



KUCHAŘKA

jednoduchých experimentů

CHEMIE

2023



Obsah

CHE	FYZ	BIO	Úvod	4
			Acidobazická titrace	18
			Změna pH při ředění roztoku	20
			Okyselování vody vlivem CO_2 (kyselé deště)	22
			Vliv sycení nápojů oxidem uhličitým na jejich kyselost NOVÉ	24
			Měření pH nápojů	26
			Odhadnete pH podle chuti?	28
			Neutralizace kyseliny	30
			Teplota plamene	32
			Vývoj teploty při vaření vody (vliv fázového přechodu)	34
			Tuhnutí krystalické látky	36
			Tuhnutí amorfnní látky NOVÉ	38
			Změna teploty při rozpouštění	40
			Endotermický děj – rozpouštění jedlé sody ve vodě	42
			Změna teploty při neutralizaci	44
			Vypařování vody a lihu	46
			Chladicí směs	48
			Teplotní změny při ředění kyseliny sírové	50
			Změny teploty při kompresi a expanzi plynu	52
			Změny tlaku při chemické reakci	54
			Rychlost chemické reakce – vliv velikosti povrchu	56
			Rychlost chemické reakce – vliv teploty	58

			Rychlost chemické reakce – vliv míchání	60
			Závislost tlaku plynu na objemu	62
			Závislost tlaku plynu na teplotě	64
			Příprava CO ₂ a zhasnutí svíčky nedostatkem kyslíku	66
			Změna složení vzduchu při hoření svíčky NOVÉ	68
			Absorpce CO ₂ do roztoku NaOH NOVÉ	72
			Citronová „baterie“ (galvanický článek)	74
			Určení hmotnosti atomu mědi	76
			Elektrická vodivost kapalin	78
			Změny elektrické vodivosti při rozpouštění cukru a soli	80
			Opalovací krém a ochrana proti UV záření	82
			Měrná otáčivost opticky aktivních látek	84
			Vliv koncentrace roztoku na stáčení roviny polarizace NOVÉ	86
			Mutarotace glukózy	88
			Určení koncentrace pomocí Lambertova-Beerova zákona	90
			Určení koncentrace pomocí kolorimetru NOVÉ	94
			Určení chemického složení plynu spektrometrem	98
			Fluorescence chininu	100
			Potvrzení chlorofylu v panenském olivovém oleji	102

Co přináší Kuchařka jednoduchých experimentů – CHEMIE

Se školním experimentálním systémem Vernier můžete provádět laboratorní práce, badatelské aktivity, krátkodobé i dlouhodobé experimenty, ale také jednoduchá, rychlá a názorná měření pro oživení jednotlivých vyučovacích hodin.

Do této brožury jsme vybrali ze všech dosud publikovaných dílů Kuchařek taková měření, která jsme vyhodnotili jako vhodná pro výuku chemie na ZŠ, SŠ a VŠ. Aktivitu lze využít v běžné výuce, v zájmových kroužcích či například při projektových dnech.

Návody jsou zamýšleny jako inspirace pro učitele, nikoli jako pracovní listy pro žáky.

Některé experimenty mají přesahy také do fyziky či biologie. Jednotlivé návody jsme označili podle jejich zaměření následujícím způsobem:



chemie



fyzika



biologie

NOVÉ

Návody dosud v tištěné podobě nepublikované jsme v obsahu na začátku brožury označili, abyste je snadno našli.

Další varianty této brožury – FYZIKA, BIOLOGIE, ZÁKLADNÍ ŠKOLY

Kromě oborových variant Kuchařky zaměřených na fyziku, chemii a biologii na ZŠ, SŠ a VŠ jsme vydali též Kuchařku pro základní školy.

V případě zájmu o jinou variantu Kuchařky (fyzika / biologie / základní školy) nám napište na info@edufor.cz, rádi Vám ji zdarma zašleme.



Všechny experimenty najdete též na webu www.vernier.cz/kucharka.

Co potřebujete, abyste mohli začít měřit

1. Software

Zdarma v češtině pro Windows, Android, iOS, iPadOS, ChromeOS i macOS.

Graphical Analysis (měření s čidly Vernier): www.vernier.cz/GA

Spectral Analysis (měření se spektrometrem): www.vernier.cz/SA

Instrumental Analysis (měření s polarimetrem): www.vernier.cz/IA

2. Čidla Go Direct

Pro každé měření je potřeba jedno nebo více čidel. Čidla Vernier Go Direct připojujete přímo k Vašemu zařízení – kabelem přes USB port nebo bezdrátově přes Bluetooth.

Lze použít i klasická „drátová“ čidla?

Ano, pokud ve škole máte klasická „drátová“ čidla s konektory BTA či BTD a k nim příslušné propojovací rozhraní, například LabQuest Mini (www.vernier.cz/LQ-MINI), můžete je se softwarem Graphical Analysis používat také.

Je datalogger LabQuest kompatibilní s čidly Go Direct?

Datalogger LabQuest 3 (i starší LabQuest 2) je plně kompatibilní s čidly Go Direct i s aplikací Graphical Analysis. Čidla lze k dataloggeru připojovat přes USB i bezdrátově pomocí Bluetooth. Datalogger využijete pro měření v terénu i ve třídě, v případě potřeby také jako propojovací rozhraní pro připojování klasických (BTA, BTD) čidel k PC.

Více na www.vernier.cz/LABQ3.



Školení a workshopy pro učitele

Pro úplné začátečníky i pro pokročilé uživatele nabízíme několik druhů školení a workshopů, které ochotně přizpůsobíme délkou i obsahem na míru každé jednotlivé škole. Naši lektori mají s Vernierem rozsáhlé zkušenosti z výuky mladších i starších žáků. V případě zájmu o školení či workshop nás kontaktujte na info@edufor.cz.

Nezmeškejte žádnou aktualitu

Několikrát do roka (podle toho, jak se aktuality nashromáždí) rozesíláme zájemcům informace o tom, co jsme přichystali nového – návody na experimenty, nová čidla, semináře a akce pro učitele, tipy a triky, aktualizace softwaru apod.

Pokud chcete, požádejte o zařazení na seznam pro občasnou rozesílku aktualit na adrese info@edufor.cz. Ze seznamu se můžete kdykoliv zase odhlásit.

Máte tip na vylepšení nebo námět na nový experiment?

Na adrese info@edufor.cz si rádi přečteme o vašich zkušenostech, námětech na nové experimenty nebo tipech pro vylepšení stávajících návodů.

Potřebujete pomoc při sestavení balíčku čidel?

Vernier nabízí více než 100 různých čidel pro školní měření a bádání.

Kompletní ceník veškerého vybavení je dostupný na www.vernier.cz/cenik.

Balíčky lze konfigurovat na www.vernier.cz/konfigurator.

Chcete poradit s výběrem vhodného vybavení? Kontaktujte nás na info@edufor.cz nebo na telefonu **774 693 244**.

Katalog čidel s inspirací pro experimenty

Další náměty na experimenty a odkazy na návody naleznete také v našem katalogu.

Katalog můžete stáhnout v elektronické podobě na www.vernier.cz/katalog.

Katalog Vám rádi zdarma zašleme i v tištěné podobě – napište nám na info@edufor.cz.

Jednotlivé experimenty jsou v katalogu označeny číselným kódem. Návod na příslušný experiment najdete na webu, když za www.vernier.cz/ napíšete číslo experimentu, např. www.vernier.cz/132.

Katalog má tři části: **FYZIKA**, **CHEMIE** a **BIOLOGIE**. Mnohá čidla lze využít ve více oborech, proto se objevují v katalogu několikrát – pokaždé k nim uvádíme ukázky vhodných experimentů v rámci daného oboru.



Přehled čidel využitých v této Kuchařce

Na webových stránkách www.vernier.cz/konfigurator si můžete sestavit vlastní balíček čidel přizpůsobený podle konkrétních měření, která plánujete provádět.

V řadě případů (ale ne vždy) lze místo námi zvoleného čidla použít i jiné podobné čidlo. Například mnohé experimenty s chemicky odolným nerezovým teploměrem GDX-TMP lze provádět i s Go Direct bodovým teploměrem GDX-ST, ale také třeba s klasickými čidly TMP-BTA, GO-TEMP a dalšími. V případě pochybností se na nás obraťte.

Přehled bezdrátových čidel Go Direct najdete na www.vernier.cz/godirect.

Nerezový teploměr

www.vernier.cz/GDX-TMP

- chemicky odolný (kyseliny, zásady)
- rozsah $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$



Teploměr s velkým rozsahem

www.vernier.cz/GDX-TC

- rozsah $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $+1400\text{ }^{\circ}\text{C}$
- vyměnitelný termočlánek



Bodový teploměr

www.vernier.cz/GDX-ST

- díky malé tepelné kapacitě rychle reaguje na změny teploty
- rozsah $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$



Čidlo pH

www.vernier.cz/GDX-PH

- není nutné pokaždé kalibrovat
- pro zvýšení přesnosti lze kalibraci provést a uložit přímo do čidla



Čidlo koncentrace CO₂

www.vernier.cz/GDX-CO2

- rozsah 0 až 10 %
- pro měření v plynech
- integrovaný vlhkoměr a teploměr



Čidlo koncentrace O₂

www.vernier.cz/GDX-O2

- rozsah 0 až 100 %
- pro měření v plynech
- integrovaný teploměr



Čidlo vodivosti (konduktometr)

www.vernier.cz/GDX-CON

- rozsah 0 až 20 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- není nutné kalibrovat
- pro zvýšení přesnosti lze kalibraci provést a uložit přímo do čidla



Proudový zdroj a ampérmetr pro elektrochemii

www.vernier.cz/GDX-CCS

- plynulá regulace proudu
- el. proud 0 až 600 mA
- el. napětí 0 až do 5 V
- měření celkového el. náboje



Přesné váhy

www.vernier.cz/OHSK-123

- rozsah 0 až 120 g
- citlivost 0,001 g



Voltmetr

www.vernier.cz/GDX-VOLT

- rozsah $\pm 20\text{ V}$



Čidlo světla (luxmetr)

<http://www.vernier.cz/GDX-LC>

- rozsah 0 až 150 000 lx
- vzorkovací frekvence až 1000 Hz
- integrované čidlo UVA záření



Polarimetr

www.vernier.cz/GDX-POL

- přesnost určení úhlu lepší než 1°
- automatizované měření



Spektrometr

www.vernier.cz/GDX-SVISPL

- rozsah 380 nm až 950 nm
- excitační zdroje 405 nm a 500 nm pro fluorimetrii



Optické vlákno ke spektrometru

www.vernier.cz/VSP-FIBER

- umožňuje zkoumat světlo vnějších zdrojů (žárovka, LED, výbojové trubice, Slunce)



Výbojové trubice

www.vernier.cz/ST-SPS

- bezpečný a tichý zdroj napájení
- výbojové trubice: vodík, helium, dusík, vzduch, oxid uhličitý, neon, argon



Kolorimetr

www.vernier.cz/GDX-COL

- rozsah absorbance 0,05 až 1
- rozsah transmitance 10 % až 90 %
- šachta pro umístění kyvety
- vlnové délky (nm): 430, 470, 565, 635



Čidlo tlaku plynu

www.vernier.cz/GDX-GP

- rozsah 0 až 400 kPa
- součástí balení je příslušenství (hadička, stříkačka, zátka a další)



Magnetická míchačka

www.vernier.cz/STIR

- plynulá regulace rychlosti



Čítač kapek

www.vernier.cz/GDX-DC

- automatizované měření objemu podle počtu kapek



Návod na připojení čidel Go Direct

(návod na připojení spektrometru a polarimetru jsou na dalších stránkách)



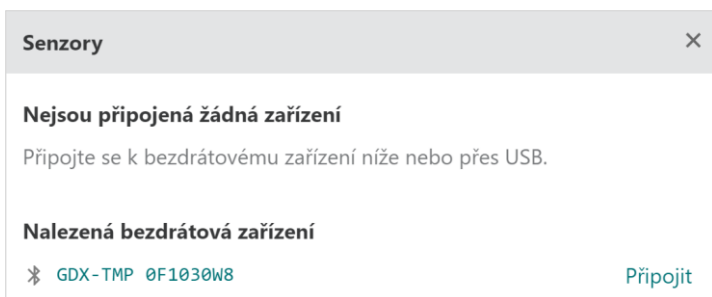
Bezdrátové připojení (Bluetooth)

Přes Bluetooth můžete čidla Vernier Go Direct připojovat k počítačům (Windows i Mac), k tabletům a telefonům (iOS, iPadOS i Android) a také k Chromebookům.

1. Go Direct čidlo zapněte krátkým stisknutím tlačítka, LED indikátor začne červeně blikat (pro vypnutí čidla podržte totéž tlačítko 3 sekundy).
2. Na svém zařízení povolte Bluetooth a spusťte aplikaci Vernier Graphical Analysis.
U telefonů a tabletů s Androidem je potřeba v zařízení povolit pro aplikaci Graphical Analysis také přístup k polohovým službám, bez kterých nefunguje vyhledávání dostupných čidel.
3. V úvodní nabídce vyberte možnost *Měření pomocí senzorů*.



4. V seznamu nalezených čidel vyberte požadované čidlo a klikněte na *Připojit*.
Poznámka: Je-li v seznamu čidel více, orientujte se podle kódu čidla a unikátního 8místného identifikátoru, který má každé čidlo na sobě vytištěný.



5. Nakonec klikněte na tlačítko *HOTOVO* a můžete měřit.

Připojení přes USB

K počítačům (Windows i Mac) a Chromebookům můžete čidla Go Direct připojovat přes USB pomocí dodaného kabelu.

Po zapojení do USB portu a spuštění aplikace Graphical Analysis dojde k automatické detekci a připojení čidla.

Nabíjení

Čidla jsou vybavena akumulátory. K dobíjení dochází vždy, když je čidlo připojeno k USB portu počítače, nabíječky nebo powerbanky. Dobíjení přes USB trvá přibližně 2 hodiny, čidlo poté může pracovat obvykle několik desítek hodin (závisí na typu čidla).

Pro hromadné nabíjení čidel lze využít nabíjecí stanici (www.vernier.cz/GDX-CRG).



Návod na připojení spektrometru GDX-SVISPL



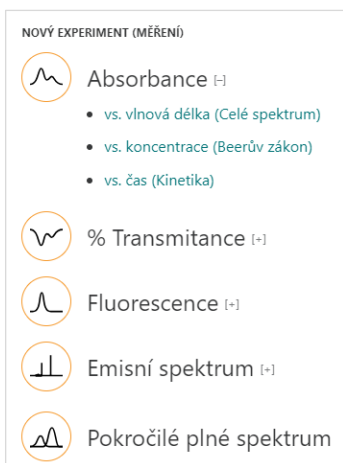
Bezdrátové připojení (Bluetooth)

Přes Bluetooth můžete spektrometr Vernier připojovat k počítačům (Windows i Mac), k tabletům a telefonům (iOS, iPadOS, Android) a také k Chromebookům.

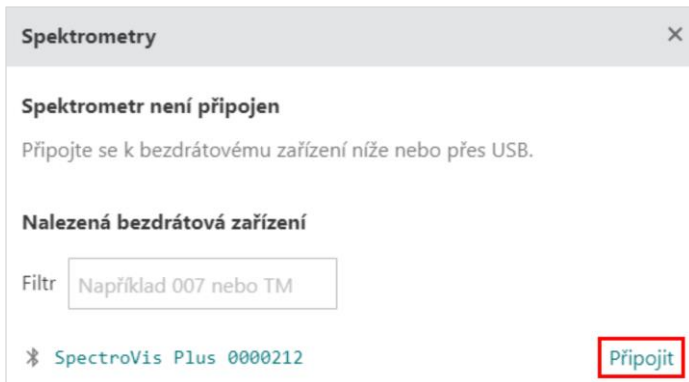
1. Spektrometr zapnete krátkým stisknutím tlačítka na boku přístroje, LED indikátor zapnutí přístroje začne zeleně svítit (pro vypnutí podržte totéž tlačítko 3 sekundy).
2. Na svém zařízení povolte Bluetooth a spusťte aplikaci Vernier **Spectral Analysis**.

U telefonů a tabletů s Androidem je potřeba v zařízení povolit pro aplikaci Spectral Analysis také přístup k polohovým službám, bez kterých nefunguje vyhledávání dostupných spektrometrů.

3. V nabídce vyberte požadovaný režim měření.



4. V seznamu vyberte požadovaný spektrometr a klikněte na *Připojit*.



5. Nakonec klikněte na tlačítko *HOTOVO* a můžete měřit.

Připojení přes USB

K počítačům (Windows i Mac) a Chromebookům můžete spektrometr připojovat přes USB pomocí dodaného kabelu.

Po zapojení do USB portu a spuštění aplikace Spectral Analysis dojde k automatickému připojení spektrometru a zobrazení nabídky režimů měření.

Nabíjení

Spektrometr je vybaven vyměnitelným akumulátorem. K dobíjení dochází vždy, když je přístroj připojen USB kabelem k počítači, nabíječce nebo powerbance.

Návod na připojení polarimetru GDX-POL

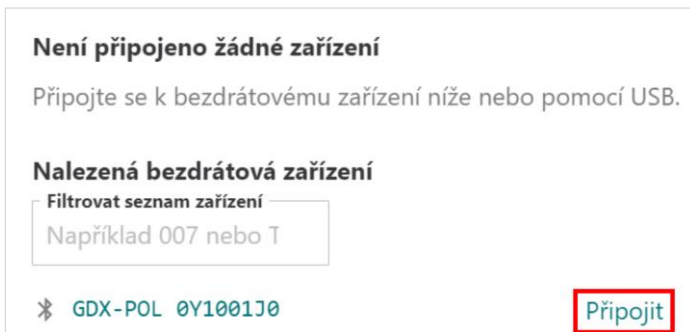
Bezdrátové připojení (Bluetooth)

Přes Bluetooth můžete polarimetr připojovat k počítačům (Windows i Mac), k tabletům a telefonům (iOS, iPadOS, Android) a také k Chromebookům.

1. Polarimetr zapnete krátkým stisknutím tlačítka na zadní straně přístroje (pro vypnutí podržte totéž tlačítko 3 sekundy). LED indikátor zapnutí přístroje začne červeně blikat.
2. Na svém zařízení povolte Bluetooth a spusťte aplikaci Instrumental Analysis.
U telefonů a tabletů s Androidem je potřeba v zařízení povolit pro aplikaci Instrumental Analysis také přístup k polohovým službám, bez kterých nefunguje vyhledávání dostupných čidel.
3. V úvodní nabídce vyberte možnost *Polarimetrie*.



4. V seznamu nalezených vyberte požadovaný polarimetr a klikněte na *Připojit*.



5. Nakonec klikněte na tlačítko *HOTOVO* a můžete měřit.

Připojení přes USB

Přes USB můžete polarimetr Vernier připojovat pomocí dodaného kabelu k počítačům (Windows i Mac) a k Chromebookům.

Po zapojení do USB portu a spuštění aplikace Instrumental Analysis vyberte položku *Polarimetrie* a můžete začít měřit.

Nabíjení

Polarimetr je vybaven vyměnitelným akumulátorem. K dobíjení dochází vždy, když je přístroj připojen USB kabelem k počítači, nabíječce nebo powerbance.





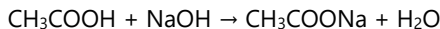
Acidobazická titrace

Pomůcky

Čidlo kyselosti Vernier GDX-PH, čítač kapek Vernier GDX-DC, byreta dodávaná spolu s čítačem, magnetická míchačka Vernier STIR, váhy, 2 kádinky, destilovaná voda, pipeta, hydroxid sodný, ocet, ochranné pomůcky (plášť, rukavice, brýle).

Teorie

Cílem titrace je určit neznámou koncentraci roztoku dané látky tím, že do něj postupně přidáváme roztok jiné látky o známé koncentraci (tzv. *titrační činidlo*) a změříme přesné množství titračního činidla, které je potřebné k tomu, aby látky beze zbytku zreagovaly. Při acidobazické titraci je jednou z látek kyselina, druhou zásada. V tomto ukázkovém experimentu půjde o reakci kyseliny octové s hydroxidem sodným:



V průběhu titrace budeme měřit pH roztoku v závislosti na objemu přidaného titračního činidla. Bodu, ve kterém je závislost pH na objemu (tzv. *titrační křivka*) nejstrmější, říkáme *bod ekvivalence*. V tomto bodě jsou látková množství reaktantů v poměru, jaký udává rovnice reakce – v našem případě tedy na 1 mol kyseliny připadá 1 mol zásady. Hledanou koncentraci pak určíme z rovnosti $c_1V_1 = c_2V_2$, kde c jsou koncentrace analyzovaného roztoku a titračního činidla a V jejich objemy.

Příprava roztoků

1. Analyzovaným vzorkem bude vodný roztok kyseliny octové. Pipetou odměřte 5 ml octa a smíchejte s 65 ml vody.
2. Titračním činidlem bude roztok hydroxidu sodného. Odvažte 1 g hydroxidu sodného a rozpustěte v 50 ml vody. Získáte tak roztok o koncentraci $c_2 = 0,5 \text{ mol/l}$.

Příprava měření

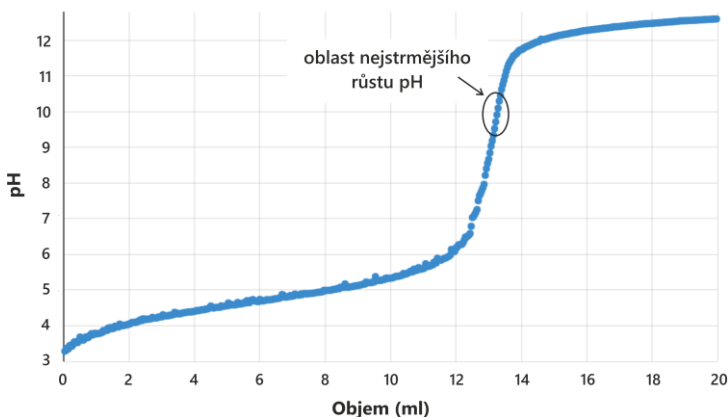
1. Sestavte titrační aparaturu dle obrázku.
2. Byretu umístěte tak, aby kapky propadávaly mezi rameny čítače kapek (žlutě vyznačená oblast na obrázku).
3. Kádinku s roztokem kyseliny octové postavte na magnetickou míchačku a vložte do ní magnetickou míchací tyčinku. Ujistěte se, že elektroda pH čidla je ponořena a umístěna tak, aby do ní tyčinka při míchání nenarážela.
4. Byretu s uzavřeným regulačním kohoutem naplňte roztokem hydroxidu sodného.



Provedení experimentu

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a čidla v libovolném pořadí připojíte (str. 12).
2. Tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spustíte záznam dat.
3. Velmi opatrně otáčejte regulačním kohoutem byrety až do té doby, než ní začne odkapávat titrační roztok. Průchod každé kapky signalizuje čítač bliknutím diody.
4. Nastavte vhodnou rychlost odkapávání a vyčkejte, až odkape cca 20 ml titračního činidla. Poté měření ukončete tlačítkem **ZASTAVIT**.

Ukázka naměřených dat



Závěr

Titrační křivka byla nejstrmější v oblasti pH okolo hodnoty 10, vzdálenosti mezi naměřenými body jsou zde největší. Pro hodnotu pH = 10 je experimentálně zjištěný odkapaný objem titračního činidla $V_2 = 13,2$ ml. Dosazením $V_1 = 70$ ml, $V_2 = 13,2$ ml a $c_2 = 0,5$ mol/l do rovnice $c_1 V_1 = c_2 V_2$ získáme $c_1 = 0,094$ mol/l.

Naměřené koncentraci 0,094 mol/l odpovídá koncentrace 7,9 % kyseliny octové v původním (nezředěném) octu, což se dobře shoduje s výrobcem deklarovanou hodnotou 8 %.

Poznámky

- Hydroxid sodný je nebezpečná žravina – nezapomínejte na bezpečnost práce!
- Čítač kapek pracuje s předvoleným objemem kapky 0,0357 ml – v případě potřeby lze pro přesnější měření provést kalibraci velikosti kapky pro danou kapalinu.
- Slijou-li se kapky z byrety v souvislý proud, čítač to započítá jako jedinou kapku.
- Při reakci slabé kyseliny a silné zásady odpovídá bodu ekvivalence $\text{pH} > 7$.
- Žáci v jedné skupině mohou připravit roztok pro analýzu, aniž by ostatním řekli jeho koncentraci. Úkolem druhé skupiny je neznámou koncentraci určit.



Změna pH při ředění roztoku

Pomůcky

Čidlo kyselosti Vernier GDX-PH, 3 kádinky, ocejchovaná injekční stříkačka nebo pipeta, stříkačka, destilovaná voda, hydroxid sodný, ochranné pomůcky (plášť, rukavice, brýle).

Teorie

Ionty H_3O^+ a OH^- se díky samovolné disociaci vody vyskytují v roztocích společně s neutrálními molekulami vody. V čisté vodě tyto ionty vznikají či zanikají vždy jako pár, proto jsou jejich koncentrace shodné a závisejí pouze na míře disociace vody, která roste s teplotou. Při 25 °C je relativní látková koncentrace iontů H_3O^+ (resp. OH^-) 10^{-7} .

Hodnota pH je definována jako *záporně vzatý dekadický logaritmus aktivity iontů H_3O^+* . Při nepříliš velkých koncentracích je aktivita iontů (tedy jejich projevování navenek) přímo úměrná koncentraci těchto iontů (jsou-li koncentrace vyšší, aktivita díky vzájemným interakcím mezi ionty klesá). Pro čistou vodu při 25 °C je $\text{pH} = 7$. S teplotou se pH mění – například při 10 °C je $\text{pH} = 7,27$ a při 40 °C je $\text{pH} = 6,77$.

Součin koncentrací iontů H_3O^+ a OH^- (tzv. iontový součin vody) se zachovává i poté, co koncentraci jednoho iontu ovlivníme přidáním jiné chemické látky (například kyseliny sírové nebo hydroxidu sodného). Pokud tedy 10× zvýšíme koncentraci OH^- , sníží se v důsledku toho 10× koncentrace H_3O^+ . Pokud převažují ionty H_3O^+ ($\text{pH} < 7$), roztok je kyselý. Převažují-li ionty OH^- ($\text{pH} > 7$), roztok je zásaditý.

