



**61. ročník**

**2024/2025**

**NÁRODNÍ KOLO**

**Kategorie E**

---

**2. Praktická část – Zadání**

30 bodů, 210 minut + 10 minut čtení



## PRAKTICKÁ ČÁST

## 30 BODŮ

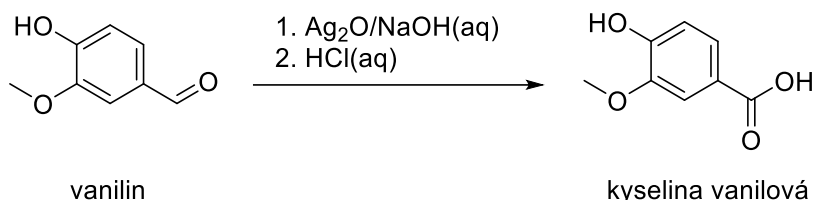
### Úloha 1 Oxidace vanilinu na kyselinu vanilovou

### 15 bodů

Kyselina vanilová (kyselina 4-hydroxy-3-methoxybenzoová,  $C_8H_8O_4$ ,  $M = 168,15 \text{ g mol}^{-1}$ ) je monokarboxylová kyselina, která se v malých množstvích čistá, či ve formě esterů (např. ethyl-vanilátu) vyskytuje v přírodní vanilce. Poměrně hojně je zastoupena např. i v arganovém oleji, oleji z Açaí a dalších rostlinných extraktech. Je zároveň meziproduktem při biosyntéze (a biotechnologické výrobě) vanilinu z kyseliny ferulové (kyselina (2E)-3-(4-hydroxy-3-methoxyfenyl)prop-2-enová).

Její příjemné krémové aroma ji předurčuje jako potenciální ochucovadlo a aroma v potravinářském průmyslu. Podobně jako vanilin má zároveň antiseptické a antimikrobiální účinky.

Syntézu kyseliny vanilové je možné realizovat jedнокrokovou oxidací vanilinu čerstvě připraveným oxidem stříbrným v bazickém prostředí a následným okyselením reakční směsí:



V následující úloze provedete:

- Přípravu čerstvého oxidu stříbrného jako následného oxidačního činidla.
- Oxidaci vanilinu na kyselinu vanilovou pomocí oxidu stříbrného a její izolaci z reakční směsi.
- Charakterizaci připravené kyseliny vanilové pomocí TLC a měření bodu tání.

#### Pomůcky

- |  |   |
|--|---|
| • lihový fix a tužka                         | • papírové utěrky                                   |
| • magnetická míchačka                        | • magnetické míchadlo                               |
| • lodička na vážení (2×)                     | • lžička (2×)                                       |
| • špachtle (2×)                              | • stojan (2×)                                       |
| • křížová svorka (2×)                        | • držák na NZ 29/32 (2×)                            |
| • odměrný válec 10 ml (2×)                   | • odměrný válec 50 ml (2×)                          |
| • odsávací baňka 500 ml se skleněnou olivkou | • gumové těsnění na odsávací baňku                  |
| • Büchnerova nálevka                         | • filtrační papír                                   |
| • nůžky                                      | • stříčka s destilovanou vodou                      |
| • plastová miska na chlazení                 | • kádinka 50 ml (2×)                                |
| • kádinka 150 ml (2×)                        | • kádinka 250 ml (2×)                               |
| • kádinka 400 ml                             | • Erlenmeyerova baňka 100 ml s NZ 29/32 100 ml      |
| • pinzeta                                    | • plastové kapátko (2×)                             |
| • skleněná tyčinka (2×)                      | • předvážky s přesností 0,01 g                      |
| • sada dvou pasujících Petriho misek         | • hodinové sklo na přikrytí kádinky 250 ml          |
| • zdroj vakua s přívodní hadicí              | • výrobník ledu                                     |
| • zkumavky nebo vialky pro TLC analýzu (3×)  | • zkumavka  |
| • skleněná kapilára nebo Pasteurova pipeta   | • TLC destička s UV indikátorem 254 nm (2,5×6,0 cm) |
| • UV lampa 254 nm pro vyhodnocení TLC        | • aparatura pro stanovení bodu tání                 |
| • sušárna na chemikálie                      | • teploměr  |



