



XLI Konkurs Chemiczny – I etap



Warszawa, listopad 2025

Zadanie 1 (15 punktów)

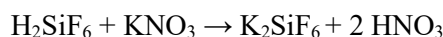
- (a) Oblicz jakie objętości wody ($d = 1,000 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$) i 8,00 M roztworu NaOH ($d = 1,231 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$) należy zmieszać ze sobą aby otrzymać 250,0 cm³ roztworu NaOH o stężeniu 1,50 M ($d = 1,078 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$). $M_{\text{NaOH}} = 40,00 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$
- (b) Oblicz pH wodnego roztworu soli NaH₂PO₄ o stężeniach: a) 0,2200; b) 0,0080; c) 0,0002 mol·dm⁻³. Zaniedbaj autodysocjację wody. $\text{p}K_{\text{a}1}=2,15$, $\text{p}K_{\text{a}2}=7,20$, $\text{p}K_{\text{a}3}=12,34$
- (c) W temperaturze 23,4°C zmierzono wartości konduktancji czujnika konduktometrycznego zanurzonego w 0,010 M wzorcowym roztworze KCl i roztworze całkowicie zdysocjowanej, nieznannej substancji, o stężeniu 0,0145 M, które wyniosły odpowiednio 2,570 mS i 8,574 μS. Oblicz przewodność właściwą [mS/cm] i molową [$\text{S}\cdot\text{cm}^2\cdot\text{mol}^{-1}$] nieznanego roztworu wiedząc, że zależność przewodności właściwej [$\kappa/\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$] 0,010 M roztworu KCl od temperatury [$t/^{\circ}\text{C}$] opisuje równanie: $\kappa = (26,535 \cdot t + 752,23) \cdot 10^{-6}$.

Zadanie 2. (15 punktów)

Techniczny kwas fluorowodorowy zawiera około 50% HF oraz zanieczyszczenia w postaci H₂SiF₆, H₂SO₄ i SO₂.

Oblicz zawartość HF oraz zanieczyszczeń wyrażone w %_{mas} na podstawie przeprowadzonej procedury analitycznej:

- (i) Próbkę kwasu o masie 4,013 g wleto do zimnego stężonego roztworu KNO₃ zawierającego 120,0 cm³ mianowanego roztworu NaOH o stężeniu 0,5926 mol·dm⁻³. Wodorotlenku tego użyto także we wszystkich kolejnych oznaczeniach alkalimetrycznych. Kwas heksafluorokrzemowy reaguje zgodnie z równaniem:



Do całkowitego zobojętnienia powstałej mieszaniny wobec fenoloftaleiny zużyto dodatkowo 40,7 cm³ mianowanego roztworu NaOH. Następnie roztwór ogrzano, a do jego ponownego całkowitego zobojętnienia należało wkropić dodatkowe 5,7 cm³ roztworu NaOH:



- (ii) Drugą próbkę technicznego HF o masie 16,47 g zatężono na gorąco usuwając cały fluorowodor oraz pozostałe lotne związki - w tych warunkach kwas H₂SiF₆ ulega całkowitemu rozkładowi do SiF₄ i HF. Na zmiareczkowanie stężonej pozostałości zużyto 19,5 cm³ mianowanego wodorotlenku sodu.
- (iii) Trzecią próbkę o masie 19,30 g zmiareczkowano za pomocą roztworu I₂ o stężeniu 0,0644 mol·dm⁻³ zużywając 13,1 cm³ do uzyskania niebieskiego zabarwienia ze skrobią jako wskaźnikiem.

$M/\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ F – 19,00; Si – 28,09; H – 1,01, O – 16,00; S – 32,06;

Zadanie 3 (15 punktów)

Wodorotlenek baru można otrzymać poprzez rozpuszczenie tlenku baru w wodzie lub wydzielając go w reakcji chlorku baru ze stechiometryczną ilością NaOH. Po ochłodzeniu mieszaniny reakcyjnej Ba(OH)₂ krystalizuje wówczas jako ośmiowodny hydrat (Ba(OH)₂·8H₂O), który może zostać odwodniony do związku jednowodnego (monohydratu) poprzez ogrzewanie w temperaturze 100°C na powietrzu. Monohydrat ogrzewany dalej powyżej 800°C rozkłada się do tlenku baru.

