



VŠCHT PRAHA

Ústřední komise
Chemické olympiády



62. ROČNÍK

2025/2026

ŠKOLNÍ KOLO

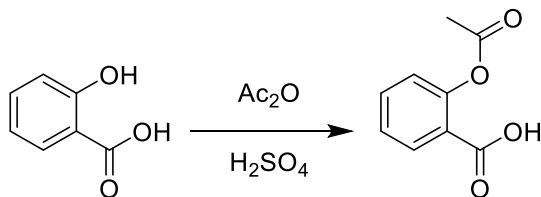
KATEGORIE A

PRAKTICKÁ ČÁST

ŘEŠENÍ

Úloha 1 Syntéza kyseliny acetylsalicylové (Aspirinu)**4 body**

1)



Reaguje hydroxylová/fenolová funkční skupina.

za správné uvedení výchozí látky a produktu (dílčí body se neudělují) 0,30 bodu

za uvedení reakčních podmínek do schématu 0,10 bodu

za správné označení reaktivní funkční skupiny: 0,10 bodu

celkem: 0,50 bodu

2) Výpočet teoretického výtěžku:

$$m_{\text{teor}} = n_{\text{teor}} \cdot M_{\text{kys.acetylsalicylová}} = n_{\text{kys.salicylová}} \cdot M_{\text{kys.acetylsalicylová}} = m_{\text{kys.salicylová}} \cdot \frac{M_{\text{kys.acetylsalicylová}}}{M_{\text{kys.salicylová}}}$$

$$m_{\text{teor}} = 2,00 \cdot \frac{180,16}{138,12} = 2,61 \text{ g}$$

Body za syntézu budou uděleny, pokud při TLC analýze (viz Úloha 2) bude viditelná skvrna kyseliny acetylsalicylové odpovídající standardu (tabletě Aspirinu).

Pravděpodobnou nečistotou, např. při nedostatečném promytí produktu, je například **kyselina octová**.

za správný výpočet teoretického výtěžku včetně numericky správného výsledku (dílčí body se neudělují): 0,50 bodu

za úspěšnou syntézu (na TLC surového produktu je skvrna odpovídající standardu produktu): 2,00 bodu

za správnou identifikaci nečistoty: 0,50 bodu

celkem: 3,00 bodu

3) Místo acetanhydridu je možné použít acetylchlorid/chlorid kyseliny octové nebo přímo kyselinu octovou za katalýzy silnou kyselinou.

za správné uvedení alespoň jednoho činidla: 0,25 bodu

celkem: 0,25 bodu

4) Kyselina salicylová se průmyslově připravuje reakcí fenolátu sodného s oxidem uhličitým za vysoké teploty a tlaku.

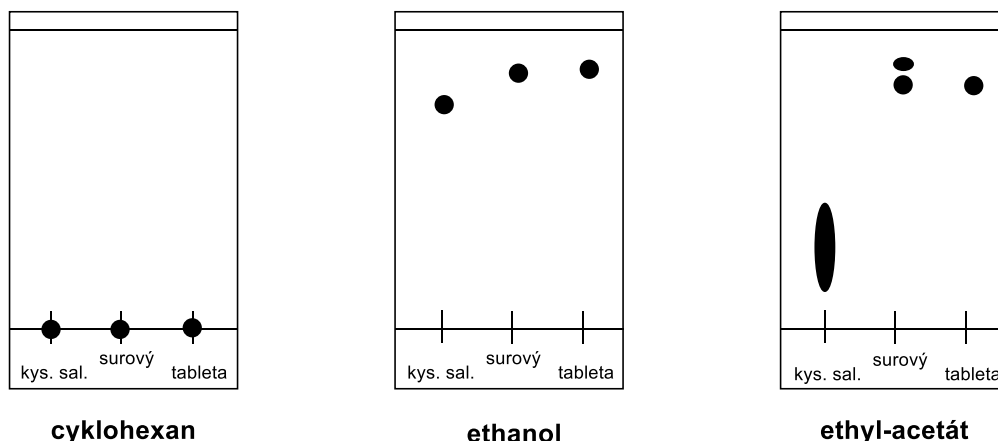
za uvedení fenolátu (i fenolu) a oxidu uhličitého jako reagentů (dílčí body se neudělují): 0,25 bodu

celkem: 0,25 bodu

Úloha 2 Chromatografie na tenké vrstvě (TLC)

