

**Zadanie 1. (2 pkt)**

Roztwór kwasu mrówkowego o objętości 5 cm<sup>3</sup> rozcieńczono wodą destylowaną do objętości 500 cm<sup>3</sup>. Oblicz, o ile zmieniło się pH roztworu wiedząc, że stopień dysocjacji kwasu mrówkowego w roztworze po rozcieńczeniu wynosił 4,15%.

$K_a = 1,8 \cdot 10^{-4}$ <p>Po rozcieńczeniu: <math>\alpha = 0,0415</math></p> $K_a = C_0 \cdot \alpha^2$ $C_0 = \frac{K_a}{\alpha^2} = \frac{1,8 \cdot 10^{-4}}{0,0415^2} = 0,105 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$ $[H^+] = C_0 \cdot \alpha = 0,105 \cdot 0,0415 = 4,36 \cdot 10^{-3} \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$ $pH = -\log(4,36 \cdot 10^{-3}) = 2,36$	<p>Przed rozcieńczeniem: <math>C'_0 = 10,5 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}</math></p> $\frac{C'_0}{K_a} = 58333 \Rightarrow \alpha = \sqrt{\frac{K_a}{C'_0}} = 4,14 \cdot 10^{-3}$ $[H^+] = C'_0 \cdot \alpha = 0,105 \cdot 0,0415 = 4,36 \cdot 10^{-3}$ $= 4,35 \cdot 10^{-2} \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$ <p style="text-align: center;"><math>pH = 1,36</math></p> <p style="text-align: center;">Zatem <math>\Delta pH = 1</math></p>
---	---

<b>Za poprawną metodę rozwiązania</b>	<b>1 p</b>
<b>Za poprawne obliczenia matematyczne</b>	<b>1 p</b>

**Zadanie 2. (2 pkt)**

W pewnym zamkniętym zbiorniku o objętości 1 dm<sup>3</sup> umieszczono w stałej temperaturze jodowodór zanieczyszczony jodem (w sumie 0,8 mola), po czym zainicjowano reakcję  $2HI \rightleftharpoons H_2 + I_2$ . Po ustaleniu się równowagi stwierdzono, że w zbiorniku znajduje się 4,48 dm<sup>3</sup> wodoru (w przeliczeniu na warunki normalne), a stała równowagi reakcji wynosi 1. Oblicz, jaki procent masy wprowadzonej do naczynia mieszaniny stanowił jod.

$2HI \rightleftharpoons H_2 + I_2 \quad K_c = 1$ $n_{H_2} = \frac{4,48 \text{ dm}^3}{22,4 \frac{\text{dm}^3}{\text{mol}}} = 0,2 \text{ mol}$ <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th></th> <th>początek</th> <th>zmiana</th> <th>stan równowagi</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>HI</td> <td>x</td> <td>-0,4</td> <td>x-0,4</td> </tr> <tr> <td>H<sub>2</sub></td> <td>0</td> <td>+0,2</td> <td>0,2</td> </tr> <tr> <td>I<sub>2</sub></td> <td>y</td> <td>+0,2</td> <td>y+0,2</td> </tr> </tbody> </table>		początek	zmiana	stan równowagi	HI	x	-0,4	x-0,4	H <sub>2</sub>	0	+0,2	0,2	I <sub>2</sub>	y	+0,2	y+0,2	$K_c = \frac{[H_2] \cdot [I_2]}{[HI]^2} \Rightarrow 1 = \frac{0,2 \cdot (y + 0,2)}{(0,4 - x)^2}$ <p style="text-align: center;">Układ równań:</p> $\begin{cases} x + y = 0,8 \\ (0,4 - x)^2 = 0,2 \cdot (y + 0,2) \end{cases}$ $x = 0,14 \text{ [mol]} \Rightarrow m_{HI} = 84,48 \text{ g}$ $y = 0,66 \text{ [mol]} \Rightarrow m_{I_2} = 35,56 \text{ g}$ $\%I_2 = \frac{35,56 \text{ g}}{84,48 \text{ g} + 35,56 \text{ g}} = 29,62\%$
	początek	zmiana	stan równowagi														
HI	x	-0,4	x-0,4														
H <sub>2</sub>	0	+0,2	0,2														
I <sub>2</sub>	y	+0,2	y+0,2														

<b>Za poprawną metodę rozwiązania</b>	<b>1 p</b>
<b>Za poprawne obliczenia matematyczne</b>	<b>1 p</b>

**Zadanie 3. (2 pkt)**

Temperatura, °C	Wzór soli	Rozpuszczalność
40	$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	48,5
20	$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$	21,5

Przygotowano 500 g roztworu nasyconego węglanu sodu w temperaturze 40°C poprzez rozpuszczenie w wodzie hydratu  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ . Roztwór ten pozostawiono do ochłodzenia do temperatury 20°C, w międzyczasie obserwowano krystalizację  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ . Oblicz masę wykrystalizowanego hydratu.