150,00 g dwuwodnego chlorku baru (BaCl₂·2H₂O) rozpuszczono w 100,00 g wody, a następnie na gorąco dodano stechiometryczną ilość wodorotlenku sodu rozpuszczonego w 200,00 g wody. Po ochłodzeniu roztworu do 10°C wydzielono krystaliczny osad, który następnie wysuszono na powietrzu w temperaturze 100°C do stałej masy. Otrzymany w ten sposób związek ponownie rozpuszczono w 120,00 g wody. Po odparowaniu 30,00 g wody i schłodzeniu roztworu do temperatury 10°C wydzielony podczas drugiej krystalizacji związek wyprażono w temperaturze 900°C otrzymując tlenek baru, którego masa była mniejsza o 21,270 g od masy hydratu użytego do drugiej krystalizacji. Oblicz:

- (a) masę NaOH potrzebną do przeprowadzenia reakcji
- (b) masę Ba(OH)₂·H₂O otrzymanego po odwodnieniu hydratu otrzymanego w pierwszej krystalizacji
- (c) masę BaO otrzymanego po wyprażeniu osadu otrzymanego w drugiej krystalizacji

(d) rozpuszczalność wodorotlenku baru w temperaturze 10°C wyrażoną w g/100g H₂O

(e) maksymalną masę wody, którą można byłoby odparować w trakcie pierwszej krystalizacji tak, aby po schłodzeniu do 10°C nie zaczął krystalizować chlorek sodu, zakładając, że jego rozpuszczalność w tych warunkach i temperaturze wynosi 35,7 g/100g H₂O.

$M(\text{g}\cdot\text{mol}^{-1})$: Na – 22,99, H – 1,01, O – 16,00, Ba – 137,33, Cl – 35,45

Informacja do zadań 4 i 5.

Różnice w stałych szybkości reakcji enancjomerów lub mieszaniny związków chemicznych wykorzystuje się w metodach rozdziału kinetycznego. Bardzo często użycie odpowiednio dobranego katalizatora lub użytej w nadmiarze substancji reagującej z oboma składnikami mieszaniny prowadzi do warunków, w których reakcja jest reakcją pierwszego, albo pozornie pierwszego rzędu, a początkowa szybkość reakcji jest wówczas wprost proporcjonalna do stężenia danego składnika. Dla takich reakcji równanie kinetyczne przyjmuje wtedy postać:

$$c = c_0 \cdot e^{-k \cdot t}$$

gdzie: c_0 - początkowe stężenie molowe substratu [$\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$]; c - stężenie molowe substratu pozostałe po czasie t [$\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$]; t - czas przebiegu reakcji; k - stała szybkości reakcji [czas^{-1}].

Zadanie 4 (15 punktów)

Przeprowadzono enzymatyczną hydrolizę racemicznego związku E($\pm$) o stężeniu $1,200 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ zgodnie z równaniami:



Reakcje te są stereospecyficzne, a stałe szybkości reakcji każdego z enancjomerów wynoszą odpowiednio:

$$k_{\text{E}(+)} = 0,0862 \text{ min}^{-1} \text{ i } k_{\text{E}(-)} = 2,580 \text{ min}^{-1}.$$

(a) uzupełnij tabelę i na jej podstawie na papierze milimetrowym sporządź wspólny wykres zależności:

$\ln(c_0 \text{ E}(\pm) - c_{\text{P}(+)})$ i $\ln(c_0 \text{ E}(\pm) - c_{\text{P}(+)} - c_{\text{P}(-)})$ od czasu t/min .

t/min	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
$c_{\text{E}(+)}/\text{mol}\cdot\text{dm}^{-1}$	0,6000								
$\ln(c_0 \text{ E}(+) - c_{\text{P}(+)})$	-0,51083								
$\ln(c_0 \text{ E}(\pm) - c_{\text{P}(+)} - c_{\text{P}(-)})$	0,18232								

- (b) oszacuj czas reakcji od którego zależność $\ln(c_0 \text{ E}(\pm) - c_{\text{P}(+)} - c_{\text{P}(-)})$ w funkcji czasu ma charakter liniowy (tj. zależy jedynie od zmiany stężenia enancjomeru wolniej reagującego)
- (c) oblicz czas $t[\text{s}]$, do momentu którego przereaguje (a) 99,50% enancjomeru E(-), (b) 80,50% enancjomeru E(+) oraz (c) powstanie mieszanina produktów P(+) i P(-) o sumarycznym stężeniu $0,900 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-1}$; podaj *ee* powstałych mieszanin produktów w podpunktach
- (d) oblicz, ile teoretycznie powinien wynosić stosunek dwóch stałych szybkości reakcji, przy którym w czasie kiedy przereaguje 99,0% szybciej reagującego związku reakcji ulegnie tylko 1,0% wolniej reagującego związku.