6 bodů

1) TLC destičky:



U surového produktu mohou být patrné dvě skvrny (dle autorského experimentu). V ethanolu vlivem vysokého R_f je možná špatná rozlišitelnost jednotlivých skvrn. Jakékoliv TLC, které odpovídá reálnému pozorování studenta by mělo být ohodnoceno plným počtem bodů.

za každou TLC destičku, kde zakreslení skvrn přibližně odpovídá řešení nebo reálnému TLC studenta: 0,75 bodu

celkem: 2,25 bodu

2) Seřazení mobilních fází dle polarity:

cyklohexan < ethyl-acetát < ethanol

Popis chování analytů v jednotlivých mobilních fázích:

- **cyklohexan:** Cyklohexan je nepolární rozpouštědlo. Polární organické látky jako karboxylové kyseliny mají při jeho použití vysokou afinitu ke stacionární fázi a vůbec nedochází k jejich pohybu a rozdělení. Cyklohexan je tak zcela nevhodná mobilní fáze.
- **ethanol:** Ethanol je relativně dost polární rozpouštědlo, dochází tak k posunu všech látek až téměř k čelu. Pozorujeme pouze mírné rozdělení kyseliny salicylové od acetylsalicylové. Navíc studovaná látka by se ideálně měla nacházet přibližně v polovině destičky. Ethanol je tedy také nevhodná mobilní fáze.
- **ethyl-acetát:** V ethyl-acetátu můžeme pozorovat jednoznačné rozdělení kyseliny salicylové od acetylsalicylové. Kyselina salicylová má volnou polární OH skupinu, která je u kyseliny acetylsalicylové „skryta“ acetylací. Kyselina acetylsalicylová je proto více nepolární a je více unášena mobilní fází. V ethyl-acetátu dochází ke značnému „tailingu“ (táhnutí se) kyseliny salicylové, a navíc skvrny kyseliny acetylsalicylové mají poměrně vysoký retenční faktor, proto ani ethyl-acetát není nejvhodnější mobilní fáze. Nicméně je nejlepší z nabízených mobilních fází.

za správné seřazení rozpouštědel dle polarity: 0,50 bodu

za popis/vysvětlení chování analytů v každé mobilní fázi s využitím polarity rozpouštědel: 0,30 bodu (za každou fázi)

za vysvětlení relativní polohy skvrn kyseliny salicylové a acetylsalicylové: 0,60 bodu

celkem: 2,00 bodu

3) Nejvhodnější mobilní fází je **ethyl-acetát**:

$$R_{f,\text{kyselina salicylová}} = \frac{d_{\text{kyselina salicylová}}}{d_{\text{čelo}}} = 0,40 \pm 0,03$$

$$R_{f,\text{kyselina acetylsalicylová}} = \frac{d_{\text{kyselina acetylsalicylová}}}{d_{\text{čelo}}} = 0,80 \pm 0,03$$

za nejvhodnější mobilní fázi: 0,70 bodu

za správný výpočet R_f včetně správných hodnot na základě provedeného TLC: 0,50 bodu

celkem: 1,20 bodu

- 4) Další činidla, která je možné použít k vizualizaci skvrn při TLC analýze, jsou například: **vanilin, manganistan draselný, kyselina fosfomolybdenová, molybdenan ceričito-amonný**. Dále lze využít více specifických činidel: **ninhydrin, chlorid železitý**, a pod.

za každé správně uvedené činidlo (může být i takové, co zde není uvedené, pokud se používá): 0,15 bodu

celkem: 0,30 bodu

- 5) Pro lepší výsledek TLC analýzy by bylo možné použít směs ethyl-acetátu s jiným rozpouštědlem, například cyklohexanem. Dále by bylo možné uvažovat o přidání malého množství kyseliny k zajištění plné protonace analytů. Také by bylo možné vyzkoušet i jiná rozpouštědla.

za správné uvedení jakékoliv správné možnosti: 0,25 bodu

celkem: 0,25 bodu

Úloha 3 Analýza bílkoviny v proteinovém prášku

10 bodů

- 1) Pozorování: Po přidavku CuSO_4 došlo k **modro-fialovému** zbarvení.