$M_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = 106,0 \frac{\text{g}}{\text{mol}}; M_{\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}} = 124,0 \frac{\text{g}}{\text{mol}};$ $M_{\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}} = 286,1 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$ <p style="text-align: center;">Temp. 40°C:</p> $m_{\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}} = \frac{48,5 \text{ g}_{\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}} \cdot 148,5 \text{ g}_r}{500 \text{ g}_r} = 163,3 \text{ g}$ $m_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = \frac{106 \text{ g}_{\text{Na}_2\text{CO}_3} \cdot 163,3 \text{ g}_{\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}}}{124 \text{ g}_{\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}}} = 139,6 \text{ g}$	<p style="text-align: right;">Temp. 20°C:</p> $m_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = \frac{21,5 \text{ g}_{\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}} \cdot 106 \text{ g}_{\text{Na}_2\text{CO}_3}}{286,1 \text{ g}_{\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}}} = 8,0 \text{ g}$ $m_{\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O} \text{ kryst.}} = \frac{(139,6 \text{ g} - 8,0 \text{ g}) \cdot 286,1 \text{ g}_{\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}}}{106 \text{ g}_{\text{Na}_2\text{CO}_3}} = 355,2 \text{ g}$
---	--

<b>Za poprawną metodę rozwiązania</b>	<b>1 p</b>
<b>Za poprawne obliczenia matematyczne</b>	<b>1 p</b>

**Zadanie 4. (2 pkt)**

Przygotowano roztwór  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  o stężeniu  $0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ . Następnie wkraplano do niego roztwór  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ . Na podstawie odpowiednich obliczeń ustal wzór osadu, jaki ulegnie wytrąceniu w tych warunkach.  $pK_{\text{HCO}_3^-} = 10,33$ ;  $K_S \text{MgCO}_3 = 6,82 \cdot 10^{-6}$ ;  $K_S \text{Mg}(\text{OH})_2 = 5,61 \cdot 10^{-12}$



$\text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- + \text{OH}^-$ $K_{b \text{CO}_3^{2-}} = \frac{10^{-14}}{10^{-10,33}} = 2,14 \cdot 10^{-4}$ $\frac{C_{\text{soli}}}{K_b} \geq 400 \Rightarrow [\text{OH}^-] = \sqrt{2,14 \cdot 10^{-4} \cdot 0,1}$ $= 4,63 \cdot 10^{-3} \left[ \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} \right]$ $[\text{CO}_3^{2-}] = 0,1 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$	$K_{s \text{MgCO}_3} = 6,82 \cdot 10^{-6}$ $[\text{Mg}^{2+}] = \frac{6,82 \cdot 10^{-6}}{0,1} = 6,82 \cdot 10^{-5} \left[ \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} \right]$ $K_{s \text{Mg(OH)}_2} = 5,61 \cdot 10^{-12}$ $[\text{Mg}^{2+}] = \frac{5,61 \cdot 10^{-12}}{(4,63 \cdot 10^{-3})^2} = 6,82 \cdot 10^{-5}$ $= 2,62 \cdot 10^{-7} \left[ \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} \right]$
Pierwszy wytrąci się wodorotlenek magnezu.	

Za poprawną metodę rozwiązania	1 p
Za poprawne obliczenia matematyczne	1 p

**Zadanie 5. (2 pkt)**

Zmieszano 40 cm<sup>3</sup> roztworu NaOH o stężeniu C<sub>zas</sub> = 0,01 mol·dm<sup>-3</sup> z dodatkiem fenoloftaleiny z 160 cm<sup>3</sup> roztworu CH<sub>3</sub>COOH o stężeniu C<sub>kwasu</sub> = 0,0025 mol·dm<sup>-3</sup>. W oparciu o odpowiednie obliczenia zapisz obserwacje do tego doświadczenia. Zakres zmiany barwy fenoloftaleiny: 8,2–10. K<sub>a</sub> CH<sub>3</sub>COOH = 1,8 · 10<sup>-5</sup>.