Pro měření nejprve připravíme roztok NaOH, ve kterém budou převažovat ionty OH^- , bude tedy zásaditý. Následně provedeme desetinásobné zředění roztoku. Koncentrace iontů OH^- desetkrát poklesne, čemuž při zachování iontového součinu vody odpovídá desetinásobný nárůst koncentrace iontů H_3O^+ a po zlogaritmování tedy jednotková odchylka od původního pH.

Takto jednoduchý výpočet nelze uplatnit pro tzv. slabé kyseliny (resp. zásady), protože jsou v roztoku disociovány jen zčásti. Neplatí pro ně, že při desetinásobném zředění poklesne koncentrace iontů H_3O^+ (resp. OH^-) desetkrát, protože látka na zředění zareaguje ochotněji disociací a snížení koncentrace iontů tedy částečně vyrovná.

Příprava měření

1. Vyjměte čidlo GDX-PH ze skladovacího roztoku (odšroubujte víčko, čidlo vytáhněte). Otevřenou nádobku odložte na bezpečné místo tak, aby se skladovací roztok během experimentu nevyliil. Čidlo opláchněte destilovanou vodou.
2. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojte čidlo (str. 12).

3. Klikněte na tlačítko  vpravo nahoře a zvolte *Okamžitá hodnota*.



4. Nasypte přibližně 0,1 g NaOH do 100 ml destilované vody a vyčkejte, až se zcela rozpustí. Po důkladném promíchání vložte pH čidlo. Až se měřená hodnota ustálí, zaznamenejte si ji. Pro tento experiment je vhodné počáteční pH mezi 12 a 13.
5. Injekční stříkačkou nebo ocejchovanou pipetou odeberte 10 ml roztoku do čisté kádinky a dolijte do ní 90 ml destilované vody, abyste původní roztok zředili v poměru 1:9 (tj. na desetinovou koncentraci). Po důkladném promíchání vzniklého roztoku a po pečlivém opláchnutí čidla destilovanou vodou opět změřte pH.
6. Krok 5 ještě jednou zopakujte. Budete při něm používat již jednou zředěný roztok.

Ukázka naměřených dat

roztok	naměřené pH
nezředěný roztok NaOH	12,6
roztok po prvním ředění 1:9 (na 1/10 původní koncentrace)	11,6
roztok po druhém ředění 1:9 (na 1/100 původní koncentrace)	10,5

Závěr

Naměřená data ukazují, že při zředění roztoku na desetinovou koncentraci se změní hodnota pH asi o 1. Při ředění zásady pH o 1 klesne, při ředění kyseliny by o 1 vzrostlo.

Poznámky

- Je důležité, aby nedocházelo ke kontaminaci roztoků předchozími vzorky. Používejte čisté kádinky a čisté čidlo, stříkačku či pipetu před každým použitím důkladně omyjte destilovanou vodou, případně vysušte savým papírem.
- Při poklesu pH pod 10 je měření velice citlivé na nepřesnosti ředění a případnou nečistotu vzorků. Proto doporučujeme ředit původní roztok nejvýše 2× po sobě.
- Nepřekračujte počáteční pH 13. Pro velmi koncentrované roztoky již neplatí přímá úměrnost mezi aktivitou a koncentrací iontů H_3O^+ .
- Používejte vždy silné kyseliny a zásady, u kterých probíhá úplná disociace.
- Čidlo je před měřením nutné opláchnout od skladovacího roztoku.
- Dojde-li k vylití skladovacího roztoku, doplňte jej ze zásobní láhve. Nemáte-li náhradní skladovací roztok, kontaktujte nás na info@edufor.cz.

Okyselování vody vlivem CO₂ (kyselé deště)

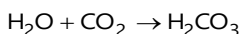


Pomůcky

Čidlo kyselosti Vernier GDX-PH, sklenice, destilovaná voda, brčko.

Teorie

Destilovaná voda je z hlediska kyselosti neutrální kapalinou s hodnotou pH okolo 7 (při teplotě 25 °C je to přesně 7,0). Při kontaktu se vzduchem se ve vodě rozpouští oxid uhličitý za vzniku kyseliny uhličité:



Vzniklá kyselina je jednou z příčin, proč běžně naměříme u vody pH menší než 7. V tomto experimentu vliv rozpouštění oxidu uhličitého urychlíte tím, že budete přímo do vody brčkem vydechovat vzduch z plic (tj. s vysokým podílem CO₂).

Příprava měření

1. Vyjměte čidlo GDX-PH ze skladovacího roztoku (odsroubujte víčko, čidlo vytáhněte). Otevřenou nádobku odložte na bezpečné místo tak, aby se skladovací roztok během experimentu nevyliil. Čidlo opláchněte destilovanou vodou.



2. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte čidlo (str. 12).
3. Klikněte na pole *Režim*, *Frekvence* v levém dolním rohu (obrázek níže), nastavte *Zastavit měření: Ručně* a potvrďte tlačítkem *Hotovo*.



Provedení experimentu

1. Do sklenice nalijte malé množství destilované vody, stačí do výšky přibližně 3 cm. Ponořte do vody konec čidla a vyčkejte, až se měřená hodnota ustálí.
2. Klikněte na **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** a vyčkejte několik sekund, aby v grafu byla vidět konstantní hodnota pH. Poté několik desítek sekund foukejte brčkem pod hladinu vody vzduch (dělejte bubliny). Měření ukončíte kliknutím na **ZASTAVIT**.
3. Po skončení měření čidlo opláchněte destilovanou vodou, vraťte do skladovacího roztoku a víčko nádoby pečlivě zašroubujte.



Ukázka naměřených dat



Závěr

Během několika desítek sekund došlo k okyselení vody vlivem rozpouštění oxidu uhličitého vydechovaného z plic, přičemž pH v našem případě kleslo z 6,8 na 6,0.

Poznámky

- V tomto experimentu je použití destilované vody důležité, s obyčejnou vodou z vodovodu (která již obsahuje nejrůznější příměsi) nemusí měření vycházet dobře.
- Pokus simuluje vznik kyselých dešťů. Běžný déšť je působením oxidu uhličitého mírně kyselý. Ještě výraznější okyselení dešťové vody způsobují oxidy síry a dusíku.
- Doporučujeme při dýchání do vody sedět. Vlivem intenzivního vydechování může dojít ke krátkodobé závratí a ztrátě stability.
- Čidlo je před měřením nutné opláchnout od skladovacího roztoku.
- Dojde-li k vylití skladovacího roztoku, doplňte jej ze zásobní láhve. Nemáte-li náhradní skladovací roztok, kontaktujte nás na info@edufor.cz.

Vliv sycení nápojů oxidem uhličitým na jejich kyselost



Pomůcky

Čidlo kyselosti Vernier GDX-PH, sklenice či kádinka, destilovaná voda, různě sycené balené vody (neperlivá, jemně perlivá, perlivá) stejného druhu a výrobce (je třeba použít čerstvé, neotevřené).



Teorie

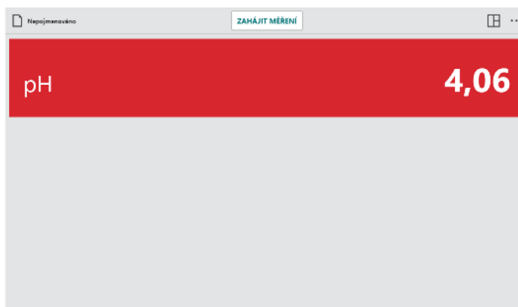
Při rozpouštění CO_2 do vody (při sycení nápojů) část CO_2 reaguje s molekulami vody za vzniku kyseliny uhličitě (H_2CO_3). Důsledkem je pokles pH takto sycených nápojů. Cílem měření je ukázat, že sycená varianta balené vody je kyselejší než varianta nesycená.

Příprava měření

1. Vyjměte čidlo GDX-PH ze skladovacího roztoku (odsroubujte víčko, čidlo vytáhněte). Otevřenou nádobku odložte na bezpečné místo tak, aby se skladovací roztok během experimentu nevyliil. Čidlo opláchněte destilovanou vodou.



2. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte čidlo (str. 12).
3. Vpravo nahoře klikněte na ikonu  pro nastavení zobrazení a vyberte v seznamu položku *Okamžitá hodnota*.



Provedení experimentu

1. Odlijte malé množství studovaného nápoje do dobře vymyté sklenice, stačí do výšky asi 2 cm.
2. Ponořte konec čidla do nápoje a po ustálení hodnoty si запиšte naměřené pH.
3. Nápoj vylijte a konec čidla i sklenici opláchněte destilovanou vodou.
4. Kroky 1 až 3 opakujte pro další nápoje.
5. Po skončení měření a opláchnutí konce čidla destilovanou vodou vraťte čidlo do skladovacího roztoku a víčko nádoby pečlivě zašroubujte.

Ukázka naměřených dat

Vzorek	pH
Magnesia – nesycená	7,2
Magnesia – jemně perlivá (3,5 g CO ₂ /litr)	6,4
Magnesia – perlivá (4,5 g CO ₂ /litr)	6,2
Aquila – nesycená	7,7
Aquila – jemně perlivá (4,0 g CO ₂ /litr)	5,6
Aquila – perlivá (5,0 g CO ₂ /litr)	5,5
Mattoni – nesycená	7,0
Mattoni – jemně perlivá (4,0 g CO ₂ /litr)	6,2
Mattoni – perlivá (5,0 g CO ₂ /litr)	6,1

Závěr

Sycení oxidem uhlíkovým ovlivňuje kyselost vody. Ve vzorovém experimentu jsme porovnali pH několika balených vod (Magnesia, Aquila a Mattoni), přičemž ve všech případech v rámci jedné značky znamenal vyšší obsah rozpuštěného oxidu uhličitého i vyšší naměřenou kyselost (nižší pH).

Poznámky

- Čidlo je před měřením nutné opláchnout od skladovacího roztoku.
- Pokud nemáte k dispozici destilovanou vodu, lze při tomto experimentu použít pro oplachování čidla čistou vodu z vodovodu.
- Dojde-li k vylití skladovacího roztoku, doplňte jej ze zásobní láhve. Nemáte-li náhradní skladovací roztok, kontaktujte nás na info@edufor.cz.
- Můžete s žáky zkoumat, jak rychle po otevření oxid uhličitý vyprchává, případně jak to závisí na teplotě.

Měření pH nápojů



Pomůcky

Čidlo kyselosti Vernier GDX-PH, sklenice, destilovaná voda, různé nápoje.

Teorie

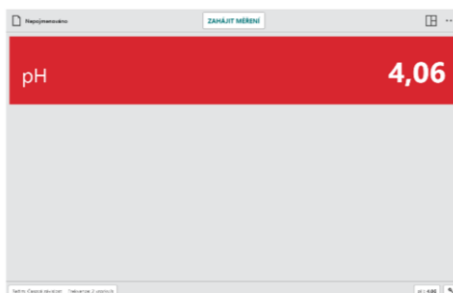
Hodnota pH roztoku poskytuje informaci o tom, zda daná kapalina reaguje kyselé, nebo zásaditě. Destilovaná voda při 25 °C má pH přesně 7,0. Kyselé roztoky mají $\text{pH} < 7$ (čím menší číslo, tím kyselejší roztok), pro zásadité roztoky je naopak $\text{pH} > 7$.

Příprava měření

1. Vyjměte čidlo GDX-PH ze skladovacího roztoku (odsroubujte víčko, čidlo vytáhněte). Otevřenou nádobku odložte na bezpečné místo tak, aby se skladovací roztok během experimentu nevyllil. Čidlo opláchněte destilovanou vodou.



2. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte čidlo (str. 12).
3. Vpravo nahoře klikněte na ikonu pro nastavení zobrazení a vyberte v seznamu položku *Okamžitá hodnota*. Číselný údaj se zvětší na celou šířku displeje.



Provedení experimentu

1. Odlijte do dobře vymyté sklenice malé množství studovaného nápoje (postačí do výšky asi 2 cm – tak, aby byla elektroda při měření zcela ponořena).
2. Ponořte konec čidla do nápoje a po ustálení hodnoty si запиšte naměřené pH.
3. Konec čidla opláchněte destilovanou vodou.
4. Kroky 1 až 3 opakujte pro další nápoje.
5. Po skončení měření čidlo opláchněte destilovanou vodou, vraťte do skladovacího roztoku a víčko nádoby pečlivě zašroubujte.

Ukázka naměřených dat (číselné hodnoty udávají pH)



ovocný sirup
2,0



ocet
2,2



tonic
2,5



ovocný džus
3,4



bílé suché víno
3,6



pivo
5,2



voda z vodovodu
6,5



polotučné mléko
6,7

Závěr

Ve vzorovém experimentu jsme porovnali pH vybraných nápojů, které jsou na obrázku výše seřazeny od nejkyselejších k méně kyselým. Žádný ze studovaných nápojů nebyl zásaditý, naopak některé nápoje byly velice kyselé. Nízké pH může narušovat zubní sklovinu. Vysoký obsah cukrů v nápojích, kterým bývá kyselost „přebíjena“, také není při nadměrné konzumaci zdravý.

Poznámky

- Čidlo je před měřením nutné opláchnout od skladovacího roztoku.
- Pokud nemáte k dispozici destilovanou vodu, lze při tomto experimentu použít pro oplachování čidla čistou vodu z vodovodu. Číselné hodnoty měření pak budou méně přesné, ale pro porovnání kyselosti jednotlivých vzorků zcela postačí.
- Reálně se pH čisté vody obvykle mírně liší od hodnoty 7,0 vlivem teploty a nečistot.
- Dojde-li k vylití skladovacího roztoku, doplňte jej ze zásobní láhve. Nemáte-li náhradní skladovací roztok, kontaktujte nás na info@edufor.cz.

Odhadnete pH podle chuti?



Pomůcky

Čidlo kyselosti Vernier GDX-PH, 2 sklenice, destilovaná voda, citron, cukr, lžička, nůž.

Teorie

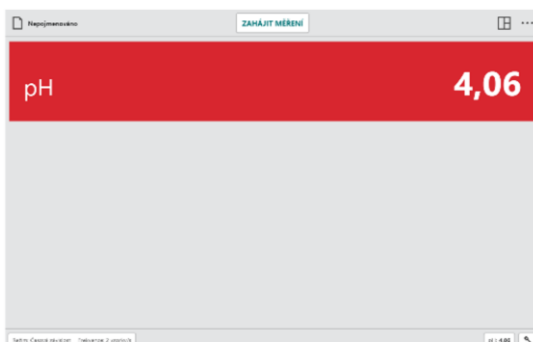
Měření pH je spojeno s pojmem „kyselost“ a svádí tak k dojmu, že pH lze odhadnout na základě chuťového vjemu – to, co je kyselé, přece naše chuťové buňky jasně rozpoznají. Cílem experimentu je ukázat, že na odhad kyselosti dle chuti se nelze spoléhat, protože kyselý vjem se dá potlačit například pomocí velkého množství cukru.

Příprava měření

1. Vyjměte čidlo GDX-PH ze skladovacího roztoku (odsroubujte víčko, čidlo vytáhněte). Otevřenou nádobku odložte na bezpečné místo tak, aby se skladovací roztok během experimentu nevyliil. Čidlo opláchněte destilovanou vodou.



2. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte čidlo (str. 12).
3. Vpravo nahoře klikněte na ikonu pro nastavení zobrazení a vyberte v seznamu položku *Okamžitá hodnota*.



Provedení experimentu

1. Sklenici naplňte do poloviny kohoutkovou vodou, vymačkejte do ní citron a zamíchejte.
2. Polovinu vzniklého roztoku poté přelijte do druhé sklenice. Máte tak připravené dva shodné vzorky nápoje.
3. Nyní roztok v jedné sklenici oslaďte velkým množstvím cukru, na 100 ml vody klidně i pěti či deseti lžičkami.
4. Dejte žákům ochutnat vzorek z obou sklenic. Zatímco neslazený nápoj chutná velmi kysele, druhý roztok je vnímán jako silně přeslazený, kyselá chuť je potlačena.
5. Ponořte čidlo pH postupně do obou roztoků. Vždy počkejte, až se měřené hodnoty ustálí. Mezi jednotlivými měřeními čidlo důkladně opláchněte destilovanou vodou. Hodnoty pH naměřené v jedné a ve druhé sklenici se od sebe téměř neliší (ve vzorovém experimentu bylo pH přibližně 2,6 v obou sklenicích).
6. Po skončení měření čidlo opláchněte destilovanou vodou, vraťte do skladovacího roztoku a víčko nádoby pečlivě zašroubujte.



Závěr

Ačkoliv oslazením citronové šťávy se zásadně změnila její chuť, pH zůstává stále stejné. Cukr pH nijak nezměnil, pouze „překryl“ původní kyselou chuť. Naše chuťové buňky tedy jako indikátory pH příliš neobstojí.

S podobným jevem se setkáváme u většiny limonád, které sice vnímáme jako velmi sladké (např. Coca Cola, Pepsi, Mirinda, Sprite), ale jejich pH je často srovnatelné s pH octa či citronové šťávy.

Poznámky

- Místo citronu lze použít jeho uměle připravovanou náhražku, tzv. citronku.
- Čidlo je před měřením nutné opláchnout od skladovacího roztoku.
- Pokud nemáte k dispozici destilovanou vodu, lze při tomto experimentu použít pro oplachování čidla čistou vodu z vodovodu.
- Dojde-li k vylití skladovacího roztoku, doplňte jej ze zásobní láhve. Nemáte-li náhradní skladovací roztok, kontaktujte nás na info@edufor.cz.



Neutralizace kyseliny

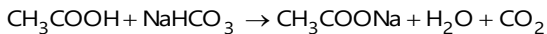
Pomůcky

Čidlo kyselosti Vernier GDX-PH, ocet, jedlá soda, lžička, destilovaná voda, kádinka.

Teorie

Destilovaná voda při 25 °C má pH přesně 7,0. Kyselé roztoky mají $\text{pH} < 7$ (čím menší číslo, tím kyslejší roztok), zásadité roztoky mají $\text{pH} > 7$.

Jako neutralizaci označujeme chemickou reakci kyseliny se zásaditou látkou. Experiment demonstruje neutralizaci 8% kyseliny octové (kuchyňský ocet) hydrogenuhličitanem sodným (jedlá soda), při které vzniká octan sodný, voda a oxid uhličitý:



Postupným přidáváním zásadité jedlé sody dochází ke zvyšování pH roztoku.

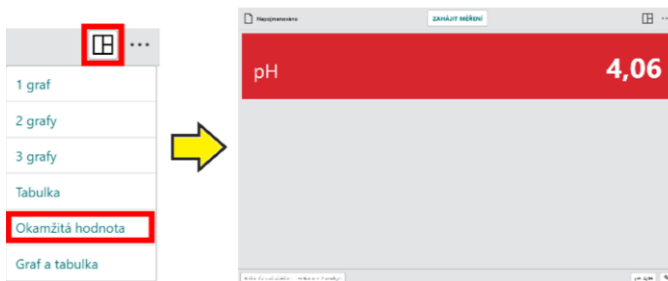


Příprava měření

1. Vyjměte čidlo GDX-PH ze skladovacího roztoku (odšroubujte víčko, čidlo vytáhněte). Otevřenou nádobku odložte na bezpečné místo tak, aby se skladovací roztok během experimentu nevyliil. Čidlo opláchněte destilovanou vodou.



2. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte čidlo (str. 12).
3. Vpravo nahoře klikněte na ikonu pro nastavení zobrazení a vyberte v seznamu položku *Okamžitá hodnota*.



Provedení experimentu

1. Do kádinky nalijte malé množství octa, postačuje do výšky 1 až 2 cm.
2. Ponořte čidlo do octa, nechte měřenou hodnotu pH ustálit a zaznamenejte si ji.
3. Přisypte do kádinky přibližně polovinu čajové lžičky jedlé sody a směs promíchejte.
4. Opět změřte pH a zaznamenejte naměřenou hodnotu.
5. Kroky 3 a 4 ještě jednou zopakujte.
6. Po skončení měření čidlo opláchněte destilovanou vodou, vraťte do skladovacího roztoku a víčko nádoby pečlivě zašroubujte.

Ukázka naměřených dat

Tabulka níže ukazuje vzorové hodnoty pH pro ocet před a po přidání jedlé sody. Měřené údaje samozřejmě závisí na poměru octa a sody.

látká	pH
ocet	2,2
ocet + ½ lžičky jedlé sody	3,9
ocet + 2 × ½ lžičky jedlé sody	4,5

Závěr

Přidávání jedlé sody neutralizuje roztok kyseliny octové, což se projevuje vzrůstem pH.

Poznámky

- Při reakci octa se sodou dojde k napěnění roztoku a může dojít k jeho přetečení z kádinky. Nepoužívejte proto zbytečně velké množství reaktantů.
- Čidlo je před měřením nutné opláchnout od skladovacího roztoku.
- Pokud nemáte k dispozici destilovanou vodu, lze při tomto experimentu použít pro oplachování čidla čistou vodu z vodovodu.
- Dojde-li k vylití skladovacího roztoku, doplňte jej ze zásobní láhve. Nemáte-li náhradní skladovací roztok, kontaktujte nás na info@edufor.cz.
- U čisté vody se pH obvykle mírně liší od hodnoty 7,0 vlivem teploty a nečistot.

Teplota plamene



Pomůcky

Termočláňkový teploměr Vernier GDX-TC, svíčka, plynový kahan, zápalky.

Teorie

Zatímco plamen svíčky je projevem hoření parafínu (jeho par), v plynovém kahanu se spaluje zemní plyn (směs plynů s převahou methanu) nebo přímo propan či butan. Plameny svíčky a kahanu se neliší pouze spalovanou látkou, ale také svojí typickou teplotou. Pomocí čidla GDX-TC lze změřit teplotu při spalování různých druhů paliva a také v různých částech plamene či experimentovat s rozdílným přístupem kyslíku.

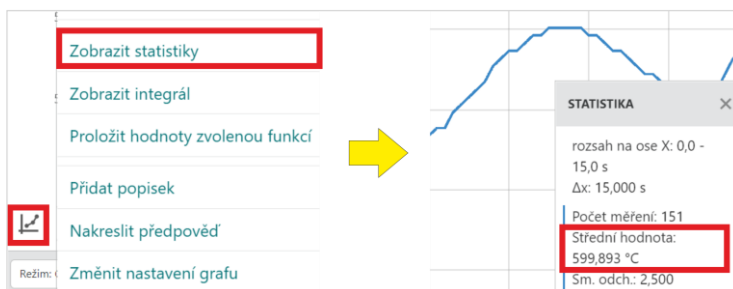
Příprava měření

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte termočlánek (str. 12).
2. Klikněte na pole *Režim*, *Frekvence* v levém dolním rohu, nastavte dobu měření na 15 s, frekvenci měření na 10 vzorků/s a potvrďte tlačítkem *HOTOVO*.



Provedení experimentu

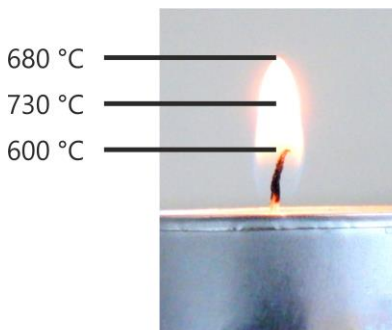
1. Zapalte svíčku a vložte konec čidla do spodní části plamene (těsně nad knot).
2. Jakmile se teplota přibližně ustálí, tlačítkem *ZAHÁJIT MĚŘENÍ* spustíte záznam dat a snažte se čidlem co nejméně hýbat. Po skončení měření čidlo z plamene vyjměte.
3. Klikněte na tlačítko vlevo dole a vyberte možnost *Zobrazit statistiky*. Poznamenejte si vhodně zaokrouhlený údaj z pole *Střední hodnota*.



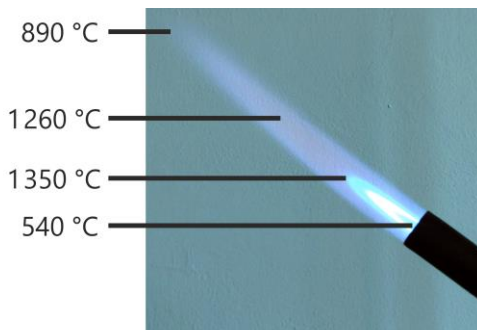
4. Nyní vložte konec čidla přibližně do poloviny výšky plamene, opět vyčkejte na ustálení teploty a spusťte záznam dat tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ**. Po skončení měření zopakujte krok 3 a získanou střední hodnotu si opět poznamenejte.
5. Takto proměřte ještě úplnou špičku plamene svíčky. Následně proveďte uvedená měření v různých výškách také pro plamen plynového kahanu.

Ukázka naměřených dat

Níže uvedené teploty jsou zaokrouhlením naměřených průměrů.



svíčka



kahan

Závěr

U plamene svíčky jsme naměřili maximální teplotu okolo 730 °C. U plynového kahanu měřené teploty přesahovaly 1300 °C. V různých částech plamene se přitom maximální dosažené teploty lišily.

Poznámky

- Teploměr během měření odvádí teplo měřicím termočlávkovým drátem pryč z plamene do okolí, lze tedy předpokládat, že teplota samotného plamene je vyšší.
- **Nepoužívejte jiné teploměry Vernier, hrozí jejich zničení!** Pro měření v ohni slouží čidla Vernier GDX-TC a TCA-BTA, jejich rozsah je –200 °C až +1400 °C.
- Dejte pozor, abyste se rozpálenou špičkou termočládku po vyjmutí z plamene ničeho nedotkli, hrozí popálení kůže či poškození zasaženého předmětu.
- Při hoření svíčky vznikají saze, kterými se termočlávkový drát pokryje. Dejte pozor, abyste se od sazí neušpinili.
- Je obtížné udržet plamen i čidlo zcela nehybné a teplotu teploměru stálou – a to i při použití stativu. Měřená teplota proto obvykle mírně kolísá. Použití statistiky pomůže kolísání zprůměrovat. Pro hrubé odečtení ovšem není statistika potřeba.

Vývoj teploty při vaření vody (vliv fázového přechodu)



Pomůcky

Termočláňkový teploměr Vernier GDX-TC, nádobka s vodou, svíčka, zápalky.

