



VŠCHT PRAHA

Ústřední komise
Chemické olympiády



62. ROČNÍK

2025/2026

NÁRODNÍ KOLO

KATEGORIE A

PRAKTICKÁ ČÁST

ZADÁNÍ

Časová náročnost: 240 minut

STANDARDNÍ VĚTY O NEBEZPEČNOSTI

H225 – vysoce hořlavá kapalina a páry

H226 – hořlavá kapalina a páry

H290 – může být korozivní pro kovy

H301+H311+H331 – toxický při požití, při styku s kůží nebo při vdechování

H304 – při požití a vniknutí do dýchacích cest může způsobit smrt

H314 – způsobuje těžké poleptání kůže a poškození očí

H315 – dráždí kůži

H318 – způsobuje vážné poškození očí

H319 – způsobuje vážné podráždění očí

H332 – zdravý škodlivý při vdechování

H335 – může způsobit podráždění dýchacích cest

H336 – může způsobit ospalost nebo závratě

H361d – podezření na poškození plodu v těle matky

H370 – způsobuje poškození orgánů (oči, CNS)

H372 – při prodloužené nebo opakované expozici požitím způsobuje poškození orgánů (štítná žláza)

H373 – může způsobit poškození orgánů při prodloužené nebo opakované expozici vdechováním

H410 – vysoce toxický pro vodní organismy, s dlouhodobými účinky

H412 – škodlivý pro vodní organismy, s dlouhodobými účinky

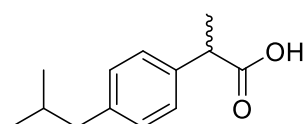
ZADÁNÍ

40 bodů

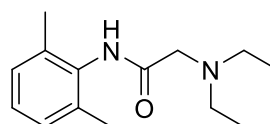
Úloha 1 Lidokain

20 bodů

Evženii stále bolí zub a paracetamol už jí přestal účinkovat. Rozhodla se tedy navštívit zubaře, který jí našel zubní kaz. Aby ho mohl spravit, potřeboval by Evženie aplikovat lokální anestetikum, jenomže to, které zubaři běžně používají, mělo zrovna výpadek. Evženii zubař našel v šuplíku dvě neoznačené lahvičky s léky, v jedné z nich je určité anestetikum. Jenomže ve které? Evženie se rozhodla zubaři pomoci. Připraví v laboratoři standard anestetika – lidokainu – a pomocí TLC analýzy zjistí, ve kterém z injekčních roztoků se nachází anestetikum. Zubař si je jistý, že ve druhé lahvičce se nachází analgetikum ibuprofen (Ibalgin).

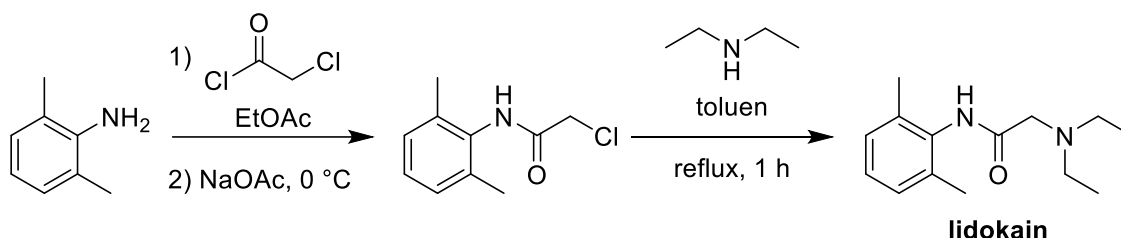


ibuprofen



lidokain

Lidokain se dá laboratorně připravit ve dvou krocích z komerčně dostupných chemických látek:



Vášim prvním úkolem bude provést závěr syntézy lidokainu – izolaci produktu z reakční směsi. Z časoprostorových a bezpečnostních důvodů nebudete provádět vlastní syntézu, ale dostanete surovou reakční směs, která vznikla zahříváním pod refluxem 1,20 g *N*-(2,6-dimethylfenyl)chloracetamidu a 2,0 ml diethylaminu v 7,0 ml toluenu po dobu 1 h. Připravený lidokain pak poslouží jako standard pro identifikaci vzorku obsahujícího toto lokální anestetikum. Vaším druhým úkolem pak bude najít vhodnou dvousložkovou mobilní fázi z nabízených rozpouštědel pro TLC analýzu jednotlivých vzorků léčiv a identifikaci toho, který obsahuje lidokain.