$n_{\text{zas.}} = 0,04 \cdot 0,01 = 4 \cdot 10^{-4} [\text{mol}]$ $[\text{OH}^-] = 10^{-2} \Rightarrow \text{pH} = 12$ $n_{\text{k.w.}} = 0,16 \cdot 0,0025 = 4 \cdot 10^{-4} [\text{mol}]$ <p>Zatem otrzymujemy 4 · 10<sup>-4</sup> mola CH<sub>3</sub>COONa w 0,2 dm<sup>3</sup> roztworu ⇒ C<sub>soli</sub> = 0,002 <math>\frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}</math></p> $\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOH} + \text{OH}^-$ $K_{a \text{CH}_3\text{COOH}} = 1,8 \cdot 10^{-5}$ $K_{b \text{CH}_3\text{COO}^-} = \frac{10^{-14}}{1,8 \cdot 10^{-5}} = 5,55 \cdot 10^{-10}$	$\frac{C_{\text{soli}}}{K_b} = \frac{0,002}{5,55 \cdot 10^{-10}} \geq 400$ $K_b = \frac{[\text{OH}^-]^2}{C_{\text{soli}}}$ $[\text{OH}^-] = \sqrt{K_b \cdot C_{\text{soli}}} = \sqrt{5,55 \cdot 10^{-10} \cdot 0,002}$ $= 1,05 \cdot 10^{-6}$ $\text{pH} = 8,02$ <p>Obserwacje: Fenoloftaleina ulegnie odbarwieniu.</p>
--	---

Za poprawną metodę rozwiązania	1 p
Za poprawne obliczenia matematyczne oraz poprawny wniosek	1 p



**Zadanie 6. (3 pkt)**

Dane są następujące drobiny:  $NH_4^+$ ,  $CO_3^{2-}$ ,  $O_3$ ,  $ClO^-$ ,  $AlCl_4^-$ ,  $SOCl_2$ ,  $NH_2^-$ ,  $H_3O^+$ ,  $COCl_2$ . Zaklasyfikuj każdą z nich, wpisując jej wzór do minimum jednej z poniższych grup.

tetraedr	$NH_4^+$ , $AlCl_4^-$
piramida trygonalna	$H_3O^+$ , $SOCl_2$
płaski trójkąt	$CO_3^{2-}$ , $COCl_2$
kątowa (V-kształtna)	$O_3$ , $NH_2^-$
liniowa	$ClO^-$
moment dipolowy = 0	$O_3$
moment dipolowy $\neq 0$	$SOCl_2$ , $COCl_2$

<b>Za poprawne wypełnienie 7 wierszy tabeli</b>	<b>3 p</b>
<b>Za poprawne wypełnienie 6 wierszy tabeli</b>	<b>2 p</b>
<b>Za poprawne wypełnienie 5 wierszy tabeli</b>	<b>1 p</b>

**Zadanie 7. (2 pkt)**

Gęstość roztworu kwasu solnego w temperaturze 20°C, pod ciśnieniem 1013,25 hPa i stężeniu 36% jest równa  $1,1771 \frac{g}{cm^3}$ . Oblicz:

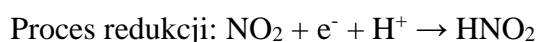
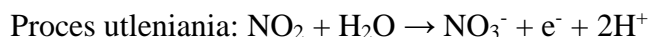
- Rozpuszczalność gazowego chlorowodoru w tych warunkach ciśnienia i temperatury w  $\frac{g}{100 g H_2O}$ .
- Objętość gazowego chlorowodoru, która rozpuszczona w tych warunkach ciśnienia i temperatury pozwoli otrzymać 2 dm<sup>3</sup> roztworu tego kwasu.