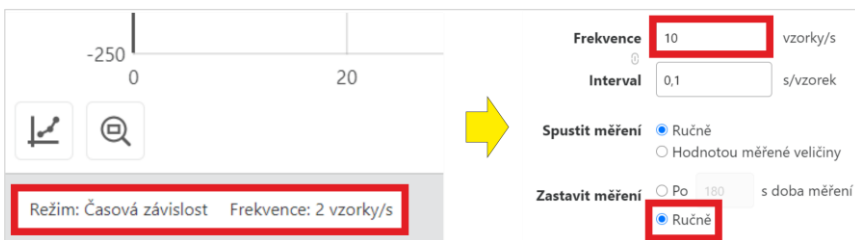
Teorie

Pokud dodáváme kapalině teplo, její teplota roste, dokud nedosáhne teploty varu. Pokud dodávání tepla pokračuje i po dosažení teploty varu, dodávaná energie se využívá pro přeměnu kapaliny na plyn – nastává var. Teprve po přeměně veškeré kapaliny na plyn (= po dodání tzv. skupenského tepla varu) může teplota (nyní již vzniklé páry) dále růst. K rychlé demonstraci tohoto jevu lze využít kapku vody zahřívanou nad plamenem svíčky.

Zápalná teplota dřeva je okolo 300 °C. Pokud je dřevo mokré, nemůže obvykle z výše uvedených důvodů dobře hořet – pro dosažení zápalné teploty se musí nejprve vysušit.

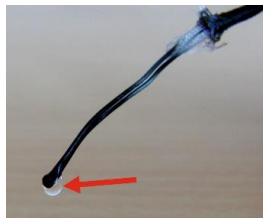
Příprava měření

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte čidlo (str. 12).
2. Klikněte na pole *Režim*, *Frekvence* v levém dolním rohu, nastavte frekvenci měření na 10 vzorků/s a zvolte *Zastavit měření: Ručně*. Potvrďte tlačítkem *HOTOVO*.

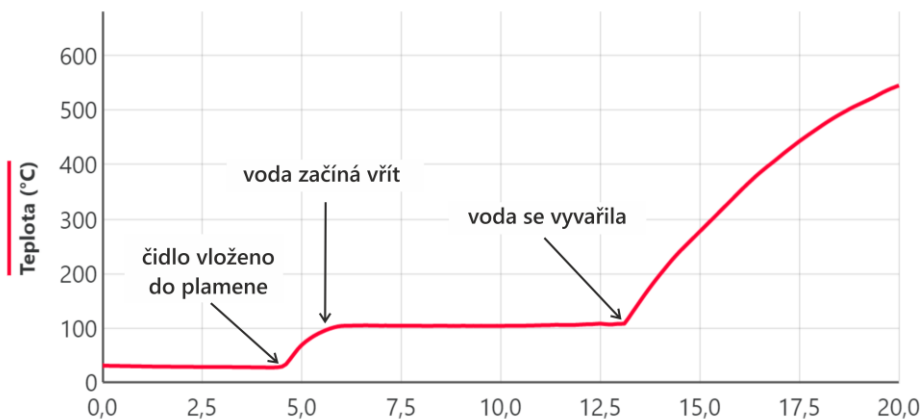


Provedení experimentu

1. Zapalte svíčku, namočte špičku čidla do vody a nechte vodu stéct tak, aby se na konci špičky vytvořila kapka. Pokud se vám to nepodaří na první pokus, namáčení zopakujte. Vytvoření viditelné kapky je pro zdárný průběh experimentu nezbytné.
2. Tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spustíte záznam dat.
3. Vložte špičku čidla i s kapkou do středu plamene svíčky. Teplota teploměru nejprve prudce vzroste na zhruba 100 °C. Na této hodnotě nějakou dobu setrvává.
4. Po několika sekundách až několika desítkách sekund teplota opět prudce vzroste. Měření ukončete tlačítkem **ZASTAVIT**, jakmile teplota vzroste nad 500 °C.



Ukázka naměřených dat



Závěr

Z grafu je patrné, že v čase přibližně 6–13 s se růst teploty zastavil na hodnotě kolem 100 °C, ačkoliv termočlánek s kapkou byly stále vloženy do plamene. Voda během těchto sedmi sekund využívala teplo pouze na přechod z kapalného do plynného skupenství (var). Teprve po vyvaření veškeré vody se mohl termočlánek začít od plamene dále ohřívat.

Termočlánek může posloužit také jako model dřevěné třísky, kterou se snažíme zapálit. Dokud je mokrá, nemůže dosáhnout zápalné teploty. Teprve po vysušení teplota „třísky“ vzroste nad zápalnou teplotu – a skutečná tříska by tedy začala hořet.

Poznámky

- **Nepoužívejte jiné teploměry Vernier, hrozí jejich zničení!** Pro měření v ohni slouží čidla Vernier GDX-TC a TCA-BTA, jejich rozsah je –200 °C až +1400 °C.
- Pokud kapka během měření odkápne do plamene, je třeba experiment zopakovat.
- Teplota, na které se růst během varu zastaví, nemusí být přesně 100 °C. Důvodů může být několik:
 - největší vliv má nerovnoměrnost prohřívání termočládku, pokud kapka není přesně v místě termocitlivého členu na konci drátku
 - další vliv může mít nedokonalá kalibrace termočládku (jeho přesnost se okolo teploty 100 °C pohybuje kolem ± 2 °C)
 - projevit se může i změna teploty varu se změnou tlaku v důsledku nadmořské výšky či počasí

Tuhnutí krystalické látky



Pomůcky

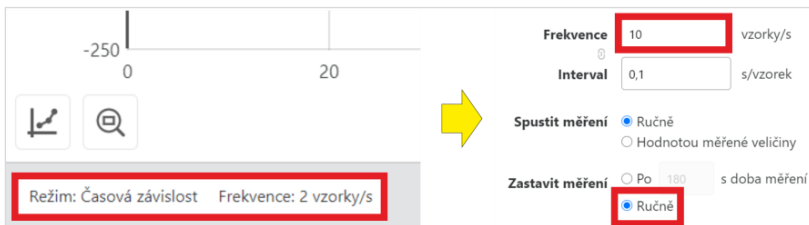
Termočláňkový teploměr Vernier GDX-TC, cín nebo pájka (slitina cínu a olova), kahan, zápalky, trojnožka s nerezovou sítkou, prázdný kovový kalíšek od čajové svíčky.

Teorie

Odebíráme-li kapalině teplo (snižujeme vnitřní energii), její teplota klesá. Po dosažení teploty tuhnutí se pokles teploty zastaví a látka začíná měnit skupenství. Pokračující úbytek vnitřní energie již není spojen s poklesem teploty, ale výhradně se změnou struktury látky. Teprve když látka ztuhne, bude se její teplota dále snižovat. V tomto experimentu bude na vzduchu chladnout roztavený cín. Tabulková teplota tání čistého cínu je 232 °C. Příměsi (např. olovo v pájce) mohou teplotu tání ovlivnit až o desítky stupňů Celsia.

Příprava měření

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte čidlo (str. 12).
2. Klikněte na pole *Režim*, *Frekvence* v levém dolním rohu, nastavte frekvenci měření na 10 vzorků/s a zvolte *Zastavit měření: Ručně*. Potvrdíte tlačítkem *HOTOVO*.



Provedení experimentu

1. Odmotejte přibližně 3 metry cínové pájky, zmačkejte ji do klubíčka a položte do prázdného kalíšku od čajové svíčky.
2. Na trojnožku položte sítku a na ni postavte kalíšek s pájkou.
3. Zapalte hořák a vsuňte jej pod kalíšek. Vyčkejte, až veškerý cín roztaje.
4. Čidlo vložte do vzniklé kapaliny a zajistěte, aby se po dobu měření nehýbalo.



před roztavením



kapalný cín

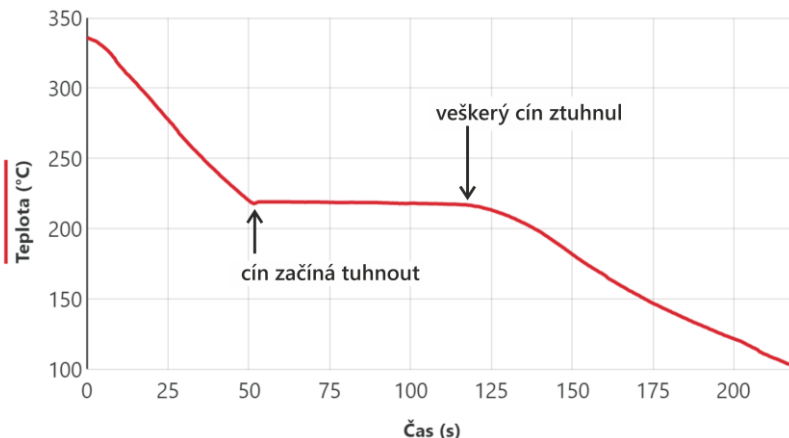


tuhnutí cínu

5. Jakmile teplota kapalného cínu přesáhne 300 °C, hořák vypněte a tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spustíte měření. Při poklesu pod 100 °C klikněte na **ZASTAVIT**.

Ukázka naměřených dat

V grafu níže je zachycen průběh teploty během experimentu. Oblast, ve které se teplota ustálila na jediné hodnotě (50 s až 120 s), odpovídá postupnému tuhnutí látky.



Závěr

Během tuhnutí kapaliny se její teplota nemění. V provedeném experimentu se ustálila na 220 °C (tabulková hodnota pro čistý cín je 232 °C).

Poznámky

- **Nepoužívejte jiné teploměry Vernier, hrozí jejich zničení!** Pro měření použijte čidla Vernier GDX-TC nebo TCA-BTA, jejich rozsah je –200 °C až +1 400 °C.
- Během experimentu si počínejte opatrně, abyste se o roztavený kov nepopálili.
- Přídavné látky v pájce mohou způsobovat dým – experiment proto neprovádějte pod požárními hlásiči. Dojde-li ke vzplanutí, nechte plamen v kalíšku dohořet.
- Různé druhy pájek mají různá složení – některé obsahují 99,5 % cínu, jiné třeba jen 60 %. Složení podstatně ovlivňuje teplotu tání slitiny.
- Odchylka naměřené a tabulkové teploty tuhnutí cínu může být způsobena kalibrací termočláunku. Odchylky do 10 °C představují méně než 1 % rozsahu čidla.
- Po skončení pokusu je třeba uvolnit termočlánek ze ztuhlého cínu. Nejvhodnější je kalíšek s kovem opět zahřát nad plamenem. Drát nevytrhávejte silou!
- Při tuhnutí lze někdy pozorovat tzv. přechlazení, které se projevuje dočasným snížením teploty pod teplotu tuhnutí („zobáček“ v grafu).

Tuhnutí amorfní látky



Pomůcky

Tyčový teploměr Vernier GDX-TMP, zkumavka určená výhradně pro tento experiment (nepůjde ji snadno vyčistit), dvě kádinky, rychlovarná konvice, svíčka, nůž.

Teorie

Tento návod navazuje na experiment *Tuhnutí krystalické látky* (str. 36). Tentokrát ale bude tuhnout amorfní látka, konkrétně parafín.



Kromě parafínu patří mezi amorfní látky například sklo, asfalt, vosky nebo pryskyřice. Amorfní látky nemají krystalickou strukturu, lze je proto považovat za kapaliny s velmi vysokou viskozitou. Při zahřívání amorfní látky postupně měknou až do teploty, kdy jsou kapalné. Jejich teplotu tání proto nelze přesně určit – jsou charakteristické oblasti měknutí, což je interval teplot, v němž látka přechází z pevné látky na kapalinu.

Příprava měření

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte čidlo (str. 12).
2. Klikněte na pole *Režim*, *Frekvence* v levém dolním rohu, nastavte frekvenci měření na 1 vzorek/s a zvolte *Zastavit měření: Ručně*. Potvrďte tlačítkem *HOTOVO*.



Provedení experimentu

1. Pomocí nože připravte parafínové hobliny a vložte je do zkumavky spolu s kovovou částí teploměru.
2. Jednu z kádinek naplňte takovým množstvím studené vody, aby po vložení zkumavky do kádinky voda nepřetékla.
3. Druhou kádinku naplňte do stejné výšky vroucí vodou z rychlovarné konvice.
4. Vložte zkumavku s parafínovými hoblinami a teploměrem do kádinky s horkou vodou a počkejte, až parafín roztaje a teplota dosáhne alespoň 70 °C. (Aktuální teplotu teploměru můžete sledovat v pravém dolním rohu aplikace.)



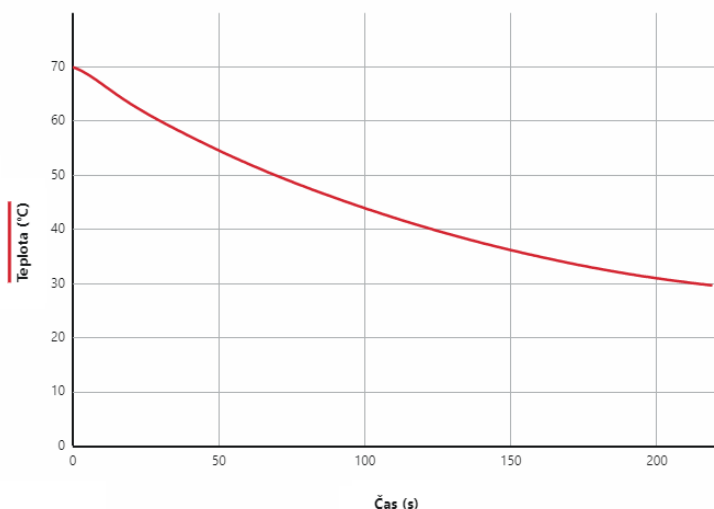
5. Přesuňte zkumavku do kádinky se studenou vodou.
6. Spustíte měření tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ**.
7. Pozorujte, jak parafín ve zkumavce postupně tuhne a jak se vyvíjí graf teploty.
8. Jakmile teplota klesne pod 30 °C, zastavte měření kliknutím na **ZASTAVIT**.



Ukázka naměřených dat

V grafu níže je zachycen průběh teploty během experimentu.

Na rozdíl od tuhnutí krystalické látky nedošlo k ustálení teploty během fázového přechodu – toto chování je charakteristické právě pro amorfní látky.



Závěr

Během tuhnutí amorfní látky nedochází k ustálení teploty tak, jako tomu je u krystalických látek. Místo konkrétní teploty tuhnutí proto u amorfních látek určujeme teplotní interval, kdy látka začíná měknout.

Poznámka

Parafín je pevná amorfní směs vyšších nasycených alifatických uhlovodíků řady C_nH_{2n+2} ($20 \leq n \leq 40$). Oblast měknutí je závislá na konkrétním složení daného parafínu. V našem případě docházelo k znatelnému měknutí přibližně kolem 40 °C. Kolem 50 °C už byl parafín zřetelně kapalný.

Změna teploty při rozpouštění



Pomůcky

Teploměr Vernier GDX-TMP, kádinka, kuchyňská sůl, pevný hydroxid sodný (lze koupit v drogerii), váhy, ochranné pomůcky (plášť, rukavice, brýle).

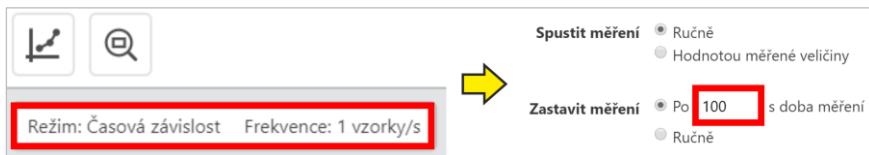
Teorie

Rozpouštění látek může být spojeno s uvolňováním tepla do okolí (exotermický děj), nebo s jeho odebráním z okolí (endotermický děj). Veličina udávající, kolik energie se při rozpouštění uvolní/spotřebuje, se označuje jako rozpouštěcí teplo (entalpie rozpouštění) a je obvykle vztažena na 1 gram nebo na 1 mol látky.

Cílem této aktivity je nejprve výpočtem předpovědět růst či pokles teploty při rozpouštění a poté vypočítanou hodnotu ověřit měřením.

Příprava měření

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte teploměr (str. 12).
2. Klikněte na pole *Režim*, *Frekvence* v levém dolním rohu (obrázek níže), nastavte dobu měření na 100 sekund a potvrďte tlačítkem *Hotovo*.



3. Odvažte 10 g kuchyňské soli a do kádinky si připravte 100 ml vody.
4. Vypočítejte, jak by se měla změnit teplota vody poté, co se v ní sůl rozpustí.

Orientační výpočet před vlastním měřením

Rozpouštěcí teplo kuchyňské soli je asi 66 J/g (při teplotě 25 °C), tj. na rozpouštění každého gramu soli je třeba dodat 66 J – jedná se tedy o endotermický děj.

Pro rozpouštění 10 gramů soli je proto potřeba dodat teplo $Q = 10 \text{ g} \cdot 66 \text{ J/g} = 660 \text{ J}$. Pokud by se tato energie získala ochlazením vody, lze změnu teploty Δt odhadnout ze vztahu $Q = c \cdot m \cdot \Delta t$, kde c je měrná tepelná kapacita vody a m je hmotnost vody. Výpočtem dostaneme:

$$\Delta t = \frac{Q}{c \cdot m} = \frac{660 \text{ J}}{4,2 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1} \cdot 100 \text{ g}} \doteq 1,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Teplota vody by tedy rozpouštěním soli měla klesnout o přibližně 1,6 °C.

Provedení experimentu

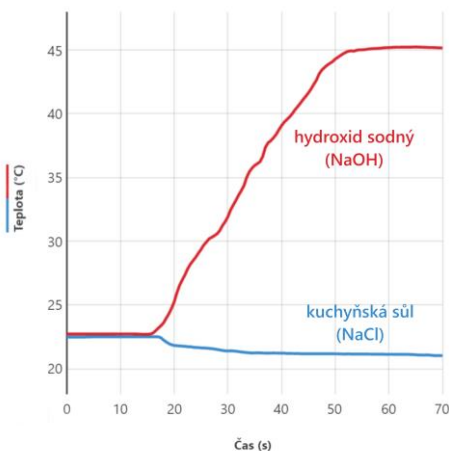
1. Do kádinky s vodou vložte teploměr a tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spustíte záznam dat.
2. Nechte měřenou teplotu ustálit a poté nasypete do vody odváženou sůl.
3. Za stálého míchání sledujte změnu teploty. Jakmile teplota přestane klesat, je veškerá sůl rozpuštěna a tlačítkem **ZASTAVIT** můžete ukončit měření.
4. Odečtěte v grafu rozdíl mezi počáteční a minimální teplotou a porovnejte ho s vypočítaným údajem (předpovědí).

Výsledek měření

V případě kuchyňské soli byl naměřen pokles teploty o 1,4 °C (odhad byl 1,6 °C).

Stejný experiment s hydroxidem sodným

Totéž měření zopakujte s hydroxidem sodným NaOH – přibližně 10 g NaOH opět rozpustíte ve 100 ml vody. Rozpouštěcí teplo NaOH je oproti NaCl výrazně větší, činí -1100 J/g (znaménko minus značí, že děj je exotermický a teplo se při něm uvolňuje). Přibližný výpočet předpovídá nárůst teploty o 26 °C, při experimentu jsme naměřili nárůst o 22 °C.



Závěr

Experiment demonstruje endotermický a exotermický děj. Současně je názornou ukázkou toho, jak lze výpočtem předpovídat výsledky měření.

Poznámky

- Hydroxid sodný je nebezpečná žíravina – při práci s ním zamezte styku s kůží a chraňte oči! Nevdechujte výpary ze vzniklého roztoku!
- Je správně, že předpovězené změny teploty jsou vždy větší než výsledky experimentů – zjednodušený výpočet totiž zahrnul pouze změnu teploty vody. Při experimentu se ovšem ochlazuje/ohřívá rovněž rozpouštěná látka, nádoba, samotný teploměr a také například okolní vzduch.

Endotermický děj – rozpouštění jedlé sody ve vodě



Pomůcky

Bezdrátový teploměr Vernier GDX-TMP, jedlá soda (hydrogenuhličitan sodný), sklenice nebo kádinka, čajová lžička.



Teorie

Z hlediska tepelné bilance můžeme chemické a fyzikální děje dělit na exotermické, při kterých se vyvíjí teplo (dochází k ohřívání), a endotermické, které teplo naopak odebírají z okolí (dochází k ochlazení). Příkladem endotermického děje je rozpouštění jedlé sody (hydrogenuhličitanu sodného) ve vodě.

Příprava měření

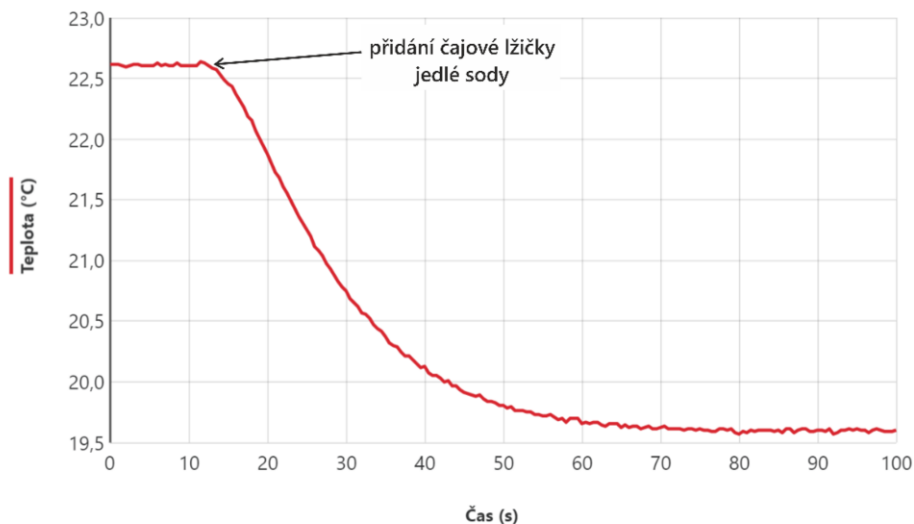
1. Sklenici naplňte do výšky 2 až 3 cm vodou o pokojové teplotě.
2. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte čidlo (str. 12).
3. Klikněte na pole *Režim*, *Frekvence* v levém dolním rohu (obrázek níže), nastavte dobu měření na 100 sekund a potvrďte tlačítkem *Hotovo*.



Provedení experimentu

1. Ponořte teplotní čidlo do nádoby s vodou a počkejte, až se teplota ustálí, tedy až se okamžitá teplota zobrazovaná v pravém dolním rohu aplikace přestane výrazně měnit. Poté tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spustíte záznam dat.
2. Po deseti sekundách do vody přisypte jednu čajovou lžičku jedlé sody.
3. Za stálého míchání vyčkejte, až se měření ukončí.

Ukázka naměřených dat



Závěr

Je patrné, že rozpouštění jedlé sody ve vodě je endotermickým dějem – roztok během měření snížil svoji teplotu přibližně o 3 °C.

Poznámky

- Použité čidlo měří teplotu pouze ve své špičce, proto stačí malé množství vody, aby byla citlivá část čidla ponořená.
- Jedlá soda je látkou běžně používanou v kuchyni, snadno ji koupíte například v obchodě s potravinami.
- Zkuste rozpouštět i jiné látky, například sůl, kyselinu citronovou apod.



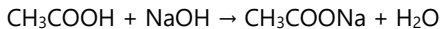
Změna teploty při neutralizaci

Pomůcky

Teploměr Vernier GDX-TMP, dvě kádinky, větší nádoba na studenou vodu, hydroxid sodný, ocet, váhy, ochranné pomůcky (plášť, rukavice, brýle).

Teorie

Neutralizace je reakce, při které spolu reagují kyselina a zásada za vzniku vody a soli reagující kyseliny. Pro tento experiment jsme vybrali kyselinu octovou (CH_3COOH) a hydroxid sodný (NaOH):



Příprava roztoku hydroxidu sodného

1. Do 75 ml vody v kádince přisype 5 g hydroxidu sodného.
2. Za stálého míchání nechte hydroxid ve vodě rozpustit.
3. Rozpouštěním hydroxidu sodného se vzniklý roztok zahřeje. Pro potřeby měření je nutné počkat, až se roztok zchladí na pokojovou teplotu. Pokud chcete chladnutí urychlit, lze využít studenou vodní lázeň nebo chladicí směs ledu a vody. Teploměrem přitom kontrolujte, abyste roztok naopak nepřechladili pod pokojovou teplotu.

Příprava měření

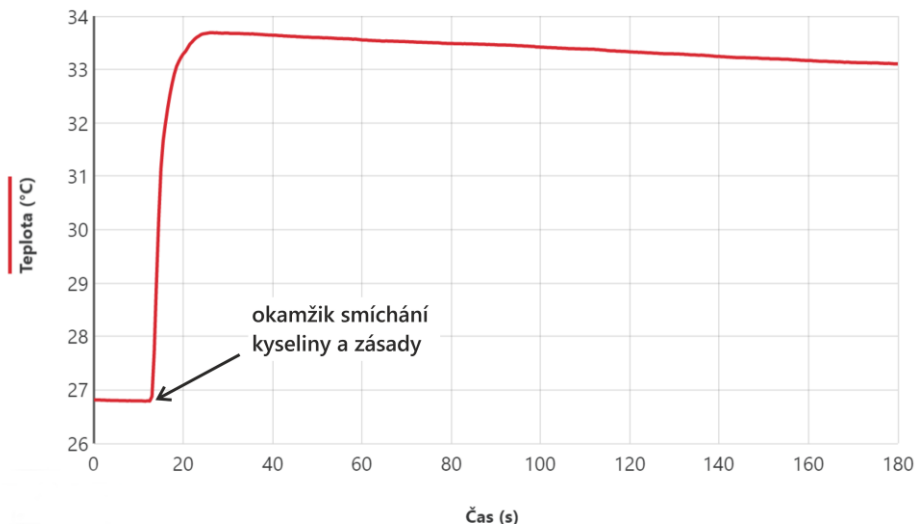
Spust'te aplikaci Graphical Analysis a připojte teploměr (str. 12).

