



KUCHAŘKA

jednoduchých experimentů

FYZIKA

2023



Obsah

CHE	FYZ	BIO	Úvod	4
			Vypařování vody a lihu	22
			Chladicí směs	24
			Změna teploty při rozpouštění	26
			Endotermický děj – rozpouštění jedlé sody ve vodě	28
			Ochlazování pocením	30
			Teplota plamene	32
			Vývoj teploty při vaření vody (vliv fázového přechodu)	34
			Tuhnutí krystalické látky	36
			Tuhnutí amorfní látky NOVÉ	38
			Změny teploty při kompresi a expanzi plynu	40
			Komínový efekt	42
			Dýchací cesty jako výměník tepla	44
			Vedení tepla NOVÉ	46
			Vliv teploty na hustotu vody	48
			Závislost tlaku plynu na objemu	50
			Závislost tlaku plynu na teplotě	52
			Změny tlaku při chemické reakci	54
			Změna tlaku s nadmořskou výškou	56

			Jak funguje výškoměr	58
			Stav beztláče – měření s akcelerometrem	60
			Stav beztláče – měření se siloměrem	62
			Studium odstředivé síly	64
			Statické a dynamické smykové tření	68
			Vztlaková síla	70
			Co unese lidský vlas? NOVÉ	72
			Tahová síla reaktivního motoru „rakety“	74
			Dráha, rychlost a zrychlení v grafech	76
			Druhý Newtonův zákon – zákon síly	78
			Třetí Newtonův zákon – zákon akce a reakce	80
			Určení rychlosti diabolky ze zákona zachování hybnosti	82
			Tuhost pružiny	84
			Princip airbagu	86
			Periodický děj – kmitání závaží na pružině	88
			Příprava CO ₂ a zhasnutí svíčky nedostatkem kyslíku	90
			Kyslík rozpuštěný ve vodě	92
			Rychlost difuze kyslíku do vody	94
			Elektromagnetická indukce	96
			Ohmův zákon	98

			Citronová „baterie“ (galvanický článek)	100
			Dělič napětí vyrobený pomocí papíru a měkké tuhy	102
			Lidské tělo v elektrickém obvodu	104
			Voltampérová charakteristika diody	106
			Magnetické pole v dutině cívky	108
			Magnetický záznam dat	110
			Určení hmotnosti atomu mědi	112
			Elektrická vodivost kapalin	114
			Změny elektrické vodivosti při rozpouštění cukru a soli	116
			Nabíjení třením (triboelektrická řada)	118
			Odráživost různě barevných povrchů	120
			Opalovací krém a ochrana proti UV záření	122
			Blikání žárovky (co lidské oko nevidí, ale počítač ano)	124
			Rozsvícení žárovky	126
			Setrvačnost oka a regulace jasu LED žárovky	128
			Měrná otáčivost opticky aktivních látek	130
			Vliv koncentrace roztoku na stáčení roviny polarizace NOVÉ	132
			Znázornění jednotlivých samohlásek mikrofonom NOVÉ	134
			Rozdíl mezi vysokým a hlubokým zvukem NOVÉ	136
			Ochrana před radiací – stínění různými materiály	138

			Ochrana před radiací – závislost na vzdálenosti	140
			Pohlcování alfa záření za sníženého tlaku	142
			Spektrum různých zdrojů světla	144
			Určení chemického složení plynu spektrometrem	146
			Fluorescence chininu	148
			Spektrum „studené“ a „teplé“ LED žárovky NOVÉ	150
			Noční režim displejů NOVÉ	152
			Spektrum světla LED žárovky – skládání barev	154

Co přináší Kuchařka jednoduchých experimentů – FYZIKA

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

Do této brožury jsme vybrali ze všech dosud publikovaných dílů Kuchařek taková měření, která jsme vyhodnotili jako vhodná pro výuku fyziky na ZŠ, SŠ a VŠ. 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.

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



chemie



fyzika



biologie

NOVÉ

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

Další varianty této brožury – CHEMIE, BIOLOGIE, ZÁKLADNÍ ŠKOLY

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

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



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

Co potřebujete, abyste mohli začít měřit

1. Software

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

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

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

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

2. Čidla Go Direct

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

Lze použít i klasická „drátová“ čidla?

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

Je datalogger LabQuest kompatibilní s čidly Go Direct?

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

Více na www.vernier.cz/LABQ3.



Školení a workshopy pro učitele

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

Nezmeškejte žádnou aktualitu

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

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

Máte tip na vylepšení nebo námět na nový experiment?

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

Potřebujete pomoc při sestavení balíčku čidel?

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

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

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

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

Katalog čidel s inspirací pro experimenty

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

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

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

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

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



Přehled čidel využitých v této Kuchařce

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

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

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

Nerezový teploměr

www.vernier.cz/GDX-TMP

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



Teploměr s velkým rozsahem

www.vernier.cz/GDX-TC

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



Bodový teploměr

www.vernier.cz/GDX-ST

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



Čidlo tlaku plynu

www.vernier.cz/GDX-GP

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



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)



Čidlo magnetického pole

www.vernier.cz/GDX-3MG

- rozsah 0 až 130 mT
- měří ve všech třech osách



Proudový zdroj a ampérmetr pro elektrochemii

www.vernier.cz/GDX-CCS

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



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, lavice)
- 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.)



Aparatura pro studium rotačního pohybu

www.vernier.cz/GDX-CFA

- hmotnost závaží 50 g až 350 g
- vzdálenost od osy 0 až 16 cm
- vyžaduje k měření úhlové rychlosti a odstředivé síly siloměr GDX-FOR



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 síly stisku ruky

www.vernier.cz/GDX-HD

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



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 koncentrace kyslíku

www.vernier.cz/GDX-O2

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



Čidlo koncentrace kyslíku

rozpuštěného ve vodě

www.vernier.cz/GDX-ODO

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



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



Hlukoměr s mikrofonom

www.vernier.cz/GDX-SND

- rozsah 55 dB až 110 dB



Přesné váhy

www.vernier.cz/OHSK-123

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



Čidlo světla (luxmetr)

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

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



Polarimetr

www.vernier.cz/GDX-POL

- přesnost určení úhlu lepší než 1°
- automatizované měření



Spektrometr

www.vernier.cz/GDX-SVISPL

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



Optické vlákno ke spektrometru

www.vernier.cz/VSP-FIBER

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



Výbojové trubice

www.vernier.cz/ST-SPS

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



Návod na připojení čidel Go Direct

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



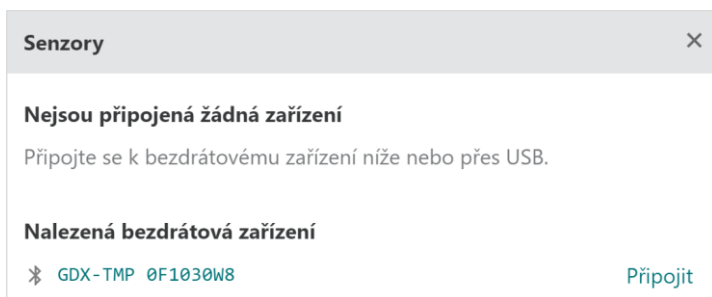
Bezdrátové připojení (Bluetooth)

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

1. Go Direct čidlo 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



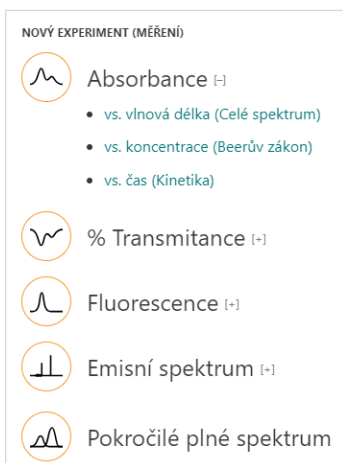
Bezdrátové připojení (Bluetooth)

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

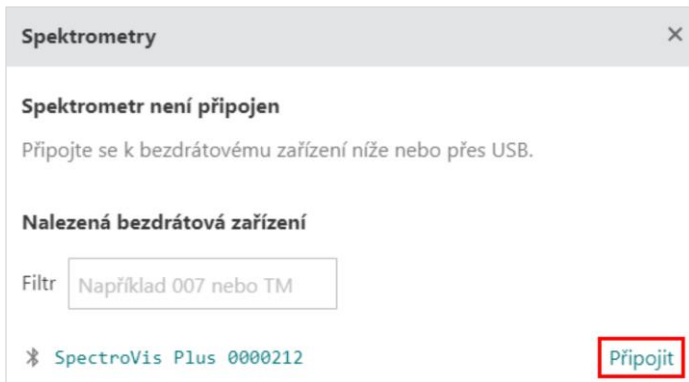
1. Spektrometr zapnete krátkým stisknutím tlačítka na boku přístroje, LED indikátor zapnutí přístroje začne zeleně svítit (pro vypnutí podržte totéž tlačítko 3 sekundy).
2. Na svém zařízení povolte Bluetooth a spusťte aplikaci Vernier **Spectral Analysis**.

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.

Návod na připojení polarimetru GDX-POL

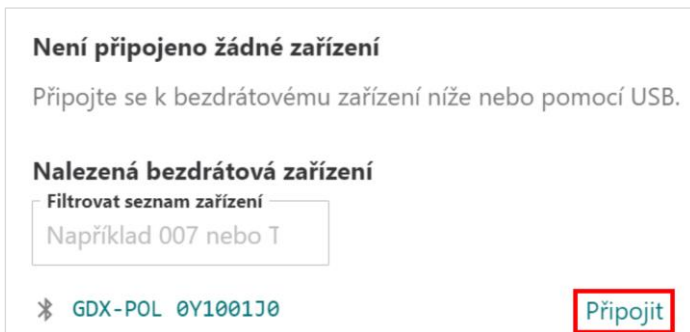
Bezdrátové připojení (Bluetooth)

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

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



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



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

Připojení přes USB

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

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

Nabíjení

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



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 popsaný princip využívá lidské tělo k ochlazování pocením. Efektivita pocení klesá se zvyšující se relativní vlhkostí vzduchu, jak ukazuje experiment na str. 30.

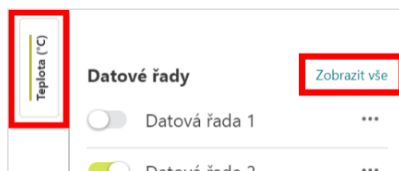
Příprava měření

1. Připravte si dvě nádoby (např. zkumavky, šálky, kelímky, kádinky), jednu naplňte do výšky několika centimetrů technickým lihem, druhou do stejné výšky vodou.
2. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojte čidlo (str. 16).
3. Klikněte na pole *Režim*, *Frekvence* v levém dolním rohu (obrázek níže), nastavte dobu měření na 100 sekund a potvrďte tlačítkem *Hotovo*.

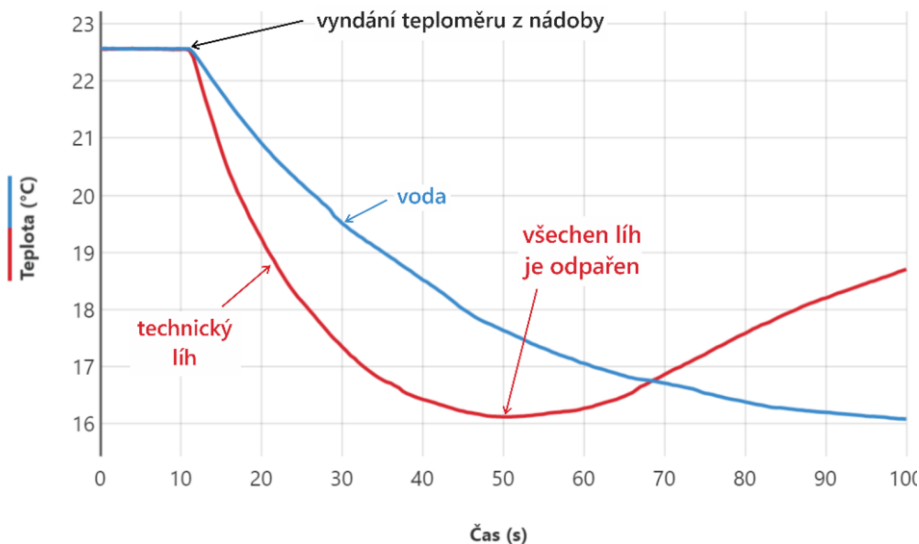


Provedení experimentu

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 měřící prvek teplotního čidla je umístěn v jeho špičce, není nutné nořit do kapaliny celé kovové tělo teploměru.
- Prozkoumejte s žáky chování dalších kapalin. Pokud použijete například bezvodý glycerol, bude se teplota namísto snižování zvyšovat. K tomuto jevu dochází díky hygroskopickým vlastnostem bezvodého glycerolu (pohlcuje vzdušnou vlhkost). S využitím glycerolu máme dobré zkušenosti – jedná se o užitečnou problémovou úlohu jak pro žáky ZŠ, tak pro úroveň SŠ a VŠ.

Chladicí směs



Pomůcky

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

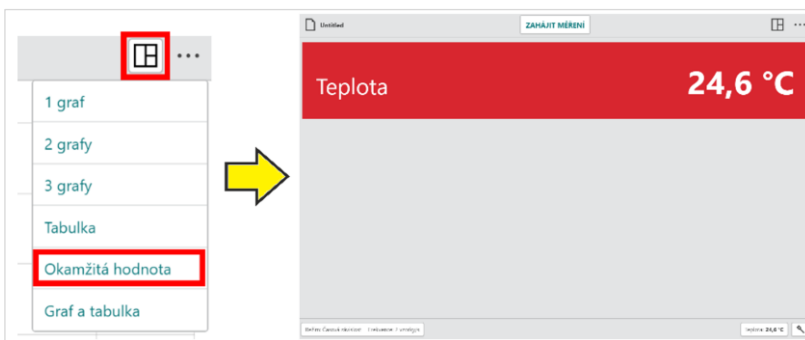
Teorie

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

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

Příprava měření

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

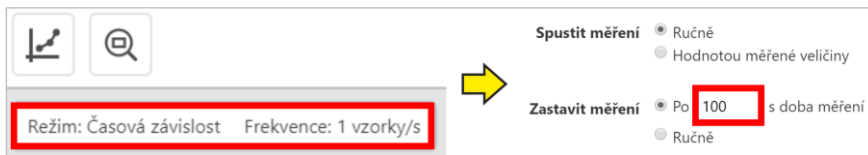
Teorie

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

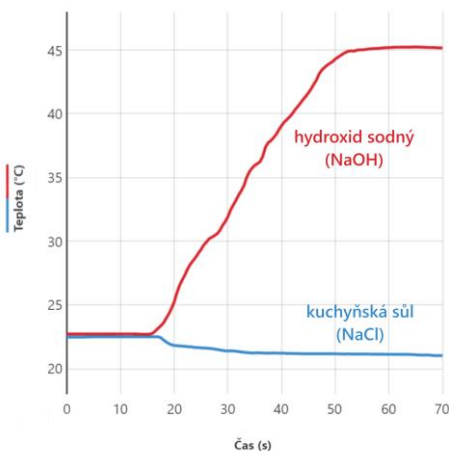
1. Do kádinky s vodou vložte teploměr a tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spustíte záznam dat.
2. Nechte měřenou teplotu ustálit a poté nasypete do vody odváženou sůl.
3. Za stálého míchání sledujte změnu teploty. Jakmile teplota přestane klesat, je veškerá sůl rozpuštěna a tlačítkem **ZASTAVIT** můžete ukončit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

Endotermický děj – rozpouštění jedlé sody ve vodě



Pomůcky

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



Teorie

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

Příprava měření

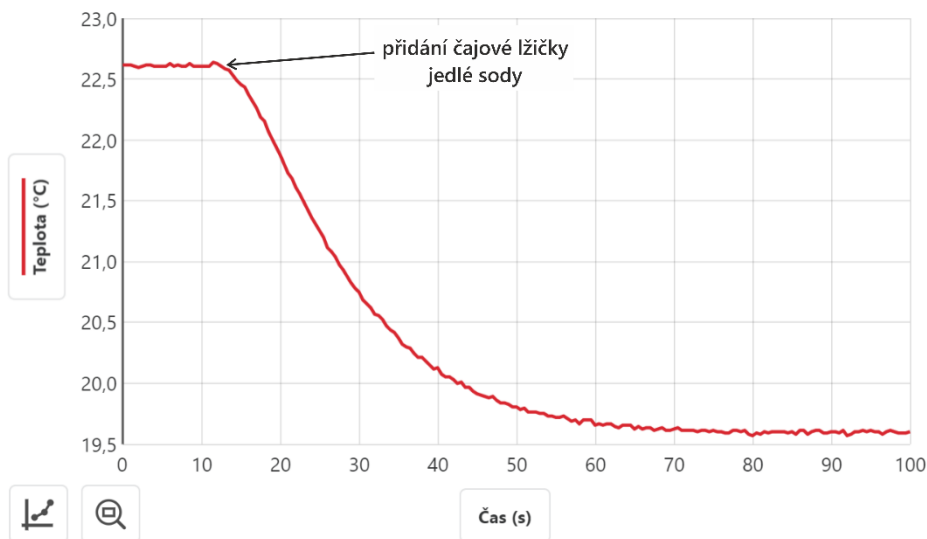
5. Sklenici naplňte do výšky 2 až 3 cm vodou o pokojové teplotě.
6. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte čidlo (str. 16).
7. Klikněte na pole *Režim*, *Frekvence* v levém dolním rohu (obrázek níže), nastavte dobu měření na 100 sekund a potvrďte tlačítkem *Hotovo*.



Provedení experimentu

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

Ukázka naměřených dat



Závěr

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

Poznámky

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

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

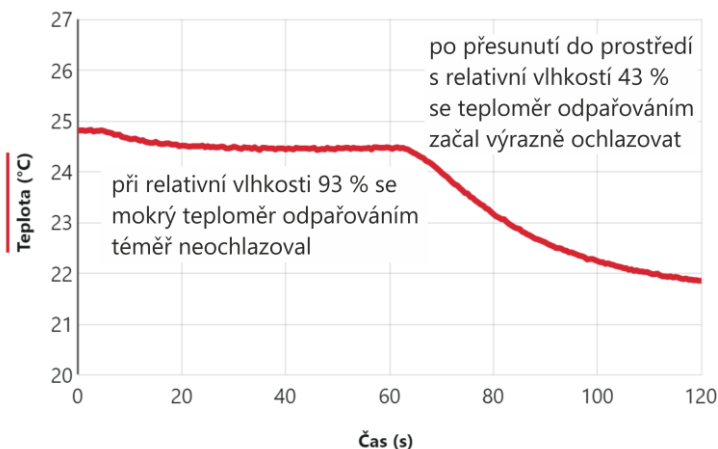
1. Ponořte tyčový teploměr do nádoby s vodou a zkontrolujte, že teplota vody se od teploty vzduchu neliší o více než 0,5 °C. Pokud je rozdíl větší, zajistěte vyrovnaní teplot mícháním s teplou/studenou vodou nebo jednoduše tím, že počkáte, až se teploty samovolně vyrovnají.
2. Část vody z nádoby přelijte 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.

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.

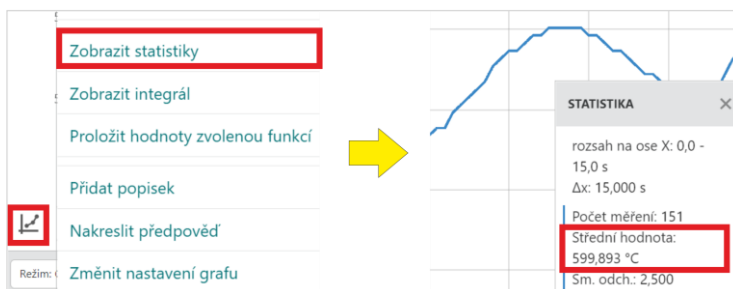
Příprava měření

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

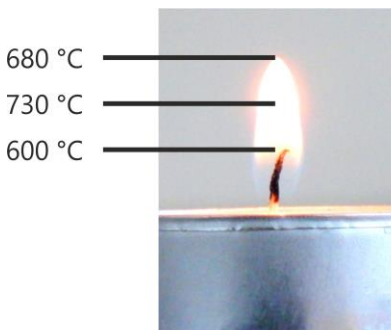
1. Zapalte svíčku a vložte konec čidla do spodní části plamene (těsně nad knot).
2. Jakmile se teplota přibližně ustálí, tlačítkem *ZAHÁJIT MĚŘENÍ* spustíte záznam dat a snažte se čidlem co nejméně hýbat. Po skončení měření čidlo z plamene vyjměte.
3. Klikněte na tlačítko vlevo dole a vyberte možnost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



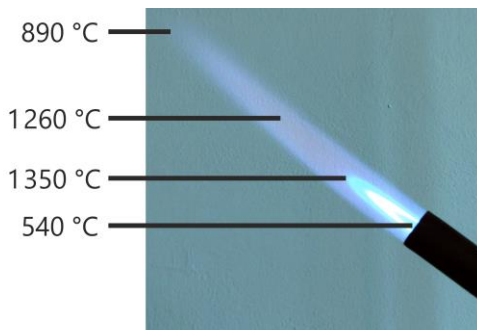
4. Nyní vložte konec čidla přibližně do poloviny výšky plamene, opět vyčkejte na ustálení teploty a spusťte záznam dat tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ**. Po skončení měření zopakujte krok 3 a získanou střední hodnotu si opět poznamenejte.
5. Takto proměřte ještě úplnou špičku plamene svíčky. Následně proveďte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

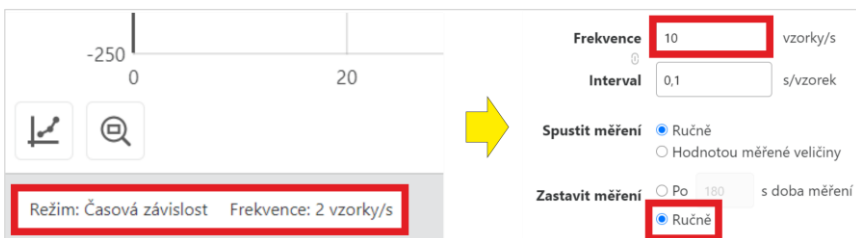
Teorie

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.

