



VŠCHT PRAHA

Ústřední komise
Chemické olympiády



62. ROČNÍK

2025/2026

KRAJSKÉ KOLO

KATEGORIE A

PRAKTICKÁ ČÁST

ZADÁNÍ

Časová náročnost: 150 minut



PERIODICKÁ SOUSTAVA PRVKŮ

1 I. A	2 II. A																18 VIII. A
1 H 1,00794 Vodík																	2 He 4,0026 Helium
2 Li 6,941 Lithium	3 Be 9,0122 Beryllium																
3 Na 22,990 Sodík	4 Mg 24,305 Hořčík																
		3 III. B	4 IV. B	5 V. B	6 VI. B	7 VII. B	8 VIII. B	9 VIII. B	10 VIII. B	11 I. B	12 II. B	13 III. A	14 IV. A	15 V. A	16 VI. A	17 VII. A	
4 K 39,098 Draslík	5 Ca 40,078 Vápník	6 Sc 44,956 Skandium	7 Ti 47,867 Titan	8 V 50,942 Vanad	9 Cr 51,996 Chrom	10 Mn 54,938 Mangan	11 Fe 55,845 Železo	12 Co 58,933 Kobalt	13 Ni 58,693 Nikl	14 Cu 63,546 Měď	15 Zn 65,38 Zinek	16 Ga 69,723 Galium	17 Ge 72,61 Germanium	18 As 74,922 Arzen	19 Se 78,971 Selen	20 Br 79,904 Brom	21 Kr 83,798 Krypton
5 Rb 85,468 Rubidium	6 Sr 87,62 Stroncium	7 Y 88,906 Yttrium	8 Zr 91,224 Zirkonium	9 Nb 92,906 Niob	10 Mo 95,95 Molybden	11 Tc ~98 Technecium	12 Ru 101,07 Ruthenium	13 Rh 102,91 Rhodium	14 Pd 106,42 Palladium	15 Ag 107,87 Stříbro	16 Cd 112,41 Kadmium	17 In 114,82 Indium	18 Sn 118,71 Cín	19 Sb 121,75 Antimon	20 Te 127,60 Tellur	21 I 126,90 Jod	22 Xe 131,29 Xenon
6 Cs 132,91 Cesium	7 Ba 137,33 Baryum		8 Hf 178,49 Hafnium	9 Ta 180,95 Tantal	10 W 183,84 Wolfram	11 Re 186,21 Rhenium	12 Os 190,23 Osmium	13 Ir 192,22 Iridium	14 Pt 195,08 Platina	15 Au 196,97 Zlato	16 Hg 200,59 Rtuť	17 Tl 204,38 Thallium	18 Pb 207,20 Olovo	19 Bi 208,98 Bismut	20 Po ~209 Polonium	21 At ~210 Astat	22 Rn ~222 Radon
7 Fr ~223 Francium	8 Ra 226,03 Radium		9 Rf 261,11 Rutherfordium	10 Db 262,11 Dubnium	11 Sg 263,12 Seaborgium	12 Bh 262,12 Bohrium	13 Hs 270 Hassium	14 Mt 268 Meitnerium	15 Ds 281 Darmstadtium	16 Rg 280 Roentgenium	17 Cn 277 Kopernicium	18 Nh ~287 Nihonium	19 Fl 289 Flerovium	20 Mc ~288 Moscovium	21 Lv ~289 Livermorium	22 Ts ~291 Tennessin	23 Og 293 Oganesson

Diagram illustrating the components of an element box for Vanadium (V):

- Relativní atomová hmotnost: 50,942
- Značka: V
- Elektronegativita: 1,50
- Název: Vanad
- Protonové číslo: 23