POMŮCKY

- Laboratorní stojan (1×)
- Křížová svorka s klemou (2×)
- Petriho miska
- Aparatura na vakuovou filtraci: Büchnerova nálevka, gumové těsnění, odsávací baňka, zdroj vakua
- Ledová lázeň – skleněná nebo plastová miska s ledem
- Odměrný válec 5 ml nebo 10 ml
- Stříčka s destilovanou vodou
- Dělicí nálevka 50 ml
- Malá nálevka
- Obyčejná tužka a pravítko
- Erlenmeyerova baňka 50 ml (3×)
- Lihový fix
- Kádinka 50 ml
- UV lampa 254 nm pro vyhodnocení TLC

- Mikrozkuřavka nebo malá vialka (3×)
- Skleněná vialka (2×)
- Kovová špachtle (2×)
- TLC komůrka s víčkem
- Odměrný válec 10 ml (3×)
- Pinzeta
- Pasteurova pipeta se savičkou nebo plastové kapátko (5×)
- Horkovzdušná pistole nebo fén
- TLC destička (8×)
- Filtrační papír
- Nůžky
- Skleněná kapilára (2×)
- Ochranné brýle a latexové/nitrilové rukavice

CHEMIKÁLIE

- Surová reakční směs nasazená z 1,20 g *N*-(2,6-dimethylfenyl)chloracetamidu (**H315, H319, H335**) a 2,0 ml diethylaminu (**H225, H301+H311, H314, H332, H335**), rozpuštěná v 7,0 ml toluenu (**H225, H304, H315, H336, H361d, H373, H412**)
- Kyselina chlorovodíková, HCl, 3M roztok – **H290, H314, H335**
- Hydroxid sodný, NaOH, 3M roztok – **H290, H314, H318**
- Destilovaná voda
- Rozpouštědla pro přípravu mobilní fáze – cyklohexan (**H225, H304, H315, H336, H410**), ethyl-acetát (**H225, H319, H336**), methanol (**H225, H301+H311+H331, H370**)
- Vzorky lidokainu a ibuprofenu, v mikrozkuřavkách označených **A** a **B**