W 1 dm <sup>3</sup> roztworu mamy: $n_{HCl} = \frac{1177,1 \cdot 0,36}{36,5} = 11,6 [mol]$ ;	Masa 2 dm <sup>3</sup> roztworu to: $m_r = 2 \cdot 1177,1 = 2354,2 [g]$
$m_{HCl} = 423,7 g$	$n_{HCl} = \frac{2354,2 \cdot 0,36}{36,5} = 23,2 [mol]$
Obliczenie masy wody: $m_{H_2O} = 1177,1 \cdot 0,36 = 753,3 [g]$	$V_{HCl} = \frac{nRT}{p} = \frac{23,2 \cdot 83,1 \cdot 293}{1013,25} = 557,5 dm^3$
Zatem: $R_{HCl} = \frac{423,7 \cdot 100}{753,3} = 56,2 [\frac{g}{100g H_2O}]$	

<b>Za poprawną metodę i obliczenie rozpuszczalności</b>	<b>1 p</b>
<b>Za poprawną metodę i obliczenie objętości chlorowodoru</b>	<b>1 p</b>

**Zadanie 8. (2 pkt)**

Końcowym etapem podczas produkcji kwasu azotowego (V) jest reakcja tlenku azotu (IV) z wodą. Zapisać równania procesu utleniania i procesu redukcji w formie jonowo-elektronowej oraz sumaryczne równanie reakcji w formie jonowej przy założeniu, że powstają w niej dwa elektrolity różniące się mocą.



<b>Za poprawne napisanie obu równań półowkowych</b>	<b>1 p</b>
<b>Za poprawne napisanie sumarycznego równania reakcji w formie jonowej</b>	<b>1 p</b>

**Zadanie 9. (2 pkt)**

Obliczyć liczbę cząsteczek  $\text{D}_2\text{O}$  zawartych w  $1 \text{ dm}^3$  wody o gęstości  $1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ . Założyć, że w cząsteczkach wody występuje tylko izotop  $^{16}\text{O}$ . Do obliczeń przyjąć:

- Zawartość % izotopów wodoru:  $^1\text{H}$ : 99,985%;  $^2\text{H}$ : 0,015%.
- Wartość liczby Avogadro:  $6,02 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{mol}}$

$$\text{Zawartość \%D}_2\text{O: } \left(\frac{0,015}{100}\right)^2 = 2,25 \cdot 10^{-4}\% \text{ mas.}$$

$$\text{W } 1000 \text{ g wody mamy: } m_{\text{D}_2\text{O}} = 2,25 \cdot 10^{-4} \cdot 1000 = 2,25 \cdot 10^{-3} \text{ [g]}$$

$$M_{\text{D}_2\text{O}} = 20 \frac{\text{g}}{\text{mol}}, \text{ zatem: } N_{\text{D}_2\text{O}} = \frac{2,25 \cdot 10^{-3}}{20} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 7 \cdot 10^{19} \text{ cząsteczek}$$

<b>Za poprawną metodę rozwiązania zadania</b>	<b>1 p</b>
<b>Za poprawne obliczenia</b>	<b>1 p</b>

**Zadanie 10. (3 pkt)**

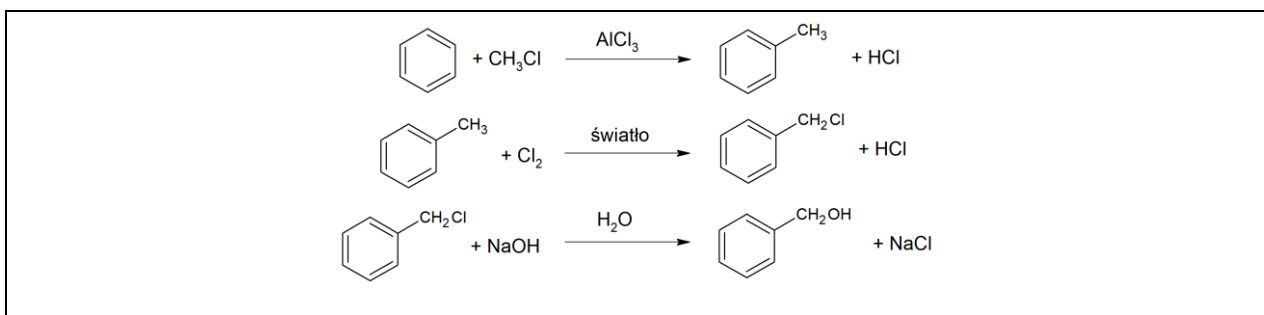
Superfosfat potrójny wytwarza się w procesie, który można opisać następującym równaniem reakcji:  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 4 \text{H}_3\text{PO}_4 + 3 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 3 \text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ . Oblicz zapotrzebowanie rudy zawierającej fosfor w ilości 35% mas. w przeliczeniu na  $\text{P}_4\text{O}_{10}$  oraz roztworu kwasu fosforowego zawierającego 56,51% mas. w przeliczeniu na  $\text{P}_2\text{O}_5$  potrzebnych do otrzymania 4 ton produktu, jeżeli wydajność procesu wynosi 95%. Obliczyć stężenie procentowe roztworu  $\text{H}_3\text{PO}_4$  użytego do procesu.