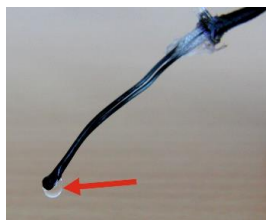
Příprava měření

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*.

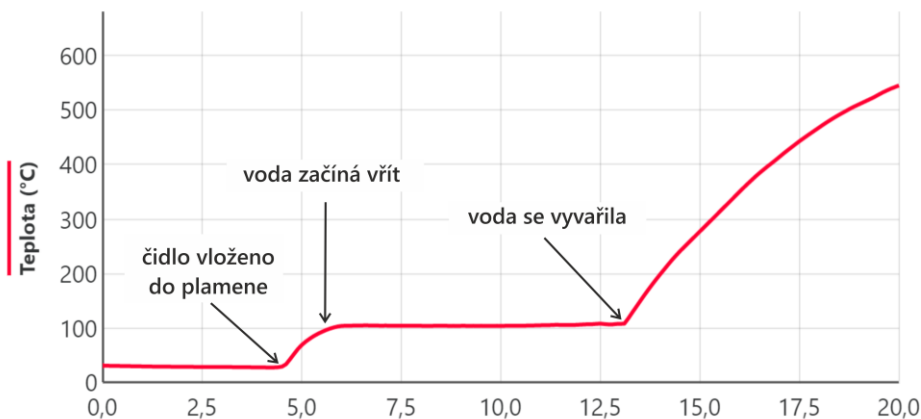


Provedení experimentu

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

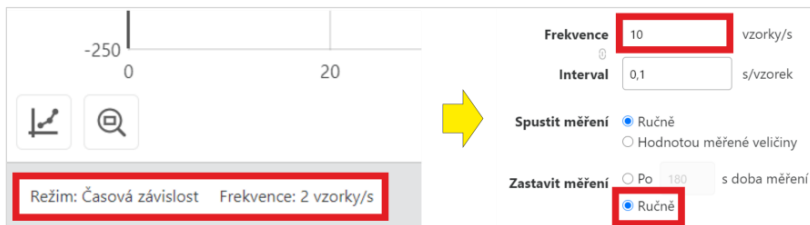
Termočláňkový teploměr Vernier GDX-TC, cín nebo pájka (slitina cínu a olova), kahan, zápalky, trojnožka s nerezovou sítkou, prázdný kovový kalíšek od čajové svíčky.

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*. Potvrďte tlačítkem *HOTOVO*.



Provedení experimentu

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



před roztavením



kapalný cín

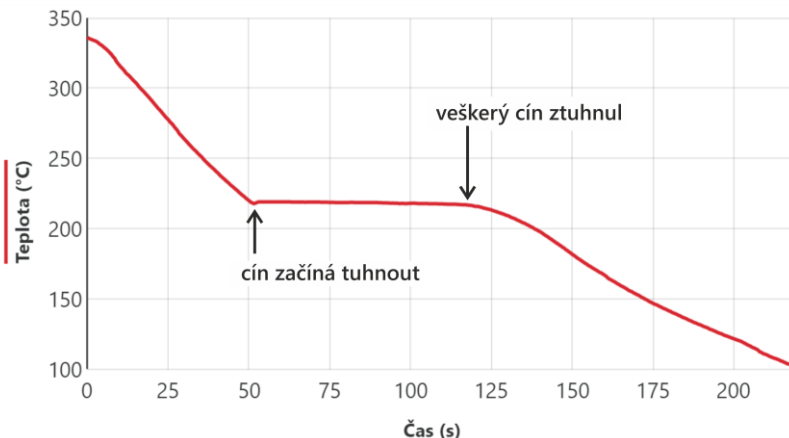


tuhnutí cínu

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

Ukázka naměřených dat

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



Závěr

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

Poznámky

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

Tuhnutí amorfní látky



Pomůcky

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

Teorie

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



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

Příprava měření

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



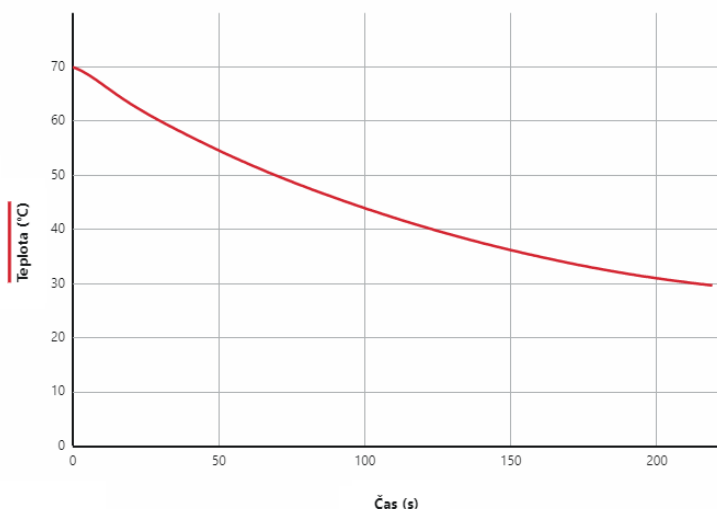
5. Přesuňte zkumavku do kádinky se studenou vodou.
6. Spustíte měření tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ**.
7. Pozorujte, jak parafín ve zkumavce postupně tuhne a jak se vyvíjí graf teploty.
8. Jakmile teplota klesne pod 30 °C, zastavte měření kliknutím na **ZASTAVIT**.



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.

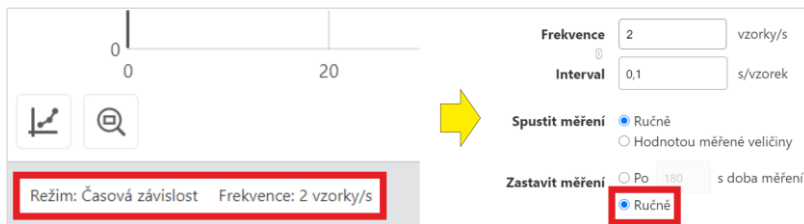
Na podobném principu lze postavit jednoduchou chladničku.

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.



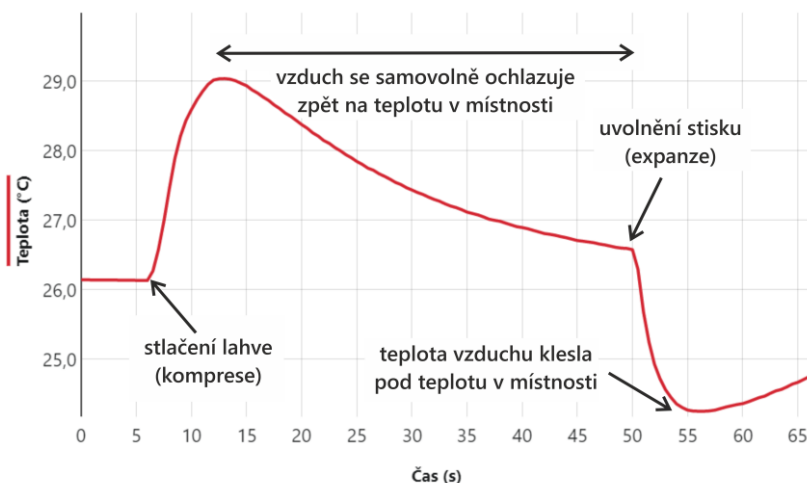
3. Klikněte na pole *Režim*, *Frekvence* v levém dolním rohu a zvolte *Zastavit měření: Ručně*. Potvrďte tlačítkem *HOTOVO*.



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 stlačíte a ponecháte stlačenou. Vzduch v lahvi se po prvotním ohřátí bude díky tepelné výměně s okolím samovolně ochlazovat. Ke stlačení nepoužívejte ruce (jsou teplé), ale vhodný předmět o pokojové teplotě – např. knihu, botu apod.
3. Po 30 až 40 sekundách stisk uvolníte (nemusíte čekat až na ustálení na pokojovou teplotu) a po dalších 10 až 15 sekundách měření ukončíte tlačítkem **ZASTAVIT**.

Ukázka naměřených dat



Závěr

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

Poznámky

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



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.

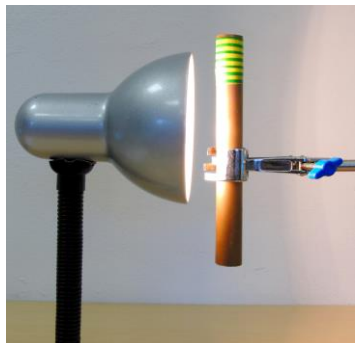
V následujícím experimentu představuje vysoký dům či komín svisle upevněná měděná trubička, po jejímž zahřátí se od stěn trubičky ohřívá i vzduch uvnitř.

Příprava měření

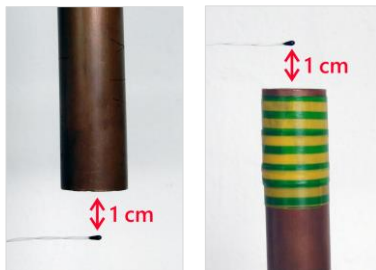
1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte čidlo (str. 16).
2. Jeden z konců trubičky viditelně označte – například barevnou lepicí páskou.
3. Připravte si stojan, pomocí kterého trubičku upnete do svislé polohy.

Provedení experimentu

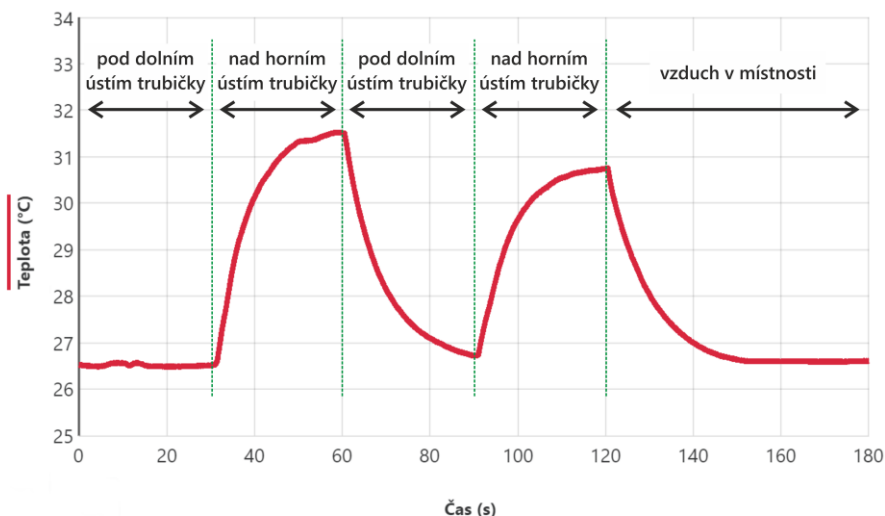
1. Zahřejte měděnou trubičku nad teplotu okolí. Ve vzorovém měření jsme trubičku zahřívali umístěním do bezprostřední blízkosti zapnuté 40W žárovky po dobu několika minut. Simulovali jsme tak zahřívání stěn budovy slunečními paprsky během dne.
2. Jakmile je trubička zahřátá, zhasněte žárovku („západ 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.

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).

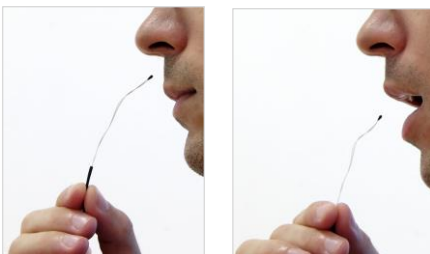
Nosní dýchací cesty mají celou řadu důležitých funkcí – mimo jiné vzduch čistí, zvlhčují a také fungují jako výměník tepla. Poměrně velká plocha nosních skořep předeřívá chladný vzduch před tím, než vstoupí do plic, kde se dále ohřívá. Dýcháme-li ústy, dostává se do krku a do plic vzduch sušší, znečištěnější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

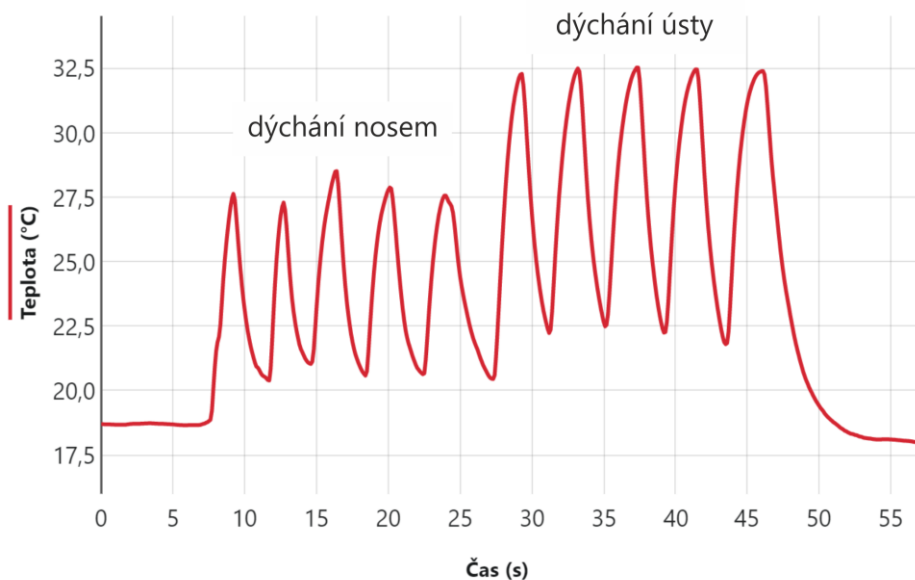
Při výdechu nosem horký vzduch z plic část tepla na nosních skořepách odevzdá zpět tělu. Vzduch vydechovaný nosem má proto nižší teplotu než vzduch vydechovaný ústy, jak ukáže následující experiment.

Provedení experimentu

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojte 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.



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*.

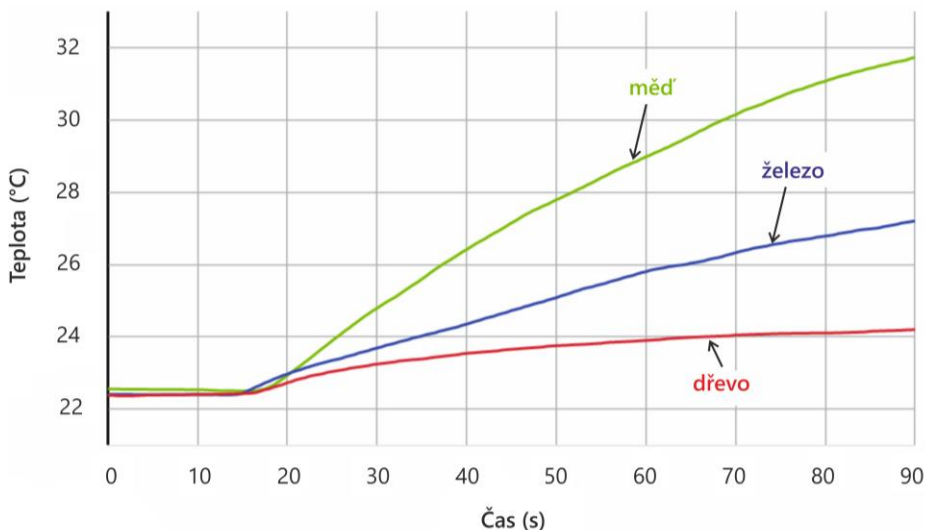
Provedení experimentu

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.



Vliv teploty na hustotu vody

Pomůcky

Bodový teploměr Vernier GDX-ST, odměrný válec nebo jiná vysoká úzká nádoba, rychlovarná konvice.

Teorie

Po nalití horké vody do nádoby rychle vzniknou oblasti s nižší teplotou vody – zejména tam, kde se voda ochladila o stěny nádoby. Chladnější voda má vyšší hustotu, proto klesá ke dnu. Teplejší voda má hustotu nižší a stoupá k hladině. Rozdíl v teplotách u dna a u hladiny přetrvává, dokud se voda i nádoba neochladí na pokojovou teplotu.

Příprava měření

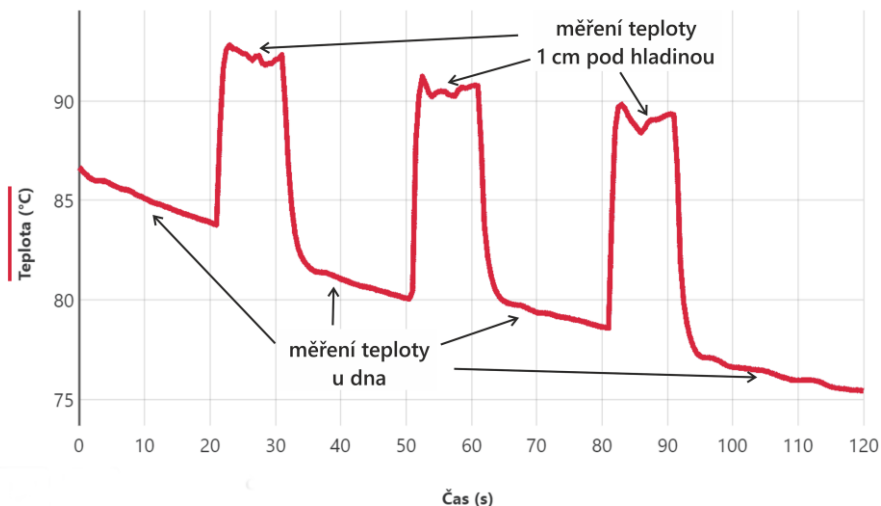
1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte čidlo (str. 16).
2. Teploměr umístíte tak, aby jeho konec ležel na dně nádoby (obrázek níže).
3. Do rychlovarné konvice nalijte dostatek vody, aby naplnila celou nádobu.

Provedení experimentu

1. Přiveďte vodu v rychlovarné konvici k varu a přelijte do nádoby.
2. Tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spustíte záznam dat.
3. Přibližně 20 sekund nechte teplotně citlivý konec čidla ležet na dně nádoby a poté jej na dobu přibližně 10 sekund vytáhněte výš, aby měřil teplotu asi 1 cm pod hladinou vody.
4. Krok 3 ještě několikrát zopakujte.
5. Tlačítkem **ZASTAVIT** měření ukončete.
6. Pro automatické nastavení měřítka grafu použijte tlačítko



Ukázka naměřených dat



Závěr

Experiment ukázal, že voda u hladiny je znatelně teplejší než voda u dna. Ve vzorovém měření byl rozdíl přibližně 10 °C. Z toho lze usuzovat, že horká voda má nižší hustotu než voda studenější – horká voda stoupá v nádobě k hladině a studená klesá ke dnu.

Poznámky

- V grafu je patrné, že teplota má klesající trend (voda postupně chladne).
- V průběhu experimentu můžete vodu v nádobě promíchat míchátkem (místo krouživých pohybů použijte pohyby vertikální). Tím se na krátko teploty u dna i u hladiny vyrovnají. Brzy lze ovšem opět pozorovat teplotní rozvrstvení.
- Experiment ukazuje, proč je při měření teploty v kapalinách důležité míchání vzorku – bez promíchávání naměříme v různých částech vzorku různé teploty.
- Při měření 1 cm pod hladinou se experimentátorovi chvěla ruka, konec čidla proto neměřil teplotu ve stále stejné hloubce, a měřená teplota tak mírně kolísala.
- Chladnutí vody je složitý proces zahrnující mnoho vlivů – ochlazování vody přes stěny nádoby, kontakt hladiny s okolním vzduchem, proudění v nádobě atd. Rozvrstvení podle teploty ale zůstává v čase poměrně stálé.
- Pokud bychom vodu ochlazovali pod teplotu 4 °C, začala by její hustota opět klesat, což bývá označováno jako *anomálie vody*. Tato mimořádná vlastnost vody v zimě výrazně zpomaluje promrzání vodních ekosystémů a umožňuje živočichům přežít v nezamrzlé vodě na dnech rybníků a jezer.