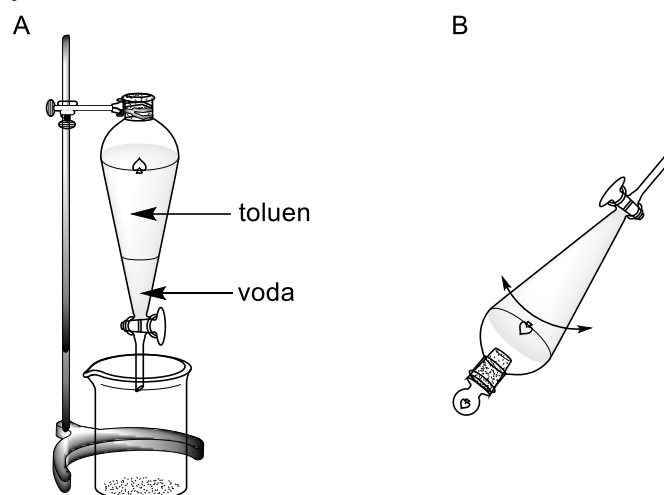
PRACOVNÍ POSTUP

Syntéza lidokainu

- Reakční směs nalijte do dělicí nálevky (viz Obr. 1A) a přilijte 8 ml destilované vody. Baňku zavřete teflonovou zátkou a několikrát protřepte (viz Obr. 1B). Během protřepávání pravidelně opatrně povolte kohout, abyste uvolnili přetlak. Ústí směřujte tak, abyste neohrozili ani sebe, ani nikoho v okolí. Baňku odzátkujte a nechte oddělit organickou (horní) a vodnou (spodní) fázi. Vodnou fázi vypustěte.
- Nyní do dělicí nálevky k organické fázi přilijte 6 ml 3M kyseliny chlorovodíkové a extrahujte způsobem uvedeným výše. Vodnou fázi obsahující produkt oddělte do Erlenmeyerovy baňky.
- Vodnou fázi neutralizujte postupným přidáváním 3M roztoku NaOH. Dojde k precipitaci produktu. Před filtrací je dobré nechat produkt zcela vychladnout na laboratorní teplotu nebo ochladit s využitím ledové lázně.
- Produkt zfiltrujte s využitím vakua na Büchnerově nálevce a promyjte malým množstvím předem vychlazené vody (2 × 5 ml).
- Produkt převeďte na Petriho misku označenou vaším soutěžním číslem a malé množství (na špičku kopistky) odeberte do mikrozkuřavky a rozpustěte v malém množství (cca 1 ml) ethyl-acetátu pro následující část úlohy.

TLC analýza vzorků léčiv

- Naneste na TLC destičku vzorky léčiv označené jako **A** a **B** a nechte ji vyvinout v komoře naplněné ethyl-acetátem.
- Pod UV lampou pozorujte separaci skvrn. Spočítejte R_f v ethyl-acetátu.
- Na základě separace v ethyl-acetátu vyberte, které rozpouštědlo z dvojice methanol/cyklohexan zvolíte pro optimalizaci mobilní fáze. Ve výsledné mobilní fázi by se měly R_f skvrn obou látek nacházet mezi 0,20 a 0,85 a jejich rozdíl by měl být větší než 0,30. Spočítejte retenční faktory jednotlivých látek, destičku ve vybrané mobilní fázi odevzdejte (označenou lihovým fixem jako **TLC 1 - XX**, kde XX je vaše soutěžní číslo). Pokud vám dojdou TLC destičky, další vám mohou být dodány organizátory za bodovou penalizaci 0,50 bodu. Rozpouštědla je možné doplnit bez penalizace.
- Ve vybrané mobilní fázi nechte vyvinout TLC destičku s nanesenými neznámými léčivy a připraveným lidokainem. Určete, ve kterém vzorku se nachází lidokain. Destičku odevzdejte (označenou lihovým fixem jako **TLC 2 - XX**, kde XX je vaše soutěžní číslo).



Obr. 1: (A) Aparatura pro extrakci v dělicí nálevce, (B) protřepávání dělicí nálevky.

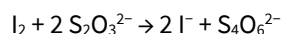
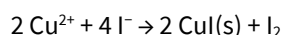
VYHODNOCENÍ A OTÁZKY

(vypracujte do pracovního listu)

- Spočítejte teoretický výtěžek. Na základě TLC analýzy uveďte, jestli se reakcí podařilo připravit lidokain, a vyjádřete se k jeho čistotě. Jaká nečistota by se mohla v takto připraveném produktu například vyskytovat?**
- Napište strukturu lidokainu v prostředí kyseliny chlorovodíkové.**
- Které rozpouštědlo jste zvolili jako druhou složku mobilní fáze? Uveďte výsledný poměr rozpouštědel v mobilní fázi jako objemová procenta zvoleného rozpouštědla v ethyl-acetátu (zaokrouhлено na celé desítky procent).**
- Do předtištěné destičky zakreslete výsledné rozdělení léčiv včetně produktu syntézy.**
- Spočítejte retenční faktory ve výsledné mobilní fázi obou léčiv. Určete, ve kterém vzorku se nachází lidokain a ve kterém ibuprofen.**
- Ve všech kolech letošní Chemické olympiády byl v nabídce rozpouštědel cyklohexan. Z jakého důvodu byl cyklohexan preferován oproti alifatickému hexanu, i když jejich polarita je téměř totožná?**