6 LANTHANOIDY

57 La 138,91 Lanthan	58 Ce 140,12 Cer	59 Pr 140,91 Praseodym	60 Nd 144,24 Neodym	61 Pm ~145 Promethium	62 Sm 150,36 Samarium	63 Eu 151,96 Europium	64 Gd 157,25 Gadolinium	65 Tb 158,93 Terbium	66 Dy 162,50 Dysprosium	67 Ho 164,93 Holmium	68 Er 167,26 Erbium	69 Tm 168,93 Thulium	70 Yb 173,04 Ytterbium	71 Lu 174,97 Lutecium
--------------------------------------	----------------------------------	--	-------------------------------------	---------------------------------------	---------------------------------------	---------------------------------------	---	--------------------------------------	---	--------------------------------------	-------------------------------------	--------------------------------------	--	---------------------------------------

7 AKTINOIDY

89 Ac 227,03 Aktinium	90 Th 232,04 Thorium	91 Pa 231,04 Proaktinium	92 U 238,03 Uran	93 Np 237,05 Neptunium	94 Pu {244} Plutonium	95 Am ~243 Americium	96 Cm ~247 Curium	97 Bk ~247 Berkelium	98 Cf ~251 Kalifornium	99 Es ~252 Einsteinium	100 Fm ~257 Fermium	101 Md ~258 Mendělevium	102 No ~259 Nobelium	103 Lr ~260 Lawrencium
---------------------------------------	--------------------------------------	--	----------------------------------	--	---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------------	--	--	-------------------------------------	---	--------------------------------------	--

STANDARDNÍ VĚTY O BEZPEČNOSTI

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

H302+H332 – zdraví škodlivý při požití nebo při vdechování

H314 – způsobuje těžké poleptání kůže a poškození očí

H317 – může vyvolat alergickou kožní reakci

H318 – způsobuje vážné poškození očí

H319 – způsobuje vážné podráždění očí

H330 – při vdechování může způsobit smrt

H336 – může způsobit ospalost nebo závratě

H341 – podezření na genetické poškození

H350 – může vyvolat rakovinu

H370 – způsobuje poškození orgánů (oči, CNS)

H373 – může způsobit poškození orgánů (ledviny) při prodloužené nebo opakované expozici

H410 – vysoce toxický pro vodní organismy, s dlouhodobými účinky

ZADÁNÍ**40 bodů****Úloha 1 A zase acetylce – syntéza paracetamolu (Paralenu)****8 bodů**

Evženka se zbavila svých bolestí hlavy, ale začal jí pro změnu hrozně bolet zub. V laboratoři přemýšlí, co by si na bolest vzala. Dočetla se totiž, že kyselina acetylsalicylová ji může způsobit žaludeční vředy. Narazila na starou láhev obsahující *p*-aminofenol ($M = 109,13 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$), ze kterého si může, opět acetylací, vyrobit paracetamol ($M = 151,17 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$), známý též jako Paralen.

Vaším dnešním prvním úkolem bude acetylací syntetizovat paracetamol. Doporučujeme paralelně s touto úlohou pracovat i na úlohách následujících, nebo alespoň studovat jejich zadání, či vyplňovat pracovní list.

POMŮCKY

- Erlenmeyerova baňka 100 ml
- Klema a křížová svorka
- Odměrný válec 5 ml nebo 10 ml (2×)
- Laboratorní stojan
- Magnetická míchačka a teflonové magnetické míchadlo
- Aparatura na vakuovou filtraci: Büchnerova nálevka, gumové těsnění, odsávací baňka, zdroj vakua
- Kádinka 50 ml
- Kádinka 100 ml
- Lihový fix
- Ledová lázeň: skleněná nebo plastová miska s ledem
- Ochranné brýle a nitrilové/latexové rukavice
- Kovová špachtle
- Skleněná tyčinka
- Stříčka s destilovanou vodou
- Filtrační papír
- Nůžky

CHEMIKÁLIE

- *p*-aminofenol, 2,0 g, ve vialce označené soutěžním číslem – **H302+332, H317, H341, H373, H410**
- Acetanhydrid, 2,0 ml, v zásobní lahvičce označené soutěžním číslem – **H226, H302, H314, H330**
- Destilovaná voda