$M_{\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2} = 310,18 \frac{\text{g}}{\text{mol}}; M_{\text{H}_3\text{PO}_4} = 98,00 \frac{\text{g}}{\text{mol}};$ $M_{\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}} = 252,08 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$ $m_{\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}} = 4 \text{ t}; (W = 95\%) \Rightarrow m_{\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}}^{\text{obl}} = \frac{4 \text{ t}}{0,95} = 4,21 \text{ t}$ $\begin{array}{r} 310,18 \text{ g}_{\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2} - 756,24 \text{ g}_{\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2} \\ x \quad \quad \quad - \quad \quad \quad 4,21 \text{ t} \\ \hline x = 1,73 \text{ t} \end{array}$ $\begin{array}{r} 2 \cdot 310,18 \text{ g}_{\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2} - 283,89 \text{ g}_{\text{P}_4\text{O}_{10}} \\ 1,73 \text{ t}_{\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2} - y \\ \hline y = 0,79 \text{ t} \end{array}$	<p>Uwzględniając 35% zawartości <math>\text{P}_4\text{O}_{10}</math>: <math>m = \frac{0,79 \text{ t}}{0,35} = 2,26 \text{ t}</math></p> $\begin{array}{r} 392,00 \text{ g}_{\text{H}_3\text{PO}_4} - 756,24 \text{ g}_{\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2} \\ z \quad \quad \quad - \quad \quad \quad 4,21 \text{ t} \\ \hline z = \frac{392,00 \text{ g}_{\text{H}_3\text{PO}_4} \cdot 4,21 \text{ t}_{\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}}}{756,24 \text{ g}_{\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}}} = 2,18 \text{ t} \end{array}$ <p>Przeliczając na 100 g roztworu:</p> $\begin{array}{r} 196 \text{ g}_{\text{H}_3\text{PO}_4} - 141,94 \text{ g}_{\text{P}_2\text{O}_5} \\ w \quad \quad \quad - \quad \quad \quad 56,51 \text{ g}_{\text{P}_2\text{O}_5} \\ \hline w = 78,03 \text{ g} \Rightarrow C_p = 78,03\% \end{array}$ $m_{\text{roztworu}} = \frac{2,18 \text{ t}}{0,7808} = 2,79 \text{ t}$
---	--

Za poprawną metodę i obliczenie zapotrzebowania rudy	1 p
Za poprawną metodę i obliczenie zapotrzebowania kwasu fosforowego (V)	1 p
Za poprawną metodę i obliczenie stężenia procentowego kwasu fosforowego (V)	1 p

**Zadanie 11. (2 pkt)**

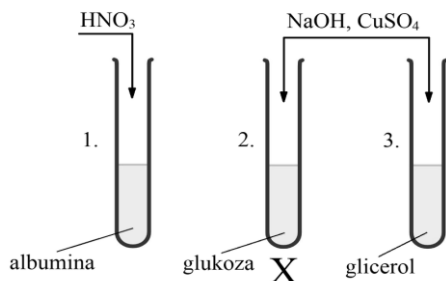
Wykorzystując reakcje substytucji wolnorodnikowej, nukleofilowej i elektrofilowej zapisz równania reakcji otrzymywania fenylometanolu z benzenu uwzględniając warunki prowadzenia reakcji.



Za poprawne zapisanie 3 równań reakcji	2 p
Za poprawne zapisanie 2 równań reakcji	1 p

**Zadanie 12. (1 pkt)**

Przeprowadzono doświadczenie zilustrowane poniższym schematem.



Określ barwę i postać (osad, roztwór) zawartości każdej probówki po doświadczeniu.

1.	żółty osad
2.	ceglastoczerwony osad
3.	szafirowy roztwór

**Za poprawne zapisanie obserwacji do wszystkich probówek**

**1 p**