Úloha 2 Stanovení molární hmotnosti neznámé aminokyseliny metodou dle Popa a Stevense**20 bodů**

Pepovi se z jeho proteinového prášku podařilo izolovat jednu aminokyselinu. Pro její identifikaci se rozhodl zjistit obsah této aminokyseliny v navážce, a určit tak její molární hmotnost. Pepa rozpustil 2,71 g aminokyseliny ve 100 ml vody a do odměrné baňky o objemu 50 ml odpipetoval 5 ml tohoto roztoku. Nyní jej bude titrovat jodometricky metodou dle Popa a Stevense. Tato metoda využívá tvorby komplexu aminokyselin v suspenzi minimálně rozpustného fosforečnanu měďnatého. Po odfiltrování suspenze se měď z komplexu uvolní v kyselém prostředí. Uvolněné měďnaté ionty oxidují jodid na jod, který se následně titruje odměrným roztokem thiosíranu sodného:

**POMŮCKY**

- Byreta 25 ml
- Pipetovací nástavec nebo balonek
- Malá nálevka
- Laboratorní stojan
- Větší filtrační nálevka
- Křížová svorka s klemou
- Pipeta nedělená 10 ml
- Filtrační kruh
- Odměrný válec 25 ml (2×)
- Filtrační papír
- Odměrná baňka 50 ml se zátkou
- Stříčka s destilovanou vodou
- Erlenmeyerova baňka 250 ml se zábrusem a zátkou (3×)
- Pasteurova pipeta se savičkou nebo kapátko (3×)
- Alobal
- Kovová špachtle
- Lihový fix
- Erlenmeyerova baňka 250 ml
- Ochranné brýle a nitrilové/latexové rukavice

CHEMIKÁLIE

- Thiosíran sodný, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, 0,005M odměrný roztok (přesná koncentrace je uvedena na zásobní lahvičce)
- Vzorek neznámé aminokyseliny, 5 ml v odměrné baňce o objemu 50 ml označený startovním číslem
- Hydroxid sodný, NaOH, 0,1M roztok – **H290, H314, H318**
- Fosforečnan měďnatý, $\text{Cu}_3(\text{PO}_4)_2$, suspenze
- Thymolftalein, 0,5% roztok v ethanolu
- Jodid draselný, KI, vodný roztok 450 g dm^{-3} – **H372**
- Kyselina octová, CH_3COOH , zředěná 1:1 obj. s vodou – **H226, H314**
- Škrob, 1% roztok ve vodě
- Destilovaná voda

PRACOVNÍ POSTUP

Stanovení neznámé aminokyseliny

- Ke vzorku aminokyseliny v odměrné baňce přidejte 1-2 kapky thymolftaleinu. Poté po kapkách přidávejte 0,1M hydroxid sodný do stálého slabě modrého zbarvení.
- Ke vzorku přidejte 25 ml suspenze fosforečnanu měďnatého (suspenzi před použitím pořádně protřepejte). Doplňte výslednou suspenzi v odměrné baňce po rysku. Pozor, pokud v odměrné baňce vznikne čirý roztok, upozorněte organizátory. Ponechte stát asi 15 min.
- Suspenzi z odměrné baňky přefiltrujte do čisté Erlenmeyerovy baňky.
- Do zábrusové Erlenmeyerovy baňky napipetujte 10,00 ml filtrátu. Přidejte kapátkem 1,0 ml kyseliny octové zředěné 1:1 obj a 10 ml roztoku jodidu draselného o koncentraci 450 g dm^{-3} . Baňku uzavřete zátkou a nechte stát 10 min zakrytou alobalem.
- Poté opláchněte stěny baňky destilovanou vodou a titrujte odměrným roztokem thiosíranu sodného. Před bodem ekvivalence (světle žluté zbarvení) přidejte 1 ml roztoku škrobu a dotitrujte z modro-fialového zbarvení až do odbarvení roztoku. Barevný přechod může být relativně pomalý a roztok může zpětně tmavnout. Titrujte proto do odbarvení, které je stálé nejméně 1 minutu.
- Stanovení proveďte celkem alespoň 3×. Zapište spotřeby a spočítejte průměrnou spotřebu.