PRACOVNÍ POSTUP**Syntéza paracetamolu**

- Do Erlenmeyerovy baňky o objemu 100 ml opatřené magnetickým míchadlem převedte z vialky navážku 2,0 g *p*-aminofenolu.
- Přidejte 4 ml destilované vody a směs míchejte na magnetické míchačce.
- Za stálého míchání opatrně přidejte z vialky/zásobní lahvičky 2 ml acetanhydridu. Dojde k přechodnému rozpuštění výchozí látky a možnému vylučování produktu. Po přidavku acetanhydridu ještě ponechte reakční směs míchat po dobu 10 min.

- Reakční směs dejte ochladit do ledové lázně. Pokud ještě nedošlo ke krystalizaci produktu, je třeba krystalizaci iniciovat třením dna/stěn baňky skleněnou tyčinkou nebo kovovou špachtlí.
- Surový produkt odfiltrujte na Büchnerově nálevce a promyjte malým množstvím studené vody (2×3 ml).
- Malé množství produktu (na špičku kopistky) odeberte do mikrozkušavky pro TLC analýzu a rozpusťte v malém množství (cca 1 ml) ethyl-acetátu (viz úkol 2).

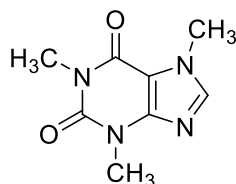
VYHODNOCENÍ A OTÁZKY

(vypracujte do pracovního listu)

- 1) Která z funkčních skupin *p*-aminofenolu je reaktivnější pro tento typ reakce? Nakreslete strukturu paracetamolu.
- 2) Spočítejte teoretický výtěžek. Na základě TLC (viz úkol 2) se vyjádřete k tomu, jestli se vám paracetamol podařilo připravit, a k čistotě připraveného produktu.
- 3) Zcela čistý *p*-aminofenol je bílá krystalická látka, ale starší látka má typicky hnědou barvu. Jaká reakce je za tuto změnu obecně zodpovědná?
- 4) Uveďte, jakým způsobem by bylo možné dále purifikovat (čistit) surový produkt?
- 5) V úvodu úlohy jste se dozvěděli, že užívání kyseliny acetylsalicylové má nežádoucí účinky, např. podporuje tvorbu žaludečních vředů. Paracetamol je také látka ve vyšších dávkách toxická. Který orgán poškozuje? Napovíme vám, že toxický účinek paracetamolu je potencován v kombinaci s ethanolem (pitím alkoholických nápojů).

Úloha 2 TLC podruhé – paracetamol a kofein**12 bodů**

Evženii se úspěšně podařilo připravit paracetamol. Ale jak si to ověří? Chtělo by to nějaký standard. V nejbližší lékárně ale mají jen Panadol Extra, který obsahuje kromě paracetamolu i kofein:

**kofein**

Vášim druhým úkolem bude najít vhodnou mobilní fázi pro TLC, kde dojde k vhodné separaci kofeinu a paracetamolu. K tomu využijete směs ethyl-acetátu a methanolu. Vaším úkolem tak bude najít vhodný poměr těchto rozpouštědel. Ve výsledné mobilní fázi je potřeba dostatečná separace obou látek (rozdíl R_f alespoň 0,1), zároveň by obě látky měly dosahovat R_f v rozmezí 0,2 až 0,8.

