



KUCHAŘKA

jednoduchých experimentů

BIOLOGIE

2023



Obsah

CHE	FYZ	BIO	Úvod	4
			Dýchání semen hrachu	16
			Produkce CO ₂ v klidu a při cvičení	18
			Fotosyntéza	20
			Kolik kyslíku spotřebujeme při dýchání?	22
			Hloubka a frekvence dýchání	24
			Kyslíkový dluh po fyzické zátěži	26
			Kyslík rozpuštěný ve vodě	28
			Rychlost difuze kyslíku do vody	30
			Vitální kapacita plic	32
			Dýchací cesty jako výměník tepla	34
			Metabolické teplo kvasinek	36
			Vypařování vody a lihu	38
			Ochlazování pocením	40
			Co unese lidský vlas? NOVÉ	42
			Lidské tělo v elektrickém obvodu	44
			Elektrokardiografie (EKG)	46
			Změny srdeční aktivity	48
			Elektrická aktivita svalů	50

  	Měření síly stisku ruky	52
  	Reakční doba na sluchový podnět	54
  	Reakční doba na zrakový podnět	56
  	Únava svalů	58
  	Znázornění jednotlivých samohlásek mikrofonem NOVÉ	60
  	Rozdíl mezi vysokým a hlubokým zvukem NOVÉ	62
  	Měření pH nápojů	64
  	Odhadnete pH podle chuti?	66
  	Okyselování vody vlivem CO ₂ (kyselé deště)	68
  	Vliv sycení nápojů oxidem uhličitým na jejich kyselost NOVÉ	70
  	Opalovací krém a ochrana proti UV záření	72
  	Setrvačnost oka a regulace jasu LED žárovky	74
  	Spektrum „studené“ a „teplé“ LED žárovky NOVÉ	76
  	Noční režim displejů NOVÉ	78
  	Spektrum světla LED žárovky – skládání barev	80
  	Potvrzení chlorofylu v panenském olivovém oleji	82

Co přináší Kuchařka jednoduchých experimentů – BIOLOGIE

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 biologie na ZŠ, SŠ a VŠ. Aktivitu lze využít v běžné výuce, v zájmových kroužcích či například při projektových dnech.

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

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



chemie



fyzika



biologie

NOVÉ

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

Další varianty této brožury – CHEMIE, FYZIKA, ZÁKLADNÍ ŠKOLY

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

V případě zájmu o jinou variantu Kuchařky (chemie / fyzika / 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

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.

Čidlo koncentrace CO₂

www.vernier.cz/GDX-CO2

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



Čidlo koncentrace O₂

www.vernier.cz/GDX-O2

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



Čidlo koncentrace kyslíku rozpuštěného ve vodě

www.vernier.cz/GDX-ODO

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



Čidlo pH

www.vernier.cz/GDX-PH

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



Čidlo síly stisku ruky

www.vernier.cz/GDX-HD

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



Školní EKG senzor

www.vernier.cz/GDX-EKG

- umožňuje zaznamenávat elektrickou aktivitu srdce i jiných svalů



Monitor dechu a krokoměr

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

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



Spirometr

www.vernier.cz/GDX-SPR

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



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, ...)



Nerezový teploměr

www.vernier.cz/GDX-TMP

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



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 světla (luxmetr)

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

- rozsah 0 až $150\,000\text{ lx}$
- vzorkovací frekvence až $1\,000\text{ Hz}$
- integrované čidlo UVA záření



Siloměr s akcelerometrem a gyroskopem

www.vernier.cz/GDX-FOR

- rozsah siloměru $\pm 50\text{ N}$
- rozsah akcelerometru $\pm 16\text{ g}$
- rozsah gyroskopu $\pm 35\text{ rad/s}$



Voltmetr

www.vernier.cz/GDX-VOLT

- rozsah ± 20 V



Hlukoměr s mikrofonem

www.vernier.cz/GDX-SND

- rozsah 55 dB až 110 dB



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)



Návod na připojení čidel Go Direct

(návod na připojení spektrometru je na další dvoustraně)



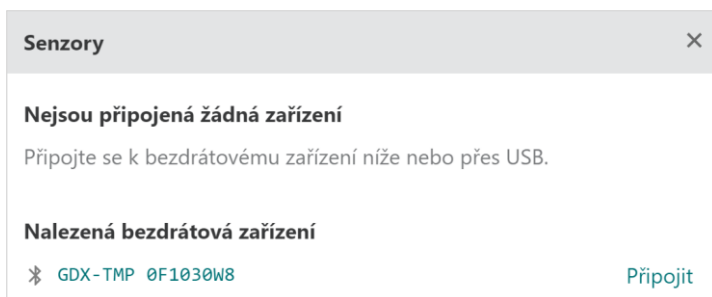
Bezdrátové připojení (Bluetooth)

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

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



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



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

Připojení přes USB

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

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

Nabíjení

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

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



Návod na připojení spektrometru GDX-SVISPL



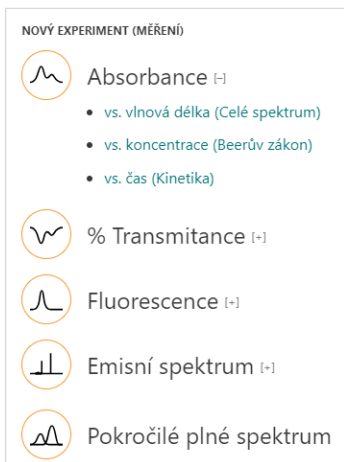
Bezdrátové připojení (Bluetooth)

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

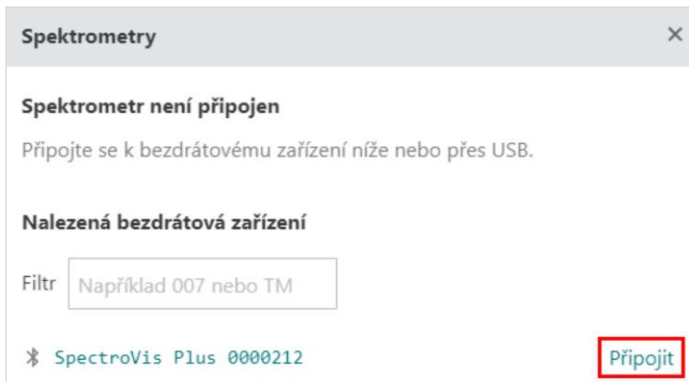
1. Spektrometr zapnete krátkým stisknutím tlačítka na boku přístroje, LED indikátor zapnutí přístroje začne zeleně svítit (pro vypnutí podržte totéž tlačítko 3 sekundy).
2. Na svém zařízení povolte Bluetooth a spusťte aplikaci Vernier **Spectral Analysis**.

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

3. V nabídce vyberte požadovaný režim měření.



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



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

Připojení přes USB

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

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

Nabíjení

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



Dýchání semen hrachu

Pomůcky

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



Teorie

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

Příprava měření

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte čidlo (str. 12).
2. Klikněte na aktuální hodnotu koncentrace CO₂ vpravo dole a za *Jednotky* zvolte %.
3. Klikněte na pole *Režim, Frekvence* v levém dolním rohu (obrázek níže), nastavte dobu měření na 300 sekund a potvrďte tlačítkem *Hotovo*.



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



Provedení experimentu

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



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

Koncentrace CO₂ (%)

☒ Koncentrace CO₂ (%) ...

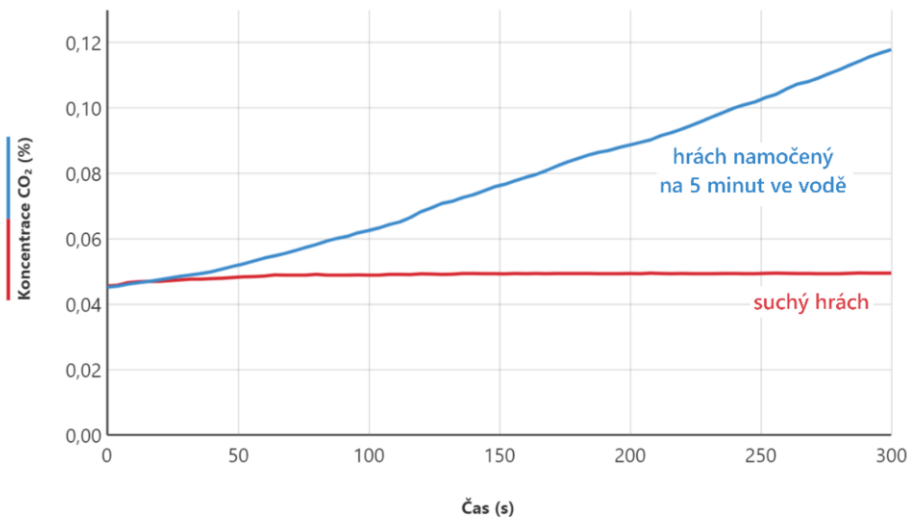
Datové řady

☐ Datová řada 1 ...

☒ Datová řada 2 ...

Zobrazit vše

Ukázka naměřených dat



Závěr

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

Poznámka

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



Produkce CO₂ v klidu a při cvičení

Pomůcky

Čidlo koncentrace oxidu uhličitého ve vzduchu Vernier GDX-CO₂, větrák.

Teorie

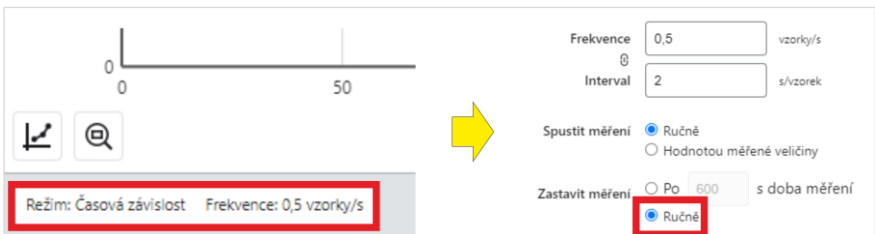
Při dýchání přijímáme ze vzduchu molekuly kyslíku O₂ a vydechujeme molekuly oxidu uhličitého CO₂, které jsou odpadním produktem našeho metabolismu.

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

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

Příprava experimentu

1. Čidlo umístěte do rohu místnosti tak, aby v jeho bezprostřední blízkosti během měření nikdo nebyl.
2. Směrem k čidlu namiřte ze vzdálenosti přibližně jeden až dva metry zapnutý větrák, který podpoří cirkulaci vzduchu.
3. Důkladně vyvětrejte místnost, ve které bude experiment probíhat.
4. Spustte aplikaci Graphical Analysis a připojte čidlo (str. 12).
5. Klikněte na pole *Režim*, *Frekvence* v levém dolním rohu a zvolte *Zastavit měření: Ručně*. Potvrďte tlačítkem *HOTOVO*.



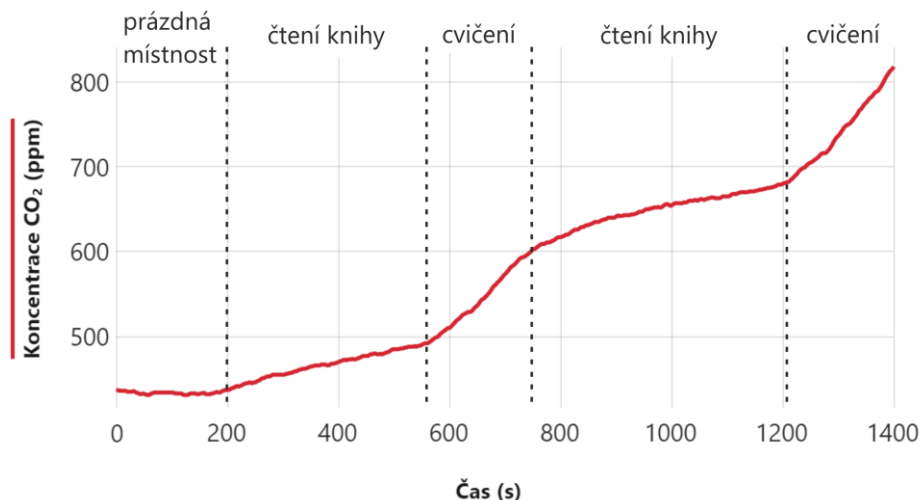
6. Požádejte žáky, aby zavřeli všechna okna a opustili místnost.

Provedení experimentu

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

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

Ukázka naměřených dat



Závěr

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

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

Během cvičení je růst koncentrace oxidu uhličitého podstatně strmější.

Poznámky

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



Fotosyntéza

Pomůcky

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

Teorie

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

Příprava měření

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte čidlo (str. 12).
2. Klikněte na pole *Režim*, *Frekvence* v levém dolním rohu, nastavte dobu měření na 1200 sekund a potvrďte tlačítkem *Hotovo*.



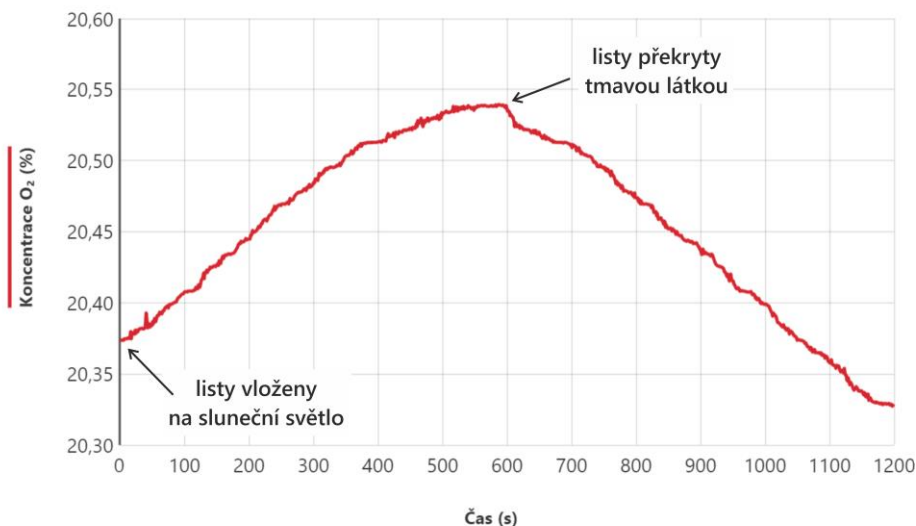
Provedení experimentu

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



Ukázka naměřených dat

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



Závěr

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

Poznámky

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



Kolik kyslíku spotřebujeme při dýchání?

Pomůcky

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

Teorie

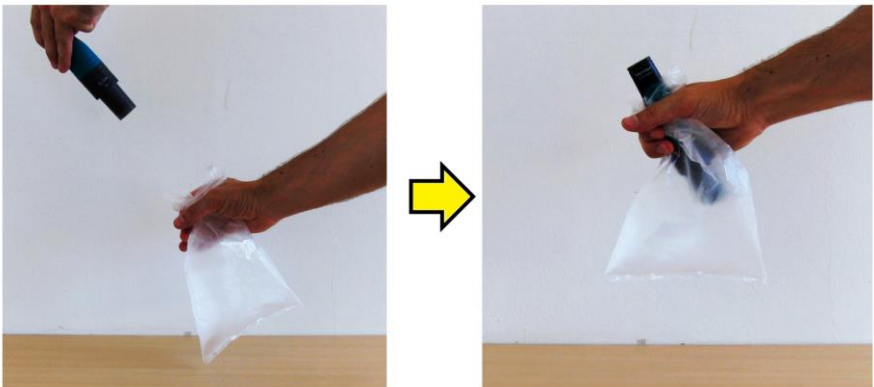
Vzduch kolem nás obsahuje přibližně 78 % dusíku, 21 % kyslíku a malé množství dalších plynů. Při dýchání se vzduch dostane do plic, kde část kyslíku přejde do krevního řečiště. Experiment ukáže, že vzduch vydechovaný z plic obsahuje skutečně méně kyslíku než vzduch nadechovaný, ale koncentrace je i tak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

Příprava měření

Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojte čidlo (str. 12).

Provedení experimentu

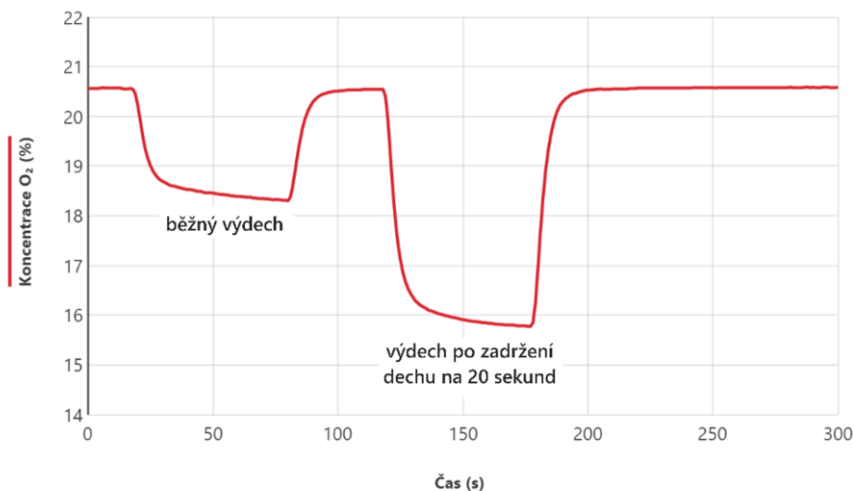
1. Tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spustíte záznam dat.
2. Mikrotenový sáček „zmačkejte“, aby v něm nebyl žádný vzduch. Vydechněte do sáčku, vložte do něj konec čidla koncentrace kyslíku a sáček rukou uzavřete jako na obrázku níže.



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

Ukázka naměřených dat

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



Závěr

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

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

Poznámky

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



Hloubka a frekvence dýchání

Pomůcky

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

Teorie

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

Jak čidlo funguje

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

Příprava měření

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte čidlo (str. 12). Během připojování rozklikněte položku *Kanály* a ponechte zaškrtnutou pouze veličinu *Síla*, tj. zrušte zaškrtnutí veličiny *Dechová frekvence*.
2. Vpravo nahoře klikněte na tlačítko  pro nastavení zobrazování a vyberte *1 graf*.



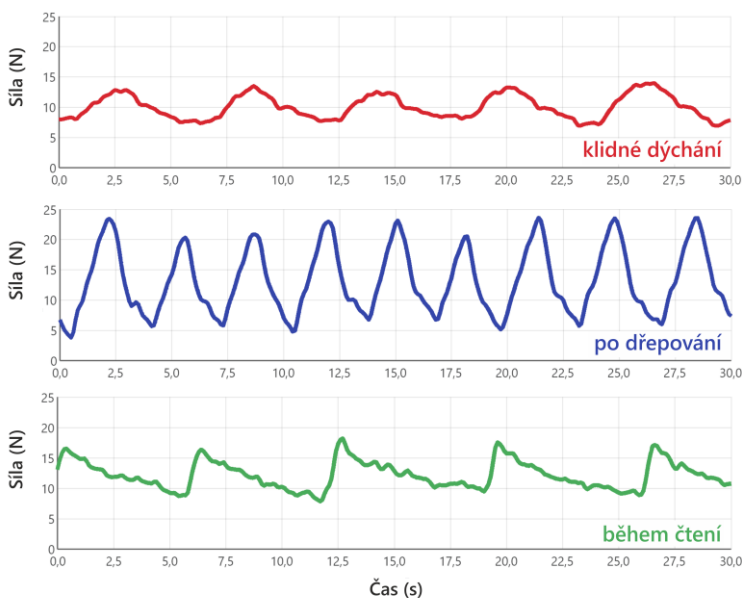
3. Klikněte na pole *Režim, Frekvence* v levém dolním rohu aplikace, nastavte dobu měření na 30 sekund a potvrďte tlačítkem *Hotovo*.
4. Pomocí pásu spojeného se senzorem připevněte čidlo na hrud testované osoby. Pásek dotáhněte tak, aby kontrolka v levém dolním rohu čidla svítila zeleně během nádechu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



Provedení experimentu

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

Ukázka naměřených dat



Závěr

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

Poznámka

Pokud během nádechu či výdechu přestane kontrolka v levém dolním rohu zeleně svítit, upravte utažení pásku (povolte nebo přitáhněte podle potřeby).



Kyslíkový dluh po fyzické zátěži

Pomůcky

Bezdrátové čidlo pro monitorování dechu Vernier GDX-RB.

Teorie

Nejvýznamnějším zdrojem energie pro buňky lidského těla je glukóza. Při běžném zatížení organismu se v buňkách uvolňuje energie při rozkladu glukózy na vodu a oxid uhličitý, a to za přístupu kyslíku – hovoří se o tzv. aerobním buněčném dýchání.

Během intenzivní fyzické zátěže se organismu kyslíku nedostává – vzniká tzv. kyslíkový dluh. Buňky jsou nuceny rozkládat glukózu bez přístupu kyslíku za vzniku kyseliny mléčné – jde o tzv. anaerobní buněčné dýchání. Odbourávání vzniklé kyseliny mléčné pak pokračuje ještě nějaký čas po ukončení zátěže a vyžaduje zvýšenou spotřebu kyslíku. To je důvod, proč zůstáváme i po ukončení fyzické zátěže zadýcháni, náš dech je hlubší a naše dechová frekvence zvýšená.

Jak čidlo funguje

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

Příprava měření

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte čidlo (str. 12). Během připojování rozklikněte položku *Kanály* a ponechte zaškrtnuté pouze veličiny *Síla* a *Frekvence kroků*.
2. Pomocí pásky spojeného se senzorem připevníte čidlo na hrud' testované osoby. Pásek dotáhněte tak, aby kontrolka v levém dolním rohu čidla svítila zeleně během nádechu i výdechu.

Připojená zařízení

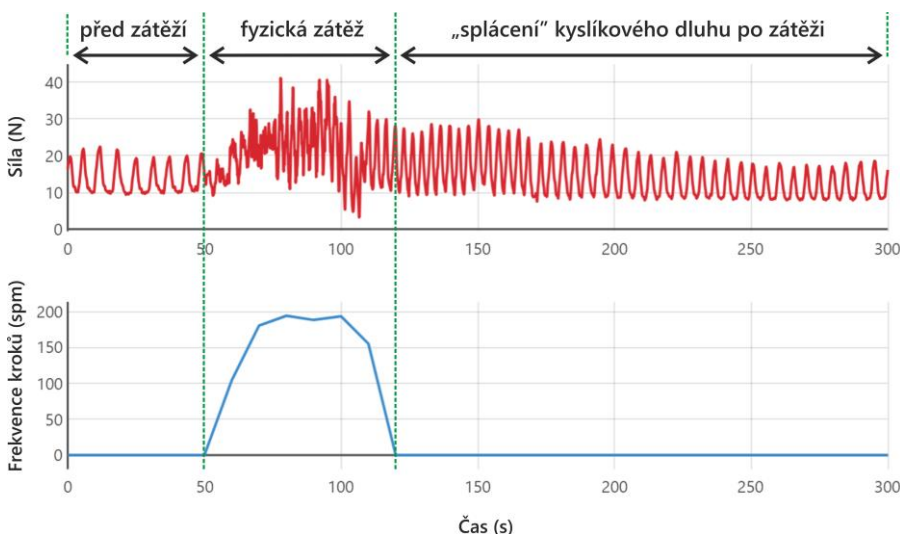
- ✱ GDX-RB 0K100028 ⓘ
- ▼ KANÁLY Síla, Frekvence kroků
- ☒ Síla
 - ☐ Respirační rychlost
 - ☐ Kroky
 - ☒ Frekvence kroků



Provedení experimentu

1. Na začátku měření nechte testovanou osobu sedět nebo stát a volně klidně dýchat.
2. Tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spusťte záznam dat.
3. Po jedné minutě měření vyzvěte testovanou osobu, aby opakovaně rychle vybíhala po schodech do vyššího patra a zase zpět, celkem asi 1 minutu.
4. Poté nechte testovanou osobu, aby se posadila a v klidu vyčkala, než se měření ukončí.

Ukázka naměřených dat



Závěr

Z naměřených dat je patrné, že po intenzivní zátěži trvající 1 minutu se zvýšila jak dechová frekvence testované osoby (píky v horním grafu jsou blíž u sebe), tak hloubka dechu (píky jsou vyšší). Až v závěru měření, tj. 3 minuty po ukončení fyzické aktivity, se frekvence a hloubka dechu přiblížily hodnotám před zátěží.

Poznámky

- Pokud nelze provádět experiment na chodbě u schodiště, můžete běh do schodů nahradit jinou podobně intenzivní aktivitou, například dřepováním.
- Pro zvýšení námahy může běžec nést například batoh plný knih.
- Testovaná osoba by v reálném čase neměla sledovat vývoj měřených hodnot, může to vést k záměrnému či nevědomému ovlivnění dýchání.
- Pokud během nádechu či výdechu přestane kontrolka v levém dolním rohu zeleně svítit, upravte utažení pásky (povolte nebo přitáhněte podle potřeby).



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. 12).
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. 12). 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 nevkládejte 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.

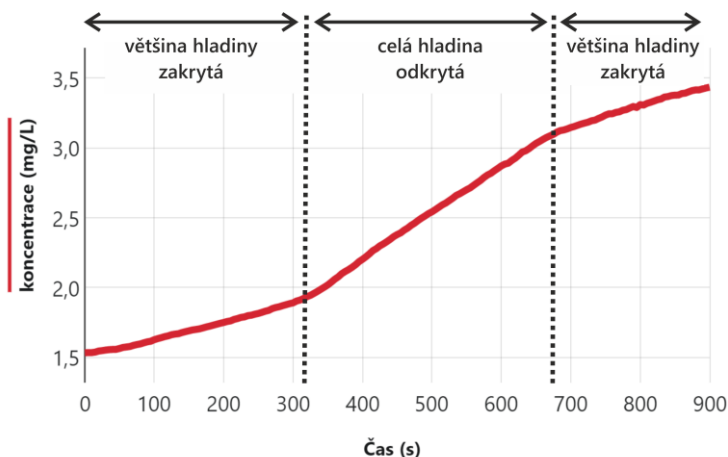


Provedení experimentu

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.



Vitální kapacita plic

Pomůcky

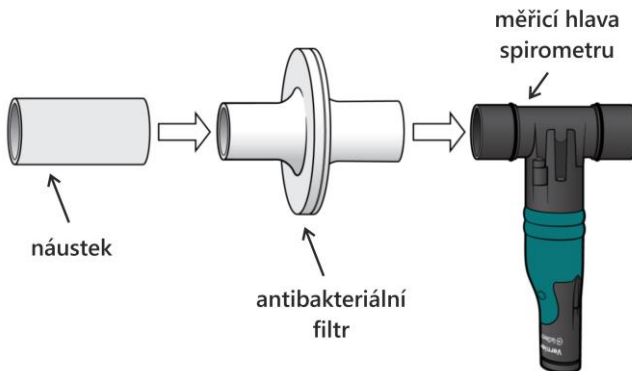
Spirometr Vernier GDX-SPR, příslušenství dodávané se spirometrem.

Teorie

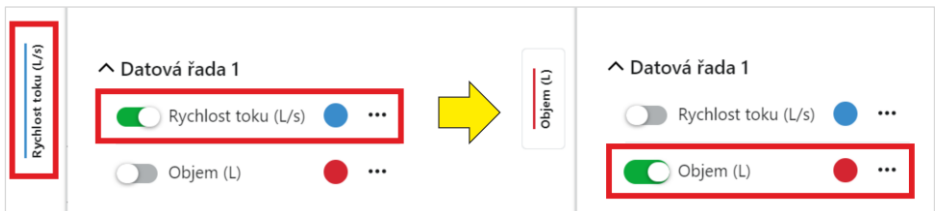
Vitální kapacita plic označuje maximální množství vzduchu, které je člověk schopen vydechnout po největším možném nádechu. Jde o jedno ze základních měřitek, která popisují funkčnost plic. U žen se typické hodnoty vitální kapacity plic pohybují v rozmezí 3–4 litry, u mužů jsou zhruba o 1 litr vyšší.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

Příprava měření

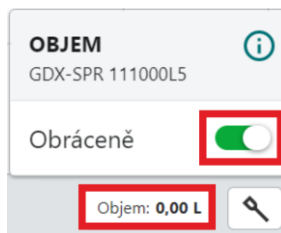
1. Připravte spirometr k měření. Ze strany, která je označena nápisem INLET, nasuňte na měřicí hlavu spirometru antibakteriální filtr a na něj pak papírový náustek.



2. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte čidlo (str. 12).
3. Klikněte na tlačítko  vpravo nahoře a vyberte *Graf* → *1 graf*.
4. Klikněte na popisek svislé osy, zrušte zaškrtnutí u položky *Rychlost toku* a zaškrtněte položku *Objem*.



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

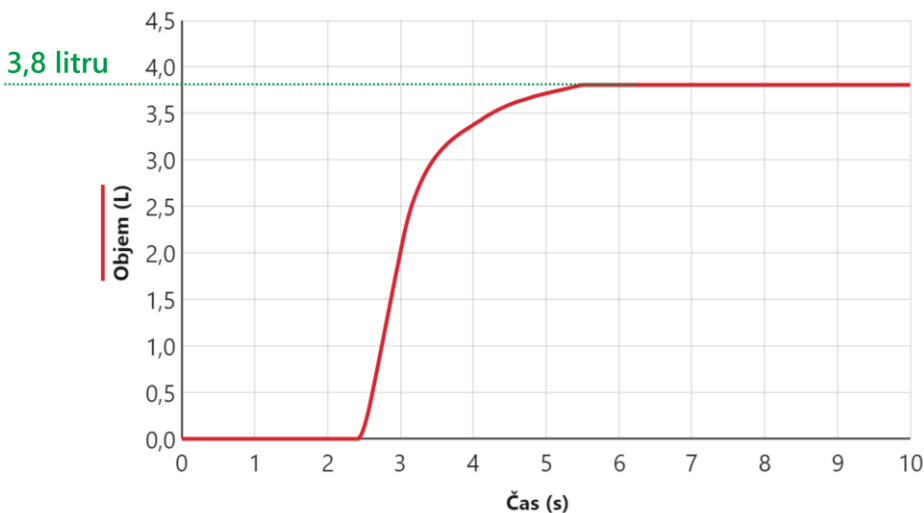


Provedení experimentu

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

Ukázka naměřených dat a závěr

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



Poznámka

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



Dýchací cesty jako výměník tepla

Pomůcky

Bodové teplotní čidlo Vernier GDX-ST.

Teorie

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

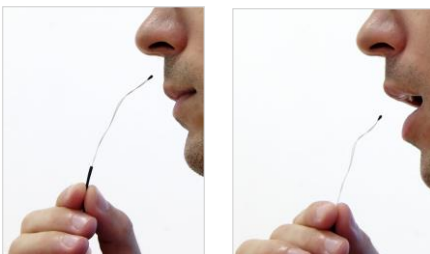
Nosní dýchací cesty mají celou řadu důležitých funkcí – mimo jiné vzduch čistí, zvlhčují a také fungují jako výměník tepla. Poměrně velká plocha nosních skořep předeřívá chladný vzduch před tím, než vstoupí do plic, kde se dále ohřívá. Dýcháme-li ústy, dostává se do krku a do plic vzduch sušší, znečištěnější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

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

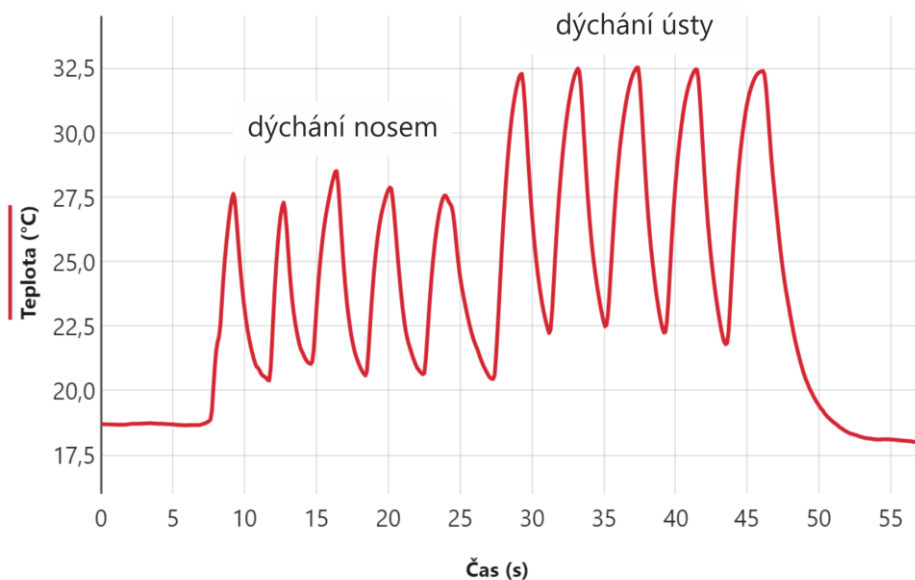
Při výdechu nosem horký vzduch z plic část tepla na nosních skořepách odevzdá zpět tělu. Vzduch vydechovaný nosem má proto nižší teplotu než vzduch vydechovaný ústy, jak ukáže následující experiment.

Provedení experimentu

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte čidlo (str. 12).
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.



Metabolické teplo kvasinek

Pomůcky

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

Teorie

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



Příprava měření

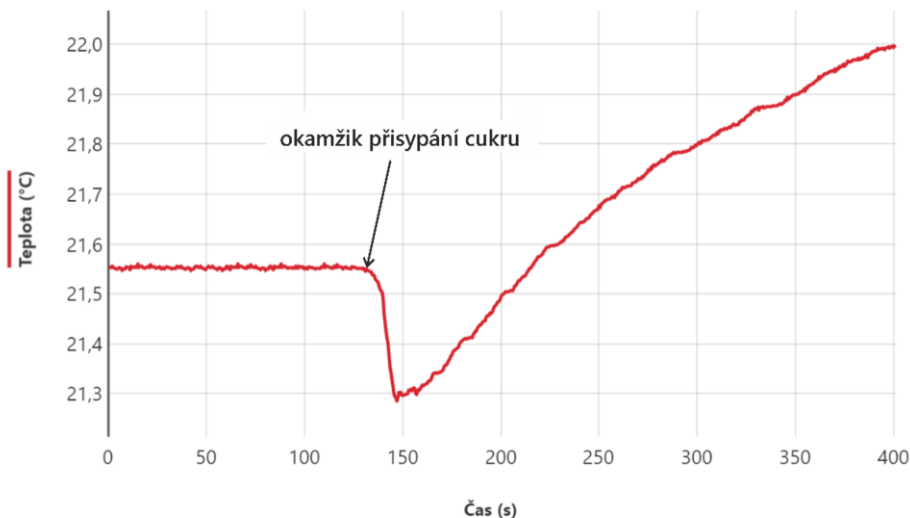
1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte čidlo (str. 12).
2. Klikněte na pole *Režim*, *Frekvence* v levém dolním rohu (obrázek níže), nastavte dobu měření na 400 sekund a potvrďte tlačítkem *Hotovo*.



Provedení experimentu

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

Ukázka naměřených dat



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

Závěr

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

Poznámky

- Experiment dobře vychází s čerstvým droždím, ale lze použít i sušené droždí (toho stačí 5 gramů).
- Je nutné nechat předem vodu i droždí nějakou dobu ve stejné místnosti, aby se jejich teplota vyrovnala s teplotou okolí. Pro rychlejší vyrovnání teploty vody s teplotou v místnosti můžete smíchat vhodný poměr teplé a studené vody.
- Změnou teploty při rozpouštění se podrobněji zabývá experiment *Změna teploty při rozpouštění* (www.vernier.cz/54).

Vypařování vody a lihu



Pomůcky

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

Teorie

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

Výše popsany princip využívá lidské tělo k ochlazování pocením. Efektivita pocení klesá se zvyšující se relativní vlhkostí vzduchu, jak ukazuje experiment na str. 40.

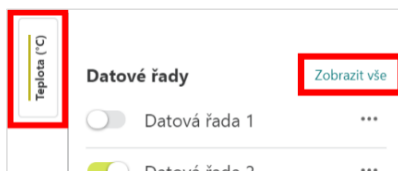
Příprava měření

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

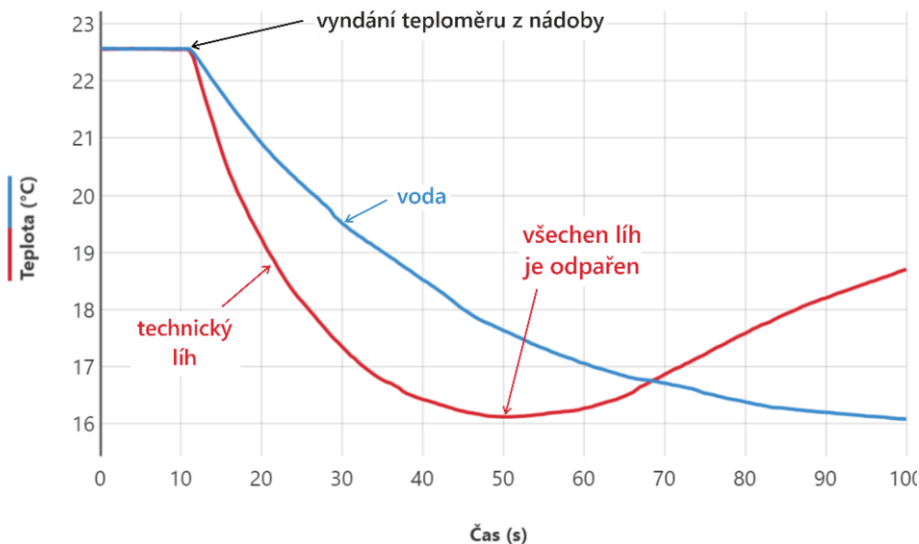


Provedení experimentu

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



Ukázka naměřených dat



Závěr

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

Poznámky

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

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. 12). 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

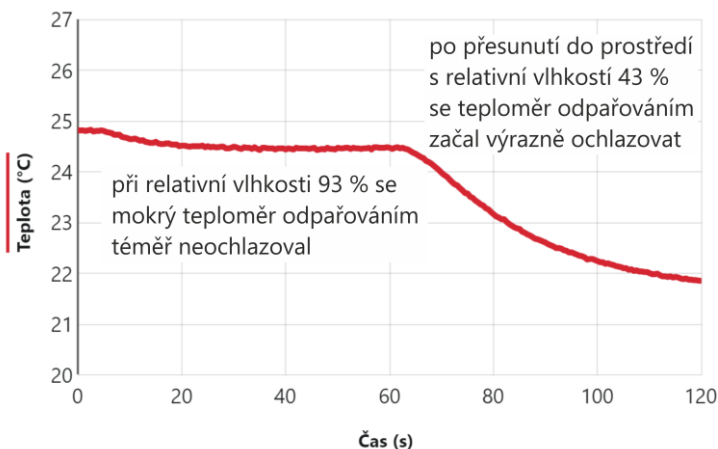
1. Ponořte tyčový teploměr do nádoby s vodou a zkontrolujte, že teplota vody se od teploty vzduchu neliší o více než 0,5 °C. Pokud je rozdíl větší, zajistěte vyrovnaní teplot mícháním s teplou/studenou vodou nebo jednoduše tím, že počkáte, až se teploty samovolně vyrovnají.
2. Část vody z nádoby přelijte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

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.

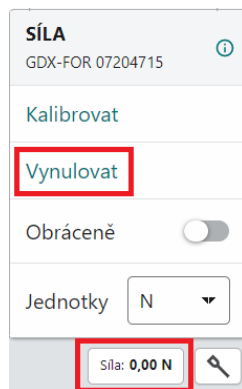
Osvědčilo se nám konec vlasu jednoduše namotat na háček a zafixovat kouskem izolepy jako na obrázku vpravo.

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



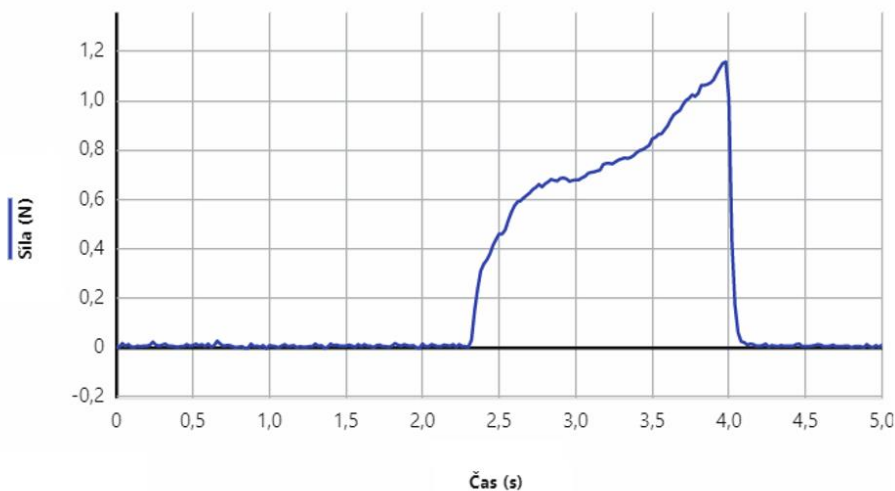
Provedení experimentu

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojte siloměr (str. 12).
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).

Lidské tělo v elektrickém obvodu



Pomůcky

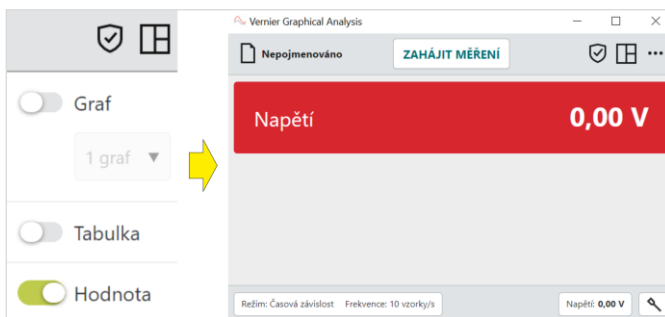
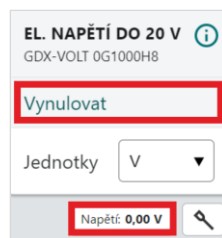
Voltmetr Vernier GDX-VOLT, plochá baterie, mikrotenový sáček.

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.

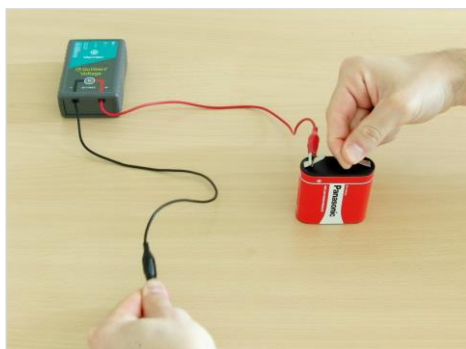
Příprava měření

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte čidlo (str. 12).
2. Pokud je měřená hodnota napětí (zobrazuje se vpravo dole) nenulová, klikněte na ni a zvolte *Vynulovat*.
3. Klikněte na tlačítko  vpravo nahoře, zrušte zaškrtnutí u položky *Graf* a zaškrtněte položku *Hodnota*.



Provedení experimentu

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



Ukázka naměřených hodnot

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

Závěr

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

Poznámky

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



Elektrokardiografie (EKG)

Pomůcky

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

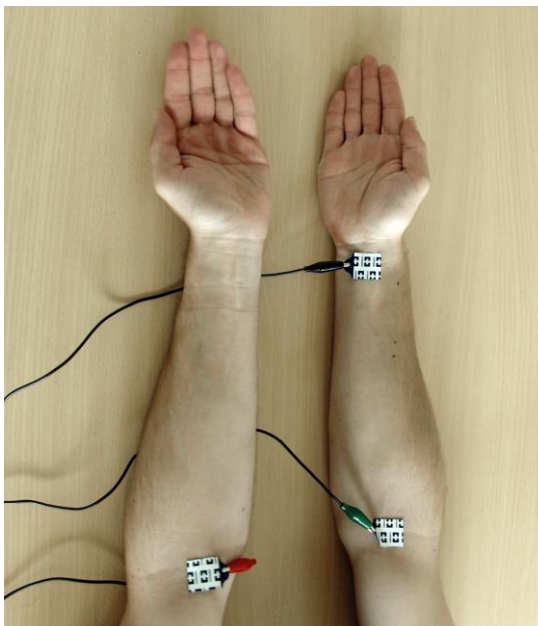
Teorie

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



Příprava měření

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte čidlo (str. 12).
2. Z balení, které je dodáváno společně s čidlem, použijte tři elektrody a nalepte je na paže proměřované osoby tak, jak ukazuje obrázek níže.
3. Podle stejného obrázku připojte k nalepeným elektrodám barevné vývody čidla. Dodržte shodu barev s obrázkem a zkontrolujte, že se elektrody neodlepují.

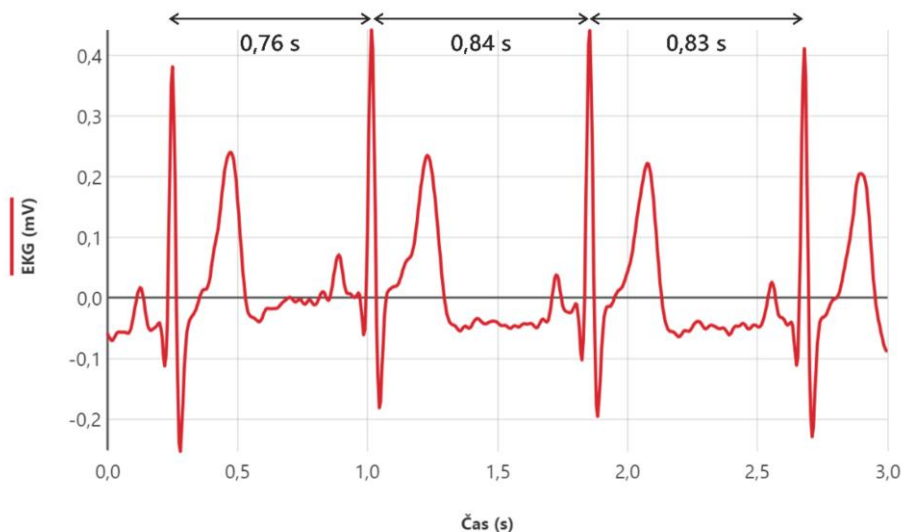


Provedení experimentu

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

Ukázka naměřených dat

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



Poznámky

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



Změny srdeční aktivity

Pomůcky

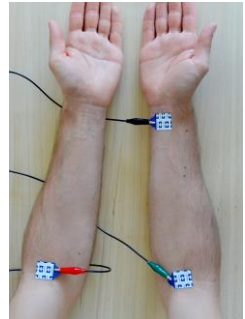
Čidlo Vernier GDX-EKG, elektrody dodávané s čidlem, lavor se studenou vodou, ručník.

Teorie

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

Příprava měření

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte čidlo (str. 12).
2. Z balení, které je dodáváno společně s čidlem, použijte tři elektrody a nalepte je na paže dobrovolníka dle obrázku.
3. Podle stejného obrázku připojte k nalepeným elektrodám barevné vývody čidla. Dodržte shodu barev s obrázkem a zkontrolujte, že se elektrody neodlepí.

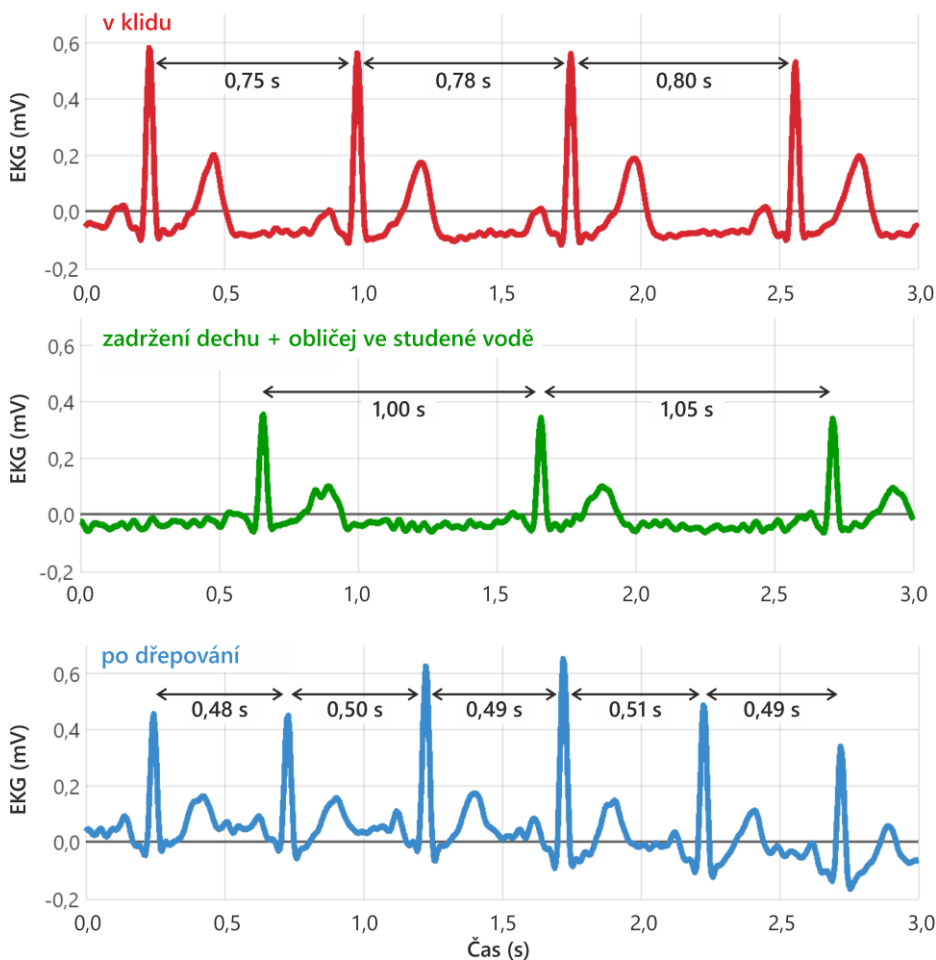


Provedení experimentu

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



Ukázka naměřených dat



Závěr

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

Poznámky

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



Elektrická aktivita svalů

Pomůcky

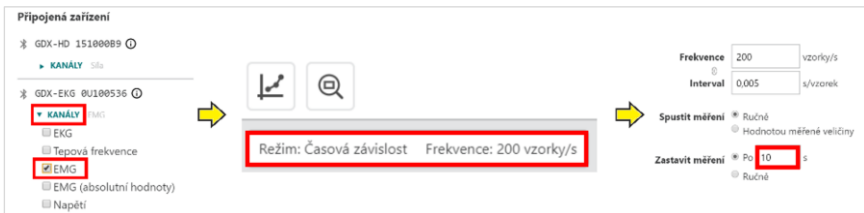
Bezdrátové čidlo síly stisku ruky Vernier GDX-HD, bezdrátové čidlo Vernier GDX-EKG, elektrody dodávané spolu s čidlem EKG.

Teorie

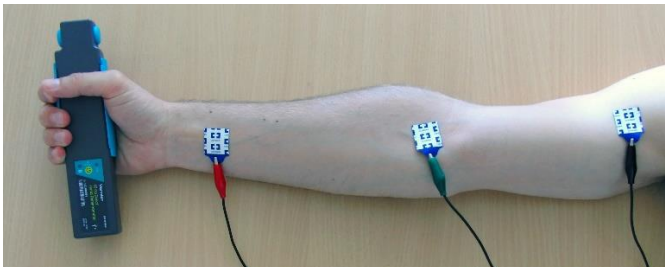
Činnost svalů je spojena s jejich elektrickou aktivitou, lze ji tedy pomocí měření elektrických signálů studovat (tzv. elektromyografie, EMG). Je-li sval uvolněný, je jeho elektrická aktivita nízká. Pokud sval zatneme, procházejí jím neustále elektrické impulzy. V tomto experimentu bude zátěž svalu představovat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

Příprava měření

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte obě čidla (str. 12).
2. Během připojování EKG čidla rozklikněte pod označením GDX-EKG položku *Kanály*, zvolte kanál EMG (na obrázku níže vlevo) a potvrďte tlačítkem *Hotovo*.
3. Klikněte na pole *Režim, Frekvence* v levém dolním rohu (obrázek níže), nastavte dobu měření na 10 sekund a potvrďte tlačítkem *Hotovo*.



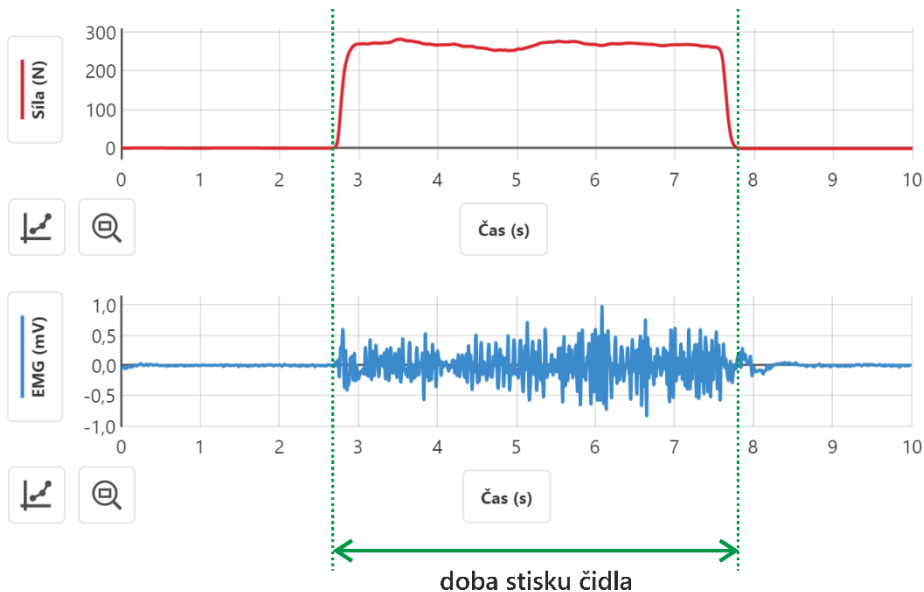
4. Z balíčku, který je dodáván společně s čidlem, vyjměte tři elektrody. Ty nalepte na paži proměřované osoby dle obrázku níže.
5. Podle stejného obrázku připojte k elektrodám barevné vývody čidla (dodržte pořadí barev – červená, zelená, černá) a zkontrolujte, že se elektrody neodlepují.
6. Proměřované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



Provedení experimentu

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

Ukázka naměřených dat



Závěr

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

Poznámka

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



Měření síly stisku ruky

Pomůcky

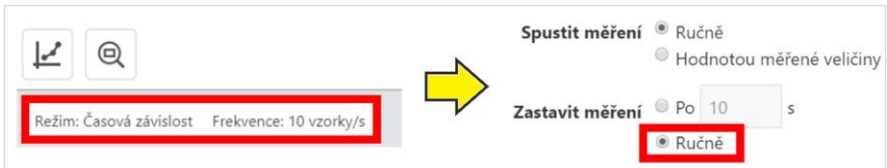
Bezdrátové čidlo síly stisku ruky Vernier GDX-HD.

Idea experimentu

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

Příprava měření

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



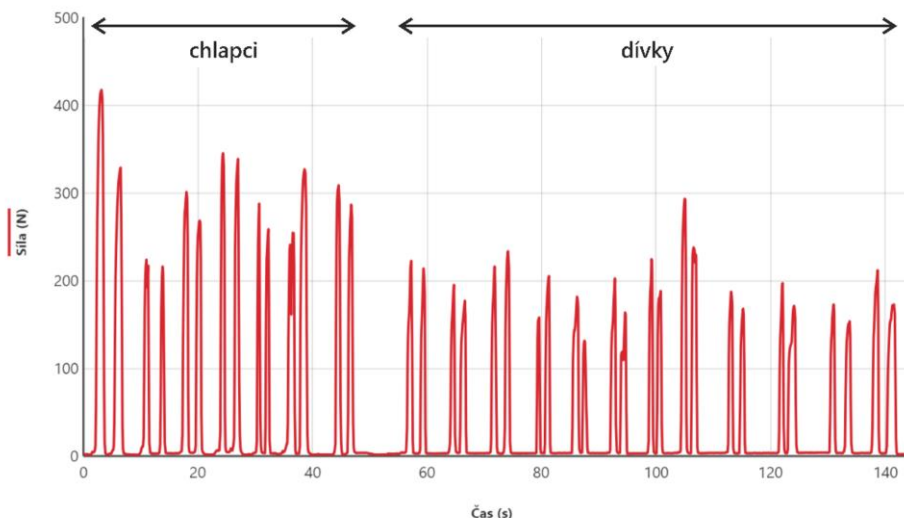
Provedení experimentu

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



Ukázka naměřených dat

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



Poznámky

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



Reakční doba na sluchový podnět

Pomůcky

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

Teorie

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

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

Příprava měření

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte obě čidla (str. 12).
2. Klikněte na tlačítko  vpravo nahoře a zvolte možnost *1 graf*.
3. Pokud je na svislé ose grafu *Akustický tlak*, klikněte na nápis a změňte na *Síla*.



Nastavení měření a triggeru

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

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

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

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

Údaje potvrďte kliknutím na tlačítko *Hotovo*.

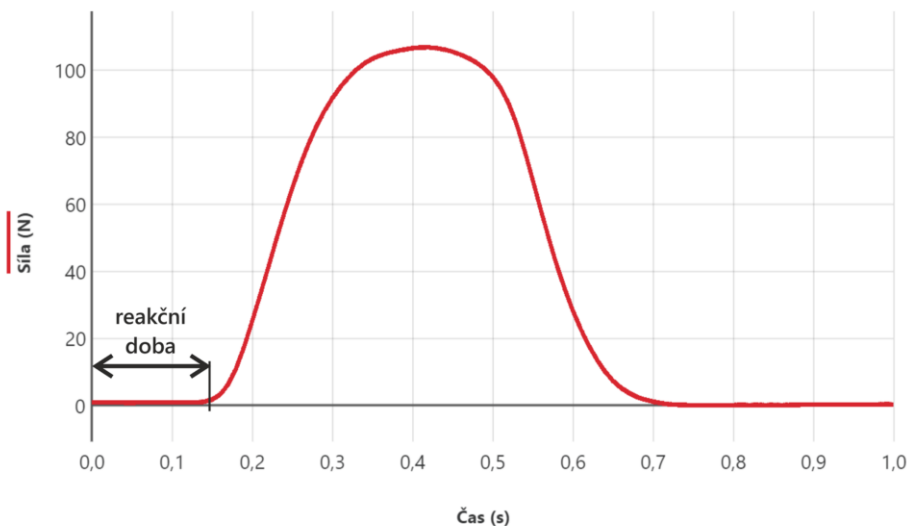


Provedení experimentu

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

Ukázka naměřených dat

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



Poznámky

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



Reakční doba na zrakový podnět

Pomůcky

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

Teorie

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

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

Příprava měření

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte obě čidla (str. 12).
2. Klikněte na tlačítko  vpravo nahoře a zvolte možnost *1 graf*.
3. Pokud je na svislé ose grafu *Intenzita osvětlení*, klikněte na nápis a změňte na *Síla*.



Nastavení měření a triggeru

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

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

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

Údaje potvrďte kliknutím na tlačítko *Hotovo*.

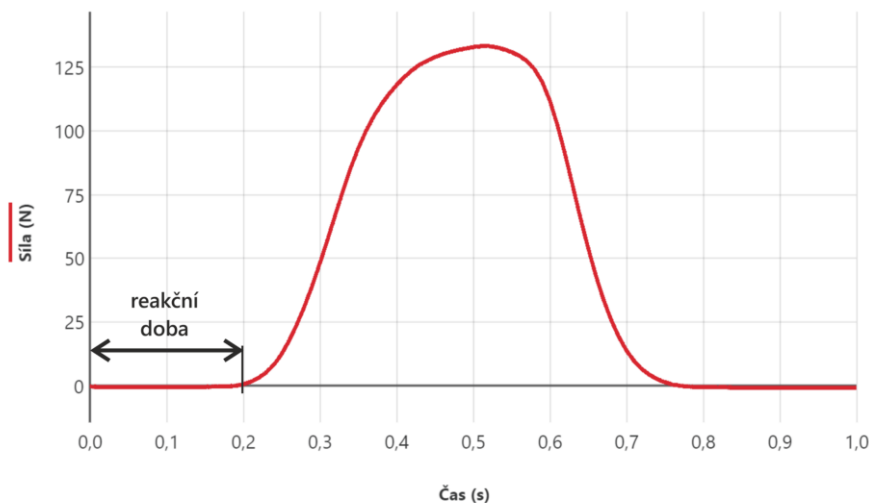


Provedení experimentu

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

Ukázka naměřených dat

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



Poznámky

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



Pomůcky

Bezdrátové čidlo síly stisku ruky Vernier GDX-HD.

Teorie

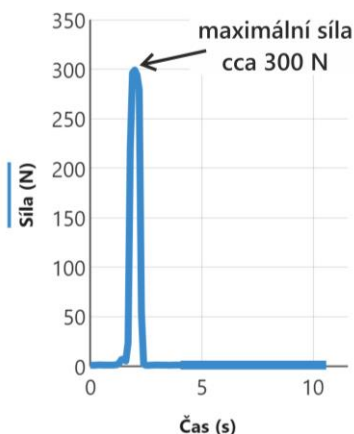
Příčně pruhované svaly jsou složeny ze svalových vláken, která se mohou stahovat (kontrahovat). Čím větší silou chceme působit, tím více vláken musí být ve svalu současně zapojeno. Při delší kontrakci postupně jednotlivým vláknům dochází energie. Krátce před selháním celého svalu lze obvykle pozorovat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

Idea experimentu

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

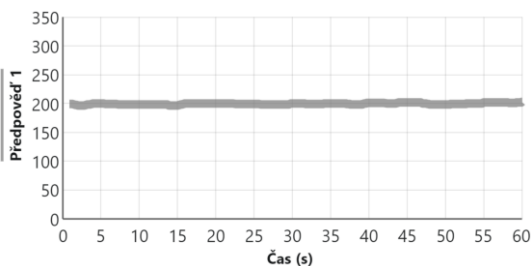
Přípravné měření

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte čidlo (str. 12).
2. Tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spustíte záznam dat. Dobrovolník uchopí čidlo dle obrázku níže a krátce jej co nejsilněji stiskne. Poté měření zastavte.
3. Výsledkem tohoto přípravného měření je „pík“, ze kterého odečtete maximální hodnotu síly. Ve vzorovém případě byla maximální naměřená síla přibližně 300 N.



Provedení experimentu

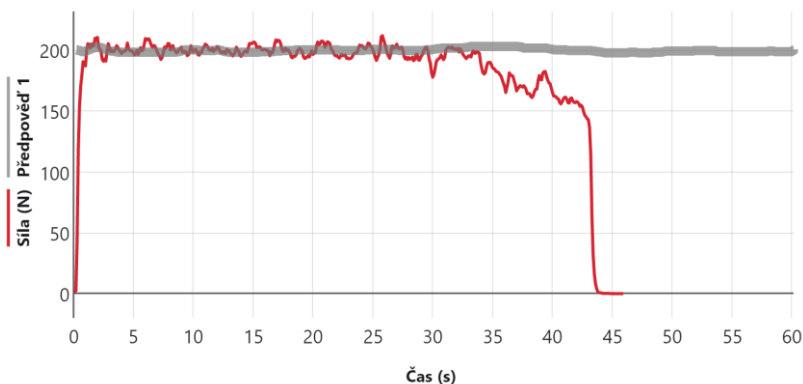
1. Nyní klikněte na  a vyberte možnost *Nakreslit předpověď*.
2. Tahem nakreslete přes celý graf vodorovnou čáru ve výšce přibližně $\frac{2}{3}$ maximální naměřené síly – v našem případě půjde tedy o čáru přibližně kopírující hodnotu 200 N (obrázek vpravo).
3. Kreslení čáry dokončete tlačítkem *Uložit*.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



Ukázka naměřených dat

Šedá křivka znázorňuje předpověď, červená naměřené hodnoty síly.

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



Poznámky

- Výšku vodorovné čáry můžete přizpůsobit kondici svých žáků. Některým může více vyhovovat čára ve výšce $\frac{1}{2}$, nebo naopak třeba $\frac{4}{5}$ maximální síly.
- Pokud se ukáže, že doba 60 sekund žákům pro unavení ruky nestačí, klikněte vlevo dole v aplikaci na pole *Režim*, *Frekvence* a nastavte ruční zastavení měření.
- Při tomto experimentu dochází k tzv. izometrické kontrakci svalů (sval je aktivní, ale nedochází k pohybu).
- Můžete se podívat také na experiment *Elektrická aktivita svalů* (str. 50).

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

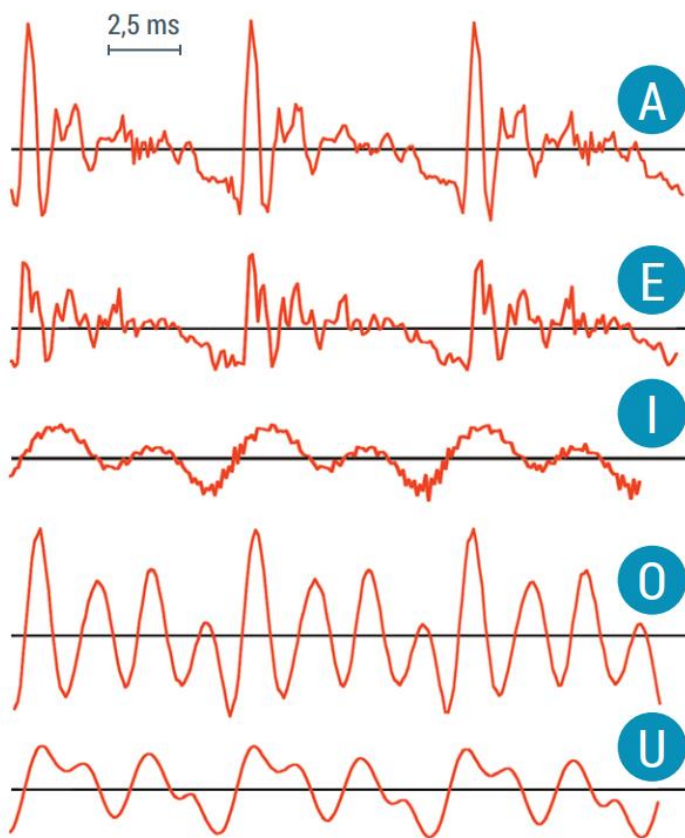
Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte čidlo (str. 12).

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. 12).

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.

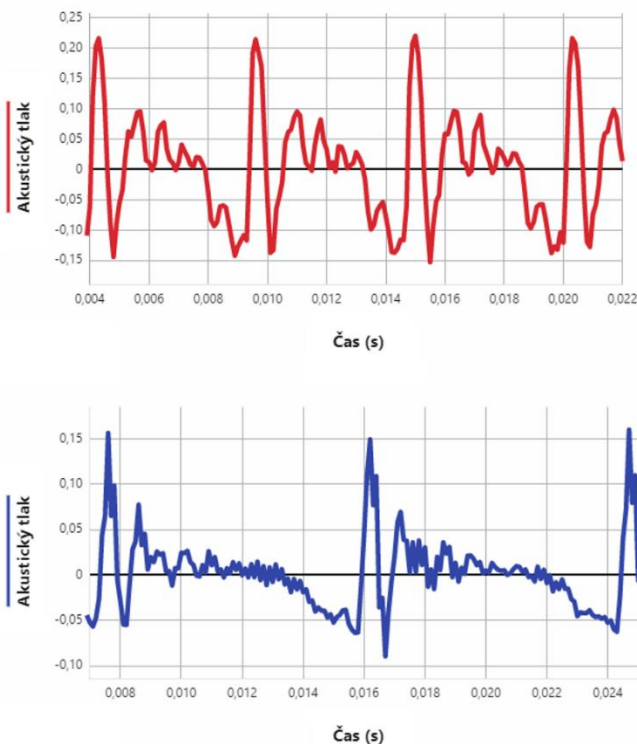
Ukázka naměřených dat

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 .

Měření pH nápojů



Pomůcky

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

Teorie

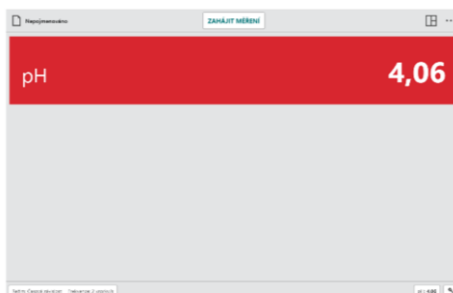
Hodnota pH roztoku poskytuje informaci o tom, zda daná kapalina reaguje kyselé, nebo zásaditě. Destilovaná voda při 25 °C má pH přesně 7,0. Kyselé roztoky mají $\text{pH} < 7$ (čím menší číslo, tím kyselejší roztok), pro zásadité roztoky je naopak $\text{pH} > 7$.

Příprava měření

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



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



Provedení experimentu

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

Ukázka naměřených dat (číselné hodnoty udávají pH)



ovocný sirup
2,0



ocet
2,2



tonic
2,5



ovocný džus
3,4



bílé suché víno
3,6



pivo
5,2



voda z vodovodu
6,5



polotučné mléko
6,7

Závěr

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

Poznámky

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

Odhadnete pH podle chuti?



Pomůcky

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

Teorie

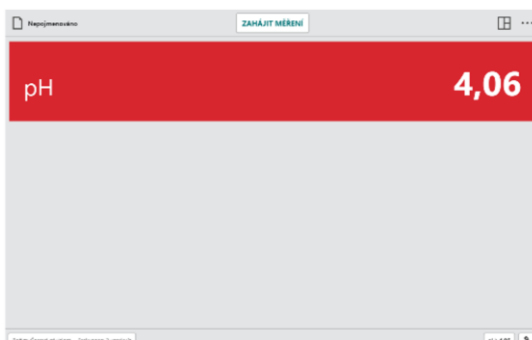
Měření pH je spojeno s pojmem „kyselost“ a svádí tak k dojmu, že pH lze odhadnout na základě chuťového vjemu – to, co je kyselé, přece naše chuťové buňky jasně rozpoznají. Cílem experimentu je ukázat, že na odhad kyselosti dle chuti se nelze spoléhat, protože kyselý vjem se dá potlačit například pomocí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

Příprava měření

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



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



Provedení experimentu

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



Závěr

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

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

Poznámky

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

Okyselování vody vlivem CO₂ (kyselé deště)

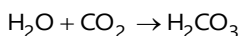


Pomůcky

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

Teorie

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



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

Příprava měření

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



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



Provedení experimentu

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



Ukázka naměřených dat



Závěr

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

Poznámky

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

Vliv syčení nápojů oxidem uhličitým na jejich kyselost



Pomůcky

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



Teorie

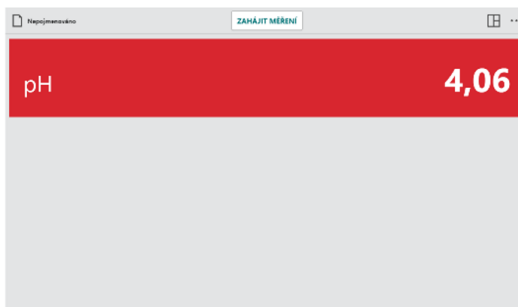
Při rozpouštění CO_2 do vody (při syčení nápojů) část CO_2 reaguje s molekulami vody za vzniku kyseliny uhličitě (H_2CO_3). Důsledkem je pokles pH takto syčených nápojů. Cílem měření je ukázat, že syčená varianta balené vody je kyslejší než varianta nesycená.