## Chemikálie

- dusičnan stříbrný  $\text{AgNO}_3$  č. ( $M = 169,87 \text{ g mol}^{-1}$ )
- hydroxid sodný  $\text{NaOH}$  č. ( $M = 40,00 \text{ g mol}^{-1}$ )
- vanilin  $\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_3$  č. ( $M = 152,15 \text{ g mol}^{-1}$ )
- kyselina chlorovodíková  $\text{HCl}$  vodný roztok 1:1 obj.
- Kongo červeň 1% ethanolický roztok v kapací/indikátorové lahvičce
- mobilní fáze pro TLC (dichlormethan-methanol-kyselina octová – 98,5:1,0:0,5 obj.)
- aceton  $(\text{CH}_3)_2\text{CO}$  č.
- kyselina vanilová  $\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_4$  TLC standard
- destilovaná voda

Chemikálie	H-věty
dusičnan stříbrný	H272 Může zesílit požár; oxidant. H290 Může být korozivní pro kovy. H314 Způsobuje těžké poleptání kůže a poškození očí. H410 Vysoce toxický pro vodní organismy, s dlouhodobými účinky.
hydroxid sodný	H290 Může být korozivní pro kovy. H314 Způsobuje těžké poleptání kůže a poškození očí.
vanilin	H319 Způsobuje vážné podráždění očí.
Kongo červeň	H350 Může vyvolat rakovinu. H361d Podezření na poškození plodu v těle matky.
kyselina chlorovodíková vodný roztok 1:1 obj.	H290 Může být korozivní pro kovy. H315 Dráždí kůži. H319 Způsobuje vážné podráždění očí. H335 Může způsobit podráždění dýchacích cest.
aceton	H225 Vysoce hořlavá kapalina a páry. H319 Způsobuje vážné podráždění očí. H336 Může způsobit ospalost nebo závratě.
ethanol	H225 Vysoce hořlavá kapalina a páry. H319 Způsobuje vážné podráždění očí.
dichlormethan	H315 Dráždí kůži. H319 Způsobuje vážné podráždění očí. H336 Může způsobit ospalost nebo závratě. H351 Podezření na vyvolání rakoviny.
methanol	H225 Vysoce hořlavá kapalina a páry. H301 Toxický při požití. H311 Toxický při styku s kůží. H331 Toxický při vdechování. H370 Způsobuje poškození orgánů (nervová soustava).
kyselina octová	H226 Hořlavá kapalina a páry. H314 Způsobuje těžké poleptání kůže a poškození očí.
oxid stříbrný	H271 Může způsobit požár nebo výbuch; silný oxidant. H318 Způsobuje vážné poškození očí. H410 Vysoce toxický pro vodní organismy, s dlouhodobými účinky.
kyselina vanilová	-



## Pracovní postup

### Příprava oxidačního činidla

- Do 100ml Erlenmeyerovy baňky opatřené magnetickým míchadlem odvažte 4,25 g dusičnanu stříbrného a rozpustte jej ve 25 ml destilované vody.
- Baňku umístěte na magnetickou míchačku a zahajte intenzivní míchání.
- Do baňky přidejte najednou roztok obsahující 1,10 g hydroxidu sodného v 10 ml destilované vody a vzniklou suspenzi oxidu stříbrného intenzivně míchejte ještě nejméně 5 minut.
- Vzniklý oxid stříbrný izolujte filtrací za sníženého tlaku na Büchnerově nálevce a filtrační koláč promyjte 6× 20 ml ledové destilované vody, aby byl vzniklý oxid stříbrný zcela prostý dusičnanových aniontů. Promytí je třeba provést velmi důkladně, jinak by v dalších krocích mohlo docházet k nežádoucím nitracím!
- Ještě vlhký oxid stříbrný převedte do kádinky o objemu 250 ml.

