencial padrão da reação global.
- Determine a variação de energia interna da reação ( $\Delta U_r^0$ ), considerando comportamento ideal das espécies.
- Justifique termodinamicamente a diferença entre os valores de  $\Delta H_r^0$  e  $\Delta U_r^0$  para a reação acima.

#### Comentário

- As semirreações catódicas e anódicas são



Cálculo do  $\Delta E$

$$\Delta E^\circ = \underbrace{1,61}_{\text{red}} - \underbrace{1,63}_{\text{oxi}} = -0,02\text{V}$$

b) Aplicando a 1ª Lei da Termodinâmica

$$\Delta U^\circ = \Delta H^\circ - \Delta n(\text{gases}) \cdot R \cdot T$$

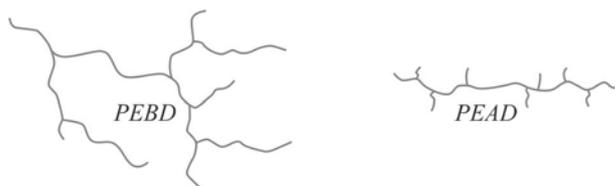
$$\Delta U^\circ = 19900 - 1 \times 8,31 \times 298 = 17423,6\text{J}$$

$$\Delta U^\circ \cong 17,42\text{Kj}$$

c) Como na reação ocorreu formação de gases, parte da energia foi consumida na forma de trabalho expansivo para realocar os gases no sistema, logo, o saldo energético final é menor que o calor potencial ( $\Delta H$ ).

### ▶ Questão 09

O polietileno é um polímero largamente utilizado devido às suas propriedades. Dependendo das condições reacionais e do sistema catalítico estrutural e às suas propriedades. Dependendo das condições reacionais e do sistema catalítico empregado na polimerização, diferentes tipos de polietileno podem ser produzidos. Dois dos principais tipos de polietileno são: polietileno de baixa densidade (PEBD) e polietileno de alta densidade (PEAD), ilustrados abaixo.



- Escreva a fórmula estrutural do monômero do polietileno e também do produto de polimerização com três unidades repetitivas do monômero. Qual é o nome dessa reação de polimerização?
- Como a linearidade da cadeia do polímero afeta sua rigidez? Pelo critério de linearidade, qual dos dois polímeros (PEBD ou PEAD) seria mais rígido?
- Como a cristalinidade de um polímero afeta sua transparência/opacidade? Pelo critério da cristalinidade, qual dos dois polímeros (PEBD ou PEAD) teria maior transparência?

### Resolução

- $$n \text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2 \rightarrow [\text{CH}_2-\text{CH}_2]_n$$

monômero                      polietileno  
(Eteno).

  - Polimerização por adição (poliadição).
  - $[\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2]_n$
- A linearidade das cadeias nos PEAD favorecem o alinhamento e empacotamento das cadeias, aumentando as interações entre cadeias, tornando-os mais cristalinos. O que irá aumentar a rigidez do polímero.
- Os PEAD, por apresentarem maior cristalinidade, são translúcidos e menos transparentes do que o PEBD, menos cristalino.

### ▶ Questão 10

Considere o composto 2,4-pentanodiona.

- Escreva, utilizando fórmulas estruturais, a equação química que representa o equilíbrio tautomérico deste composto com a sua forma enólica.
- Desenhe as estruturas de ressonância da forma enólica do item a).
- Explique por que a 2,4-pentanodiona é um composto ácido.

### Resolução



**Professores**

**Química**

Luis Cícero  
Welson Felipe

**Matemática**

Kellem Correa  
Marcello Salviano  
Mateus Bezerra

**Colaboradores**

Caíque Abraão  
Fábio Augusti

**Digitação e Diagramação**

Igor Soares  
Isabella Maciel  
Pollyanna Chagas

**Revisor**

Gleydson Vieira

**Desenhista**

Rodrigo Ramos

**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](http://www.grupoolimpo.com.br)