Provedení experimentu

1. Do druhé kádinky nalijte 50 ml octa.
2. Do kádinky s octem vložte teploměr a tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spust'te záznam dat.
3. Za stálého míchání teploměrem přilijte k octu roztok hydroxidu sodného.
4. Sledujte změnu měřené teploty, dokud se měření neukončí, případně ho sami ukončete tlačítkem **ZASTAVIT**.

Ukázka naměřených dat

Graf ukazuje teplotní závislost naměřenou ve vzorovém experimentu. Po smíchání kyseliny a zásady teplota rychle vzrostla z 27 °C na necelých 34 °C, dále směs na vzduchu pozvolna chladla.



Závěr

Neutralizace kyseliny octové hydroxidem sodným je exotermickou reakcí, při které se do okolí odevzdává energie ve formě tepla – reagující látky a jejich okolí se zahřívají.

Poznámky

- Hydroxid sodný je nebezpečná žíravina – při práci s ním zamezte styku s kůží a chráňte oči! Nevdechujte výpary ze vzniklého roztoku!
- Aby byl experiment prokazatelný, je nutné, aby měly ocet i roztok hydroxidu sodného před slitím co nejpodobnější teplotu (jejich teploty by se neměly lišit o více než 1 °C).
- Kovová část teploměru GDX-TMP je chemicky odolná. Při přípravě roztoku hydroxidu sodného i při vlastním provádění experimentu můžete teploměr použít k míchání směsi, zabraňte ale kontaktu roztoku s plastovými částmi teploměru.

Vypařování vody a lihu



Pomůcky

Bezdrátový teploměr Vernier GDX-TMP, dvě nádoby, voda, technický líh.

Teorie

Při vypařování přecházejí molekuly z povrchu kapaliny do plynné fáze. Vypařování je tím intenzivnější, čím vyšší je teplota kapaliny. Během této přeměny kapalina spotřebovává teplo, čímž sebe i své okolí ochlazuje.

Výše popsany princip využívá lidské tělo k ochlazování pocením. Efektivita pocení klesá se zvyšující se relativní vlhkostí vzduchu, jak ukazuje experiment www.vernier.cz/133.

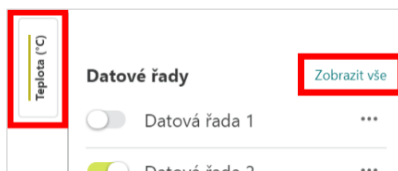
Příprava měření

1. Připravte si dvě nádoby (např. zkumavky, šálky, kelímky, kádinky), jednu naplňte do výšky několika centimetrů technickým lihem, druhou do stejné výšky vodou.
2. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojte čidlo (str. 12).
3. Klikněte na pole *Režim*, *Frekvence* v levém dolním rohu (obrázek níže), nastavte dobu měření na 100 sekund a potvrďte tlačítkem *Hotovo*.

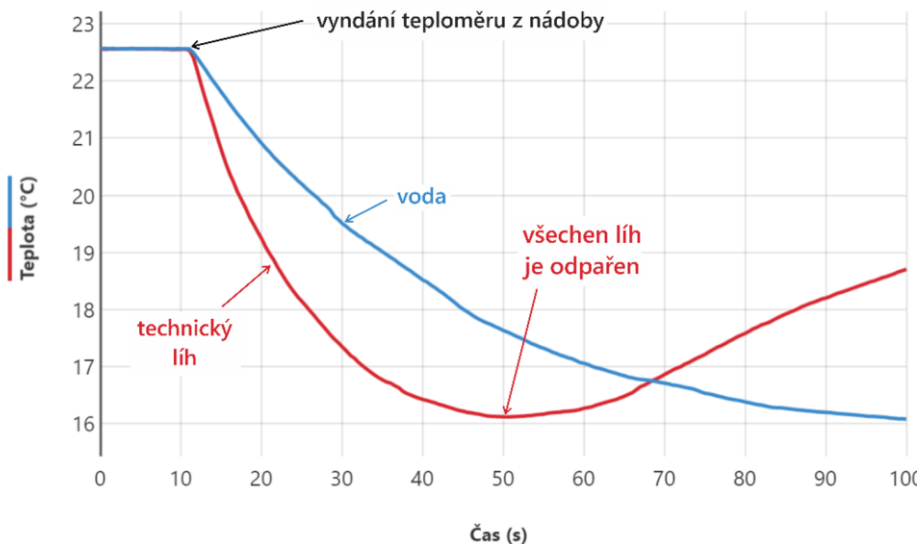


Provedení experimentu

1. Ponořte teplotní čidlo do nádoby s vodou a počkejte, až se teplota ustálí, tedy až okamžitá teplota zobrazovaná v pravém dolním rohu aplikace se přestane výrazně měnit. Poté tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spustíte záznam dat.
2. Přibližně po 10 sekundách měření vyjměte čidlo z vody a zbylých 90 sekund měření jej nechte volně osychat.
3. Nyní ponořte teploměr do lihu a opakujte měření (kroky 1 a 2). Pro zobrazení obou měřených závislostí do jednoho grafu klikněte na popisek osy *Teplota* a zvolte *Zobrazit vše*.



Ukázka naměřených dat



Závěr

V případě vody, která se odpařuje relativně pomalu, byl pokles teploty pozvolný a pokračoval po celou dobu měření. Líh se naopak z teplotního čidla odpařoval velmi rychle, pokles teploty byl výraznější a v čase přibližně 50 sekund začala teplota znovu růst. Veškerý líh se v té chvíli již vypařil a teplotní čidlo se ohřívalo na teplotu okolí.

Poznámky

- Je vhodné ponechat zásobní lahve na proměřované kapaliny s dostatečným předstihem v místnosti, kde bude experiment probíhat. Teploty kapalin se tak před experimentem vyrovnají s teplotou okolí a teplotní křivky budou začínat přibližně ve stejném bodě. Kapaliny ze zásobních lahví nalévejte až před samotným měřením.
- Protože měřící prvek teplotního čidla je umístěn v jeho špičce, není nutné nořit do kapaliny celé kovové tělo teploměru.
- Prozkoumejte s žáky chování dalších kapalin. Pokud použijete například bezvodý glycerol, bude se teplota namísto snižování zvyšovat. K tomuto jevu dochází díky hygroskopickým vlastnostem bezvodého glycerolu (pohlcuje vzdušnou vlhkost). S využitím glycerolu máme dobré zkušenosti – jedná se o užitečnou problémovou úlohu jak pro žáky ZŠ, tak pro úroveň SŠ a VŠ.

Chladicí směs



Pomůcky

Bezdrátový teploměr Vernier GDX-TMP, nádobka na drcený led, kostky ledu, hadr či ručník, kladivo nebo palička na maso, kuchyňská sůl.

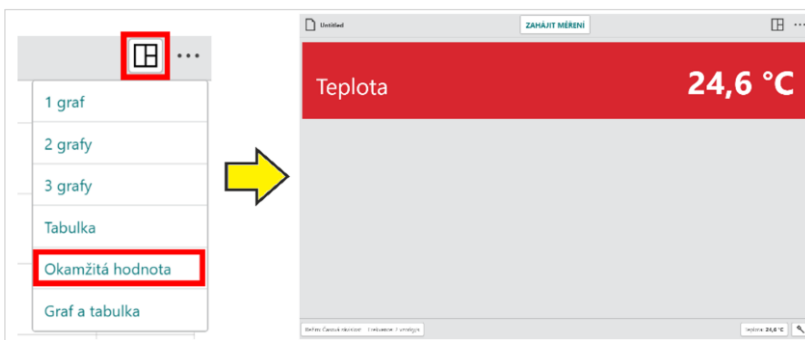
Teorie

Led taje při teplotě $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Směs ledu a soli má teplotu tání podstatně nižší (závisí na poměru hmotností, může to být až $-21\text{ }^{\circ}\text{C}$). Po smíchání drceného ledu se solí začne led rychle tát, neboť směs má v tu chvíli výrazně vyšší teplotu (okolo $0\text{ }^{\circ}\text{C}$), než je její teplota tání. Na roztátí ledu (změna z krystalové struktury na kapalnou) je ovšem potřeba energie (teplo), jejíž odebrání se projeví snížením celkové teploty směsi.

Smísením se solí proměníme led o teplotě přibližně $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ na směs ledu a slané vody (případně slané vody a pevného NaCl), jejíž teplota typicky klesá k $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Příprava měření

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte čidlo (str. 12).
2. Vpravo nahoře klikněte na ikonu pro nastavení zobrazení a vyberte v seznamu položku *Okamžitá hodnota*.



Provedení experimentu

1. Připravte si několik kostek ledu.
2. Zabalte kostky do hadru či ručníku a kladivem nebo paličkou je rozbijte na drobnou ledovou tříšť.
3. Nadrcený led nasypete do kádinky a vložte do ní teplotní čidlo. Pravděpodobně bude nyní ukazovat teplotu blízkou $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, protože drobné kusy ledu začínají tát.
4. Za stálého míchání teplotním čidlem přisypávejte do kádinky kuchyňskou sůl a sledujte vývoj teploty. Cílová teplota se pohybuje mezi $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Závěr

Přidávání soli k ledu způsobuje jeho tání, vzniká tak směs se slanou vodou. Led na své tání spotřebovává teplo, teplota směsi proto klesá.

Poznámky

- Zabalením kostek ledu do hadru před rozbíjením na tříšť zabráníte odletování ledových úlomků.
- Demonstrovaný jev žáci obvykle znají ze zimního solení silnic. Často však nevědí, co se s posoleným povrchem vlastně děje – očekávají, že mezi solí a ledem dochází k exotermické reakci, která povrch vozovky zahřeje a led díky tomu roztaje. Ve skutečnosti se vozovka při solení výše popsáním mechanismem ještě více ochladí (místo zledovatělé silnice zůstane chladnější mokrá silnice).
- Nejnižší cílové teploty tání (okolo $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$) dosáhnete při poměru přibližně 3 hmotnostní díly ledu na 1 díl soli. Nižší teploty již dosáhnout nelze – proto nemá smysl solit vozovky a chodníky chloridem sodným, pokud je venku mráz například $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ pod nulou, protože při libovolném poměru ledu a soli se stejně nedá teplota tání dostatečně snížit. Prakticky se chloridem sodným přestává solit už při teplotách nižších než $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, protože pouze do těchto teplot je rozmrazování dostatečně účinné.



Teplotní změny při ředění kyseliny sírové

Pomůcky

Teploměr Vernier GDX-TMP, koncentrovaná kyselina sírová (95–98% H_2SO_4), pipeta, kádinka s vodou, ochranné pomůcky (plášť, rukavice, brýle).

Teorie

Kyselina sírová H_2SO_4 patří mezi nejčastěji průmyslově využívané anorganické kyseliny. Ředění koncentrované kyseliny sírové je silně exotermickým dějem, při kterém se do okolí odevzdává velké množství tepla – teplota roztoku tedy roste.

Příprava měření

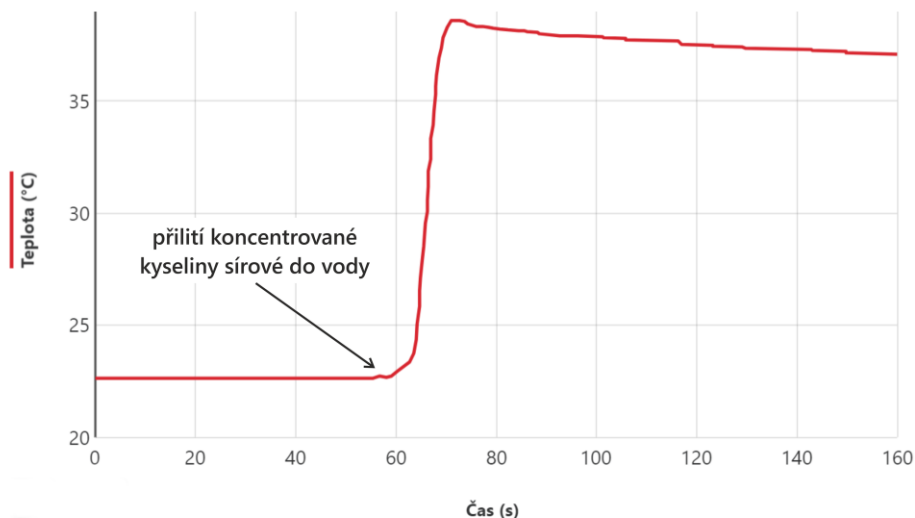
1. Nasadíte si ochranné pomůcky (rukavice, brýle, plášť).
2. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte teploměr (str. 12).
3. Nalijte do kádinky přibližně 100 ml vody o pokojové teplotě.
4. Vložte teploměr do kádinky.
5. Do pipety si odeberte přibližně 5 ml koncentrované kyseliny sírové.



Provedení experimentu

1. Tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spustíte záznam dat a nechte měřenou teplotu ustálit (hodnota zobrazovaná v pravém dolním rohu obrazovky se přestane měnit).
2. Za stálého míchání vody v kádince přilijte koncentrovanou kyselinu z pipety. K míchání můžete využívat přímo kovové tělo teploměru, zabraňte ale kontaktu koncentrované kyseliny s plastovými částmi teploměru.
3. Po celý zbytek měření zvolna míchejte a sledujte vývoj teploty roztoku.

Ukázka naměřených dat



Závěr

Při ředění kyseliny sírové došlo k významnému nárůstu teploty, v našem konkrétním případě z 23 °C na 39 °C.

Zahřátí proběhlo velmi intenzivně ihned po nalití kyseliny, zbylý čas měření roztok již pouze chladnul.

Poznámky

- Koncentrovaná kyselina sírová je nebezpečná žíravina, při práci s ní zamezte styku s kůží a chráňte oči!
- Vždy nalévejte kyselinu sírovou do vody, nikdy naopak – hrozí extrémní zahřátí roztoku a vystříknutí mimo nádobu.
- V rámci procvičování můžete nechat žáky dopočítat molární koncentraci získaného roztoku. V případě uvedených objemů (5 ml 98% H_2SO_4 na 100 ml vody) vyjde zhruba $0,9 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$.
- Podobně můžete tento experiment provést s roztoky dalších kyselin, například kyseliny chlorovodíkové HCl či kyseliny dusičné HNO_3 . V těchto případech se opět jedná o exotermické děje, zahřátí roztoku je ovšem výrazně nižší.

Změna teploty při kompresi a expanzi plynu



Pomůcky

Bodový teploměr Vernier GDX-ST, plastová lahev s širokým hrdlem a víčkem (používali jsme lahev od mléka), předmět ke stlačení lahve (kniha, bota).

Teorie

Vzduch zavřeme do snadno deformovatelné nádoby, například do plastové lahve od mléka. Na počátku je teplota vzduchu v lahvi stejná jako teplota v místnosti.

Po prudkém stlačení lahve teplota vzduchu vzroste v důsledku komprese. Následně se vzduch v lahvi začne ochlazovat na teplotu okolí. Když po chvíli stisk povolíme, dojde k náhlému poklesu tlaku a zvýšení objemu – teplota vzduchu uvnitř lahve v důsledku expanze poklesne pod původní teplotu v místnosti.

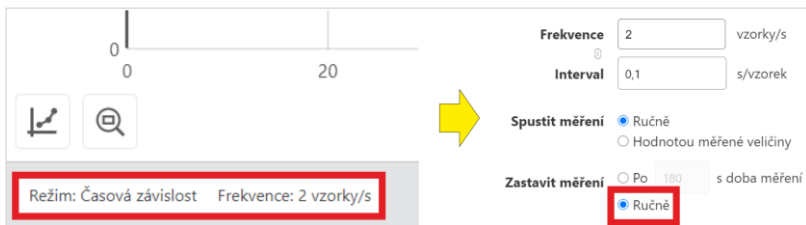
Na podobném principu lze postavit jednoduchou chladničku.

Příprava měření

1. Zapněte teploměr, spustíte aplikaci Graphical Analysis a čidlo připojte (str. 12).
2. Opatrně vsuňte celý teploměr hrdlem do lahve a víčko lahve pevně zašroubujte.



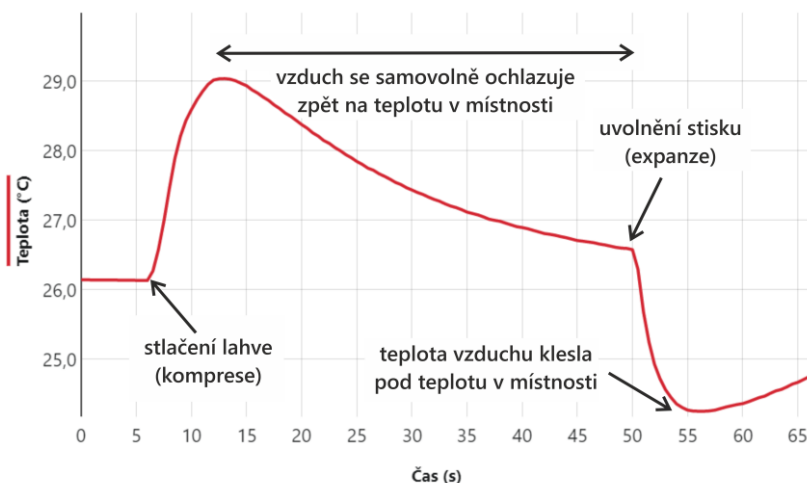
3. Klikněte na pole *Režim*, *Frekvence* v levém dolním rohu a zvolte *Zastavit měření: Ručně*. Potvrďte tlačítkem *HOTOVO*.



Provedení experimentu

1. Aktuální teplotu můžete sledovat v okně vpravo dole. Nechte ji před spuštěním měření dostatečně ustálit – je totiž pravděpodobné, že jste čidlo při vkládání do lahve rukama zahřáli.
2. Po ustálení teploty spustíte tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** záznam dat, lahev prudce stlačíte a ponecháte stlačenou. Vzduch v lahvi se po prvotním ohřátí bude díky tepelné výměně s okolím samovolně ochlazovat. Ke stlačení nepoužívejte ruce (jsou teplé), ale vhodný předmět o pokojové teplotě – např. knihu, botu apod.
3. Po 30 až 40 sekundách stisk uvolníte (nemusíte čekat až na ustálení na pokojovou teplotu) a po dalších 10 až 15 sekundách měření ukončíte tlačítkem **ZASTAVIT**.

Ukázka naměřených dat



Závěr

Kompresí lze vzduch ohřát nad teplotu v místnosti, expanzí ho můžeme naopak ochladit pod teplotu v místnosti.

Poznámky

- Lahev před experimentem vymyjte a vysušte, aby se na čidlo nedostala voda – její odpařování by komplikovalo průběh experimentu.
- Po skončení měření vyndávejte čidlo z lahve opatrně, aby nedošlo k poškození tenkého drátku teploměru.
- Během měření se nedotýkejte lahve rukou, abyste ji neohřáli.

Změny tlaku při chemické reakci

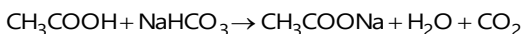


Pomůcky

Bezdrátové tlakové čidlo Vernier GDX-GP, příslušenství dodávané s čidlem (stříkačka, hadička, gumová zátka), baňka (nejlépe Erlenmeyerova se zábrusem), jedlá soda, ocet.

Teorie

Ocet používaný v kuchyni je nejčastěji 8% roztokem kyseliny octové, která s jedlou sodou reaguje za vzniku octanu sodného, vody a oxidu uhličitého:



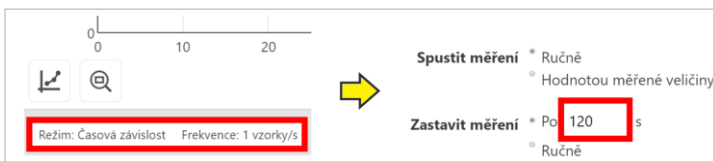
Pokud probíhá reakce v uzavřené nádobě, způsobuje produkce oxidu uhličitého růst tlaku uvnitř nádoby – cílem experimentu je proměřit tento růst.

Příprava měření

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte čidlo (str. 12).
2. Jeden konec plastové hadičky přišroubujete k tlakovému čidlu a druhý k závitu v horní části gumové zátky.
3. Do plastové stříkačky natáhněte 10 ml octa a přišroubujte stříkačku k druhému, dosud volnému závitu zátky.
4. Do baňky nasypejte několik vrchovatých čajových lžiček jedlé sody a baňku zátkou utěsněte. Celé uspořádání experimentu ukazuje obrázek.



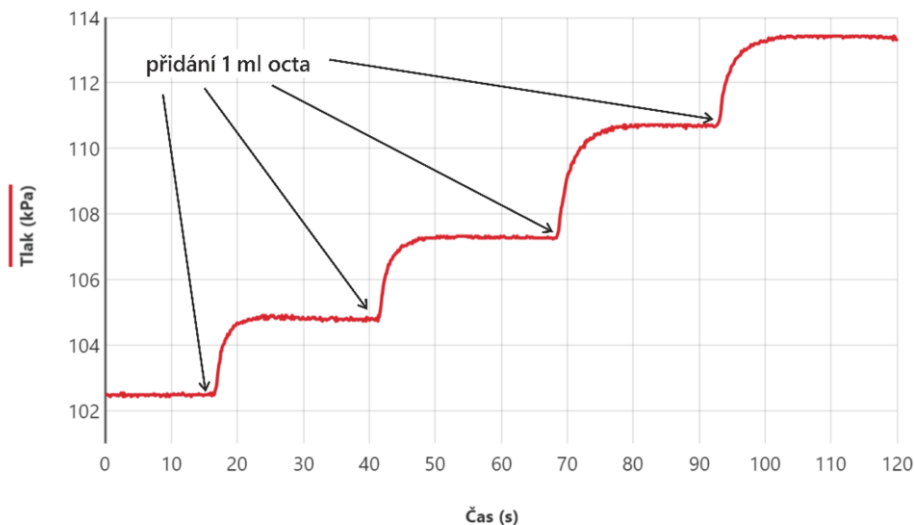
5. Klikněte na pole *Režim*, *Frekvence* v levém dolním rohu aplikace, nastavte dobu měření na 120 sekund a potvrďte tlačítkem *Hotovo*.



Provedení experimentu

1. Tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spustíte záznam dat a vstříkněte do nádoby 1 ml octa.
2. Jakmile se hodnota tlaku po několika sekundách ustálí, přidejte další mililitr octa. Tento krok třikrát až čtyřikrát zopakujte.
3. Měření ukončíte tlačítkem **ZASTAVIT**.

Ukázka naměřených dat



Závěr

Po přidání octa část jedlé sody s octem zreaguje, vyvine se určitý objem oxidu uhličitého a tlak v nádobě vzroste. Pokud přidáváme ocet v přibližně stejně velkých dávkách, jsou nárůsty tlaku po každém přidání přibližně stejné a v grafu vznikají jakési „schody“, ve vzorovém měření s průměrnou výškou přibližně 2,8 kPa.

Poznámky

- Je nutné zajistit dostatečné utěsnění nádoby – vhodné je použít baňku se zábrusem a zátku do jejího ústí pevně vtlačit.
- Obvykle se nepodaří, aby byla výška všech „schodů“ v grafu úplně stejná. Obtížné je zejména přesně odměřit objem 1 ml na stupnici stříkačky.



Rychlost chemické reakce – vliv velikosti povrchu

Pomůcky

Čidlo tlaku Vernier GDX-GP, hadička a gumová zátka (dodává se spolu s čidlem), baňka o objemu alespoň 500 ml (nejlépe se zábrusem), tablety jedlé sody (lze zakoupit v lékárně), ocet, nůž, třecí miska s tloučkem, lžička.

Teorie

Jedním z parametrů ovlivňujících rychlost chemické reakce je velikost povrchu reagujících látek. Prášek má mnohem větší reakční povrch než stejné množství látky v celku (hrudka, tableta).

V tomto experimentu bude v uzavřené nádobě reagovat hydrogenuhličitán sodný s kyselinou octovou. Vznikající oxid uhličitý způsobí růst tlaku uvnitř nádoby, přičemž rychlost růstu tlaku bude vypovídat o rychlosti chemické reakce.

Příprava měření

1. Připravte si jedlou sodu. Jednu tabletu ponechte celou, druhou rozlámejte nebo nožem rozdělte na několik kusů. Třetí tabletu rozdrťte v třecí misce na prášek.
2. Do baňky nalijte 50 ml octa.
3. Jeden konec plastové hadičky přišroubujte k tlakovému čidlu a druhý k závitů v horní části gumové zátky.

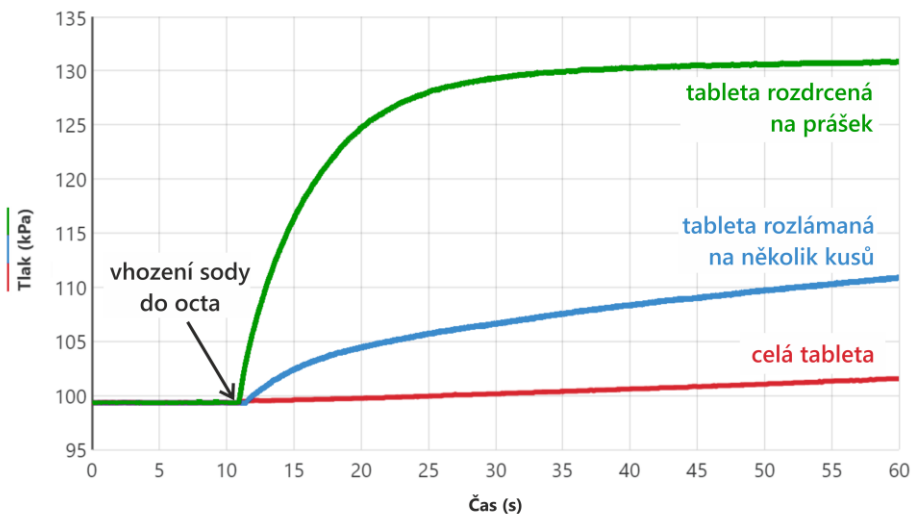


4. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte čidlo (str. 12).
5. Klikněte na pole *Režim, Frekvence* v levém dolním rohu aplikace, nastavte frekvenci měření na 10 vzorků za sekundu a dobu měření na 60 sekund. Potvrďte nastavení tlačítkem *Hotovo*.