Zadanie 5. (15 punktów)

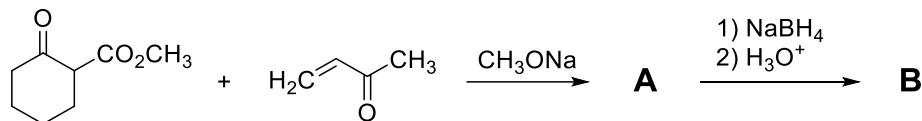
W celu oznaczenia składu próbki przeprowadzono reakcję acylowania pewnej mieszaniny izomerów A i B o sumarycznym stężeniu $0,600 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$. W tych warunkach każdy z izomerów reaguje tworząc tylko jedną monopodstawioną pochodną P_A oraz P_B, a obie reakcje są reakcjami pierwszego rzędu, przy czym izomer B ulega reakcji z mniejszą szybkością. Postęp reakcji w czasie mierzono określając w układzie sumaryczne stężenie powstającego chlorowodoru:

t/s	0	20	50	100	150	200	250	300	360
$c_{\text{HCl}}/\text{mol}\cdot\text{dm}^{-1}$	0,000	0,206	0,333	0,398	0,422	0,439	0,456	0,470	0,485

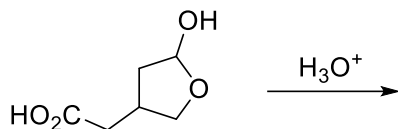
- (a) na podstawie wykresu sporządzonego na papierze milimetrowym oraz odpowiednich obliczeń wyznacz stałą szybkości reakcji k_B/min^{-1} ;
- (b) oblicz stężenia/ $\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ izomerów A i B w próbce;
- (c) oblicz czas/s po upływie którego przereaguje 90,0% izomeru B
- (d) oszacuj stałą szybkości reakcji k_A/min^{-1} .

Zadanie 6. (10 punktów)

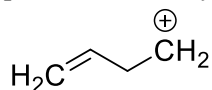
Podaj wzory związków A i B, wiedząc, że wzór sumaryczny produktu B to $C_{12}H_{18}O_3$.

**Zadanie 7. (15 punktów)**

Podaj wzór produktu poniższej reakcji, wiedząc, że jego wzór sumaryczny to $C_6H_8O_3$.

**Zadanie 8. (20 punktów)**

Pokazany niżej karbokation, generowany w kwaśnym środowisku wodnym, ulega przemianom z utworzeniem pięciu produktów, każdy o wzorze sumarycznym C_4H_8O . Podaj wzory tych produktów oraz narysuj przebieg każdej reakcji.

**Zadanie 9. (15 punktów)**

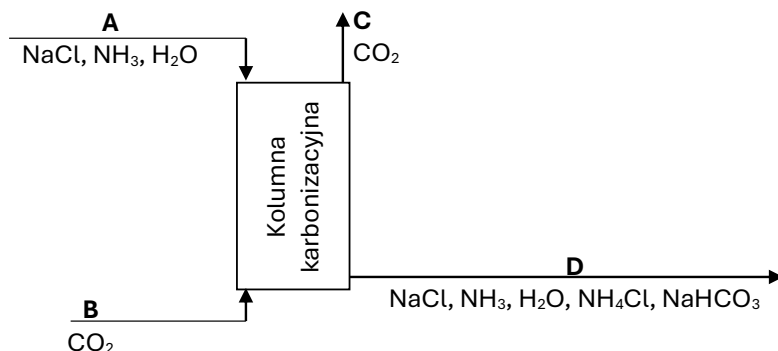
Jak z benzenu oraz innych dowolnych odczynników organicznych i nieorganicznych otrzymać 4-izopropylobenzylaminę?

Zadanie 10. (15 punktów)

Stosując aceton jako jedyny substrat organiczny zaproponuj syntezę kwasów: (a) 3-metylobut-2-enowego, (b) butanowego i (c) 2-metylopropanowego.