POMŮCKY

- Mikrozkušavka nebo malá vialka (2×)
- Skleněná vialka (2×)
- Kovová špachtle
- Obyčejná tužka a pravítko
- Třecí miska s tloučkem
- Pinzeta
- Pasteurova pipeta se savičkou nebo plastové kapátko (3×)
- UV lampa 254 nm pro vyhodnocení TLC
- TLC komůrka s víčkem
- Horkovzdušná pistole nebo fén
- Skleněná kapilára nebo pipetovací špička na mikropipety (2×)
- Ochranné brýle a nitrilové/latexové rukavice
- TLC destička (7×)
- Lihový fix
- Odměrný válec 10 ml

CHEMIKÁLIE

- Tableta Panadol Extra s obsahem paracetamolu a kofeinu
- Surový produkt z úlohy 1 v mikrozkušavce
- Mobilní fáze: ethyl-acetát (**H225, H319, H336**), methanol (**H225, H301+H311+H331, H370**)
Čistý ethyl-acetát a jeho směsi s methanolem v objemovém poměru 9:1, 8:2, 7:3, 6:4 a 5:5.

PRACOVNÍ POSTUP

- Tabletou Panadolu Extra rozdrťte v třecí misce a část prášku převedte do skleněné vialky. K tabletě přidejte 5 ml ethyl-acetátu a důkladně promíchejte. Nechte suspenzi usadit a odeberte přibližně 1 ml kapalné fáze do mikrozkušavky.
- Vzorek z tablety naneste pomocí kapiláry na startovní čáru připravené TLC destičky a nechte vyvíjet v uzavřené TLC komůrce s ethyl-acetátem jako mobilní fází.

- Po oschnutí destičky (můžete urychlit opatrným zahřátím fénem nebo horkovzdušnou pistolí) proveďte vizualizaci skvrn jednotlivých látek proveďte pomocí UV lampy. Skvrny zaznačte jemně obyčejnou tužkou.
- Chromatografii postupně zopakujte s použitím všech připravených mobilních fází.
- Výsledky vizualizujte pomocí UV lampy a zaznačte jemně obyčejnou tužkou. Pokud by vám došly TLC destičky, je možné za bodovou penalizaci 0,50 bodu obdržet další destičku.
- Vyberte mobilní fázi, která podle vás poskytla nejlepší dělení. Pro vámi vybranou mobilní fázi stanovte retenční faktory paracetamolu a kofeinu. Destičku (označenou lihovým fixem jako **TLC 1 – XX**, kde XX je vaše soutěžní číslo) vyvíjenou ve vhodném zvoleném poměru ethyl-acetát-methanol odevzdejte.
- Po stanovení vhodného poměru ethyl-acetátu a methanolu proveďte analýzu na TLC destičce s naneseným surovým produktem z předcházejícího úkolu, společně se vzorkem tablety jako standardem. Vizualizujte pomocí UV záření a skvrny všech látek zakreslete obyčejnou tužkou na destičku. Destičku (označenou lihovým fixem jako **TLC 2 – XX**, kde XX je vaše soutěžní číslo) odevzdejte.

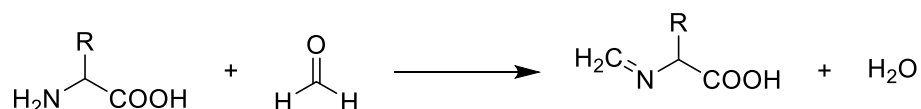
VYHODNOCENÍ A OTÁZKY

(vypracujte do pracovního listu)

- 1) **Jaký je poměr rozpouštědel ve vámi vybrané mobilní fázi (výsledek uveďte v objemových procentech methanolu v mobilní fázi)?**
- 2) **Zakreslete výsledek TLC analýzy ve vámi vybrané mobilní fázi. Zakreslete výsledek separace kofeinu a paracetamolu v tabletě a také zakreslete výsledek analýzy surového produktu z úkolu 1.**
- 3) **Spočítejte retenční faktory kofeinu a paracetamolu. Která ze složek tablety je v této analýze polárnější?**

Úloha 3 Stanovení obsahu dusíku v proteinu formolovou titrací**20 bodů**

V minulém kole se Pepovi podařilo dokázat přítomnost proteinů v jeho proteinovém prášku SvalMAXX a rozhodl se jej hydrolyzovat na aminokyseliny. Aminokyseliny nelze díky jejich amfoterní struktuře přímo titrovat acidobazicky. Přidavkem formaldehydu ale dochází k jeho reakci s aminoskupinou dle níže uvedené reakce:



Následně je možné titrovat volné karboxylové skupiny acidobazicky hydroxidem sodným na fenolftalein.