VYHODNOCENÍ A OTÁZKY

(vypracujte do pracovního listu)

- 1) Uveďte jednotlivé spotřeby odměrného roztoku thiosíranu sodného při stanovení neznámé aminokyseliny a zapište průměrnou spotřebu.
- 2) Zakreslete strukturu komplexu obecné aminokyseliny (postranní řetězec nahradte substituentem R) s měďnatými ionty. Na základě toho určete vztah mezi látkovým množstvím aminokyseliny ve vzorku a thiosíranu sodného.
- 3) Proč se před bodem ekvivalence přidává škrob?
- 4) Určete molární hmotnost neznámé aminokyseliny. Z nabízených struktur určete, která odpovídá výsledné molární hmotnosti. Jak se daná aminokyselina nazývá?
- 5) Povedlo se vám dokázat, že Pepův proteinový prášek je zcela v pořádku. Nyní zbývá otázka, proč se Pepovi jeho užíváním nepodařilo nabrat žádné svaly?

PRACOVNÍ LIST

40 bodů

Úloha 1 Lidokain

20 bodů

- 1) Spočítejte teoretický výtěžek. Na základě TLC analýzy uveďte, jestli se reakcí podařilo připravit lidokain, a vyjádřete se k jeho čistotě. Jaká nečistota by se mohla v takto připraveném produktu například vyskytovat?

Výpočet:

Produkt – lidokain se **podařilo** / **nepodařilo** připravit.

Čistota produktu:

Pravděpodobná nečistota/nečistoty:

body:

- 2) Napište strukturu lidokainu v prostředí kyseliny chlorovodíkové.

Vzorec:

body:

- 3) Které rozpouštědlo jste zvolili jako druhou složku mobilní fáze? Uveďte výsledný poměr rozpouštědel v mobilní fázi jako objemová procenta zvoleného rozpouštědla v ethyl-acetátu (zaokrouhлено na celé desítky procent).

Vybrané rozpouštědlo:

Výsledný poměr ethyl-acetátu ku vybranému rozpouštědlu v mobilní fázi: _____ % v ethyl-acetátu

body:

4) Do předtištěné destičky zakreslete výsledné rozdělení léčiv včetně produktu syntézy.

--

body:

5) Spočítejte retenční faktory ve výsledné mobilní fázi obou léčiv. Určete, ve kterém vzorku se nachází lidokain a ve kterém ibuprofen.

Výpočet R_f :

 $R_{f,A} = \rule{1.5cm}{0.4pt}$
 $R_{f,B} = \rule{1.5cm}{0.4pt}$

Určení vzorků léčiv:

A:

B:

body:

6) Ve všech kolech byl v nabídce rozpouštědel cyklohexan. Z jakého důvodu byl cyklohexan preferován oproti alifatickému hexanu, i když jejich polarita je téměř totožná?

Vysvětlení:

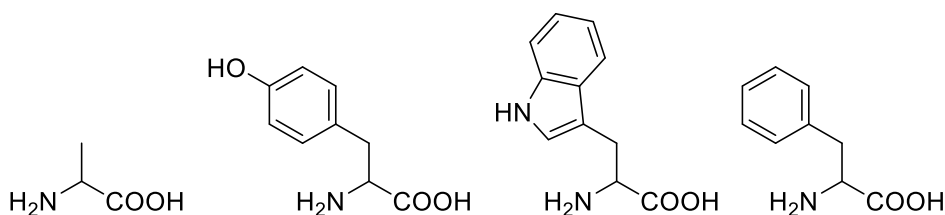
body:

- 4) Určete molární hmotnost neznámé aminokyseliny. Z nabízených struktur určete, která odpovídá výsledné molární hmotnosti. Jak se daná aminokyselina nazývá?