Provedení experimentu

1. Tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spusťte záznam dat, po 10 sekundách měření vhodte do baňky celou tabletu jedlé sody a baňku ihned zazátkujte.
2. Po jedné minutě se měření automaticky ukončí. Odzátkujte baňku, vylijte z ní její obsah, vypláchněte a nalijte 50 ml čistého octa.
3. Měření opakujte s tabletou rozlámanou na několik kusů a poté ještě jednou s tabletou rozdrcenou na prášek.
4. Pro zobrazení všech naměřených závislostí do jednoho grafu klikněte kdykoli (i během měření) na popisek svislé osy *Tlak* a zvolte *Zobrazit vše*. Již během měření můžete využívat tlačítko  pro automatické nastavení měřítka grafu.

Ukázka naměřených dat



Závěr

Z naměřených závislostí je patrné, že nejpomaleji probíhá reakce v případě celé tablety, která má nejmenší povrch (červeně). Rozlámání tablety průběh reakce urychlí (modře) a její rozdrcení ho urychlí ještě výrazněji (zeleně). Zelená křivka ke konci měření téměř přestala růst – veškerá soda již zreagovala, oxid uhličitý už nevznikal a tlak dál nerostl.

Poznámky

- Při uzavírání baňky na zátku silněji zatlačte, aby během měření dostatečně těsnila.
- Baňku uzavřete co nejrychleji po vhození jedlé sody. To je důležité zejména u tablety rozdrcené na prášek, se kterou probíhá reakce velmi rychle.



Rychlost chemické reakce – vliv teploty

Pomůcky

Teploměr Vernier GDX-TMP, čidlo tlaku Vernier GDX-GP, hadička a gumová zátka (dodává se spolu s čidlem tlaku), baňka (nejlépe se zábrusem), tři kádinky, jedna větší nádoba pro lázeň na ohřívání kádinky, tablety jedlé sody (lze zakoupit v lékárně), ocet, rychlovarná konvice.

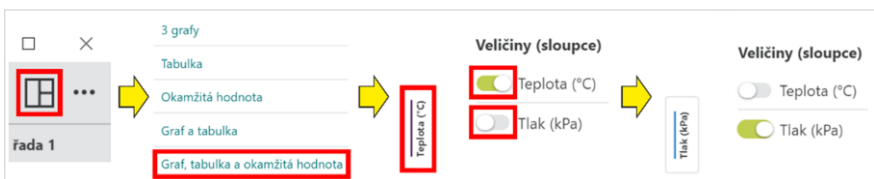
Teorie

Jedním z parametrů ovlivňujících rychlost chemické reakce je teplota reagujících látek, přičemž jednoduché chemické reakce probíhají vždy rychleji při vyšší teplotě. Tuto skutečnost vystihuje tzv. *van't Hoffovo pravidlo*, podle kterého se při zvýšení teploty reaktantů o 10 °C zvýší rychlost reakce zhruba 1,5× až 4×.

V tomto experimentu bude v uzavřené nádobě reagovat hydrogenuhličitan sodný s kyselinou octovou. Vznikající oxid uhličitý způsobí růst tlaku uvnitř nádoby, přičemž rychlost růstu tlaku bude vypovídat o rychlosti chemické reakce.

Příprava měření

1. Do tří kádinek odměřte 75 ml octa.
2. První kádinka bude sloužit pro měření při pokojové teplotě. Druhou kádinku vložte ještě před měřením do lednice. Třetí kádinku postavte do větší nádoby s horkou vodou.
3. Jeden konec plastové hadičky přišroubujte k tlakovému čidlu a druhý k závit v horní části gumové zátky.
4. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojte čidla (str. 12).
5. Vpravo nahoře klikněte na tlačítko  pro nastavení zobrazování a vyberte možnost *Graf, tabulka a okamžitá hodnota*.
6. Pokud se na svislé ose zobrazuje veličina *Teplota*, klikněte na popisek svislé osy, zrušte výběr možnosti *Teplota* a naopak vyberte možnost *Tlak*.
Údaj o teplotě se bude v aplikaci nadále zobrazovat v okně vpravo dole.
7. Klikněte na pole *Režim, Frekvence* v levém dolním rohu aplikace, nastavte frekvenci měření na 10 vzorků za sekundu, dobu měření na 120 sekund a zvolte *Hotovo*.

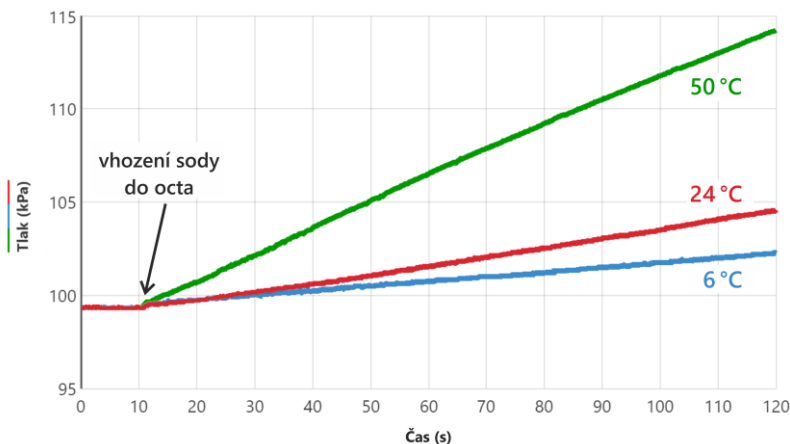


Provedení experimentu

1. Změřte a запиšte si teplotu octa v první kádince (pokojová teplota). Ocet přelijte do baňky.
2. Tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spustíte záznam dat, po 10 sekundách měření vhodíte do baňky tabletu jedlé sody a baňku ihned zazátkujete.
3. Jakmile se měření ukončí, odzátkujete baňku, obsah vylijte a baňku vypláchněte.
4. Opakujte kroky 1 až 3 s octem vyjmutým z lednice a s octem zahřátým v horké vodní lázni (obrázek).
5. Pro zobrazení všech naměřených závislostí do jednoho grafu klikněte kdykoli (i během měření) na popisek svislé osy *Tlak* a zvolte *Zobrazit vše*. Již během měření můžete využívat tlačítko  pro automatické nastavení měřítka grafu.



Ukázka naměřených dat



Závěr

Při vyšší teplotě octa roste tlak po vhození tablety jedlé sody strměji, což znamená, že reakce probíhá rychleji.

Poznámky

- Při uzavírání baňky na zátku silněji zatlačte, aby během měření dostatečně těsnila.
- Baňku vždy uzavřete co nejrychleji po vhození tablety jedlé sody.
- Takto měřené teploty jsou pouze orientační – teplota octa se může při přelévání z kádinky do baňky změnit.



Rychlost chemické reakce – vliv míchání

Pomůcky

Čidlo tlaku Vernier GDX-GP, hadička a gumová zátka (dodává se spolu s tlakovým čidlem), magnetická míchačka Vernier STIR, kádinka pro odměřování objemu, ocet, tablety jedlé sody (lze koupit v lékárně), baňka (nejlépe se zábrusem) o objemu 500 ml.

Teorie

Průběh mnoha chemických reakcí lze urychlit mícháním reakční směsi. V tomto experimentu bude v uzavřené nádobě reagovat hydrogenuhličitán sodný s kyselinou octovou. Vznikající oxid uhličitý způsobí růst tlaku uvnitř nádoby, přičemž rychlost růstu tlaku bude vypovídat o rychlosti chemické reakce.

Příprava měření

1. K magnetické míchačce Vernier STIR připojte napájecí kabel a jeho druhý konec zapojte do elektrické zásuvky.
2. Do baňky nalijte 75 ml octa a vložte do ní magnetickou míchací tyčinku.
3. Baňku postavte na magnetickou míchačku.
4. Jeden konec hadičky přišroubujte k závitů v horní části gumové zátky, druhý konec přišroubujte k tlakovému čidlu.
5. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojte tlakové čidlo (str. 12).
6. Klikněte na pole *Režim, Frekvence* v levém dolním rohu aplikace, nastavte frekvenci měření na 10 vzorků za sekundu, dobu měření na 180 sekund a potvrďte tlačítkem *Hotovo*.



Provedení experimentu

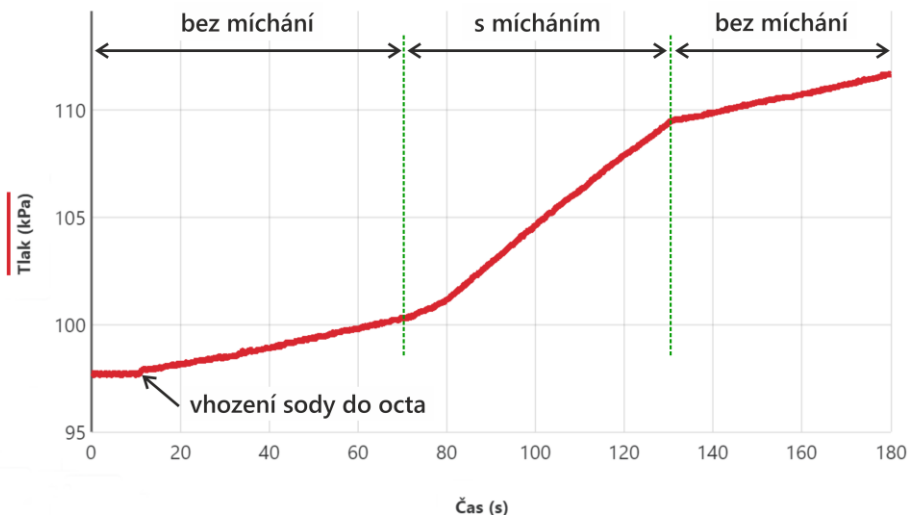
1. Magnetickou míchačku nechte prozatím vypnutou, tj. její otočný knoflík zůstane v poloze *off*.
2. Tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spustíte záznam dat. Po 10 sekundách měření vhodte do baňky jednu tabletu jedlé sody a baňku ihned zazátkujte.
3. Tabletů nechte reagovat s octem po dobu jedné minuty. Poté (v 70. sekundě měření) zapněte míchání na nejvyšší stupeň (otočný knoflík vytočte zcela vpravo).



otočný knoflík
magnetické míchačky

- Po další minutě (ve 130. sekundě měření) míchání vypněte a vyčkejte necelou zbývajících minutu, než se měření automaticky ukončí.
- Pro automatické nastavení vhodného měřítka grafu použijte tlačítko .

Ukázka naměřených dat



Závěr

Naměřené hodnoty ukazují, že první minutu po vhození sody do octa rostl tlak v baňce poměrně pomalu. Jakmile bylo spuštěno míchání, růst tlaku v baňce se výrazně zrychlil. Po vypnutí míchačky se tempo růstu opět zpomalilo, a to přibližně na úroveň v první minutě měření. Míchání tedy zjevně způsobilo rychlejší průběh reakce, tj. rychlejší vznik oxidu uhličitého v baňce.

Poznámky

- Při uzavírání baňky na zátku silněji zatlačte, aby během měření dostatečně těsnila.
- Míchačku Vernier STIR lze nahradit tím, že budete reakční směs míchat ručně, krouživým pohybem baňky. Vliv na reakční rychlost je při tomto provedení méně zřetelný. V případě, že se pro ruční míchání rozhodnete, je důležité, abyste se při něm nedotýkali zátky a neovlivňovali tím tlak uvnitř.

Závislost tlaku plynu na objemu



Pomůcky

Bezdrátové tlakové čidlo Vernier GDX-GP, plastová stříkačka dodávaná s čidlem.

Teorie

Vzduch lze za běžných podmínek přibližně považovat za tzv. ideální plyn, pro který platí stavová rovnice ve tvaru:

$$pV = nRT,$$

kde p je tlak plynu, V jeho objem, n látkové množství, R plynová konstanta a T termodynamická teplota. Pro děj probíhající za stálé teploty (izotermický děj) se stálým množstvím plynu se vztah zjednoduší na $pV = \text{konst}$, což ověříme měřením.

Příprava měření

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte čidlo (str. 12).
2. Píst plastové stříkačky nastavte tak, aby jeho prostřední ryska ukazovala objem 10 ml (obrázek vlevo). Poté stříkačku k čidlu přišroubujte (obrázek vpravo).



3. Klikněte na pole *Režim, Frekvence* v levém dolním rohu, vyberte režim *Události a hodnoty* a v dalším okně vyplňte *Název události: Objem* a *Jednotky: ml* (obr. níže). Potvrďte kliknutím na tlačítko *Hotovo*.

The screenshot shows the 'měření' (measurement) setup screen. On the left, under 'Režim' (Mode), 'Události a hodnoty' (Events and values) is selected and highlighted with a red box. Below it, 'Jednotky času' (Time units) are listed. On the right, a dropdown menu shows 'Režim' set to 'Události a hodnoty'. Below this, 'Režim jednotlivých událostí' (Individual event mode) is selected. A table for event configuration is shown with 'Název události' (Event name) set to 'Objem' and 'Jednotky' (Units) set to 'ml', both highlighted with red boxes. A yellow arrow points from the left menu to the right configuration area.

měření	
Režim	Časová závislost
Jednotky času	Počítání kapek Photogate Timing

Režim: Události a hodnoty

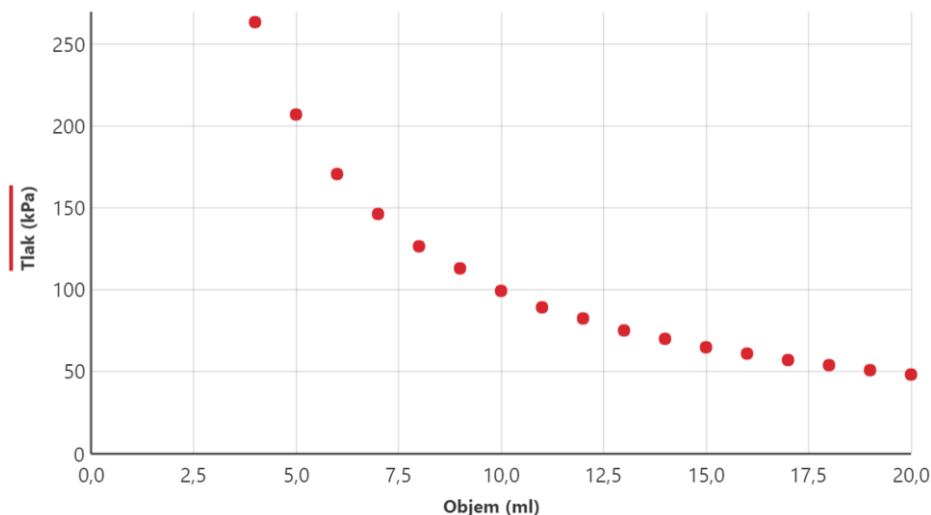
Režim jednotlivých událostí: Události a hodnoty

Název události	Jednotky
Objem	ml

Provedení experimentu

1. Tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spustíte záznam dat a stiskněte **ZACHOVAT**. Do sloupce *Objem*, který se objeví na obrazovce, vepište hodnotu 10 (tj. aktuální objem vzduchu ve stříkačce). Potvrďte kliknutím na tlačítko *Zachovat hodnotu*.
2. Stlačte píst tak, aby prostřední ryska pístu ukazovala objem 9 ml, opět klikněte na tlačítko **ZACHOVAT** a vepište hodnotu 9. Stejným způsobem zaznamenejte tlak pro objem 8 ml, 7 ml, 6 ml, 5 ml a 4 ml a dále pro objemy 11 ml až 20 ml.
3. Měření ukončíte stiskem tlačítka **ZASTAVIT**.

Ukázka naměřených dat



Závěr

S rostoucím objemem vzduchu ve stříkačce tlak klesá. Pokud pro každý bod určíme součin tlaku a objemu, dostaneme pokaždé přibližně tutéž hodnotu okolo 1 000 kPa · ml, což je v souladu s teorií ($pV = \text{konst}$). Protože tuto vlastnost (součin dvou veličin je konstantní) mají body ležící na grafu nepřímé úměry, jedná se současně o názorný příklad nepřímé úměrnosti.

Poznámky

- Nestlačujte plyn ve stříkačce pod 4 ml, může dojít ke zničení čidla či stříkačky!
- Držte stříkačku tak, abyste rukou co nejméně zahřívali plyn uvnitř.
- Změny teploty způsobené kompresí či expanzí plynu při nastavování objemu jsou malé a stačí se rychle vyrovnávat.
- Výhodná je práce ve dvojici – jeden pracuje se stříkačkou, druhý s počítačem.

Závislost tlaku plynu na teplotě



Pomůcky

Bezdrátový teploměr Vernier GDX-TMP, bezdrátové tlakové čidlo Vernier GDX-GP, plastová hadička a gumová zátka (obojí dodávané s tlakovým čidlem), zkumavka nebo malá baňka utěsnitelná gumovou zátkou, tři kádinky, rychlovarná konvice.

Teorie

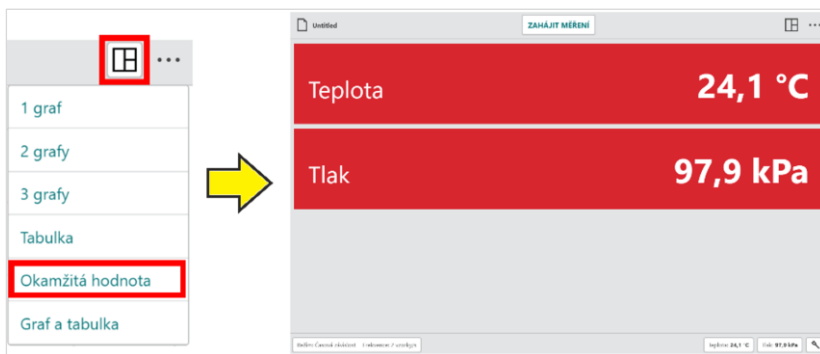
Vzduch lze za běžných podmínek přibližně považovat za tzv. ideální plyn, pro který platí stavová rovnice ve tvaru:

$$pV = nRT,$$

kde p je tlak plynu, V jeho objem, n látkové množství, R plynová konstanta a T termodynamická teplota. Pro děj probíhající za stálého objemu (izochorický děj) se stálým množstvím plynu tedy platí, že tlak je přímo úměrný termodynamické teplotě.

Příprava měření

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis.
2. Obě čidla v libovolném pořadí postupně připojíte (str. 12).
3. Zkumavku (resp. malou baňku) uzavřete gumovou zátkou.
4. Plastovou hadičku přišroubujete jedním koncem k závitům zátky, druhým k závitům tlakového čidla (obrázek vpravo).
5. Klikněte na ikonu  pro nastavení zobrazení vpravo nahoře a vyberte v seznamu položku *Okamžitá hodnota*.



Provedení experimentu

1. Vodu v rychlovarné konvici přivedte k varu.
2. V každé ze tří sklenic připravte vodní lázně. Jedna lázeň vznikne nalitím studené kohoutkové vody, druhá nalitím horké vody z konvice a třetí jejich smícháním přibližně v poměru 1:1.
3. Teploměr spolu s nádobkou ponořte nejprve do nejchladnější lázně, přičemž baňka by měla být ponořena většinou svého objemu (dle obrázku). Poté, co se měřené hodnoty ustálí, poznamenejte si teplotu a tlak.
4. Krok 3 zopakujte pro zbylé dvě lázně.



Ukázka naměřených dat

Hodnoty teploty byly měřeny ve stupních Celsia a poté převedeny na kelviny:

	naměřená Celsiova teplota t	dopočítaná termodynamická teplota T	naměřený tlak p
studená voda	23,1 °C	296,3 K	100,0 kPa
směs 1:1	51,5 °C	324,7 K	109,1 kPa
horká voda	86,1 °C	359,3 K	119,3 kPa

Závěr

Z tabulky naměřených hodnot je vidět, že naměřený tlak plynu je tím vyšší, čím vyšší je teplota plynu. Vyjádříme-li teplotu plynu v kelvinech, potom tlak plynu p je přímo úměrný takto vyjádřené termodynamické teplotě T .

Poznámky

- Do těla tlakového čidla se nesmí dostat voda.
- Věnujte pozornost dostatečnému utěsnění baňky zátkou.
- Sklenky neplňte vodou až po okraj, aby po ponoření baňky voda nevytékala ven.
- Teplota plynu v baňce se rychle vyrovnává s teplotou vody vně baňky. Proto stačí měřit teplotu vody a považovat ji za teplotu plynu v baňce.
- Tři měření stačí pro demonstraci toho, že tlak s teplotou roste. Pro ukázání, že závislost je lineární, by bylo vhodné provést více měření (aspoň 5).

Příprava CO₂ a zhasení svíčky nedostatkem kyslíku

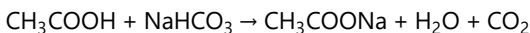


Pomůcky

Čidlo koncentrace kyslíku Vernier GDX-O2, plastová nádobka dodávaná společně s čidlem, ocet, jedlá soda, svíčka, zápalky.

Teorie

V kuchyni používaný ocet je obvykle osmiprocentním roztokem kyseliny octové (CH₃COOH). Kyselina octová reaguje s jedlou sodou (NaHCO₃) za vzniku octanu sodného, vody a oxidu uhličitého:



Vznikající oxid uhličitý se hromadí nad hladinou reagujícího octa, odkud vytlačuje kyslík. Vzduch nad hladinou tak obsahuje méně kyslíku, než je běžných necelých 21 %.

Příprava měření

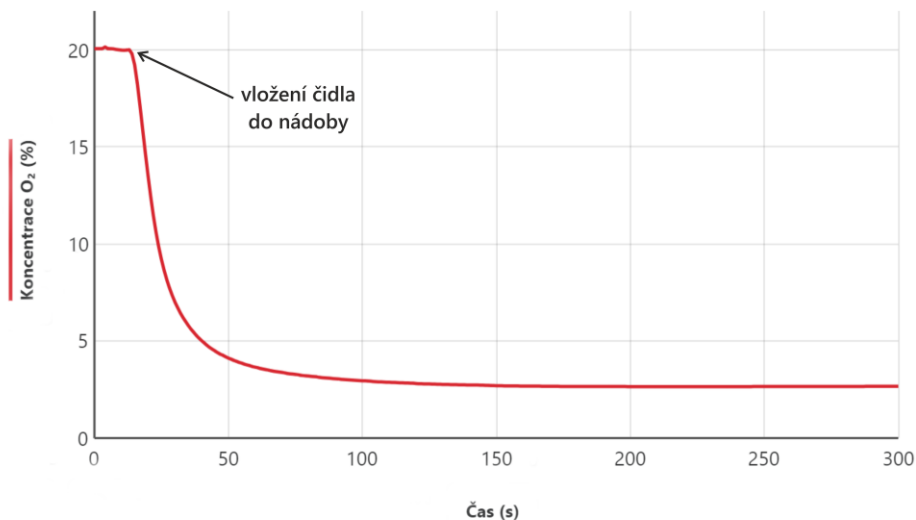
1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte čidlo (str. 12).
2. Do plastové nádobky nalijte trochu octa, max. do výšky 1 cm.

Provedení experimentu

1. Do octa přisypte malé množství jedlé sody (méně než polovinu čajové lžičky).
2. Vyčkejte přibližně 10 sekund, reakce bude v nádobě bouřlivě probíhat.
3. Spustíte záznam dat tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** a vložte čidlo kyslíku do plastové nádobky (obrázek vpravo).
4. Po skončení měření čidlo z nádobky vyjměte.
5. Měření ukazuje, že koncentrace kyslíku v nádobce výrazně poklesla. Kyslík byl z nádobky vytlačen oxidem uhličitým vznikajícím při reakci.
6. Zapalte svíčku a pomalu k ní hrdlo nádobky z boku přiblížte. Oxid uhličitý na svíčku vylijte. Svíčka zhasne.



Ukázka naměřených dat



Závěr

Kyslík byl z nádoby vytlačován oxidem uhličitým vznikajícím při reakci. V ukázkovém experimentu se původní koncentrace kyslíku v nádobě (asi 20 %) snížila na necelá 3 %.

Oxid uhličitý má větší hustotu než vzduch, lze jej tedy z nádoby vylít podobně jako vodu. Při vylití na svíčku dojde k uhašení plamene, neboť oxid uhličitý vytlačí z okolí plamene kyslík potřebný k hoření.

Poznámky

- Při experimentu použijte skutečně malé množství reaktantů – jak octa, tak jedlé sody. Při použití většího množství vzniklá pěna snadno vyteče z nádoby ven.
- Dávejte pozor, aby nedošlo k namočení čidla octem či pěnou.
- Čidlo nezměří hodnotu koncentrace okamžitě, ustálení trvá několik desítek sekund.
- Při „vylévání“ oxidu uhličitého na svíčku je třeba zacházet s plastovou nádobou tak, aby z ní na svíčku nevytekl i zbytek octa. Pozor dejte také na to, aby svíčka neponičila svým žářem plastovou nádobku.
- Před vylitím oxidu uhličitého z nádoby na svíčku nenechávejte nádobu příliš dlouho otevřenou – i přes mírně vyšší hustotu oxid uhličitý nezůstane v nádobě trvale – postupně difunduje otvorem ven.
- Pokud máte čidlo koncentrace oxidu uhličitého GDX-CO₂ nebo CO₂-BTA, použijte ho v experimentu také.



Změna složení vzduchu při hoření svíčky

Pomůcky

Čidlo koncentrace kyslíku Vernier GDX-O2, čidlo koncentrace oxidu uhličitého Vernier GDX-CO2, alobal, svíčka, zápalky, nádoba přiměřené velikosti.

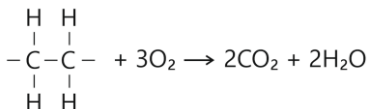
Námi použitá nádoba byla plastová a měla rozměry 17 cm × 23 cm × 20 cm, lze použít i skleněnou nádobu a přikrýt ji sklem nebo kovem. V takovém případě nepotřebujete alobal.

Z adresy www.vernier.cz/284 můžete stáhnout prezentaci se schematickým popisem reakce.

Teorie

Parafín je pevná amorfni směs vyšších alkanů řady C_nH_{2n+2} ($20 \leq n \leq 40$).

Při hoření svíčky reagují páry parafínu s molekulami kyslíku, což lze zjednodušeně znázornit takto:



V rovnici výše jsme vzali opakující se část řetězce parafínu $-C_2H_4-$, která po reakci se 3 molekulami kyslíku vytvoří 2 molekuly oxidu uhličitého a 2 molekuly vody.