Závislost tlaku plynu na objemu



Pomůcky

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

Teorie

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

$$pV = nRT,$$

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

Příprava měření

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte čidlo (str. 16).
2. Píst plastové stříkačky nastavte tak, aby jeho prostřední ryska ukazovala objem 10 ml (obrázek vlevo). Poté stříkačku k čidlu přišroubujte (obrázek vpravo).



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

měření	
Režim	Časová závislost
Jednotky času	Počítání kapek Photogate Timing

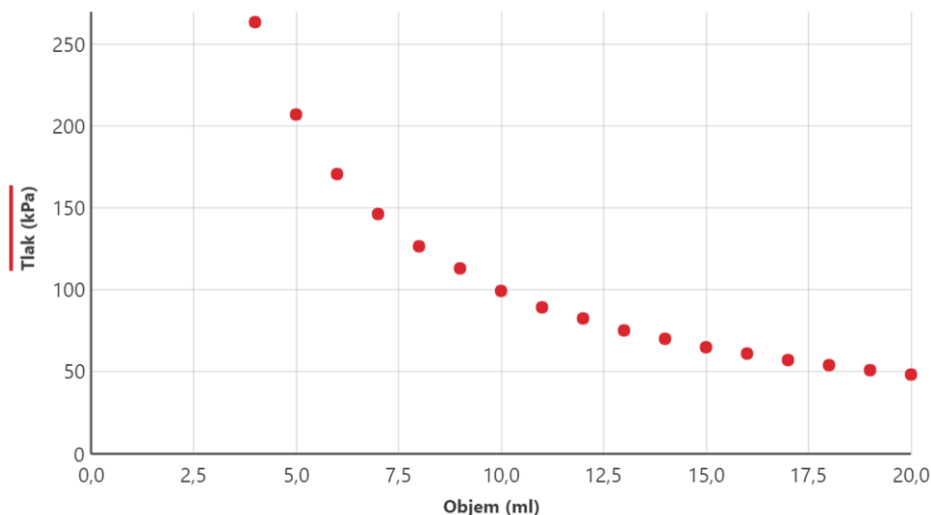
→

Režim	
Režim	Události a hodnoty
Režim jednotlivých událostí	Události a hodnoty Vybrané události
Název události	Objem
Jednotky	ml

Provedení experimentu

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

Ukázka naměřených dat



Závěr

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

Poznámky

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

Závislost tlaku plynu na teplotě



Pomůcky

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

Teorie

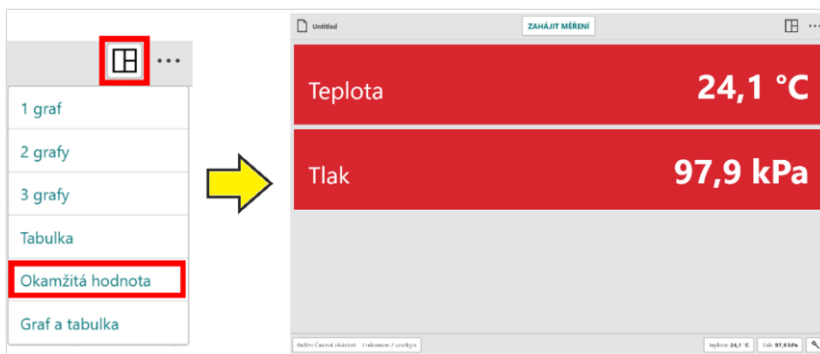
Vzduch lze za běžných podmínek přibližně považovat za tzv. ideální plyn, pro který platí stavová rovnice ve tvaru:

$$pV = nRT,$$

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

Příprava měření

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis.
2. Obě čidla v libovolném pořadí postupně připojíte (str. 16).
3. Zkumavku (resp. malou baňku) uzavřete gumovou zátkou.
4. Plastovou hadičku přišroubujete jedním koncem k závitům zátky, druhým k závitům tlakového čidla (obrázek vpravo).
5. Klikněte na ikonu  pro nastavení zobrazení vpravo nahoře a vyberte v seznamu položku *Okamžitá hodnota*.



Provedení experimentu

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



Ukázka naměřených dat

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

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

Závěr

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

Poznámky

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

Změny tlaku při chemické reakci

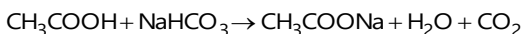


Pomůcky

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:



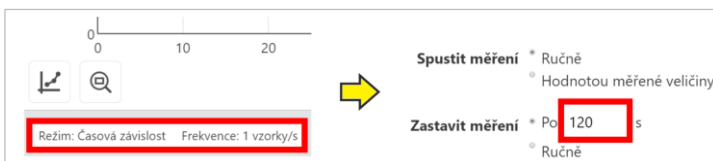
Pokud probíhá reakce v uzavřené nádobě, způsobuje produkce oxidu uhličitého růst tlaku uvnitř nádoby – cílem experimentu je proměřit tento růst.

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.



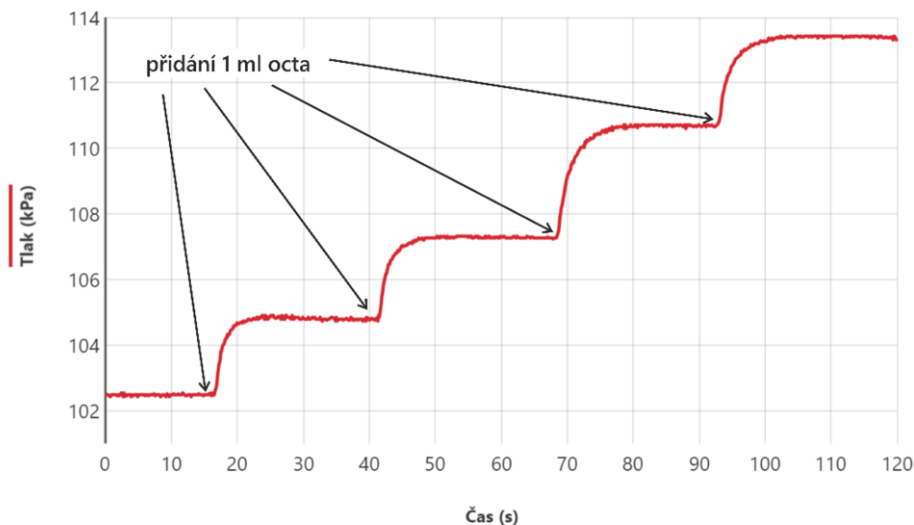
5. Klikněte na pole *Režim*, *Frekvence* v levém dolním rohu aplikace, nastavte dobu měření na 120 sekund a potvrďte tlačítkem *Hotovo*.



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.



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):

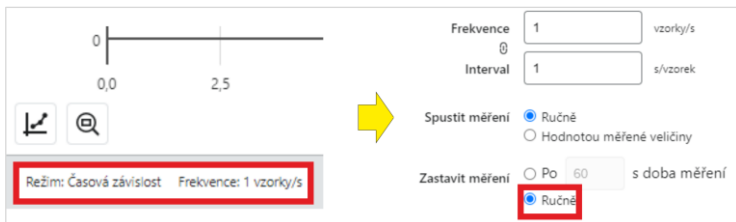
$$\Delta p = \Delta h \cdot \rho \cdot g$$

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

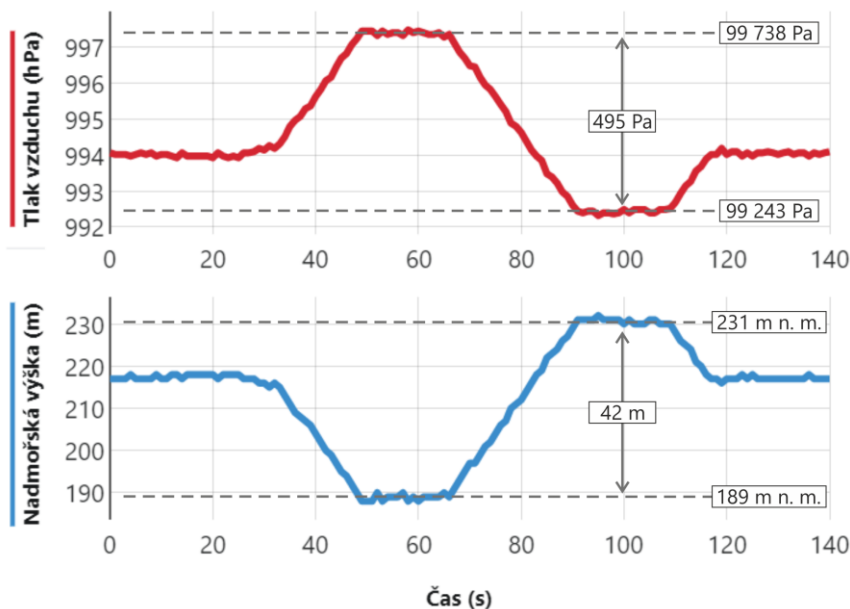
1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte čidlo (str. 16). Během připojování rozklikněte položku *Kanály*, zrušte zaškrtnutí veličiny *Rychlost větru* a zaškrtněte veličiny *Tlak vzduchu* a *Nadmořská výška*.
2. Klikněte na pole *Režim*, *Frekvence* v levém dolním rohu a zvolte *Zastavit měření: 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. 58).



Jak funguje výškoměr

Pomůcky

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

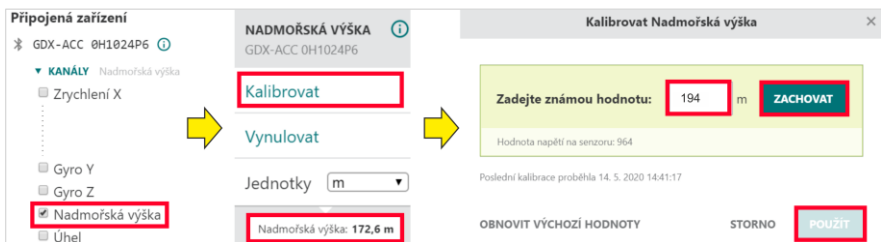
Teorie

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*.



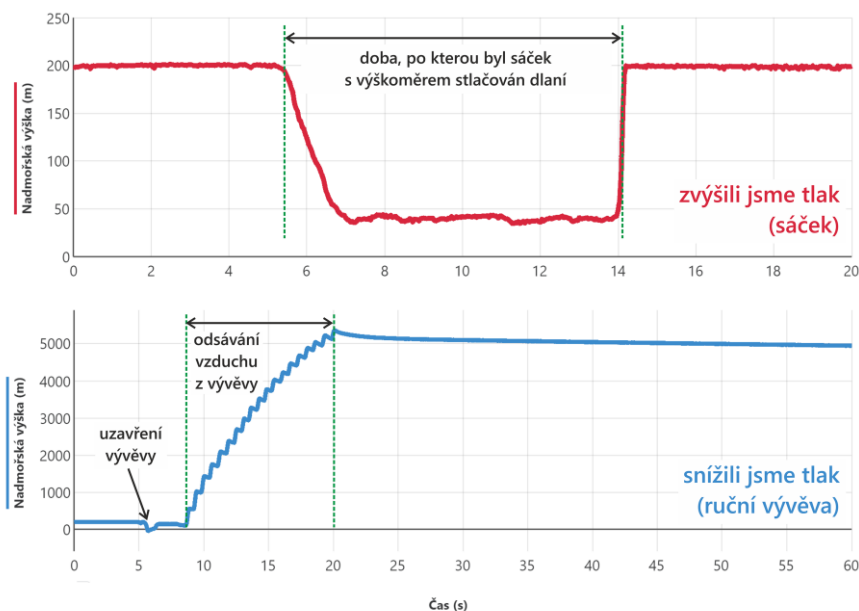
Provedení experimentu

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.



Stav beztlíže – měření s akcelerometrem

Pomůcky

Akcelerometr, gyroskop a výškoměr Vernier GDX-ACC, měkká dopadová plocha (mikina, polštář).

Teorie

Tíha je tlaková nebo tahová síla, kterou těleso působí na podložku nebo závěs. Tíhou působí například stojící člověk na podlahu pod sebou nebo horolezec na lano. Pokud takovými silami těleso na své okolí nepůsobí, nachází se v tzv. beztlížném stavu.

Cílem experimentu je ukázat, že beztlížný stav odpovídá situaci, kdy je zrychlení „pocitované“ tělesem nulové.

Co budeme měřit?

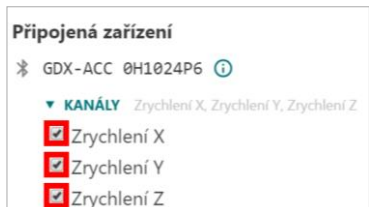
Zrychlení, které budeme v tomto experimentu měřit, není zrychlení, se kterým se těleso pohybuje vůči svému okolí – půjde o zrychlení, které těleso „pocituje“.

Člověk stojící v nehybném výtahu je v klidu, tj. jeho zrychlení vůči okolí výtahu je nulové, ale „pocitované zrychlení“ odpovídá tíhovému zrychlení g . Pokud začne výtah zrychlovat směrem vzhůru, bude pocitované zrychlení ještě vyšší a člověk bude tlačit svými podrážkami na podlahu výtahu více, než když výtah stál. Pokud výtah padá volným pádem, podrážky na podlahu tlačit přestanou a pocitované zrychlení je nulové, člověk ve výtahu pocítí beztlížný stav.

Měření „pocitovaného“ zrychlení je základem fungování akcelerometrů např. při automatickém otáčení displeje chytrých telefonů, v aplikaci „vodováha“ na telefonu, ve hrách ovládaných naklápěním tabletu apod. Akcelerometr používaný v tomto experimentu měří nezávisle „pocitované“ zrychlení ve třech vzájemně kolmých směrech.

Příprava měření

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte čidlo (str. 16). Během připojování rozklikněte položku *Kanály* a zaškrtněte první tři veličiny v seznamu: *Zrychlení X*, *Zrychlení Y*, *Zrychlení Z*.
2. Abyste si vyzkoušeli, jaké hodnoty čidlo ukazuje, postupně ho postavte na všechny jeho podstavy a sledujte údaje s aktuálními hodnotami zrychlení vpravo dole (obrázek na další straně). Všimněte si, že jde vždy o hodnotu tíhového zrychlení g se znaménkem + nebo – podle orientace čidla.





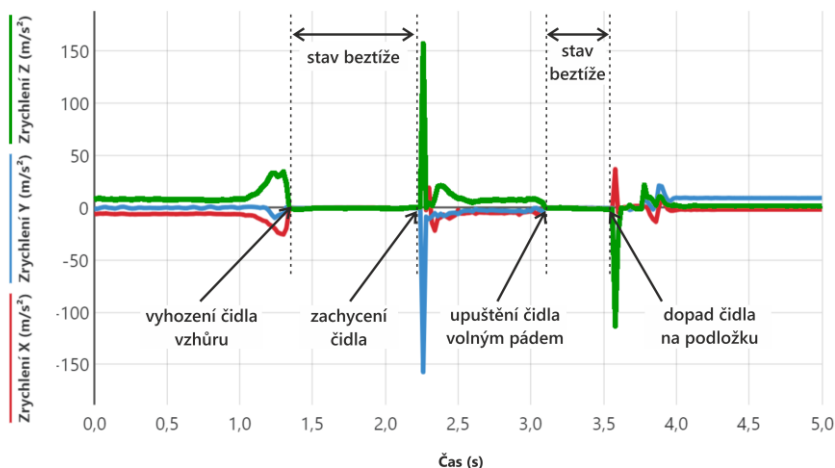
3. Klikněte na pole *Režim, Frekvence* vlevo dole a vyberte *Zastavit měření: Ručně*.

Provedení experimentu

1. Tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spustíte záznam dat.
2. Vyhodte čidlo vzhůru (aniž by se roztočilo) a opět ho zachyťte.
3. Po zachycení čidlo nakrátko podržte nehybně a poté ho nechte volným pádem spadnout na měkkou dopadovou plochu (mikina, polštář). Nikdy nenechte čidlo spadnout přímo na podlahu.
4. Tlačítkem **ZASTAVIT** měření ukončete a tlačítkem automaticky nastavte měřítko.

Ukázka naměřených dat

Pokud je těleso v beztížném stavu (let vzduchem, volný pád), pocítuje nulové zrychlení.



Poznámky

- Pokud se čidlo při vyhození vzhůru roztočí, naměří nenulové odstředivé zrychlení.
- Místo akcelerometru GDX-ACC lze použít siloměr GDX-FOR, který v sobě má rovněž integrovaný tříosý akcelerometr.



Stav beztlíže – měření se siloměrem

Pomůcky

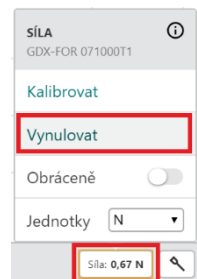
Čidlo síly a zrychlení Vernier GDX-FOR, svazek klíčů, měkká dopadová plocha (mikina, bublinková folie, polštář).

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*.

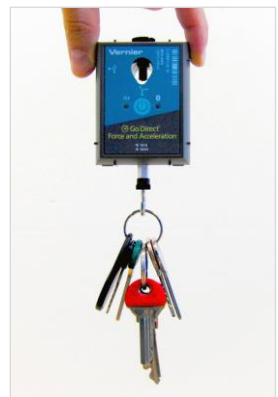


Upozornění

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.

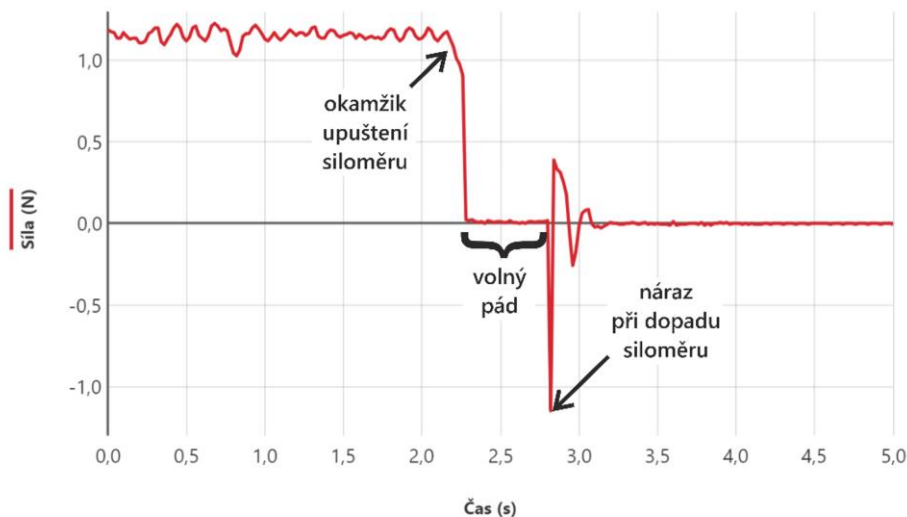
Provedení experimentu

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 beztíže.

Poznámka

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



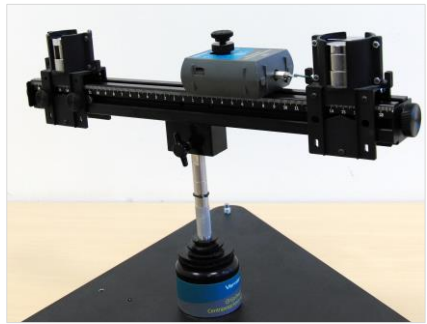
Studium odstředivé síly

Pomůcky

Aparatura pro studium rotačního pohybu Vernier GDX-CFA, siloměr Vernier GDX-FOR (obsahuje též integrovaný tříosý gyroskop a tříosý akcelerometr).

Popis aparatury + teorie

Rameno aparatury pro studium rotačního pohybu se může volně otáčet kolem své osy. Na jednom konci je umístěn pojízdný nástavec pro závaží, na opačném konci jsou umístěna protizávaží.



Hmotnost m nástavce se závažími lze nastavit s krokem 50 g v rozsahu 50–350 g (samotný nástavec váží 50 g).

Pojízdný nástavec lze háčkem připevnit k siloměru. Volbou místa upevnění čidla lze nastavit vzdálenost r závaží od osy otáčení.

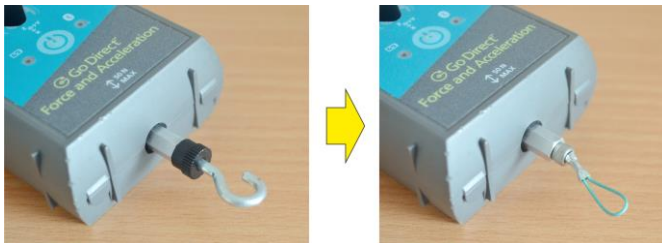
Úhlovou rychlost ω změří gyroskop zabudovaný v čidle GDX-FOR, které současně změří i velikost odstředivé síly.