Vášim úkolem bude stanovit množství aminokyseliny ve vzorku hydrolyzovaného proteinu pomocí formolové titrace a vyjádřit ji jako obsah dusíku ve vzorku.

POMŮCKY

- Odměrná baňka 50 ml se zátkou
- Pipeta nedělená 10 ml
- Byreta 25 ml
- Laboratorní stojan
- Titrační baňka 250 ml (3×)
- Křížová svorka, klema
- Odměrný válec 10 ml
- Stříčka s destilovanou vodou
- Malá nálevka
- Ochranné brýle a nitrilové/latexové rukavice
- Kádinka 100 ml (2×)
- Kádinka ca 400 ml na odpad
- Bílá podložka (papír) na sledování barevné změny titrovaného roztoku

CHEMIKÁLIE

- Hydroxid sodný, NaOH, 0,10M odměrný roztok (přesná koncentrace bude sdělena organizátory) – **H290, H314, H318**
- Vzorek hydrolyzovaného proteinu o objemu 5,00 ml v odměrné baňce
- Formaldehyd, 40% neutrální roztok s obsahem fenolftaleinu – **H301+H311, H314, H317, H330, H341, H350, H370**
- Destilovaná voda

PRACOVNÍ POSTUP

- Vzorek hydrolyzovaného proteinu v odměrné baňce doplňte po rysku destilovanou vodou.
- Do titrační baňky napipetujte 10,00 ml vzorku a poproste organizátory o přídavek 5 ml neutrálního roztoku formaldehydu.
- Vzorek titrujte 0,10M odměrným roztokem hydroxidu sodného do růžového zbarvení.
- Proveďte celkem 3× a určete průměrnou spotřebu.

VYHODNOCENÍ A OTÁZKY

(vypracujte do pracovního listu)

- 1) Uveďte jednotlivé spotřeby odměrného roztoku hydroxidu sodného pro stanovení obsahu aminokyselin a запиšte průměrnou (přijatou) spotřebu.
- 2) Spočítejte koncentraci aminokyselin v titrovaném roztoku v jednotkách mol dm^{-3} . Zanedbejte případné příspěvky postranních funkčních skupin aminokyselin.
- 3) Určete obsah aminokyselin ve vzorku hydrolyzovaného proteinu, pokud víte, že bylo hydrolyzováno 8,0 g proteinu do 100 ml hydrolyzátu, ze kterého vám byl odebrán alikvotní vzorek. Výsledek uveďte v gramech dusíku v α -amino skupinách na 100 g proteinové prášku.
- 4) Hydroxid sodný není standardní látka a jeho přesnou koncentraci je tak třeba před samotným stanovením určit. Jaká vlastnost/vlastnosti hydroxidu sodného způsobují, že je potřeba jeho přesnou koncentraci stanovit? Jaká standardní látka se k tomu využívá?
- 5) Nakreslete, v jaké formě by se vyskytovala obecná aminokyselina v neutrálním prostředí.

PRACOVNÍ LIST

20 bodů

Úloha 1 A zase acetylce – syntéza paracetamolu (Paralenu)

8 bodů

- 1) Která z funkčních skupin *p*-aminofenolu je reaktivnější pro tento typ reakce? Nakreslete strukturu paracetamolu.

Reaktivnější funkční skupina:

Struktura paracetamolu:

body:

- 2) Spočítejte teoretický výtěžek. Na základě TLC (viz úkol 2) se vyjádřete k tomu, jestli se vám paracetamol podařilo připravit, a k čistotě připraveného produktu.