### Oxidace vanilinu na kyselinu vanilovou a její charakterizace

- Oxid stříbrný v kádince suspendujte v 50 ml destilované vody a na magnetické míchačce za stálého intenzivního míchání do suspenze postupně přidejte 5,00 g pevného hydroxidu sodného.
- Po rozpuštění hydroxidu sodného reakční směs zahřejte na magnetické míchačce na teplotu 55–60 °C. **Pozor! Je naprosto klíčové dodržet tuto teplotu reakční směsi před zahájením dalšího kroku.** Pod teplotou 55 °C nedojde k rozběhnutí exotermické oxidační reakce, nad teplotou 60 °C má ale oxidační reakce velmi bouřlivý průběh!
- Do reakční směsi přidejte najednou 3,80 g vanilinu.
- Po několika minutách dojde k zahájení oxidace vanilinu oxidem stříbrným a uvolní se poměrně značné množství tepla, které zapříčiní var reakční směsi a vznik ňufňacího kovového stříbra.
- Po zahájení exotermické oxidace reakční směs míchejte ještě cca 10 minut a následně bez ochlazení reakční směs přefiltrujte za sníženého tlaku na Büchnerově nálevce.
- Izolované kovové stříbro promyjte na filtru 5 ml horké destilované vody a následně jej shromažďujte ve speciální nádobě.
- Filtrát z odsávací baňky vlijte za stálého míchání na magnetické míchačce do kádinky obsahující 30 ml kyseliny chlorovodíkové zředěné 1:1 obj. a vzniklou suspenzi ochlaďte ve studené vodě na teplotu 15–20 °C.
- Reakční směs musí být kyselá na Kongo červeň (zřetelně lilkové-fialové zbarvení, kontrola ve zkumavce), pokud není, doneutralizujte ji kyselinou chlorovodíkovou zředěnou 1:1 obj. tak, aby byla kyselá na Kongo červeň.
- Vyloučenou kyselinu vanilovou izolujte filtrací za sníženého tlaku na Büchnerově nálevce a produkt promyjte 2× 5 ml ledové destilované vody.
- Produkt na filtru ponechte prosávat nejméně 10 minut vzduchem a následně jej vysušte v sušárně při teplotě 130 °C po dobu nejméně 30 minut.
- Produkt zvažte a do pracovního listu zapište výtěžek (ten bude po následném vysušení produktu zkontrolován laboratorním dozorem a převážen) a odevzdejte jej laboratornímu dozoru mezi dvěma Petriho miskami s popiskem vašeho startovního čísla.
- Dozor následně u suchého produktu stanoví bod tání.
- Se suchým produktem realizujte TLC analýzu oproti standardu výchozí látky (vanilinu) a standardu produktu (kyselina vanilová).  
Rozpouštědlo: aceton  
Mobilní fáze: dichlormethan-methanol-kyselina octová – 98,5 : 1,0 : 0,5 obj.
- TLC destičku popište z hliníkové strany vašim startovním číslem a odevzdejte laboratornímu dozoru.



**Vyhodnocení a otázky** (vypracujte do pracovního listu)

- 1) **Do pracovního listu uveďte přesné navážky dusičnanu stříbrného a vanilinu, které jste použili pro syntézu.**
- 2) **Vypočítejte teoretický výtěžek produktu (limitujícím reaktantem pro reakci je vanilin).**
- 3) **Zapište praktický výtěžek a stanovte procentuální výtěžek vašeho produktu (bude následně korigováno laboratorním dozorem po vysušení).**
- 4) **Popište vlastnosti produktu (barva, skupenství, zápach).**
- 5) **Vyhodnocení čistoty na základě bodu tání provede laboratorní dozor.**
- 6) **Vyhodnoťte TLC výchozí látky a produktu – počet skvrn, jejich retenční faktory a pravděpodobné složení. Vyjádřete se k čistotě produktu reakce. TLC přiložte k pracovnímu listu.**
- 7) **Zapište chemickou rovnici reakce, která probíhá při přípravě oxidu stříbrného jako oxidačního činidla.**
- 8) **Zdůvodněte na základě znalostí obecné chemie nutnost reakční směs při oxidaci zahřát, přestože má exotermický průběh.**
- 9) **Hodnocena je i správná laboratorní technika a bezpečná práce v chemické laboratoři.**



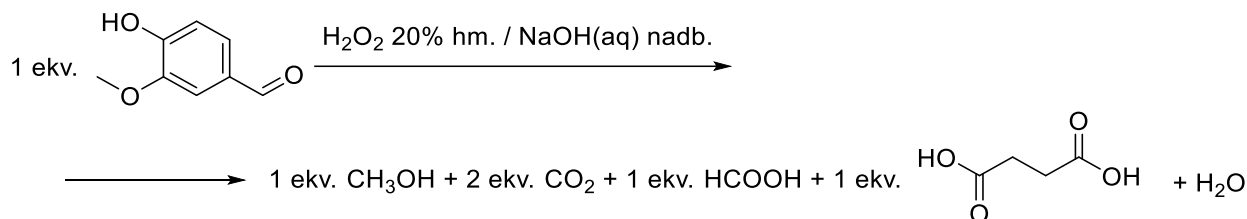
## Úloha 2 Stanovení vanilinu oxidační metodou