Cílem experimentu je ukázat, že velikost odstředivé síly je přímo úměrná druhé mocnině úhlové rychlosti a že konstantou úměrnosti je součin $m \cdot r$.

$$F = m \cdot r \cdot \omega^2$$

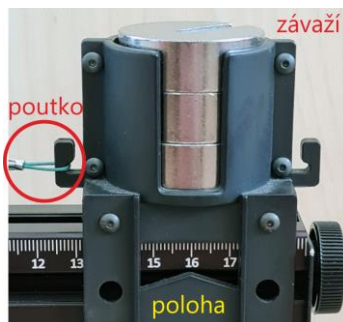
Příprava aparatury

1. Odšroubujte háček siloměru a místo něj připevněte k čidlu poutko dodávané s aparaturou GDX-CFA.



2. Do pojízdného nástavce pro závaží dejte maximální zátěž (tři 100g závaží).

3. Poutko siloměru zahákněte za háček pojízdného nástavce a siloměr upevněte tak, aby šipka nástavce ukazovala na hodnotu 16 cm.
4. Zbylá závaží (100 g + 50 g + 50 g) umístěte jako protizávaží na opačném konci.
5. Pomocí tří šroubovacích nožiček vyrovnejte aparaturu do vodorovné polohy tak, aby se rameno samovolně neroztáčelo při libovolné výchozí pozici.

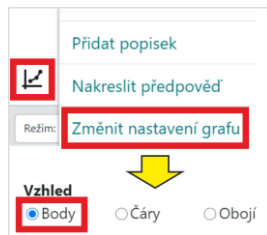


Příprava měření

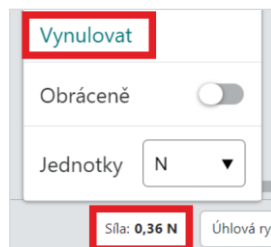
1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte čidlo GDX-FOR (str. 16). Během připojování rozklikněte položku *Kanály* a přidejte (zaškrtněte) *Gyro Z*.
2. Klikněte na pole *Režim*, *Frekvence* v levém dolním rohu, nastavte frekvenci měření na 1 vzorek/s a zvolte *Zastavit měření: Ručně*. Potvrďte tlačítkem *HOTOVO*.



3. Klikněte na tlačítko  vlevo dole, vyberte položku *Změnit nastavení grafu* a v části *Vzhled* zvolte *Body*.



4. Klikněte na okamžitou hodnotu síly v pravém dolním rohu a vyberte možnost *Vynulovat*.



Přidání nové veličiny

1. Klikněte na tlačítko  v pravém horním rohu aplikace a vyberte *1 graf*.
2. Klikněte na název svislé osy, poté na tři tečky a v menu vyberte *Přidat dopočítávanou veličinu*.
3. Do pole *Název* napište *Kvadrát úhlové rychlosti*.
4. Klikněte na tlačítko *VLOŽTE VÝRAZ*, vyberte $X \cdot Y$ a za obě dvě veličiny zvolte *Úhlovou rychlost*. Potvrďte tlačítkem *POUŽÍT*.



5. Kliknutím na názvy os nastavte na svislé ose *Síla* a na vodorovné ose nově vytvořenou veličinu *Kvadrát úhlové rychlosti*.

Provedení experimentu

1. Uchopte mezi palec a ukazováček svislou tyč aparatury a postupně ji roztočte proti směru hodinových ručiček na úhlovou rychlost přibližně 15 rad/s (okamžitou úhlovou rychlost můžete sledovat v pravém dolním rohu).
2. Tlačítkem *ZAHÁJIT MĚŘENÍ* spustíte záznam dat a nechte otáčející se rameno samovolně zpomalovat.
3. Jakmile úhlová rychlost klesne pod 7 rad/s, zastavte měření tlačítkem *ZASTAVIT*.

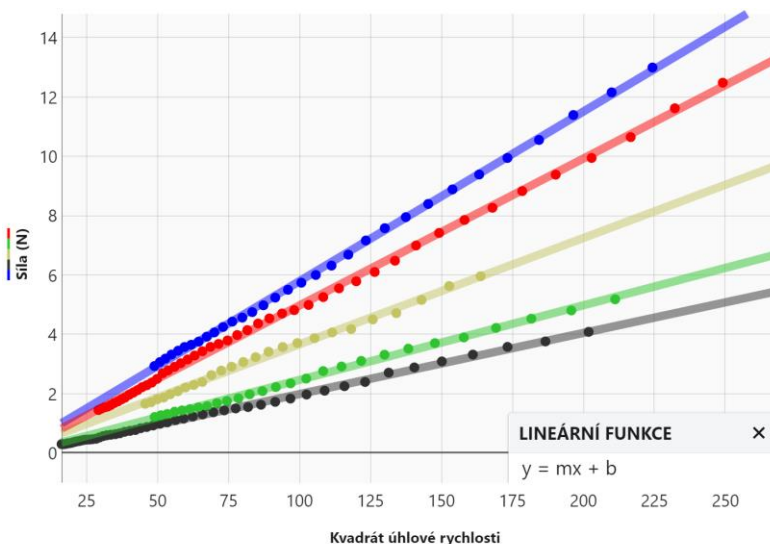
Zpracování naměřených dat

1. Klikněte na tlačítko  v levém dolním rohu. Vyberte *Proložit hodnoty zvolenou funkcí*, v seznamu funkcí zvolte *Lineární funkce* a potvrďte tlačítkem *POUŽÍT*.
2. Porovnejte experimentální hodnotu směrnice s výpočtem (software směrnici automaticky označuje písmenem *m*, nejde ale o hmotnost, je to pouze označení parametru).

$y = mx + b$
m: 0.0571
 b: 0.08858
 r: 0.9997
 Sm. odch.: 0.07261

Ukázka naměřených dat

Ukázkové měření jsme provedli pro různé kombinace hmotností a vzdáleností od osy.



Různé kombinace hmotností a vzdáleností od osy otáčení					
číslo měření	1	2	3	4	5
m [kg]	0,35	0,30	0,35	0,15	0,25
r [m]	0,16	0,16	0,10	0,16	0,08
$m \cdot r$ [kg·m] (výpočet)	0,056	0,048	0,035	0,024	0,020
směrnice [kg·m] (měření)	0,057	0,050	0,036	0,025	0,021

Závěr

Velikost odstředivé síly je přímo úměrná druhé mocnině úhlové rychlosti. Teoretické hodnoty konstanty úměrnosti $m \cdot r$ se od naměřených hodnot lišily o jednotky procent.



Statické a dynamické smykové tření

Pomůcky

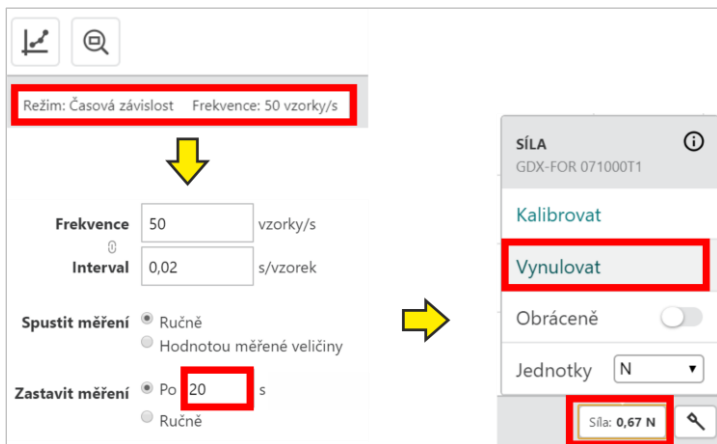
Čidlo síly a zrychlení Vernier GDX-FOR, nit nebo tenký provázek, tlustší kniha.

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.

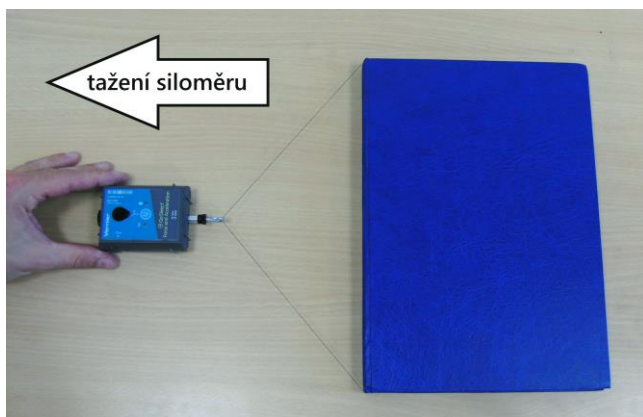
Příprava měření

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*.

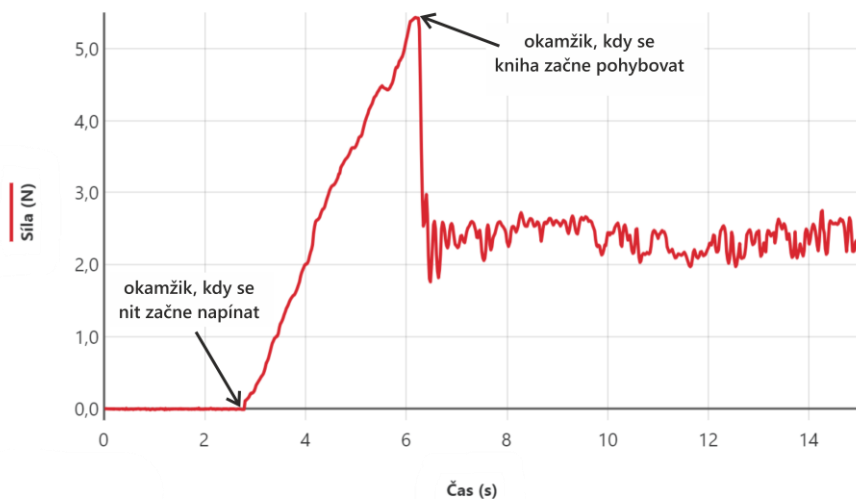


Provedení experimentu

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.



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. 80.

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.

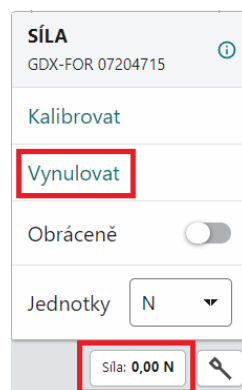
Osvědčilo se nám konec vlasu jednoduše namotat na háček a zafixovat kouskem izolepy jako na obrázku vpravo.

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



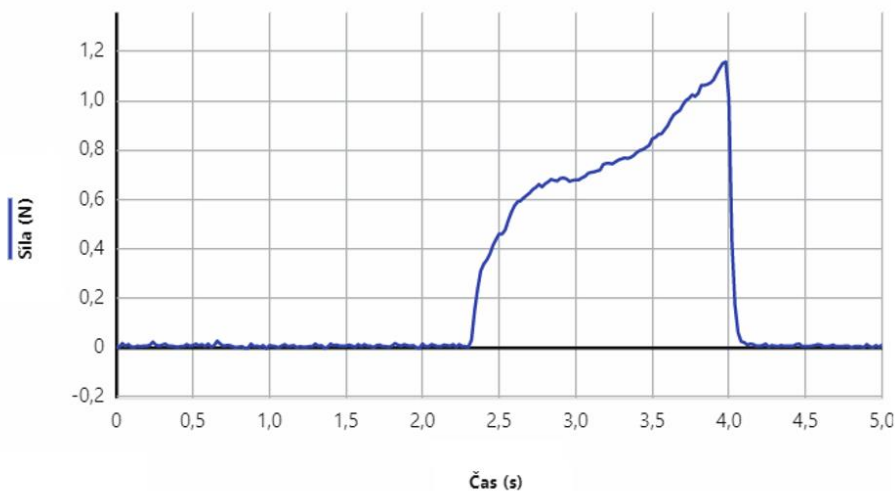
Provedení experimentu

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojte 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).



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).

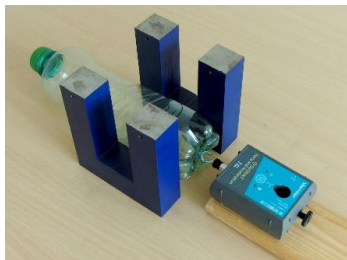
Předstartovní příprava „rakety“

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 zažehávání 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).

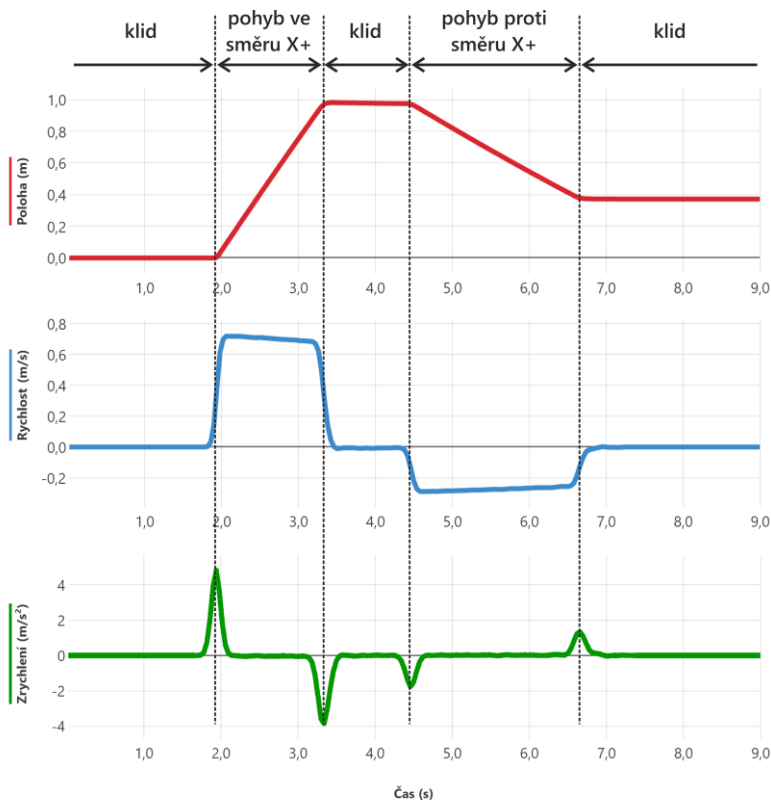
Příprava měření

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*.



Druhý Newtonův zákon – zákon síly

Pomůcky

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

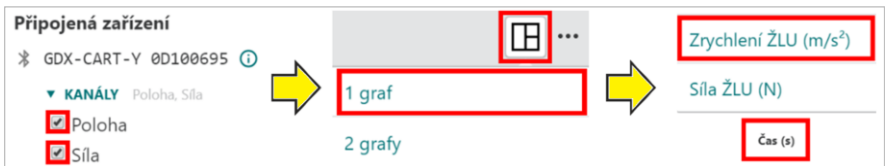
Teorie

Cílem experimentu je ilustrovat *druhý Newtonův zákon* známý také jako *zákon síly*.

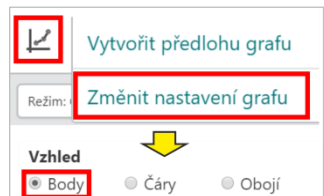
Těleso o hmotnosti m se působením celkové síly $\vec{F}$ pohybuje se zrychlením $\vec{a}$. Zrychlení a výsledná síla mají stejný směr a jsou si přímo úměrné podle vztahu $\vec{F} = m\vec{a}$.

Příprava měření

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte vozík (str. 16). Během připojování rozklikněte položku *Kanály* a zaškrtněte veličiny *Poloha* a *Síla*.
2. Klikněte na tlačítko pro nastavení zobrazování vpravo nahoře a vyberte *1 graf*.
3. Klikněte na popisek vodorovné osy *Čas* a vyberte možnost *Zrychlení*.

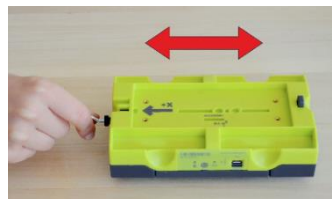


4. Klikněte na tlačítko  vlevo dole, vyberte *Změnit nastavení grafu* a v části *Vzhled* zvolte možnost *Body*.
5. Klikněte na pole *Režim, Frekvence* v levém dolním rohu aplikace a vyberte *Zastavit měření: Ručně*.



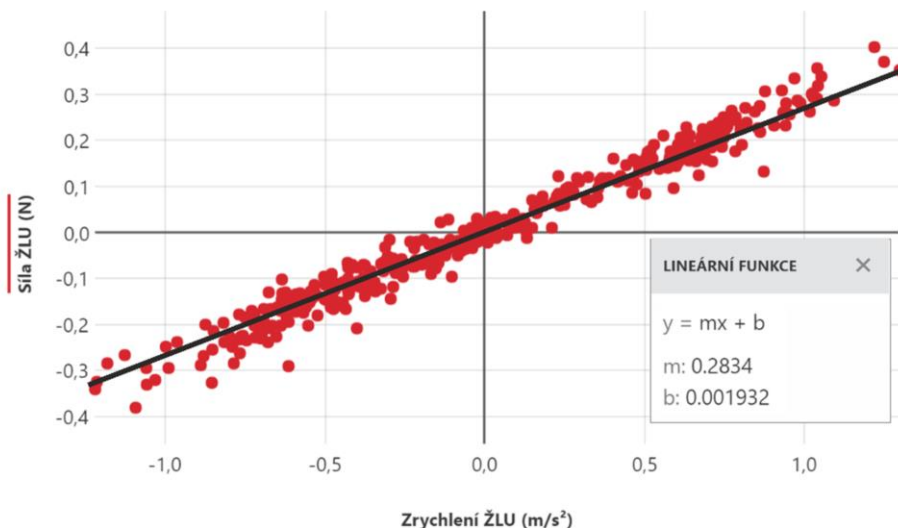
Provedení experimentu

1. Na vozík přišroubujte kovový háček.
2. Vozík postavte na rovnou plochu tak, aby se nerozjížděl. Používáte-li dráhu TRACK, můžete ji vyrovnat pomocí šroubů.
3. Klikněte na aktuální hodnotu síly (vpravo dole) a vyberte možnost *Vynulovat*.
4. Tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spustíte záznam dat a uchopíte vozík za háček siloměru. Několikrát popojedte vozíkem sem a tam střídavým tlačením a tažením. Nebojte se popojíždět i razantněji, aby v měření byla zastoupena různě velká zrychlení.
5. Tlačítkem **ZASTAVIT** měření ukončete.



6. Tlačítkem  automaticky nastavte měřítko.
7. Na závěr klikněte na tlačítko  vlevo dole, vyberte možnost *Proložit hodnoty zvolenou funkcí* a proložte data lineární funkcí (přímkou).

Ukázka naměřených dat



Závěr

Z naměřených výsledků je zřejmé, že mezi silou způsobující pohyb vozíku a zrychlením vozíku je vztah přímé úměrnosti.

Poznámky

- Hodnota m v rovnici $y = mx + b$ má význam hmotnosti (v kilogramech). Hmotnost vozíku zjištěná touto metodou je tedy přibližně 283 g. Vozík jsme pro kontrolu zvážili také na klasických vahách – naměřili jsme hmotnost 284 g.
- Měření lze opakovat se zatíženým vozíkem. Velmi názorné je přidat kilogramové závaží, konstanta úměrnosti tím vzroste o hodnotu 1. Závaží na vozík připevněte kouskem izolepy, aby se po vozíku nesmýkalo (měření by to znehodnotilo).
- Tímto způsobem lze vážit tělesa i v beztížném prostředí. Ke zjišťování hmotnosti je totiž využita setrvačnost těles, nikoliv gravitace.
- Měření lze provést na libovolné vodorovné ploše, tj. i bez dráhy Vernier TRACK.



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*.

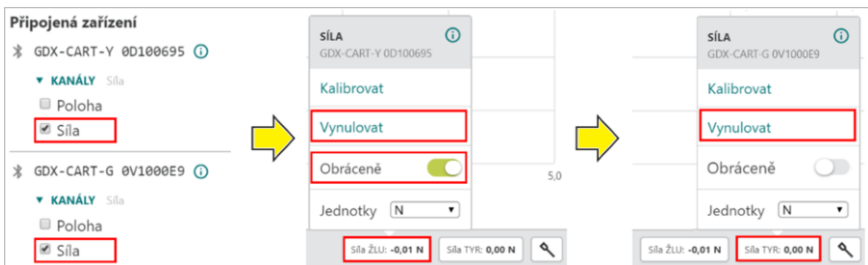
Působí-li jedno těleso na druhé silou, působí také druhé těleso na první stejně velkou silou opačného směru. Tyto síly společně vznikají a zanikají, ale neruší se, protože každá působí na jiné těleso.

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.