Zadanie 11. (8 punktów)

W kolumnie karbonizacyjnej zachodzi reakcja: $\text{NaCl} + \text{NH}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4\text{Cl} + \text{NaHCO}_3$



Kolumna zasilana jest roztworem wodnym solanki amoniakalnej (strumień A) i tlenkiem węgla(IV) (strumień B). Stężenie chlorku sodu w solance wynosi 29,2 % (% masowe). Stosunek molowy amoniaku do chlorku sodu w solance wynosi 1,2; $\frac{W_A[\text{NH}_3]}{W_A[\text{NaCl}]} = 1,2$. Strumień B wprowadzany od dołu zawiera wyłącznie tlenek węgla(IV). Stosunek molowy wprowadzanego tlenku węgla(IV) do chlorku sodu wynosi 2; $\frac{W_B[\text{CO}_2]}{W_A[\text{NaCl}]} = 2$. Nieprzereagowany tlenek węgla(IV) odprowadzany jest z kolumny w strumieniu C, a ciepla mieszanina poreakcyjna odprowadzana jest w strumieniu D.

Należy wyznaczyć zależność ułamka molowego chlorku sodu w strumieniu D w zależności od stopnia przemiany chlorku sodu, $a_D\text{NaCl} = f(x)$.

$$a_D\text{NaCl} = \frac{W_D[\text{NaCl}]}{W_D}$$

$$x = \frac{W_A[\text{NaCl}] - W_D[\text{NaCl}]}{W_A[\text{NaCl}]}$$

$M_{\text{NaCl}}=58,4 \text{ g/mol}$; $M_{\text{NH}_3}=17 \text{ g/mol}$; $M_{\text{H}_2\text{O}}=18 \text{ g/mol}$

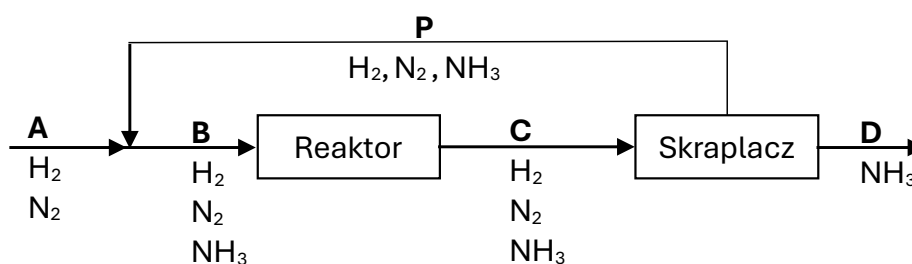
Zadanie 12. (12 punktów)

W procesie syntezy amoniaku, w reaktorze katalitycznym uzyskuje się stopień przemiany wodoru do 0,25. W celu zwiększenia wydajności produkcji amoniaku stosuje się obieg powrotny nieprzereagowanych substratów, po wydzieleniu produktu. Zwykle nie udaje się całkowicie wydzielić produktu i część amoniaku znajduje się w strumieniu zwracanym do reaktora.

Na rysunku przedstawiono schemat instalacji, w której prowadzi się syntezę amoniaku ze stechiometrycznej mieszaniny wodoru i azotu, $\frac{W_A[\text{H}_2]}{W_A[\text{N}_2]} = 3$. Należy wyznaczyć i przedstawić na wykresie zależność między stosunkiem strumienia powrotnego do świeżo doprowadzanego do instalacji i stopniem przemiany wodoru w reaktorze, $n=f(x)$, gdy w skraplaczu usuwa się z gazów poreakcyjnych 80% zawartego w nich amoniaku.

$$n = \frac{W_P}{W_A}$$

$$x = \frac{W_B[\text{H}_2] - W_C[\text{H}_2]}{W_B[\text{H}_2]}$$



Prace konkursowe prosimy nadsyłać do 9 lutego 2026 r. na adres:

Dziekanat Wydziału Chemicznego Politechniki Warszawskiej

ul. Noakowskiego 3

00-664 Warszawa

tel. 022 629 5714, 022 234 7372

z dopiskiem „**Konkurs chemiczny**” na kopercie.

Prace powinny zawierać na pierwszej stronie napisane **czytelnie drukowanymi literami**:

Imię i nazwisko oraz rok nauki uczestnika

Imię i nazwisko nauczyciela oraz nazwę i adres szkoły oraz **wyraźnie** przyłożoną pieczęć szkoły

Prosimy także o umieszczenie rozwiązań każdego zadania na osobnej, podpisanej imieniem i nazwiskiem kartce, co ułatwi i przyspieszy sprawdzanie prac.

Materiały przygotowawcze, zadania konkursowe i dodatkowe informacje znajdują się na stronie [www](http://konkurschemiczny.ch.pw.edu.pl):

<http://konkurschemiczny.ch.pw.edu.pl>

W tym miejscu będą także umieszczane wyniki kolejnych etapów Konkursu i inne informacje.