Hoření parafínu je exotermická reakce, vzniklá voda se proto uvolňuje v podobě vodní páry a zvyšuje relativní vlhkost vzduchu.

Látková množství spotřebovaného kyslíku a vyprodukovaného oxidu uhličitého by měla být podle rovnice výše v poměru 3:2. Atomy uhlíku z parafínu se při hoření svíčky ale ve skutečnosti nepřeměňují výhradně jen na oxid uhličitý CO_2 , ale také oxid uhelnatý CO a na saze C . Poměr je proto při reálném hoření svíčky ještě vyšší než 3:2.

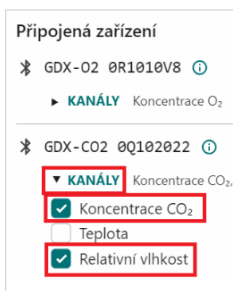
Cílem experimentu je ukázat, že při hoření se spotřebovává kyslík a vzniká oxid uhličitý a také voda ve formě vodní páry (zvýší se relativní vlhkost vzduchu).

Pokud chceme jít v analýze experimentu hlouběji, můžeme sledovat i poměry mezi úbytkem O_2 a přírůstkem CO_2 .

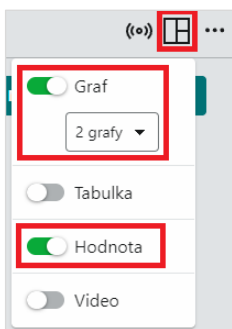


Příprava měření

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte obě čidla (str. 12). Během připojování rozklikněte u CO₂ čidla položku *Kanály* a zaškrtněte také *Relativní vlhkost*.



2. Vpravo nahoře klikněte na ikonu pro nastavení zobrazení a zaškrtněte zobrazení *2 grafů* a *okamžité hodnoty*.

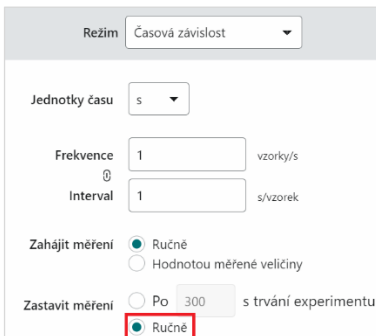


3. Kliknutím na *název svislé osy* v grafu upravte zobrazení tak, aby v jednom grafu byla pouze koncentrace O₂, ve druhém koncentrace CO₂. Veličina *relativní vlhkost* se v grafu zobrazovat nebude, postačí její okamžitá hodnota zobrazená na displeji.

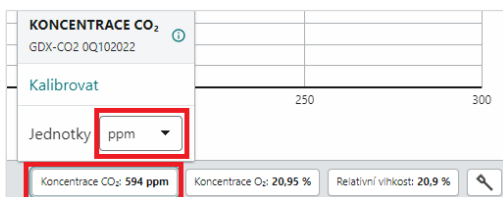
Kliknutím na *barevné kolečko* při úpravě zobrazení lze nastavit i barvu čar v grafu.



4. Klikněte na pole *Režim*, *Frekvence* v levém dolním rohu aplikace a nastavte ruční zastavení měření.



5. Klikněte v pravém dolním rohu aplikace na hodnotu koncentrace CO_2 a změňte jednotku z *ppm* na *procenta*.



6. Obě čidla položte do nádoby. O_2 čidlo je třeba skladovat ve svislé poloze, ale krátkodobě při měření může být horizontálně.

Provedení experimentu

1. Podívejte se s žáky na aktuální hodnoty CO_2 , O_2 a relativní vlhkosti vzduchu.
2. Klikněte v aplikaci na tlačítko **ZAHÁJIT MĚŘENÍ**.
3. Zapalte svíčku a vložte ji do nádoby k čidlům.
4. Překryjte vrchní (otevřenou) část nádoby alobalem a nádobu uzavřete víkem. Alobal jednak pomůže nádobu utěsnit, jednak pomůže rozvádět do stran teplo vzniklé hořením svíčky, čímž ochrání kryt nádoby před poškozením.

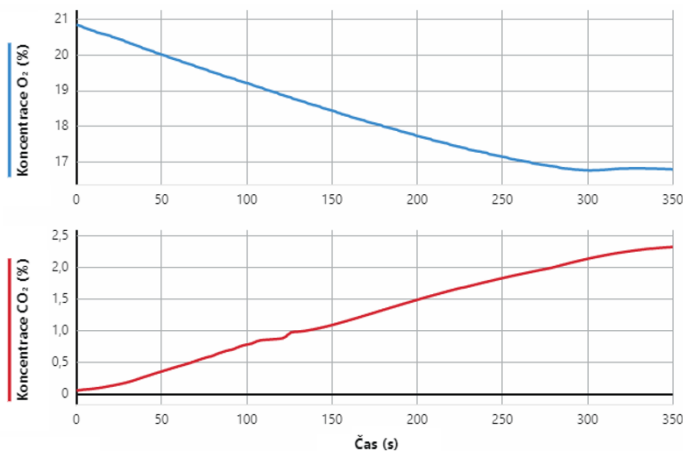


5. Experiment nechtejte probíhat do té doby, než svíčka sama zhasne – to nastane obvykle už tehdy, když je koncentrace O_2 kolem 16 %, tedy mnohem dříve, než možná leckdo čeká.

Měření probíhá několik minut. Tuto dobu můžete využít k diskusi nad chemickými procesy, které při hoření svíčky probíhají.

Ukázka naměřených dat

Během měření, které trvalo přibližně 5 minut, klesla koncentrace O_2 z 20,8 % na 16,8 %. Koncentrace CO_2 vzrostla z 0,1 % na 2,4 %. Relativní vlhkost v nádobě na počátku experimentu byla okolo 40 %, na konci experimentu byla již přes 70 %.



Závěr

Svíčka zhasla po cca 5 minutách, při koncentraci kyslíku 16,8 %. Ukazuje to, že k hoření nestačí jen přítomnost kyslíku, ale je potřeba jeho dostatečná koncentrace.

Během hoření vznikala také voda ve formě vodní páry, což způsobilo nárůst relativní vlhkosti vzduchu v nádobě z 40 % na 70 %.

Vlivem hoření svíčky klesla koncentrace O_2 o 4 procentní body, zatímco koncentrace CO_2 narostla o 2,3 procentního bodu.

Poměr mezi spotřebovaným O_2 a vyprodukovaným CO_2 byl vyšší než 3:2, což skutečně naznačuje, že při hoření kromě oxidu uhličitého a vodní páry vznikaly i další produkty.

Poznámka

Nádoba musí být dostatečně široká, aby se do ní vešla obě čidla i svíčka, a současně dostatečně vysoká, aby plamen svíčky neponičil víko nádoby. Příliš velká nádoba je ale také nevhodná, protože pak jsou pozorované změny koncentrací méně výrazné.



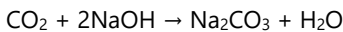
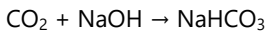
Absorpce CO₂ do roztoku NaOH

Pomůcky

Senzor plynného oxidu uhličitého GDX-CO₂, nádoba BC-2000, igelitový sáček nebo izolepa na ucpání druhého otvoru v nádobě, ochranné pomůcky (plášť, rukavice, brýle), Petriho miska, hydroxid sodný (NaOH).

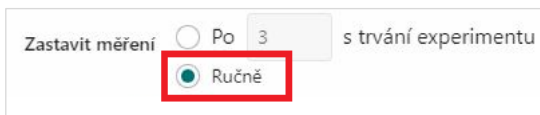
Teorie

Jednou z laboratorních metod čištění vzduchu od CO₂ je absorpce do roztoku NaOH za vzniku Na₂CO₃ a NaHCO₃ (poměr produktů závisí na pH roztoku – při vyšším pH převažuje uhlíčan sodný). V průmyslu bývají praktičtější jiné metody čištění.



Příprava měření

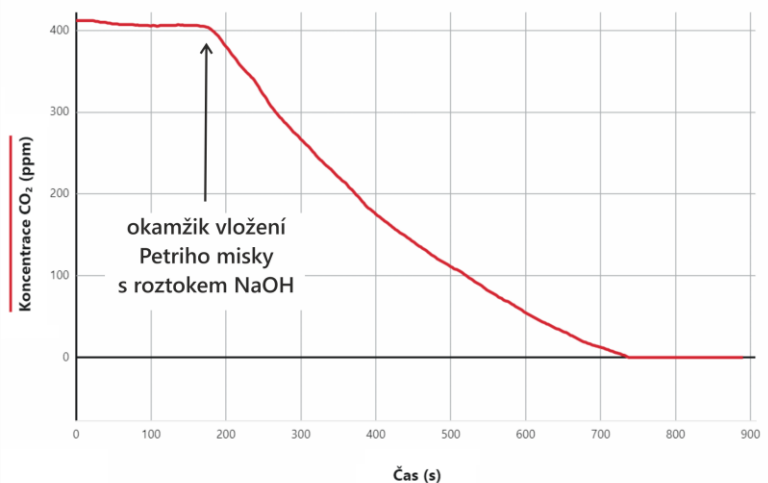
1. Zastrčte čidlo GDX-CO₂ do jednoho z otvorů. Druhý otvor je určen na O₂ čidlo v biologických experimentech. Nyní je třeba jej neprodyšně uzavřít, například přelepit izolepou nebo ucpat igelitovým sáčkem. Můžete použít i čidlo GDX-O₂ nebo druhé GDX-CO₂, máte-li je.
2. Do Petriho misky nalijte vodu a přidejte NaOH. Stačí několik perliček, množství „na špičku nože“. Míchejte, dokud se hydroxid sodný ve vodě zcela nerozpustí.
3. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojte čidlo (str. 12).
4. Klepněte na pole *Režim*, *Frekvence* vlevo dole a nastavte *Zastavit měření: Ručně*.



Provedení experimentuu

1. Petriho misku nejprve ponechte mimo nádobu.
2. Tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spustíte záznam dat.
3. Po několika minutách, kdy je jasně vidět, že v prázdné nádobě se koncentrace CO₂ nemění, vložte do nádoby Petriho misku s roztokem NaOH. Nádobu zase uzavřete.
4. Jakmile koncentrace CO₂ klesne k nule, měření ukončete tlačítkem **ZASTAVIT**.

Ukázka naměřených dat



Závěr

Experiment ukázal, že po necelých 10 minutách od vložení Petriho misky s roztokem NaOH klesla koncentrace CO_2 v nádobě na nulu. Veškerý oxid uhličitý byl absorbován.

Poznámka

Zeptejte se žáků, jak je možné, že se od CO_2 zakrátko vyčistí vzduch v celé nádobě, ačkoliv Petriho miska je jen v jedné její části – odpovědí je neustálý neuspořádaný pohyb částeczek vzduchu.

Citronová „baterie“ (galvanický článek)



Pomůcky

Bezdrátový voltmetr Vernier GDX-VOLT, citron, nůž, mince 5 Kč a 10 Kč, hliníková vidlička.

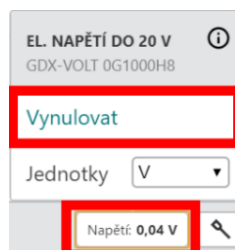
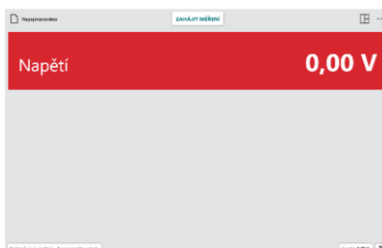
Teorie

V galvanických člancích vzniká elektrické napětí mezi dvěma různými kovy (elektrodami), které jsou umístěny v elektrolytu. V níže popsaném provedení experimentu je elektrolyt představován citronovou šťávou a jako elektrody jsou používány běžně dostupné předměty – desetikoruna (měděný povrch), pětikoruna (niklový povrch) a hliníková vidlička.



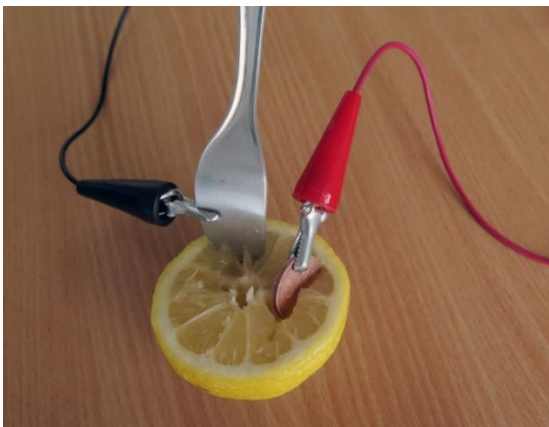
Příprava měření

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte čidlo (str. 12).
2. Klikněte na aktuální hodnotu napětí v pravém dolním rohu aplikace a vyberte *Vynulovat* (obrázek vpravo).
3. Vpravo nahoře klikněte na ikonu pro nastavení zobrazení a vyberte v seznamu položku *Okamžitá hodnota*.



Provedení experimentu

1. Nožem rozkrojíte citron na dvě poloviny, potřebovat budete jednu z nich.
2. Do poloviny citronu vtačte větší část desetikorunové mince a část hliníkové vidličky. V místě vkládání mince je výhodné citron předem proříznout.
3. Na oba kovové předměty připojte vodiče voltmetru (obrázek na protější straně) a poznamenejte si měřenou hodnotu napětí.
4. Kroky 2 a 3 zopakujte také pro dvojici pětikoruna–vidlička a ještě pro dvojici pětikoruna – desetikoruna.



Ukázka naměřených dat

Pro tři uvedené dvojice předmětů (kovů) byly získány následující hodnoty napětí:

dvojice předmětů	příslušné kovy	napětí
desetikoruna – vidlička	měď – hliník	0,6 V
pětikoruna – vidlička	nikl – hliník	0,5 V
pětikoruna – desetikoruna	nikl – měď	0,2 V

Závěr

Různé dvojice kovů generují při vložení do téhož elektrolytu (citronové šťávy) různá napětí. V našem měření poskytovala nejvyšší napětí dvojice měď–hliník, nejnižší pak dvojice nikl–měď.

Poznámky

- Je třeba dát pozor, aby se kovy vně ani uvnitř citronu nedotýkaly. Stejně tak je třeba dbát, aby se elektrolyt nedostal ke svorkám voltmetru.
- Naměřené hodnoty se v tomto experimentu budou lišit od standardních potenciálů uváděných u Beketovovy řady kovů. Příčinou je to, že podmínky experimentu se liší od standardizovaných.
- Místo citronu můžete využít jablko nebo bramboru. Zkuste použít i jiné elektrolyty, např. slanou vodu.
- Zkuste provést experiment i s jinými kovy.

Určení hmotnosti atomu mědi



Pomůcky

Proudový zdroj a ampérmetr pro elektrochemii Vernier GDX-CCS, modrá skalice, dvě měděné destičky, kádinka, stativ, přesné váhy (například OHSK-123).

Teorie

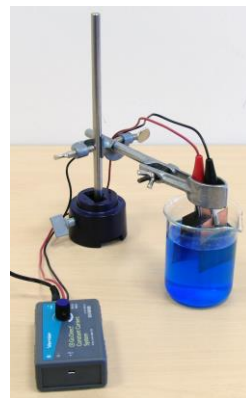
Při elektrolýze se na záporné elektrodě (katodě) obvykle vylučuje vodík nebo kov. Hmotnost takto vyloučené látky je přímo úměrná náboji prošlému mezi elektrodami (tato skutečnost bývá označována jako *Faradayův zákon elektrolýzy*). Konstanta úměrnosti mezi hmotnostmi a nábojem je tzv. *elektrochemický ekvivalent látky*.

Cílem experimentu je určit hmotnost atomu mědi změřením celkového prošlého náboje a změřením nárůstu hmotnosti elektrody během elektrolýzy.

Síran měďnatý CuSO_4 ve vodě disociuje na ionty Cu^{2+} a SO_4^{2-} . Přijetím dvou elektronů se z měďnatého kationtu stane atom mědi, který se vyloučí na katodě, tj. zvýší se hmotnost destičky připojené k zápornému (černému) vývodu.

Příprava měření

1. Rozpusťte několik lžiček modré skalice (pentahydrátu síranu měďnatého) v přibližně 200 ml vody.
2. Zvažte destičku, která bude katodou (bude připojena k zápornému černému vývodu). Hmotnost si запиšte.
3. Měděné destičky upevněte tak, aby se nedotýkaly, a ponořte je do roztoku. Naopak přívodní vodiče musí zůstat mimo roztok (obrázek vpravo).
4. Otočný knoflík nastavte na nulový proud a pomocí přiloženého adaptéru zapojte proudový zdroj do zásuvky.
5. Spust'te aplikaci Graphical Analysis a proudový zdroj k ní připojte (str. 12).



Provedení experimentu

1. Tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spust'te záznam dat.
2. Pomalu otáčejte knoflíkem na senzoru a sledujte, jak proud roste. Jakmile hodnota proudu přestane růst, vraťte knoflík o kousek zpět a při této (o něco nižší než maximální) hodnotě proudu nechte probíhat galvanické poměďování katody.
3. Po uplynutí přibližně 1200 sekund (20 minut) otočte knoflíkem zpět na nulový proud a měření ukončete tlačítkem **ZASTAVIT**.
4. Elektrody opatrně vyjměte z roztoku a nechte je oschnout.
5. Po oschnutí katodu s vyloučenou mědí opět zvažte.

Výsledek měření a výpočet hmotnosti atomu mědi

1. V našem ukázkovém měření vzrostla hmotnost elektrody o $0,135 \text{ g} = 1,35 \cdot 10^{-4} \text{ kg}$.
2. V grafu závislosti el. proudu na čase odpovídá plocha pod grafem celkovému prošlému náboji. Jeho číselnou hodnotu lze získat kliknutím na  a výběrem položky *Zobrazit integrál*. V našem případě to bylo $395,8 \text{ A} \cdot \text{s} \doteq 396 \text{ C}$.
3. Jeden elektron má náboj $1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$. Počet elektronů, které mezi elektrodami během elektrolýzy prošly, je tedy $\frac{396}{1,60 \cdot 10^{-19}} \doteq 2,48 \cdot 10^{21}$.
4. Na vyloučení jednoho atomu mědi jsou potřeba dva elektrony. Atomů mědi tedy bylo na katodě vyloučeno $1,24 \cdot 10^{21}$.
5. Jeden atom mědi podle experimentu váží $\frac{1,35 \cdot 10^{-4}}{1,24 \cdot 10^{21}} \text{ kg} \doteq 1,09 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$.
6. Vydělením hmotnosti atomovou hmotnostní konstantou získáme relativní atomovou hmotnost atomu mědi: $\frac{1,09 \cdot 10^{-25}}{1,66 \cdot 10^{-27}} \doteq 65,7$.

Závěr

Relativní atomová hmotnost atomu mědi získaná měřením (65,7) se od tabulkové hodnoty (63,5) lišila pouze o 3 %.

Poznámky

- **Modrá skalice dráždí oči a kůži a při požití je smrtelně nebezpečná – vyvarujte se přímého dotyku a důkladně dodržujte všechna bezpečnostní pravidla.**
- Měření můžete ukončit již po několika minutách, nebo naopak nechat probíhat déle než 20 minut. Čím více atomů mědi se na katodě vyloučí, tím přesnější bude výsledek měření.
- Místo vah OHSK-123, které měří s přesností na 0,001 g, můžete použít i méně citlivé váhy, například OHSK-2202 s přesností na 0,01 g. V takovém případě doporučujeme pokovování provádět co nejdéle, aby nárůst hmotnosti byl co největší.
- Pokud chcete místo vážení atomu mědi pouze kvalitativně demonstrovat galvanické pokovování, doporučujeme použít jako katodu uhlíkovou elektrodu. Na ní měděná vrstva dobře vynikne již po několika minutách elektrolýzy. Uhlíkovou elektrodu lze získat například z tuhy do mikrotužky či versatilky, kterou před experimentem vyžeháte nad plamenem, abyste ji zbavili některých příměsí.

Elektrická vodivost kapalin



Pomůcky

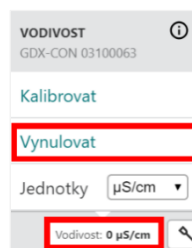
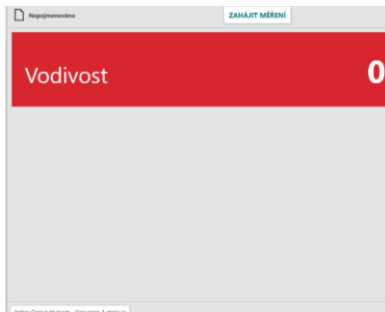
Konduktometr Vernier GDX-CON, 4 skleničky, kuchyňská sůl, destilovaná voda, voda z kohoutku, minerální voda, stříčka s destilovanou vodou na oplachování čidla.

Teorie

Schopnost kapalin vést elektrický proud charakterizuje veličina *měrná elektrická vodivost (konduktivita)*. Jednotkou je siemens na metr, v praxi se ale často používá spíše mikrosiemens na centimetr ($\mu\text{S}/\text{cm}$). Čím větší je naměřená hodnota, tím snáze kapalina vede elektrický proud. Vodivost kapaliny souvisí s množstvím iontů, které mohou přenášet elektrický náboj. Ionty vznikají například při rozpouštění některých látek.

Příprava měření

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte čidlo (str. 12).
2. Pokud je měřená hodnota vodivosti (zobrazuje se vpravo dole) nenulová, klikněte na ni a vyberte *Vynulovat* (obr. vpravo).
3. Vpravo nahoře klikněte na tlačítko  pro nastavení zobrazení a vyberte v seznamu položku *Okamžitá hodnota*.



4. Do jednotlivých dobře vymytých skleniček připravte:
 - destilovanou vodu
 - kohoutkovou vodu z vodovodu
 - minerální vodu
 - destilovanou vodu s několika zrníčky soli

Provedení experimentu

1. Před každým měřením opláchněte hlavici čidla destilovanou vodou.
2. Vložte čidlo do skleničky se zkoumaným vzorkem. Otvor (obrázek vpravo) musí být zcela ponořený.
3. Nechte měřenou hodnotu vodivosti ustálit a poté si ji poznamenejte.
4. Měření (kroky 1 až 3) zopakujte se všemi vzorky.
5. Na závěr čidlo opět opláchněte destilovanou vodou.



Ukázka naměřených dat

Konkrétní hodnoty závisí na kvalitě destilované a kohoutkové vody, druhu minerální vody a na množství přisýpané soli.

měřená kapalina	měrná elektrická vodivost ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	
	obvyklé hodnoty	my jsme naměřili
destilovaná voda	0 až několik desítek	6
voda z kohoutku	několik stovek	340
minerální voda	přes tisíc	1246
destilovaná voda + několik zrníček soli	několik desítek	31

Poznámky

- Je opravdu důležité čidlo mezi měřeními pečlivě oplachovat destilovanou vodou.
- Vyzkoušejte, jaké další přidané látky ovlivňují vodivost vody.
- Proměřte vodivost dešťové vody, vody ze studánky, potoka či řeky.
- Požádejte žáky, aby si přinesli vzorek vody z domova a porovnejte vodivost vody z různých lokalit.

Změny el. vodivosti při rozpouštění cukru a soli



Pomůcky

Konduktometr Vernier GDX-CON, lžička, dvě nádoby (skleničky, kádinky), kuchyňská sůl, cukr, voda z kohoutku, destilovaná voda na opláchnutí čidla.

Teorie

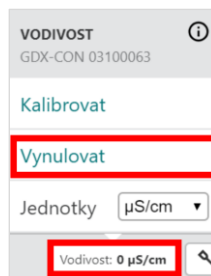
Schopnost kapalin vést elektrický proud charakterizuje veličina *měrná elektrická vodivost* (*konduktivita*). Jednotkou je siemens na metr, v praxi se ale často používá mikrosiemens na centimetr ($\mu\text{S}/\text{cm}$). Čím větší je naměřená hodnota, tím lépe kapalina vede elektrický proud.



Vodivost kapaliny souvisí s množstvím a pohyblivostí iontů, které mohou přenášet elektrický náboj. Kohoutková voda volně pohyblivé ionty běžně obsahuje. Budeme-li v ní rozpouštět kuchyňskou sůl, dojde k disociaci soli na volné ionty Na^+ a Cl^- a jejich přítomnost výrazně zvýší vodivost roztoku. Naopak cukr (sacharóza) ve vodě nedisociuje, takže nové ionty nevznikají. Rozpouštění cukru ale zvyšuje viskozitu roztoku a také zvyšováním celkového objemu snižuje koncentraci již přítomných vodivých iontů – důsledkem je snižování vodivosti.

Příprava měření

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte čidlo (str. 12).
2. Pokud je měřená hodnota vodivosti (zobrazuje se vpravo dole) nenulová i v případě, že čidlo není ponořeno, klikněte na hodnotu a zvolte *Vynulovat* (obr. vpravo).
3. Vpravo nahoře klikněte na tlačítko  pro nastavení zobrazování, zrušte zaškrtnutí u položky *Graf* a zaškrtněte položku *Hodnota*.



Provedení experimentu

1. Jednu z nádob naplňte přibližně do tří čtvrtin vodou z kohoutku a vložte do ní čidlo. Jeho otvor (obrázek vpravo) musí být zcela ponořený. Až se hodnota elektrické vodivosti ustálí, poznamenejte si ji.
2. Přisypte do vody několik zrnek kuchyňské soli a nechte ji rozpustit. Čidlo přitom můžete využít k míchání vzorku. Po ustálení si opět poznamenejte měřenou hodnotu.



- Postup z kroku 2 opakujte, množství přidávané soli ale můžete měnit dle svého uvážení – nejprve přidejte třeba jen špetku soli, nakonec celou lžičku.
- Čidlo z osolené vody vyjměte a důkladně opláchněte vodou.
- Podobné měření proveďte s druhou nádobou – nejprve ji naplňte pouze vodou, poté přidávejte cukr (v tomto případě doporučujeme rovnou po lžičkách). Vždy nechte cukr rozpustit a měřenou hodnotu ustálit, než si ji poznamenate.
- Po skončení experimentu čidlo důkladně opláchněte.