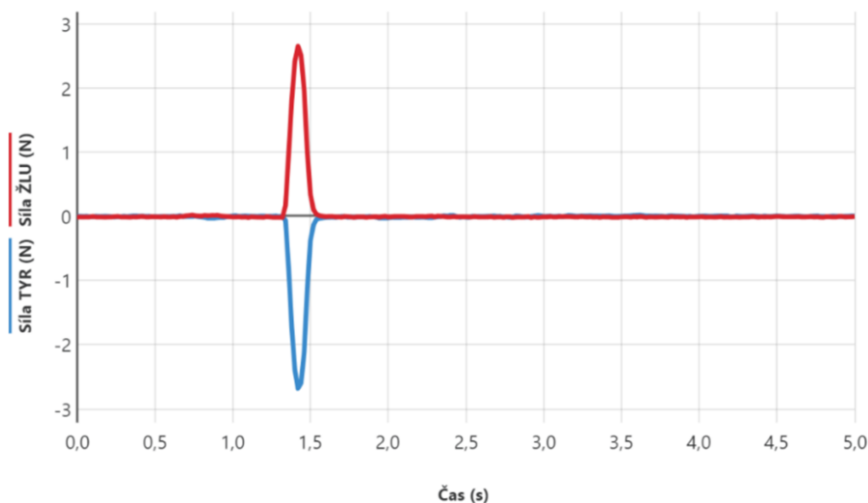
4. Postupně klikněte na obě políčka v pravém dolním rohu aplikace, která ukazují aktuální hodnoty síly, a pro obě zvolte možnost *Vynulovat*. Pro jedno z políček (nezáleží na tom, které to bude) zaškrtněte navíc také možnost *Obráceně*.



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.



Určení rychlosti diabolky ze zákona zachování hybnosti

Pomůcky

Vozík Vernier GDX-CART (vzorový experiment byl proveden s tyrkysovým vozíkem, proto je za některými popisky zkratka TYR), vzduchovka na diabolky, plastový kelímek, modelína, váhy (citlivost 0,1 g).



Teorie

Pokud vystřelíme diabolku o hmotnosti m_1 rychlostí v_1 , její hybnost bude $p_1 = m_1 \cdot v_1$. Při zachycení diabolky do modelíny umístěné na vozíku dojde k tzv. nepružné srážce (diabolka se neodrazí). Naložený vozík o hmotnosti m_2 se dá do pohybu rychlostí v_2 s hybností $p_2 = (m_1 + m_2) \cdot v_2$. Ze zákona zachování hybnosti plyne rovnost $p_1 = p_2$, odkud lze určit rychlost diabolky $v_1 = \frac{(m_1 + m_2) \cdot v_2}{m_1}$. K výpočtu je tedy potřeba znát rychlost vozíku těsně po výstřelu a také hmotnost naloženého vozíku i diabolky.

Příprava vozíku a lapače diabolek

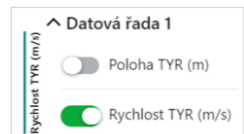
K zachycení diabolky použijte plastový kelímek naplněný modelínou (tloušťka vrstvy aspoň 5 cm). Tento lapač diabolku spolehlivě zastaví a je možné využívat jej opakovaně.

Vozíky Vernier se obvykle používají na kovové dráze TRACK. Aby při odložení z dráhy na stůl nechtěně nepojížděly a nespadly, jsou na spodní straně vybaveny odnímatelnou gumovou brzdou (obrázek vpravo). Brzda nebrání v pohybu po dráze TRACK, ale při experimentování na stole je třeba ji mírným tahem vyjmout. Po skončení experimentu ji zase vtlačte na místo.



Příprava měření

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte vozík (str. 16).
2. Klikněte na pole *Režim, Frekvence* v levém dolním rohu a zvolte *Zastavit měření: Ručně*. Potvrdíte tlačítkem *HOTOVO*.
3. Klikněte na tlačítko  vpravo nahoře a vyberte *1 graf*.
4. Nakonec klikněte na popisek svislé osy, zrušte zaškrtnutí u položky *Poloha TYR* a zaškrtněte položku *Rychlost TYR*.



Provedení experimentu

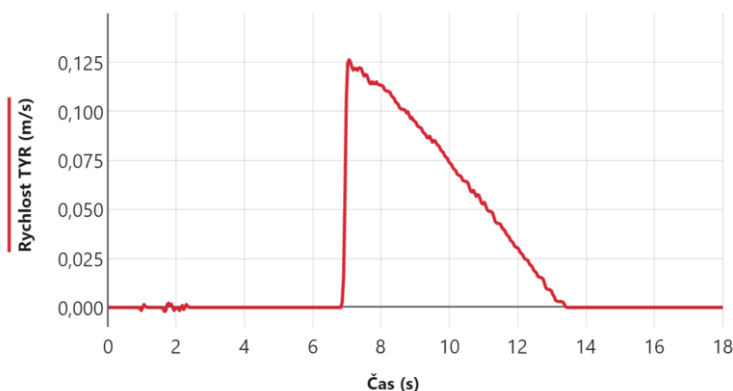
1. Zvažte dohromady vozík s lapačem a zvlášť diabolku. Obě hmotnosti si запиšte.
2. Lapač umístěte na vozík (ten se po výstřelu rozjede ve směru šipky +X). Zapřením lapače o nízkou vnitřní stěnu vozíku zamezíte nežádoucímu vzájemnému pohybu.
3. Nabijte zbraň a tlačítkem *ZAHÁJIT MĚŘENÍ* spustíte záznam dat.

4. Zamiřte z bezprostřední blízkosti do lapače. Hlaveň přitom držte **rovnoběžně** s deskou stolu (jako na obrázku).
5. Zmáčknete spoušť a následně tlačítkem ZASTAVIT ukončete probíhající měření.
6. Ze získaného grafu odečtete maximální velikost rychlosti těsně po zásahu.



Ukázka naměřených dat

Vozík se rozjel v čase přibližně 7 s, jeho rychlost byla kladná a postupně klesala k nule, jak vozík kvůli tření zastavoval. Maximální rychlost těsně po zásahu byla 0,126 m/s.



Závěr

Ve vzorovém experimentu byly naměřeny následující hodnoty: $m_1 = 1 \text{ g}$, $m_2 = 517 \text{ g}$, $v_2 = 0,126 \text{ m/s}$. Odtud lze rychlost diabolky spočítat následujícím způsobem:

$$v_1 = \frac{(m_1 + m_2) \cdot v_2}{m_1} = \frac{(1 + 517) \cdot 0,126}{1} \frac{\text{m}}{\text{s}} \doteq 65 \frac{\text{m}}{\text{s}} \doteq 230 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Poznámky

- Při experimentu je třeba dbát na bezpečnost a dodržování platné legislativy. Se zbraní vždy zacházejte tak, jako kdyby byla nabitá. **Nikdy nemiřte do prostoru, kde jsou lidé.** Nedotýkejte se spouště, dokud není zbraň namířena proti lapači.
- Pro různé typy zbraní a různé diabolky můžete naměřit značně rozdílné rychlosti, běžně se pohybují zhruba mezi 50 m/s a 150 m/s.



Tuhost pružiny

Pomůcky

Vozík se zabudovanými čidly Vernier GDX-CART (vzorový experiment byl proveden se žlutým vozíkem, proto je za některými popisky zkratka *ŽLU*), pružina, volitelně stojan na upevnění pružiny (není nutný, lze držet i rukou). Doporučujeme použít dráhu Vernier TRACK (vozík i dráha jsou součástí soupravy DTS-GDX).

Teorie

Natáhneme-li pružinu z klidové polohy o délku y , vyvoláme tím sílu pružnosti $\vec{F}$, která se snaží pružinu vrátit do její výchozí klidové délky. Velikost této síly závisí na tuhosti pružiny k a je přímo úměrná aktuálnímu prodloužení pružiny dle vztahu $F = ky$.

Příprava měření

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte vozík (str. 16). Během připojování rozkliknete položku *Kanály* a zaškrtnete veličiny *Poloha* a *Síla*.
2. Klikněte na tlačítko  vpravo nahoře a vyberte *1 graf*.
3. Klikněte na popisek vodorovné osy *Čas* a změňte veličinu na *Poloha*.



4. Klikněte na pole *Režim, Frekvence* v levém dolním rohu aplikace a vyberte *Zastavit měření: Ručně*.
5. Abyste ideálně využili plochu grafu, klikněte na tlačítko  vlevo dole, zvolte *Změnit nastavení grafu* a upravte rozsahy os. Pro námi použitou pružinu jsme předpokládali, že prodloužení nepřesáhne 0,10 m a síla nepřesáhne 3 N.



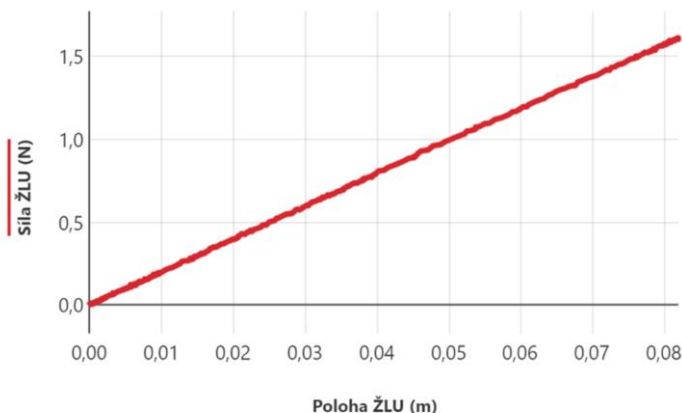
Provedení experimentu

1. Pružinu upevněte tak, aby se natahovala ve vodorovném směru. Jeden její konec připevněte ke stojanu (případně uchopte rukou), druhý připojte k háčku, který je přišroubovaný k vozíku.
2. Posuňte vozík tak, aby byla pružina nepatrně napnutá (aby se neprohýbala). V tomto stavu klikněte na aktuální hodnotu síly vpravo dole a zvolte *Vynulovat*. Totéž udělejte i pro polohu, kde navíc zaškrtněte možnost *Obráceně*, aby kladné hodnoty změny polohy odpovídaly kladným hodnotám měřené síly.



3. Tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spustíte záznam dat a pohybem vozíku zvolna natáhněte pružinu o několik centimetrů. Kliknutím na **ZASTAVIT** ukončete měření.
4. Je-li to potřeba, tlačítkem  upravte měřítko grafu.

Ukázka naměřených dat



Poznámky

- Měření lze provést na libovolné rovné ploše, tj. i bez dráhy Vernier TRACK.
- Stojan musí být pevně zafixován, aby se při natahování pružiny neposouval. Pružina musí být umístěna vodorovně, tj. oba její konce ve stejné výšce.
- Je vhodné pracovat ve dvojici – jedna osoba obsluhuje pomůcky, druhá aplikaci.



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 brzdné 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.

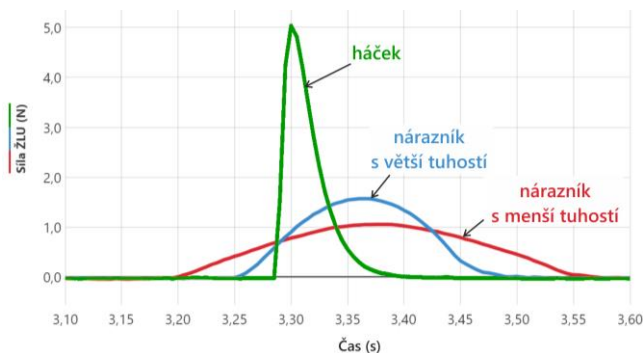


Provedení experimentu

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.



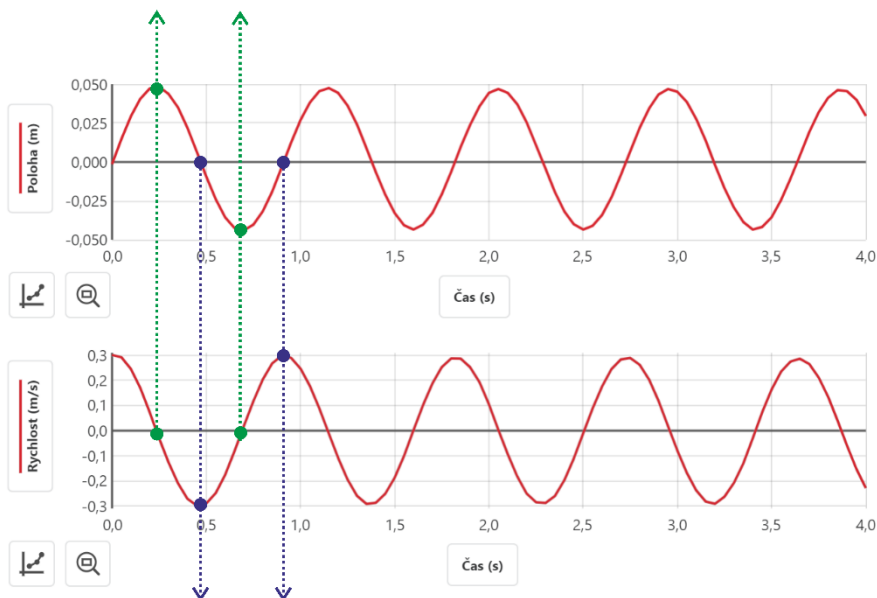
Provedení experimentu

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 rozkvyje 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.

Příprava CO₂ a zhasení svíčky nedostatkem kyslíku

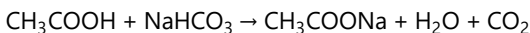


Pomůcky

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

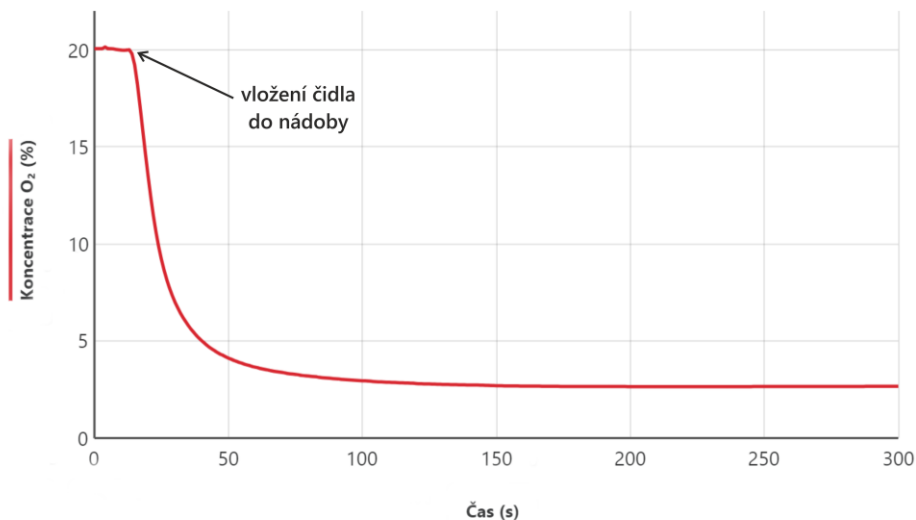
1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte čidlo (str. 16).
2. Do plastové nádobky nalijte trochu octa, max. do výšky 1 cm.

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. Zapalte svíčku a pomalu k ní hrdlo nádobky z boku přiblížte. Oxid uhličitý na svíčku vylijte. Svíčka zhasne.



Ukázka naměřených dat



Závěr

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

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

Poznámky

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



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.

Rychlost difuze kyslíku do vody



Pomůcky

Čidlo koncentrace rozpuštěného kyslíku Vernier GDX-ODO, stojan, magnetická míchačka Vernier STIR, rychlovarná konvice, velká kádinka, hrnec, víčka na zakrytí vodní hladiny (osvědčila se víčka od marmelády a víčka od PET lahví).

Cíl experimentu

Cílem experimentu je ukázat, že rychlost difuze kyslíku ze vzduchu do vody závisí na velikosti povrchu volné hladiny.

Příprava měření

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojte čidlo (str. 16). Během připojování rozklikněte položku *Kanály* a přidejte (zaškrtněte) veličinu *Teplota*.
2. Klikněte na tlačítko  pro nastavení zobrazování vpravo nahoře a vyberte *1 graf*. Pokud se na svislé ose zobrazuje *Teplota*, klikněte na popisek svislé osy a vyberte veličinu *Koncentrace*. Informaci o okamžité teplotě můžete i nadále sledovat v malém okně vpravo dole. Poznamenejte si aktuální teplotu vzduchu v místnosti.
3. Klikněte na pole *Režim*, *Frekvence* v levém dolním rohu, nastavte dobu měření 900 sekund a interval měření 5 sekund. Potvrďte tlačítkem *HOTOVO*.

Příprava experimentu

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

1. Do hrnce nalijte studenou vodu – bude sloužit jako chladicí lázeň.
2. Před zahájením experimentu vodu převařením zbavte většiny rozpuštěného kyslíku. Nechte vodu v rychlovarné konvici vřít při otevřeném víku (aby se konvice samovolně nevypnula) přibližně 1 minutu. Horkou vodu nalijte do kádinky.
3. Kádinku vložte do studené lázně. Na vodní hladinu položte víčko nebo víčka tak, aby co největší část hladiny byla zakryta – omezíte tím difuzi kyslíku do vody během chladnutí. Tento způsob vypadá sice podivně, ale je praktický a rychlý.
4. Nechte vodu chladnout. Jakmile je voda natolik zchlazená, že v ní bez potíží udržíte prst (čidlo nesmí přijít do vody teplejší než 50 °C), vložte čidlo a aktuální teplotu od této chvíle sledujte v pravém dolním rohu aplikace.

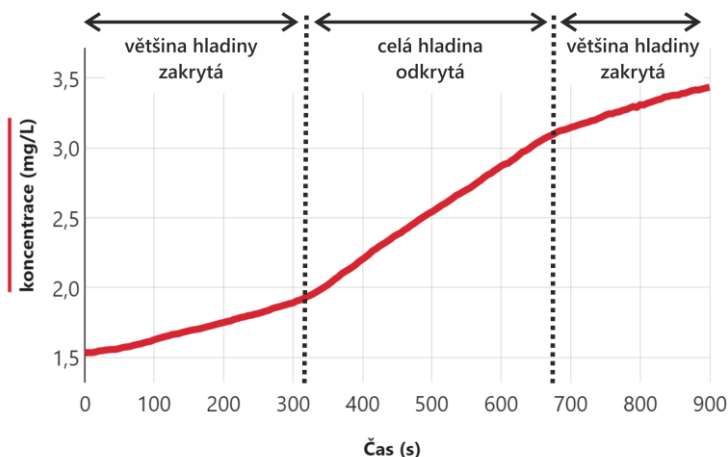


Provedení experimentu

1. Jakmile klesne teplota vody na pokojovou teplotu, přesuňte celou kádinku (i s víčky na hladině) na magnetickou míchačku. Na dno kádinky položte magnetické míchátko a spusťte pomalé míchání.
2. Hlavici čidla rozpuštěného kyslíku ponořte přibližně 2 cm pod hladinu. Většinu hladiny přitom ponechte stále zakrytou víčky. Měřené hodnoty se budou minutu až dvě ustalovat, klesnou pravděpodobně někam k 1,5–2,5 mg/litr.
3. Jakmile začne měřená koncentrace rozpuštěného kyslíku růst, spusťte tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** záznam dat.
4. Po cca 300 sekundách měření odstraňte zakrytí hladiny (ale měření nepřerušujte), po dalších 300 sekundách opět hladinu zakryjte a nechte experiment doběhnout.



Ukázka naměřených dat a závěr



Větší volný povrch vodní hladiny urychluje difuzi kyslíku do vody.

Poznámky

- Při manipulaci s odklopenou rychlovarnou konvicí a s kádinkou buďte opatrní, hrozí opaření nejen od horké vody, ale také od unikající páry.
- Místo víček si můžete pro konkrétní nádobu vyříznout kolečko například z korkové nebo tenké polystyrenové desky (nezapomeňte na otvor pro čidlo). **Je důležité, aby deska ležela na hladině.**
- V zimě led neprodyšně uzavírá hladiny rybníků, rybám tak pod zamrzlou hladinou hrozí udušení. Rybáři proto vysekávají do ledu díry, kterými se voda okysličuje.