Výpočet:

$$M_{\text{AMK}} = \text{-----} \text{ g mol}^{-1}$$

Možné struktury neznámé aminokyseliny:



Název aminokyseliny ve vzorku:

body:

- 5) Povedlo se vám dokázat, že Pepův proteinový prášek je zcela v pořádku. Nyní zbývá otázka, proč se Pepovi jeho užíváním nepodařilo nabrat žádné svaly?

Vysvětlení:

body:



PERIODICKÁ SOUSTAVA PRVKŮ

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
I. A	II. A	III. B	IV. B	V. B	VI. B	VII. B	VIII. B	VIII. B	VIII. B	I. B	II. B	III. A	IV. A	V. A	VI. A	VII. A	VIII. A
1,00794 1 H Vodík	9,0122 4 Be Beryllium	24,305 12 Mg Hořčík	40,078 20 Ca Vápník	50,942 23 V Vanad	51,996 24 Cr Chrom	54,938 25 Mn Mangan	55,845 26 Fe Železo	58,933 27 Co Kobalt	58,693 28 Ni Nikl	63,546 29 Cu Měď	65,38 30 Zn Zinek	10,811 5 B Bor	12,011 6 C Uhlík	14,007 7 N Dusík	15,999 8 O Kyslík	18,998 9 F Fluor	4,0026 2 He Helium
6,941 3 Li Lithium	22,990 11 Na Sodík	39,098 19 K Draslík	87,62 38 Sr Stroncium	92,906 41 Nb Niob	95,95 42 Mo Molybden	98 43 Tc Technecium	101,07 44 Ru Ruthenium	102,91 45 Rh Rhodium	106,42 46 Pd Palladium	107,87 47 Ag Stříbro	112,41 48 Cd Kadmium	114,82 49 In Indium	118,71 50 Sn Cín	121,75 51 Sb Antimon	127,60 52 Te Tellur	126,90 53 I Jod	131,29 54 Xe Xenon
85,468 37 Rb Rubidium	132,91 55 Cs Cesium	88,906 39 Y Yttrium	89,904 36 Kr Krypton	180,95 73 Ta Tantal	183,84 74 W Wolfram	186,21 75 Re Rhenium	190,23 76 Os Osmium	192,22 77 Ir Iridium	195,08 78 Pt Platina	196,97 79 Au Zlato	200,59 80 Hg Rtuť	204,38 81 Tl Thallium	207,20 82 Pb Olovo	208,98 83 Bi Bismut	209 84 Po Polonium	210 85 At Astat	222 86 Rn Radon
226,03 88 Ra Radium	223 87 Fr Francium	231,04 91 Pa Protaktinium	238,03 92 U Uran	262,11 103 Db Dubnium	263,12 106 Sg Seaborgium	262,12 107 Bh Bohrium	270 108 Hs Hassium	268 109 Mt Meitnerium	281 110 Ds Darmstadtium	280 111 Rg Roentgenium	277 112 Cn Kopernicium	287 113 Nh Nihonium	289 114 Fl Flerovium	288 115 Mc Moscovium	289 116 Lv Livermorium	291 117 Ts Tennessin	293 118 Og Oganesson

Relativní atomová hmotnost

Značka

Elektronegativita
(Allred-Rochowova)

Název

Protonové číslo

6 LANTHANOIDS

7 AKTINOIDS

138,91 57 La Lanthan	140,12 58 Ce Cer	140,91 59 Pr Praseodym	144,24 60 Nd Neodym	~145 61 Pm Promethium	150,36 62 Sm Samarium	151,96 63 Eu Europium	157,25 64 Gd Gadolium	158,93 65 Tb Terbium	162,50 66 Dy Dysprosium	~251 98 Cf Kalifornium	~252 99 Es Einsteinium	~257 100 Fm Fermium	~258 101 Md Mendelevium	~259 102 No Nobelium	~260 103 Lr Lawrencium
--------------------------------------	----------------------------------	--	-------------------------------------	---------------------------------------	---------------------------------------	---------------------------------------	---------------------------------------	--------------------------------------	---	--	--	-------------------------------------	---	--------------------------------------	--