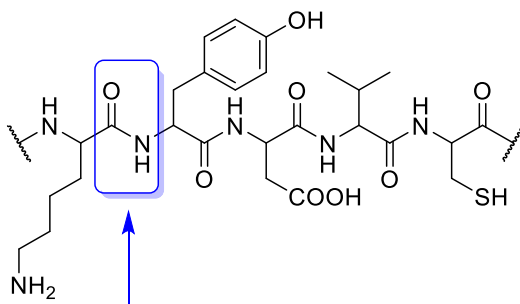
Reakce **je** pozitivní

za správný popis barevné změny důkazové reakce: 0,75 bodu

za správné určení pozitivitu reakce: 0,25 bodu

celkem: 1,00 bodu

2)



Cu^{2+} / biuretová reakce

jakékoliv označení (libovolné) peptidové vazby pro biuretovou reakci: 1,00 bodu

celkem: 1,00 bodu

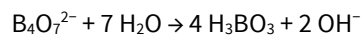
- 3) Hodnocení spotřeby, vychází se ze spotřeby určené organizátorem vycházející ze stejného roztoku, který je rozdělen soutěžícím:

odchylka	počet bodů
0,00–0,20 ml	5,00
0,20–1,00 ml	$5,00 \cdot (1,10 - \text{odchylka})$
$\geq 1,00$ ml	0

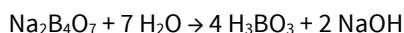
body se uvádějí se zaokrouhlením na 0,25 bodu

celkem: 5,00 bodu

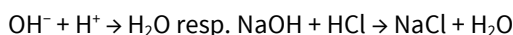
- 4) Rovnice hydrolýzy tetraboritanového aniontu:



Lze uznat i zápis:



Rovnice acidobazické reakce probíhající během titrace:



za správně sestavenou a vyčíslenou rovnici hydrolýzy boraxu (dílčí body se neudělují): 0,75 bodu

za správně sestavenou a vyčíslenou rovnici acidobazické reakce (dílčí body se neudělují): 0,25 bodu

celkem: 1,00 bodu

- 5) Nejprve vyjádříme koncentraci původního roztoku HCl:

$$c_{\text{HCl}} = c_{\text{HCl, zředěná}} \cdot \frac{V_{\text{odměrná baňka}}}{V_{\text{HCl, koncentrovaná}}} = \frac{n_{\text{HCl, titrace}} \cdot V_{\text{odměrná baňka}}}{V_{\text{HCl, titrace}} \cdot V_{\text{HCl, koncentrovaná}}}$$

Poté dosadíme ze stechiometrie rovnice titrace:

$$c_{\text{HCl}} = \frac{2 \cdot n_{\text{borax}} \cdot V_{\text{odměrná baňka}}}{V_{\text{HCl,titrace}} \cdot V_{\text{HCl,koncentrovaná}}} = \frac{2 \cdot c_{\text{borax}} \cdot V_{\text{borax}} \cdot V_{\text{odměrná baňka}}}{V_{\text{HCl,titrace}} \cdot V_{\text{HCl,koncentrovaná}}}$$

za správný postup výpočtu koncentrace kyseliny chlorovodíkové: 1,00 bodu

za správný numerický výsledek: 0,50 bodu

celkem: 1,50 bodu

- 6) Další možné metody hydrolýzy bílkovin jsou **bazická hydrolýza** (například vodným hydroxidem) nebo **enzymatická hydrolýza** (například trypsinem).

Nejšetnější metoda je **enzymatická hydrolýza**. Při kyselé i bazické hydrolýze může dojít k rozkladu některých aminokyselin.

za každou správně uvedenou metodu hydrolýzy bílkovin: 0,20 bodu

za správný výběr nejšetnější metody: 0,10 bodu

celkem: 0,50 bodu