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

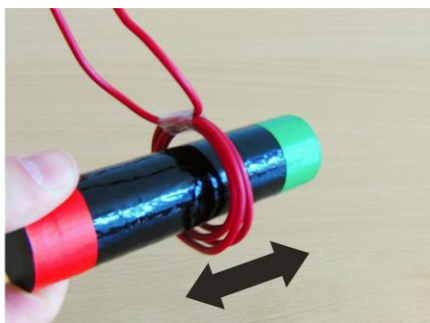
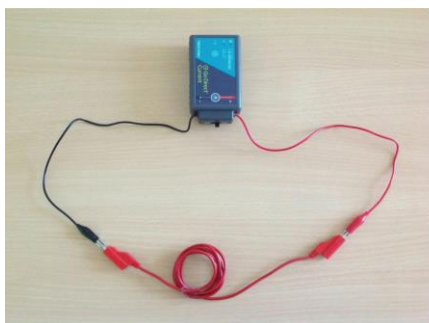
1. Mechanický přepínač na těle čidla posuňte do polohy ± 1 A (obrázek vpravo), spusťte aplikaci Graphical Analysis a připojte čidlo (str. 16).
2. Klikněte na pole *Režim*, *Frekvence* v levém dolním rohu, nastavte frekvenci na 100 vzorků za sekundu a zvolte ruční zastavení měření. Potvrďte tlačítkem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



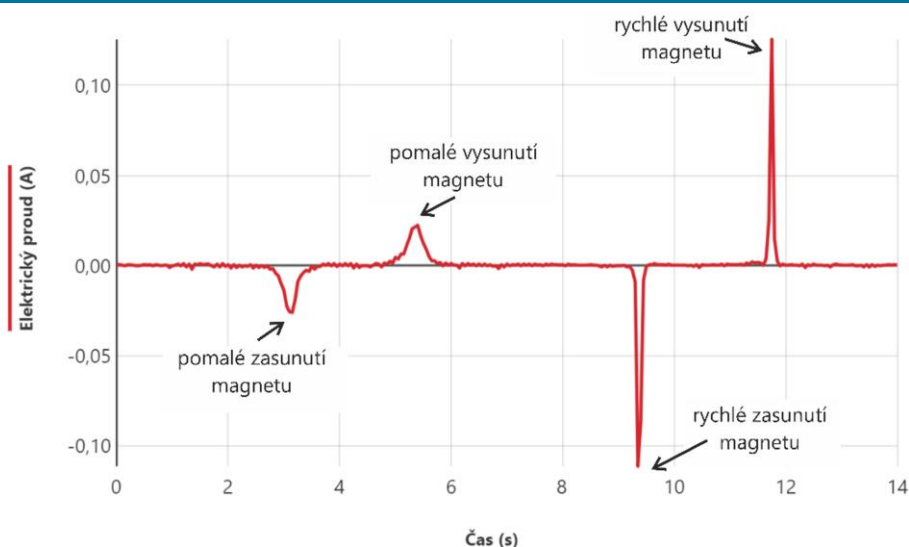
3. Klikněte na aktuální hodnotu proudu (zobrazuje se v pravém dolním rohu aplikace) a zvolte *Vynulovat*.

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 zasuňte 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.



Ohmův zákon

Pomůcky

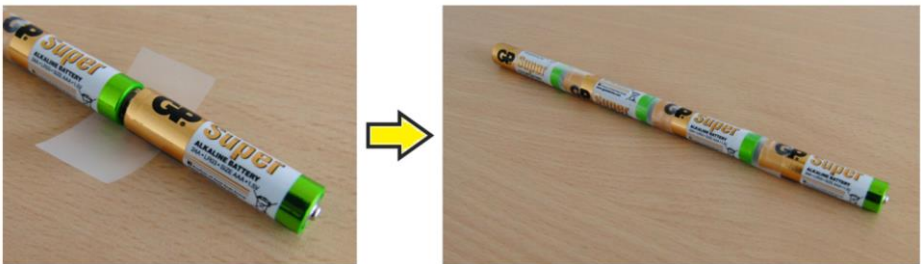
Bezdrátový ampérmetr Vernier GDX-CUR, 4 stejné monočlánky typu AA („tužkové baterie“) nebo AAA, rezistor 100 Ω , vodiče, izolepa, soubor **ohmuv-zakon.ambl**, který si předem stáhnete z www.vernier.cz/27.

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 mínus“) 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).

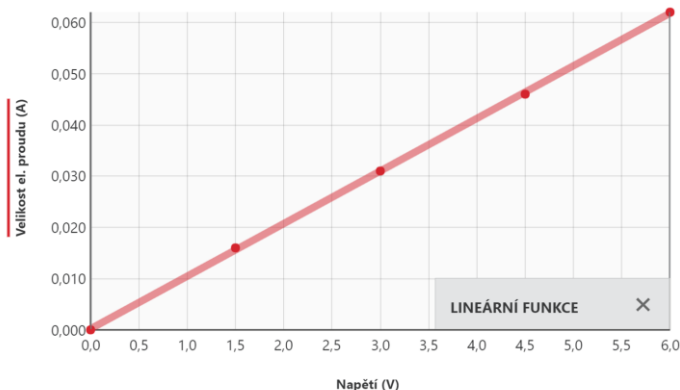


4. V levém horním rohu klikněte na *Nepojmenováno* → *Otevřít* a otevřete soubor **ohmuv-zakon.ambl**, který si předem stáhnete z www.vernier.cz/27.
5. Klikněte na aktuální hodnotu proudu (zobrazuje se vpravo dole) a zvolte *Vynulovat*.
6. Tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spusťte záznam dat.

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.

Citronová „baterie“ (galvanický článek)



Pomůcky

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

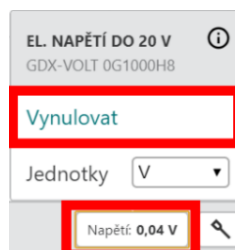
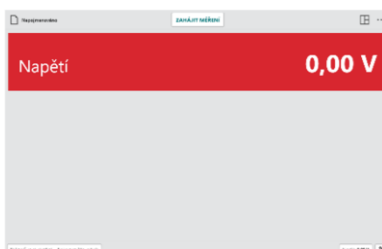
Teorie

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.



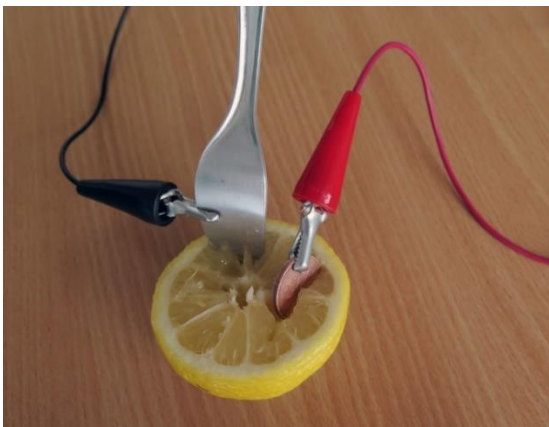
Příprava měření

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.



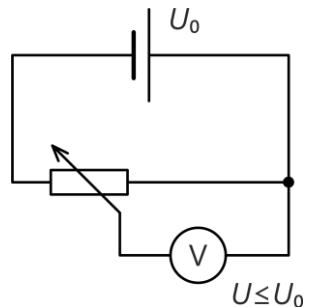
Dělič napětí vyrobený pomocí papíru a měkké tuhy

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.

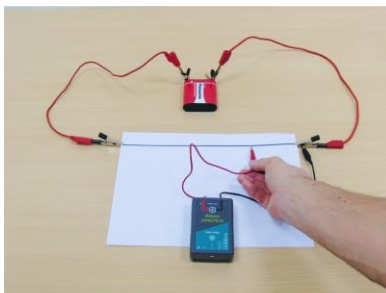
Provedení experimentu

1. Voltmetrem nejdříve proměřte napětí baterie (ve vzorovém experimentu to bylo 4,7 V).
2. Pomocí krokosvork 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.

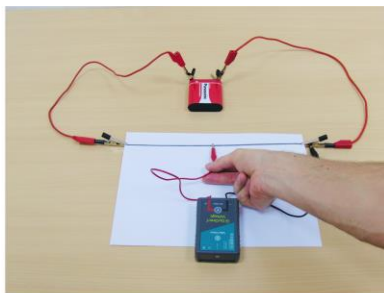


Ukázka naměřených dat

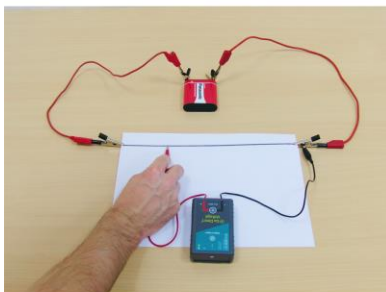
Při posouvání jezdce hodnota měřeného napětí postupně roste. Pokud je grafitová čára nanesena rovnoměrně (její odpor se v různých částech příliš neliší), je nárůst napětí přibližně lineární. To naznačuje i ukázka ze vzorového měření, kde byly zaznamenány hodnoty napětí naměřené v $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$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



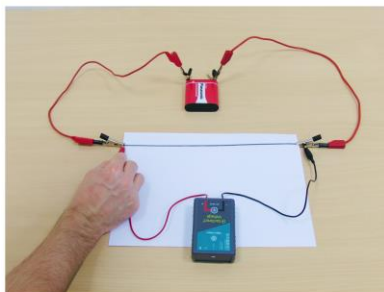
$\frac{1}{4}$ délky čáry: $U = 1,1 \text{ V}$



$\frac{1}{2}$ 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.

Lidské tělo v elektrickém obvodu



Pomůcky

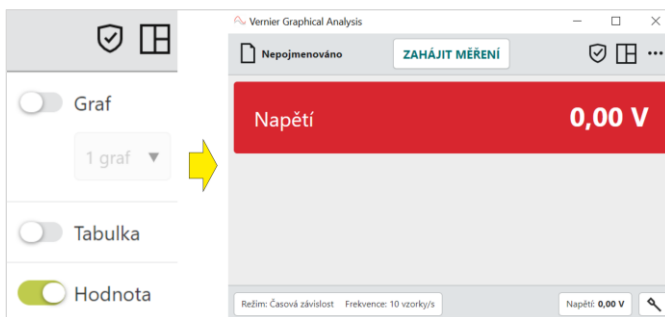
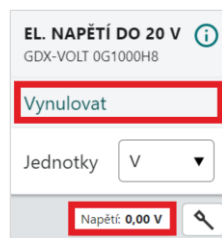
Voltmetr Vernier GDX-VOLT, plochá baterie, mikrotenový sáček.

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.

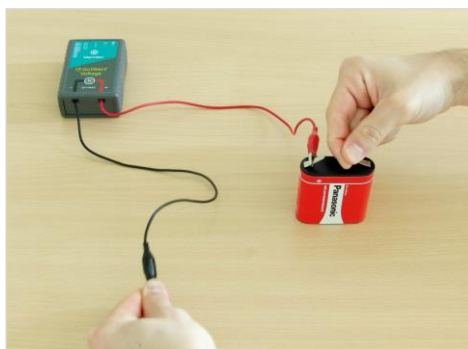
Příprava měření

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 – ruka	4,1
ruka – rameno	3,7
ruka – čelo	3,6
ruka – vlasy	3,0
ruka – ruka 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.



Voltampérová charakteristika diody

Pomůcky

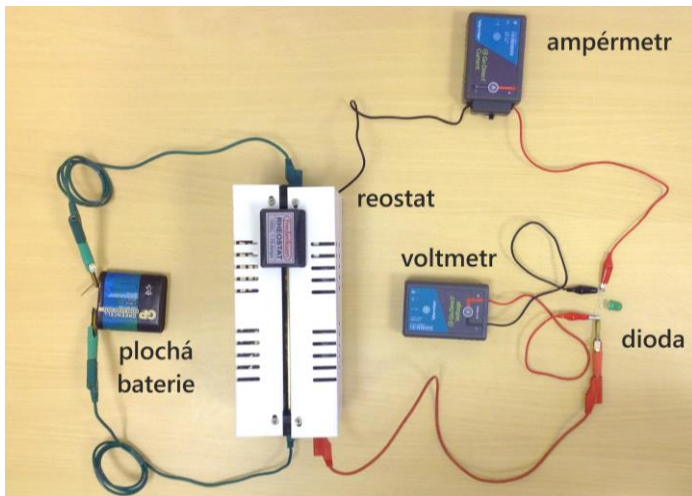
Ampérmetr Vernier GDX-CUR, voltmetr Vernier GDX-VOLT, svítivá dioda („LEDka“), plochá baterie (4,5 V), reostat (například 100 Ω /1,7 A), vodiče.

Teorie

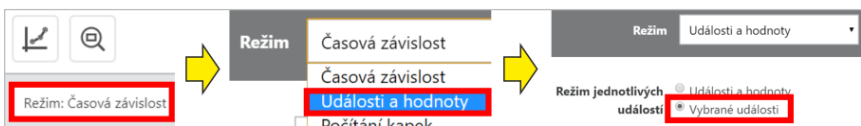
Zapojíme-li diodu (LED) v propustném směru, začne jí po překročení tzv. prahového napětí procházet elektrický proud. Při opačném zapojení (v tzv. závěrném směru) proud LED prakticky neprotéká.

Příprava měření

1. Sestavte obvod dle obrázku, baterii nechte zatím odpojenou. Reostat bude sloužit jako dělič napětí, tj. umožní, aby byl obvod napájen jen částí napětí na baterii.



2. Mechanický přepínač ampérmetru přesuňte do polohy ± 1 A.
3. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojte obě čidla (str. 16).
4. Klikněte na pole *Režim*, *Frekvence* v levém dolním rohu aplikace, vyberte režim *Události a hodnoty*, zvolte možnost *Vybrané události* a potvrďte tlačítkem *Hotovo*.

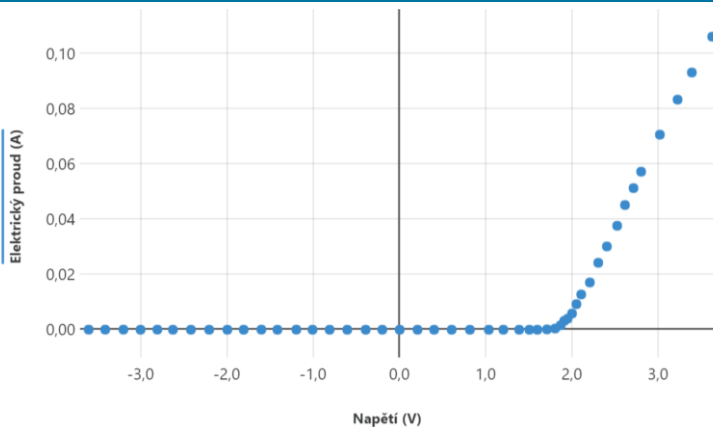


5. Klikněte na popisek vodorovné osy *Událost* a z nabídky vyberte veličinu *Napětí*. Podobně zajistěte, aby svislá osa zobrazovala veličinu *Elektrický proud*.

Provedení experimentu

1. Jezdec reostatu posuňte k okraji s jednou zdíčkou.
2. Klikněte na aktuální hodnotu proudu (která se zobrazuje vpravo dole) a vyberte *Vynulovat*; totéž proveďte pro napětí.
3. Připojte baterii tak, aby byla LED zapojena v propustném směru (tj. tak, aby se po překročení prahového napětí rozsvítila).
4. Tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spusťte záznam dat a stiskněte **ZACHOVAT**. Do grafu se zanesou aktuální hodnota proudu a napětí.
5. Postupně posouvajte jezdec reostatu a tlačítkem **ZACHOVAT** zaznamenávejte další dvojice hodnot. Ve vzorovém experimentu jsme měřili s krokem 0,2 V a v oblasti, kde proud začíná rychle růst, jsme krok zmenšili na 0,05 V.
6. Pokud už jezdec není kam posouvat nebo se proud blíží 1 A, vraťte jezdec zpět do původní polohy. Z důvodu ochrany ampérmetru nepřekračujte proud 1 A!
7. Baterii odpojte a otočte její póly – vodič, který byl připojen k delšímu vývodu baterie, bude nyní připojen ke kratšímu vývodu. Opakujte kroky 5 a 6.
8. Měření ukončete stiskem tlačítka **ZASTAVIT**.

Ukázka naměřených dat



Závěr

Připojíme-li LED v propustném směru (kladné hodnoty napětí), začne po překročení prahového napětí (zde zhruba 1,8 V) elektrický proud prudce růst a LED svítí. Naopak v závěrném směru (záporné hodnoty napětí) elektrický proud LED neprotéká.

Poznámka

Místo reostatu a baterie lze použít regulovatelný zdroj napětí.



Magnetické pole v dutině cívky

Pomůcky

Ampérmetr Vernier GDX-CUR, čidlo magnetického pole (teslametr) GDX-3MG, cívka (např. 600 závitů), plochá baterie, reostat (např. 100 Ω/1,7 A), vodiče.

Teorie

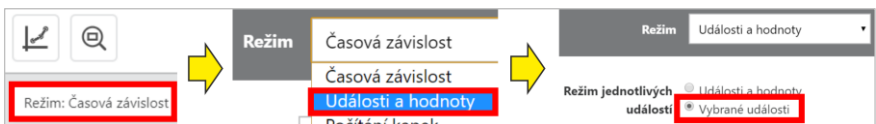
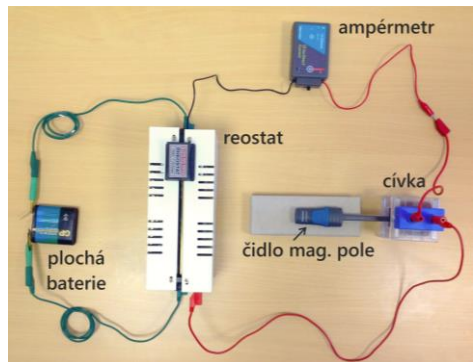
Magnetické pole charakterizuje veličina magnetická indukce $\vec{B}$. Velikost magnetické indukce v dutině hypotetické ideální cívky je dána vztahem

$$B = \mu \frac{NI}{d}$$

kde μ je tzv. permeabilita (konstanta popisující materiál uvnitř cívky – v našem případě vzduch, často ale bývá jádro cívky kovové nebo keramické), I je elektrický proud procházející cívkou, N je počet závitů cívky a d délka těla cívky. Cílem experimentu je proměřit závislost magnetické indukce na procházejícím proudu pro reálnou cívku.

Příprava měření

1. Sestavte obvod podle obrázku, baterii nechte prozatím odpojenou. Reostat bude v obvodu fungovat jako dělič napětí, tj. umožní, aby byl obvod napájen jen částí napětí na ploché baterii. Čidlo magnetického pole vložte volně doprostřed dutiny cívky (můžete využít podložku jako na obrázku).
2. Mechanický přepínač ampérmetru přesuňte do polohy ± 1 A.
3. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojte obě čidla (str. 16).
4. Klikněte na pole *Režim*, *Frekvence* v levém dolním rohu aplikace, vyberte režim *Události a hodnoty*, zvolte možnost *Vybrané události* a potvrďte tlačítkem *Hotovo*.

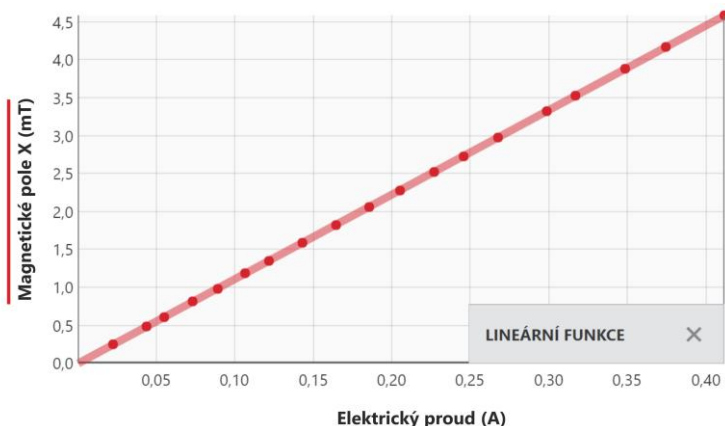


5. Klikněte na popisek vodorovné osy *Událost* a z nabídky vyberte veličinu *Elektrický proud*. Podobně zajistěte, aby svislá osa zobrazovala veličinu *Magnetické pole X*.

Provedení experimentu

1. Jezdec reostatu posuňte k okraji s jednou zdířkou.
2. Klikněte na aktuální hodnotu proudu (na obrazovce vpravo dole) a vyberte *Vynulovat*; totéž proveďte pro magnetické pole.
3. Připojte baterii.
4. Tlačítkem *ZAHÁJIT MĚŘENÍ* spustíte záznam dat a stiskněte *ZACHOVAT*. Do grafu se zanesou aktuální hodnota elektrického proudu a magnetické indukce.
5. Postupně posouvajte jezdec reostatu a tlačítkem *ZACHOVAT* zaznamenávejte další dvojice hodnot. Ve vzorovém měření byl zvolen krok přibližně 0,02 A. Z důvodu ochrany ampérmetru nepřekračujte proud 1 A!
6. Naměřte alespoň 10 dvojic hodnot, poté měření ukončete tlačítkem *ZASTAVIT*.
7. Stiskněte tlačítko  vlevo dole, vyberte *Proložit hodnoty zvolenou funkcí* a proložte naměřená data lineární funkcí (přímkou).

Ukázka naměřených dat



Závěr

Z naměřených dat je patrné, že magnetické pole uprostřed dutiny cívky je přímo úměrné proudu, který cívkou prochází.

Poznámky

- Místo reostatu a baterie lze použít regulovatelný zdroj napětí.
- Pokud si nejste jistí prací s reostatem, vyzkoušejte si jeho fungování „nanečisto“. Pro tyto účely nahraďte ampérmetr GDX-CUR klasickým multimetrem. Může pomoci též návod *Dělič napětí vyrobený pomocí papíru a tuhy* (str. 102).



Magnetický záznam dat

Pomůcky

Bezdrátové čidlo magnetického pole Vernier GDX-3MG, magnet, svinovací metr (pásek musí být feromagnetický, tj. musí se přitahovat k magnetu).



Teorie

Magnetický záznam představuje jednu z technologií uchovávání dat. Data jsou ukládána na disk nebo pásku pokrytou feromagnetickou vrstvou tak, že některé části pásky mohou být vnějším magnetickým polem trvale zmagnetovány. Tento experiment demonstruje vytvoření magnetického záznamu a jeho následné přečtení. Roli záznamové pásky bude mít svinovací metr.

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*.



3. Vysuňte kovový pásek měřidla v délce 120 cm a položte ho na stůl.
4. Jedním z pólů magnetu přejedte kovový pásek po celé jeho vysunuté délce (obrázek vpravo). Tímto zajistíte „vymazání“ předchozích „záznamů“.



Provedení experimentu

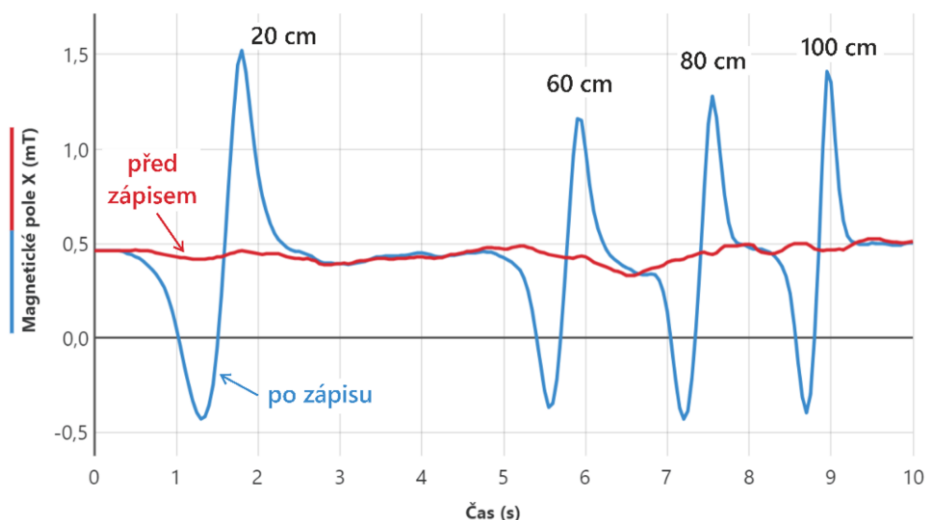
1. Koncem čidla magnetického pole se dotkněte kovového pásku na značce 10 cm. Tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spustíte záznam dat a pomalým rovnoměrným pohybem projedte během přibližně 10 sekund čidlem po kovovém pásku měřidla až ke značce 110 cm.
2. Tlačítkem **ZASTAVIT** ukončete měření.
3. Pokud bylo vše provedeno správně, je naměřená hodnota magnetického pole přibližně konstantní (jako červená čára v grafu na protější straně).
4. Nyní se jedním pólem magnetu dotkněte měřidla na několika vybraných místech, např. na značkách 20, 60, 80 a 100 cm. Magnet přibližujte ke kovovému pásku vždy

shora a jen v místě, kde chcete vytvořit magnetický záznam. Před přesunem k dalšímu místu na pásku tedy nejprve magnet dostatečně oddalte.

5. Zopakujte kroky 1 a 2, čímž dojde k přechzení záznamu.
6. Pro zobrazení obou naměřených závislostí do jednoho grafu klikněte na popisek svislé osy *Magnetické pole X* a zvolte *Zobrazit vše*.

Veličiny (sloupce)	
☒ Magnetické pole X (mT)	...
Datové řady	
☐ Datová řada 1	...
☒ Datová řada 2	...

Ukázka naměřených dat



Červeně vynesená křivka znázorňuje stav po „vymazání“ záznamu – magnetické pole má ve všech místech zhruba stejnou velikost. Modře je znázorněn průběh magnetického pole po „zápisu dat“.

Závěr

Přikládáním magnetu k vybraným bodům svinovacího metru dojde k trvalému zmagnetování, které lze následně „přečíst“ čidlem magnetického pole.

Poznámky

- Při magnetování určitých částí měřidla přibližujte i oddalujte magnet vždy vertikálně, aby nedošlo k nechtěnému zmagnetování dalších částí pásku.
- Vyvarujte se přítomnosti drobné elektroniky v blízkosti silných magnetů.

Určení hmotnosti atomu mědi



Pomůcky

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

Teorie

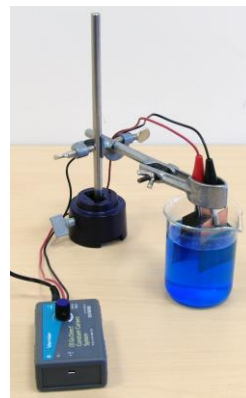
Při elektrolýze se na záporné elektrodě (katodě) obvykle vylučuje vodík nebo kov. Hmotnost takto vyloučené látky je přímo úměrná náboji prošlému mezi elektrodami (tato skutečnost bývá označována jako *Faradayův zákon elektrolýzy*). Konstanta úměrnosti mezi hmotnostmi a nábojem je tzv. *elektrochemický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

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

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

Příprava měření

1. Rozpusťte několik lžiček modré skalice (pentahydrátu síranu měďnatého) v přibližně 200 ml vody.
2. Zvažte destičku, která bude katodou (bude připojena k zápornému černému vývodu). Hmotnost si запиšte.
3. Měděné destičky upevněte tak, aby se nedotýkaly, a ponořte je do roztoku. Naopak přívodní vodiče musí zůstat mimo roztok (obrázek vpravo).
4. Otočný knoflík nastavte na nulový proud a pomocí přiloženého adaptéru zapojte proudový zdroj do zásuvky.
5. Spust'te aplikaci Graphical Analysis a proudový zdroj k ní připojte (str. 16).



Provedení experimentu

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

Výsledek měření a výpočet hmotnosti atomu mědi

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

Závěr

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

Poznámky

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

Elektrická vodivost kapalin



Pomůcky

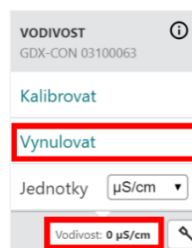
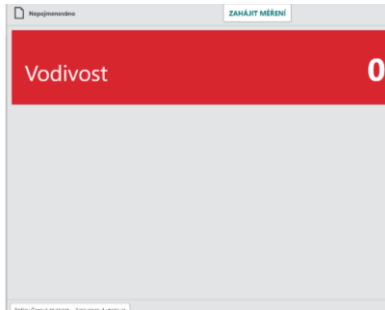
Konduktometr Vernier GDX-CON, 4 skleničky, kuchyňská sůl, destilovaná voda, voda z kohoutku, minerální voda, stříčka s destilovanou vodou na oplachování čidla.

Teorie

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

Příprava měření

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte čidlo (str. 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

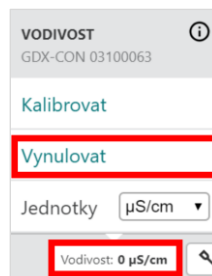
Schopnost kapalin vést elektrický proud charakterizuje veličina *měrná elektrická vodivost* (*konduktivita*). Jednotkou je siemens na metr, v praxi se ale často používá mikrosiemens na centimetr ($\mu\text{S}/\text{cm}$). Čím větší je naměřená hodnota, tím lépe kapalina vede elektrický proud.



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. Přisypete 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.



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. Spust'te 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 instalátérskou 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.



Odrazivost různých barevných povrchů

Pomůcky

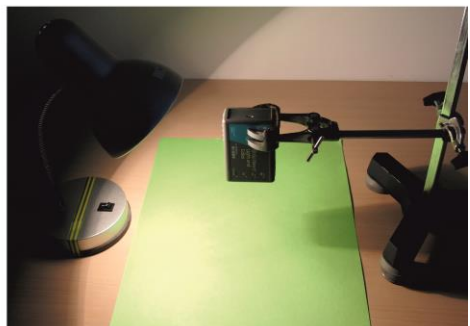
Čidlo světla Vernier GDX-LC, stojan k zafixování polohy čidla, lampička s klasickou žárovkou, barevné papíry.

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.

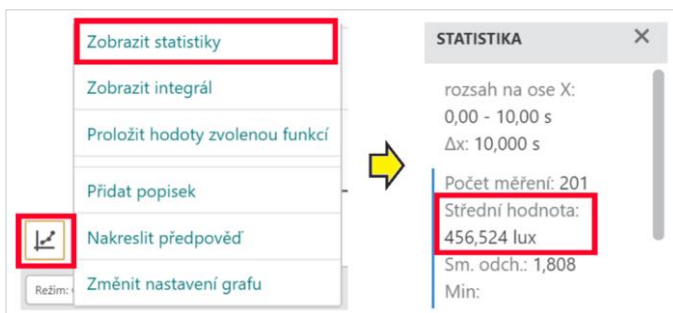
Příprava měření

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:

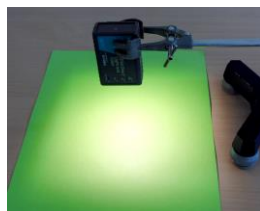
barva		intenzita osvětlení (lux)
bílá		996
žlutá		864
červená		457
zelená		382
modrá		281
černá		101

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



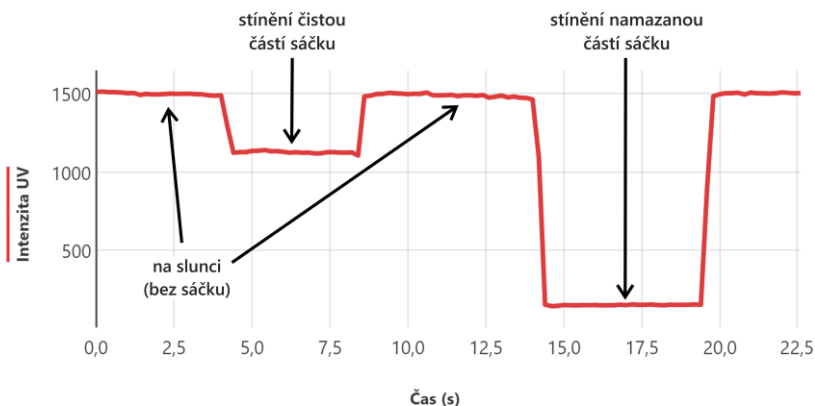
Provedení experimentu

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



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

Ukázka naměřených dat



Poznámky

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



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

Pomůcky

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

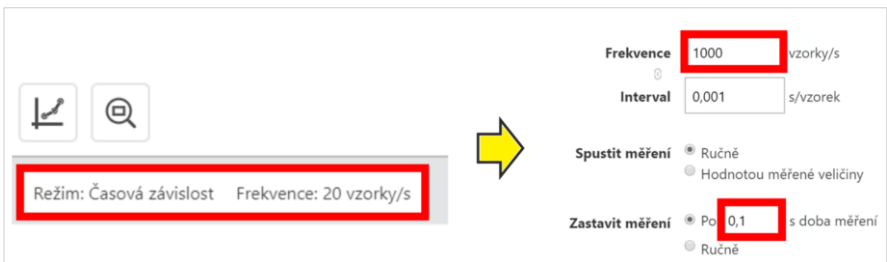
Teorie

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 neblinkají.

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

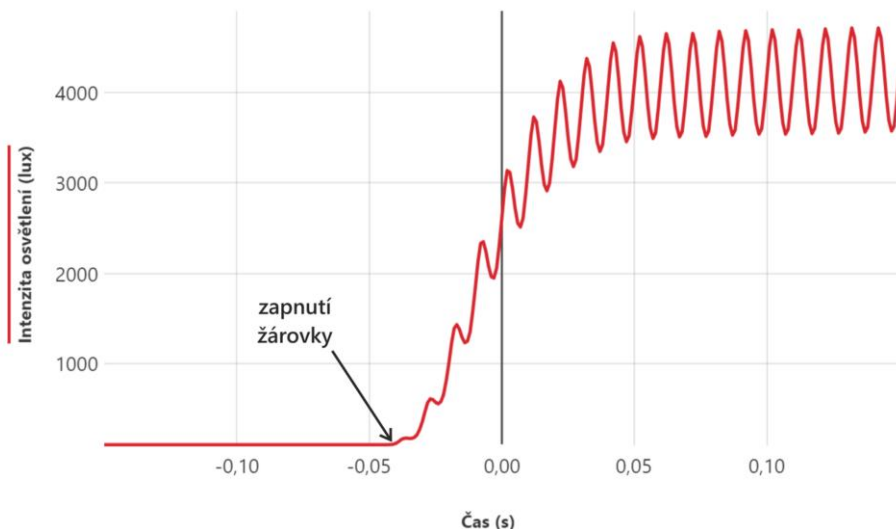
Zahájit měření 150 bodů před aktivací triggeru

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. 124).

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*.



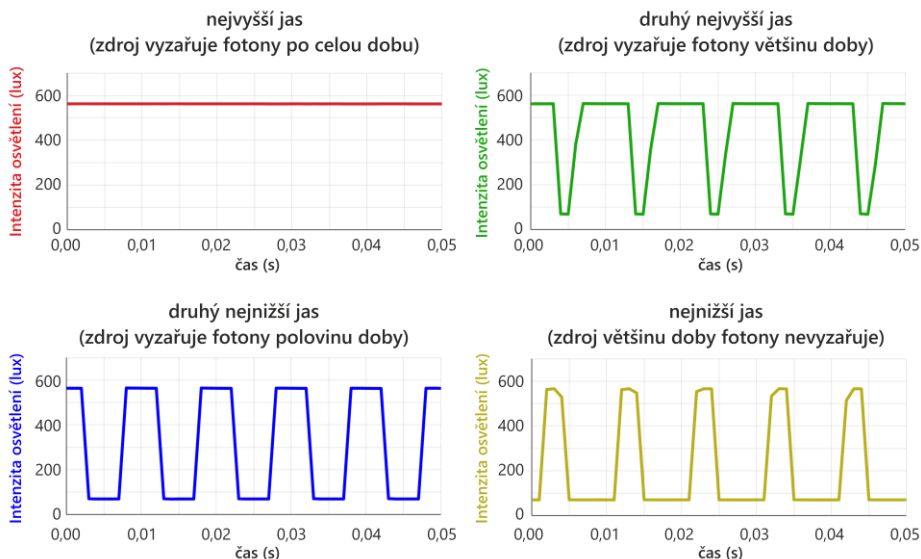
Provedení experimentu

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. 124
 - *Spektrum světla LED žárovky (skládání barev)* na str. 154

Měrná otáčivost opticky aktivních látek



Pomůcky

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



Teorie

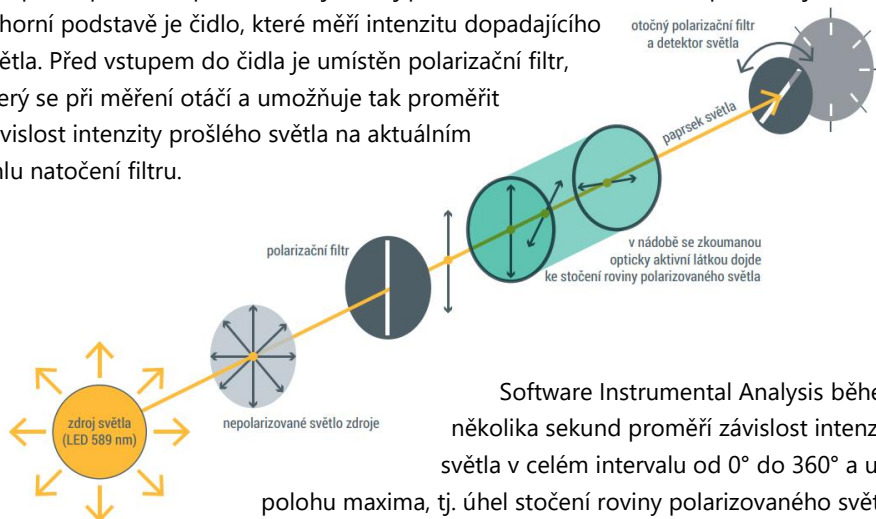
Lineárně polarizované světlo (dále jen *polarizované světlo*) je takové, jehož vektor elektrické intenzity kmitá v jedné rovině. Některé látky (tzv. opticky aktivní) tuto rovinu stáčí. Úhel α , o který roztok rovinu polarizace otočí, je přímo úměrný koncentraci roztoku c , měrné otáčivosti látky $[\alpha]$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

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

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

Jak funguje polarimetr

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



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

Příprava roztoků

1. Připravte si roztoky glukózy, fruktózy a sacharózy tak, že k 15 gramům sacharidu dolijete do kádinky tolik destilované vody, aby výsledný objem po rozpuštění byl 50 ml.
V případě fruktózy a sacharózy tak získáte roztoky o koncentraci 30 g na 100 ml, v případě glukózy má roztok koncentraci 27,3 g na 100 ml. Glukopur je totiž monohydrát D-glukózy. Glukóza má relativní molekulovou hmotnost 180, voda 18. Glukóza proto tvoří pouze $\frac{180}{180 + 18} \approx 0,91$ hmotnosti Glukopuru.
2. **Roztok glukózy nechte před vlastním měřením 2–3 hodiny odstát, aby došlo k nastolení rovnovážné koncentrace anomerů α a β** (více na www.vernier.cz/145).

Příprava měření

1. Nádobu na vzorek dodávanou s polarimetrem naplňte destilovanou vodou do výšky 10 cm a upevněte do držáků (obrázek vpravo).
2. Spustíte aplikaci Instrumental Analysis, v úvodní nabídce vyberte možnost *Polarimetrie* a připojte polarimetr (str. 20).
3. Uvitá vás obrazovka *Kalibrace* vyzývající k vložení nádoby s rozpouštědlem – touto nádobou je již vložený odměrný válec s vodou. Zvolte *DOKONČIT KALIBRACI* a po proběhnutí kalibrace potvrďte tlačítkem *HOTOVO*. Je důležité, abyste při kalibraci čidlem nehybali a nedocházelo k otřesům – hladina vody musí být klidná a nehybná.
4. Klikněte na tlačítko  pro nastavení zobrazování vpravo nahoře, zrušte zaškrtnutí u možnosti *Graf* a místo ní zaškrtněte možnost *Hodnota*.



Provedení experimentu

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

Výsledky měření

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

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

Vliv koncentrace roztoku na stáčení roviny polarizace



Pomůcky

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

Teorie

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

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

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



Příprava roztoků a kalibrace polarimetru

1. Připravte si roztoky sacharózy (řepného cukru) tak, že k 5 g (respektive 10 g či 15 g) cukru dolijete do kádinky tolik destilované vody, aby výsledný objem po rozpuštění byl 50 ml.
2. Nádobu na vzorek (dodává se s polarimetrem) naplňte destilovanou vodou do výšky 10 cm a upevněte do držáků.
3. Spustíte aplikaci Instrumental Analysis, v úvodní nabídce vyberte možnost Polarimetrie a připojte polarimetr (str. 20).
4. Uvítá vás obrazovka Kalibrace vyzývající k vložení nádoby s rozpouštědlem – touto nádobou je již vložený odměrný válec s vodou. Zvolte DOKONČIT KALIBRACI a po proběhnutí kalibrace potvrďte tlačítkem HOTOVO. Je důležité, abyste při kalibraci čidlem nehýbali a nedocházelo k otřesům – hladina vody musí být klidná a nehybná.
5. Klikněte na tlačítko  pro nastavení zobrazování vpravo nahoře, zrušte zaškrtnutí u možnosti Graf a místo ní zaškrtněte možnost Hodnota.



Provedení experimentu

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

Výsledky a závěr

V našem experimentu jsme získali tyto hodnoty:

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

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

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

Poznámka

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

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

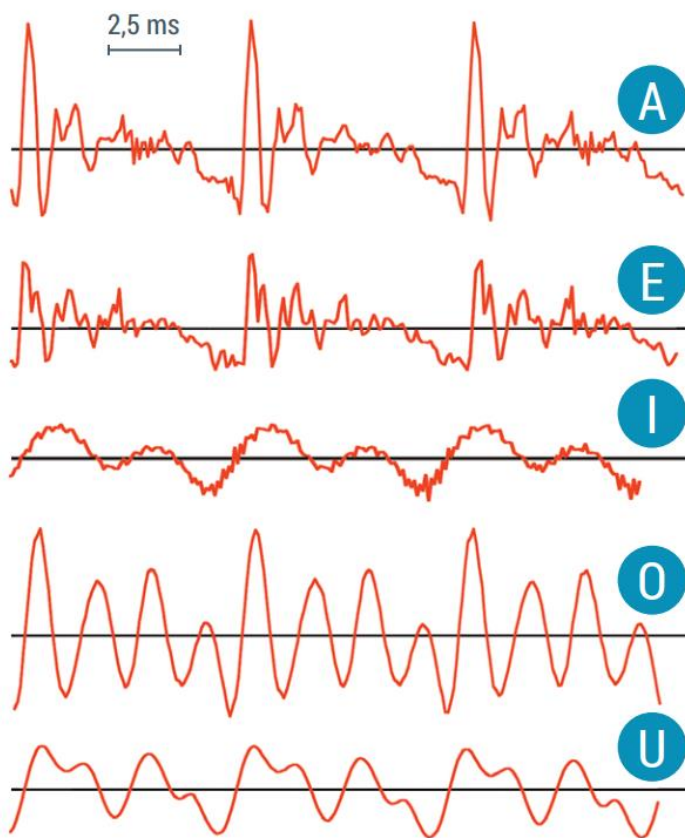
Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte čidlo (str. 16).

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.

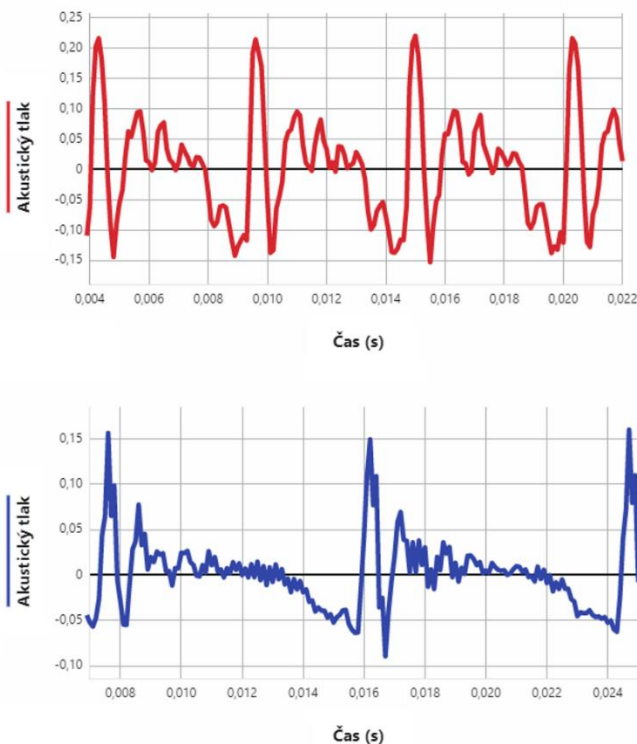
Ukázka naměřených dat

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

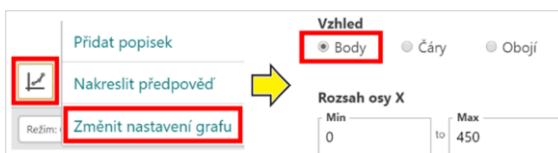
O intenzitě gama záření v dané vzdálenosti od zářiče si můžeme udělat představu tím, že změříme počet gama částic, které za určitý čas zachytíme detektorem radiace. Budeme-li se od zářiče vzdalovat, zjistíme, že počet zachycených částic klesá – držet se dostatečně daleko od zdroje záření je přirozený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

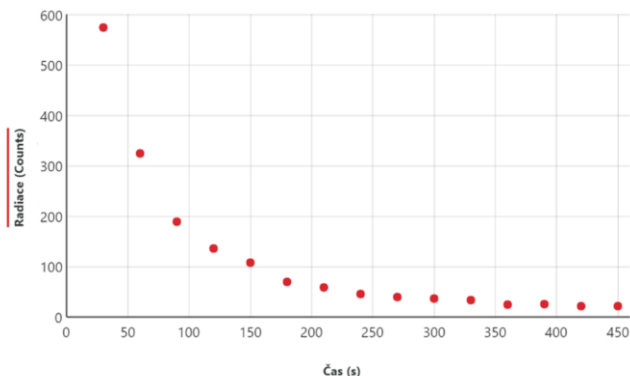
Provedení experimentu

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.

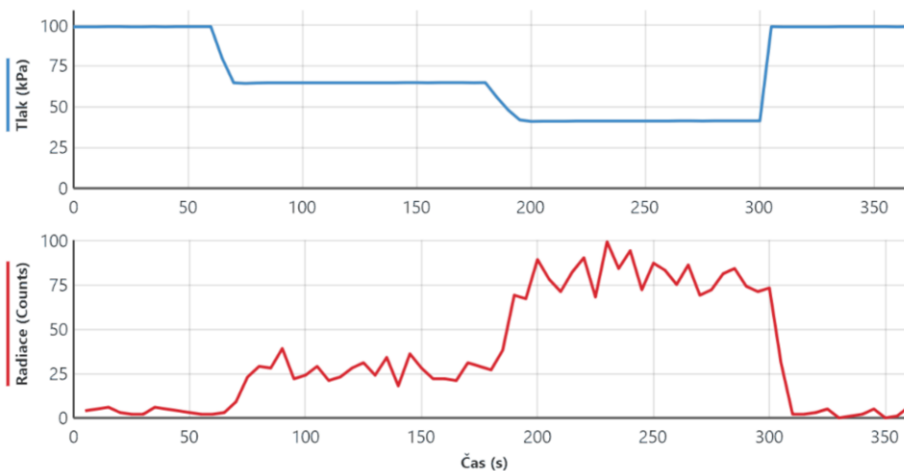


Provedení experimentu

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** ukončete 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.

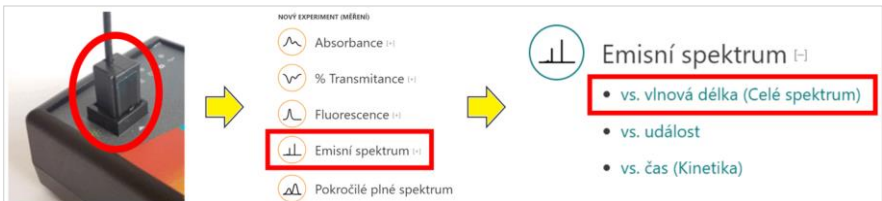


Teorie

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.

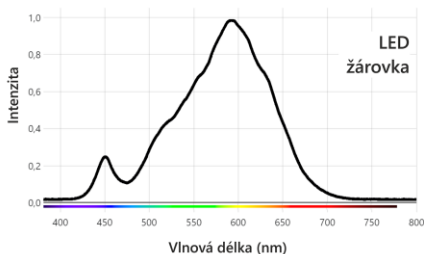
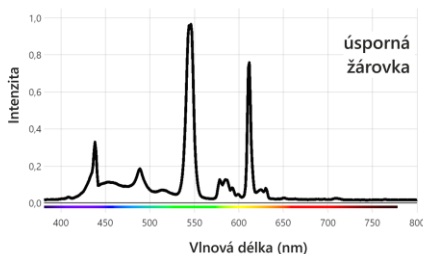
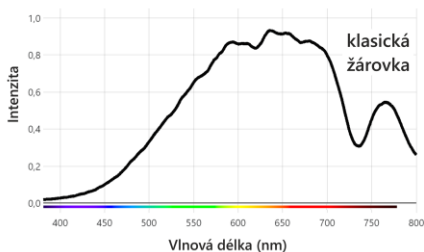
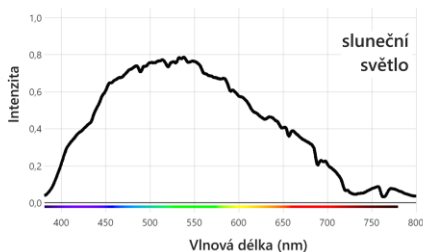
5. Měření závislosti se postupně přidávají do grafu. Pro zvýšení přehlednosti grafu můžete kliknout na popisek svislé osy *Intenzita* a vybrat, které z naměřených křivek mají zůstat viditelné.

Intenzita

Datové řady Všechno skrýt

☐	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. 146).

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.

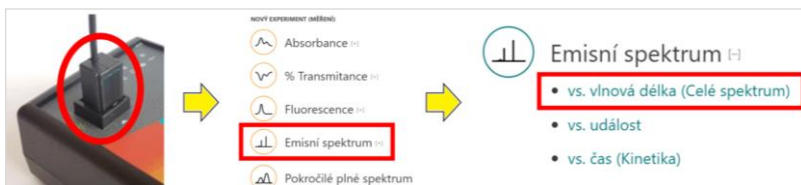
Teorie

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

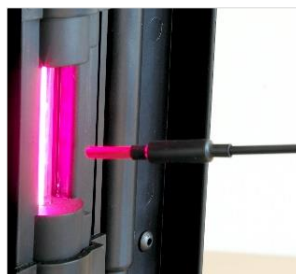
1. Do kyvetové šachty spektrometru vložte optické vlákno.
2. Spustíte aplikaci Spectral Analysis, připojte spektrometr (str. 18), v úvodní nabídce vyberte možnost *Emisní spektrum vs. vlnová délka (Celé spektrum)*.



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.

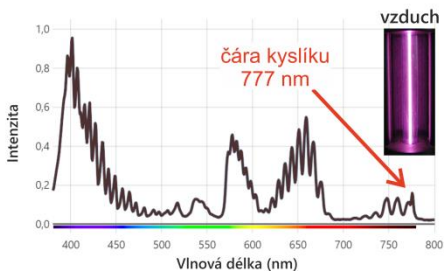
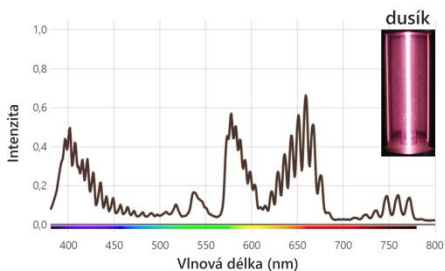
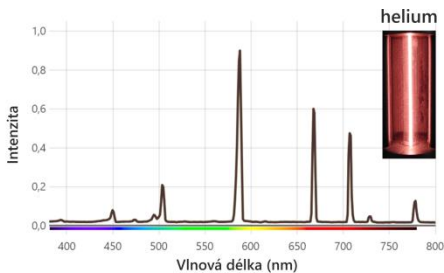
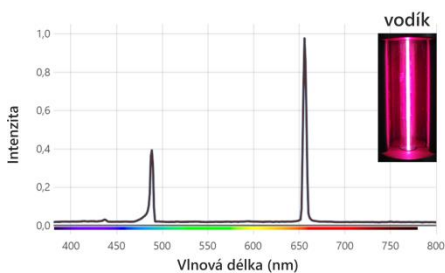


6. Tlačítkem **ZASTAVIT** uložte aktuálně zobrazenou křivku do grafu.
7. Vypněte zdroj a vyměňte trubici za jinou. Zopakováním kroků 5 a 6 proměřte všechny trubice (název plynu je uveden zezadu).
8. Měření závislosti se postupně přidávají do grafu. Aby zůstal graf přehledný, můžete po kliknutí na popisek 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. 144).

Fluorescence chininu



Pomůcky

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

Teorie

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

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



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

Příprava měření

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

Provedení experimentu

1. Spustíte aplikaci Spectral Analysis, připojte spektrometr (str. 18) a v úvodní nabídce vyberte možnost *Fluorescence vs. vlnová délka (Celé spektrum)*.

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

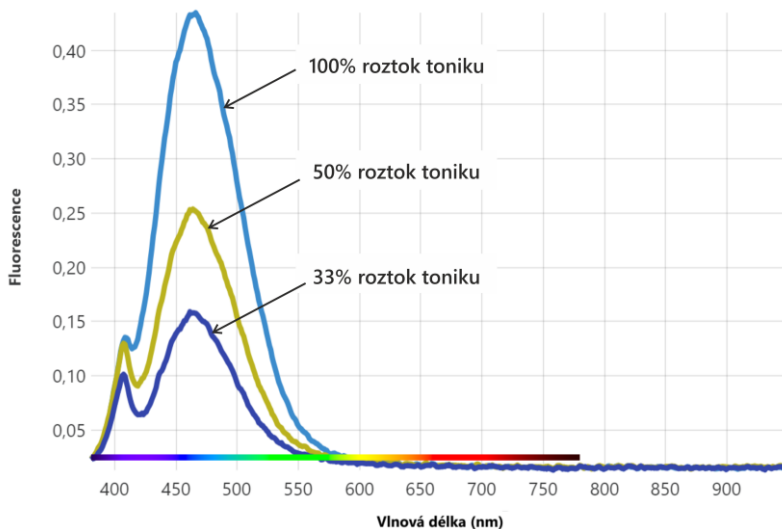
Nastavení měření

KALIBROVAT

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

Ukázka naměřených dat a závěr

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



Poznámky

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

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

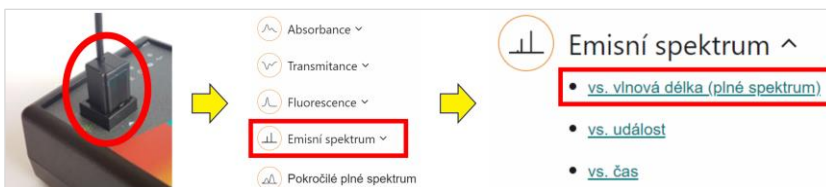
Při nákupu LED žárovek si v obchodě můžeme zpravidla vybrat, jakou barvu světla bude žárovka poskytovat. Světlo zabarvené více do modra je označováno jako „studené“, světlo zabarvené do žluta či červena jako „teplé“.



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)*.



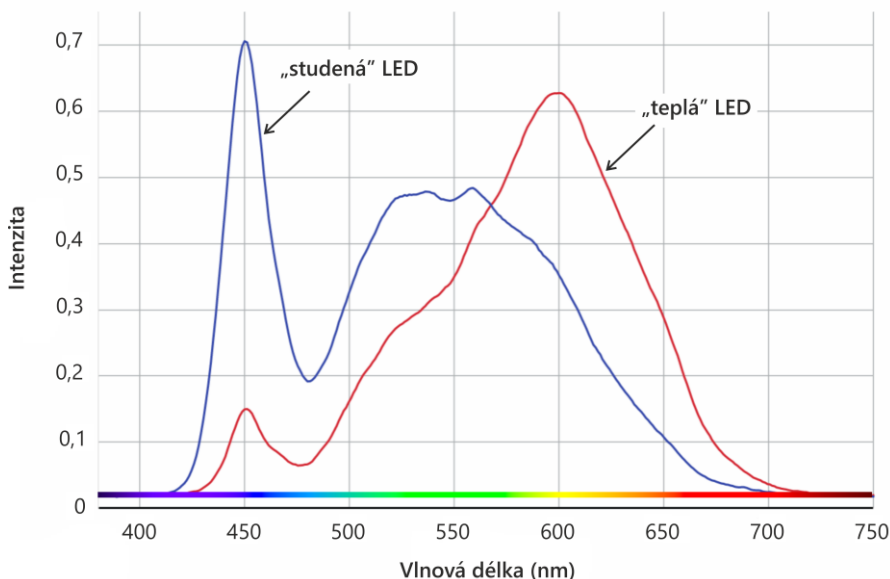
Provedení experimentu

6. Připravte si lampičku se „studenou“ LED žárovkou.
7. Konec optického vlákna zafixujte vůči žárovce ve vzdálenosti cca 10–20 cm.
8. V místnosti zhasněte světla.
9. 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“).
10. Jakmile budete s grafem spokojeni, klepněte na tlačítko **ZASTAVIT**.
11. 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.

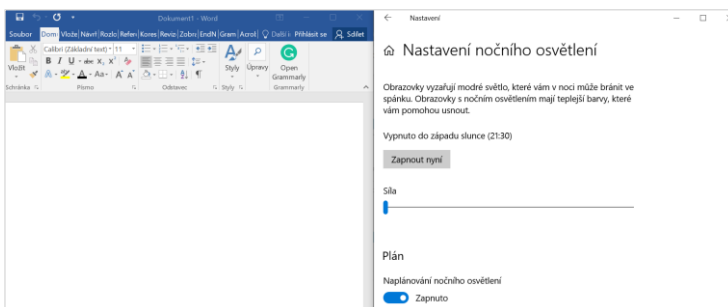
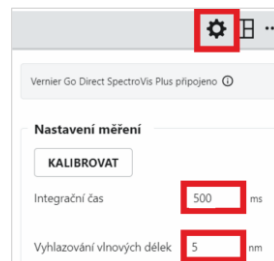
Teorie

Barvy jsou na displejích počítačů či chytrých telefonů vytvářeny tzv. aditivním skládáním červené, zelené a modré barvy – více na str. 154 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.

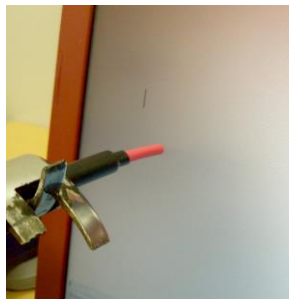
Příprava měření

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 *Vyhlazování 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).



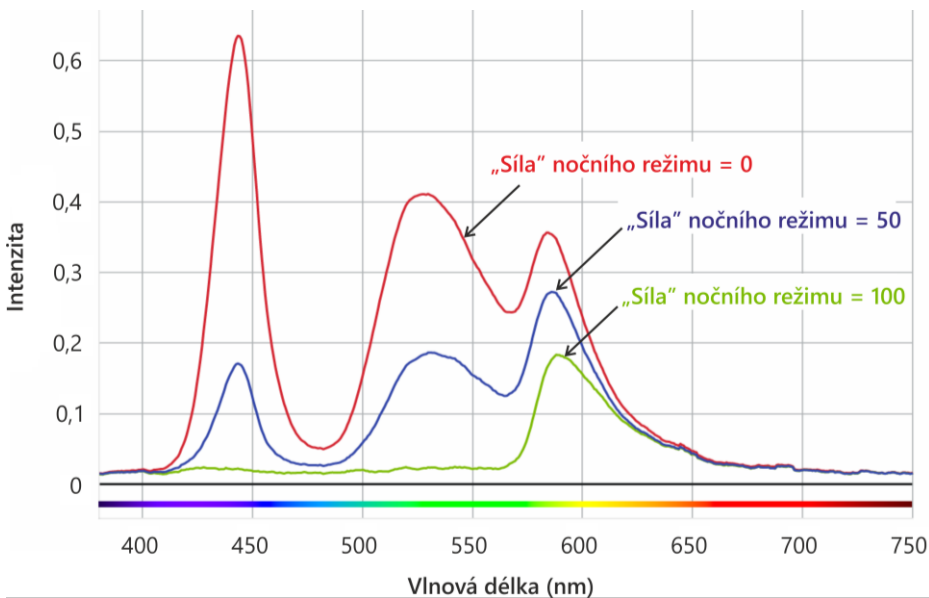
Provedení experimentu

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.

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.

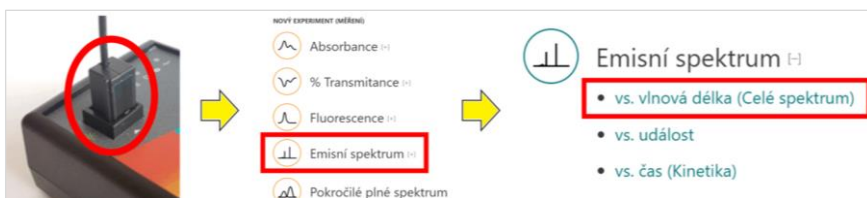


Teorie

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*, připojte 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.

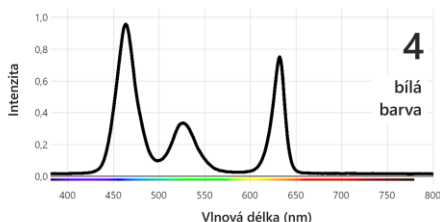
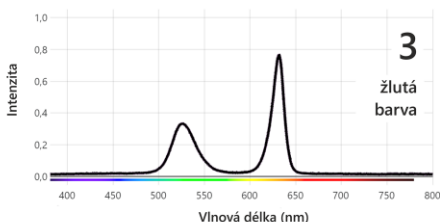
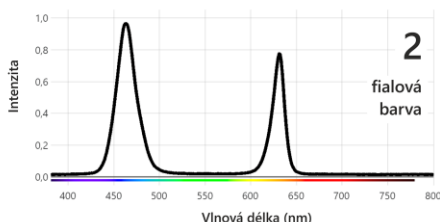
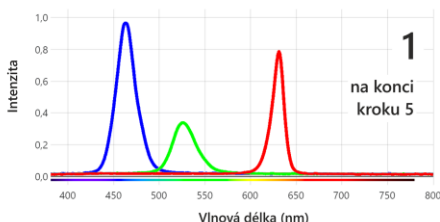


6. Opakováním kroku 4 proměřte také fialovou, žlutou a bílou barvu. Aby zůstal graf přehledný, můžete po kliknutí na popisek svislé osy *Intenzita* vybrat, které z naměřených křivek mají zůstat viditelné.



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).

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