Ukázka naměřených dat

Naměřené hodnoty elektrické vodivosti v nádobě s 200 ml vody (všechny hodnoty jsou v $\mu\text{S}/\text{cm}$)			
Měření s kuchyňskou solí NaCl		Měření s cukrem	
voda z kohoutku	366	voda z kohoutku	366
po přidání několika zrnek soli	420	+ 1 lžička cukru	349
po přidání dalších několika zrnek	528	+ 2 lžičky cukru	333
po přidání další špetky soli	971	+ 3 lžičky cukru	316
po přidání další lžičky soli	12 340	+ 4 lžičky cukru	298

Závěr

Z naměřených hodnot je zřejmé, že přidání soli elektrickou vodivost vody strmě zvyšuje, růst vodivosti naměříme už po přidání několika zrniček. Přidávání cukru má menší vliv a vede naopak k postupnému poklesu vodivosti.

Poznámka

Vzorové hodnoty jsou orientační, v každém jednotlivém experimentu získáte téměř jistě jiné hodnoty, a to s ohledem na různou vodivost kohoutkové vody, různou velikost lžičky atd. Smyslem měření je ukázat trendy – růst či pokles vodivosti roztoků.

Opalovací krém a ochrana proti UV záření



Pomůcky

Čidlo světla a UV záření Vernier GDX-LC, mikrotenový sáček, opalovací krém, stativ.

Teorie

Na povrch Země přichází ze Slunce nejen viditelné světlo a infračervené záření (IR), ale také ultrafialové záření (UV). Většina tohoto záření (>95 %) je typu UVA (vlnová délka 315 nm až 400 nm). Záření UVA proniká hluboko do kůže, způsobuje její stárnutí, ztrátu pevnosti, vznik vrásek apod. Záření UVB (280 nm až 315 nm) způsobuje spálení kůže. Tyto typy UV záření přispívají též ke vzniku nádorových onemocnění kůže. Proti záření UVA i UVB se chráníme používáním opalovacích krémů, jejichž účinek ukáže tento experiment.



Příprava měření

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte čidlo (str. 12). Během připojování rozklikněte položku *Kanály*, zrušte zaškrtnutí u položky *Intenzita osvětlení* a zaškrtněte položku *UV*.



Připojená zařízení

- ✱ GDX-LC 09100249 ⓘ
- ▼ KANÁLY UV
- ☐ Intenzita osvětlení
- ☒ UV



2. Čidlo zafixujete jako na obrázku výše tak, aby na jeho měřicí prvek dopadaly sluneční paprsky (aby mířilo na slunce).
3. Klikněte na pole *Režim*, *Frekvence* v levém dolním rohu obrazovky a v okně, které se objeví, změňte frekvenci na 5 vzorků/s a nastavte ruční zastavení měření.



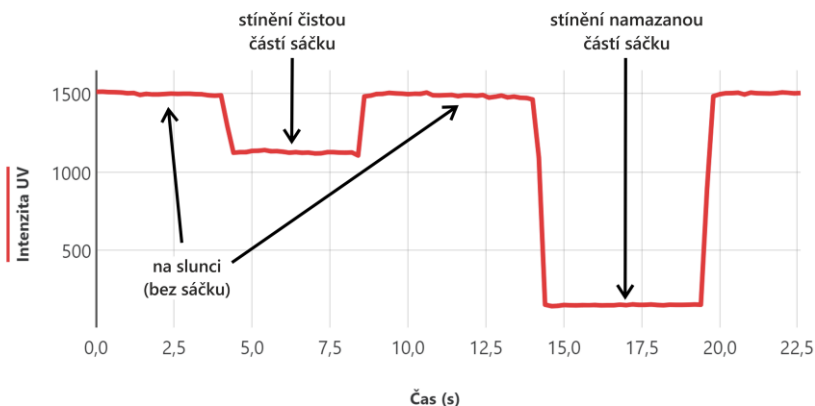
Provedení experimentu

1. Přibližně jednu polovinu mikrotenového sáčku zevnitř namažte opalovacím krémem tak, jak ukazuje obrázek níže.



2. Tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spustíte záznam dat.
3. Zatímco čidlo snímá množství UV záření dopadajícího na jeho měřicí prvek, přiložte před něj mikrotenový sáček – nejdříve tu část, která krémem ošetřena nebyla, v druhém kroku pak tu namazanou. Poté měření ukončete tlačítkem **ZASTAVIT**.

Ukázka naměřených dat



Poznámky

- Během měření by se neměly výrazně měnit světelné podmínky (například slunce nesmí zacházet za mraky). Experiment lze provádět také za rovnoměrně oblačné oblohy (mraky část UV záření propouštějí), měřené hodnoty budou celkově nižší.
- Číslo ochranného faktoru udávané na obalech opalovacích krémů se týká ochrany před škodlivějším UVB zářením, přičemž dobré opalovací krémy chrání (i když obvykle méně) současně i před UVA zářením.

Měrná otáčivost opticky aktivních látek



Pomůcky

Chemický polarimetr Vernier GDX-POL včetně nádoby dodávané s přístrojem, vzorky opticky aktivních látek (glukóza, fruktóza, sacharóza – my jsme použili Glukopur, Fruktopur a rafinovaný řepný cukr), destilovaná voda, kádinky, lžička, váhy, software Instrumental Analysis.



Teorie

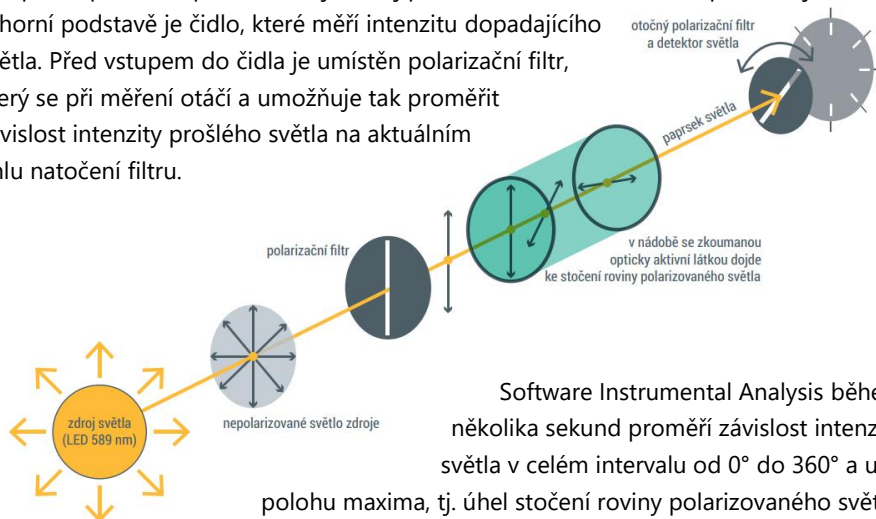
Lineárně polarizované světlo (dále jen *polarizované světlo*) je takové, jehož vektor elektrické intenzity kmitá v jedné rovině. Některé látky (tzv. opticky aktivní) tuto rovinu stáčí. Úhel α , o který roztok rovinu polarizace otočí, je přímo úměrný koncentraci roztoku c , měrné otáčivosti látky $[\alpha]$ a dráze d , kterou světlo v roztoku urazí:

$$\alpha = c \cdot [\alpha] \cdot d$$

Měrná otáčivost je vlastností konkrétní látky. Cílem experimentu je číselně určit měrnou otáčivost glukózy, fruktózy a sacharózy (řepného cukru). Měrná otáčivost se v tabulkách tradičně udává pro koncentraci 1 g/ml a optickou dráhu 1 dm – při výpočtech proto dosazujte optickou dráhu v decimetrech a koncentraci v gramech na mililitr.

Jak funguje polarimetr

Ve spodní podstavě polarimetru je zdroj polarizovaného světla, které prosvěcuje roztok. V horní podstavě je čidlo, které měří intenzitu dopadajícího světla. Před vstupem do čidla je umístěn polarizační filtr, který se při měření otáčí a umožňuje tak proměřit závislost intenzity prošlého světla na aktuálním úhlu natočení filtru.



Software Instrumental Analysis během několika sekund proměří závislost intenzity světla v celém intervalu od 0° do 360° a určí polohu maxima, tj. úhel stočení roviny polarizovaného světla.

Příprava roztoků

1. Připravte si roztoky glukózy, fruktózy a sacharózy tak, že k 15 gramům sacharidu dolijete do kádinky tolik destilované vody, aby výsledný objem po rozpuštění byl 50 ml.
V případě fruktózy a sacharózy tak získáte roztoky o koncentraci 30 g na 100 ml, v případě glukózy má roztok koncentraci 27,3 g na 100 ml. Glukopur je totiž monohydrát D-glukózy. Glukóza má relativní molekulovou hmotnost 180, voda 18. Glukóza proto tvoří pouze $\frac{180}{180 + 18} \approx 0,91$ hmotnosti Glukopuru.
2. **Roztok glukózy nechte před vlastním měřením 2–3 hodiny odstát, aby došlo k nastolení rovnovážné koncentrace anomerů α a β** (více na str. 88).

Příprava měření

1. Nádobu na vzorek dodávanou s polarimetrem naplňte destilovanou vodou do výšky 10 cm a upevněte do držáků (obrázek vpravo).
2. Spustíte aplikaci Instrumental Analysis, v úvodní nabídce vyberte možnost *Polarimetrie* a připojte polarimetr (str. 16).
3. Uvitá vás obrazovka *Kalibrace* vyzývající k vložení nádoby s rozpouštědlem – touto nádobou je již vložený odměrný válec s vodou. Zvolte *DOKONČIT KALIBRACI* a po proběhnutí kalibrace potvrďte tlačítkem *HOTOVO*. Je důležité, abyste při kalibraci čidlem nehybali a nedocházelo k otřesům – hladina vody musí být klidná a nehybná.
4. Klikněte na tlačítko  pro nastavení zobrazování vpravo nahoře, zrušte zaškrtnutí u možnosti *Graf* a místo ní zaškrtněte možnost *Hodnota*.



Provedení experimentu

1. Obsah nádoby nahradte (opět do výšky 10 cm) roztokem glukózy. Jakmile se měřená hodnota po několika sekundách ustálí, poznamenejte si ji.
2. Krok 1 zopakujte pro roztoky fruktózy a sacharózy.

Výsledky měření

	glukóza	fruktóza	sacharóza
naměřený úhel stočení α	+14,1°	–27,3°	+19,1°
koncentrace roztoku (g/ml)	0,27	0,30	0,30
z experimentu dopočítaná měrná otáčivost*	+52°	–91°	+64°
měrná otáčivost dle tabulek*	+53°	–92°	+66°

* Jak uvádíme v teorii, platí pro optickou dráhu 1 dm a koncentraci 1 g/ml.

Vliv koncentrace roztoku na stáčení roviny polarizace



Pomůcky

Chemický polarimetr Vernier GDX-POL včetně nádoby dodávané s přístrojem, řepný krystalový cukr (sacharóza), destilovaná voda, kádinky, lžička, váhy, software Instrumental Analysis.

Teorie

Lineárně polarizované světlo (dále jen *polarizované světlo*) je takové, jehož vektor elektrické intenzity kmitá v jedné rovině. Některé látky (tzv. opticky aktivní) tuto rovinu stáčí. Úhel α , o který roztok rovinu polarizace otočí, je přímo úměrný koncentraci roztoku c , měrné otáčivosti látky $[\alpha]$ a dráze d , kterou světlo v roztoku urazí:

$$\alpha = c \cdot [\alpha] \cdot d$$

Měrná otáčivost je vlastností konkrétní látky, v tabulkách se tradičně udává pro koncentraci 1 g/ml a optickou dráhu 1 dm – při výpočtech proto dosazujte optickou dráhu v decimetrech a koncentraci v gramech na mililitr.



Příprava roztoků a kalibrace polarimetru

1. Připravte si roztoky sacharózy (řepného cukru) tak, že k 5 g (respektive 10 g či 15 g) cukru dolijete do kádinky tolik destilované vody, aby výsledný objem po rozpuštění byl 50 ml.
2. Nádobu na vzorek (dodává se s polarimetrem) naplňte destilovanou vodou do výšky 10 cm a upevněte do držáků.
3. Spustíte aplikaci Instrumental Analysis, v úvodní nabídce vyberte možnost Polarimetrie a připojte polarimetr (str. 16).
4. Uvítá vás obrazovka Kalibrace vyzývající k vložení nádoby s rozpouštědlem – touto nádobou je již vložený odměrný válec s vodou. Zvolte DOKONČIT KALIBRACI a po proběhnutí kalibrace potvrďte tlačítkem HOTOVO. Je důležité, abyste při kalibraci čidlem nehýbali a nedocházelo k otřesům – hladina vody musí být klidná a nehybná.
5. Klikněte na tlačítko  pro nastavení zobrazování vpravo nahoře, zrušte zaškrtnutí u možnosti *Graf* a místo ní zaškrtněte možnost *Hodnota*.



Provedení experimentu

1. Obsah nádoby nahradte (opět do výšky 10 cm) prvním roztokem sacharózy. Jakmile se měřená hodnota po několika sekundách ustálí, poznamenejte si ji.
2. Krok 1 zopakujte pro další dva roztoky.

Výsledky a závěr

V našem experimentu jsme získali tyto hodnoty:

koncentrace roztoku	úhel stočení α
destilovaná voda	0°
5 g cukru v 50 ml roztoku	6,2°
10 g cukru v 50 ml roztoku	12,5°
15 g cukru v 50 ml roztoku	18,6°

Z tabulky je zřejmé, že úhel stočení je přímo úměrný koncentraci roztoku.

Měření úhlu α lze tedy využít ke snadnému určování koncentrace roztoků opticky aktivních látek.

Poznámka

Můžete žáky následně rozdělit do dvou skupin. První skupina namíchá vzorek s koncentrací 0 až 20 g na 50 ml roztoku, druhá skupina se pokusí měřením zjistit, jakou koncentraci pro ně spolužáci přichystali. Poté si skupiny role prohodí.



Mutarotace glukózy

Pomůcky

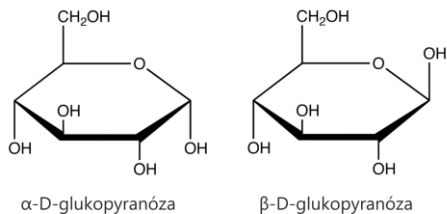
Chemický polarimetr Vernier GDX-POL včetně nádoby dodávané s přístrojem, Glukopur, destilovaná voda, kádinka, lžička, váhy, software Instrumental Analysis.

Teorie

Pod značkou Glukopur se prodává monohydrát glukózy čili hroznový cukr ($C_6H_{12}O_6 \cdot H_2O$). Po rozpuštění ve vodě přechází glukóza obsažená v Glukopuru do cyklické formy se dvěma anomery (stereoizomery) α a β .



Tyto dva anomery samovolně přecházejí jeden v druhý procesem označovaným jako mutarotace, přičemž se postupně ustavuje dynamická rovnováha – poměr anomerů se přibližuje hodnotě cca 1:2.



Oba anomery jsou opticky aktivní (stáčí rovinu polarizovaného světla), ovšem každý má jinou měrnou otáčivost. Během ustavování rovnovážného poměru, kdy se mění koncentrace anomerů α a β v roztoku, se proto mění také úhel měřený polarimetrem (více o principu polarimetrie na str. 84).

Cílem experimentu je změřit, jak dlouho trvá dosažení rovnovážného stavu.

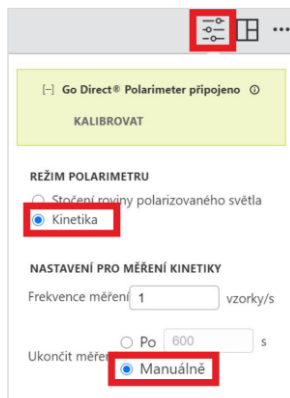
Příprava roztoku a kalibrace polarimetru

1. Těsně před měřením připravte roztok glukózy tak, že k 30 gramům Glukopuru dolijete tolik destilované vody, aby výsledný objem po rozpuštění byl 100 ml. Glukopur je monohydrát D-glukózy. Glukóza má relativní molekulovou hmotnost 180, voda 18. Glukóza proto tvoří pouze $\frac{180}{180 + 18} \approx 0,91$ hmotnosti Glukopuru. Takto tedy získáte roztok glukózy o koncentraci 27,3 g na 100 ml.
2. Nádobu na vzorek (dodává se s polarimetrem) naplňte destilovanou vodou do výšky 10 cm a upevněte do držáků.
3. Spustíte aplikaci Instrumental Analysis, v úvodní nabídce vyberte možnost *Polarimetrie* a připojte polarimetr (str. 16).
4. Uvítá vás obrazovka *Kalibrace* vyzývající k vložení nádoby s rozpouštědlem – touto nádobou je již vložený odměrný válec s vodou. Zvolte *DOKONČIT KALIBRACI* a po proběhnutí kalibrace potvrďte tlačítkem *HOTOVO*. Je důležité, abyste při kalibraci čidlem nehýbali a nedocházelo k otřesům – hladina vody musí být klidná.



Nastavení měření a provedení experimentu

1. Klikněte na tlačítko  pro nastavení vpravo nahoře. Zvolte režim *Kinetika* a manuální ukončení měření.
2. Obsah nádoby nahradíte roztokem glukózy (opět do standardní výšky 10 cm).
3. Tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spustíte záznam dat.
4. Měření ukončíte tlačítkem **ZASTAVIT** za 3–4 hodiny.



Go Direct® Polarimeter připojeno

KALIBROVAT

REŽIM POLARIMETRU

☐ Stožení roviny polarizovaného světla

☒ Kinetika

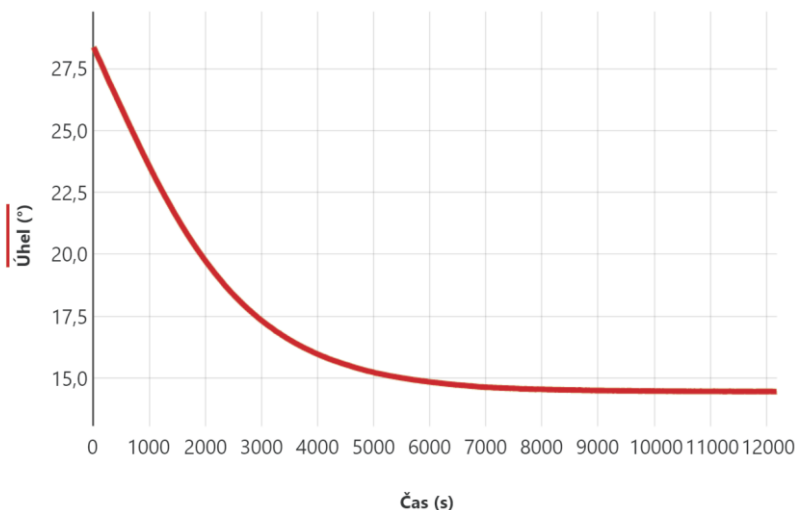
NASTAVENÍ PRO MĚŘENÍ KINETIKY

Frekvence měření: 1 vzorky/s

Ukončit měření: ☐ Po 600 s

☒ Manuálně

Výsledky měření



Závěr

Tabulková hodnota stočení roviny polarizovaného světla při optické dráze 10 cm a koncentraci 1 g/ml je pro glukózu 52,7°. Koncentraci 0,273 g/ml odpovídá úhel 14,4°.

Těsně po připravení roztoku byl měřený úhel téměř dvojnásobkem tabulkové hodnoty (28,4°). Po 70 minutách se měřený úhel (15,8°) lišil od tabulkové hodnoty jen o 10 %. Po 90 minutách od začátku měření se tabulková hodnota od měřené (15,1°) lišila o méně než 5 %. A konečně 135 minut po rozpuštění glukózy ve vodě se měřený úhel (14,5°) od tabulkové hodnoty lišil o méně než 1 %.

Určení koncentrace pomocí Lambertova–Beerova zákona



Pomůcky

Spektrometr Vernier GDX-SVISPL, kyvety dodávané se spektrometrem, ocejchovaná injekční stříkačka nebo pipeta, ocet, destilovaná voda, špejle či brčko na promíchání kyvety, ubrousek nebo papírový kapesník.

Teorie

Schopnost roztoku pohlcovat světlo vyjadřuje veličina absorbance. Lambertův-Beerův zákon říká, že pro danou látku a dané uspořádání experimentu (např. rozměry aparatury) je absorbance přímo úměrná koncentraci roztoku.

Myšlenka experimentu

Protože závislost absorbance na koncentraci je lineární, stačí pro získání kalibrační přímky dva kalibrační body: změříme absorbanci čistého octa (koncentrace octa 100 %) a absorbanci čisté vody (koncentrace octa 0 %).

Poté již lze určovat koncentraci roztoků octa jednoduše a rychle tak, že změříme absorbanci daného roztoku a na kalibrační přímce najdeme odpovídající koncentraci.

Příprava roztoků

1. Připravte si potřebné roztoky. Jednu kyvetu naplňte čistou vodou (0% roztok octa), druhou octem (100% roztok octa).
2. Do dalších dvou kyvet namíchejte ocet a vodu, jednou v poměru 1:2 (33 %), podruhé v poměru 2:1 (67 %). Vzhledem k tomu, že kyvety mají objem přibližně 3 ml, lze jednoduše stříkačkou odměřit ocet a vodu přímo do kyvety v objemech 2 ml a 1 ml. Vzorek v kyvetě je poté potřeba důkladně promíchat.
3. Vysušte kapky, které mohly ulpět na vnějších stěnách kyvet – pro měření je potřeba, aby byly stěny kyvet čisté.

Příprava spektrometru

1. Spustíte aplikaci Spectral Analysis, připojte spektrometr (str. 14) a v úvodní nabídce vyberte možnost *Absorbance vs. koncentrace* (Beerův zákon).
2. Po připojení čidla se automaticky spustí žhavení lampy – můžete pro vyšší přesnost 90 sekund vyčkat, nebo (jakkmile to bude možné) kliknout na možnost *Přeskočit*.

NOVÝ EXPERIMENT (MĚŘENÍ)



Absorbance λ

- vs. vlnová délka (Celé spektrum)
- vs. koncentrace (Beerův zákon)
- vs. čas (Kinetika)

3. Aplikace vás vyzve k vložení kyvety. Zasuňte kyvetu s destilovanou vodou do šachty tak, aby bílý trojúhelníček mířil na hladkou (tj. ne na vroubkovanou) stěnu kyvety. Poté zvolte *Dokončit kalibraci*.

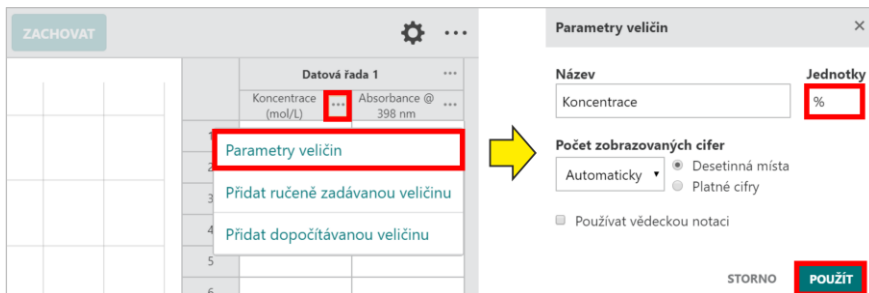


4. Po krátké prodlevě (asi 10 sekund) se objeví okno s dalšími instrukcemi. Vyjměte kyvetu s čistou vodou a na její místo vložte kyvetu s čistým octem. V grafu vpravo se objeví křivka ukazující závislost absorbance na vlnové délce.
5. Nyní máte kliknutím do grafu zvolit vlnovou délku, na které bude čidlo absorbanci měřit. Pro lepší přesnost je vhodné zvolit vlnovou délku, pro kterou je absorbance co možná nejvyšší – v případě octa je to kolem 400 nm. Klikněte na maximum křivky do grafu nebo zadejte údaj číselně do okénka nad grafem a zvolte *Hotovo*.
6. Základní nastavení je tímto dokončeno a aplikace je připravena k měření.



Vytvoření kalibrační přímky

1. Ve sloupci *Datová řada 1* (v pravé části obrazovky) klikněte na tři tečky u veličiny *Koncentrace*, zvolte *Parametry veličin* a v okně, které se objeví, přepište jednotky z mol/L na %. Potvrďte tlačítkem *Použít*.



2. Kyvetu s čistým octem ponechte ve spektrometru a tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spustíte záznam dat.
3. Stiskněte tlačítko **ZACHOVAT** a do okna, které se zobrazí, zadejte hodnotu 100. Potvrďte tlačítkem *Zachovat hodnotu*. Do grafu se zanese bod odpovídající absorbanci při 100% koncentraci octa.
4. Kyvetu s čistým octem vyjměte a místo ní vložte znovu kyvetu s čistou vodou. Opakujte krok 3, tentokrát zadejte hodnotu 0. Do grafu se zanese druhý bod, odpovídající absorbanci při 0% koncentraci octa.
5. Tlačítkem **ZASTAVIT** zastavte měření a vyjměte kyvetu s vodou.
6. Nechte počítač naměřenými kalibračními body proložit přímkou: stiskněte tlačítko *Nástroje pro práci s grafem* vlevo dole, vyberte *Proložit hodnoty zvolenou funkcí*, v seznamu funkcí zvolte *Lineární funkce* a potvrďte tlačítkem *Použít*.

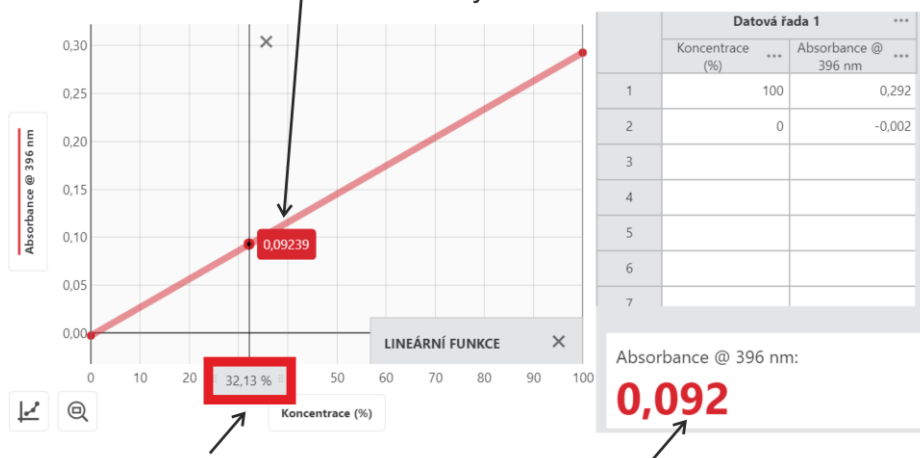


7. Znovu vyberte *Nástroje pro práci s grafem* a aktivujte možnost *Interpolovat*. Kliknutím do plochy grafu se zobrazí posuvný ukazatel umožňující odečítat číselné hodnoty dvojic absorbance-koncentrace ležících na kalibrační přímce.