Výpočet:

 $m_{\text{teor}} = \text{_____ g}$

Totožnost produktu:

Čistota produktu:

body:

- 3) Zcela čistý *p*-aminofenol je bílá krystalická látka, ale starší látka má typicky hnědou barvu. Jaká reakce je za tuto změnu obecně zodpovědná?

Typ reakce:

body:

4) Uveďte, jakým způsobem by bylo možné dále purifikovat (čistit) surový produkt?

Možnosti purifikace:

body:

5) V úvodu úlohy jste se dozvěděli, že užívání kyseliny acetylsalicylové má nežádoucí účinky, např. v tvorbě žaludečních vředů. Paracetamol je také látka ve vyšších dávkách toxická. Který orgán poškozuje? Napovíme vám, že toxický účinek paracetamolu je potencován v kombinaci s ethanolem (pitím alkoholických nápojů).

Potenciálně poškozený orgán:

body:

Úloha 2 TLC podruhé – paracetamol a kofein**12 bodů**

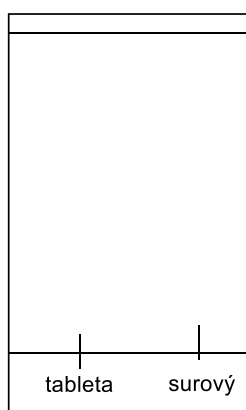
- 1) Jaký je poměr rozpouštědel ve vámi vybrané mobilní fázi (výsledek uveďte v objemových procentech methanolu v mobilní fázi)?

Výsledný poměr ethyl-acetátu ku methanolu v mobilní fázi:

_____ % methanolu v ethyl-acetátu

body:

- 2) Zakreslete výsledek TLC analýzy ve vámi vybrané mobilní fázi. Zakreslete výsledek separace kofeinu a paracetamolu v tabletě a také zakreslete výsledek analýzy surového produktu z úkolu 1.

**body:**

- 3) Spočítejte retenční faktory kofeinu a paracetamolu. Která ze složek tablety je v této analýze polárnější?

Výpočet R_f :

$R_{f,\text{kofein}} = \underline{\hspace{2cm}}$

$R_{f,\text{paracetamol}} = \underline{\hspace{2cm}}$

Polárnější je kofein / paracetamol.

body:

Úloha 3 Stanovení obsahu dusíku v proteinu formolovou titrací**20 bodů**

- 1) Uveďte jednotlivé spotřeby odměrného roztoku hydroxidu sodného pro stanovení obsahu aminokyselin a запиšte průměrnou (přijatou) spotřebu.

1. stanovení	2. stanovení	3. stanovení	přijatá spotřeba
			body:

- 2) Spočítejte koncentraci aminokyselin v titrovaném roztoku v jednotkách mol dm^{-3} . Zanedbejte případné příspěvky postranních funkčních skupin aminokyselin.

Výpočet:

 $c_{\text{aminokyseliny}} = \text{_____} \text{ mol dm}^{-3}$

body:

- 3) Určete obsah aminokyselin ve vzorku hydrolyzovaného proteinu, pokud víte, že bylo hydrolyzováno 8,0 g proteinu do 100 ml hydrolyzátu, ze kterého vám byl odebrán alikvotní vzorek. Výsledek uveďte v gramech dusíku v α -amino skupinách na 100 g proteinové prášku.

Výpočet:

$m =$ _____ g N/100 g proteinu

body:

- 4) Hydroxid sodný není standardní látka a jeho přesnou koncentraci je tak třeba před samotným stanovením určit. Jaká vlastnost/vlastnosti hydroxidu sodného způsobují, že je potřeba jeho přesnou koncentraci stanovit? Jaká standardní látka se k tomu využívá?

Vlastnost/vlastnosti hydroxidu sodného:

Standardní látky:

body:

5) Nakreslete, v jaké formě by se vyskytovala obecná aminokyselina v neutrálním prostředí.

Struktura formy aminokyseliny v neutrálním prostředí:

body: