



KUCHAŘKA

jednoduchých experimentů

ZÁKLADNÍ ŠKOLY

FYZIKA

CHEMIE

PŘÍRODOPIS

2023



Obsah

CHE FYZ BIO	Úvod	4
  	Vypařování vody a lihu	20
  	Ochlazování pocením	22
  	Chladicí směs	24
  	Změna teploty při rozpouštění	26
  	Změna teploty při neutralizaci	28
  	Teplotní změny při ředění kyseliny sírové	30
  	Metabolické teplo kvasinek	32
  	Teplota plamene	34
  	Vývoj teploty při vaření vody (vliv fázového přechodu)	36
  	Tuhnutí krystalické látky	38
  	Tuhnutí amorfnní látky NOVÉ	40
  	Změny teploty při kompresi a expanzi plynu	42
  	Dýchací cesty jako výměník tepla	44
  	Komínový efekt	46
  	Vedení tepla NOVÉ	48
  	Měření pH nápojů	50
  	Odhadnete pH podle chuti?	52
  	Neutralizace kyseliny	54

			Okyselování vody vlivem CO_2 (kyselé deště)	56
			Vliv syčení nápojů oxidem uhličitým na jejich kyselost NOVÉ	58
			Dýchání semen hrachu	60
			Produkce CO_2 v klidu a při cvičení	62
			Změna složení vzduchu při hoření svíčky NOVÉ	64
			Absorpce CO_2 do roztoku NaOH NOVÉ	68
			Kolik kyslíku spotřebujeme při dýchání?	70
			Fotosyntéza	72
			Kyslík rozpuštěný ve vodě	74
			Příprava CO_2 a zhašení svíčky nedostatkem kyslíku	76
			Změny tlaku při chemické reakci	78
			Rychlost chemické reakce – vliv velikosti povrchu	80
			Rychlost chemické reakce – vliv teploty	82
			Rychlost chemické reakce – vliv míchání	84
			Vztlaková síla	86
			Co unese lidský vlas? NOVÉ	88
			Stav beztlíže – měření se siloměrem	90
			Statické a dynamické smykové tření	92
			Tahová síla reaktivního motoru „rakety“	94
			Dráha, rychlost a zrychlení v grafech	96

			Třetí Newtonův zákon – zákon akce a reakce	98
			Princip airbagu	100
			Periodický děj – kmitání závaží na pružině	102
			Ohmův zákon	104
			Elektromagnetická indukce	106
			Lidské tělo v elektrickém obvodu	108
			Citronová „baterie“ (galvanický článek)	110
			Dělič napětí vyrobený pomocí papíru a měkké tuhy	112
			Nabíjení třením (triboelektrická řada)	114
			Elektrická vodivost kapalin	116
			Změny elektrické vodivosti při rozpouštění cukru a soli	118
			Vitální kapacita plic	120
			Hloubka a frekvence dýchání	122
			Elektrokardiografie (EKG)	124
			Změny srdeční aktivity	126
			Elektrická aktivita svalů	128
			Měření síly stisku ruky	130
			Únava svalů	132
			Reakční doba na sluchový podnět	134
			Reakční doba na zrakový podnět	136

  	Odrazivost různě barevných povrchů	138
  	Opalovací krém a ochrana proti UV záření	140
  	Blikání žárovky (co lidské oko nevidí, ale počítač ano)	142
  	Rozsvícení žárovky	144
  	Setrvačnost oka a regulace jasu LED žárovky	146
  	Znázornění jednotlivých samohlásek mikrofonom NOVÉ	148
  	Rozdíl mezi vysokým a hlubokým zvukem NOVÉ	150
  	Ochrana před radiací – stínění různými materiály	152
  	Ochrana před radiací – závislost na vzdálenosti	154
  	Pohlcování alfa záření za sníženého tlaku	156
  	Spektrum různých zdrojů světla	158
  	Spektrum světla LED žárovky – skládání barev	160
  	Spektrum „studené“ a „teplé“ LED žárovky NOVÉ	162
  	Noční režim displejů NOVÉ	164
  	Určení chemického složení plynu spektrometrem	166
  	Změna tlaku s nadmořskou výškou	168
  	Jak funguje výškoměr	170

Co přináší Kuchařka jednoduchých experimentů pro ZŠ

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 úroveň základních škol. Aktivity 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.

Jednotlivé návody jsme označili podle jejich zaměření následujícím způsobem:



chemie



fyzika



přírodopis

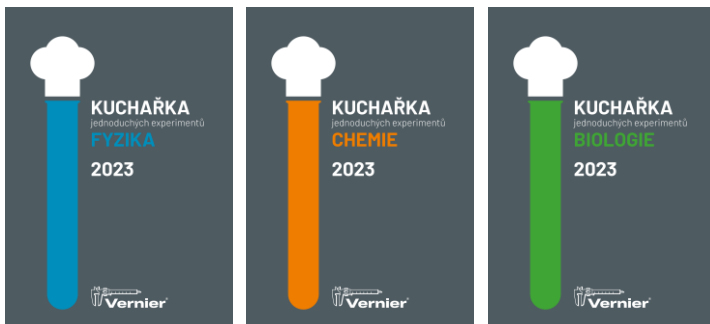
NOVÉ

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

Oborové Kuchařky

Vydali jsme také Kuchařky zaměřené na fyziku, chemii nebo biologii. V nich jsou kromě aktivit pro základní školy též návody cílící spíše na střední nebo vysoké školy.

Pokud máte zájem o „oborovou“ Kuchařku (fyzika/chemie/biologie), napište nám na info@edufor.cz, rádi Vám ji zdarma zašleme.



Všechny návody 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

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



Senzor počasí

www.vernier.cz/GDX-WTHR

- teplota, tlak a vlhkost vzduchu
- rychlost a směr větru
(varianta GDX-WTVA)
- dopočítává mnoho dalších veličin
(rosný bod, pocitová teplota, ...)



Čidlo polohy a pohybu

www.vernier.cz/GDX-MD

- ultrazvukový senzor (sonar)
- rozsah 15 cm až 3,5 m
- měří vzdálenost nejbližšího
předmětu, dopočítává rychlost
a zrychlení



Čidlo vodivosti (konduktometr)

www.vernier.cz/GDX-CON

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



Čidlo koncentrace kyslíku rozpuštěného ve vodě

www.vernier.cz/GDX-ODO

- rozsah 0 až 20 mg/litr
- automatická teplotní a tlaková
kompenzace



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 síly stisku ruky

www.vernier.cz/GDX-HD

- rozsah 0 až 600 N
- integrovaný tříosý akcelerometr a gyroskop



Školní EKG senzor

www.vernier.cz/GDX-EKG

- umožňuje zaznamenávat elektrickou aktivitu srdce i jiných svalů



Monitor dechu a krokoměr

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

- měření dechové frekvence
- měření hloubky dýchání
- měření počtu a frekvence kroků



Spirometr

www.vernier.cz/GDX-SPR

- měří průtok vzduchu při nádechu i při výdechu
- měření celkového objemu vzduchu a respirační frekvence



Ampérmetr

www.vernier.cz/GDX-CUR

- rozsah ± 1 A (při max. 10 V)



Voltmetr

www.vernier.cz/GDX-VOLT

- rozsah ± 20 V



Detektor elektrického náboje

www.vernier.cz/GDX-Q

- měření velikosti a polarity náboje
- rozsah ± 100 nC
(využitím vybíjecího tlačítka lze měřit i větší náboje)



Hlukoměr s mikrofonom

www.vernier.cz/GDX-SND

- rozsah 55 dB až 110 dB



Čidlo světla (luxmetr)

www.vernier.cz/GDX-LC

- rozsah 0 až 150 000 lx
- frekvence měření až 1000 Hz
- integrované čidlo UV záření



Detektor radiace

www.vernier.cz/GDX-RAD

- měří alfa, beta i gama záření
- lze zapnout akustickou signalizaci



Siloměr s akcelerometrem a gyroskopem

www.vernier.cz/GDX-FOR

- rozsah siloměru ± 50 N
- rozsah akcelerometru ± 16 g
- rozsah gyroskopu ± 35 rad/s



Akcelerometr s gyroskopem a výškoměrem

www.vernier.cz/GDX-ACC

- rozsah akcelerometru ± 200 g
- rozsah gyroskopu ± 35 rad/s
- měření nadmořské výšky v rozsahu od $-1,8$ km do $+10$ km



Vozík s integrovanými čidly

www.vernier.cz/GDX-CART

- lze používat na jakékoliv podložce (podlaha, školní lavice, stůl)
- měří otáčení koleček pro určení polohy, rychlosti a zrychlení
- zabudovaný siloměr (± 50 N)
- zabudovaný akcelerometr (± 16 g)

Dráha s vozíky

www.vernier.cz/DTS-GDX

- dva vozíky s integrovanými čidly
- dráha zajišťující snadné vyrovnaní do vodorovné polohy a nízké tření
- příslušenství pro experimentování (kladka, nárazníky, závaží atd.)



Čidlo tlaku plynu

www.vernier.cz/GDX-GP

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



Magnetická míchačka

www.vernier.cz/STIR

- plynulá regulace rychlosti



Spektrometr

www.vernier.cz/GDX-SVISPL

- rozsah 380 nm až 950 nm
- excitací 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



Návod na připojení čidel Go Direct

(návod na připojení spektrometru je na další dvoustraně)



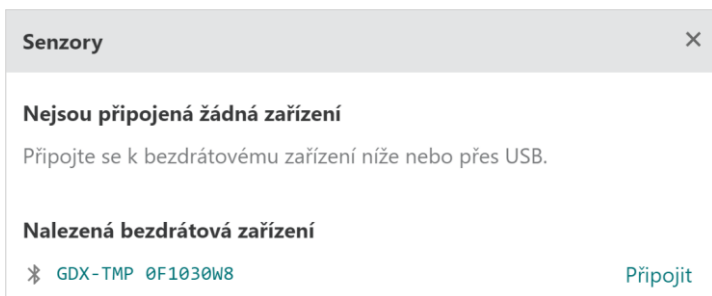
Bezdrátové připojení (Bluetooth)

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 zapnete 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



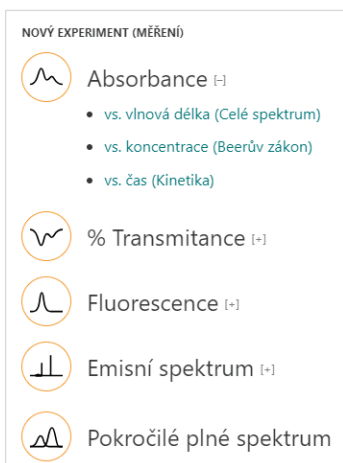
Bezdrátové připojení (Bluetooth)

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

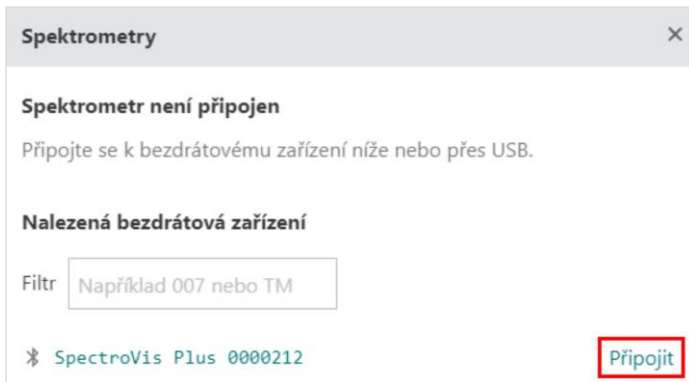
1. Spektrometr zapnete krátkým stisknutím tlačítka na boku přístroje, LED indikátor zapnutí přístroje začne zeleně svítit (pro vypnutí podržte totéž tlačítko 3 sekundy).
2. Na svém zařízení povolte Bluetooth a spusťte aplikaci Vernier **Spectral Analysis**.

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.

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 na str. 22.

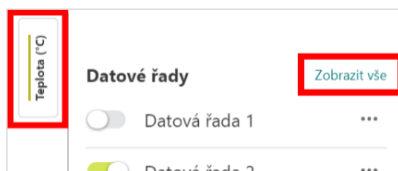
Příprava měření

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 připojíte čidlo (str. 16).
3. Klikněte na pole *Režim*, *Frekvence* v levém dolním rohu (obrázek níže), nastavte dobu měření na 100 sekund a potvrďte tlačítkem *Hotovo*.

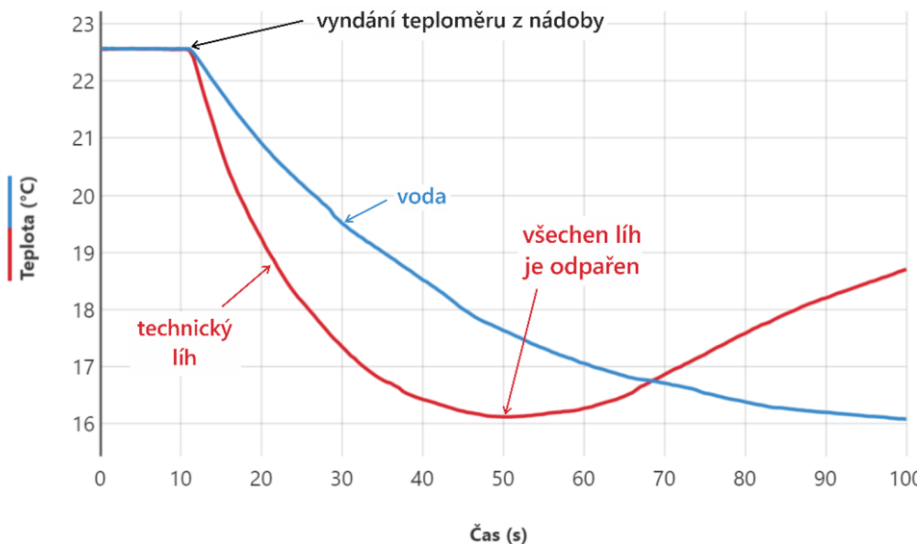


Provedení experimentu

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 měřicí 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.

Ochlazování pocením



Pomůcky

Tyčový teploměr Vernier GDX-TMP, senzor počasí Vernier GDX-WTHR nebo Vernier GDX-WTVA, sklenice s vodou o stejné teplotě jako vzduch v místnosti, mikrotenový sáček, pro vytvoření drobných kapiček se osvědčil rozprašovač na květiny (ale lze kropit i rukou).

Teorie

Voda při vypařování ochlazuje povrchy, z nichž se odpařuje – lidský organismus tak může pocením regulovat svou teplotu.

Míra odpařování závisí na relativní vlhkosti vzduchu – v suchém vzduchu probíhá odpařování intenzivně, při vysoké vlhkosti probíhá výrazně pomaleji a při 100% relativní vlhkosti se zcela zastaví.



Příprava měření

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojte obě čidla (str. 16). Během připojování rozklikněte u senzoru počasí položku *Kanály*, zrušte zaškrtnutí veličiny *Rychlost větru* a zaškrtněte veličinu *Relativní vlhkost*.
2. Klikněte na tlačítko  pro nastavení zobrazování vpravo nahoře a vyberte položky *1 graf* a *Hodnota*. Pokud se na svislé ose zobrazuje *Relativní vlhkost*, klikněte na popisek svislé osy a vyberte veličinu *Teplota*.
3. Klikněte na pole *Režim*, *Frekvence* v levém dolním rohu a zvolte *Zastavit měření: Ručně*. Potvrďte tlačítkem *HOTOVO*.
4. Čidla v tuto chvíli ukazují teplotu a relativní vlhkost vzduchu v místnosti. Obě hodnoty si poznamenejte.

Příprava experimentu

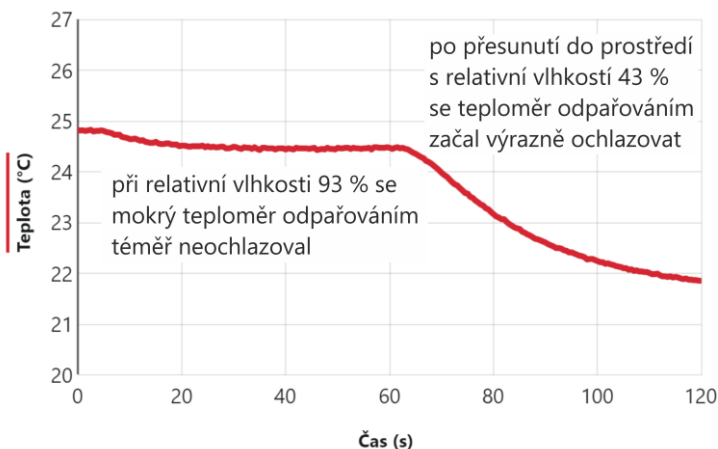
1. Ponořte tyčový teploměr do nádoby s vodou a zkontrolujte, že teplota vody se od teploty vzduchu neliší o více než 0,5 °C. Pokud je rozdíl větší, zajistěte vyrovnaní teplot mícháním s teplou/studenou vodou nebo jednoduše tím, že počkáte, až se teploty samovolně vyrovnají.
2. Část vody z nádoby přelijte do rozprašovače a postříkejte vnitřek mikrotenového sáčku tak, aby se v něm mohly drobné kapičky vypařovat. V sáčku se tím vytvoří prostředí s vysokou relativní vlhkostí vzduchu.
3. Tyčový teploměr ponechte v nádobě s vodou a senzor počasí vložte do sáčku. Sáček uzavřete. Sledujte v aplikaci Graphical Analysis relativní vlhkost vzduchu v sáčku. Jakmile dosáhne hodnot nad 90 %, můžete začít s experimentem.

Provedení experimentu

1. Tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spustíte záznam dat.
2. Otevřete sáček, vytáhněte z vody tyčový teploměr a bez osušování jej vložte do sáčku.
3. Sáček opět uzavřete.
4. Po přibližně 60 sekundách teploměr vytáhněte a ponechte na vzduchu v místnosti.
5. Po dalších 60 sekundách ukončete měření tlačítkem **ZASTAVIT**.



Ukázka naměřených dat



Závěr

Teplota v místnosti byla 24,8 °C, relativní vlhkost vzduchu 43 %. Během přesouvání z vody do sáčku se teploměr stihl ochladit o 0,3 °C. Jakmile byl teploměr v sáčku s relativní vlhkostí vzduchu 93 %, odpařování se téměř zastavilo a teplota teploměru zůstávala konstantní.

Teprve po vyndání teploměru ze sáčku mohlo pokračovat odpařování vody z povrchu teploměru – během několika desítek sekund klesla teplota teploměru o více než 2,5 °C.

Poznámka

Pro úspěšné provedení experimentu je zásadní co nejlepší vyrovnání teploty vzduchu a vody před zahájením měření.

Chladicí směs



Pomůcky

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

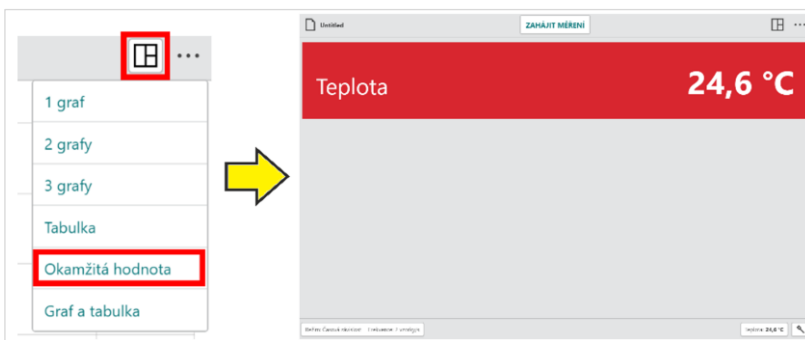
Teorie

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. 16).
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.

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).

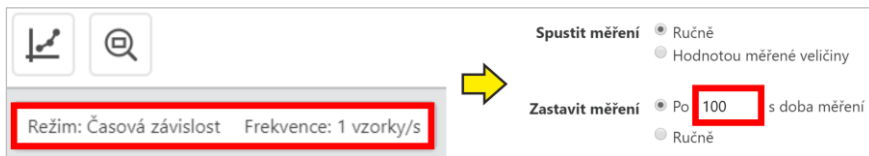
Teorie

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. 16).
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

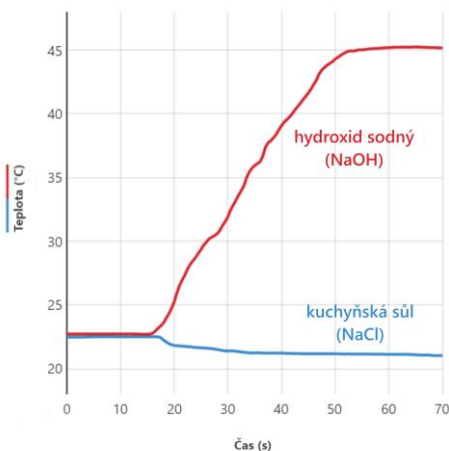
1. Do kádinky s vodou vložte teploměr a tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spustíte záznam dat.
2. Nechte měřenou teplotu ustálit a poté nasypete do vody odváženou sůl.
3. Za stálého míchání sledujte změnu teploty. Jakmile teplota přestane klesat, je veškerá sůl rozpuštěna a tlačítkem **ZASTAVIT** můžete ukončit 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.



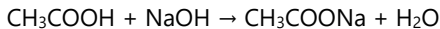
Změna teploty při neutralizaci

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

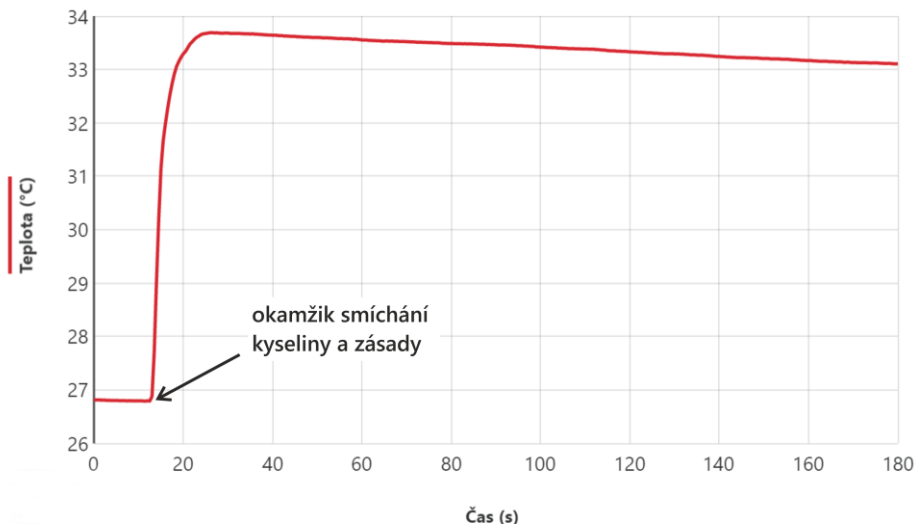
Spust'te aplikaci Graphical Analysis a připojte teploměr (str. 16).

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 žravina – 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.



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

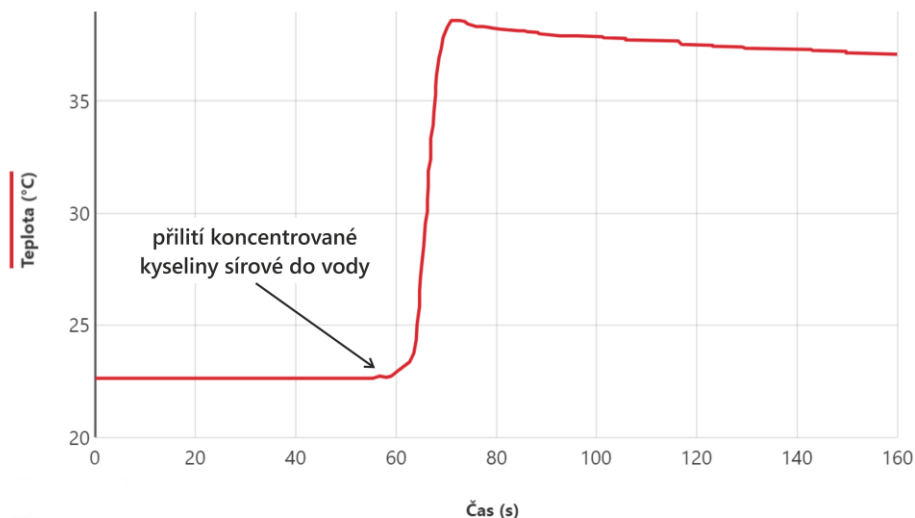
1. Nasadíte si ochranné pomůcky (rukavice, brýle, plášť).
2. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte teploměr (str. 16).
3. Nalijte do kádinky přibližně 100 ml vody o pokojové teplotě.
4. Vložte teploměr do kádinky.
5. Do pipety si odeberte přibližně 5 ml koncentrované kyseliny sírové.



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.



Metabolické teplo kvasinek

Pomůcky

Bezdrátový teploměr Vernier GDX-TMP, droždí, cukr moučka, nádobka na vodu, lžička.

Teorie

Alkoholové kvašení je proces, při němž kvasinky (obsažené například v potravinářském droždí) přeměňují sacharidy na ethanol a oxid uhličitý. Právě vznik oxidu uhličitého je zodpovědný za nakynutí těsta. Cílem měření je ukázat, že při kvašení se odevzdává do okolí teplo (dojde k zahřátí roztoku).



Příprava měření

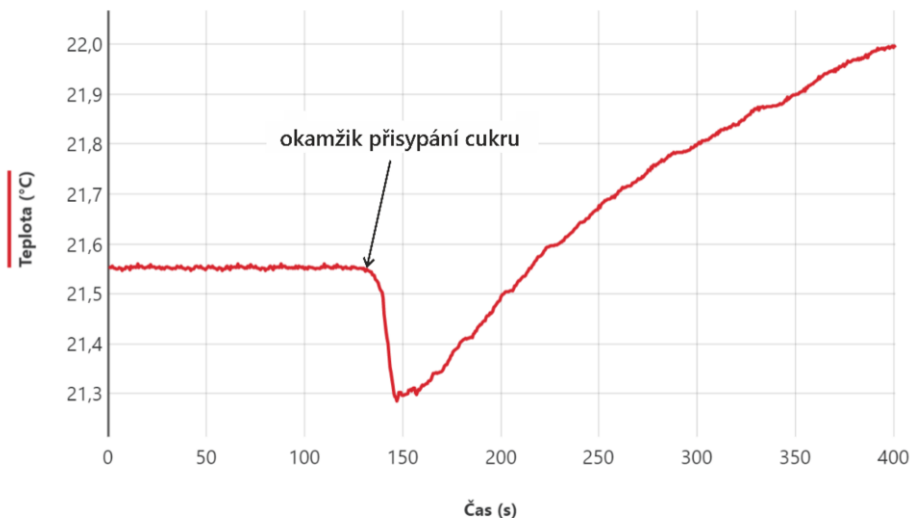
1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte čidlo (str. 16).
2. Klikněte na pole *Režim*, *Frekvence* v levém dolním rohu (obrázek níže), nastavte dobu měření na 400 sekund a potvrďte tlačítkem *Hotovo*.



Provedení experimentu

1. Do nádobky nalijte přibližně 50 ml vody o pokojové teplotě.
2. Vhodte do vody polovinu kostky droždí (přibližně 20 gramů) a rozmíchejte ji.
3. Do vzniklé suspenze vložte teplotní čidlo a tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spustíte záznam dat.
4. Po několika desítkách sekund přidejte dvě lžičky moučkového cukru.
5. Za stálého míchání pozorujte vývoj teploty. Až budete mít dostatek naměřených dat pro popsání trendu, ukončete měření tlačítkem **ZASTAVIT**.
6. Tlačítkem  (v levém dolním rohu) nastavte automatické měřítko grafu. Dojde tak k optimálnímu využití zobrazovací plochy.

Ukázka naměřených dat



Z naměřeného grafu je zřejmé, že před dodáním cukru (první dvě minuty měření) zůstává teplota suspenze s kvasinkami stálá. Po přisypání cukru dojde nejdříve k poklesu teploty (rozpuštění cukru je endotermický proces, který spotřebovává energii). Vzápětí ale začne teplota růst, a to nad původní teplotu suspenze, tedy nad teplotu místnosti. Tento růst teploty způsobuje alkoholové kvašení dodaného cukru.

Závěr

Po dodání cukru zahájí kvasinky obsažené v droždí alkoholové kvašení, při kterém se uvolňuje teplo.

Poznámky

- Experiment dobře vychází s čerstvým droždím, ale lze použít i sušené droždí (toho stačí 5 gramů).
- Je nutné nechat předem vodu i droždí nějakou dobu ve stejné místnosti, aby se jejich teplota vyrovnala s teplotou okolí. Pro rychlejší vyrovnání teploty vody s teplotou v místnosti můžete smíchat vhodný poměr teplé a studené vody.
- Změnou teploty při rozpouštění se podrobněji zabývá experiment *Změna teploty při rozpouštění* (str. 26).

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.

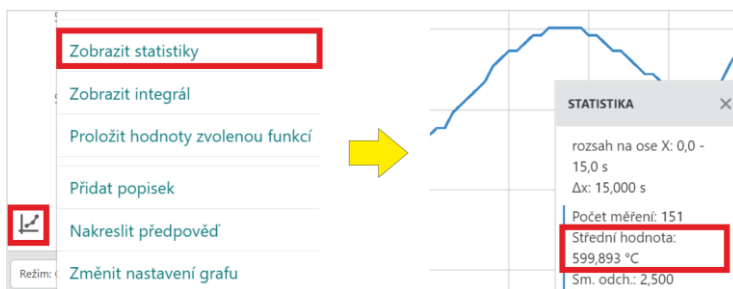
Příprava měření

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte termočlánek (str. 16).
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

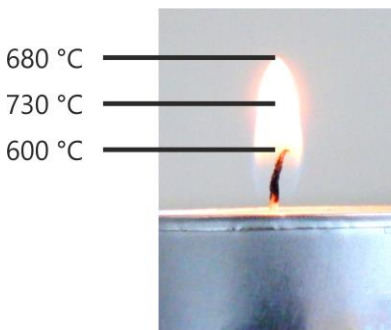
1. Zapalte svíčku a vložte konec čidla do spodní části plamene (těsně nad knot).
2. Jakmile se teplota přibližně ustálí, tlačítkem *ZAHÁJIT MĚŘENÍ* spustíte záznam dat a snažte se čidlem co nejméně hýbat. Po skončení měření čidlo z plamene vyjměte.
3. Klikněte na tlačítko vlevo dole a vyberte možnost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



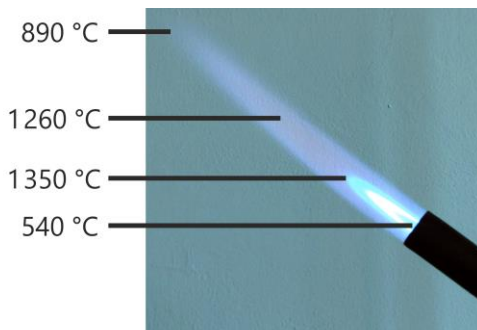
4. Nyní vložte konec čidla přibližně do poloviny výšky plamene, opět vyčkejte na ustálení teploty a spusťte záznam dat tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ**. Po skončení měření zopakujte krok 3 a získanou střední hodnotu si opět poznamenejte.
5. Takto proměřte ještě úplnou špičku plamene svíčky. Následně proveďte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

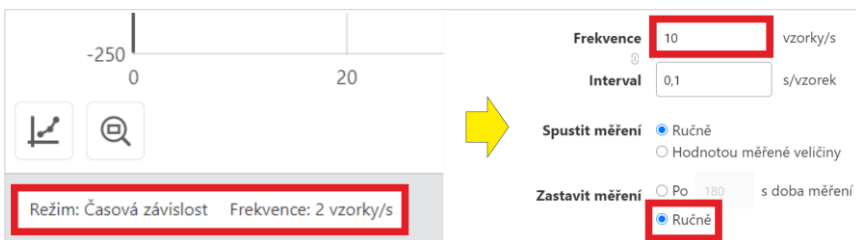
Teorie

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.

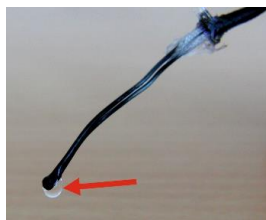
Příprava měření

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte čidlo (str. 16).
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*.

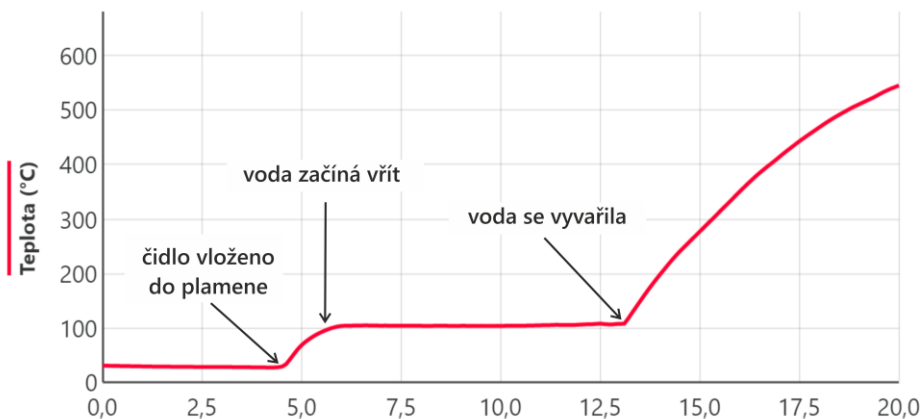


Provedení experimentu

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

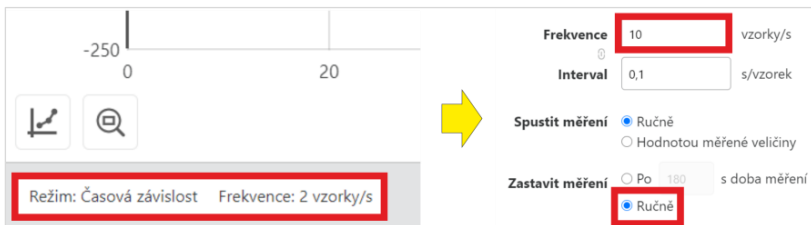
Termočláňkový teploměr Vernier GDX-TC, cín nebo pájka (slitina cínu a olova), kahan, zápalky, trojnožka s nerezovou sítkou, prázdný kovový kalíšek od čajové svíčky.

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. 16).
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 klubička 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 termočlánu. 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. 38). 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. 16).
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.)

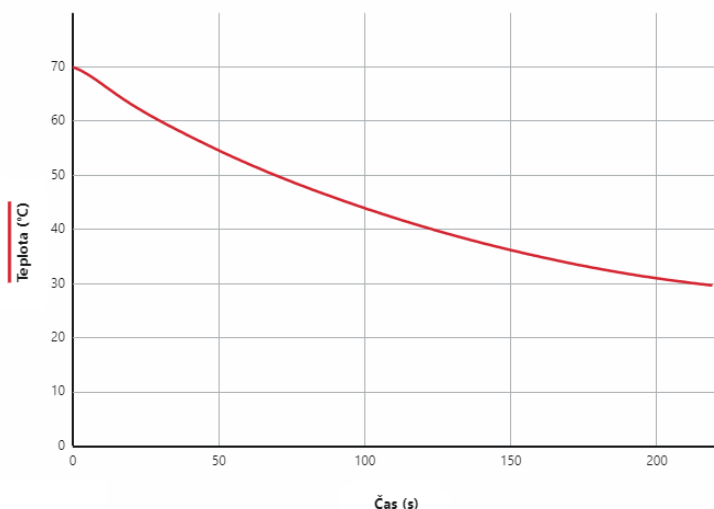


5. Přesuňte zkumavku do kádinky se studenou vodou.
6. Spustíte měření tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ**.
7. Pozorujte, jak parafín ve zkumavce postupně tuhne a jak se vyvíjí graf teploty.
8. Jakmile teplota klesne pod 30 °C, zastavte měření kliknutím na **ZASTAVIT**.

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 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.

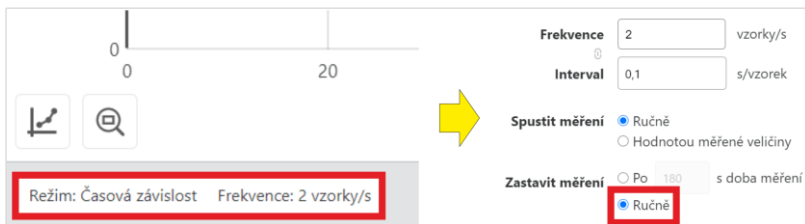
Na podobném principu lze postavit jednoduchou chladničku.

Příprava měření

1. Zapněte teploměr, spustíte aplikaci Graphical Analysis a čidlo připojte (str. 16).
2. Opatrně vsuňte celý teploměr hrdlem do lahve a víčko lahve pevně zašroubujte.



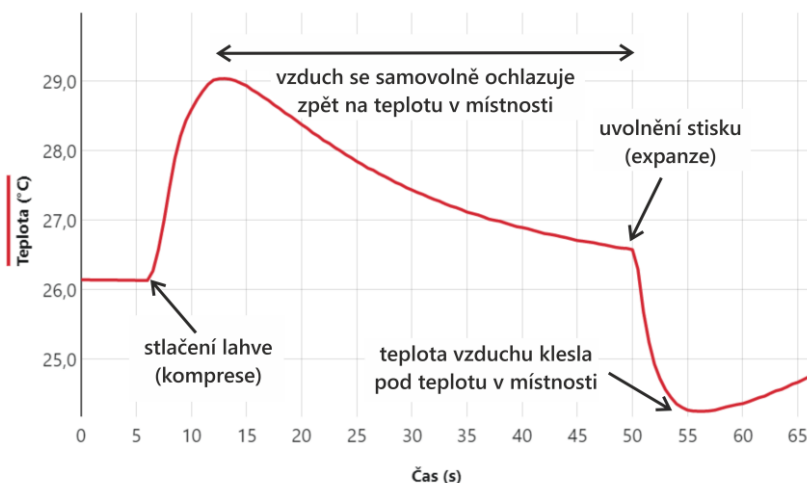
3. Klikněte na pole *Režim*, *Frekvence* v levém dolním rohu a zvolte *Zastavit měření: Ručně*. Potvrďte tlačítkem *HOTOVO*.



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 stlačte a ponechte 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.



Dýchací cesty jako výměník tepla

Pomůcky

Bodové teplotní čidlo Vernier GDX-ST.

Teorie

Při běžném dýchání má dominantní roli nos – dýchání ústy nastupuje tehdy, pokud dýchání nosem není možné (typicky při rýmě), nebo když tělo potřebuje výrazně zvýšit objem vyměňovaného vzduchu (například při fyzicky náročné aktivitě).

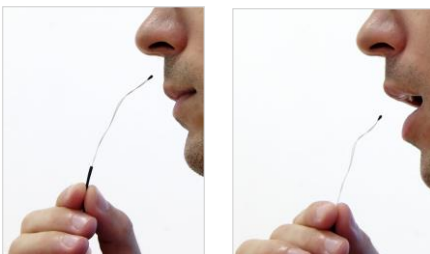
Nosní dýchací cesty mají celou řadu důležitých funkcí – mimo jiné vzduch čistí, zvlhčují a také fungují jako výměník tepla. Poměrně velká plocha nosních skořep předeřívá chladný vzduch před tím, než vstoupí do plic, kde se dále ohřívá. Dýcháme-li ústy, dostává se do krku a do plic vzduch sušší, znečištěnější a chladnější, což podporuje možnost infekcí dýchacích cest při setkání s patogeny.

Vydechování nosem omezuje tepelné ztráty organismu. U psů, kteří se na rozdíl od lidí nepotí (s výjimkou tlapek) je dýchání s otevřenou tlamou dominantním způsobem termoregulace.

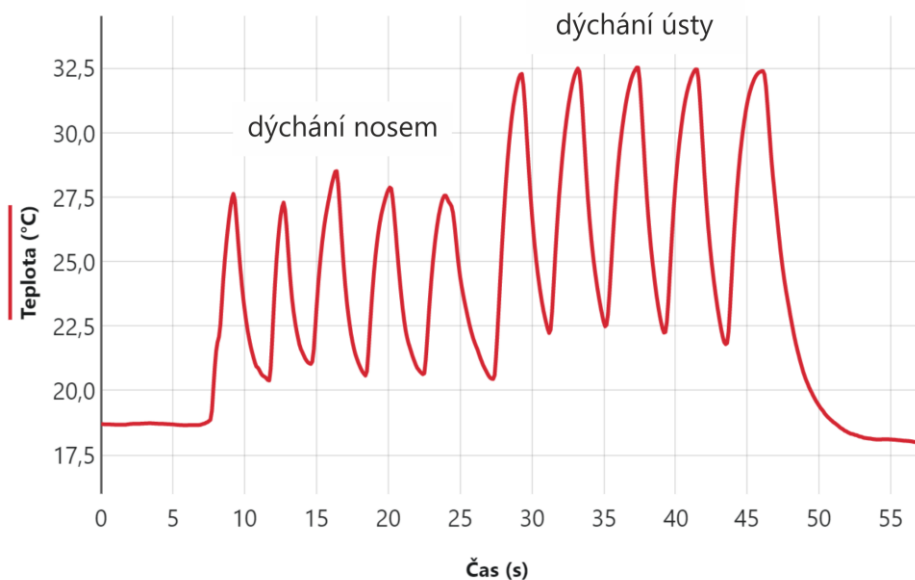
Při výdechu nosem horký vzduch z plic část tepla na nosních skořepách odevzdá zpět tělu. Vzduch vydechovaný nosem má proto nižší teplotu než vzduch vydechovaný ústy, jak ukáže následující experiment.

Provedení experimentu

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte čidlo (str. 16).
2. Klikněte na pole *Režim, Frekvence* v levém dolním rohu, nastavte frekvenci měření na 10 vzorků za sekundu a potvrďte tlačítkem *HOTOVO*.
3. Tlačítkem *ZAHÁJIT MĚŘENÍ* spustíte záznam dat.
4. Uchopte čidlo do ruky a umístěte jeho konec pod nos.
5. Zavřete ústa a nosem nadechněte a vydechněte jako při běžném dýchání.
6. Po přibližně 20 sekundách přesuňte konec čidla před otevřená ústa a dýchejte jimi.
7. Za dalších 20 sekund ukončete měření tlačítkem *ZASTAVIT*.



Ukázka naměřených dat



Závěr

Zatímco při vydechování nosem ukázalo čidlo maximální teplotu přibližně 28 °C, při vydechování ústy to bylo více než 32 °C. Rozdíl teplot činil téměř 5 °C.

Dýchání nosem tak vedle ostatních svých funkcí také omezuje tepelné ztráty organismu.

Poznámky

- Bodové teplotní čidlo je pro tento experiment vhodnější než tyčový teploměr, protože má díky malým rozměrům rovněž malou tepelnou kapacitu – reaguje tak na změny teploty vzduchu výrazně rychleji.
- Při měření nesmí být teplota vzduchu v místnosti příliš vysoká – na to je třeba dát pozor zejména v květnu a v červnu, kdy teploty v neklimatizovaných místnostech mohou přesahovat 30 °C.
- Při měření doporučujeme pracovat ve dvojici – jedna osoba drží teploměr, druhá osoba na teploměr dýchá.



Komínový efekt

Pomůcky

Bodový teploměr Vernier GDX-ST, lampička s klasickou žárovkou (jako zdroj tepla), měděná trubička a stojan pro její upevnění, barevná lepicí páska na označení jednoho konce trubičky.

Teorie

Komínový efekt je jev, při kterém teplý vzduch v důsledku své nižší hustoty stoupá vzhůru svislou dutinou. K tomuto jevu dochází nejen v komínech, ale také v budovách. Například během zimy je vzduch uvnitř budovy zahříván topením, stoupá ke stropu či do vyšších pater a netěsnostmi budovu opouští. V dolní části budovy vzniká podtlak, je zde proto nasáván chladný venkovní vzduch – vzniká tak průvan.

Ke stejnému efektu dochází také během letních nocí, kdy je vzduch ve vyhřátém domě teplejší než vzduch venkovní. Tehdy se doporučuje větrat střešními okny, aby se posílil komínový efekt, který zajistí efektivní odvod teplého vzduchu z domu.

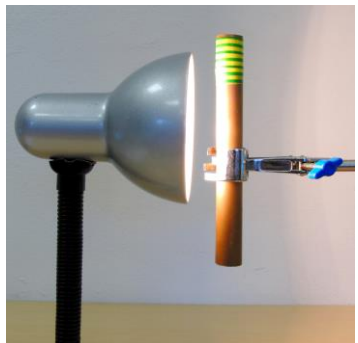
V následujícím experimentu představuje vysoký dům či komín svisle upevněná měděná trubička, po jejímž zahřátí se od stěn trubičky ohřívá i vzduch uvnitř.

Příprava měření

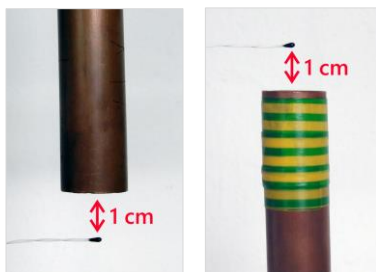
1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojte čidlo (str. 16).
2. Jeden z konců trubičky viditelně označte – například barevnou lepicí páskou.
3. Připravte si stojan, pomocí kterého trubičku upnete do svislé polohy.

Provedení experimentu

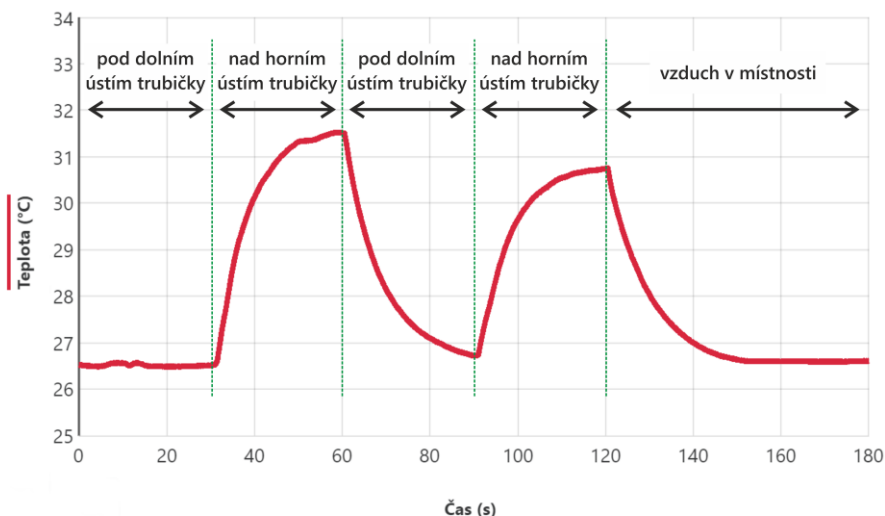
1. Zahřejte měděnou trubičku nad teplotu okolí. Ve vzorovém měření jsme trubičku zahřívali umístěním do bezprostřední blízkosti zapnuté 40W žárovky po dobu několika minut. Simulovali jsme tak zahřívání stěn budovy slunečními paprsky během dne.
2. Jakmile je trubička zahřátá, zhasněte žárovku („západ slunce“) a lampičku odsuňte, aby neovlivnila měření teploty kolem trubičky.
3. Tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spustíte záznam dat.
4. Přiblížte konec čidla asi 1 cm pod spodní ústí trubičky a 30 sekund zde měřte teplotu. Poté přemístěte teploměr 1 cm nad horní ústí trubičky a opět zde měřte teplotu po dobu 30 sekund.



- Krok 4 ještě jednou zopakujte. Zbýlý čas měření pak nechte teploměr ležet volně na stole (ovšem bez dotyku se stolem), aby měřil teplotu okolního vzduchu v místnosti.
- Pro automatické nastavení měřítka grafu použijte tlačítko .
- Trubičku otočte (pokud byl její označený konec dosud nahoře, bude nyní dole) a experiment zopakujte. Ukážete tak, že na orientaci trubičky nezáleží.



Ukázka naměřených dat



Závěr

Vzduch uvnitř trubičky se ohřívá od jejích stěn, snižuje svoji hustotu a stoupá trubičkou vzhůru. Proto nad horním ústím trubičky naměříme teplotu o několik stupňů Celsia vyšší než pod jejím dolním ústím, kudy se dovnitř nasává vzduch o pokojové teplotě.

Poznámky

- Trubičku lze zahřát různými dalšími způsoby – lze ji například na chvíli ponořit do teplé vody a osušit, položit ji na topení, případně jen zahřát v teplých dlaních.
- Je výhodné čidlo zafixovat, abyste ho nemuseli pod či nad trubičkou držet v ruce.
- Trubička ze vzorového experimentu měla délku 20 cm, průměr 2 cm a tloušťku stěny 1,5 mm. Jako materiál doporučujeme právě měď, protože má dobrý poměr tepelné kapacity a tepelné vodivosti.



Vedení tepla

Pomůcky

Bodové teplotní čidlo Vernier GDX-ST, rychlovarná konvice, hrnek s uchem, izolační podložka (např. molitan nebo polystyren), izolepa, desky stejné nebo podobné tloušťky z různých materiálů – my jsme využili měď, železo a dřevo, vše v tloušťce asi 2 mm.

Teorie

Schopnost látky vést teplo popisuje *součinitel tepelné vodivosti* λ (lambda). Látky s vysokou hodnotou λ dobře vedou teplo a rychle vyrovnávají teplotní rozdíly.

Při zahřívání jedné části dobrého tepelného vodiče se dodaná energie rychle předá i do vzdálenějších částí, čímž zvýší jejich teplotu – vodič se tedy zahřeje celý, včetně periferií. Naopak tepelné izolanty zůstávají zahřáté pouze v místě zahřívání.

Cílem experimentu je proměřit zahřívání desek z různých materiálů po umístění hrnku s horkou vodou na kraj desky.

Příprava měření

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte bodové teplotní čidlo (str. 16).
2. Klikněte na pole *Režim*, *Frekvence* v levém dolním rohu, nastavte dobu měření na 100 sekund a potvrďte tlačítkem *HOTOVO*.

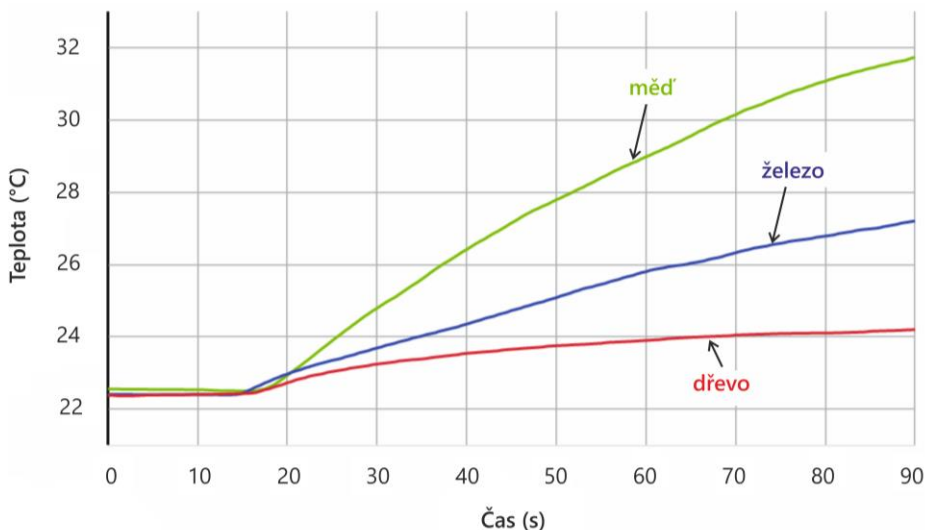
Provedení experimentu

1. Vyberte jednu ze zkoumaných desek, položte ji na izolační podložku a opatrně k ní izolepou přilepte měřicí pecičku na konci teplotního čidla. Pecička by měla být izolepou celá zakrytá a dotýkat se desky (dle obrázku).
2. Přiveďte vodu v rychlovarné konvici k varu a ihned ji přelijte do hrnku.
3. Tlačítkem *ZAHÁJIT MĚŘENÍ* spustíte záznam dat. Po deseti sekundách měření postavte hrnek na desku tak, aby byl svým okrajem ve vzdálenosti přibližně 2 cm od měřicí pecičky bodového teplotního čidla. Vyčkejte, až se měření ukončí.
4. Kroky 1 až 3 zopakujte také pro destičky z dalších materiálů.



Ukázka a interpretace naměřených dat

Všechny naměřené závislosti si můžete do jednoho grafu zobrazit po klepnutí na popisek svislé osy v grafu (*Teplota*). Obrázek níže zachycuje výsledek pro tři námi použité desky.



Růst teploty dřevěné desky je na první pohled překvapivý, protože dřevo je dobrým tepelným izolantem. Ohřívání dřevěné desky však nesouvisí s vedením tepla, ale s jinými způsoby předávání energie (záření, proudění).

V případě železa už se kromě těchto parazitních vlivů projevuje i jeho dobrá tepelná vodivost, teplota proto roste výrazněji. Měď je vynikajícím tepelným vodičem a nárůst teploty je u ní nejvyšší.

Závěr

Látky s dobrou tepelnou vodivostí se snadno zahřívají i mimo ta místa, ve kterých jim dodáváme energii.

Poznámky

- Aby byly výsledky průkazné, měly by mít destičky podobnou tloušťku.
- Kromě tepelné vodivosti ovlivňuje rychlost prohřívání také hustota a měrná tepelná kapacita. Ty se ale u pevných látek neliší tak výrazně jako tepelná vodivost.
- Vzdálenost okraje hrnku od teplotního čidla nemusí být nutně 2 cm, možná se vám osvědčí menší vzdálenost. Musí být ale stejná pro všechny porovnávané materiály.
- Čidlo je citlivé a reaguje i na proudění okolního vzduchu – při měření se kolem experimentu pohybujte pomalu a opatrně.

Měření pH nápojů



Pomůcky

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

Teorie

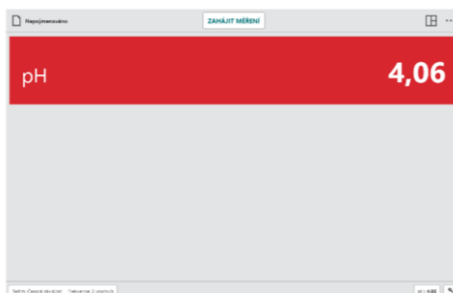
Hodnota pH roztoku poskytuje informaci o tom, zda daná kapalina reaguje kyselé, nebo zásaditě. Destilovaná voda při 25 °C má pH přesně 7,0. Kyselé roztoky mají $\text{pH} < 7$ (čím menší číslo, tím kyselejší roztok), pro zásadité roztoky je naopak $\text{pH} > 7$.

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 nevyliil. Čidlo opláchněte destilovanou vodou.



2. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte čidlo (str. 16).
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

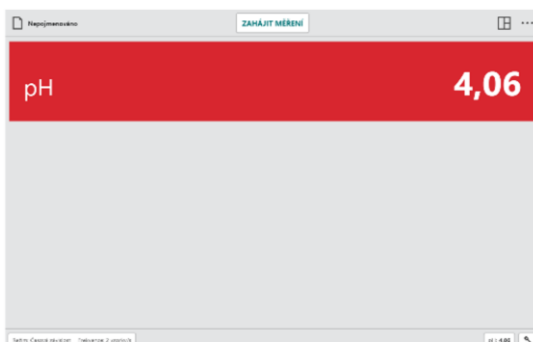
Měření pH je spojeno s pojmem „kyselost“ a svádí tak k dojmu, že pH lze odhadnout na základě chuťového vjemu – to, co je kyselé, přece naše chuťové buňky jasně rozpoznají. Cílem experimentu je ukázat, že na odhad kyselosti dle chuti se nelze spoléhat, protože kyselý vjem se dá potlačit například pomocí 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. 16).
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

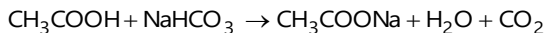
Pomůcky

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.

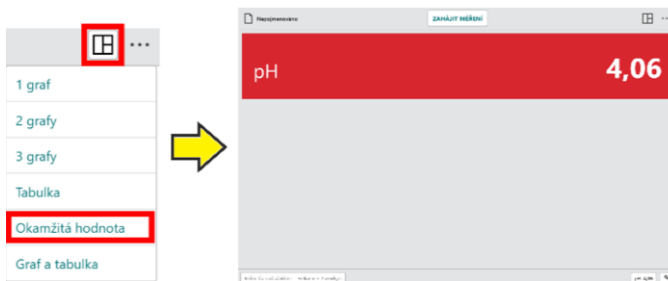


Příprava měření

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



2. Spust'te aplikaci Graphical Analysis a připojte čidlo (str. 16).
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.

Okyselování vody vlivem CO₂ (kyselé deště)

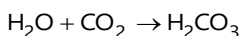


Pomůcky

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 uhličitě:



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. 16).
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

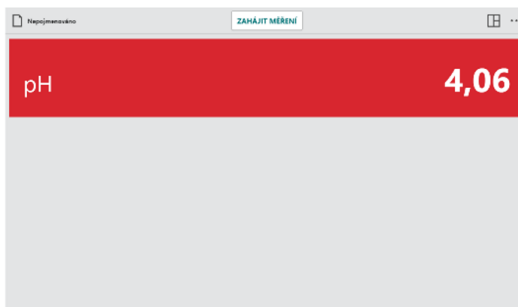
Při rozpouštění CO_2 do vody (při sycení nápojů) část CO_2 reaguje s molekulami vody za vzniku kyseliny uhličitě (H_2CO_3). Důsledkem je pokles pH takto sycených nápojů. Cílem měření je ukázat, že sycená varianta balené vody je kyselejší než varianta nesycená.

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. 16).
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 nádobky 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.



Dýchání semen hrachu

Pomůcky

Bezdrátové čidlo koncentrace oxidu uhličitého Vernier GDX-CO₂, plastová nádobka (dodává se spolu s čidlem), sklenice pro namáčení hrachu, hrách (přibližně 250 g).



Teorie

Zatímco suchá semena hrachu nevyvíjejí téměř žádnou biologickou aktivitu, po jejich namočení dojde k „aktivaci“ – semena se připravují na klíčení a začnou dýchat (spotřebovávají kyslík a produkují oxid uhličitý).

Příprava měření

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte čidlo (str. 16).
2. Klikněte na aktuální hodnotu koncentrace CO₂ vpravo dole a za *Jednotky* zvolte %.
3. Klikněte na pole *Režim, Frekvence* v levém dolním rohu (obrázek níže), nastavte dobu měření na 300 sekund a potvrďte tlačítkem *Hotovo*.



4. Pomocí plastové nádobky odměřte dvě porce hrachu o objemu přibližně 150 ml. K odměření lze použít nádobku dodávanou spolu s čidlem – je opatřena stupnicí.
5. Jednu porci přesypte do sklenice a zalijte ji vodou, druhou porci ponechte suchou v plastové nádobce.



Provedení experimentu

1. Do plastové nádobky se suchým hrachem vložte čidlo oxidu uhličitého (obrázek vpravo).
2. Tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spustíte záznam dat.
3. Po uplynutí doby měření čidlo z nádobky vyjměte a suchý hrách z ní vysypte (můžete jej uchovat pro pozdější použití).
4. Z namáčeného hrachu slijte vodu a přesypte ho do plastové nádobky místo hrachu suchého.



- Čidlo znovu vložte do nádoby a tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** opět spusťte záznam dat.
- Vyčkejte do ukončení měření. Pro zobrazení obou měřených závislostí do jednoho grafu klikněte během měření na popisek svislé osy *Koncentrace CO₂* a zvolte *Zobrazit vše*.

Koncentrace CO₂ (%)

Koncentrace CO₂ (%)

Datové řady

Zobrazit vše

Datová řada 1

Datová řada 2

Ukázka naměřených dat

Čas (s)	Koncentrace CO ₂ (%) - hrách namočený na 5 minut ve vodě	Koncentrace CO ₂ (%) - suchý hrách
0	0,045	0,045
50	0,055	0,048
100	0,065	0,049
150	0,078	0,050
200	0,090	0,050
250	0,102	0,050
300	0,115	0,050

Závěr

Zatímco u suchých semen nebyly zaznamenány žádné známky biologické aktivity, po namočení semena začala produkovat oxid uhličitý vlivem probíhajícího dýchání.

Poznámka

Čidlo oxidu uhličitého měří koncentraci tohoto plynu ve vzduchu, není určeno pro měření v kapalinách! Dejte pozor, aby do čidla nevnikla voda.

www.vernier.cz/kucharka

61



Produkce CO_2 v klidu a při cvičení

Pomůcky

Čidlo koncentrace oxidu uhličitého ve vzduchu Vernier GDX- CO_2 , větrák.

Teorie

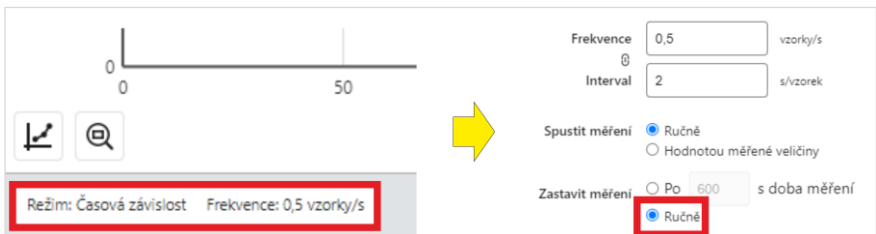
Při dýchání přijímáme ze vzduchu molekuly kyslíku O_2 a vydechujeme molekuly oxidu uhličitého CO_2 , které jsou odpadním produktem našeho metabolismu.

Při fyzické námaze se zvyšuje rychlost metabolismu ve svalech – roste tak spotřeba kyslíku a také množství odpadního oxidu uhličitého, kterého se tělo musí zbavit vydechováním. Pokud v místnosti zavřeme dveře a okna, vydechovaný oxid uhličitý se bude hromadit a čidlo ukáže jeho narůstající koncentraci.

Cílem experimentu je porovnat rychlost produkce oxidu uhličitého v klidu a při cvičení.

Příprava experimentu

1. Čidlo umístěte do rohu místnosti tak, aby v jeho bezprostřední blízkosti během měření nikdo nebyl.
2. Směrem k čidlu namiřte ze vzdálenosti přibližně jeden až dva metry zapnutý větrák, který podpoří cirkulaci vzduchu.
3. Důkladně vyvětrejte místnost, ve které bude experiment probíhat.
4. Spustte aplikaci Graphical Analysis a připojte čidlo (str. 16).
5. Klikněte na pole *Režim*, *Frekvence* v levém dolním rohu a zvolte *Zastavit měření: Ručně*. Potvrďte tlačítkem *HOTOVO*.



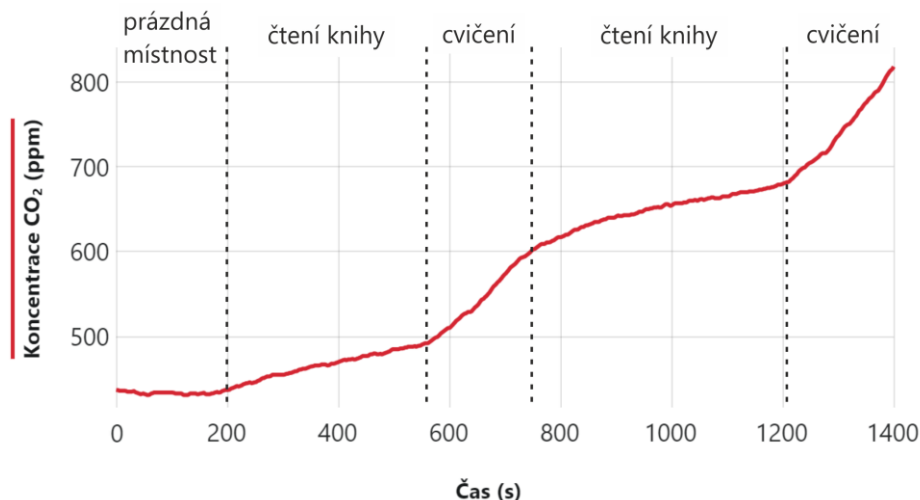
6. Požádejte žáky, aby zavřeli všechna okna a opustili místnost.

Provedení experimentu

1. Tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spustte záznam dat.
2. Opustte třídu a zavřete za sebou dveře.
3. Počkejte na chodbě za dveřmi přibližně 3 minuty. Během této doby bude měření probíhat v prázdné místnosti (bez lidí).
4. Po třech minutách se do místnosti se žáky vraťte a zavřete za sebou dveře.

5. Nechte žáky, aby se posadili a přibližně pět minut zůstali fyzicky v klidu.
6. Po pěti minutách vyzvěte žáky k několikaminutové fyzické aktivitě (dřepy, kliky).
7. Kroky 5 a 6 můžete několikrát zopakovat.
8. Ukončete měření tlačítkem ZASTAVIT.
9. Nyní už můžete okna opět otevřít.

Ukázka naměřených dat



Závěr

Při měření v prázdné místnosti je koncentrace oxidu uhličitého konstantní (drobné výkyvy mohou být způsobeny homogenizací vzduchu po opuštění místnosti).

V přítomnosti lidí koncentrace oxidu uhličitého narůstá – a to i když jen sedí a čtou.

Během cvičení je růst koncentrace oxidu uhličitého podstatně strmější.

Poznámky

- Výraznějších výsledků dosáhnete tehdy, když během experimentu bude co nejvíce lidí v co nejmenší místnosti.
- Aktivitu můžete provádět paralelně k běžné výuce, kterou pouze jednou nebo dvakrát přerušíte, aby si žáci na několik minut zacvičili.
- Pokud je v učebně nainstalovaná vzduchotechnika s nuceným řízeným větráním, je třeba ji po dobu experimentu vypnout.



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.

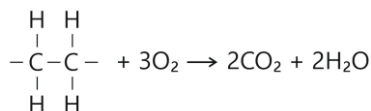
Námi použitá nádoba byla plastová a měla rozměry 17 cm × 23 cm × 20 cm, lze použít i skleněnou nádobu a přikrýt ji sklem nebo kovem. V takovém případě nepotřebujete alobal.

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.

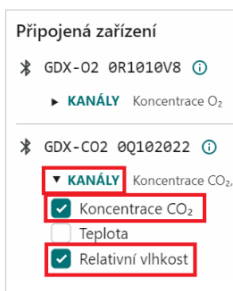
Cílem experimentu je ukázat, že při hoření se spotřebovává kyslík a vzniká oxid uhličitý a také voda ve formě vodní páry (zvýší se relativní vlhkost vzduchu).

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

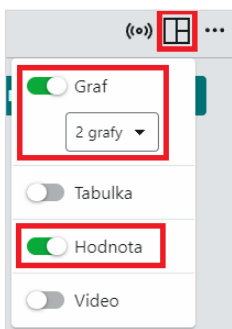


Příprava měření

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte obě čidla (str. 16). 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*.

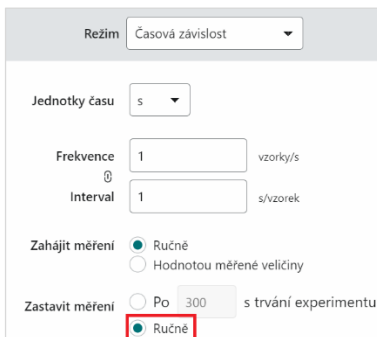


3. Kliknutím na *název svislé osy* v grafu upravte zobrazení tak, aby v jednom grafu byla pouze koncentrace O₂, ve druhém koncentrace CO₂. Veličina *relativní vlhkost* se v grafu zobrazovat nebude, postačí její okamžitá hodnota zobrazená na displeji.

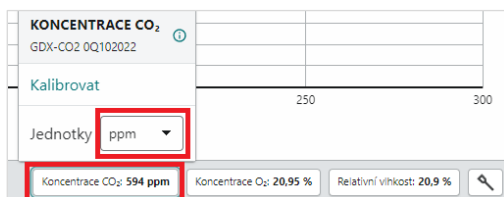
Kliknutím na *barevné kolečko* při úpravě zobrazení lze nastavit i barvu čar v grafu.



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.

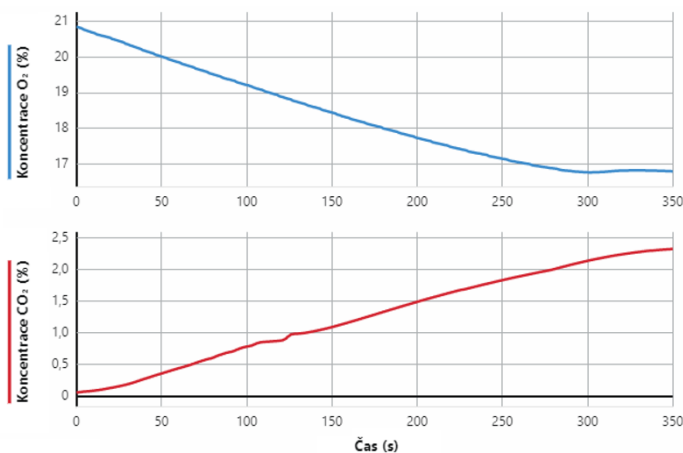


5. Experiment nechtejte probíhat do té doby, než svíčka sama zhasne – to nastane obvykle už tehdy, když je koncentrace O_2 kolem 16 %, tedy mnohem dříve, než možná leckdo čeká.

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.



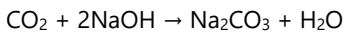
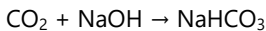
Absorpce CO₂ do roztoku NaOH

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).

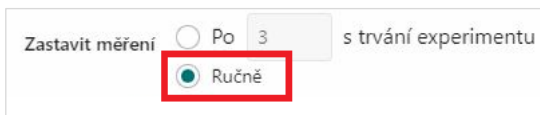
Teorie

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

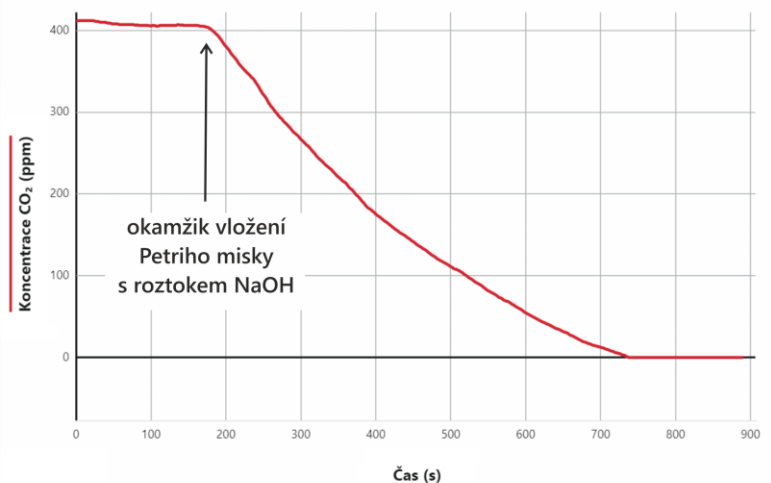
1. Zastrčte čidlo GDX-CO₂ do jednoho z otvorů. Druhý otvor je určen na O₂ čidlo v biologických experimentech. Nyní je třeba jej neprodyšně uzavřít, například přelepit izolepou nebo ucpat igelitovým sáčkem. Můžete použít i čidlo GDX-O₂ nebo druhé GDX-CO₂, máte-li je.
2. Do Petriho misky nalijte vodu a 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. 16).
4. Klepněte na pole *Režim*, *Frekvence* vlevo dole a nastavte *Zastavit měření: Ručně*.



Provedení experimentu

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 částíček vzduchu.



Kolik kyslíku spotřebujeme při dýchání?

Pomůcky

Bezdrátové čidlo koncentrace kyslíku Vernier GDX-O2, mikrotenový sáček.

Teorie

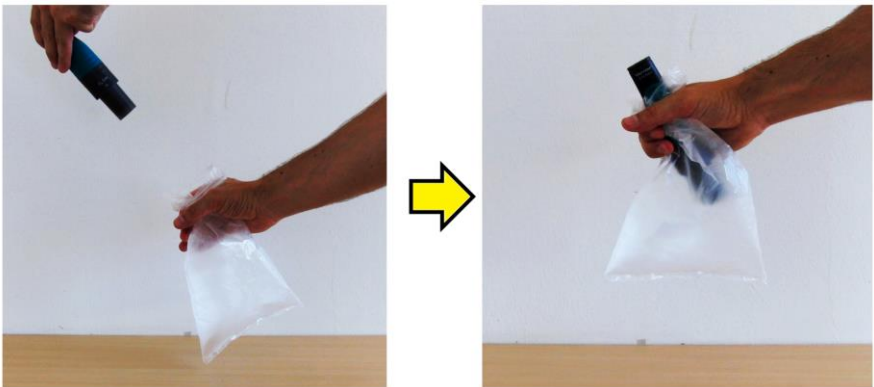
Vzduch kolem nás obsahuje přibližně 78 % dusíku, 21 % kyslíku a malé množství dalších plynů. Při dýchání se vzduch dostane do plic, kde část kyslíku přejde do krevního řečiště. Experiment ukáže, že vzduch vydechovaný z plic obsahuje skutečně méně kyslíku než vzduch nadechovaný, ale koncentrace je i tak dostatečná pro umělé dýchání z plic do plic při první pomoci.

Příprava měření

Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojte čidlo (str. 16).

Provedení experimentu

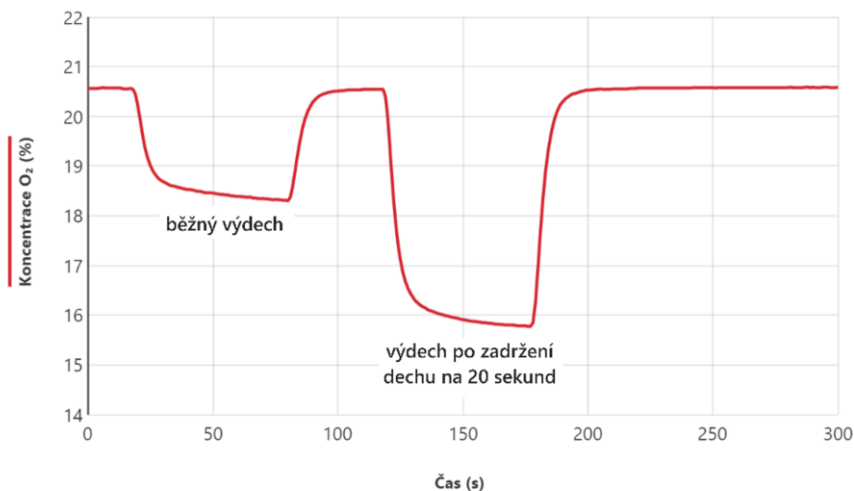
1. Tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spustíte záznam dat.
2. Mikrotenový sáček „zmačkejte“, aby v něm nebyl žádný vzduch. Vydechněte do sáčku, vložte do něj konec čidla koncentrace kyslíku a sáček rukou uzavřete jako na obrázku níže.



3. Je třeba několik desítek sekund vyčkat na ustálení měřené hodnoty – jakmile se hodnota přestane výrazně měnit, vyjměte čidlo ze sáčku a znovu několik desítek sekund počkejte, než se měřená hodnota vrátí zpět na koncentraci v místnosti.
4. Nyní zadržte dech alespoň na 20 sekund a poté postup (kroky 2 a 3) zopakujte.

Ukázka naměřených dat

První pokles měřené koncentrace (v čase 20 až 80 sekund) odpovídá obyčejnému výdechu, druhý pokles (v čase 120 až 180 sekund) odpovídá výdechu po přibližně dvacetisekundovém zadržení dechu.



Závěr

Experiment ukázal, že ve vydechovaném vzduchu je koncentrace kyslíku znatelně nižší ve srovnání s nadechovaným vzduchem. Zatímco běžně naměříme koncentraci kyslíku mezi 20 a 21 %, ve vydechnutém vzduchu to bylo v našem případě už jen kolem 18 %, což je ale stále dostatečná koncentrace pro umělé dýchání z plic do plic.

Ještě méně kyslíku vydechujeme poté, co na nějakou dobu dech zadržíme. Během zadržení dechu totiž kyslík v plicích nadále prostupuje do krve. V našem ukázkovém měření klesla po zadržení dechu koncentrace na 16 % (konkrétní hodnota závisí na době zadržení dechu).

Poznámky

- Pokud budou experiment provádět žáci, doporučujeme hlídat, aby kvůli soutěživosti při zadržování dechu nepřecenili své možnosti a neudělalo se jim nevolno. V každém případě je nechte při tomto experimentu sedět.
- Přesnějších výsledků dosáhnete, pokud těsně před vydechnutím vyfouknete menší část vzduchu mimo sáček – jde o vzduch z prostoru průdušnice, kde se výměna plynů neodehrává (pouze tudy vzduch proudí do plic a z plic).
- Čidlo neslouží k měření ve vodě (dovnitř se nesmí dostat žádná kapalina).
- Čidlo je nutné skladovat ve svislé poloze, měřícím koncem dolů.



Fotosyntéza

Pomůcky

Bezdrátové čidlo koncentrace kyslíku Vernier GDX-O2, plastová nádobka dodávaná společně s čidlem, čerstvě utržené (nezvadlé) zelené listy rostlin.

Teorie

Fotosyntéza je složitý biochemický proces, který využívají rostliny k přeměně energie světelného záření na energii chemických vazeb – tato energie je pak ukládána v energeticky bohatých sloučeninách, jako jsou například sacharidy. Odpadním produktem je kyslík. Vedle fotosyntézy probíhá u rostlin také buněčné dýchání, při kterém se energie chemických vazeb uvolňuje oxidací (dochází ke spotřebě kyslíku).

Příprava měření

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte čidlo (str. 16).
2. Klikněte na pole *Režim*, *Frekvence* v levém dolním rohu, nastavte dobu měření na 1200 sekund a potvrďte tlačítkem *Hotovo*.



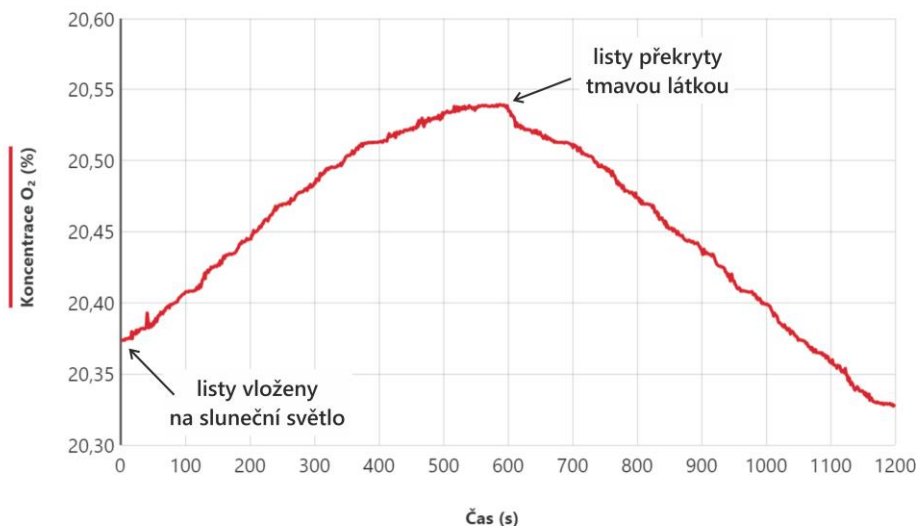
Provedení experimentu

1. Plastovou nádobku naplňte zelenými listy rostlin.
2. Tělem čidla kyslíku utěsněte hrdlo plastové nádobky (obrázek vpravo).
3. Umístěte nádobku tak, aby na ni dopadaly sluneční paprsky (nejlépe k oknu).
4. Tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spustíte záznam dat. Koncentrace kyslíku by se měla začít pozvolna zvyšovat.
5. Po deseti minutách měření zakryjte nádobku tmavou látkou tak, aby skrz ni naopak žádné světlo k listům nepronikalo. Znovu deset minut vyčkejte. Tentokrát by se měla koncentrace kyslíku snižovat.



Ukázka naměřených dat

Z naměřené křivky je patrné, že pokud na listy dopadá světlo, koncentrace kyslíku v nádobce se zvyšuje. Jakmile přístupu světla zamezíme, koncentrace kyslíku klesá.



Závěr

Dopadá-li na listy rostlin dostatek světla, produkce kyslíku při fotosyntéze převyší spotřebu kyslíku při buněčném dýchání – koncentrace kyslíku se pozvolna zvyšuje. Při nedostatku světla nestačí fotosyntéza nahrazovat kyslík spotřebovaný při buněčném dýchání, proto se koncentrace kyslíku v nádobě postupně snižuje.

Poznámky

- Vzorové měření bylo provedeno v létě při oblačné obloze. Při přímém dopadu slunečních paprsků je produkce kyslíku výrazně rychlejší. Při zcela zatažené obloze naopak experiment použitelné výsledky nedává.
- Při měření delším než několik minut je vhodné tělo čidla zakrýt (zastínit) tak, aby jej sluneční záření zbytečně nezahřívalo.
- Zakrývání a osvětlování vzorku lze několikrát po sobě zopakovat.
- Různé druhy rostlin v tomto experimentu mohou vykazovat odlišné chování, doporučujeme předem vyzkoušet, který vám dostupný druh bude vhodný.

Kyslík rozpuštěný ve vodě



Pomůcky

Čidlo koncentrace rozpuštěného kyslíku Vernier GDX-ODO, voda, vhodné nádoby (kádinka + větší nádoba na chlazení kádinky), rychlovarná konvice.

Teorie

Do vody přechází difuzí ze vzduchu kyslík a rozpouští se v ní. S rostoucí teplotou vody výrazně klesá maximální množství kyslíku, který se ve vodě může takto samovolně rozpustit.

V průběhu tohoto experimentu nejprve změříte koncentraci kyslíku rozpuštěného v kohoutkové vodě o pokojové teplotě. Vodu poté přivedete k varu a rychle zchladíte zpět na pokojovou teplotu. Měření ukáže, že koncentrace rozpuštěného kyslíku je po vaření a zchlazení výrazně nižší než před vařením.

Kyslík, jehož koncentrace při vyšší teplotě vody poklesne, difunduje zpět do vody ze vzduchu jen velmi pomalu. I když je tedy voda již opět studená, koncentrace kyslíku se nestačí zvýšit na původní úroveň.

Rozpustnost kyslíku ve vodě (tabulkové hodnoty)	
Teplota (°C)	Koncentrace (mg/litr)
0	14,6
10	11,3
20	9,1
30	7,6
40	6,4
50	5,6

Příprava měření

Čidlo GDX-ODO nekládejte do vody teplejší než 50 °C, došlo by ke zničení čidla!

1. Vyjměte čidlo koncentrace rozpuštěného kyslíku GDX-ODO ze skladovací nádoby (odsroubujte víčko, čidlo vytáhněte).



2. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a čidlo připojte (str. 16).
3. Klikněte na tlačítko  vpravo nahoře, zrušte zaškrtnutí u možnosti *Graf* a místo ní zaškrtněte možnost *Hodnota*.
4. Do kádinky nalijte přibližně 200 ml kohoutkové vody. Do větší nádoby, která bude později sloužit jako chladicí lázeň, nalijte studenou vodu.

Provedení experimentu

1. Vložte čidlo do kádinky s vodou, nechte asi 2 minuty ustálit a poznamenejte si naměřenou hodnotu koncentrace rozpuštěného kyslíku.
2. Vodu z kádinky přelijte do rychlovarné konvice a přiveďte ji k varu.
3. Horkou vodu přelijte zpět do kádinky a kádinku vložte do chladicí lázně. Jakmile je voda natolik zchlazená, že v ní bez potíží udržíte prst, vložte čidlo GDX-ODO.
4. Vyčkejte přibližně 2 minuty a měřenou hodnotu si opět poznamenejte.
5. Po dokončení měření opláchněte hlavici čidla vodou. Zkontrolujte, že zvlhčovací houbička na dně skladovací nádoby není vyschlá (případně do ní kápněte několik kapek vody). Hlavici čidla uložte zpět do skladovací nádoby.



Výsledky měření a tabulkové hodnoty

V našem vzorovém měření byla výchozí koncentrace rozpuštěného kyslíku 6,9 mg/litr. Po převaření a rychlém zchlazení vody klesla koncentrace kyslíku na 1,6 mg/litr.

Poznámka

Rostoucí teplota řek, moří, jezer a rybníků negativně ovlivňuje život ryb, raků a dalších vodních živočichů – teplejší voda je chudší na rozpuštěný kyslík.

Příprava CO₂ a zhasení svíčky nedostatkem kyslíku

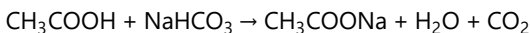


Pomůcky

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

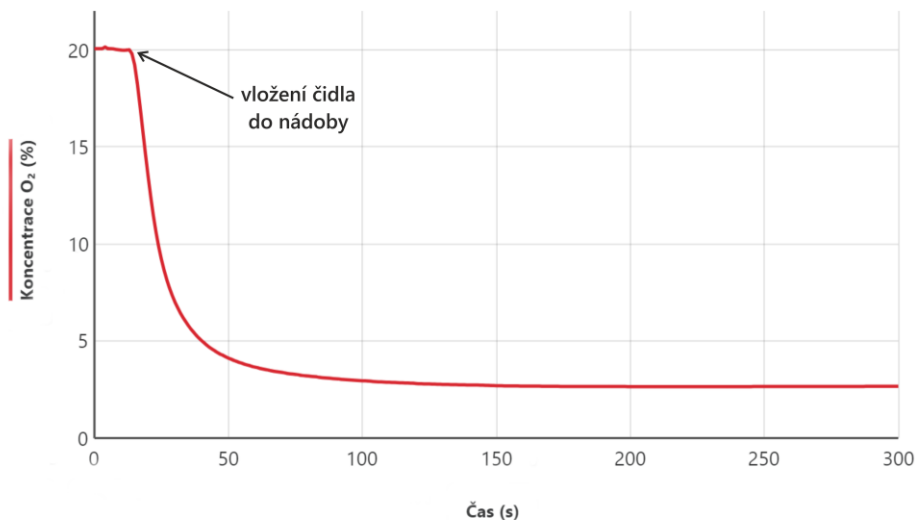
1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte čidlo (str. 16).
2. Do plastové nádobky nalijte trochu octa, max. do výšky 1 cm.

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. Zapaňte 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.

Změny tlaku při chemické reakci

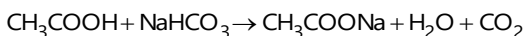


Pomůcky

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. 16).
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.



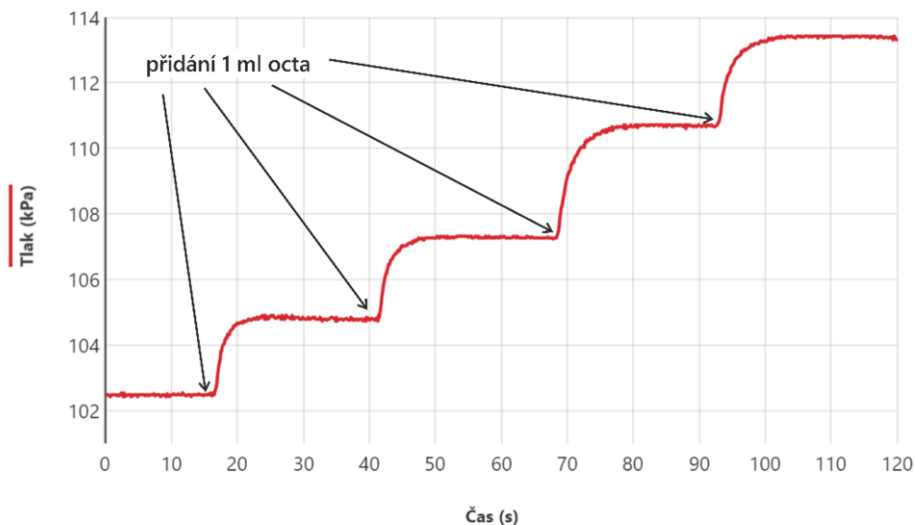
5. Klikněte na pole *Režim*, *Frekvence* v levém dolním rohu aplikace, nastavte dobu měření na 120 sekund a potvrďte tlačítkem *Hotovo*.



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 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. 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.

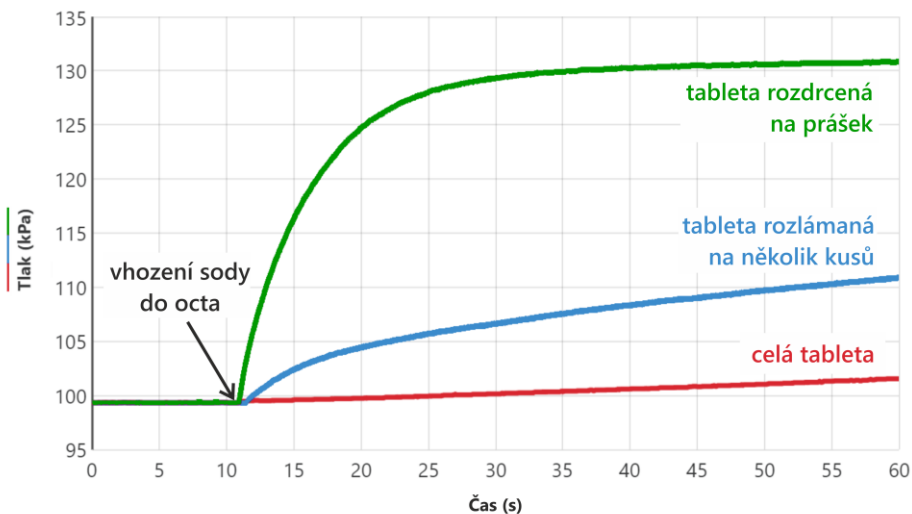


4. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte čidlo (str. 16).
5. Klikněte na pole *Režim, Frekvence* v levém dolním rohu aplikace, nastavte frekvenci měření na 10 vzorků za sekundu a dobu měření na 60 sekund. Potvrďte nastavení tlačítkem *Hotovo*.

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. 16).
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*.

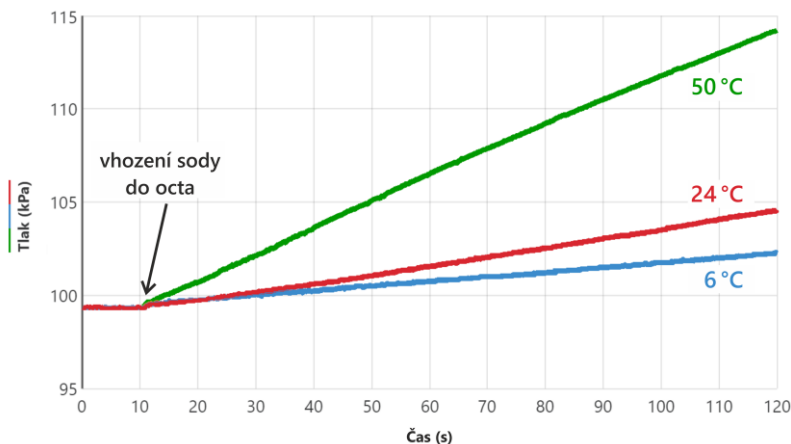


Provedení experimentu

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 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. 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 závitům v horní části gumové zátky, druhý konec přišroubujte k tlakovému čidlu.
5. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojte tlakové čidlo (str. 16).
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

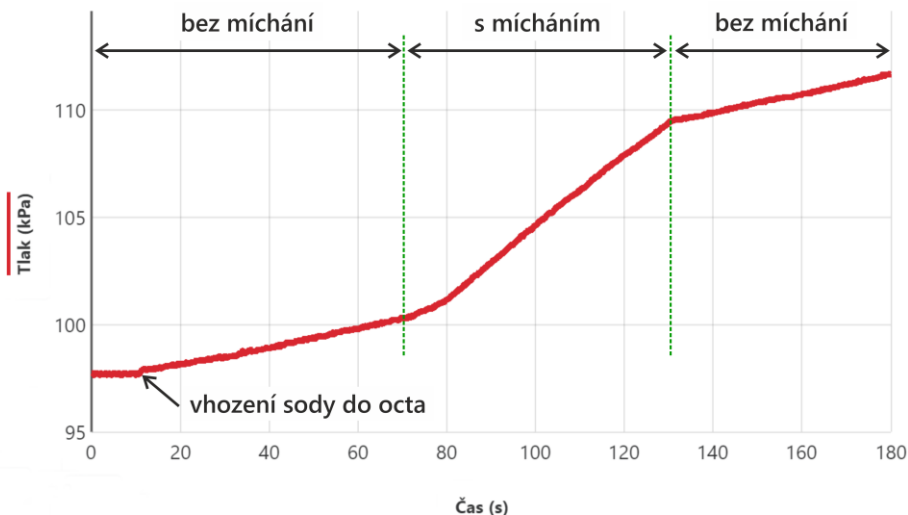
1. Magnetickou míchačku nechte prozatím vypnutou, tj. její otočný knoflík zůstane v poloze *off*.
2. Tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spustíte záznam dat. Po 10 sekundách měření vhodte do baňky jednu tabletu jedlé sody a baňku ihned zazátkujte.
3. Tabletů nechte reagovat s octem po dobu jedné minuty. Poté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



otočný knoflík
magnetické míchačky

4. Po další minutě (ve 130. sekundě měření) míchání vypněte a vyčkejte necelou zbývajících minutu, než se měření automaticky ukončí.
5. 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.



Vztlaková síla

Pomůcky

Siloměr Vernier GDX-FOR, váhy Ohaus OHSK-2202 (lze použít i jiné dostatečně citlivé váhy), dvě závaží shodných rozměrů, ale rozdílných hmotností (ve vzorovém experimentu jsme použili závaží vyrobená ze dvou stejných tub od vitamínů, které jsme naplnili různým počtem kovových matek a opatřili očky pro snadné zavěšení na háček siloměru), dvě nádoby (musí svými rozměry umožnit úplné ponoření závaží), stojan.



Teorie

Ponoříme-li těleso do kapaliny, je nadlehčováno vztlakovou silou $\vec{F}_{vz}$, jejíž velikost je dána Archimédovým zákonem:

$$F_{vz} = V \cdot \rho \cdot g$$

kde V je objem ponořené části tělesa, ρ hustota kapaliny a g tíhové zrychlení. Cílem experimentu je ukázat, že velikost vztlakové síly opravdu nezávisí na hmotnosti ponořeného objektu, ale pouze na objemu ponořené části.

Příprava měření

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte čidlo (str. 16).
2. Klikněte na tlačítko  vpravo nahoře a vyberte *Okamžitá hodnota*. Číselný údaj se zvětší na celou šířku obrazovky.
3. Siloměr upevníte do stojanu jako na obrázku vpravo. Než zavěsíte závaží na háček, klikněte na aktuální hodnotu síly (v aplikaci vpravo dole) a vyberte *Vynulovat*.

Provedení experimentu

1. Na úvod zvlášť zvažte obě závaží na vahách, údaje zapište na tabuli. Zeptejte se žáků, jaké hodnoty by ukázal siloměr, pokud bychom na něj závaží zavěsili.
2. Ověřte odpovědi žáků tím, že obě závaží jednotlivě zavěsíte na siloměr.
3. Nyní jedno ze závaží zavěste na siloměr tak, aby viselo celé uvnitř prázdné nádoby a nedotýkalo se dna ani stěn.



4. Začněte přilévat vodu (obrázek na protější straně) a sledujte změny měřených hodnot. Jakmile bude celé závaží ponořeno, poznamenejte si finální hodnotu síly.
5. Zopakujte kroky 3 a 4 pro druhé závaží.

Ukázka naměřených dat

	lehčí závaží	těžší závaží
hmotnost	78 g	142 g
síla naměřená na vzduchu (F_1)	0,77 N	1,41 N
síla naměřená po ponoření (F_2)	0,15 N	0,79 N
rozdíl naměřených sil ($F_1 - F_2$)	0,62 N	0,62 N

Závěr

Měření ukázalo, že síla, kterou je namáhán siloměr, se po ponoření do vody zmenšila v případě těžšího i lehčího závaží o stejnou hodnotu (zde 0,62 N). Jde o vztlakovou sílu, která obě závaží nadlehčuje – vzhledem k jejich stejnému objemu stejnou měrou.

Možné rozšíření experimentu: ZÁKON AKCE A REAKCE

Experiment lze propojit se zákonem akce a reakce. Ten říká, že působí-li první těleso na druhé silou, působí současně druhé těleso na první stejně velkou silou opačného směru. Pokud tedy voda nadlehčuje těleso vztlakovou silou mířící směrem nahoru, mělo by těleso působit na vodu opačným směrem, tedy dolů:

1. Na váhy postavte nádobu s vodou a měřený údaj vynulujte stiskem **TARE**.
2. Ponořte jedno ze závaží do vody tak, aby bylo celé ponořené pod hladinou, ale současně se nedotýkalo dna nádoby.
3. Sledujte, jak se změnil údaj na vahách. Měřený přírůstek hmotnosti by měl odpovídat naměřené vztlakové síle – síle 0,62 N odpovídá hmotnost přibližně 62 g.



Jestliže tedy voda působí na těleso vztlakovou silou směrem nahoru (jak jsme zjistili v hlavní části experimentu), působí těleso na vodu stejně velkou silou směrem dolů.

Zákonem akce a reakce (třetím Newtonovým zákonem) se přímo zabývá experiment s vozíky na str. 98.

Co unese lidský vlas?



Pomůcky

Siloměr Vernier GDX-FOR, izolepa, nůžky, špejle, několik dlouhých odstřižených vlasů.

Motivace

V mnoha bájích a pohádkách se vyskytuje mladá dívka uvězněná ve vysoké věži, k níž se nápadník dostane tak, že vyšplhá po jejích dlouhých vlasech. Je možné, aby vlasy unesly celého člověka? Kolik toho unese jeden lidský vlas?

Příprava měření – uchycení vlasu

Jelikož se vlas snadno přetrhne v místě ohybu, není vhodné jej k háčku siloměru pouze přivázat. Vlas by se totiž trhal v místě uzlíku.

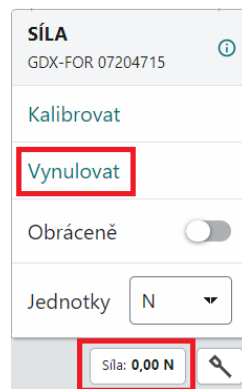
Osvědčilo se nám konec vlasu jednoduše namotat na háček a zafixovat kouskem izolepy jako na obrázku vpravo.

Podobně lze uchytit druhý konec vlasu ke špejli, aby se při trhání dobře držel.



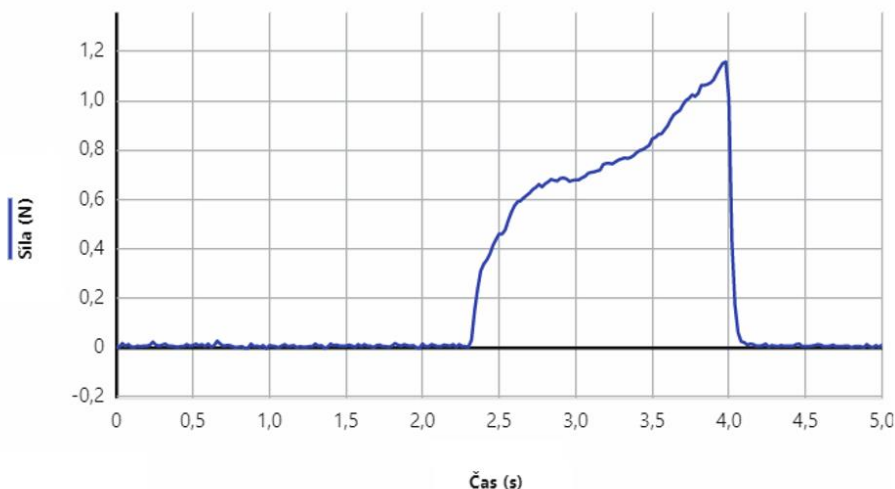
Provedení experimentu

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte siloměr (str. 16).
2. Položte siloměr s připevněným vlasem na stůl, klikněte na ukazatel aktuálně měřené síly v pravém dolním rohu obrazovky a vyberte položku *Vynulovat*.
3. Tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spustíte záznam dat.
4. Přidržte siloměr na desce stolu a postupným napínáním zvyšujte sílu působící na vlas, dokud se vlas nepřetrhne. Na provedení máte 5 sekund, což je přednastavený čas, po němž se měření samo ukončí – obvykle jde o dostatečný čas a je zbytečné toto přednastavení měnit.



Ukázka naměřených dat

Graf níže ukazuje postupný nárůst síly napínající vlas, přičemž v čase 4 s od začátku měření došlo k jeho přetržení. Mez pevnosti vlasu byla necelých 1,2 N.



Lidé mají na hlavě přibližně 100 000 vlasů. Velmi hrubým odhadem by tedy tyto vlasy mohly unést i několikatunové závaží.

Poznámky

- Měřením jsme zjišťovali pevnost ustríženého vlasu. Pokud by žáky zajímalo, jak dobře drží vlas na hlavě, mohou podobným způsobem změřit i sílu potřebnou k vytržení vlasu z folikulu.
Toto měření jsme také provedli. V našem případě stačilo k vytržení vlasu překonat sílu 0,5 N, tedy méně než polovinu meze pevnosti odstřiženého vlasu.
- Na YouTube se dají najít videa z cirkusových představení, ve kterých lidé visí ve vzduchu za svoje vlasy.
- Měření s vlasy od jedné osoby je vhodné několikrát zopakovat a jako výsledek použít nejčastější či průměrnou hodnotu. Pro každé měření použijte nový vlas, protože jednou napínaný vlas již může být poškozen.
- Zkuste změřit nosnost vlasů různých lidí a vypořovovat, na čem pevnost vlasů může záviset (barva, délka, pohlaví, kudrnatost, způsob ošetřování).



Stav beztlíže – měření se siloměrem

Pomůcky

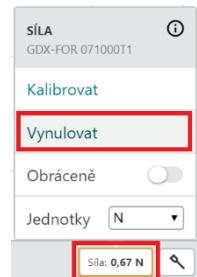
Čidlo síly a zrychlení Vernier GDX-FOR, svazek klíčů, měkká dopadová plocha (mikina, bublinková folie, polštář).

Teorie

Tíha je tlaková nebo tahová síla, kterou těleso působí na podložku nebo závěs. Tíhou tedy působí například stojící člověk na podlahu pod sebou nebo horolezec na napínané lano. Experimentem ukážeme, že během volného pádu je tíha tělesa nulová – těleso na své okolí tahovou ani tlakovou silou nepůsobí a je v tzv. beztlížném stavu.

Příprava měření

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte čidlo (str. 16).
2. Nechte čidlo ležet ve vodorovné poloze (tj. háčkem do boku), klikněte na aktuální hodnotu síly (vpravo dole) a vyberte *Vynulovat*.

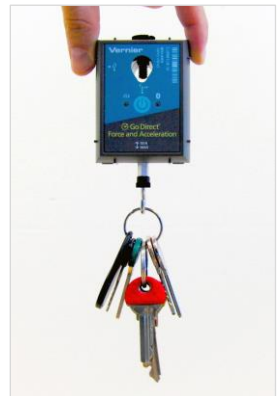


Upozornění

Při experimentu bude čidlo síly padat z výšky okolo 1,5 metru. Abyste čidlo ochránili před poškozením při dopadu, je nezbytné pro něj zajistit měkkou dopadovou plochu – posloužit může například smotaná mikina, několik vrstev bublinkové folie, polštář apod. Nikdy nenechte čidlo spadnout přímo na podlahu.

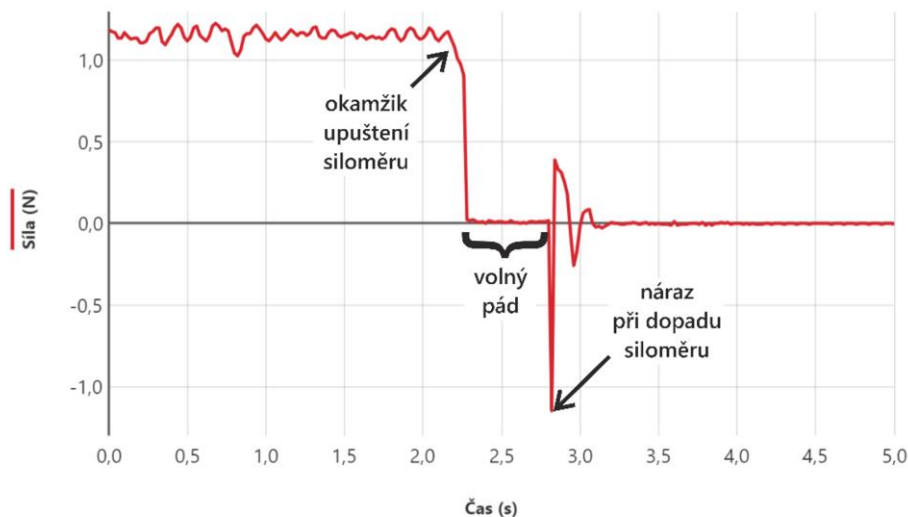
Provedení experimentu

1. Klíče zavěste na háček siloměru a siloměr zvedněte na natažené ruce před sebou jako na obrázku vpravo.
2. Tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spustíte záznam dat. Vyčkejte několik sekund, teprve poté nechte siloměr i se svazkem klíčů volně spadnout tak, aby dopadl na měkkou dopadovou plochu.



Ukázka naměřených dat

První dvě sekundy měření ukazují přibližně stálou sílu, kterou působí visící klíče na háček siloměru. Drobné kolísání hodnot je způsobeno třesem ruky a houpáním klíčů. V čase přibližně 2,3 sekundy byl siloměr i se svazkem klíčů upuštěn a v čase přibližně 2,8 sekundy došlo k nárazu na podložku.



Závěr

V časovém intervalu přibližně 2,3 až 2,8 sekundy se padající klíče pohybovaly volným pádem a síla, kterou působily na háček siloměru (tedy tíha), byla nulová. Klíče se po tuto dobu nacházely ve stavu beztlíže.

Poznámka

Z doby pádu lze dopočítat, z jaké výšky klíče padaly. Pro čas $t \doteq 0,5$ s (ve vzorovém experimentu) vychází výška $s = 0,5gt^2 \doteq 0,5 \cdot 9,8 \cdot 0,5^2 \text{ m} \doteq 1,2 \text{ m}$.



Statické a dynamické smykové tření

Pomůcky

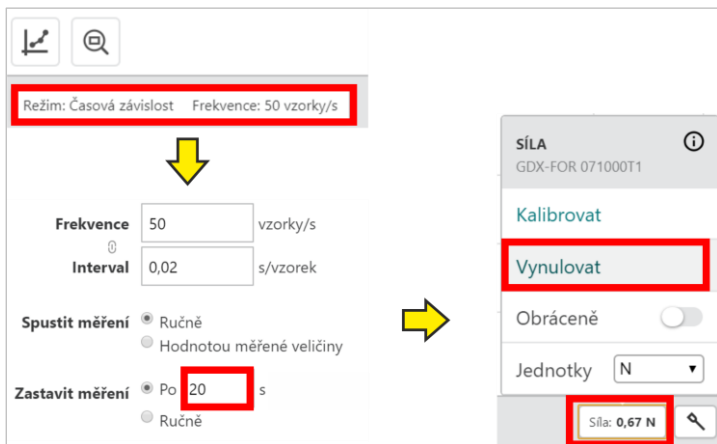
Čidlo síly a zrychlení Vernier GDX-FOR, nit nebo tenký provázek, tlustší kniha.

Teorie

Ke smykovému tření dochází při posouvání tělesa po podložce v důsledku drobných nerovností obou povrchů. Pokud je těleso vůči podložce v klidu, hovoříme o statickém smykovém tření, jakmile se pohybuje, jde o smykové tření dynamické. Při dynamickém tření jsou třecí síly menší než při tření statickém, což tento experiment ukáže.

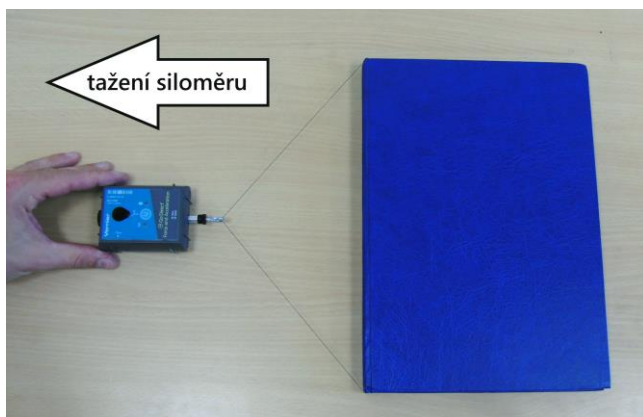
Příprava měření

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte čidlo (str. 16).
2. Klikněte na pole *Režim, Frekvence* v levém dolním rohu (obrázek níže vlevo), nastavte dobu měření na 20 sekund a potvrďte tlačítkem *Hotovo*.
3. Nechte čidlo ležet ve vodorovné poloze (tj. háčkem do boku), klikněte na aktuální hodnotu síly (která se zobrazuje vpravo dole) a vyberte *Vynulovat*.

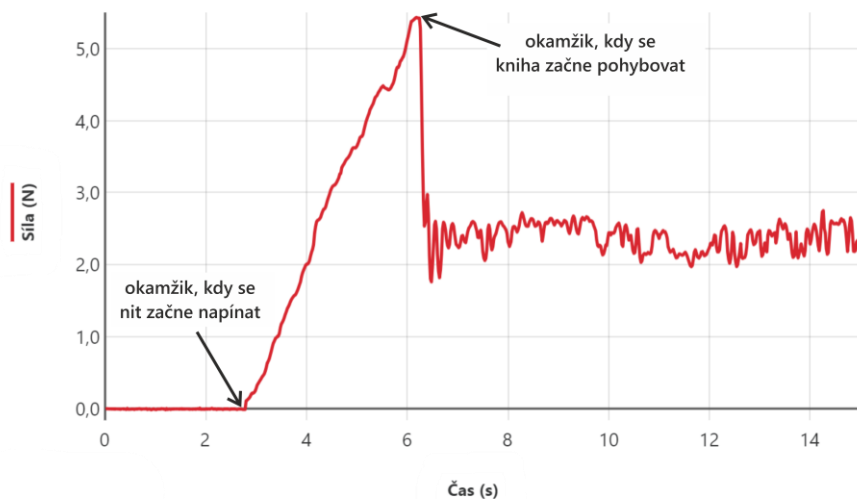


Provedení experimentu

1. Odmotejte kus nitě a vložte ji mezi stránky asi do poloviny tloušťky knihy. Konce nitě vyvedte ven a svažte je tak, aby vznikla smyčka (obrázek na protější straně).
2. Tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spustíte záznam dat. Háčkem siloměru zachyťte smyčku a postupně zvětšujte sílu, kterou za siloměr táhnete směrem od knihy.
3. Jakmile se kniha začne pohybovat, udržujte ji stálým tahem v rovnoměrném pohybu.
4. Po několika sekundách rovnoměrného tažení knihy ukončete měření tlačítkem **ZASTAVIT**.



Ukázka naměřených dat



Závěr

Z naměřeného grafu je patrné, že třecí síla, kterou bylo třeba překonat v okamžiku uvedení knihy do pohybu, dosahovala hodnoty přibližně 5,5 N, zatímco během rovnoměrného pohybu knihy (v čase 7 až 15 sekund) byly hodnoty síly v intervalu 2 až 3 N. Dynamické třecí síly jsou tedy slabší než třecí síly statické.

Poznámka

Pro úspěšné předvedení experimentu je zásadní rovnoměrnost tažení knihy, drobnému kolísání síly se ale nedá úplně vyhnout.



Tahová síla reaktivního motoru „rakety“

Pomůcky

Siloměr Vernier GDX-FOR, prázdná plastová lahev (suchá, objem 0,5 litru), víčko lahve s vyvrtaným otvorem (průměr otvoru přibližně 8 mm), technický líh, zápalky, izolepa.

Teorie

Cílem experimentu je proměření tahové síly, kterou je schopen vyvinout jednoduchý reaktivní motor. Tělo motoru představuje půllitrová plastová lahev, palivem jsou páry technického líhu.

Po zažehnutí motoru dochází uvnitř lahve k prudkému hoření lihových par. Produktem hoření jsou horké plyny (vodní pára a oxid uhličitý), které se rychle rozpínají a unikají otvorem ve víčku lahve. V důsledku 3. Newtonova zákona (akce a reakce) je lahev tlačena opačným směrem než unikající plyny. Pokud lahvi do cesty postavíme siloměr, můžeme změřit, jakou silou na něj lahev tlačí (tj. změříme časový průběh síly, kterou je tento reaktivní motor schopen vyvinout).

Příprava měření

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte čidlo (str. 16).
2. Klikněte na pole *Režim*, *Frekvence* v levém dolním rohu, nastavte frekvenci na 500 vzorků za sekundu a potvrďte tlačítkem *Hotovo*.



3. Siloměr upevníte ve vodorovné poloze (např. přilepte ke stolu izolepou).

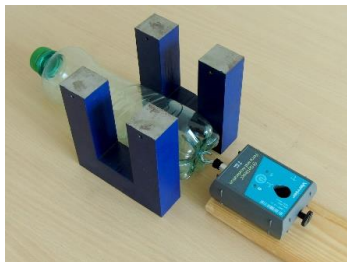
Předstartovní příprava „rakety“

1. Do lahve nalijte malé množství líhu (několik mililitrů) a víčko zašroubujte.
2. Nyní lahvi několikrát otočte tak, aby líh ulpěl na co největší vnitřní ploše láhve, ze které se bude moci odpařovat.
3. Přebytečný líh vylijte a osušte okolí otvoru ve víčku.



Provedení experimentu

1. Položte lahev na stůl tak, aby se nemohla vychýlit do strany a aby se její dno dotýkalo háčku siloměru. Ve vzorovém experimentu jsme k zajištění využili kovová jádra cívek.
2. Klikněte na aktuální hodnotu síly (zobrazuje se vpravo dole) a vyberte *Vynulovat*.
3. Škrtněte zápalkou a tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spusťte záznam dat.
4. Plamen zápalky přiblížte k otvoru ve víčku. V lahvi dojde k hoření lihových par.
5. Tlačítkem **ZASTAVIT** ukončete měření.



Ukázka naměřených dat



Závěr

Naměřená závislost ukazuje, že maximální velikost síly, již tlačila lahev na siloměr, se pohybovala kolem 5 N. Záporné znaménko značí, že jde o tlak (nikoli tah) na měřicí prvek siloměru. Reaktivní motor byl v chodu přibližně 0,2 sekundy.

Poznámky

- Při zážehávání lihových par se vždy s plamenem zápalky přibližujte k otvoru ve víčku zezdola nebo zboku, jinak hrozí riziko ožehnutí ruky. Nepoužívejte zapalovač. Pro větší pohodlí lze využít i dlouhé krbové zápalky nebo špejli.
- Lahev by měla být z pevnějšího plastu, bez výrazného zúžení po své délce.
- Zábrany minimalizující pohyb lahve do stran by ji neměly deformovat či svírat.
- Můžete se žáky vyzkoušet i víčka s jinými průměry otvorů.
- Při nízkých teplotách (venku v zimě) je problematické směs zapálit kvůli nízké tenzi lihových par. Zkuste lahev na chvíli zahřát pod bundou teplem svého těla.



Dráha, rychlost a zrychlení v grafech

Pomůcky

Vozík se zabudovanými čidly Vernier GDX-CART (vzorový experiment byl proveden se žlutým vozíkem, proto je za některými popisky zkratka *ŽLU*), dráha Vernier TRACK (vozík i dráha jsou součástí soupravy DTS-GDX).

Myšlenka experimentu

Cílem aktivity je rozvíjet porozumění kinematickým grafům, konkrétně prostřednictvím těchto grafů ilustrovat vztahy mezi dráhou, rychlostí a zrychlením jednoduchého pohybu. Navrhujeme zde jeden zcela konkrétní pohyb, na kterém lze názorně ukázat důsledky 1. a 2. Newtonova zákona (zákona setrvačnosti a zákona síly).

Příprava měření

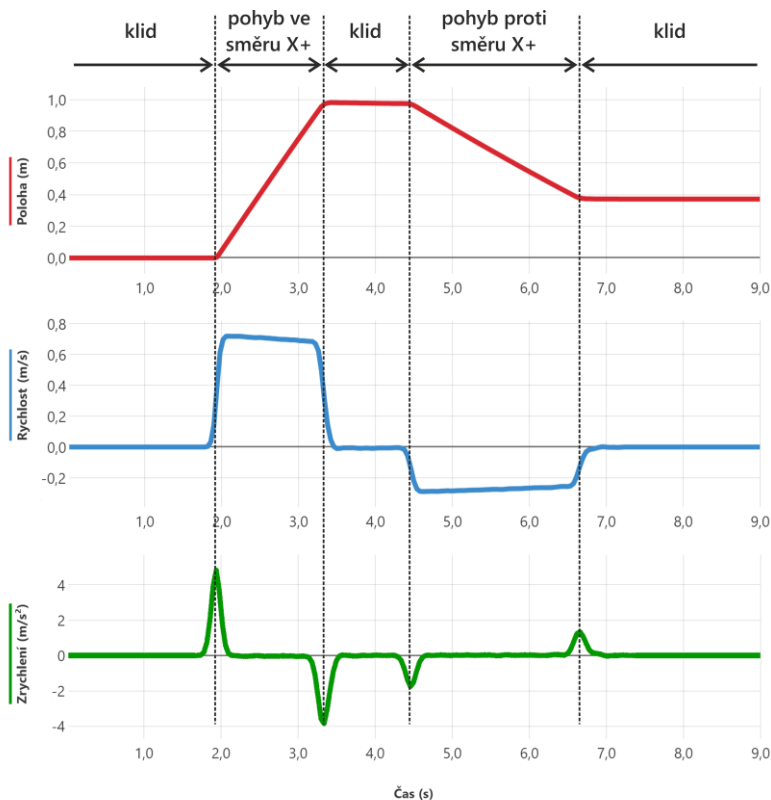
1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte vozík (str. 16).
2. Klikněte na tlačítko  vpravo nahoře a vyberte možnost *3 grafy*. Pod sebou se zobrazí grafy připravené pro měření polohy, rychlosti a zrychlení.
3. Vyzkoušejte fungování vozíku. Pokud vozík posouváte ve směru černé šipky popsané $X+$, roste číselná hodnota uvedená v políčku *Poloha* v pravém dolním rohu. Při pohybu proti směru šipky tento údaj naopak klesá.

4. Postavte vozík na jeden konec dráhy tak, aby černá šipka $X+$ směřovala do středu dráhy. Pomocí nastavitelných nožiček vyrovnejte dráhu tak, aby nedocházelo k samovolnému rozjíždění vozíku.
5. Klikněte na aktuální hodnotu polohy, která se zobrazuje v políčku vpravo dole, a vyberte možnost *Vynulovat*.

Provedení experimentu

1. Tlačítkem *ZAHÁJIT MĚŘENÍ* spustíte záznam dat.
2. Krátkým rychlým postrčením vyšlete vozík ve směru šipky $X+$. Na druhém konci dráhy vozík zachyťte a po krátké prodlevě (1-2 sekundy) ho vyšlete opačným směrem, tentokrát ale menší rychlostí. Před koncem dráhy vozík opět zachyťte.
3. Tlačítkem *ZASTAVIT* měření ukončete.
4. U každého grafu nastavte tlačítkem  automaticky měřítko.

Ukázka naměřených dat



Závěr

Z grafů lze vyčíst základní vztahy mezi dráhou, rychlostí a zrychlením:

- Pokud na těleso nepůsobí vnější síly, je jeho pohyb rovnoměrný a rychlost stálá. V klidu i při rovnoměrném pohybu je proto zrychlení nulové.
- Rychlost udává, jak rychle se mění poloha, a její znaménko závisí na směru pohybu.
- Působení většího zrychlení (po stejnou dobu) způsobí větší změnu rychlosti.

Poznámky

- Pokud se vozík pohybuje příliš pomalu, je patrnější jeho zpomalování během pohybu vlivem působení odporových a třecích sil – rychlost pak již není stálá.
- V případě potřeby můžete experiment zjednodušit vynecháním veličiny *zrychlení*, tedy zobrazením jen dvou grafů – *polohy* a *rychlosti*.



Třetí Newtonův zákon – zákon akce a reakce

Pomůcky

Souprava Vernier DTS-GDX (obsahuje vozíky se zabudovanými čidly, kovovou dráhu pro vozíky, pružné kruhové nárazníky, háčky a další příslušenství).

Teorie

Experiment ilustruje *třetí Newtonův zákon* známý také jako *zákon akce a reakce*.

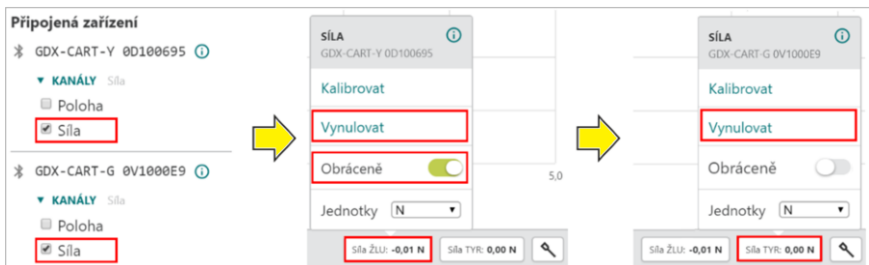
Působí-li jedno těleso na druhé silou, působí také druhé těleso na první stejně velkou silou opačného směru. Tyto síly společně vznikají a zanikají, ale neruší se, protože každá působí na jiné těleso.

Příprava měření

1. Na jeden z vozíků přišroubujte kovový háček, na druhý pružný kruhový nárazník.
2. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojte oba vozíky (str. 16). Během připojování rozklikněte u obou vozíků položku *Kanály* a zaškrtněte v obou případech pouze veličinu *Síla*.
3. Oba vozíky postavte do vzdálenosti několika centimetrů proti sobě tak, aby se samovolně nerozjízděly a háček jednoho vozíku mířil proti nárazníku druhého.



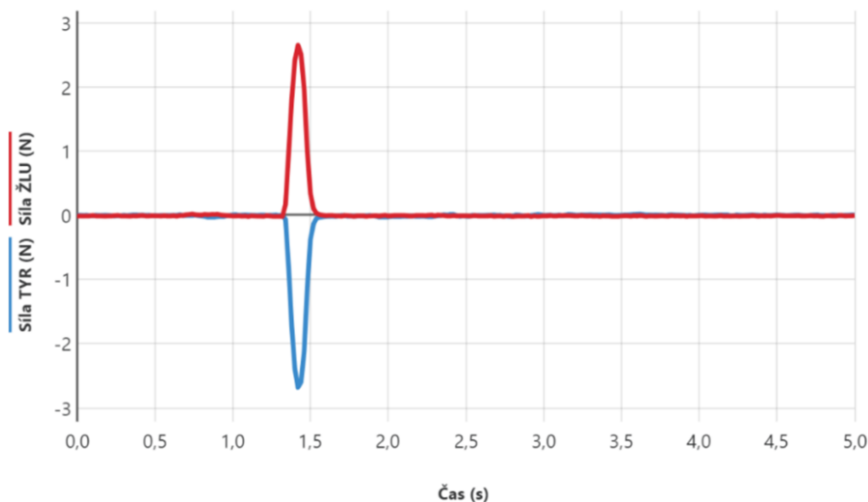
4. Postupně klikněte na obě políčka v pravém dolním rohu aplikace, která ukazují aktuální hodnoty síly, a pro obě zvolte možnost *Vynulovat*. Pro jedno z políček (nezáleží na tom, které to bude) zaškrtněte navíc také možnost *Obráceně*.



Provedení experimentu

1. Tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spustíte záznam dat a pošlete vozíky proti sobě, aby došlo k jejich srážce – přesněji ke srážce háčku a nárazníku. Buďte rychlí, doba měření je nastavena na 5 sekund.
2. Měření se po 5 sekundách ukončí, do grafu se zanesou dva naměřené průběhy síly.
3. Tlačítkem  automaticky nastavte vhodné měřítko grafu.
4. Experiment můžete opakovat při různých počátečních podmínkách – stačí síly znovu vynulovat a tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** odstartovat nový sběr dat.

Ukázka naměřených dat



Závěr

Je zřejmé, že na oba vozíky působí při srážce stejně velké síly, které současně vznikají i zanikají. Opačný směr sil je vyjádřen opačným znaménkem naměřených hodnot.

Poznámky

- Vyzkoušejte různé počáteční parametry experimentu – nechte například narazit vozík do stojícího vozíku nebo do vozíku jedoucího stejným směrem. Můžete také jeden z vozíků zatížit závažím, což ilustruje srážku těžkého automobilu s lehkým automobilem. Sada DTS-GDX obsahuje 4 kusy závaží po 125 g.
- Protože vozíky nejsou na dráze postavené ve stejném směru, zajistíte zaškrtnutím tlačítka *Obráceně* u jednoho z nich, aby oba měřily ve stejné vztahné soustavě.



Princip airbagu

Pomůcky

Vozík se zabudovanými čidly Vernier GDX-CART (vzorový experiment byl proveden se žlutým vozíkem, proto je za některými popisky zkratka **ŽLU**), dráha Vernier TRACK, zarážka na okraj dráhy, dva pružné kruhové nárazníky s různou tuhostí (obruče), háček. Vybavení je součástí soupravy DTS-GDX.



Teorie

Při náhlém zastavení tělesa, například po nárazu do překážky, dochází k prudkému poklesu hybnosti až na nulovou hodnotu (zastavení). Pokud by působila po dobu Δt konstantní brzdná síla F , vedlo by to ke změně hybnosti $\Delta p = F\Delta t$.

Ze vztahu zjednodušeně řečeno vyplývá, že chceme-li při prudkém zpomalení minimalizovat působící síly, musíme zajistit, aby brzdění bylo rozloženo do co nejdelší doby. Ve skutečnosti brzděné síly po celou dobu nárazu konstantní nejsou, jak je vidět i v tomto experimentu, ale to na principu nic nemění.

Roli prostředku pro rozkládání síly do delšího času (a tím snižování maximální hodnoty působící síly) plní například v automobilu airbagy nebo u horolezců dynamická lana.

Příprava měření

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte vozík (str. 16). Během připojování rozklikněte položku *Kanály*, zrušte zaškrtnutí veličiny *Poloha* a zaškrtněte veličinu *Síla* (v tomto pořadí).
2. Klikněte na políčko v pravém dolním rohu aplikace, které ukazuje aktuální hodnoty síly, a zaškrtněte možnost *Obráceně*, aby hodnoty síly v tlaku byly kladné.

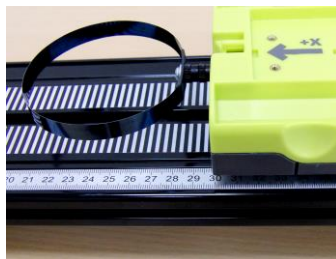


3. Klikněte na pole *Režim, Frekvence* v levém dolním rohu aplikace, nastavte frekvenci měření na 200 vzorků za sekundu a potvrďte tlačítkem *Hotovo*.
4. Na jednom konci připevněte k dráze Vernier TRACK zarážku, na druhém konci dráhu podložte, aby se směrem k zarážce pozvolna svažovala – aby nebyl náraz vozíku příliš prudký, doporučujeme podložit do výšky max. 5 cm.

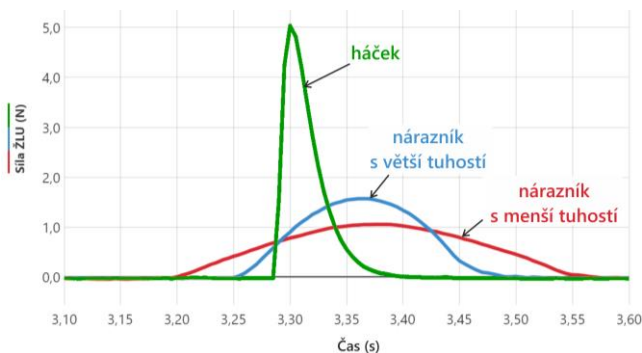


Provedení experimentu

1. K vozíku přišroubujte jeden z nárazníků (obruči).
2. Vozík podržte na dráze asi 30 cm od zářáčky tak, aby nárazník směřoval k zářácce. V tomto stavu klikněte na aktuální hodnotu síly vpravo dole a zvolte *Vynulovat*.
3. Tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spustíte záznam dat a cca po 2 sekundách nechte vozík sjet po dráze dolů. Po odrazu od zářáčky vozík zachyťte a vyčkejte do konce měření.
4. Kroky 2 a 3 zopakujte pro druhý nárazník a také pro háček dodávaný s vozíkem.
5. Pro zobrazení všech naměřených závislostí do jednoho grafu klikněte kdykoli (i během měření) na popisek svislé osy *Síla* a zvolte *Zobrazit vše*. Vhodné měřítko grafu nastavte tlačítkem nebo tlačítkem a poté volbou *Změnit nastavení grafu*.



Ukázka naměřených dat



Závěr

Během nárazů, které jsou více rozloženy v čase, dosahuje síla menších maximálních hodnot (5 N u háčku, 1 N pro nárazník s menší tuhostí, tedy ten pružnější).

Poznámky

- Výhodné je pracovat ve dvojici – jedna osoba obsluhuje pomůcky, druhá aplikaci.
- Nárazníky lze použít i při větším sklonu dráhy. Při měření s háčkem, kdy působí větší síly, ale dodržujte doporučený sklon dráhy i výšku, ze které vozík vypouštíte, aby náraz nebyl příliš prudký.



Periodický děj – kmitání závaží na pružině

Pomůcky

Čidlo polohy a pohybu Vernier GDX-MD, pružina, závaží, stojan na pružinu.

Teorie

Je-li závaží zavěšené na pružině v klidu, setrvává v tzv. rovnovážné poloze. Pokud závaží vychýlíme mírným natažením pružiny, začne kmitat kolem rovnovážné polohy.

Příprava měření

1. Na stojan zavěste pružinu se závažím. Čidlo pohybu umístěte svisle pod zavěšené závaží mřížkou vzhůru (obrázek vpravo).
2. Zkusmo závaží zlehka rozkmitejte a zajistěte, aby ve spodní poloze bylo alespoň 25 cm od čidla.
3. Spustte aplikaci Graphical Analysis a připojte čidlo (str. 16).
4. Se závažím nehybně visícím v rovnovážné poloze klikněte na aktuální hodnotu polohy (která se zobrazuje vpravo dole) a vyberte *Vynulovat*.
5. Klikněte na tlačítko  vpravo nahoře a vyberte možnost *2 grafy*. Pracovní plocha programu pod sebe zobrazí grafy závislosti polohy i rychlosti na čase.



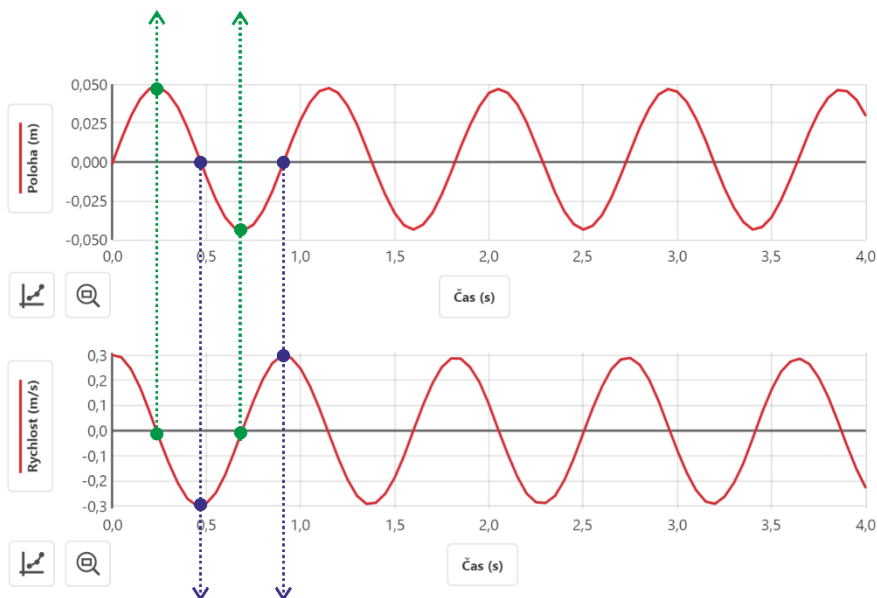
Provedení experimentu

1. Pružinu natáhněte o 2 až 3 cm, uvolněte a nechte závaží kmitat.
2. Tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spustte záznam dat a vyčkejte do konce měření.

Ukázka naměřených dat

Grafy ukazují současně časový vývoj aktuální výchylky závaží a jeho aktuální rychlosti.

maximální výchylka v jednom i druhém směru → nulová rychlost



nulová výchylka → maximální velikost rychlosti v obou směrech

Závěr

Experiment ukazuje, že časová závislost aktuální výchylky i aktuální rychlosti závaží je popsána sinusoidou (jde o tzv. harmonické kmitání).

V nejvyšší i nejnižší poloze je výchylka závaží maximální, závaží se zde musí zastavit, a proto je zde jeho rychlost nulová (v grafu vyznačeno zelenými šipkami).

Při průchodu závaží rovnovážnou polohou je naopak jeho rychlost maximální (v grafu vyznačeno modrými šipkami).

Poznámky

- Počáteční natažení pružiny může být poměrně malé, stačí např. 3 cm. Při větších vychýleních hrozí, že se závaží rozkývá do stran a měření bude zkresleno.
- Volte takovou kombinaci závaží a pružiny, aby bylo kmitání „rozumně“ rychlé, ideálně s kitem ne kratším než 0,5 sekundy (ve vzorovém experimentu to bylo přibližně 0,9 sekundy). Pro velmi rychlé kmity se měření stává méně přesným.



Ohmův zákon

Pomůcky

Bezdrátový ampérmetr Vernier GDX-CUR, 4 stejné monočlánky typu AA („tužkové baterie“) nebo AAA, rezistor 100 Ω , vodiče, izolepa, soubor **ohmuv-zakon.ambl**, který si předem stáhnete z www.vernier.cz/27.

Teorie

Pokud ke koncům vodiče (drátu, rezistoru) připojíme zdroj stejnosměrného elektrického napětí U , začne vodičem procházet stejnosměrný elektrický proud I . Procházející proud je přímo úměrný napětí na zdroji – tato skutečnost se označuje jako Ohmův zákon.

Příprava zdroje napětí

Jako zdroj stejnosměrného napětí poslouží 4 monočlánky (baterie) typu AA nebo AAA. Jednotlivé články k sobě přiložte jejich opačnými póly („plus na minus“) a přitlačte na sebe tak, aby byl zajištěn vodivý kontakt. Nakonec je obtočte izolepou.



Příprava měření

1. Přepínač na těle ampérmetru posuňte vpravo, do polohy ± 1 A (obr. níže vlevo).
2. K ampérmetru připojte rezistor o odporu 100 Ω podle obrázku níže, zdroj napětí nechte zatím odpojený.
3. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojte čidlo (str. 16).

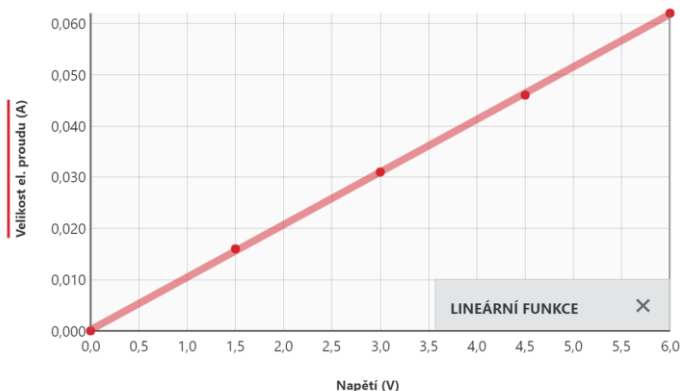


4. V levém horním rohu klikněte na *Nepojmenováno* → *Otevřít* a otevřete soubor **ohmuv-zakon.ambl**, který si předem stáhnete z www.vernier.cz/27.
5. Klikněte na aktuální hodnotu proudu (zobrazuje se vpravo dole) a zvolte *Vynulovat*.
6. Tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spusťte záznam dat.

Provedení experimentu

1. Přiložte konce vodičů k pólům zdroje. Jakmile se hodnota proudu na displeji vpravo dole ustálí, klikněte na tlačítko **ZACHOVAT** pro zaznamenání aktuální hodnoty proudu. Do okna, které se objeví, запиšte celkové napětí na baterii. Napětí na každém samostatném článku je zhruba 1,5 V. Celkově pro 4 články vychází napětí 6 V, запиšte tedy číslo 6. Potvrďte kliknutím na tlačítko *Zachovat hodnotu*.
2. Jeden z článků odlepte a zopakujte předcházející krok postupu se třemi, dvěma a nakonec pouze s jediným monočlánkem (tj. postupně s 4,5 V, 3 V a 1,5 V).
3. Nakonec spojte volné konce vodičů k sobě (tj. uzavřete obvod bez baterie), klikněte na tlačítko **ZACHOVAT** a zadejte hodnotu napětí 0.
4. Měření ukončíte stiskem tlačítka **ZASTAVIT**.
5. Klikněte na tlačítko  vlevo dole, vyberte *Proložit hodnoty zvolenou funkcí* a proložte naměřená data přímkou (lineární funkcí).

Ukázka naměřených dat



Závěr

Proud procházející vodičem je přímo úměrný napětí připojeného zdroje.

Poznámky

- Pokud po připojení zdroje napětí proud obvodem neprochází, zkontrolujte, že se jednotlivé monočlánky dotýkají, případně je více přitiskněte k sobě.
- Monočlánky musí být stejné a nové, nebo stejnou měrou opotřeбенé.



Elektromagnetická indukce

Pomůcky

Bezdrátový ampérmetr Vernier GDX-CUR, delší vodič, magnet, izolepa.

Teorie

Změna magnetického pole vyvolává ve vodiči elektrické napětí a v uzavřeném vodiči též elektrický proud. Tento jev (elektromagnetická indukce) je jedním ze základních způsobů výroby elektrické energie v elektrárnách. V tomto experimentu si vyzkoušíte, jak lze pohybem magnetu (tj. změnou magnetického pole) vytvořit ve vodiči elektrický proud.



Příprava měření

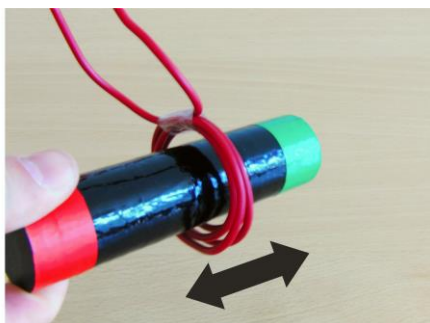
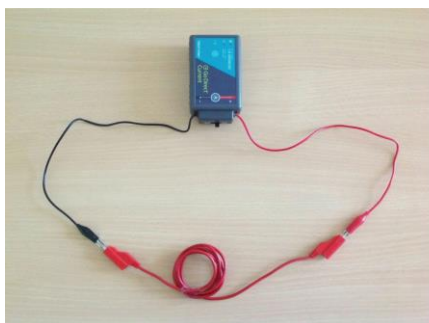
1. Mechanický přepínač na těle čidla posuňte do polohy ± 1 A (obrázek vpravo), spusťte aplikaci Graphical Analysis a připojte čidlo (str. 16).
2. Klikněte na pole *Režim*, *Frekvence* v levém dolním rohu, nastavte frekvenci na 100 vzorků za sekundu a zvolte ruční zastavení měření. Potvrďte tlačítkem *Hotovo*.



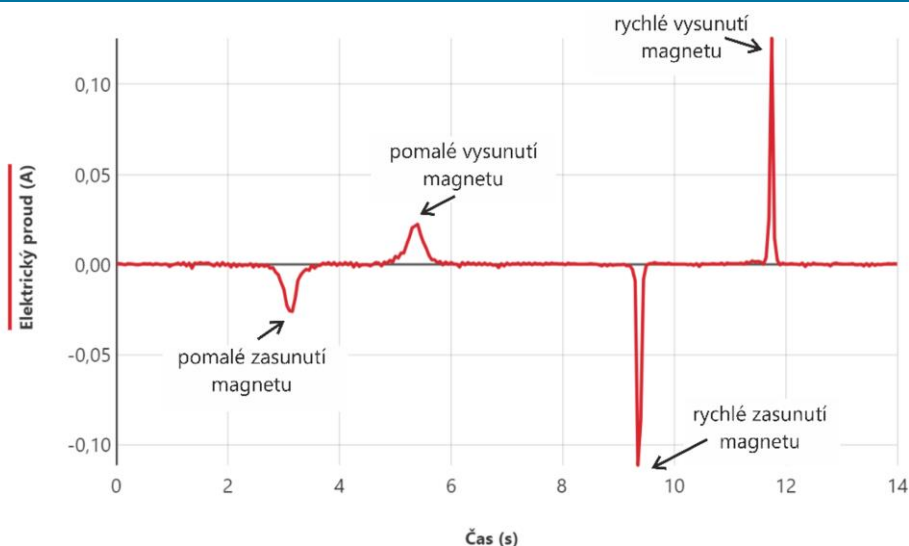
3. Klikněte na aktuální hodnotu proudu (zobrazuje se v pravém dolním rohu aplikace) a zvolte *Vynulovat*.

Provedení experimentu

1. Na vodiči vytvořte několik závitů, můžete je fixovat izolepou, aby se nerozplétaly. Konce vodiče připojte ke krokodýlkům ampérmetru (obr. na protější straně vlevo).
2. Tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spusťte záznam dat. Magnet pozvolným pohybem zasuněte do smyčky a záhy jej pozvolna vysuňte (obr. na protější straně vpravo).
3. Totéž opakujte ještě jednou, ale tentokrát rychlými pohyby magnetu.
4. Měření ukončete tlačítkem **ZASTAVIT**.



Ukázka naměřených dat



Závěr

Měření ukazuje, že při rychlejšímu pohybu magnetu se v závitěch indukuje větší proud (ale na kratší dobu). Současně je vidět, že proud vznikající při zasouvání magnetu do dutiny závitů má opačnou polaritu než proud vznikající při vysouvání.

Poznámka

Experiment můžete vyzkoušet v mnoha dalších podobách: se silnějším či slabším magnetem, při různém natočení jeho pólů, s různým počtem závitů, můžete místo magnetem pohybovat vodičem apod.

Lidské tělo v elektrickém obvodu



Pomůcky

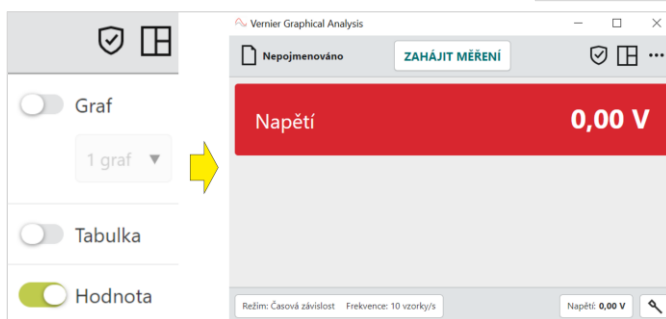
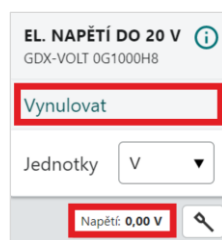
Voltmetr Vernier GDX-VOLT, plochá baterie, mikrotenový sáček.

Teorie

Lidské tělo je elektricky vodivé a může se stát součástí elektrického obvodu – elektrina tak může být životu nebezpečná. Pro bezpečnou demonstraci využijeme v tomto experimentu plochou baterii (4,5 V) a voltmetr, který zapojíme do obvodu sériově. Když takto zapojený voltmetr (který před měřením vynulujeme) ukazuje nenulové napětí, znamená to, že jím protéká malý elektrický proud (v řádu μA). Naopak pokud ukazuje voltmetr napětí nulové, žádný proud jím neprotéká.

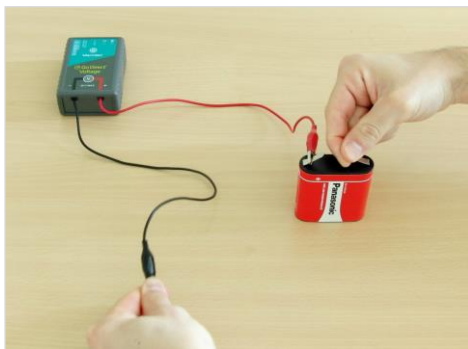
Příprava měření

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte čidlo (str. 16).
2. Pokud je měřená hodnota napětí (zobrazuje se vpravo dole) nenulová, klikněte na ni a zvolte *Vynulovat*.
3. Klikněte na tlačítko  vpravo nahoře, zrušte zaškrtnutí u položky *Graf* a zaškrtněte položku *Hodnota*.



Provedení experimentu

1. Změřte voltmetrem napětí na ploché baterii a hodnotu si poznamenejte.
2. Nyní připojte do obvodu sebe – jednou rukou držte vývod baterie, druhou rukou chytněte jeden z vývodů voltmetru dle obrázku na protější straně. Opět zaznamenejte měřenou hodnotu.
3. Vyzkoušejte, jak se měřené hodnoty změní, pokud se vývodem voltmetru budete místo druhé ruky dotýkat čela, vlasů nebo vývod uchopíte přes mikrotenový sáček.



Ukázka naměřených hodnot

způsob zapojení člověka do elektrického obvodu	napětí (V)
pouze baterie, bez člověka (tzv. napětí „naprázdno“)	4,6
ruka – ruha	4,1
ruka – rameno	3,7
ruka – čelo	3,6
ruka – vlasy	3,0
ruka – ruha v mikrotenovém sáčku (izolant)	0,0

Závěr

Voltmetr při zapojení člověka do obvodu ukazoval nenulové napětí – voltmetrem (a tedy i lidským tělem) procházel elektrický proud. Mikrotenový sáček, jímž jsme ruku obalili, fungoval při takto nízkém napětí jako izolant. **Je vhodné žáky upozornit, že při vyšším napětí mikrotenový sáček jako izolant už dostatečně fungovat nemusí.**

Poznámky

- Pot lidského těla se chová jako elektrolyt, tělo pak při dotyku s vodiči tvoří galvanický článek, který svým napětím ovlivňuje měřené hodnoty.
- Měřené hodnoty mohou značně kolísat v závislosti na vlhkosti pokožky a na kvalitě kontaktu mezi vodiči a pokožkou.
- Vliv na měření má i „šoupání“ nohama o zem (generuje se tak statický náboj).
- Hezkou „třešničkou na závěr“ je spojit žáky ve třídě sériově za sebe (chytnou se za ruce) a zapojit je do obvodu všechny najednou. Vyzvěte pak dva konkrétní žáky, aby se rozpojili a zvedli ruce nad hlavu – měřená hodnota klesne na nulu.

Citronová „baterie“ (galvanický článek)



Pomůcky

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

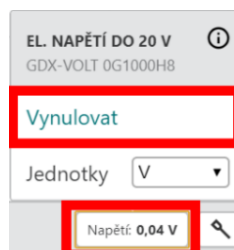
Teorie

V galvanických člancích vzniká elektrické napětí mezi dvěma různými kovy (elektrodami), které jsou umístěné 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.



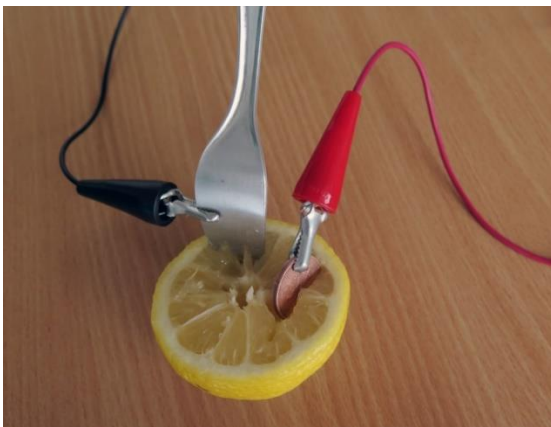
Příprava měření

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte čidlo (str. 16).
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 rozkrojte 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.



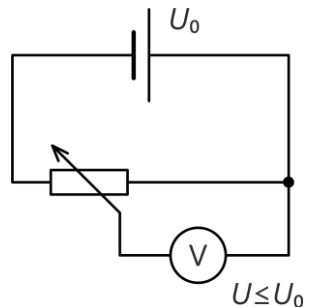
Dělič napětí vyrobený pomocí papíru a měkké tuhy

Pomůcky

Voltmetr Vernier GDX-VOLT, plochá baterie (4,5 V), vodiče, krokosvorky, tužka s měkkou tuhou, papír, pravítko.

Teorie

Reostat (nastavitelný rezistor) bývá obvykle realizován pomocí drátu navinutého na válec, přičemž drátu se lze v libovolném místě dotýkat posuvným jezdcem. Je-li reostat zapojen podle schématu na obrázku vpravo (jako tzv. dělič napětí), umožňuje odebírat menší napětí (U), než které je na reostat přiváděno vnějším zdrojem, například plochou baterií (U_0). Napětí U lze jezdcem plynule regulovat od 0 do maximální hodnoty U_0 .



V tomto experimentu místo drátu použijeme jinou vodivou cestu – grafitovou čáru nakreslenou na papír pomocí tužky s měkkou tuhou.

Příprava měření

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte voltmetr (str. 16).
2. Vpravo nahoře klikněte na tlačítko  pro nastavení zobrazování, zrušte zaškrtnutí u možnosti *Graf* a místo ní zaškrtněte možnost *Hodnota*.
3. Na delší stranu papíru (A4 nebo A3) narýsujte pomocí měkké tuhy čáru od jednoho konce papíru k druhému. Několikrát tento krok zopakujte tak, aby čáry splynuly a vytvořily několik milimetrů široký grafitový pruh.

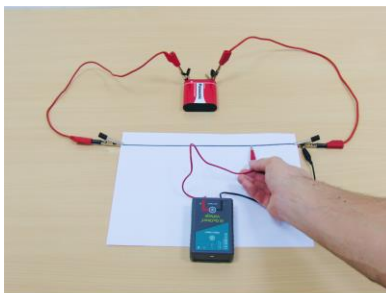
Provedení experimentu

1. Voltmetrem nejdříve proměřte napětí baterie (ve vzorovém experimentu to bylo 4,7 V).
2. Pomocí krokosverek připojte baterii ke grafitové čáře podle obrázku vpravo.
3. Na vodič připojený k zápornému pólu baterie připojte černý vývod voltmetru. Červený vývod ponechte zatím volný – bude představovat pohyblivý jezdec.
4. Nejdříve se jezdcem (červeným vývodem voltmetru) dotkněte černého vývodu a zkontrolujte, že měřená hodnota je 0 V.
5. Nyní jezdcem posunujte po čáře směrem od černého vývodu a sledujte měřenou hodnotu napětí.

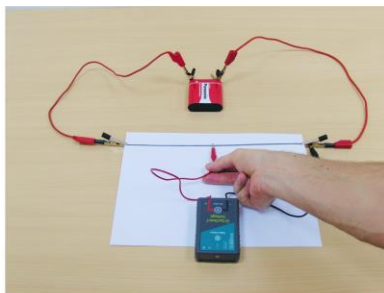


Ukázka naměřených dat

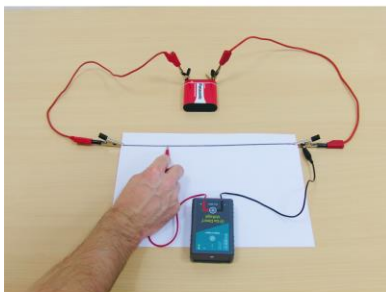
Při posouvání jezdce hodnota měřeného napětí postupně roste. Pokud je grafitová čára nanесena rovnoměrně (její odpor se v různých částech příliš neliší), je nárůst napětí přibližně lineární. To naznačuje i ukázka ze vzorového měření, kde byly zaznamenány hodnoty napětí naměřené v $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ a $\frac{3}{4}$ délky čáry.



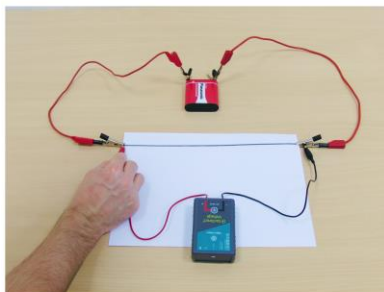
$\frac{1}{4}$ délky čáry: $U = 1,1 \text{ V}$



$\frac{1}{2}$ délky čáry: $U = 2,3 \text{ V}$



$\frac{3}{4}$ délky čáry: $U = 3,7 \text{ V}$



celá čára: $U = 4,7 \text{ V}$

Závěr

Experiment ukazuje, jak lze pomocí děliče napětí získat libovolné napětí od 0 až po maximální hodnotu napětí připojeného zdroje.

Poznámky

- Osvědčila se měkká tužka o tvrdosti 1.
- Pro kvantitativní závěry (například že v polovině délky čáry ukáže voltmetr přibližně polovinu napětí baterie) je nutné, aby byla vrstva grafitu na papíře rozložena stejnoměrně (aby se neobjevovala méně a více „začerněná“ místa).
- Při předvádění experimentu lze papír, voltmetr i baterii přilepit (například izolepou) svisle na tabuli, aby na vše žáci dobře viděli.



Nabíjení třením (triboelektrická řada)

Pomůcky

Detektor náboje Vernier GDX-Q, plechovka, izolační podložka pod plechovku (např. polystyren), plastové brčko, papírový kapesník, teflonová pečicí folie.

Teorie

Při vzájemném tření předmětů ze dvou různých materiálů může docházet k uvolňování povrchových elektronů. Materiál, který elektrony uvolnil, se třením nabije kladně, druhý materiál (který elektrony přijme) se nabije záporně. Zda se konkrétní předmět nabije kladně, nebo záporně, lze odhadnout z tzv. triboelektrické řady, ve které jsou materiály seřazeny podle ochoty uvolňovat při tření elektrony.

Některé materiály v triboelektrické řadě:

(+) sklo – vlasy – vlna – **papír** – bavlna – polystyren – PET – PE – **PP** – PVC – **teflon** (–)

Cílem experimentu je ukázat, že daný materiál se může třením nabít jak kladně, tak záporně, a to podle toho, s jakým dalším materiálem přijde do kontaktu. Například plastové brčko z polypropylenu (PP) se při tření papírovým kapesníkem nabíjí záporně, ale při tření teflonovou folií se nabíjí kladně (papír je v řadě vlevo od PP, teflon vpravo).

Příprava měření

1. Pomocí BNC konektoru připojte k tělu čidla sondu na měření náboje.



2. Postavte na izolační podložku plechovku, na kterou budete přenášet náboj z brčka. K plechovce připojte červený vývod čidla.
3. Černý vývod čidla uzemněte připojením k ochrannému kolíku zásuvky, ke kovové konstrukci lavice nebo k topení.
4. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a čidlo připojte (str. 16).



5. Vpravo nahoře klikněte na tlačítko  pro nastavení zobrazování, zrušte zaškrtnutí u možnosti *Graf* a místo ní zaškrtněte možnost *Hodnota*.

Provedení experimentu

1. Několikasekundovým stiskem šedého tlačítka na těle čidla vynulujte aktuálně měřenou hodnotu náboje. Počítejte s tím, že náboj velmi snadno vzniká na lidském těle i v jeho okolí, proto nebude čidlo ani nyní ukazovat čistě nulovou hodnotu, spíše půjde o oscilování kolem nuly.
2. Několik sekund třete brčko papírovým kapesníkem. Poté brčko po celé jeho délce otřete o hranu plechovky. Několikrát tento krok zopakujte. Hodnotu a znaménko naměřeného náboje si poznamenejte.
3. Stiskem šedého tlačítka čidlo vybijte (hodnota detekovaného náboje se vynuluje) a krok 2 zopakujte, ale místo papírového kapesníku použijte teflonovou folii.



Výsledky měření

Při použití papírového kapesníku naměří čidlo na brčku (resp. plechovce) záporný náboj, při použití teflonové folie bude na brčku (resp. plechovce) náboj kladný.

Závěr

Experiment ukazuje, že jeden materiál je možné nabít třením jak kladně, tak záporně. Záleží jen na konkrétní dvojici materiálů, které se o sebe třou.

Poznámky

- Při nabíjení vzájemným otíráním uchopte konec brčka pevně prsty jedné ruky. Brčko vložte mezi papír či teflonovou fólii, pevně stiskněte prsty druhé ruky a brčko vytáhněte. Tím dojde k vzájemnému tření a vytrhávání povrchových elektronů.
- Teflonovou folii lze koupit za přibližně 100 Kč v kuchyňských potřebách, kde se prodává jako opakovatelně použitelná pečicí podložka. Pro experiment postačí malá část zakoupené folie, zbytek můžete využít k jejímu původnímu účelu.
- Namísto brčka můžete využít instalatérskou odpadní trubku, která se také vyrábí z polypropylenu. Náboj předaný při dotyku plechovky bude výrazně větší.
- Po nabití plechovky můžete sledovat, jak dochází vlivem vzdušné vlhkosti k postupnému vybíjení plechovky.
- Vývody detektoru náboje jsou poměrně krátké, v případě potřeby je lze prodloužit („nastavit“) běžnými vodiči.
- Můžete zkusit i jiné kombinace materiálů.

Elektrická vodivost kapalin



Pomůcky

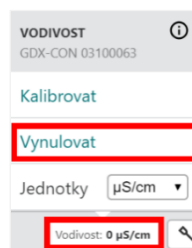
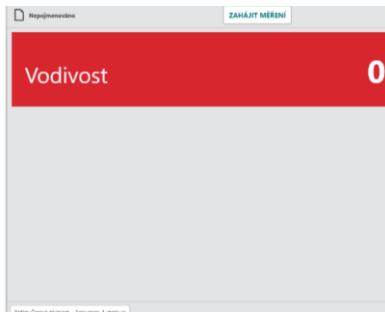
Konduktometr Vernier GDX-CON, 4 skleničky, kuchyňská sůl, destilovaná voda, voda z kohoutku, minerální voda, stříčka s destilovanou vodou na oplachování čidla.

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. 16).
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

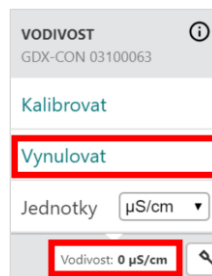
Schopnost kapalin vést elektrický proud charakterizuje veličina *měrná elektrická vodivost* (*konduktivita*). Jednotkou je siemens na metr, v praxi se ale často používá mikrosiemens na centimetr ($\mu\text{S}/\text{cm}$). Čím větší je naměřená hodnota, tím lépe kapalina vede elektrický proud.



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 připojte čidlo (str. 16).
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.



Vitální kapacita plic

Pomůcky

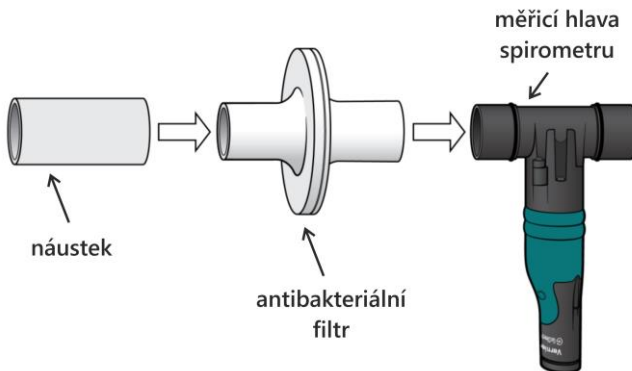
Spirometr Vernier GDX-SPR, příslušenství dodávané se spirometrem.

Teorie

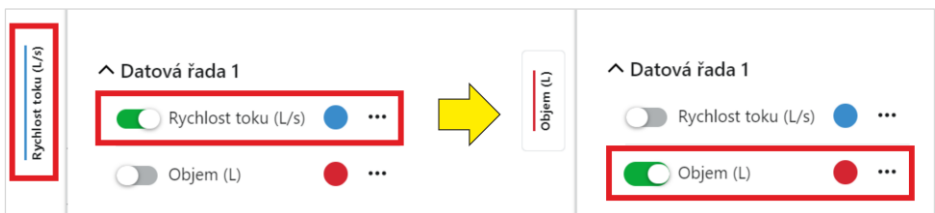
Vitální kapacita plic označuje maximální množství vzduchu, které je člověk schopen vydechnout po největším možném nádechu. Jde o jedno ze základních měřitek, která popisují funkčnost plic. U žen se typické hodnoty vitální kapacity plic pohybují v rozmezí 3–4 litry, u mužů jsou zhruba o 1 litr vyšší. Hodnoty jsou nicméně individuální a závisí také na tělesné stavbě, věku či fyzické kondici a trénovanosti jedince.

Příprava měření

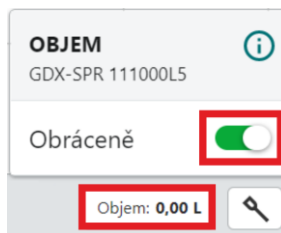
1. Připravte spirometr k měření. Ze strany, která je označena nápisem INLET, nasuňte na měřicí hlavu spirometru antibakteriální filtr a na něj pak papírový náustek.



2. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte čidlo (str. 16).
3. Klikněte na tlačítko  vpravo nahoře a vyberte *Graf* → *1 graf*.
4. Klikněte na popisek svislé osy, zrušte zaškrtnutí u položky *Rychlost toku* a zaškrtněte položku *Objem*.



5. Nakonec klikněte na aktuální hodnotu objemu, která se zobrazuje vpravo dole, a zaškrtněte možnost *Obráceně* – objem vydechnutého vzduchu se tak bude v grafu zobrazovat s kladným znaménkem.

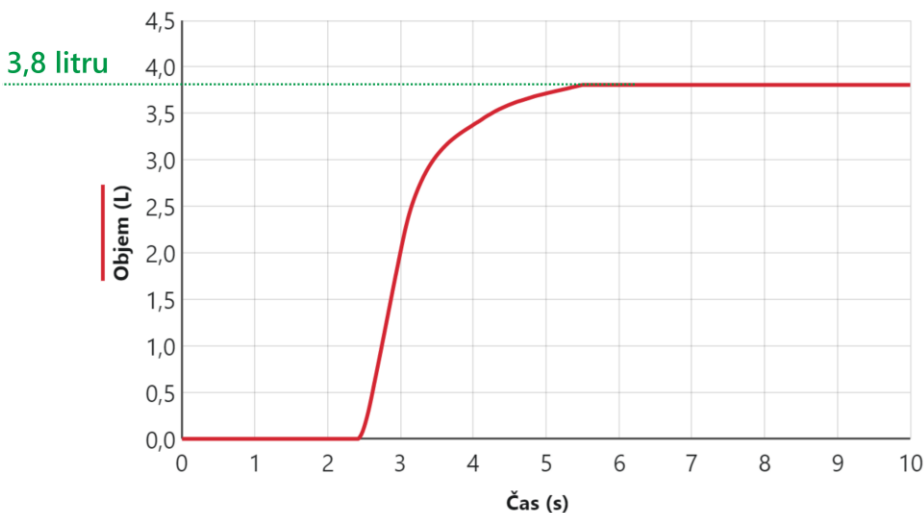


Provedení experimentu

1. Měřenou osobu nechte vsedě v klidu rozdýchat.
2. Tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spustíte záznam dat.
3. Vyzvěte měřenou osobu, aby se maximálně nadechla a poté do náustku vydechla co největší množství vzduchu.

Ukázka naměřených dat a závěr

V grafu odpovídá vitální kapacitě plic maximální hodnota, na které došlo k ustálení měřeného objemu. V našem vzorovém měření je to přibližně 3,8 litru.



Poznámka

Je vhodné, aby měření prováděly dvě osoby – jedna je proměřována, zatímco druhá obsluhuje software.



Hloubka a frekvence dýchání

Pomůcky

Bezdrátové čidlo pro monitorování dechu Vernier GDX-RB, krátký text k přečtení.

Teorie

Frekvenci a také hloubku dýchání ovlivňuje aktuálně prováděná činnost (např. tělesná aktivita). Dechová frekvence se určuje jako počet nádechů za minutu, hloubka dýchání souvisí s množstvím vzduchu, který při jednom nádechu a výdechu vyměníme s okolím.

Jak čidlo funguje

Čidlo GDX-RB měří sílu, kterou je napínán pás upevněný kolem hrudníku. Síla působící na pás se mění podle toho, jak se hrudní koš při dýchání roztahuje a stahuje.

Příprava měření

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte čidlo (str. 16). Během připojování rozklikněte položku *Kanály* a ponechte zaškrtnutou pouze veličinu *Síla*, tj. zrušte zaškrtnutí veličiny *Dechová frekvence*.
2. Vpravo nahoře klikněte na tlačítko  pro nastavení zobrazování a vyberte *1 graf*.



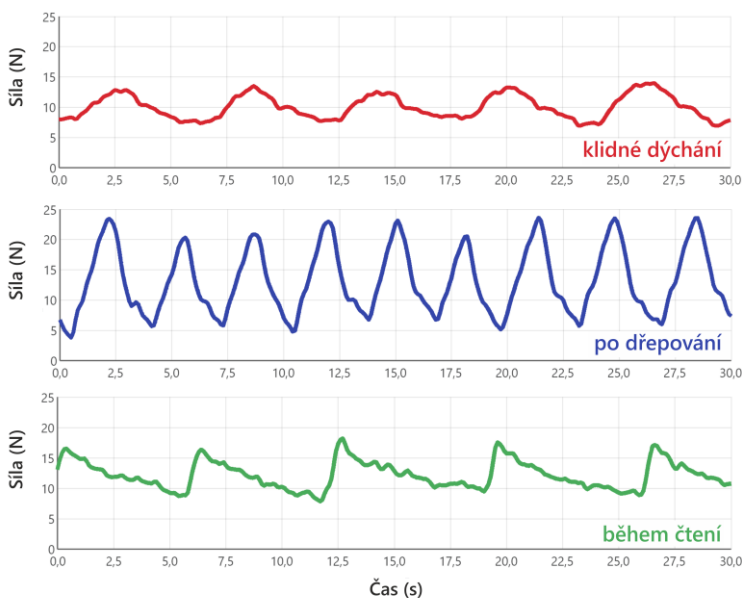
3. Klikněte na pole *Režim, Frekvence* v levém dolním rohu aplikace, nastavte dobu měření na 30 sekund a potvrďte tlačítkem *Hotovo*.
4. Pomocí pásu spojeného se senzorem připevněte čidlo na hrud testované osoby. Pásek dotáhněte tak, aby kontrolka v levém dolním rohu čidla svítila zeleně během nádechu i výdechu.



Provedení experimentu

1. Během prvního měření nechte testovanou osobu sedět a klidně dýchat.
2. Tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spusťte záznam dat a vyčkejte 30 s do jeho ukončení.
3. Před druhým měřením nechte testovanou osobu minutu intenzivně dřepovat (stále s připevněným čidlem). Poté, co se znovu posadí, zopakujte krok 2.
4. Při posledním měření nechte testovanou osobu vsedě a nahlas předčítat souvislý text a opět zopakujte krok 2.
5. Pro zobrazení všech měřených závislostí do jednoho grafu stačí kliknout kdykoli (i během měření) na popisek svislé osy *Síla* a zvolit *Zobrazit vše*.

Ukázka naměřených dat



Závěr

V získaných grafech odpovídají maxima síly nádechům a minima výdechům. Je zřejmé, že po dřepování se zvýšila jak dechová frekvence testované osoby (piky jsou u sebe blíže), tak hloubka dýchání (piky jsou vyšší). Jiný průběh je při čtení textu, kdy síla při nádechu náraz vzroste, ale poté klesá postupně (čtenář při mluvení vydechuje).

Poznámky

- Pokud během nádechu či výdechu přestane kontrolka v levém dolním rohu zeleně svítit, upravte utažení pásku (povolte nebo přitáhněte podle potřeby).
- Prozkoumejte též návod *Kyslíkový dluh po fyzické zátěži*: www.vernier.cz/116



Elektrokardiografie (EKG)

Pomůcky

Bezdrátové čidlo Vernier GDX-EKG, elektrody dodávané spolu s čidlem.

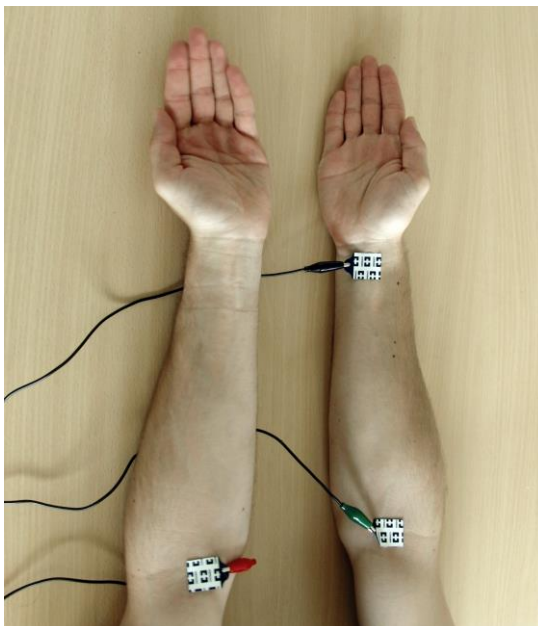
Teorie

Elektrokardiografie (známá jako EKG) je diagnostická lékařská metoda využívající snímání a vyhodnocování elektrických signálů způsobujících stahy srdečního svalu. Typický průběh elektrického signálu je znázorněn na obrázku vpravo, významnější odchylky od něj mohou (ale nemusí!!) signalizovat nesprávnou funkci srdečního svalu. Časový rozdíl mezi dvěma pulzy umožňuje dopočítat tepovou frekvenci.



Příprava měření

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte čidlo (str. 16).
2. Z balení, které je dodáváno společně s čidlem, použijte tři elektrody a nalepte je na paže proměřované osoby tak, jak ukazuje obrázek níže.
3. Podle stejného obrázku připojte k nalepeným elektrodám barevné vývody čidla. Dodržte shodu barev s obrázkem a zkontrolujte, že se elektrody neodlepují.

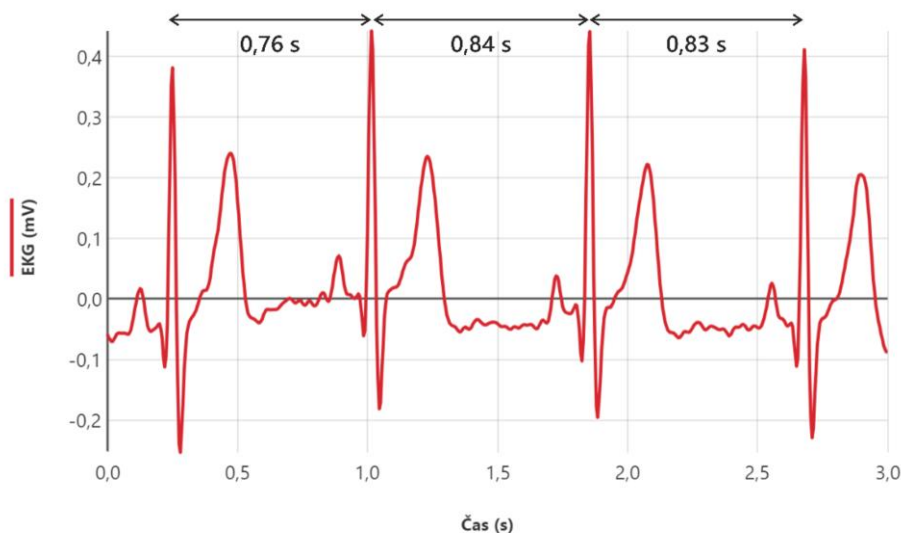


Provedení experimentu

1. Proměřovanou osobu usadíte na židli co možná nejdál od okolní elektroniky, která může mít rušivý vliv na kvalitu měření.
2. Tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spustíte záznam dat a vyčkejte, než se ukončí.

Ukázka naměřených dat

Níže vidíte typický průběh napětových signálů – tzv. elektrokardiogram. Perioda opakování byla v tomto konkrétním případě okolo 0,8 s, což odpovídá tepové frekvenci asi 75 tepů za minutu.



Poznámky

- Bezdrátové provedení čidla umožňuje posadit proměřovanou osobu dostatečně daleko od okolní elektroniky, která by mohla měření ovlivnit.
- Měření vyžaduje dvě osoby: experimentátora (manipuluje s přístrojem, spouští měření) a proměřovanou osobu (celou dobu v klidu nehybně sedí).
- Vyzkoušejte, jak se změní elektrokardiogram stejné osoby v klidu a po fyzické zátěži (například po 20 dřepch).



Změny srdeční aktivity

Pomůcky

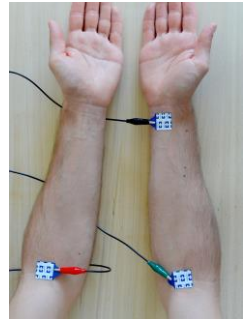
Čidlo Vernier GDX-EKG, elektrody dodávané s čidlem, lavor se studenou vodou, ručník.

Teorie

Srdce mění svou tepovou frekvenci v závislosti na situaci, které je organismus vystaven. Při fyzické námaze tepová frekvence vzrůstá. V lidském těle můžeme vyvolat ale také tzv. potápěcí reflex, v jehož důsledku se tepová frekvence naopak výrazně snižuje. Potápěcí reflex je spouštěn zadržením dechu a kontaktem obličeje se studenou vodou.

Příprava měření

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte čidlo (str. 16).
2. Z balení, které je dodáváno společně s čidlem, použijte tři elektrody a nalepte je na paže dobrovolníka dle obrázku.
3. Podle stejného obrázku připojte k nalepeným elektrodám barevné vývody čidla. Dodržte shodu barev s obrázkem a zkontrolujte, že se elektrody neodlepí.

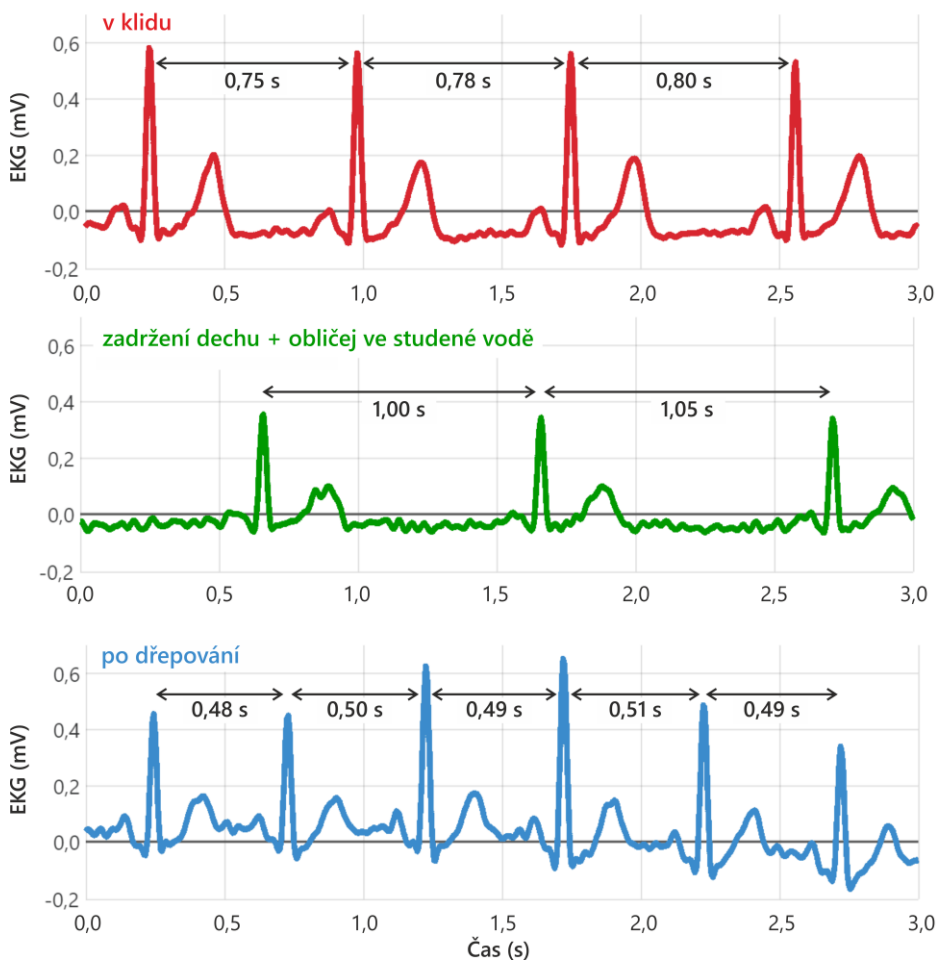


Provedení experimentu

1. Testovanou osobu usadíte na židli co možná nejdál od okolní elektroniky a elektrických rozvodů, aby citlivé čidlo nebylo rušeno.
2. Tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spustíte záznam dat a vyčkejte, až se měření ukončí. Tím jste proměřili srdeční aktivitu v klidovém stavu.
3. Pro druhé měření si připravte lavor se studenou vodou. Nechte testovanou osobu, aby se zhluboka nadechla, zadržela dech a ponořila obličej do vody. Přibližně 20 sekund po ponoření obličeje spustíte tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** záznam dat, po jehož dokončení může testovaná osoba zase dýchat.
4. Nakonec vyzvěte testovanou osobu, aby udělala 20 dřepů s výskokem. Elektrody nechte nalepené, ale vývody čidla na dobu dřepování odpojte.
5. Po 20 dřepích testovanou osobu posadíte a čidlo opět připojíte k elektrodám.
6. Tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** opět spustíte záznam dat a vyčkejte na konec měření.
7. Pro zobrazení všech naměřených závislostí do tří grafů pod sebe klikněte vpravo nahoře na tlačítko  a vyberte možnost 3 *grafy*. Kliknutím na popisek svislé osy *EKG* vyberte postupně v každém grafu požadovanou datovou řadu.



Ukázka naměřených dat



Závěr

V klidovém stavu byl u testované osoby interval mezi dvěma tepy srdce průměrně 0,78 sekundy, což odpovídá tepové frekvenci asi 77 tepů za minutu. Při ponoření obličeje do studené vody tepová frekvence poklesla na přibližně 58 tepů za minutu. Naopak po intenzivní námaze se tepová frekvence zvýšila na 120 tepů za minutu.

Poznámky

- Měření vyžaduje dva aktéry: experimentátora a testovanou osobu.
- Při všech třech měřeních by měla testovaná osoba sedět.



Elektrická aktivita svalů

Pomůcky

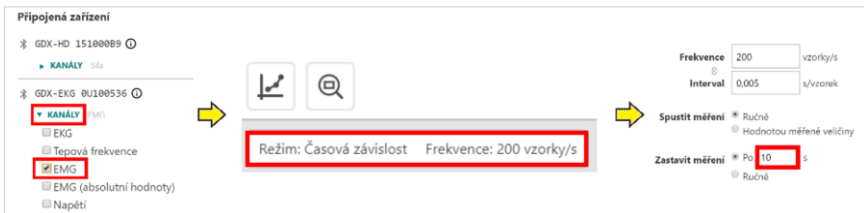
Bezdrátové čidlo síly stisku ruky Vernier GDX-HD, bezdrátové čidlo Vernier GDX-EKG, elektrody dodávané spolu s čidlem EKG.

Teorie

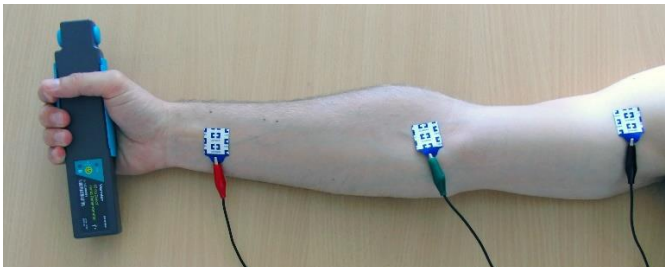
Činnost svalů je spojena s jejich elektrickou aktivitou, lze ji tedy pomocí měření elektrických signálů studovat (tzv. elektromyografie, EMG). Je-li sval uvolněný, je jeho elektrická aktivita nízká. Pokud sval zatneme, procházejí jím neustále elektrické impulzy. V tomto experimentu bude zátěž svalu představovat sevření čidla síly stisku ruky.

Příprava měření

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte obě čidla (str. 16).
2. Během připojování EKG čidla rozklikněte pod označením GDX-EKG položku *Kanály*, zvolte kanál EMG (na obrázku níže vlevo) a potvrďte tlačítkem *Hotovo*.
3. Klikněte na pole *Režim, Frekvence* v levém dolním rohu (obrázek níže), nastavte dobu měření na 10 sekund a potvrďte tlačítkem *Hotovo*.



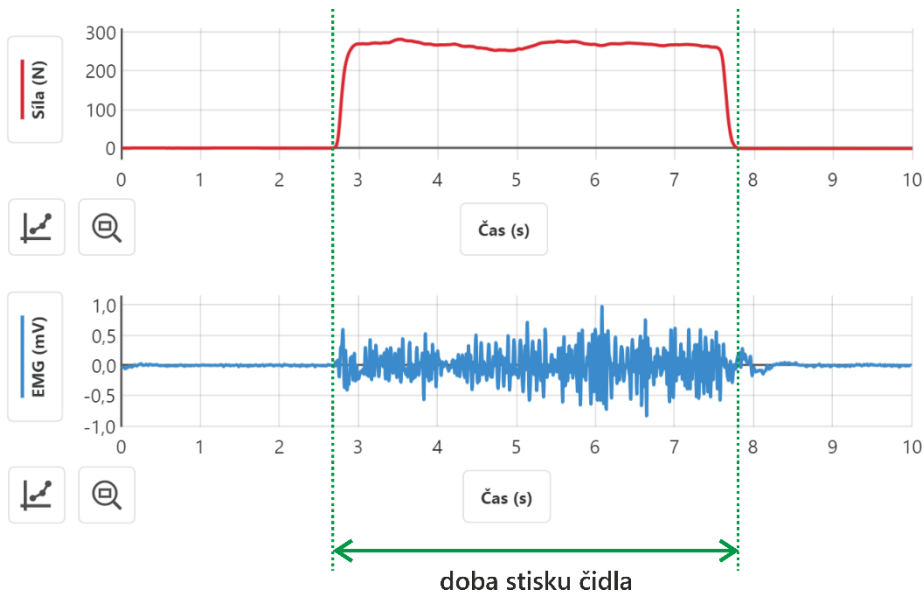
4. Z balíčku, který je dodáván společně s čidlem, vyjměte tři elektrody. Ty nalepte na paži proměřované osoby dle obrázku níže.
5. Podle stejného obrázku připojte k elektrodám barevné vývody čidla (dodržte pořadí barev – červená, zelená, černá) a zkontrolujte, že se elektrody neodlepují.
6. Proměřované osobě dejte do ruky čidlo síly stisku ruky.



Provedení experimentu

1. Vyzvěte proměřovanou osobu, aby po zahájení měření měla nejprve po dobu asi 2 až 3 sekund ruku uvolněnou, následně na přibližně 5 sekund silně stiskla čidlo síly stisku v dlani a pak ruku opět uvolnila.
2. Tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spustíte záznam dat a vyčkejte na jeho ukončení.

Ukázka naměřených dat



Závěr

Data získaná měřením ukazují souvislost mezi elektrickou aktivitou a tím, zda je sval v relaxovaném, nebo kontrahovaném stavu.

Poznámka

Pro potlačení případných rušivých signálů doporučujeme využít bezdrátového provedení čidel a posadit proměřovanou osobu dostatečně daleko od okolní elektroniky, která by mohla měření ovlivnit.



Měření síly stisku ruky

Pomůcky

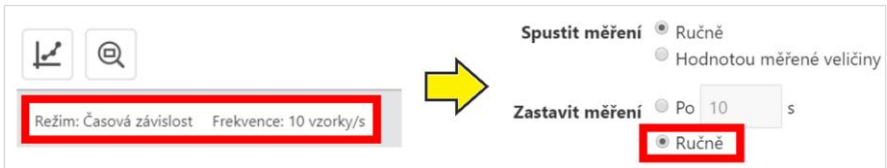
Bezdrátové čidlo síly stisku ruky Vernier GDX-HD.

Idea experimentu

Rychle a efektivně proměříte sílu stisku pravé i levé ruky dobrovolníků.

Příprava měření

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte čidlo (str. 16).
2. Klikněte na pole *Režim, Frekvence* v levém dolním rohu (obrázek níže) a zvolte *Zastavit měření: Ručně*. Potvrďte tlačítkem *Hotovo*.



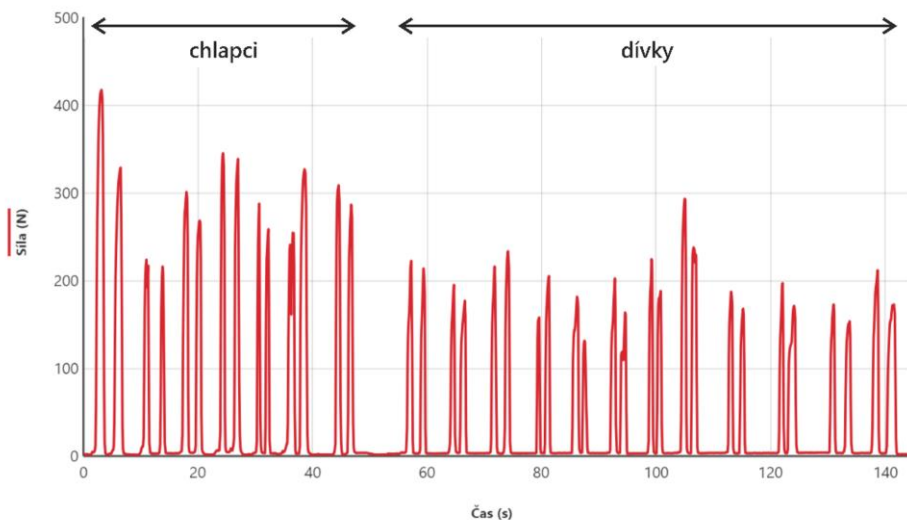
Provedení experimentu

1. Vyzvěte žáky, kteří se chtějí měření zúčastnit, aby vytvořili frontu – nejprve chlapci, za nimi dívky (nebo obráceně).
2. Tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spustíte záznam dat. Podávejte čidlo jednomu žákovi po druhém. Každý žák zmáčkne čidlo (jako na obrázku níže) nejdříve pravou rukou, poté levou rukou.
3. Po proměření všech dobrovolníků ukončete měření tlačítkem **ZASTAVIT**.



Ukázka naměřených dat

Výsledkem měření je soubor „píků“, kde každá dvojice přísluší jednomu žákovi. Z grafu lze snadno odhadnout přibližnou sílu jednotlivých žáků a porovnat rozdíly mezi levou a pravou rukou, ale také mezi pohlavími.



Poznámky

- Při provádění experimentu se osvědčilo nejdříve proměřit všechny chlapce, poté všechny dívky – snadno tak lze pozorovat rozdíly síly v závislosti na pohlaví. Mezi posledním chlapcem a první dívkou udělejte delší časovou mezeru, aby byly obě skupiny v grafu dobře rozeznatelné.
- Žákům nemusí být vzájemné porovnávání sil příjemné. Zajištění bezpečného prostředí ve třídě je důležitým úkolem učitele. Proto vyberte k měření pouze dobrovolníky, nikoho nenutěte k účasti.



Pomůcky

Bezdrátové čidlo síly stisku ruky Vernier GDX-HD.

Teorie

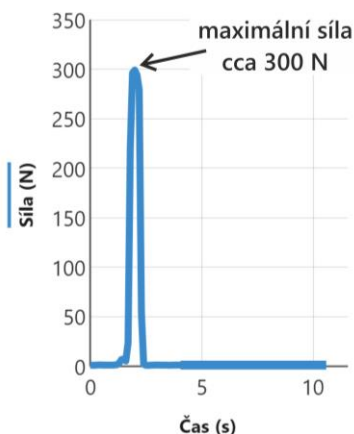
Příčně pruhované svaly jsou složeny ze svalových vláken, která se mohou stahovat (kontrahovat). Čím větší silou chceme působit, tím více vláken musí být ve svalu současně zapojeno. Při delší kontrakci postupně jednotlivým vláknům dochází energie. Krátce před selháním celého svalu lze obvykle pozorovat pokles síly stisku, protože postupně více a více svalových vláken vypovídá svoji službu.

Idea experimentu

Na úvod změříme dobrovolníkovi maximální sílu stisku ruky. Následně dáme téže osobě za úkol, aby se pokusila co nejdéle tisknout čidlo konstantní silou, která odpovídá dvěma třetinám maximální naměřené hodnoty v úvodním měření. Budeme pozorovat, jak je pro dobrovolníka stále náročnější konstantní sílu udržet.

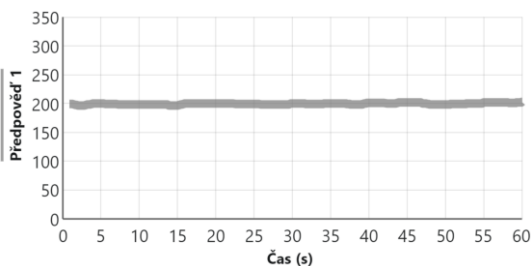
Přípravné měření

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte čidlo (str. 16).
2. Tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spustíte záznam dat. Dobrovolník uchopí čidlo dle obrázku níže a krátce jej co nejsilněji stiskne. Poté měření zastavte.
3. Výsledkem tohoto přípravného měření je „pík“, ze kterého odečtete maximální hodnotu síly. Ve vzorovém případě byla maximální naměřená síla přibližně 300 N.



Provedení experimentu

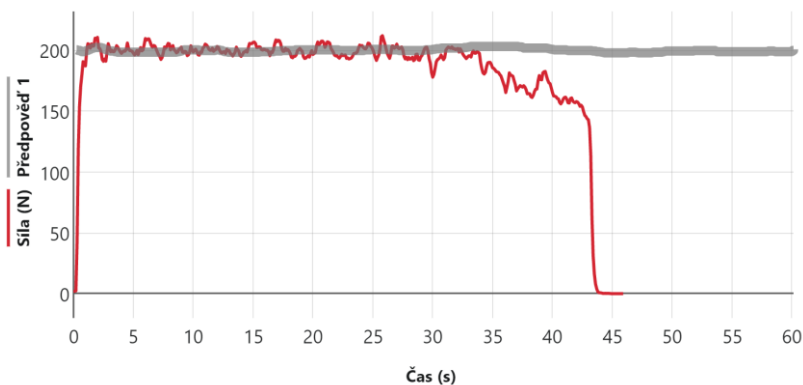
1. Nyní klikněte na  a vyberte možnost *Nakreslit předpověď*.
2. Tahem nakreslete přes celý graf vodorovnou čáru ve výšce přibližně $\frac{2}{3}$ maximální naměřené síly – v našem případě půjde tedy o čáru přibližně kopírující hodnotu 200 N (obrázek vpravo).
3. Kreslení čáry dokončete tlačítkem *Uložit*.
4. Tlačítkem *ZAHÁJIT MĚŘENÍ* opět spustíte záznam dat. Nyní bude úkolem dobrovolníka tisknout čidlo co nejdéle stálou silou (zde 200 N) tak, aby naměřená závislost co nejpřesněji kopírovala vytvořenou předpověď.



Ukázka naměřených dat

Šedá křivka znázorňuje předpověď, červená naměřené hodnoty síly.

S postupujícím časem se svaly unavují a je stále obtížnější udržet stálou sílu stisku.



Poznámky

- Výšku vodorovné čáry můžete přizpůsobit kondici svých žáků. Některým může více vyhovovat čára ve výšce $\frac{1}{2}$, nebo naopak třeba $\frac{4}{5}$ maximální síly.
- Pokud se ukáže, že doba 60 sekund žákům pro unavení ruky nestačí, klikněte vlevo dole v aplikaci na pole *Režim*, *Frekvence* a nastavte ruční zastavení měření.
- Při tomto experimentu dochází k tzv. izometrické kontrakci svalů (sval je aktivní, ale nedochází k pohybu).
- Můžete se podívat také na experiment *Elektrická aktivita svalů* (str. 128).



Reakční doba na sluchový podnět

Pomůcky

Hlukoměr Vernier GDX-SND, čidlo síly stisku ruky Vernier GDX-HD, píšťalka.

Teorie

Reakční doba člověka závisí na typu podnětu, který musí lidské smysly vyhodnotit. Reakční doba na sluchové a hmatové podněty je zhruba srovnatelná, na zrakové podněty reaguje naše tělo nejpomaleji. Konkrétní hodnoty závisí na věku a jsou individuální, u žáků se typicky pohybují v rozmezí 0,15–0,30 sekundy.

V tomto experimentu bude úkolem měřené osoby stisknout čidlo síly stisku ruky v okamžiku zaslechnutí zvuku píšťalky.

Příprava měření

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte obě čidla (str. 16).
2. Klikněte na tlačítko  vpravo nahoře a zvolte možnost *1 graf*.
3. Pokud je na svislé ose grafu *Akustický tlak*, klikněte na nápis a změňte na *Síla*.



Nastavení měření a triggeru

Při měření využijte tzv. trigger – měření nebude spuštěno tlačítkem, ale hodnotou nějaké veličiny.

Zde měření síly bude odstartováno zvukem píšťalky, která způsobí překročení předem nastavené hodnoty akustického tlaku.

Klikněte na pole *Režim*, *Frekvence* v levém dolním rohu obrazovky a do okna, které se objeví, vyplňte tyto údaje o měření:

- frekvence: 100 vzorků za sekundu
- zahájit měření, když *Mikrofon* vzroste nad: 0,1 relativní jednotka hlasitosti
- zastavit měření: po 1 sekundě

Údaje potvrďte kliknutím na tlačítko *Hotovo*.

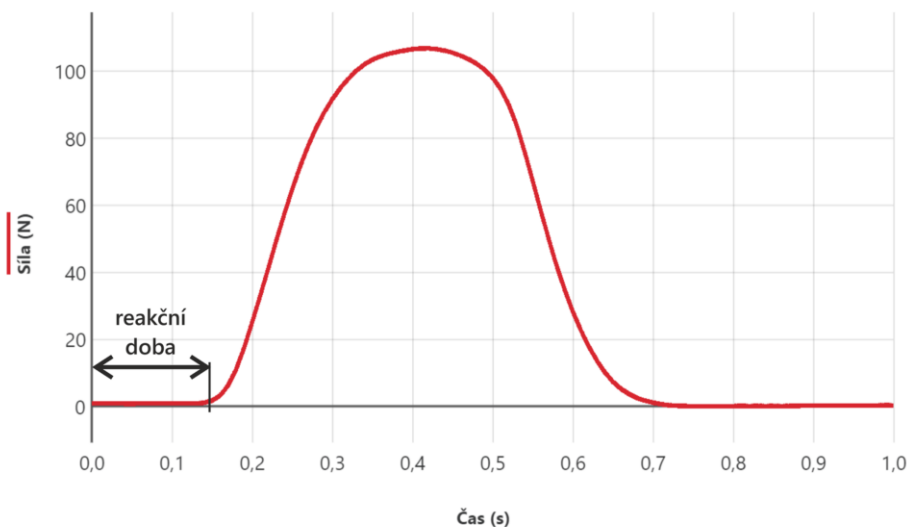


Provedení experimentu

1. Dobrovolníkovi vložte do jedné ruky čidlo síly stisku ruky, do druhé ruky hlukoměr, který si bude držet vedle ucha.
2. Instruuje dobrovolníka, aby krátce stiskl čidlo, jakmile uslyší zvuk píšťalky.
3. Stiskněte tlačítko **ZAHÁJIT MĚŘENÍ**. Měření zatím nezačne, program čeká, až měřený akustický tlak překročí zvolenou hodnotu 0,1.
4. Postavte se za dobrovolníka tak, aby nemohl sledovat vaše pohyby. Ostrým hvízdnutím na píšťalku spustíte měření síly, které se po 1 sekundě samo ukončí.

Ukázka naměřených dat

Graf ukazuje závislost měřené síly na čase. V čase 0 s byl zaznamenán hvízd píšťalky (který spustil měření) a v čase 0,15 sekundy začínají růst hodnoty síly – právě čas 0,15 s je tedy hledanou reakční dobou na sluchový podnět.



Poznámky

- Držení hlukoměru u ucha zajišťuje, že je vzdálenost od zdroje zvuku k čidlu i k uchu srovnatelná.
- Hranice triggeru (hodnota 0,1) je orientační, je třeba ji přizpůsobit podmínkám tak, aby nebyl zadán akustický tlak samovolně překročen bez přítomnosti hvízd.
- Místo píšťalky lze použít i tlesknutí dlaní.



Reakční doba na zrakový podnět

Pomůcky

Čidlo osvětlení GDX-LC a čidlo síly stisku ruky GDX-HD, fotoaparát s bleskem nebo jiný dostatečně intenzivní zdroj záření.

Teorie

Reakční doba člověka závisí na typu podnětu, který musí lidské smysly vyhodnotit. Reakční doba na sluchové a hmatové podněty je zhruba srovnatelná, na zrakové podněty reaguje naše tělo nejpomaleji. Konkrétní hodnoty závisí na věku a jsou individuální, u žáků se typicky pohybují v rozmezí 0,15–0,30 sekundy.

V tomto experimentu bude úkolem měřené osoby stisknout čidlo síly stisku ruky v okamžiku zahlédnutí světla blesku.

Příprava měření

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte obě čidla (str. 16).
2. Klikněte na tlačítko  vpravo nahoře a zvolte možnost *1 graf*.
3. Pokud je na svislé ose grafu *Intenzita osvětlení*, klikněte na nápis a změňte na *Síla*.



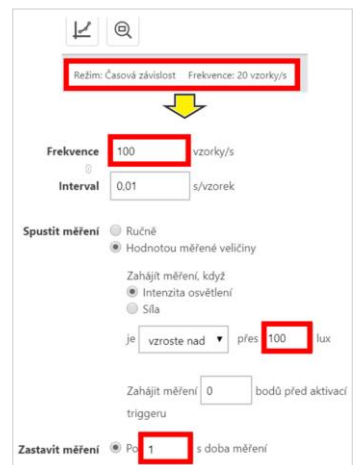
Nastavení měření a triggeru

Při měření využijte tzv. trigger – měření nebude spuštěno tlačítkem, ale hodnotou nějaké veličiny. Zde měření síly bude odstartováno bleskem fotoaparátu, který způsobí překročení nastavené hodnoty osvětlení.

Klikněte na pole *Režim*, *Frekvence* v levém dolním rohu obrazovky a do okna, které se objeví, vyplňte následující údaje o měření:

- frekvence: 100 vzorků za sekundu
- zahájit měření, když intenzita osvětlení vzroste nad: 100 lux
- zastavit měření: po 1 sekundě

Údaje potvrďte kliknutím na tlačítko *Hotovo*.

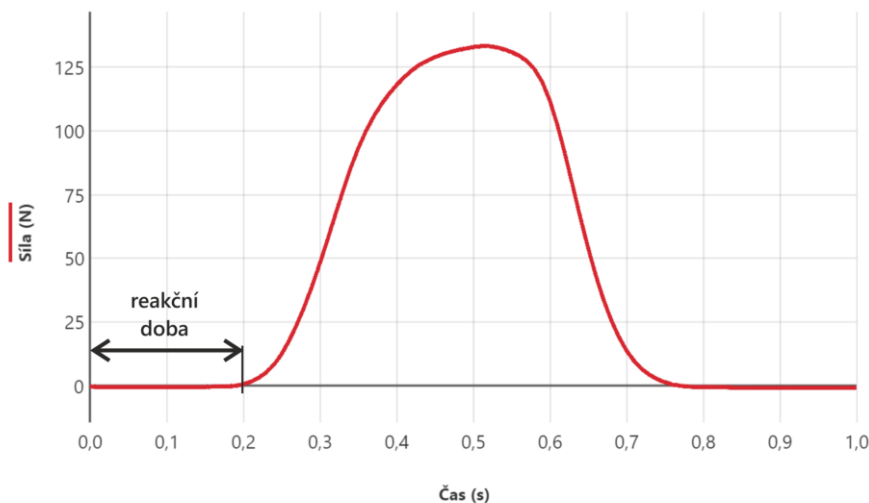


Provedení experimentu

1. Dobrovolníkovi vložte do ruky čidlo síly stisku ruky a instruujte ho, aby čidlo krátce stiskl, jakmile uvidí zablesknutí.
2. Stoupněte si za záda dobrovolníka, odkud budete fotit, aniž by dobrovolník mohl sledovat vaše pohyby.
3. Čidlo osvětlení položte tak, aby mířilo na blesk fotoaparátu.
4. Zkontrolujte v pravém dolním rohu aplikace, že aktuálně měřená hodnota osvětlení je nižší než 100 luxů. Pokud je vyšší, použijte závěsy nebo žaluzie k zatemnění.
5. Stiskněte tlačítko **ZAHÁJIT MĚŘENÍ**. Měření zatím nezačne, program čeká, až měřená intenzita osvětlení překročí díky blesku hodnotu 100 luxů.
6. Vyfoťte snímek s bleskem. Blesk spustí měření síly, které se po 1 sekundě ukončí.

Ukázka naměřených dat

Graf ukazuje závislost měřené síly na čase. V čase 0 s byl zaznamenán blesk z fotoaparátu (který spustil měření) a v čase 0,20 s začínají růst hodnoty síly – právě čas 0,20 sekundy je tedy hledanou reakční dobou na zrakový podnět.



Poznámky

- Pořízení snímku by neměl doprovázet žádný postřehnutelný pohyb ani zvuk (například cvaknutí spouště), na který by mohl dobrovolník zareagovat dříve než na samotný záblesk. V případě potřeby přehlušte cvaknutí pouštěním hudby.
- Hranice triggeru 100 luxů je pouze orientační – je třeba ji přizpůsobit světelným podmínkám ve třídě a intenzitě záblesku.



Odrazivost různých barevných povrchů

Pomůcky

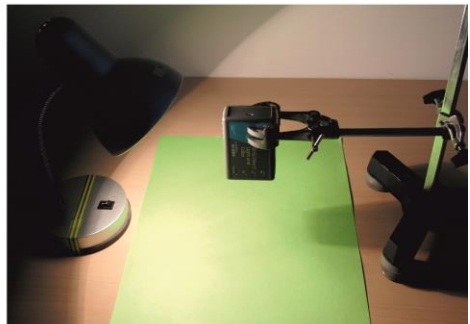
Čidlo světla Vernier GDX-LC, stojan k zafixování polohy čidla, lampička s klasickou žárovkou, barevné papíry.

Teorie

Předměty kolem nás vnímáme jako různě barevné proto, že jejich povrchy odrážejí světlo různých vlnových délek různou měrou. Zatímco bílé zbarvené plochy odrážejí většinu dopadajícího světla, černé povrchy většinu světla pohlcují a odrážejí velmi málo. V experimentu pomocí čidla porovnáme, kolik světla produkovaného klasickou žárovkou odrazí papíry různých barev.

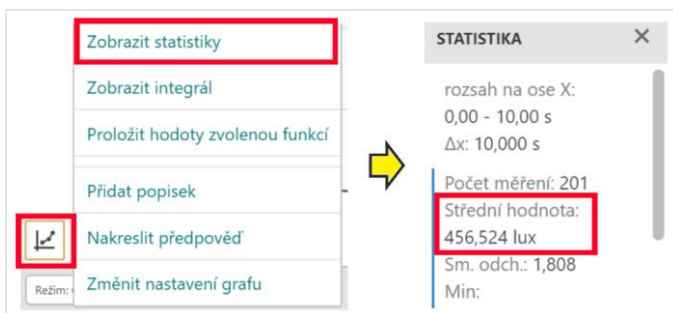
Příprava měření

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte čidlo (str. 16). Měřicí prvek čidla je umístěn na jeho těle zcela u kraje, vedle svítivé diody (obrázek dole vlevo).
2. Zafixujete čidlo tak, aby jeho měřicí prvek mířil svisle dolů a snímal plochu, která je osvětlena lampičkou.



Provedení experimentu

1. Vložte pod čidlo bílý papír.
2. Tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spustíte záznam dat a vyčkejte do konce měření.
3. Klikněte na tlačítko  vlevo dole a vyberte *Zobrazit statistiky*.
4. V pravé části okna se objeví základní statistické údaje o měření. Vyhledejte mezi nimi údaj *střední hodnota* a запиšte si jej (stačí zaokrouhlené hodnoty).
5. Kroky 1 až 4 opakujte pro další barvy. Čidlo i lampička musí přitom zůstat stále zafixované, vyměňujte pouze jednotlivé barevné papíry.



Ukázka naměřených dat

Naměřené hodnoty závisejí na výkonu žárovky, povrchu papírů či vzdálenostech mezi žárovkou, papírem a čidlem. Tabulka níže ukazuje námi naměřené hodnoty:

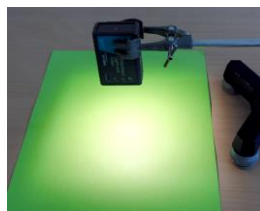
barva		intenzita osvětlení (lux)
bílá		996
žlutá		864
červená		457
zelená		382
modrá		281
černá		101

Závěr

Měření ukázalo, že nejvíce světla dopadajícího ze žárovky odrazil bílý a žlutý papír, nejméně pak černý papír.

Poznámky

- Namísto žárovky můžete využít svítivou diodu, která je zabudovaná přímo v čidle. Rozsvítit i zhasnout tuto diodu lze krátkým stisknutím zapínacího tlačítka. Světlo produkované diodou má jiný charakter než světlo žárovky, proto se mohou získané výsledky mírně lišit.
- Je důležité, aby měly všechny použité papíry povrch stejného typu, tedy stejně lesklý či stejně matný. V opačném případě se snadno může stát, že lesklý černý povrch bude odrážet více než matný modrý povrch apod.
- Vyzkoušejte odrazivost dalších materiálů (textil, sklo, zrcátko).



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. 16). 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 zafixujte 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.



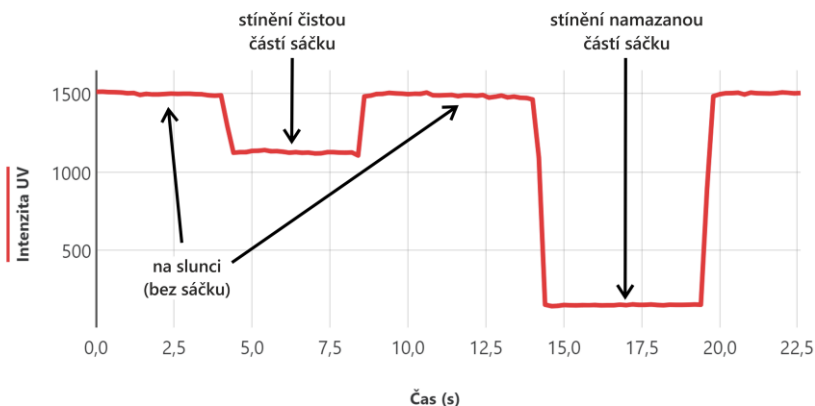
Provedení experimentu

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.



Blikání žárovky (co lidské oko nevidí, ale počítač ano)

Pomůcky

Čidlo světla Vernier GDX-LC, lampička s klasickou žárovkou, žárovka napájená baterií.

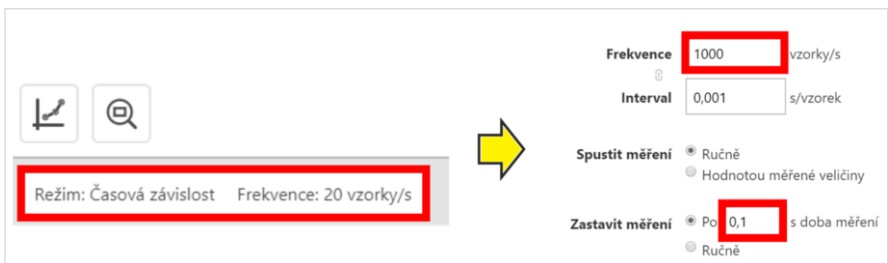
Teorie

Po zapnutí lampičky začne žárovkou procházet střídavý proud o frekvenci 50 Hz. Proud procházející vláknem žárovky tedy dosáhne $50\times$ za sekundu své maximální kladné hodnoty a rovněž $50\times$ za sekundu své maximální záporné hodnoty. Při dosažení každé z těchto maximálních hodnot žárovka nejvíce svítí – celkem tedy dosáhne jas žárovky svého maxima $100\times$ za sekundu. Mezi jednotlivými maximy žárovka pohasíná a vlastně tedy „bliká“ – ovšem tak rychle, že lidské oko toto blikání nepostřehne.

Naproti tomu zdroje napájené bateriemi využívají stejnosměrný proud, svítí proto stále stejně intenzivně a neblíkají.

Příprava měření

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte čidlo (str. 16).
2. Čidlo postavte pod lampičku s žárovkou tak, aby jeho měřicí prvek mířil svisle vzhůru a snímal světlo žárovky (obrázek vpravo).
3. V místnosti zhasněte, aby měření nebylo narušováno světlem zářivek a dalších zdrojů.
4. Klikněte na pole *Režim*, *Frekvence* v levém dolním rohu (obrázek níže), nastavte frekvenci na 1000 vzorků za sekundu, dobu měření na 0,1 sekundy a potvrďte tlačítkem *Hotovo*.



Provedení experimentu

1. Zapněte lampičku a umístěte čidlo do takové vzdálenosti od žárovky, aby se hodnota osvětlení (na displeji vpravo dole) pohybovala mezi 2 000 až 4 000 luxy.
2. Tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spustíte záznam dat. Měření se automaticky ukončí.
3. Zopakujte měření (kroky 1 a 2) s žárovkou napájenou stejnosměrným proudem (například plochou baterií).
4. Pro zobrazení získaných závislostí do jednoho grafu klikněte na popisek svislé osy *Intenzita osvětlení* a zvolte *Zobrazit vše*. Níže jsou grafy zobrazeny každý zvlášť.

Ukázka naměřených dat



Závěr

Horní graf pro žárovku v lampičce ukazuje, že intenzita osvětlení se v čase mění podle funkce sinus. Za dobu měření (0,1 sekundy) bylo naměřeno celkem 10 periodicky se opakujících úseků. Během jedné sekundy se tedy takových úseků zopakuje celkem 100, což odpovídá frekvenci 100 Hz. Ve spodním grafu naměřeném pro svítidlo napájenou bateriemi nic podobného nenastává, tento zdroj světla svítí se stálou intenzitou.

Poznámka

Povšimněte si, že žárovka při svém blikání zcela nepohasíná, ve vzorovém experimentu je i minimální intenzita osvětlení přibližně na úrovni 2 600 luxů. Vlákno žárovky totiž nestačí zcela vychladnout.



Rozsvícení žárovky

Pomůcky

Čidlo světla Vernier GDX-LC, lampička s klasickou žárovkou.

Teorie

U klasické žárovky se vlivem procházejícího elektrického proudu wolframové vlákno zahřívá na vysokou teplotu a v důsledku toho svítí. K zahřátí vlákna na vysokou teplotu (přes 2500 °C) dochází velmi rychle, ale ne okamžitě, proto ani intenzita, se kterou žárovka svítí, nedosáhne svého maxima okamžitě. Tento experiment demonstruje rychlost žhavení vlákna při rozsvícení žárovky.

Příprava měření

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte čidlo (str. 16).
2. Čidlo postavte pod lampičku s žárovkou tak, aby jeho měřicí prvek mířil svisle vzhůru a snímal světlo žárovky (obrázek vpravo).
3. V místnosti zhasněte, aby měření nebylo narušováno světlem zářivky a dalších zdrojů.



Nastavení měření a triggeru

Při měření využijte tzv. trigger – měření nebude spuštěno tlačítkem, ale tím, že hodnoty osvětlení překročí zadanou mez. Navíc umí trigger zaznamenat i hodnoty před tímto okamžikem, tj. vlastně hodnoty v „záporném čase“.

Klikněte na pole *Režim*, *Frekvence* v levém dolním rohu obrazovky a do okna, které se objeví, vyplňte tyto údaje o měření:

- frekvence: 1000 vzorků za sekundu
- zahájit měření, když intenzita osvětlení vzroste nad: 2500 lux
- zahájit měření: 150 bodů před aktivací
- zastavit měření: po 0,15 sekundy

Údaje potvrďte kliknutím na tlačítko *Hotovo*.

Režim: Časová závislost Frekvence: 20 vzorky/s

Frekvence 1000 vzorky/s

Interval 0,001 s/vzorek

Spustit měření ☐ Ručně ☒ Hodnotou měřené veličiny

Zahájit měření, když ☒ Intenzita osvětlení

je vzroste nad přes 2500

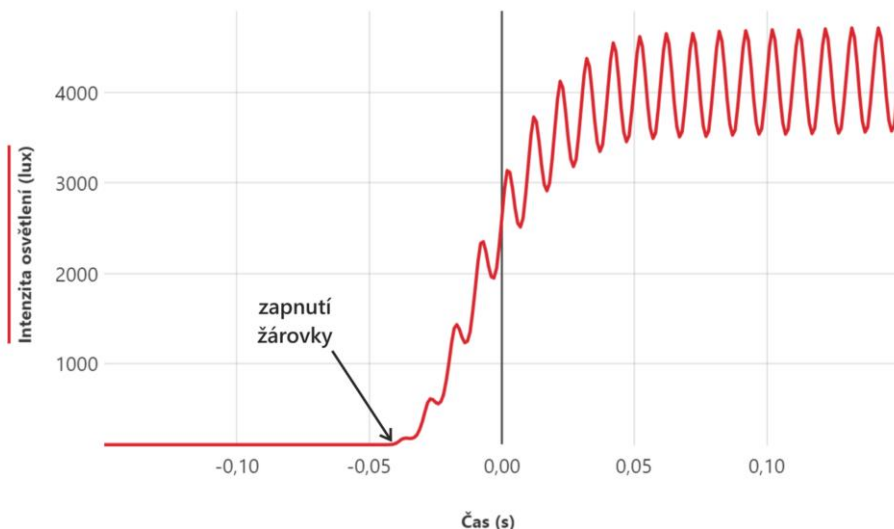
Zahájit měření 150 bodů před aktivací triggeru

Zastavit měření ☒ Po 0,15 s doba měření

Provedení experimentu

1. V místnosti zhasněte světla, zapněte pouze lampičku a umístěte čidlo do takové vzdálenosti od žárovky, aby se aktuální hodnota osvětlení (na displeji vpravo dole) pohybovala v rozmezí 3 000 až 4 000 luxů.
2. Aniž byste s čidlem v následujících krocích hýbali, vypněte lampičku.
3. Tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spustíte záznam dat. Program nyní čeká na opětovné rozsvícení žárovky.
4. Znovu zapněte lampičku. Měření se automaticky spustí i ukončí.

Ukázka naměřených dat



Závěr

Po zapnutí lampičky nesvíí žárovka plným výkonem okamžitě. Než se wolframové vlákno žárovky dostatečně nažhavilo, trvalo to zhruba desetinu sekundy.

V grafu je zachyceno i periodické kolísání jasu žárovky, které je způsobené průchodem střídavého proudu – tento jev je proměřen v experimentu *Blikání žárovky* (str. 142).

Poznámka

Pro srovnání můžete proměřit náběh malé žárovky připojené k stejnosměrnému zdroji (například baterii), kde žádné periodické jevy nezaznamenáte.

Setrvačnost oka a regulace jasu LED žárovky



Pomůcky

Čidlo světla Vernier GDX-LC, lampička s LED žárovkou s nastavitelnou barvou i jasem (lze zakoupit pod označením „RGB LED žárovka“), dálkový ovladač dodávaný se žárovkou.

Teorie

Zdrojem světla ve výše popsané žárovce jsou svítivé diody tří základních barev – **červená**, **zelená** a **modrá**.

Pro demonstraci principu regulace jasu využijeme v následujícím experimentu jednu z těchto diod.



Příprava měření

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte čidlo světla (str. 16).
2. Klikněte na pole *Režim*, *Frekvence* v levém dolním rohu, nastavte dobu měření na 0,05 s, frekvenci měření na 1000 vzorků/s a potvrďte tlačítkem *HOTOVO*.



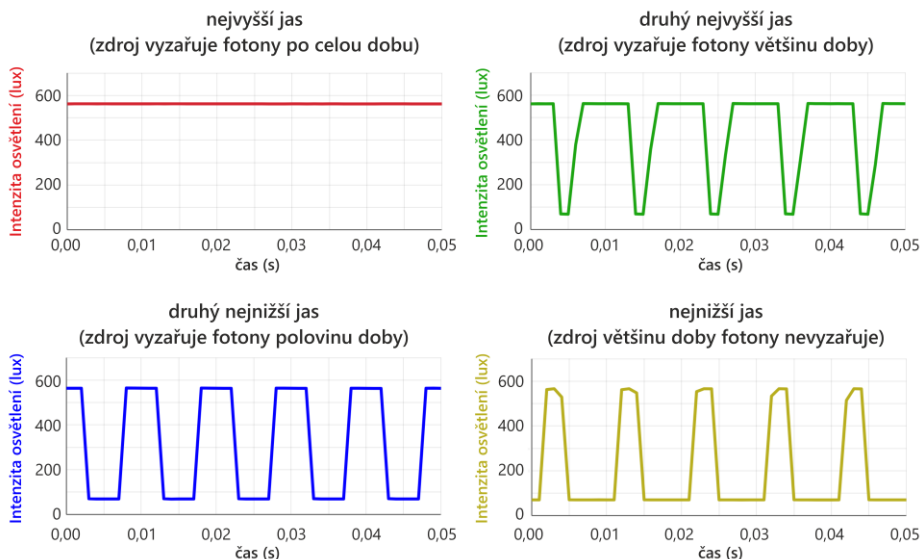
Provedení experimentu

1. Umístíte čidlo a žárovku do vzájemné vzdálenosti přibližně 10 cm jako na obrázku.
2. V místnosti, kde budete měření provádět, zhasnete světla.
3. Rozsvítíte žárovku a dálkovým ovladačem na ní nastavíte **červenou** barvu s maximálním jasnem. Tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spustíte záznam dat.
4. O jeden stupeň snižte jas žárovky a tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spustíte nové měření. Tento krok zopakujte i pro další úrovně jasu.



Ukázka naměřených dat

Po kliknutí na popisek svislé osy (*Intenzita osvětlení*) si můžete zvolit, které z naměřených závislostí si přejete zobrazit.



Závěr

Lidské oko nedokáže rychlé změny intenzity světla vnímat jako oddělené vjemy. Ve vnímání máme určitou setrvačnost, čehož se využívá ve filmu, kde stačí frekvence okolo 25 snímků za sekundu, aby se nám pohyb filmového obrazu zdál plynulý.

LED žárovka využívá této setrvačnosti oka při regulaci jasu. Při nastavení jasu na maximum svítí žárovka nepřetržitě, nižšího jasu je dosahováno pravidelným zhasínáním (blikáním) žárovky s frekvencí 100 Hz. Tak rychlé blikání oko nerozezná, nižší množství vyzářených fotonů však vnímá jako nižší intenzitu světla.

Poznámky

- Při vypnuté žárovce naměřená intenzita osvětlení neklesá k nule, ale ukazuje hodnotu odpovídající osvětlení místnosti ostatními zdroji světla, zejména venkovním světlem přicházejícím okny. Pokud byste experiment prováděli v dokonale temné místnosti, intenzita osvětlení by klesala až k nule.
- Můžete se podívat také na experimenty
 - *Blikání žárovky (co lidské oko nevidí, ale počítač ano)* na str. 142
 - *Spektrum světla LED žárovky (skládání barev)* na str. 160

Znázornění jednotlivých samohlásek mikrofonom



Pomůcky

Hlukoměr s mikrofonom Vernier GDX-SND.

Teorie

Hláška je základní jednotka zvukové stránky řeči. Při tvoření hlásek vychází z plic vzduchový proud do hlasivek a dále do artikulačních orgánů (ústní a nosní dutina, jazyk, patro, dásně, zuby a rty). Každá hláška zachycená mikrofonom má svůj charakteristický periodický otisk („tvar“).

Samohlásky jsou takové hlásky, jejichž charakteristickým rysem je tón – na rozdíl od souhlásek nevzniká při jejich artikulaci šum.

Cílem experimentu je zachytit pomocí mikrofonu různé samohlásky a porovnat je mezi sebou.



Příprava měření

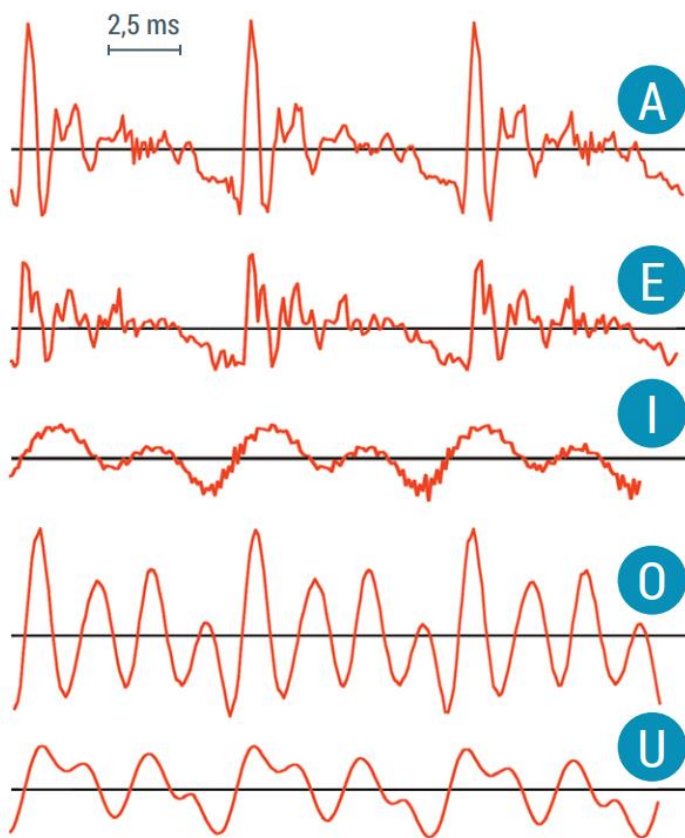
Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte čidlo (str. 16).

Provedení experimentu

1. Začněte vyslovovat hlásku „á“. Zatímco hláška zní, klikněte v aplikaci na tlačítko **ZAHÁJIT MĚŘENÍ**.
2. Měření se samo ukončí po uplynutí 0,03 s. Na obrazovce se vykreslí naměřený graf.
3. Opakujte tento postup pro různé samohlásky.

Ukázka naměřených dat

Na obrázku jsou jednotlivé samohlásky (á, é, í, ó, ú) znázorněné pomocí mikrofonu. Ve všech případech je vidět periodický průběh změn akustického tlaku, každá hláška má svůj charakteristický graf.



Na svislé ose je akustický tlak, na vodorovné čas.

Závěr

Každé hlásce odpovídají charakteristické periodické změny akustického tlaku.

Poznámka

Kromě samohlásek můžete prozkoumat také tóny hudebních nástrojů. Porovnejte stejný tón, například C₅, zahráný různými nástroji.

Ačkoliv základní frekvence (a tedy výška) tónu bude pro všechny nástroje stejná, tzv. vyšší *harmonické frekvence* dodávají zvuku jeho *barvu*, která je charakteristická pro daný nástroj – a ovlivní graf.

Rozdíl mezi vysokým a hlubokým zvukem



Pomůcky

Hlukoměr s mikrofonom Vernier GDX-SND.

Teorie

Hlávka je základní jednotka zvukové stránky řeči. Při tvoření hlásek vychází z plic vzduchový proud do hlasivek a dále do artikulačních orgánů (ústní a nosní dutina, jazyk, patro, dásně, zuby a rty). Každá hlávka zachycená mikrofonom má svůj charakteristický periodický otisk („tvar“).

Samohlávky jsou takové hlávky, jejichž charakteristickým rysem je tón – na rozdíl od souhlásek nevzniká při jejich artikulaci šum.

Cílem experimentu je zachytit pomocí mikrofonu stejnou hlávku (například „á“) pronesenou jednou vysokým hlasem, podruhé hlubokým hlasem.



Příprava měření

Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte čidlo (str. 16).

Provedení experimentu

1. Začněte vyslovovat hlávku „á“ vysokým hlasem. Zatímco hlávka zní, klikněte v aplikaci na tlačítko **ZAHÁJIT MĚŘENÍ**.
2. Měření se samo ukončí po uplynutí 0,03 s. Na obrazovce se vykreslí naměřený graf.
3. Nechte žáky změřit či odhadnout dle grafu periodu T , tedy jak dlouho trvá jedno opakování průběhu grafu.
4. Vypočítejte se žáky frekvenci měřeného děje $f = 1/T$.
5. Kroky 1 až 4 opakujte pro hlávku „á“ vyslovovanou hlubokým hlasem.

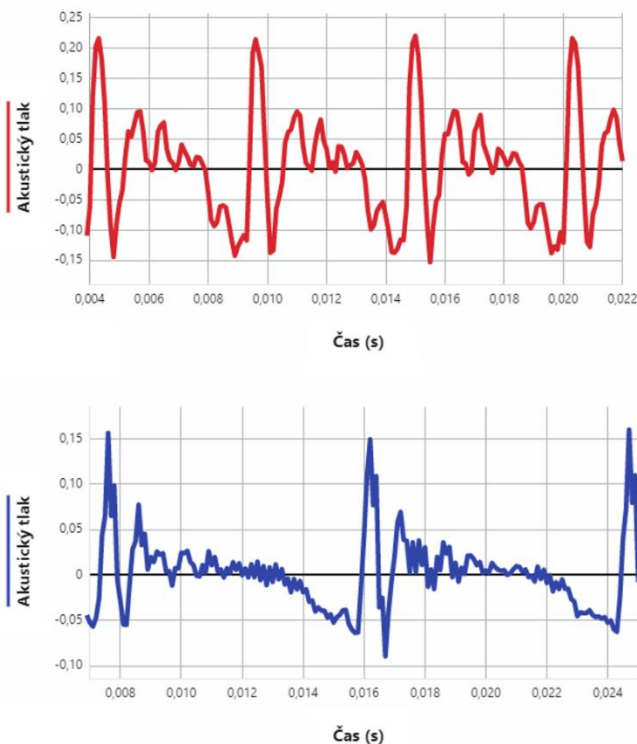
Ukázka naměřených dat

Na obrázku je zachycen graf měření hlávky „á“ pronesené vyšším a nižším tónem hlasu.

V obou případech je vidět podobný periodicky se opakující obrazec. V prvním případě se ovšem do 18 tisíciny sekundy vešly přibližně 3 periody (vyšší tón hlasu), zatímco ve druhém případě pouze dvě periody (nižší tón hlasu).

Vyššímu tónu tak odpovídala frekvence tónu přibližně 167 Hz, zatímco nižšímu 111 Hz.

V grafech níže jsme upravili počátky časových os tak, aby oba průběhy (červený i modrý) začínaly ostrým vysokým píkem. Červený graf zachycuje dobu 0,004 s až 0,022 s. Modrý graf zachycuje dobu 0,007 s až 0,025 s.



Závěr

Vnímaná výška tónu souvisí s frekvencí periodických změn akustického tlaku.

Poznámka

Místo svých hlasivek můžete vyluzovat tón pomocí hudebního nástroje – například tóny C_5 a C_4 .



Ochrana před radiací – stínění různými materiály

Pomůcky

Detektor radiace Vernier GDX-RAD, zdroje záření alfa, beta a gama (zářiče), běžné materiály – papír, igelit, měděný plíšek apod.



Teorie

Radioaktivní přeměna je doprovázena vznikem záření označovaného alfa, beta nebo gama. Alfa záření je tvořeno jádry helia (tzv. α -částicemi), beta záření proudem elektronů nebo pozitronů a gama záření proudem vysokoenergetických fotonů. Cílem experimentu je ukázat, že zatímco před zářením alfa nás ochrání pouhý list papíru, k odstínění gama záření nemusí stačit ani kovový plech.

Příprava měření

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte čidlo (str. 16).
2. V pravém horním rohu aplikace klikněte na tlačítko  pro nastavení zobrazování a zvolte *Tabulka*.
3. Klikněte na pole *Režim*, *Frekvence* v levém dolním rohu, nastavte interval měření na 30 sekund/vzorek a dobu měření na 30 sekund. Potvrďte tlačítkem *Hotovo*.



Proměření radiačního pozadí

1. Zatím nepoužívejte zářič, pouze tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spustíte záznam dat a nechte detektor, aby proměřil běžné radiační pozadí v místnosti.
2. Po uplynutí třiceti sekund se do tabulky zaneše údaj o počtu zachycených částic odpovídající radiačnímu pozadí.
3. Pokud chcete tento údaj zpřesnit, znovu klikněte na **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** – proběhne další půlminutové měření a po jeho skončení se objeví nová datová řada s další naměřenou hodnotou (opět v prvním řádku jinak prázdné tabulky).
4. Dle potřeby lze tento postup několikrát opakovat. Za zpřesněnou hodnotu odpovídající radiačnímu pozadí pak můžete považovat průměr naměřených hodnot. Ve vzorovém měření bylo průměrné radiační pozadí přibližně 10 zachycených částic za 30 sekund.

	Datová řada 1		...
	Čas (s)	...	Radiace (Counts)
1	30		14

Provedení experimentu

1. Položte detektor radiace vodorovně na stůl, případně jej upevněte lepicí páskou.
2. Alfa zářič postavte tak, aby byla mezi jeho okrajem a okrajem detektoru vzdálenost přibližně 1 cm. Tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** opět spusťte záznam dat.
3. Po uplynutí 30 sekund se v tabulce objeví další datová řada s počtem zachycených částic. Od tohoto čísla je potřeba odečíst naměřenou průměrnou hodnotu radiačního pozadí. Výsledek si poznamenejte.
4. Nyní vložte mezi detektor a zářič list papíru a znovu spusťte měření.
5. Kroky 3 a 4 zopakujte i pro další materiály – ve vzorovém měření to byl igelitový sáček, plastové pravítko a měděný plíšek. Všechny naměřené hodnoty si zapisujte.
6. Celý postup (kroky 2 až 5) zopakujte také pro zdroje záření beta a gama.



Ukázka naměřených dat

Výstupem může být následující tabulka, ve které jsou uvedeny počty částic zachycených za 30 sekund po odečtení vlivu radiačního pozadí. Navíc je zde uvedeno, kolik procent záření bylo daným materiálem odstíněno.

stínění	alfa zářič		beta zářič		gama zářič	
	počet částic	odstíněno	počet částic	odstíněno	počet částic	odstíněno
bez stínění	148	0 %	97	0 %	240	0 %
papír	9	94 %	94	3 %	228	5 %
igelit	7	95 %	96	1 %	233	3 %
pravítko (plast)	7	95 %	34	65 %	216	10 %
měděný plíšek	2	99 %	3	97 %	66	73 %

Závěr

Alfa záření bylo všemi zkoumanými materiály téměř dokonale pohlceno, beta záření snadno prošlo papírem či igelitem. Gama záření výrazněji odstínil jen měděný plíšek.

Poznámky

- Přeměna jader doprovázená zářením (α , β , γ) má náhodný charakter. Jednotlivá měření se tak mohou lišit od očekávaných nejpravděpodobnějších hodnot.
- Detektor sám o sobě nedokáže rozlišit druh zachyceného záření (alfa, beta, gama).



Ochrana před radiací – závislost na vzdálenosti

Pomůcky

Detektor radiace Vernier GDX-RAD, školní zdroj gama záření (radioaktivní zářič), pravítko nebo metr.



Teorie

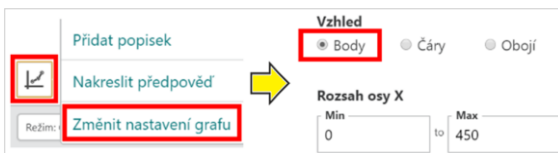
O intenzitě gama záření v dané vzdálenosti od zářiče si můžeme udělat představu tím, že změříme počet gama částic, které za určitý čas zachytíme detektorem radiace. Budeme-li se od zářiče vzdalovat, zjistíme, že počet zachycených částic klesá – držet se dostatečně daleko od zdroje záření je přirozený způsob jednoduché radiační ochrany.

Příprava měření

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte čidlo (str. 16).
2. Klikněte na pole *Režim*, *Frekvence* v levém dolním rohu, nastavte interval měření na 30 sekund/vzorek a dobu měření na 450 sekund. Potvrďte tlačítkem *Hotovo*.



3. Klikněte na tlačítko  vlevo dole, vyberte *Změnit nastavení grafu* a zaškrtněte možnost *Body*.



Proměření radiačního pozadí

1. Zatím nepoužívejte zářič, pouze tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spustíte záznam dat.
2. Detektor proměří radiační pozadí v místnosti. Do grafu se po každých 30 s zanesou počet částic, které byly za tento čas zachyceny.
3. Po ukončení měření (po 450 s) opět využijte tlačítko  vlevo dole a vyberte možnost *Zobrazit statistiky*.
4. V zobrazených datech najdete údaj o střední hodnotě, který je odhadem vlivu radiačního pozadí na měření. Ve vzorovém měření to bylo cca 11 zachycených částic každých 30 sekund.

STATISTIKA

rozsah na ose X:

30 - 450 s

Δx : 420,000 s

Počet měření: 15

Střední hodnota:

11,400 Counts

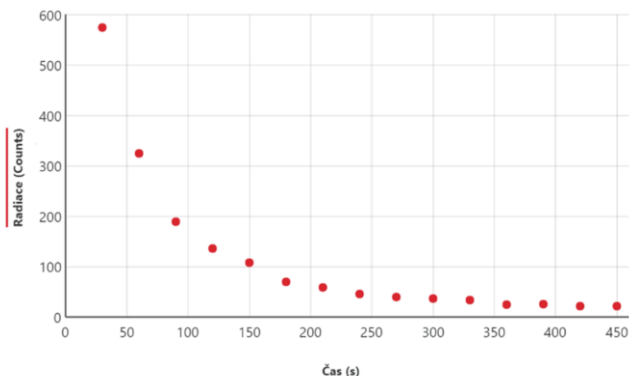
Provedení experimentu

1. Položte detektor radiace na stůl. K okraji detektoru přiložte délkové měřidlo.
2. Zářič postavte tak, aby byla mezi jeho okrajem a okrajem detektoru vzdálenost 1 cm. Tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spustíte záznam dat.
3. Jakmile se po uplynutí 30 s zanesou do grafu první bod, ihned posuňte detektor do vzdálenosti 2 cm. Opakujte postup (posunutí o 1 cm každých 30 s) až do vzdálenosti 15 cm.



Ukázka naměřených dat

Získaný graf ukazuje sice závislost počtu zachycených částic na čase, ale vzhledem k průběhu měření víme, že každých 30 s odpovídá posunu o 1 cm – bod v čase 30 s tedy odpovídá vzdálenosti 1 cm, bod v čase 120 s vzdálenosti 4 cm atd.



Závěr

S rostoucí vzdáleností od zářiče počet zachycených gama částic klesá. Při větších vzdálenostech se pak dostáváme na hodnoty srovnatelné s naměřeným pozadím.

Poznámky

- Snažte se minimalizovat čas posouvání detektoru a zajistěte, aby se nezměnila jeho orientace vůči zářiči (je důležité, aby zářič stále stejně mířil na detektor).
- V ideálních podmínkách (vakuum, dokonale bodový zdroj, žádné radioaktivní pozadí) je pokles úměrný druhé mocnině vzdálenosti.
- Přeměna jader doprovázená zářením (α , β , γ) má náhodný charakter. Jednotlivá měření se tak mohou lišit od očekávaných nejpravděpodobnějších hodnot.



Pohlcování alfa záření za sníženého tlaku

Pomůcky

Bezdrátový detektor radiace Vernier GDX-RAD, bezdrátové čidlo tlaku Vernier GDX-GP, školní alfa zářič, kuchyňská vakuovací nádoba s pumpičkou, lepicí páska.

Teorie

Alfa záření je tvořeno proudem jader helia ^4He , tzv. alfa částic. Jde o záření málo pronikavé, které za běžných podmínek pohltí již velmi tenká vrstva vzduchu.

Pokud hustotu vzduchu snížíme (tím, že část odsajeme), alfa částice řidším vzduchem snáze pronikají a mohou urazit větší vzdálenost.

Pokles hustoty vzduchu v nádobě se projeví také sníženým tlakem.



Příprava měření

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a čidla v libovolném pořadí připojíte (str. 16).
2. Klikněte na pole *Režim*, *Frekvence* v levém dolním rohu (obrázek níže), nastavte interval na 5 s/vzorek a zvolte *Zastavit měření: Ručně*. Potvrďte tlačítkem *Hotovo*.



3. Do vakuovací nádoby uložte obě čidla. Zářič přepněte ze zajištěného stavu do otevřeného, aby se z něj mohly volně uvolňovat alfa částice, a umístěte jej v nádobě asi 2 cm od mřížky detektoru radiace, jak ukazuje obrázek vpravo.
4. Obě čidla i alfa zářič zafixujte lepicí páskou, aby se jejich vzájemná poloha nemohla měnit.

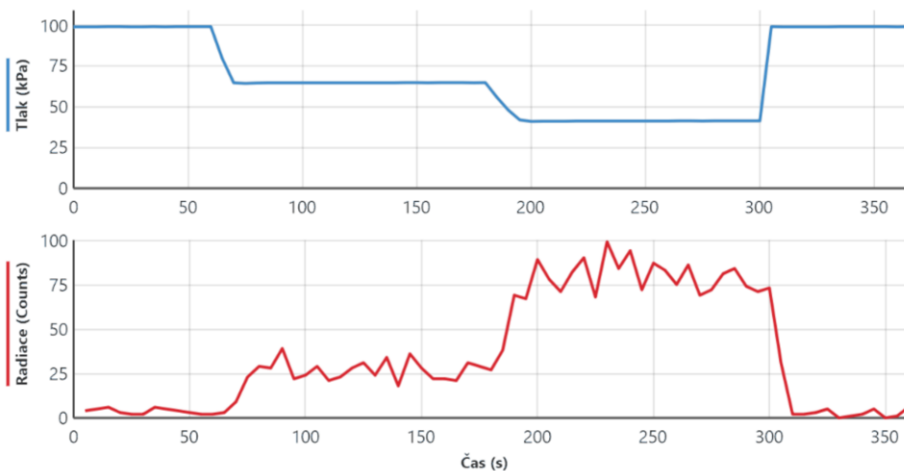


Provedení experimentu

1. Přiklopte víko vakuovací nádoby a tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spustíte záznam dat.
2. Po uplynutí 1 minuty snižte pumpičkou tlak vzduchu v nádobě na hodnotu 60 kPa až 70 kPa (60 % až 70 % atm. tlaku) a nechte čidla zhruba 2 minuty měřit.
3. Poté dále snižte tlak v nádobě na hodnotu 30 kPa až 40 kPa a opět nechte čidla 2 minuty měřit.
4. Nakonec do nádoby ventilem napustíte vzduch a po zhruba jedné minutě tlačítkem **ZASTAVIT** ukončíte měření. Zářič z nádoby vyjměte a opět ho zajistěte.

Ukázka naměřených dat

Při atmosférickém tlaku bylo detekováno nejvýše 5 částic v každém intervalu. Při snížení tlaku na 65 kPa už to bylo okolo 25 částic a pro tlak 40 kPa dokonce okolo 80 částic.



Závěr

Se snižující se hustotou vzduchu (a tedy i se snižujícím se tlakem) se zvyšuje počet alfa částic, které detektor radiace zachytí. V řidším vzduchu roste dolet alfa částic a tím i pravděpodobnost, že překonají vzdálenost mezi zářičem a detektorem.

Poznámky

- Při měření jsou zachytávány také částice radiačního pozadí (zejména β a γ). Úroveň přirozeného radiačního pozadí zjistíte měřením bez školního zdroje záření.
- Dbejte, aby se lepicí páska v nádobě nedostala do prostoru mezi zářič a detektor.
- Vyzařování alfa částic má náhodný charakter, proto i za stálého tlaku počty zachycených částic fluktuují kolem určité střední hodnoty.



Spektrum různých zdrojů světla

Pomůcky

Spektrometr Vernier GDX-SVISPL, optické vlákno VSP-FIBER, různé zdroje světla – klasická žárovka, úsporná žárovka, LED žárovka.

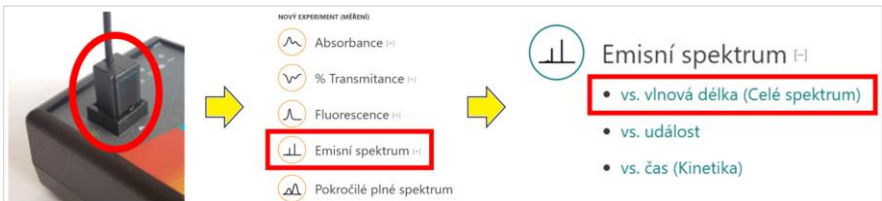


Teorie

Světelné zdroje, které v domácnosti používáme, se značně liší principem fungování. Klasická žárovka vytváří světlo zahřátím wolframového vlákna a její záření se svými vlastnostmi blíží slunečnímu. Úsporné žárovky generují díky výboji v parách rtuti primárně ultrafialové záření, které je na viditelné světlo přeměněno speciální barvou nanesenou na vnitřním povrchu žárovky – tzv. luminoforem. Také LED žárovky využívají luminofor, na který dopadá záření vytvářené modrou nebo ultrafialovou svítivou diodou. Cílem měření je porovnat spektra různých zdrojů světla.

Příprava měření

1. Do kyvetové šachty spektrometru vložte optické vlákno.
2. Spustíte aplikaci *Spectral Analysis*, připojte spektrometr (str. 18) a v úvodní nabídce vyberte možnost *Emisní spektrum vs. vlnová délka (Celé spektrum)*.



Provedení experimentu

1. V místnosti zhasněte světla.
2. Tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spustíte záznam dat a do optického vlákna nechte dopadat sluneční světlo. Změnou polohy a natočením optického vlákna upravte naměřenou křivku tak, aby intenzita nabývala hodnot mezi 0 a 1.
3. Stiskem **ZASTAVIT** uložte aktuálně zobrazenou křivku do grafu.
4. Kroky 2 a 3 zopakujte postupně pro klasickou, úspornou a LED žárovku.

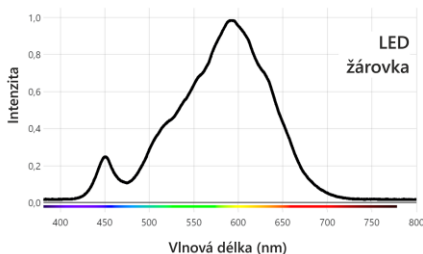
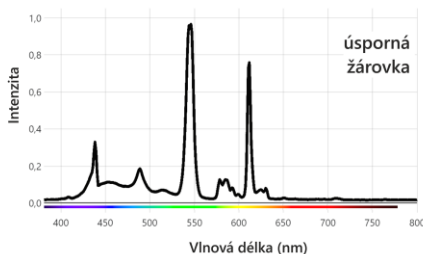
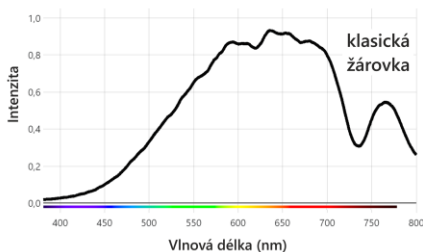
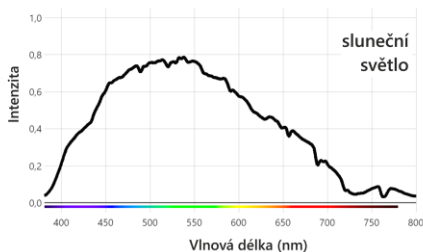
5. Měření závislosti se postupně přidávají do grafu. Pro zvýšení přehlednosti grafu můžete kliknout na popisek svislé osy *Intenzita* a vybrat, které z naměřených křivek mají zůstat viditelné.

Intenzita

Datové řady Všechno skryt

☒	Datová řada 1	...
☒	Datová řada 2	...
☒	Datová řada 3	...

Ukázka naměřených dat



Závěr

Slunečnímu spektru se nejvíce blíží spektrum klasické wolframové žárovky, oba tyto zdroje vysílají světlo všech barev. Také kvalitnější LED žárovky se snaží kopírovat sluneční spektrum. Úsporné žárovky vyzařují světlo pouze v několika málo intervalech vlnových délek – zde zejména v modré, zelené a žlutooranžové oblasti.

Poznámky

- Měření provádějte při zhasnutém osvětlení a ideálně za šera (kromě měření slunečního světla), aby byly potlačeny ostatní rušivé světelné zdroje.
- Měření slunečního záření je možné i za oblačného dne, není nutná jasná obloha.
- Aby se křivka do grafu na výšku vešla, je při každém měření důležité zvolit vhodnou vzdálenost optického vlákna od zdroje světla.
- V oblasti velkých vlnových délek (červená barva) je citlivost spektrometru poměrně malá a je zde tedy měřena menší intenzita záření, než jaká odpovídá skutečnosti.
- Pomocí spektru lze určovat i chemické složení plynů (str. 166).

Spektrum světla LED žárovky – skládání barev



Pomůcky

Spektrometr Vernier GDX-SVISPL s optickým vláknem VSP-FIBER, lampička s LED žárovkou, která umožňuje nastavení barvy (lze zakoupit pod označením „RGB LED žárovka“), dálkový ovladač dodávaný s žárovkou.

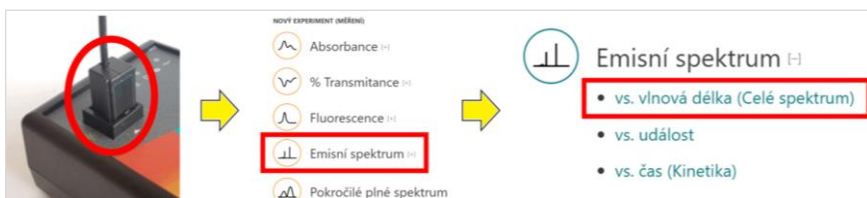


Teorie

Jako RGB žárovka se označují světelné zdroje ve tvaru klasické žárovky, v nichž jsou zabudovány tři svítivé diody (LED) – **červená**, **zelená** a **modrá**, každá s regulovatelným jasnem. Skládáním těchto tři základních barev lze získat další barevné vjemy. Cílem tohoto experimentu je demonstrovat, že další barvy (barevné vjemy) mohou vznikat kombinací červeného, zeleného a modrého světla – právě na tyto tři barvy je citlivé lidské oko. Například žlutou barvu lze tedy vidět i bez přítomnosti „žlutých fotonů“.

Příprava měření

1. Do kyvetové šachty spektrometru vložte optické vlákno.
2. Spustíte aplikaci *Spectral Analysis*, připojíte spektrometr (str. 18) a v úvodní nabídce vyberte možnost *Emisní spektrum vs. vlnová délka (Celé spektrum)*.



Provedení experimentu

1. Zafixujte konec optického vlákna vůči žárovce ve vzdálenosti přibližně 10 cm.
2. V místnosti zhasněte světla.
3. Zapněte žárovku a nechte ji svítit maximálním jasnem **modrou** barvou.
4. Tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spustíte záznam dat. Do grafu se zakreslí spektrální závislost pro modrou barvu. Ukončete měření tlačítkem **ZASTAVIT**.
5. Krok 4 zopakujte pro **zelenou** a **červenou** barvu.

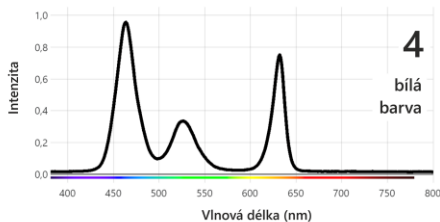
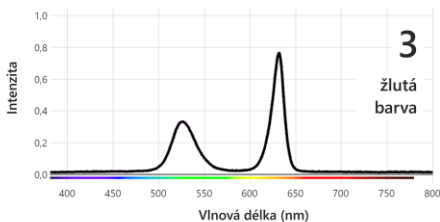
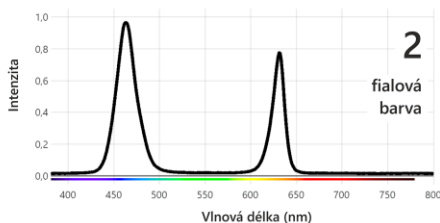
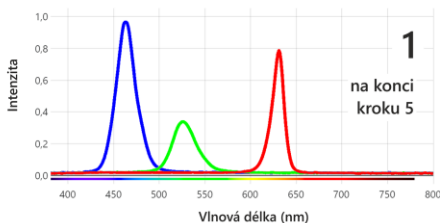


6. Opakováním kroku 4 proměřte také fialovou, žlutou a bílou barvu. Aby zůstal graf přehledný, můžete po kliknutí na popisek svislé osy *Intenzita* vybrat, které z naměřených křivek mají zůstat viditelné.



Ukázka naměřených dat

Obrázek označený jako 1 ukazuje stav měření na konci kroku 5 – v grafu jsou píky pro červenou, modrou a zelenou barvu. Na obr. 2 je znázorněna závislost naměřená pro fialovou barvu – je patrné, že světlo spektrálně obsahuje pouze „červené“ a „modré“ fotony. Podobně je z obr. 3 patrné, že žluté barvy je dosaženo kombinací červených a zelených fotonů. Poslední obrázek přísluší bílé barvě, která vzniká složením všech tří základních barev **Red**, **Green**, **Blue** (odtud zkratka RGB).



Závěr

Používaná LED žárovka vytváří barevné světlo skládáním tří základních barev – červené, modré a zelené (tzv. aditivním mícháním barev).

Poznámky

- Experiment provádějte při zhasnutém osvětlení a ideálně za šera.
- Pokud se pík získaný hned prvním měřením modře svítící žárovky do grafu na výšku nevejde, vzdalte optické vlákno od žárovky a měření opakujte.
- Aditivní skládání barev lze demonstrovat též pozorováním pixelů na displeji pomocí mikroskopu (www.vernier.cz/39).

Spektrum „studené“ a „teplé“ LED žárovky



Pomůcky

Spektrometr Vernier GDX-SVISPL s optickým vláknem VSP-FIBER, „studená“ a „teplá“ LED žárovka (nejlépe se stejným výkonem).

Teorie

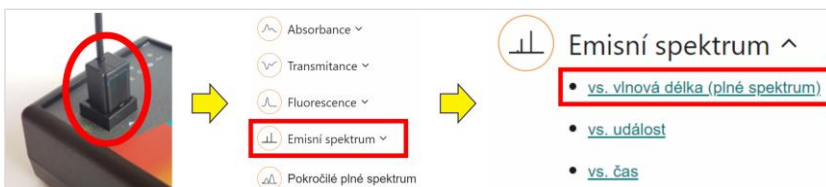
Při nákupu LED žárovek si v obchodě můžeme zpravidla vybrat, jakou barvu světla bude žárovka poskytovat. Světlo zabarvené více do modra je označováno jako „studené“, světlo zabarvené do žluta či červena jako „teplé“.

Na krabičkách bývá údaj o barvě světla vyjádřen tzv. barevnou teplotou (teplotou chromatičnosti) v kelvinech. Nižší barevná teplota (do cca 4 000 K) odpovídá žlutému až červenému zabarvení, vyšší barevná teplota (nad cca 5 000 K) spíše modrému zabarvení.



Příprava měření

1. Do kyvetové šachty spektrometru vložte optické vlákno.
2. Spustíte aplikaci *Spectral Analysis*, připojte spektrometr (str. 18) a v úvodní nabídce vyberte možnost *Emisní spektrum vs. vlnová délka (plné spektrum)*.



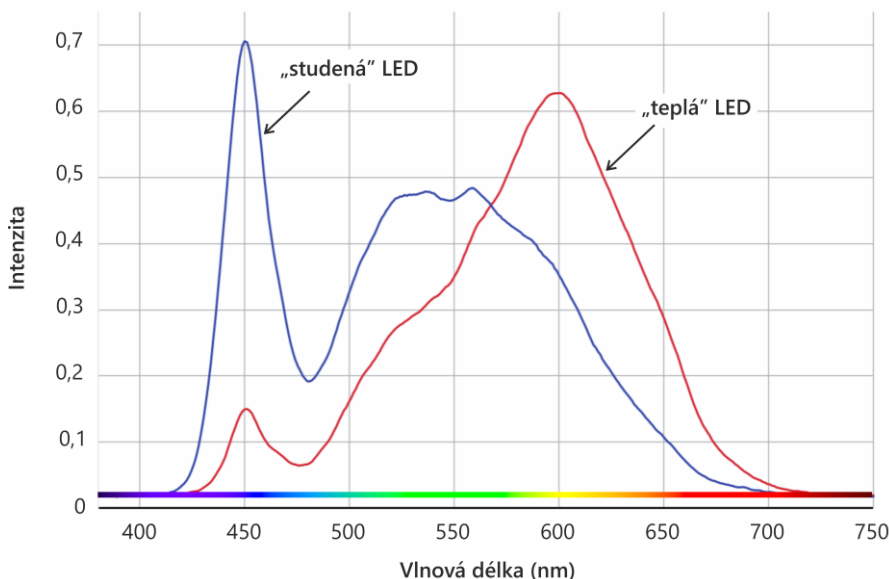
Provedení experimentu

1. Připravte si lampičku se „studenou“ LED žárovkou.
2. Konec optického vlákna zafixujte vůči žárovce ve vzdálenosti cca 10–20 cm.
3. V místnosti zhasněte světla.
4. Tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spustíte sběr dat. Zakrátko se vykreslí závislost intenzity světla na vlnové délce. Pokud je graf v horní části „uříznutý“ (závislost zde vede nepřirozeně vodorovně na hodnotě 1), vzdalujte optické vlákno od lampičky, dokud se závislost nevykreslí správně (bez „uříznutí“).
5. Jakmile budete s grafem spokojeni, klepněte na tlačítko **ZASTAVIT**.
6. Vyměňte „studenou“ žárovku v lampičce za „teplou“ a kroky 4 a 5 zopakujte.



Ukázka naměřených dat

Graf níže ukazuje naměřené hodnoty. Je patrné, že „studená“ LED (v našem případě s barevnou teplotou 6 500 K) má nejvýraznější pík v okolí vlnové délky 450 nm, tedy v modré oblasti – proto se výsledné světlo zdá být namodralým. „Teplá“ LED (v našem měření 2 700 K) oproti tomu nejvíce vyzařuje ve žlutooranžové oblasti kolem 600 nm.



Závěr

Spektrum „studené“ LED žárovky obsahuje převážně světlo modré a zelené barvy. Když náš mozek složí všechny barvy vyzařované touto žárovkou, vnímáme proto barvu jejího světla jako lehce namodralou. Ve spektru „teplé“ LED žárovky převažuje žlutá a oranžová barva – náš mozek proto vyhodnotí výsledné složené světlo jako nažloutlé či načervenalé.

Poznámky

- Upozorněte žáky, že nejde o samotnou výšku jedné či druhé křivky – ta závisí na výkonu žárovek a vzdálenosti vlákna od žárovky během měření. To, co sledujeme, je poloha maxim na obou křivkách.
- Konstrukčně jsou „studená“ i „teplá“ LED žárovka řešeny stejně: Uvnitř je modrá dioda a povrch baňky je pokryt speciální barvou - tzv. luminoforem, který převádí modré světlo diody na světlo vyzařované do okolí. Právě typ luminoforu tedy rozhoduje o tom, zda se bude žárovka chovat jako „studená“, či jako „teplá“.
- Zajímavé je, že tzv. „teplé“ barvy mají paradoxně nižší barevnou teplotu.



Pomůcky

Spektrometr Vernier GDX-SVISPL s optickým vláknem VSP-FIBER, displej jiného zařízení, než na kterém probíhá měření (zde používáme displej notebooku s OS Windows), stativ pro uchycení optického vlákna.

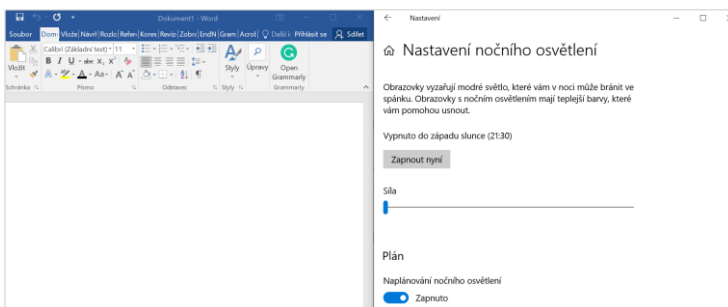
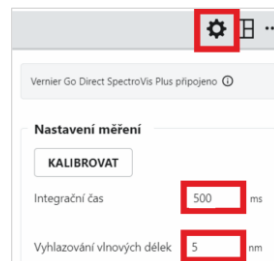
Teorie

Barvy jsou na displejích počítačů či chytrých telefonů vytvářeny tzv. aditivním skládáním červené, zelené a modré barvy – více na str. 160 a na www.vernier.cz/39.

Modré světlo, které je ve světle displejů obsaženo, ovlivňuje spánkový cyklus člověka. Jeho nadměrná přítomnost ve večerních hodinách blokuje produkci hormonu melatoninu, který zajišťuje přípravu těla na spánek. Proto je naše elektronika obvykle vybavena možností nastavit tzv. noční režim, ve kterém displeje produkují výrazně méně modrého světla.

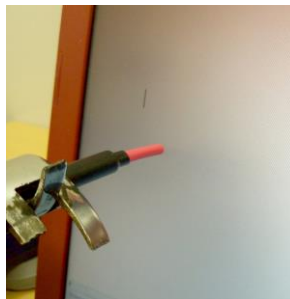
Příprava měření

1. Do kyvetové šachty spektrometru vložte optické vlákno.
2. Spustíte aplikaci *Spectral Analysis*, připojíte spektrometr (str. 18) a v úvodní nabídce vyberte možnost *Emisní spektrum vs. vlnová délka (plné spektrum)*.
3. Klikněte na ozubené kolo v pravé horní části obrazovky a zadejte *Integrační čas: 500 ms* a *Vyhlažování vlnových délek: 5 nm*.
4. Jas zkoumaného displeje nastavte na maximum.
5. Do jedné poloviny zkoumaného displeje si připravte bílou plochu (třeba prázdný dokument ve Wordu), do druhé okno *Nastavení nočního osvětlení* (dle obrázku níže).



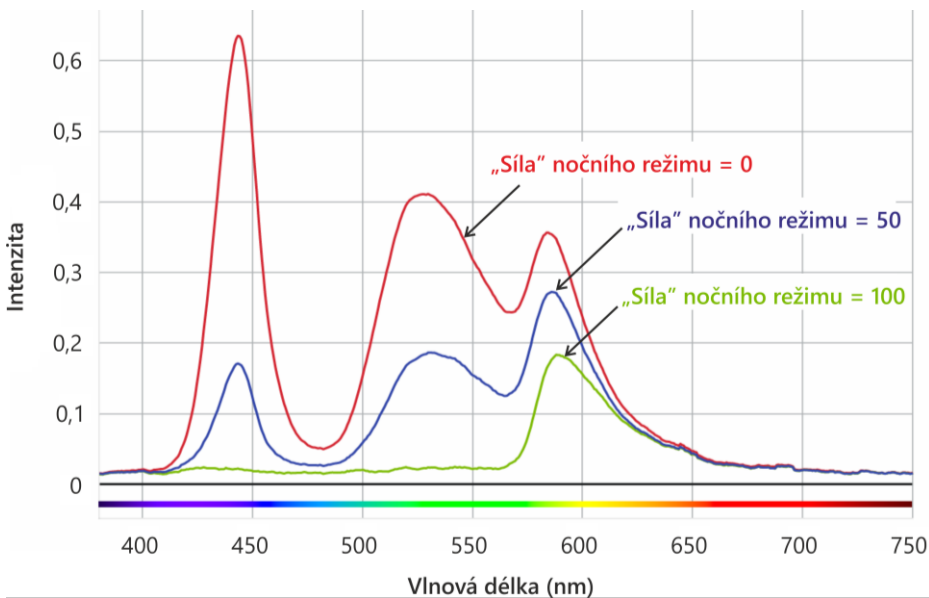
Provedení experimentu

1. Konec optického vlákna zafixujte tak, aby mířil ze vzdálenosti přibližně 1 cm do bílé plochy (zde prázdný dokument ve Wordu).
2. V *Nastavení nočního osvětlení* na zkoumaném displeji nastavte na posuvníku *Síla* hodnotu 0.
3. Tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spustíte sběr dat. Jakmile se graf vykreslí, zvolte **ZASTAVIT**.
4. Krok 3 opakujte pro další hodnoty na posuvníku *Síla* (například 50 a 100).



Ukázka naměřených dat

Naměřené závislosti pro tři hodnoty na posuvníku *Síla* v *Nastavení nočního osvětlení*.



Závěr

V nočním režimu vyzařuje displej méně světla než při běžném provozu. Pokud zvyšujeme „sílu“ nočního režimu, klesá intenzita vyzařování na všech vlnových délkách, nejvíce je ale potlačena modrá barva.

Poznámka

Pokud je při síle nočního osvětlení 0 naměřený graf v horní části „uříznutý“, vzdalujte optické vlákno od displeje, dokud se závislost nevykreslí správně.

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.

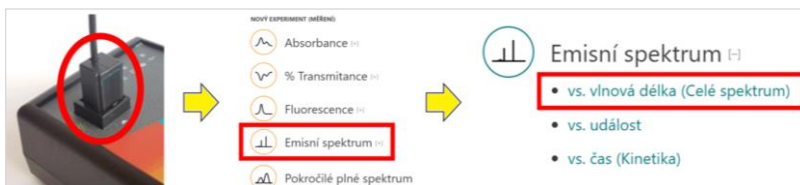
Teorie

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

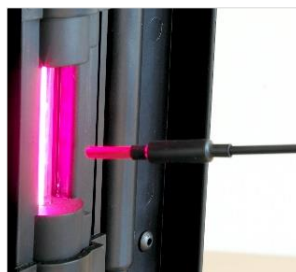
1. Do kyvetové šachty spektrometru vložte optické vlákno.
2. Spustíte aplikaci Spectral Analysis, připojíte spektrometr (str. 18), v úvodní nabídce vyberte možnost *Emisní spektrum vs. vlnová délka (Celé spektrum)*.



3. Připojení dokončete podle kroků 4 a 5 návodu na str. 18.

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.

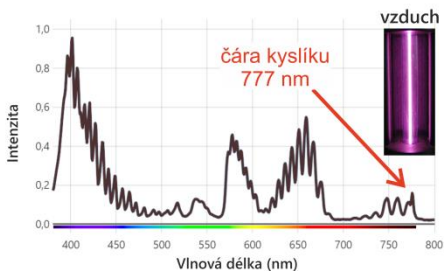
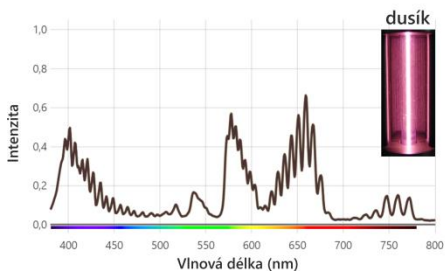
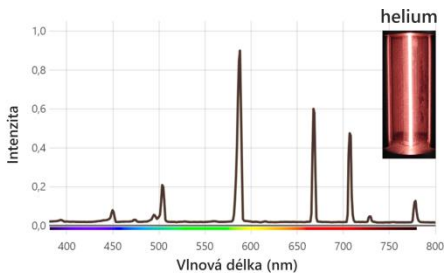
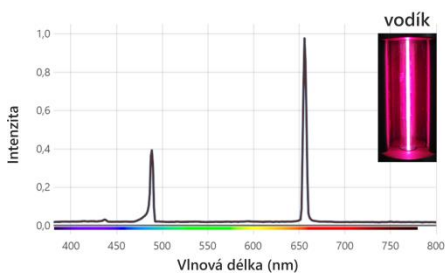


6. Tlačítkem **ZASTAVIT** uložte aktuálně zobrazenou křivku do grafu.
7. Vypněte zdroj a vyměňte trubici za jinou. Zopakováním kroků 5 a 6 proměřte všechny trubice (název plynu je uveden zezadu).
8. Měření závislosti se postupně přidávají do grafu. Aby zůstal graf přehledný, můžete po kliknutí na popisek 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 (str. 158).



Změna tlaku s nadmořskou výškou

Pomůcky

Senzor počasí Vernier GDX-WTHR nebo GDX-WTVA.

Teorie

Ve vodě působí v hloubce h pod hladinou hydrostatický tlak $p = h \cdot \rho \cdot g$, kde ρ je hustota vody a g tíhové zrychlení.



Podobně ve vzduchu působí atmosférický (aerostatický) tlak. Výpočet je složitější než v případě vody, protože hustota vzduchu se výrazně mění s nadmořskou výškou a také s teplotou. Pro malé změny nadmořské výšky Δh lze ale pro výpočet změny tlaku Δp použít stejný vztah jako pro vodu (hustotu vody je třeba nahradit hustotou vzduchu):

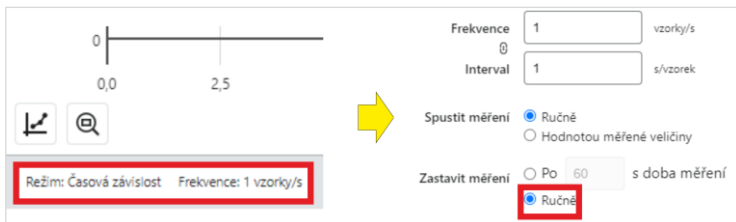
$$\Delta p = \Delta h \cdot \rho \cdot g$$

Cílem experimentu je změřit rozdíl tlaků v různých nadmořských výškách.

Protože se tlak mění také v závislosti na počasí, může v průběhu času narůstat nebo klesat i tehdy, když čidlo ponecháme stále na jednom místě. Při měření závislosti tlaku na nadmořské výšce je proto vhodné celé měření od začátku do konce provést během několika minut – i tak není vyloučené, že po návratu čidla do výchozího bodu nebude tlak úplně přesně stejný jako na začátku měření.

Provedení experimentu

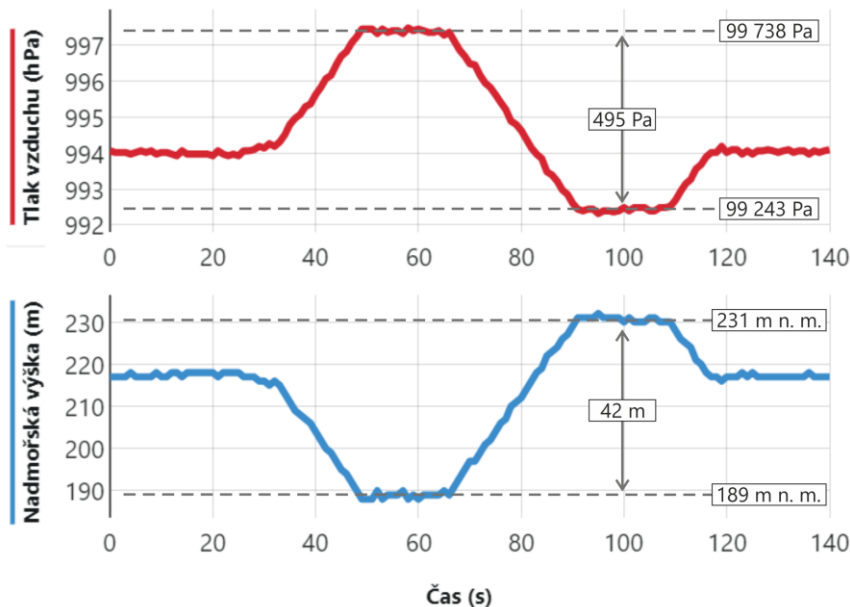
1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte čidlo (str. 16). Během připojování rozklikněte položku *Kanály*, zrušte zaškrtnutí veličiny *Rychlost větru* a zaškrtněte veličiny *Tlak vzduchu* a *Nadmořská výška*.
2. Klikněte na pole *Režim*, *Frekvence* v levém dolním rohu a zvolte *Zastavit měření: Ručně*. Potvrďte tlačítkem *HOTOVO*.



3. V pravém dolním rohu klikněte na displej s hodnotou nadmořské výšky, vyberte *KALIBROVAT* a do okna, které se objeví, zadejte hodnotu aktuální nadmořské výšky. Potvrďte tlačítkem *ZACHOVAT* a následně tlačítkem *POUŽÍT*.

4. Tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spustíte záznam dat a senzor počasí postupně přesuňte na nejnižší místo budovy (přízemí, případně sklep), nejvyšší místo (poslední patro) a zpět do výchozího bodu. Na každém místě setrvejte několik desítek sekund.
5. Ukončete měření tlačítkem **ZASTAVIT**.

Ukázka naměřených dat



Závěr

Rozdíl tlaků v přízemí a ve 12. patře budovy byl 495 Pa. Čidlo z rozdílu tlaků odhadlo výškový rozdíl pater na 42 m, což se od skutečné hodnoty 43,2 m liší o 3 %.

Poznámky

- Se žáky můžete určit změnu tlaku také výpočtem. Pro tlak 99,5 kPa, teplotu 29 °C a relativní vlhkost 43 % (aktuální hodnoty lze změřit senzorem počasí) je hustota vzduchu ρ zhruba 1,15 kg/m³. Vypočítaný výsledek (v tomto případě 487 Pa) se liší od naměřené hodnoty 495 Pa o méně než 2 %.
- Je třeba rozlišovat tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře a skutečný tlak v místě měření, který mívá s ohledem na vyšší nadmořskou výšku nižší hodnotu.
- Můžete se podívat také na experiment *Jak funguje výškoměr* (str. 170).



Jak funguje výškoměr

Pomůcky

Akcelerometr, gyroskop a výškoměr Vernier GDX-ACC, pevný igelitový sáček. Máte-li k dispozici vývěvu, můžete ji použít také.

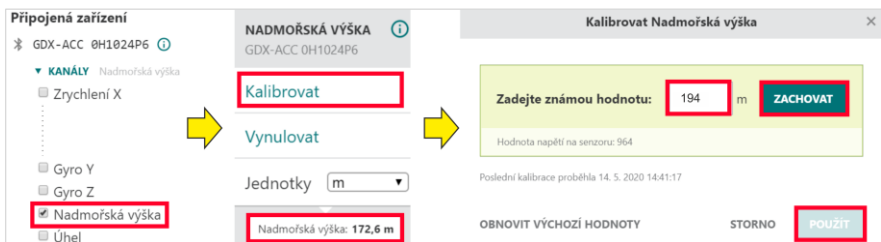
Teorie

Turistické navigace, chytré telefony, fitness hodinky a další podobná zařízení běžně umožňují měření nadmořské výšky. Tento údaj může být stanoven buď pomocí GPS, nebo díky vestavěnému barometru, který měří tlak vzduchu. Druhý způsob využívá skutečnosti, že s rostoucí nadmořskou výškou tlak vzduchu klesá. Měření pomocí změn tlaku vzduchu je citlivější a při správné počáteční kalibraci přesnější než využití GPS.

Také výškoměr čidla GDX-ACC využívá vestavěný barometr. Když tlak v okolí výškoměru uměle změníme, čidlo změnu mylně vyhodnotí jako změnu nadmořské výšky.

Příprava měření

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte čidlo (str. 16). Během připojování rozklikněte položku *Kanály* a zaškrtněte pouze veličinu *Nadmořská výška*.
2. Klikněte na aktuální hodnotu nadmořské výšky, která se zobrazuje v políčku vpravo dole, a vyberte možnost *Kalibrovat*. Do okna, které se objeví, zadejte známou hodnotu nadmořské výšky místa, na kterém se právě nacházíte (v našem případě to bylo 194 m n.m.). Údaj potvrďte postupným kliknutím na *Zachovat* a *Použít*.
3. Klikněte na pole *Režim*, *Frekvence* v levém dolním rohu aplikace a vyberte *Zastavit měření: Ručně*.



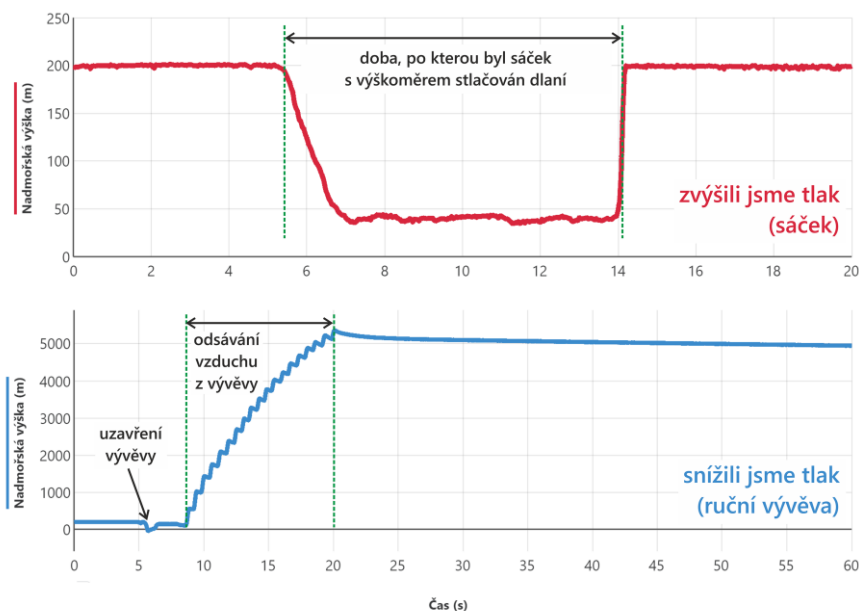
Provedení experimentu

1. Tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spustíte záznam dat.
2. Sáček mírně nafoukněte a vložte do něj čidlo. Ústí sáčku uzavřete tak, aby vzduch nemohl unikat ven. Takto nafouknutý sáček položte na stůl a zatlačte na něj dlaní, aby se tlak vzduchu uvnitř zvýšil. Sledujte přitom vývoj reportované nadmořské výšky v grafu.

3. Tlačítkem **ZASTAVIT** měření ukončete.
4. Tlačítkem  automaticky nastavte měřítko.
5. Experiment můžete provést také s vývěvou. Stačí vložit čidlo do vakuovací nádoby, tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spustit záznam dat a postupně vysávat vzduch v nádobě. Lze takto „vystoupat“ do nadmořské výšky až 10 km (horní mez čidla).



Ukázka naměřených dat



Závěr

Zvýšení tlaku v okolí výškoměru, například stlačením vzduchu v igelitovém sáčku, vyhodnotí čidlo jako pokles nadmořské výšky (první graf). Pokud v okolí výškoměru tlak naopak snížíme, bude měřená nadmořská výška větší než skutečná (druhý graf).

Poznámky

- Ve druhém ukázkovém grafu (vývěva) roste nadmořská výška schodovitě, každý schod odpovídá jednomu vytažení pístu vývěvy.
- Tlak vzduchu závisí i na počasí, proto je výškoměr třeba před měřením kalibrovat.

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