Měření koncentrace s využitím Lambertova-Beerova zákona

1. Do šachty spektrometru vložte kyvetu s jedním z dosud nepoužitých vzorků.
2. V okně vpravo dole se zobrazí hodnota absorbance aktuálního vzorku.
3. Potáhněte posuvný ukazatel tak, aby se hodnota zobrazovaná červeně na křivce co nejvíce blížila naměřené absorbanci. Ve vzorovém měření to byla hodnota 0,092.
4. Nyní odečtěte v šedém poli na vodorovné ose příslušnou koncentraci octa. Ve vzorovém případě to bylo přibližně 32 %, což velmi dobře odpovídá koncentraci roztoku vzniklého smícháním 2 dílů vody a 1 dílu octa.
5. Kroky 1 až 4 zopakujte pro poslední dosud nepoužitý vzorek.

Krok 3: Posuvný ukazatel nastavte tak, aby se na křivce zobrazila hodnota co nejblíže aktuálně měřené absorbanci



Krok 4: Odečtěte koncentraci v %.

Krok 2: Odečtěte aktuálně měřenou hodnotu absorbance

Poznámky

- Čistým 100% octem myslíme ocet tak, jak jej koupíte v obchodě s potravinami, tedy 8% roztok kyseliny octové dobarvený karamellem (E150).
- Promíchání (homogenizace) vzorku v kyvetě je pro správné měření nezbytné.
- Kyvety je třeba vkládat do spektrometru tak, aby bílý trojúhelníček mířil na hladkou (tj. ne na vroubkovanou) stěnu kyvety. Hladká stěna kyvety musí být suchá a čistá.
- Pro demonstraci této analytické metody lze ověřovat koncentraci roztoků, jejichž koncentraci žáci předem znají. Můžete ale také nechat jednu skupinu připravit vzorky druhé skupině. Úkolem druhé skupiny pak bude stanovit koncentraci a svá měření u první skupiny ověřit.



Určení koncentrace pomocí kolorimetru

Pomůcky

Kolorimetr Vernier GDX-COL, kyvety dodávané s kolorimetrem, ocet, ubrousek, pipeta (nebo ocejšovaná injekční stříkačka), špejle či brčko na promíchání obsahu kyvety.

Teorie

Schopnost roztoku pohlcovat světlo vyjadřuje veličina absorbance. Lambertův-Beerův zákon říká, že pro danou látku a dané uspořádání experimentu (např. rozměry aparatury apod.) je absorbance přímo úměrná koncentraci roztoku.



Myšlenka experimentu

Protože závislost absorbance na koncentraci je lineární, stačí pro získání kalibrační přímky dva kalibrační body: změříme absorbanci čisté vody (koncentrace octa 0 %) a absorbanci čistého octa (koncentrace octa 100 %).

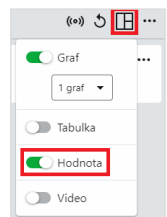
Poté již lze určovat koncentraci roztoků octa jednoduše a rychle tak, že změříme absorbanci daného roztoku a na kalibrační přímce najdeme odpovídající koncentraci.

Příprava roztoků

1. Připravte si potřebné roztoky. Jednu kyvetu naplňte čistou vodou (0% roztok octa), druhou octem (100% roztok octa).
2. Do dalších dvou kyvet namíchejte ocet a vodu, jednou v poměru 1:2 (33 %), podruhé v poměru 2:1 (67 %). Vzhledem k tomu, že kyvety mají objem přibližně 3 ml, lze jednoduše stříkačkou odměřit ocet a vodu přímo do kyvety v objemech 2 ml a 1 ml. Vzorek v kyvetě je poté potřeba důkladně promíchat.
3. Vysušte kapky, které mohly ulpět na vnějších stěnách kyvet – pro měření je potřeba, aby byly vnější stěny kyvet čisté.

Příprava měření

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojte kolorimetr (str. 12).
2. Klikněte na ikonu pro nastavení zobrazení vpravo nahoře a přidejte k zobrazení grafu ještě položku *Okamžitá hodnota*.
3. Provedte kalibraci čidla: Odsuňte kryt a vložte do kyvetové šachty kyvetu s čistou vodou. Kryt zase zasuňte a stiskněte na čidle tlačítko *Cal*. Vyčkejte, než přestane blikat červená dioda signalizující probíhající proces kalibrace.



4. Vyjměte kyvetu s vodou a vložte kyvetu s octem. Pomocí tlačítek „<“ a „>“ na čidle postupně přepněte mezi všemi čtyřmi vlnovými délkami, na kterých dokáže kolorimetr měřit. Sledujte hodnotu absorbance a najděte nejvhodnější vlnovou délku pro měření – je to ta, která je nejbližší hodnotě absorbance 1.
5. Klikněte vlevo dole na pole *Režim, Frekvence*. Zvolte režim *Události a hodnoty*. Novou ručně zadávanou veličinu pojmenujte *Koncentrace* a jako její jednotku vyplňte %. Nakonec vše potvrďte tlačítkem *HOTOVO*.

Nastavení měření

Režim: Události a hodnoty

Režim jednotlivých událostí: ☒ Události a hodnoty ☐ Vybrané události

Veličina: Koncentrace

Jednotky: %

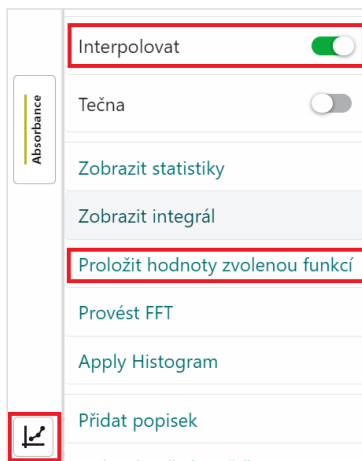
☐ Průměrná hodnota během 10 sekund

STORNO **HOTOVO**

Vytvoření kalibrační přímky

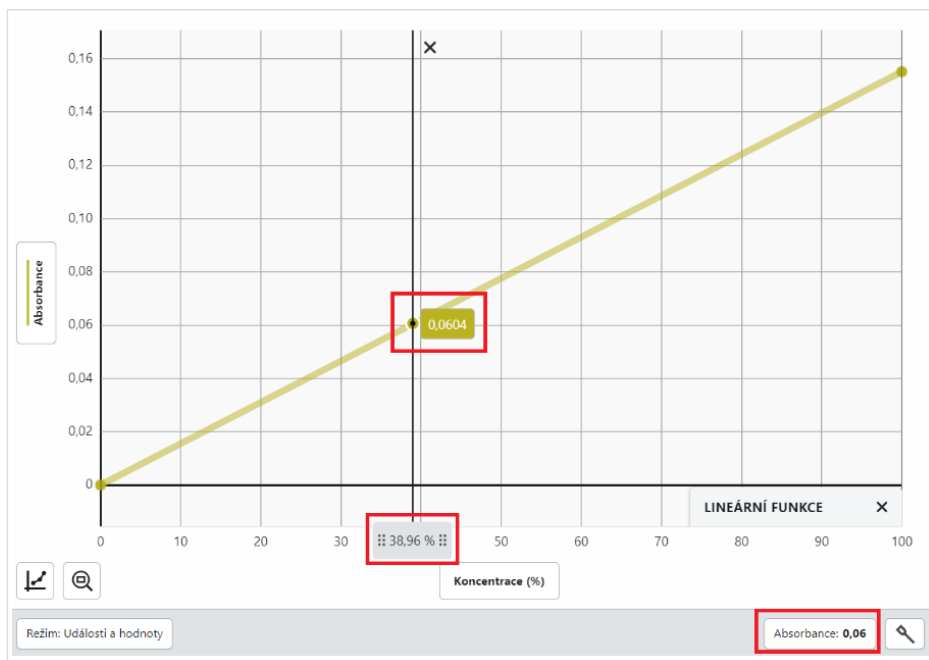
1. Klikněte na tlačítko **ZAHÁJIT MĚŘENÍ**.
2. Podívejte se, jestli je hodnota absorbance ustálená. Pokud ano, klikněte na **ZACHOVAT**. Protože je nyní v kyvetové šachtě čistý (100%) ocet, vyplňte do tabulky, která se objeví, hodnotu 100. Potvrďte kliknutím na **ZACHOVAT HODNOTU**.
3. Vyjměte kyvetu s octem a vložte kyvetu s čistou vodou. Počkejte, až se hodnota absorbance ustálí. Klikněte na **ZACHOVAT**. Protože je nyní v kyvetové šachtě čistá voda (0% ocet), vyplňte do tabulky, která se objeví, hodnotu 0. Potvrďte kliknutím na **ZACHOVAT HODNOTU**.
4. Ukončete kalibrační měření kliknutím na **ZASTAVIT**.

5. Klikněte vlevo dole na ikonu nástrojů pro práci s grafem. Zaškrtněte v menu *Interpolovat* a klikněte na *Proložit hodnoty zvolenou funkcí*. Následně vyberte *Lineární funkce* a potvrďte tlačítkem *POUŽÍT*.



Měření koncentrace s využitím Lambertova-Beerova zákona

1. Do kyvetové šachty vložte kyvetu s jedním z dosud nepoužitých vzorků.
2. Na displeji se zobrazí hodnota absorbance aktuálního vzorku.
3. Klikněte do grafu a potáhněte posuvný ukazatel tak, aby se hodnota zobrazovaná na křivce co nejvíce blížila naměřené absorbanci. Ve vzorovém měření to byla hodnota 0,06.
4. Nyní odečtěte v šedém poli na vodorovné ose příslušnou koncentraci octa. Ve vzorovém případě to bylo přibližně 39 %, což dobře odpovídá koncentraci roztoku vzniklého smícháním 2 dílů vody a 1 dílu octa.
5. Kroky 1 až 4 zopakujte pro poslední dosud nepoužitý vzorek.



Poznámky

- Čistým 100% octem myslíme ocet tak, jak jej koupíte v obchodě s potravinami, tedy 8% roztok kyseliny octové dobarvený karamellem (E150).
- Promíchání (homogenizace) vzorku v kyvetě je pro správné měření nezbytné.
- Pro demonstraci této analytické metody lze ověřovat koncentraci roztoků, jejichž koncentraci žáci předem znají. Můžete ale také nechat jednu skupinu připravit vzorky druhé skupině. Úkolem druhé skupiny pak bude stanovit koncentraci a svá měření u první skupiny ověřit.

Určení chemického složení plynu spektrometrem



Pomůcky

Spektrometr Vernier GDX-SVISPL s optickým vláknem VSP-FIBER, výbojové trubice s různými plyny, zdroj napětí pro výbojové trubice ST-SPS, stativ pro uchycení optického vlákna.

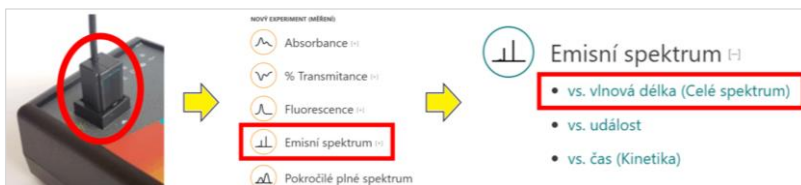
Teorie

Při průchodu elektrického proudu plynem mohou některé elektrony v atomech plynu dočasně zvýšit svoji energii. Dostanou se tak do nestabilního stavu a energii „navíc“ vzápětí odevzdávají do svého okolí ve formě elektromagnetického záření (tedy i světla). Vlnové délky, které atom vyzařuje (tzv. spektrum), jsou jedinečné pro každý chemický prvek. Analýzou spektra lze proto zjistit, které prvky jsou ve vzorku zastoupeny.



Příprava měření

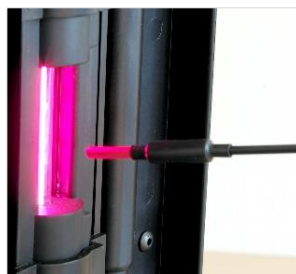
1. Do kyvetové šachty spektrometru vložte optické vlákno.
2. Spustíte aplikaci Spectral Analysis, připojíte spektrometr (str. 14), v úvodní nabídce vyberte možnost *Emisní spektrum vs. vlnová délka (Celé spektrum)*.



3. Připojení dokončete podle kroků 4 a 5 návodu na str. 14.

Provedení experimentu

1. V místnosti zhasněte světla.
2. Do zdroje napětí zasuněte jednu z výbojových trubíc.
3. Zdroj zapněte kolébkovým vypínačem.
4. Zafixujte konec optického vlákna ve vzdálenosti přibližně 1–2 cm od svítící trubice.
5. Tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spustíte záznam dat.
Pokud se křivka do grafu na výšku nevejde (je-li od hodnoty 1 směrem nahoru „uříznutá“), oddalte optické vlákno.

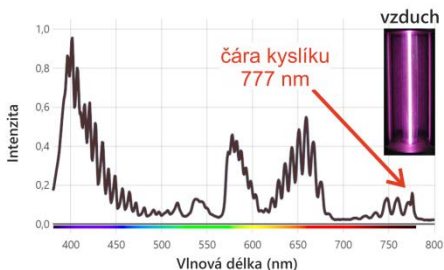
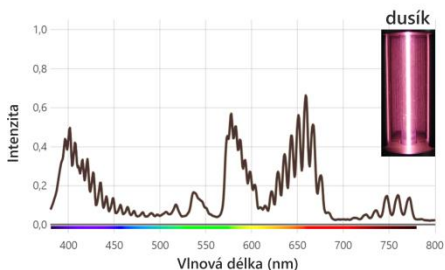
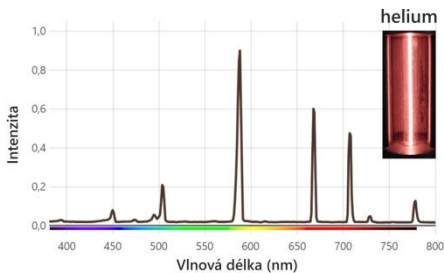
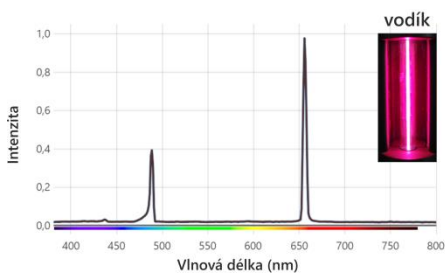


6. Tlačítkem **ZASTAVIT** uložte aktuálně zobrazenou křivku do grafu.
7. Vypněte zdroj a vyměňte trubici za jinou. Zopakováním kroků 5 a 6 proměřte všechny trubice (název plynu je uveden zezadu).
8. Měření závislosti se postupně přidávají do grafu. Aby zůstal graf přehledný, můžete po kliknutí na popisek svislé osy *Intenzita* vybrat, které z naměřených křivek mají zůstat viditelné. Datové řady lze přejmenovat kliknutím na trojtečku vpravo od názvu.



Ukázka naměřených dat

Níže jsou čtyři ukázky naměřených dat. Rozdíl mezi spektrem vodíku a helia je patrný na první pohled. Naproti tomu spektrum dusíku a vzduchu vypadá na první pohled identicky, protože 78 % vzduchu tvoří právě dusík. Teprve při podrobnějším zkoumání lze ve spektru vzduchu objevit čáru vlnové délky 777 nm, která je tam oproti spektru dusíku navíc. Tuto čáru způsobuje kyslík, který je zastoupen ve vzduchu 21 %.



Poznámky

- Provádějte měření při zhasnutém osvětlení a pokud možno za šera.
- Můžete prozkoumat též spektra běžných zdrojů světla, jako je klasická žárovka, úsporná žárovka, LED žárovka nebo Slunce (www.vernier.cz/103).

Fluorescence chininu



Pomůcky

Spektrometr Vernier GDX-SVISPL, kyvety s víčky dodávané se spektrometrem, tonik, ocejchovaná injekční stříkačka nebo pipeta, špejle či brčko na promíchání vzorku v kyvetě, rychlovarná konvice, destilovaná voda.

Teorie

Chinin je látka známá jako základ léků proti malárii, běžněji ji ale potkáme jako přísadu toniku, kterému dodává typickou hořkou chuť.

Molekula chininu vykazuje fluorescenci – může pohltit foton fialového či ultrafialového světla a následně místo něj vyžářit modré světlo. O tom se můžeme snadno přesvědčit tak, že prosvítíme láhev s tonikem fialovým laserovým ukazovátkem (405 nm).



Při měření se spektrometrem využijeme zabudovanou fialovou excitační diodu, která vzorek toniku ozáří světlem v intervalu vlnových délek přibližně 395–415 nm. Proměříme spektrum vyzařovaného světla a ukážeme, že při ředění toniku (tj. při poklesu koncentrace chininu) intenzita vyzařovaného světla klesá.

Příprava měření

1. Tonik je před měřením nutné zbavit bublinek oxidu uhličitého. Spolehlivě funguje, pokud tonik 5 minut převaříte v rychlovarné konvici. Aby se po dosažení varu konvice automaticky nevypnula, nechte její víko otevřené.
2. Poté, co tonik zchladne na pokojovou teplotu, si připravte potřebné roztoky. Jednu kyvetu naplňte čistým tonikem, do dalších dvou kyvet namíchejte tonik a vodu, jednou v poměru 1:1 (50% roztok toniku), podruhé v poměru 1:2 (33% roztok toniku). Vzhledem k tomu, že kyvety mají objem přibližně 3 ml, odpovídá první poměr 1,5 ml toniku na 1,5 ml vody a druhý poměr 1 ml toniku na 2 ml vody.
3. Vzorek v každé kyvetě důkladně promíchejte a kyvety uzavřete víčkem.

Provedení experimentu

1. Spustíte aplikaci Spectral Analysis, připojte spektrometr (str. 14) a v úvodní nabídce vyberte možnost *Fluorescence vs. vlnová délka (Celé spektrum)*.

2. V okně, které se objeví v pravé části obrazovky, nastavte integrační čas 150 ms a vlnovou délku excitace 405 nm. Kliknutím na ikonu  okno zavřete. Tlačítko **KALIBROVAT** nepoužívejte.
3. Vložte do šachty spektrometru kyvetu s čistým tonikem. Bílá šipka by přitom měla ukazovat na hladkou (ne na vroubkovanou) stěnu kyvety.
4. Tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spustíte sběr dat. Po vykreslení závislosti zvolte **ZASTAVIT** a kyvetu z přístroje vyjměte.
5. Kroky 3 a 4 zopakujte také s ostatními vzorky.

Nastavení měření

KALIBROVAT

Integrační čas ms

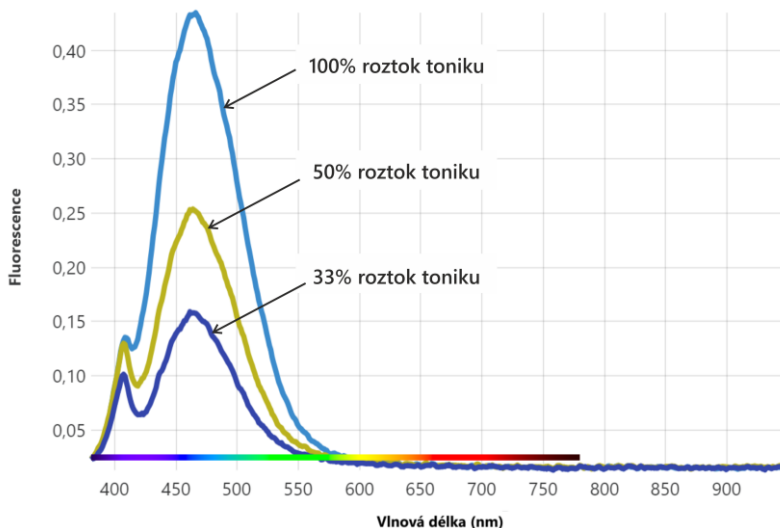
Vyhlažování vlnových délek nm

Průměrování přes čas

Vlnová délka (excitace) nm

Ukázka naměřených dat a závěr

Intenzita světla vyzařovaného molekulami chininu klesá s klesající koncentrací toniku, přičemž poloha maxim (vlnová délka) se nemění. Druhotné píky na vlnové délce kolem 405 nm (fialová oblast spektra) odpovídají rozptýlenému světlu excitačního zdroje.



Poznámky

- K převaření můžete použít též mikrovlnnou troubu.
- Místo převaření lze tonik nechat několik dní otevřený, oxid uhličitý tak postupně samovolně vyprchá.
- Chladnutí převařeného toniku můžete urychlit přelitím do kádinky, kterou vložíte do studené vodní lázně.

Potvrzení chlorofylu v panenském olivovém oleji



Pomůcky

Spektrometr Vernier GDX-SVISPL, kyvety dodávané se spektrometrem, panenský olivový olej, olivový olej z pokrutin, pipeta.

Teorie

Vylisováním oliv za studena vzniká tzv. panenský olivový olej, který obsahuje rostlinné barvivo chlorofyl.

Ze zbytků po lisování (tzv. pokrutin) se dalšími procesy za přítomnosti chemikálií, vysokých teplot a tlaků vyrábí pokrutinový olej. Ten již chlorofyl, který byl při výrobě oleje zničen, neobsahuje.

Potvrzením přítomnosti chlorofylu je tedy možné odlišit panenský olivový olej od pokrutinového. K tomu využijeme fakt, že chlorofyl vykazuje takzvanou fluorescenci, kdy po ozáření vzorku proudem fotonů s vhodnou energií dojde k jejich pohlcení a následnému vyzáření fotonů s nižší energií – vzorek obsahující chlorofyl po vystavení fialovému světlu září červeně.



Příprava vzorků a spektrometru

1. Jednu kyvetu naplňte panenským olivovým olejem, druhou kyvetu olivovým olejem z pokrutin. Obě kyvety uzavřete víčkem.
2. Spustíte aplikaci Spectral Analysis, v úvodní nabídce vyberte možnost *Fluorescence vs. vlnová délka (Celé spektrum)* a připojte spektrometr (str. 14).
3. V okně, které se objeví v pravé části obrazovky, zvolte integrační čas 150 ms a excitační vlnovou délku 405 nm. Okno pak můžete zavřít kliknutím na . Tlačítko *Kalibrovat* nepoužívejte.
4. Pohledem zkontrolujte, že se v šachtě spektrometru rozsvítil fialový excitační zdroj.

Nastavení měření

KALIBROVAT

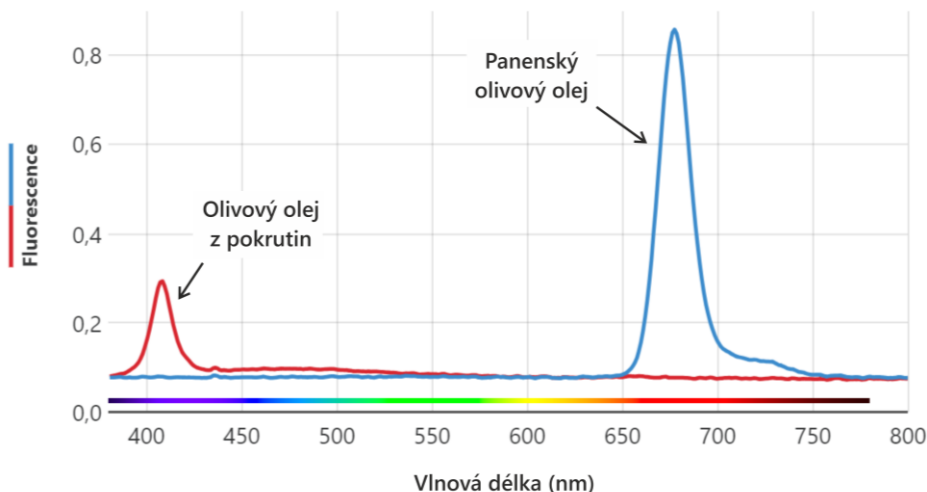
Integrační čas	150	ms
Vyhazování vlnových délek	1	nm
Průměrování přes čas	4	
Vlnová délka (excitace)	405	nm

Provedení experimentu

1. Vložte do šachty spektrometru první kyvetu. Bílá šipka by přitom měla ukazovat na hladkou (ne na vroubkovanou) stěnu kyvety.
2. Tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spustíte sběr dat. Po vykreslení závislosti zvolte **ZASTAVIT** a kyvetu vyjměte.
3. Kroky 1 a 2 zopakujte s druhou kyvetou.

Ukázka naměřených dat a závěr

Červená křivka odpovídá olivovému oleji z pokrutin, který fialové světlo vycházející z excitačního zdroje nepohlcuje. Modrá křivka odpovídá panenskému olivovému oleji, který dopadající fialové světlo pohlcuje a září červeně.



Poznámky

- Olivový olej z pokrutin bývá v obchodech označován *pomace oil*. To ale někdy označuje i směsi olejů (*blended pomace oil*), vždy si proto přečtěte přesné složení.
- Pokud je olej z pokrutin smíchán navíc se slunečnicovým olejem, měření to nijak neovlivní. Někdy je ale součástí směsi také panenský olivový olej, což měření znehodnotí, protože píky odpovídající chlorofylu jsou pak v obou vzorcích.
- Olej z pokrutin bývá často vnímán jako méně kvalitní ve srovnání s panenským. Ale například pro smažení je pokrutinový olej lepší (a tedy kvalitnější), protože už v něm není tolik složek, které se při vysoké teplotě rozkládají.

Další inspirace pro experimentování

www.vernier.cz/kucharka

www.vernier.cz/katalog



info@edufor.cz

 774 693 244

Edufor s. r. o., Příborská 518, 199 00 Praha 9