15 bodů

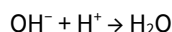
Vanilin (3-methoxy-4-hydroxybenzaldehyd,  $C_8H_8O_3$ ,  $M = 152,15 \text{ g mol}^{-1}$ ) je hlavní součástí aromatu vanilky, kde se však nachází v glykosidované formě ( $\beta$ -D-glukosid vanilinu). Samotný vanilin se vyrábí množstvím postupů, samotná izolace z vanilky (*Vanilla planifolia*) je nákladná a neekonomická. Značnější význam má dvoukroková syntéza vanilinu z guajakolu (2-methoxyfenol) vyvinutá společností Rhodia, produkce vanilinu z ligninu (společnost Borregaard) či biosyntetická cesta za použití geneticky modifikovaných bakterií (společnost Evolva). Roční spotřeba vanilinu činí celosvětově kolem 40 t.

Čistota komerčního preparátu vanilinu se však musí důkladně kontrolovat. Přestože jsou vyvinuté rozličné instrumentální metody pro stanovení vanilinu, titrační stanovení s libovolnou indikací bodu ekvivalence stále tvoří standard pro kontrolu čistoty komerčních preparátů vanilinu.

Jednou ze zajímavých metod je tzv. oxidační metoda stanovení vanilinu. Tato metoda je založena na kvantitativní stechiometrické oxidaci vanilinu peroxidem vodíku ve známém nadbytku alkalického hydroxidu. Tato oxidace poskytuje na jeden ekvivalent vanilinu jeden ekvivalent methanolu, dva ekvivalenty oxidu uhličitého, jeden ekvivalent kyseliny mravenčí a jeden ekvivalent kyseliny jantarové (tedy celkem 5 ekvivalentů jednosytné kyseliny, která reaguje s nadbytkem alkalického hydroxidu).



Nezreagovaný nadbytek alkalického hydroxidu se následně stanoví retitrací silnou kyselinou s potenciometrickou či konduktometrickou indikací bodu ekvivalence:



V následující úloze provedete:

- Stanovení čistoty komerčního preparátu vanilinu s potenciometrickou a konduktometrickou indikací bodu ekvivalence.

### Pomůcky

- |  |   |
|--|---|
| • lihový fix a tužka                   | • papírové utěrky                               |
| • stojan (2×)                          | • křížová svorka (5×)                           |
| • držák na byretu                      | • držák na pH-elektrodu/konduktometrickou sondu |
| • držák na NZ 29/32 (2×)               | • byreta 25 ml s teflonovým kohoutem            |
| • magnetická míchačka                  | • magnetické míchadlo                           |
| • nálevka na doplňování byrety         | • odměrný válec 50 ml                           |
| • skleněná tyčinka                     | • kádinka 100 ml                                |
| • kádinka 150 ml                       | • kádinka 250 ml                                |
| • pH-metr s elektrodou                 | • konduktometr s vodivostní sondou              |
| • notebook s tabulkovým procesorem     | • předvážky s přesností 0,01 g                  |
| • odměrný válec 100 ml                 | • topné hnízdo 250 ml                           |
| • varné kamínky                        | • držák na NZ 14/23 (2×)                        |
| • Liebigův chladič NZ 29/32            | • nálevka hladká                                |
| • baňka s kulatým dnem NZ 29/32 250 ml | • laboratorní zvedáček                          |
| • pipeta nedělená 20 ml                | • pipetovací balonek                            |

**Chemikálie**

- vzorek komerčního vanilinu v zásobní lahvi
- hydroxid sodný NaOH 1,00M odměrný roztok (přesná koncentrace je uvedena na zásobní lahvi)
- kyselina chlorovodíková HCl 0,10M odměrný roztok (přesná koncentrace je uvedena na zásobní lahvi)
- peroxid vodíku H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> vodný roztok 20 % hm.
- destilovaná voda

Chemikálie	H-věty	
hydroxid sodný 1,0M odměrný roztok	H290 H314	Může být korozivní pro kovy. Způsobuje těžké poleptání kůže a poškození očí.
kyselina chlorovodíková 0,1M odměrný roztok	H290	Může být korozivní pro kovy.
peroxid vodíku vodný roztok 20 % hm.	H272 H302 H332 H318	Může zesílit požár; oxidant. Zdraví škodlivý při požití. Zdraví škodlivý při vdechování. Způsobuje vážné poškození očí.

**Pracovní postup***Příprava vzorku*

- Na analytických vahách si diferenčně odvažte přesně přibližně 0,35 g vzorku vanilinu a kvantitativně jej převedte do baňky s kulatým dnem o objemu 250 ml opatřené varnými kamínky.
- Do baňky následně odpipetujte 20,00 ml 1,00M odměrného roztoku NaOH a přidejte 40–60 ml 20% roztoku peroxidu vodíku.
- Sestavte si aparaturu pro zahřívání pod zpětným chladičem za použití topného hnízda jako zdroje tepla.
- Baňku zahřívejte topným hnízdem na maximálně 1/3 výkonu. Po několika minutách zahřívání se nastartuje oxidační reakce, která způsobí silný var a zároveň pění reakční směsi.
- Po zahájení oxidace obsah baňky zahřívejte pod zpětným chladičem aspoň 15-20 minut.
- Následně odstavte zahřívání a reakční směs ochladte na laboratorní teplotu.
- Obsah baňky kvantitativně převedte do odměrné baňky o objemu 200,0 ml a doplňte destilovanou vodou po rysku. Vzorek následně řádně homogenizujte.

*Zpětné stanovení vanilinu acidimetricky s potenciometrickou indikací bodu ekvivalence*

- Sestavte si titrační aparaturu a byretu si naplňte 0,1M odměrným roztokem kyseliny chlorovodíkové.
- Do kádinky o objemu 150 ml (případně 250 ml) opatřené magnetickým míchadlem si odpipetujte 20,00 ml připraveného vzorku.
- Do kádinky se vzorkem přidejte tolik destilované vody, aby následně byla měrná část pH-elektrody zcela ponořená.
- Kádinku se vzorkem umístěte na magnetickou míchačku a zapněte míchání. Míchání ponechte zapnuté po celou dobu titrace.
- Do kádinky umístěte pH-elektrodu tak, aby její měrná část byla ve vzorku zcela ponořená.
- Zapněte pH-metr a začněte zaznamenávat hodnoty pH.
- Roztok vzorku v kádince titrujte 0,1M odměrným roztokem HCl po krocích 0,5 ml až do dosažení bodu ekvivalence. Nezapomeňte naměřit dostatečné množství hodnot po dosažení bodu ekvivalence, aby bylo možné vyhodnotit titrační křivku.
- V průběhu titrace si po každém přidavku odměrného roztoku HCl zaznamenávejte hodnotu pH roztoku.
- Titrační křivku vyhodnoťte, přijměte hodnotu spotřeby odměrného roztoku HCl odpovídající nadbytku přidaného NaOH a v případě potřeby titraci opakujte.
- Vyhodnocenou titrační křivku uložte na pracovní plochu notebooku ve formátu XXE.xlsx, kde „XX“ je vaše startovní číslo. (Vytvořte v něm více listů, abyste mohli do téhož souboru vyhodnotit i další titraci.)

*Zpětné stanovení vanilinu acidimetry s konduktometrickou indikací bodu ekvivalence*

- Sestavte si titrační aparaturu a byretu si naplňte 0,1M odměrným roztokem kyseliny chlorovodíkové.
- Do kádinky o objemu 150 ml (případně 250 ml) opatřené magnetickým míchadlem si na předvážkách odpipetujte 20,00 ml připraveného vzorku.
- Do kádinky se vzorkem přidejte tolik destilované vody (objem si přesně změřte válcem), aby následně byla měrná část vodivostní sondy zcela ponořená.
- Kádinku se vzorkem umístěte na magnetickou míchačku a zapněte míchání. Míchání ponechte zapnuté po celou dobu titrace.
- Do kádinky umístěte vodivostní sondu tak, aby její měrná část byla ve vzorku zcela ponořená.
- Zapněte pH-metr a začněte zaznamenávat hodnoty pH.
- Roztok vzorku v kádince titrujte 0,1M odměrným roztokem HCl po krocích 0,5 ml až do dosažení bodu ekvivalence. Nezapomeňte naměřit dostatečné množství hodnot po dosažení bodu ekvivalence, aby bylo možné vyhodnotit titrační křivku.
- V průběhu titrace si po každém přidavku odměrného roztoku HCl zaznamenávejte hodnotu vodivosti roztoku.
- Naměřené hodnoty vodivosti je třeba korigovat podle následujícího vztahu ( $\kappa_{\text{corr}}$  je korigovaná vodivost,  $\kappa_{\text{meas}}$  vodivost naměřená,  $V_0$  je původní objem roztoku a  $V_{\text{HCl}}$  je objem přidavku HCl během titrace)

$$\kappa_{\text{corr}} = \kappa_{\text{meas}} \cdot \frac{V_0 + V_{\text{HCl}}}{V_0}$$

- Titrační křivku vyhodnoťte, přijměte hodnotu spotřeby odměrného roztoku HCl odpovídající nadbytku přidaného NaOH a v případě potřeby titraci opakujte.
- Vyhodnocenou titrační křivku uložte na pracovní plochu notebooku ve formátu XXE.xlsx, kde „XX“ je vaše startovní číslo. (Vytvořte v něm více listů, abyste mohli do téhož souboru vyhodnotit i další titraci.)

**Vyhodnocení a otázky** (vypracujte do pracovního listu)

- 1) **Do pracovního listu uveďte přesnou koncentraci odměrného roztoku hydroxidu sodného a kyseliny chlorovodíkové a rovněž navážku vanilinu, které jste použili pro stanovení.**
- 2) **Uložte vyhodnocenou titrační křivku stanovení vanilinu s potenciometrickou indikací bodu ekvivalence včetně naměřených dat a uveďte přijatou hodnotu spotřeby odměrného roztoku kyseliny chlorovodíkové.**
- 3) **Uložte vyhodnocenou titrační křivku stanovení vanilinu s konduktometrickou indikací bodu ekvivalence včetně naměřených dat a uveďte přijatou hodnotu spotřeby odměrného roztoku kyseliny chlorovodíkové.**
- 4) **Vypočítejte čistotu vanilinu v % hm. stanovenou oběma metodami.**
- 5) **Rozhodněte a zdůvodněte, jaká z metod indikace bodu ekvivalence je pro dané stanovení vhodnější.**
- 6) **Proč se provádí korekce vodivosti v případě konduktometrického stanovení?**
- 7) **Jaký plyn je příčinou pěnění reakční směsi při rozkladu vanilinu?**
- 8) **Hodnocena je i správná laboratorní technika a bezpečná práce v chemické laboratoři.**





**4) Popište vlastnosti produktu (barva, skupenství, zápach).**

Popis produktu:	<b>body:</b>

**5) Vyhodnocení čistoty na základě bodu tání (provede laboratorní dozor).**

Naměřený bod tání:	<b>body:</b>

**6) Vyhodnoťte TLC výchozí látky a produktu – počet skvrn, jejich retenční faktory a pravděpodobné složení. Vyjádřete se k čistotě produktu reakce. TLC přiložte k pracovnímu listu.**

Vyhodnocení TLC:

Vzorek	Počet skvrn	$R_F$ / 1 pro jednotlivé skvrny
standard vanilinu		
standard kyseliny vanilové		
připravený produkt		

Vyjádření k čistotě produktu reakce:

<b>body:</b>
--------------

--

7) Zapište chemickou rovnici reakce, která probíhá při přípravě oxidu stříbrného jako oxidačního činidla.

Rovnice:
<b>body:</b>

8) Hodnocena je i správná laboratorní technika a bezpečná práce v chemické laboratoři.

Seznam prohřešků proti správné laboratorní praxi (vyplní organizátor/dozor v laboratoři) včetně příslušné bodové ztráty.
<b>body:</b>

**Úloha 2 Stanovení vanilinu oxidační metodou****15 bodů**

- 1) Uvedte přesnou koncentraci odměrného roztoku hydroxidu sodného, který jste použili pro stanovení.

Přesná navážka vzorku vanilinu:

Přesná koncentrace odměrného roztoku NaOH:

Přesná koncentrace odměrného roztoku HCl:

- 2) Uložte vyhodnocenou titrační křivku stanovení vanilinu s potenciometrickou indikací bodu ekvivalence včetně naměřených dat a uveďte přijatou hodnotu spotřeby odměrného roztoku kyseliny chlorovodíkové.

$V_{\text{přijátá,potencio}}(\text{HCl}) =$	<b>body:</b>
---	--------------

- 3) Uložte vyhodnocenou titrační křivku stanovení vanilinu s konduktometrickou indikací bodu ekvivalence včetně naměřených dat a uveďte přijatou hodnotu spotřeby odměrného roztoku kyseliny chlorovodíkové.

$V_{\text{přijátá,kondukto}}(\text{HCl}) =$	<b>body:</b>
---	--------------



--

**6) Proč se provádí korekce vodivosti v případě konduktometrického stanovení?**

Zdůvodnění:
<b>body:</b>

**7) Jaký plyn je příčinou pění reakční směsi při rozkladu vanilinu?**

Identifikace plynu:
<b>body:</b>

**8) Hodnocena je i správná laboratorní technika a bezpečná práce v chemické laboratoři.**

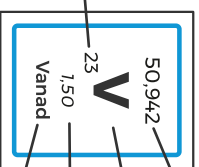
Seznam prohřešků proti správné laboratorní praxi (vyplní organizátor/dozor v laboratoři) včetně příslušné bodové ztráty.
<b>body:</b>



# PERIODICKÁ SOUSTAVA PRVKŮ

18  
VIII. A

1 I. A	100794 <b>H</b> 1 Vodík	2 II. A											13 III. A	14 IV. A	15 V. A	16 VI. A	17 VII. A	4,0026 <b>He</b> 2 Helium									
2	6,941 <b>Li</b> 3 0,97 Lithium	9,0122 <b>Be</b> 4 1,50 Beryllium											10,811 <b>B</b> 5 2,00 Bor	12,011 <b>C</b> 6 2,50 Uhlík	14,007 <b>N</b> 7 3,10 Dusík	15,999 <b>O</b> 8 5,50 Kyslík	18,998 <b>F</b> 9 4,10 Fluor	20,179 <b>Ne</b> 10 Neon									
3	22,990 <b>Na</b> 11 1,00 Sodík	24,305 <b>Mg</b> 12 1,20 Hořčík											26,982 <b>Al</b> 13 1,50 Hliník	28,085 <b>Si</b> 14 1,70 Křemík	30,974 <b>P</b> 15 2,10 Fosfor	32,06 <b>S</b> 16 2,40 Síra	35,453 <b>Cl</b> 17 2,80 Chlor	39,948 <b>Ar</b> 18 Argon									
4	39,098 <b>K</b> 19 0,91 Draslík	40,078 <b>Ca</b> 20 1,00 Vápník	44,956 <b>Sc</b> 21 1,30 Skandium	47,867 <b>Ti</b> 22 1,30 Titan	50,942 <b>V</b> 23 1,50 Vanad	51,996 <b>Cr</b> 24 1,60 Chrom	54,938 <b>Mn</b> 25 1,60 Mangan	55,845 <b>Fe</b> 26 1,60 Železo	58,933 <b>Co</b> 27 1,70 Kobalt	58,693 <b>Ni</b> 28 1,70 Nikl	63,546 <b>Cu</b> 29 1,70 Měď	65,38 <b>Zn</b> 30 1,70 Zinek	69,723 <b>Ga</b> 31 1,80 Gallium	72,61 <b>Ce</b> 32 2,00 Germanium	74,922 <b>As</b> 33 2,20 Arzen	78,971 <b>Se</b> 34 2,50 Selen	79,904 <b>Br</b> 35 2,70 Brom	83,798 <b>Kr</b> 36 Krypton									
5	85,468 <b>Rb</b> 37 0,89 Rubidium	87,62 <b>Sr</b> 38 0,99 Stroncium	88,906 <b>Y</b> 39 1,10 Ytřium	91,224 <b>Zr</b> 40 1,20 Zirkonium	92,906 <b>Nb</b> 41 1,20 Niob	95,95 <b>Mo</b> 42 1,30 Molybden	-98 <b>Tc</b> 43 1,40 Technecium	101,07 <b>Ru</b> 44 1,40 Ruthenium	102,91 <b>Rh</b> 45 1,40 Rhodium	106,42 <b>Pd</b> 46 1,30 Palladium	107,87 <b>Ag</b> 47 1,40 Stříbro	112,41 <b>Cd</b> 48 1,50 Kadmium	114,82 <b>In</b> 49 1,50 Indium	118,71 <b>Sn</b> 50 1,70 Cín	121,75 <b>Sb</b> 51 1,80 Antimon	127,60 <b>Te</b> 52 2,00 Tellur	126,90 <b>I</b> 53 2,20 Jod	131,29 <b>Xe</b> 54 Xenon									
6	132,91 <b>Cs</b> 55 0,86 Cesium	137,33 <b>Ba</b> 56 0,97 Baryum											178,49 <b>Hf</b> 72 1,20 Hafnium	180,95 <b>Ta</b> 73 1,30 Tantal	183,84 <b>W</b> 74 1,30 Wolfram	186,21 <b>Re</b> 75 1,50 Rhenium	190,23 <b>Os</b> 76 1,50 Osmium	192,22 <b>Ir</b> 77 1,50 Iridium	195,08 <b>Pt</b> 78 1,40 Platina	196,97 <b>Au</b> 79 1,40 Zlato	200,59 <b>Hg</b> 80 1,40 Rtuť	204,38 <b>Tl</b> 81 1,40 Thallium	207,20 <b>Pb</b> 82 1,50 Olovo	208,98 <b>Bi</b> 83 1,70 Bismut	-209 <b>Po</b> 84 1,80 Polonium	-210 <b>At</b> 85 1,90 Astat	-222 <b>Rn</b> 86 Radon
7	-223 <b>Fr</b> 87 0,86 Francium	226,03 <b>Ra</b> 88 0,97 Rádium											261,11 <b>Rf</b> 104 Rutherfordium	262,11 <b>Db</b> 105 Dubnium	263,12 <b>Sg</b> 106 Seaborgium	262,12 <b>Bh</b> 107 Bohrium	270 <b>Hs</b> 108 Hassium	268 <b>Mt</b> 109 Meitnerium	281 <b>Ds</b> 110 Darmstadtium	280 <b>Rg</b> 111 Roentgenium	277 <b>Cn</b> 112 Kopernicium	-287 <b>Nh</b> 113 Nihonium	289 <b>Fl</b> 114 Flerovium	-288 <b>Mc</b> 115 Moscovium	-289 <b>Lv</b> 116 Livermorium	-291 <b>Ts</b> 117 Tennessin	293 <b>Og</b> 118 Oganesson



Relativní atomová hmotnost  
Značka  
Elektronegativita  
(Allred-Rochowova)  
Název

## 6 LANTHANOIDY

138,91 <b>La</b> 57 1,10 Lanthan	140,12 <b>Ce</b> 58 1,10 Cer	140,91 <b>Pr</b> 59 1,10 Praseodym	144,24 <b>Nd</b> 60 1,10 Neodym	-145 <b>Pm</b> 61 1,10 Promethium	150,36 <b>Sm</b> 62 1,10 Samarium	151,96 <b>Eu</b> 63 1,00 Europium	157,25 <b>Gd</b> 64 1,10 Gadolium	158,93 <b>Tb</b> 65 1,10 Terbium	162,50 <b>Dy</b> 66 1,10 Dysprosium	164,93 <b>Ho</b> 67 1,10 Holmium	167,26 <b>Er</b> 68 1,10 Erbium	168,93 <b>Tm</b> 69 1,10 Thulium	173,04 <b>Yb</b> 70 1,10 Ytterbium	174,97 <b>Lu</b> 71 1,10 Lutecium
227,03 <b>Ac</b> 89 1,00 Aktinium	232,04 <b>Th</b> 90 1,10 Thorium	231,04 <b>Pa</b> 91 1,10 Protoaktinium	238,03 <b>U</b> 92 1,20 Uran	237,05 <b>Np</b> 93 1,20 Neptunium	[244] <b>Pu</b> 94 1,20 Plutonium	-243 <b>Am</b> 95 1,20 Amercium	-247 <b>Cm</b> 96 1,20 Curium	-247 <b>Bk</b> 97 1,20 Berkelium	-251 <b>Cf</b> 98 1,20 Kalifornium	-252 <b>Es</b> 99 1,20 Einsteinium	-257 <b>Fm</b> 100 1,20 Fermium	-258 <b>Md</b> 101 1,20 Mendelevium	-259 <b>No</b> 102 1,20 Nobelium	-260 <b>Lr</b> 103 1,20 Lawrencium

## 7 AKTINOIDY