Příprava měření

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



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



Provedení experimentu

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

Ukázka naměřených dat

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

Závěr

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

Poznámky

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

Opalovací krém a ochrana proti UV záření



Pomůcky

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

Teorie

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



Příprava měření

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



Připojená zařízení

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



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



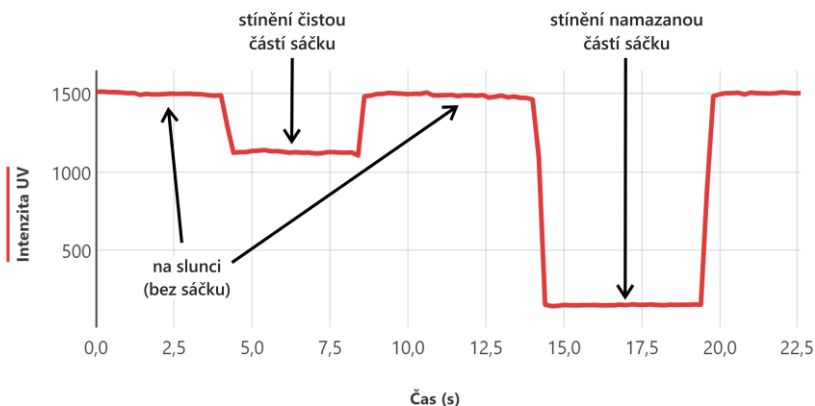
Provedení experimentu

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



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

Ukázka naměřených dat



Poznámky

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

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. 12).
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*.



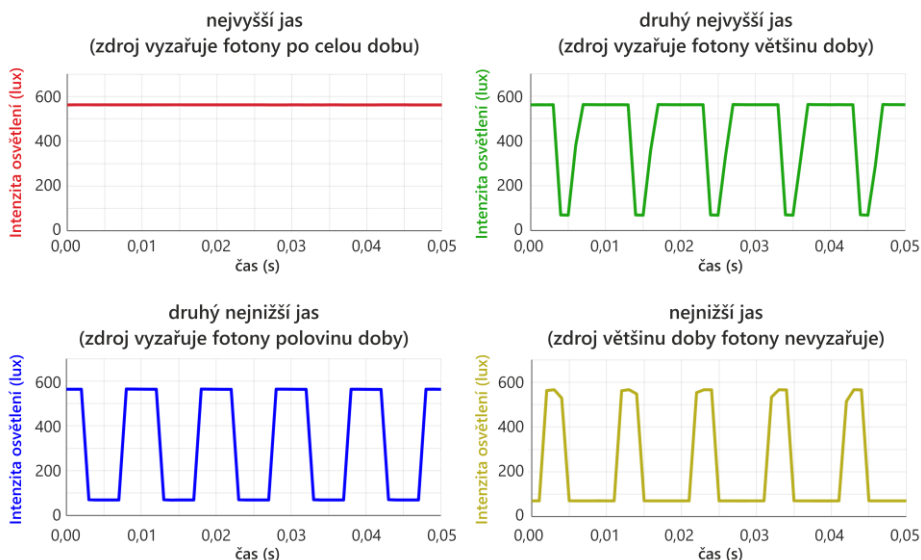
Provedení experimentu

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 www.vernier.cz/25
 - *Spektrum světla LED žárovky (skládání barev)* na str. 80

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

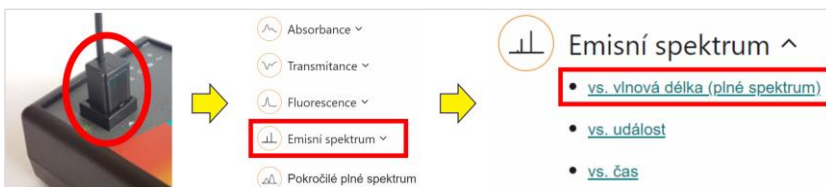
Při nákupu LED žárovek si v obchodě můžeme zpravidla vybrat, jakou barvu světla bude žárovka poskytovat. Světlo zabarvené více do modra je označováno jako „studené“, světlo zabarvené do žluta či červena jako „teplé“.



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. 14) a v úvodní nabídce vyberte možnost *Emisní spektrum vs. vlnová délka (plné spektrum)*.



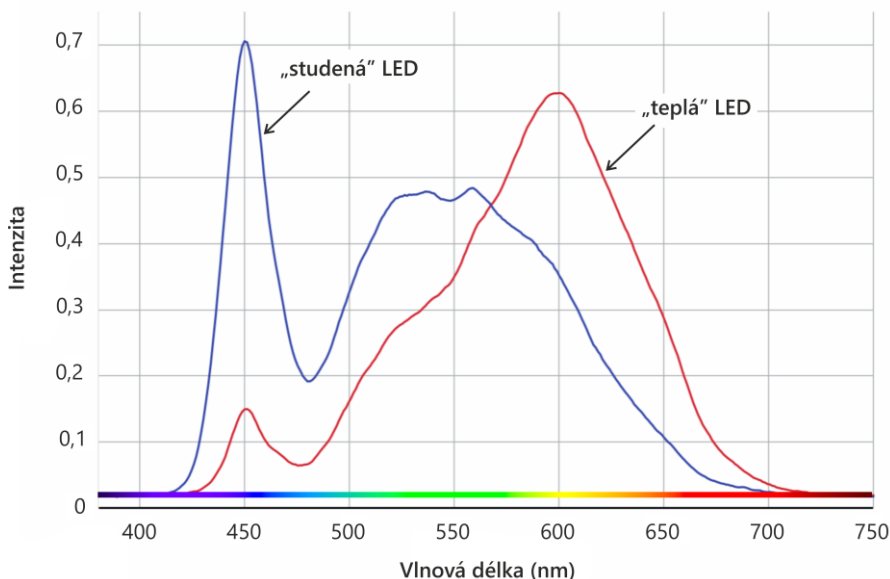
Provedení experimentu

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



Ukázka naměřených dat

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



Závěr

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

Poznámky

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



Pomůcky

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

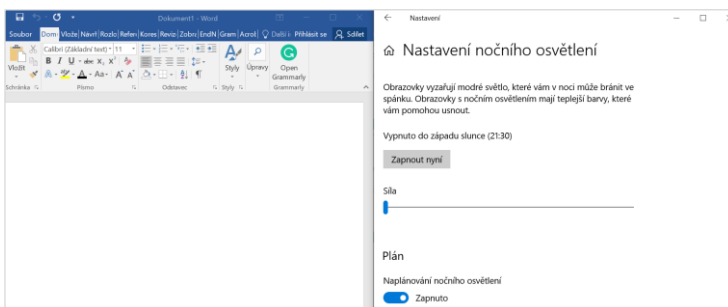
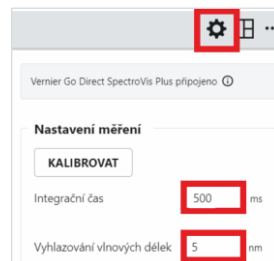
Teorie

Barvy jsou na displejích počítačů či chytrých telefonů vytvářeny tzv. aditivním skládáním červené, zelené a modré barvy – více na str. 80 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.

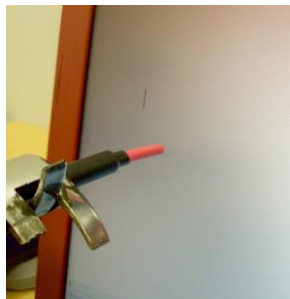
Příprava měření

1. Do kyvetové šachty spektrometru vložte optické vlákno.
2. Spustíte aplikaci *Spectral Analysis*, připojíte spektrometr (str. 14) a v úvodní nabídce vyberte možnost *Emisní spektrum vs. vlnová délka (plné spektrum)*.
3. Klikněte na ozubené kolo v pravé horní části obrazovky a zadejte *Integrační čas: 500 ms* a *Vyhlažování vlnových délek: 5 nm*.
4. Jas zkoumaného displeje nastavte na maximum.
5. Do jedné poloviny zkoumaného displeje si připravte bílou plochu (třeba prázdný dokument ve Wordu), do druhé okno *Nastavení nočního osvětlení* (dle obrázku níže).



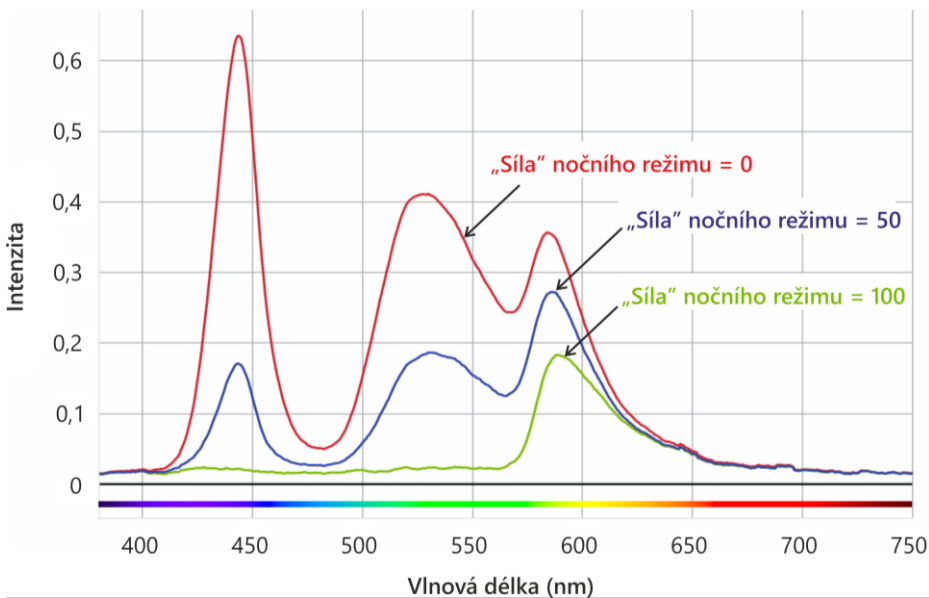
Provedení experimentu

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



Ukázka naměřených dat

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



Závěr

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

Poznámka

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

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.

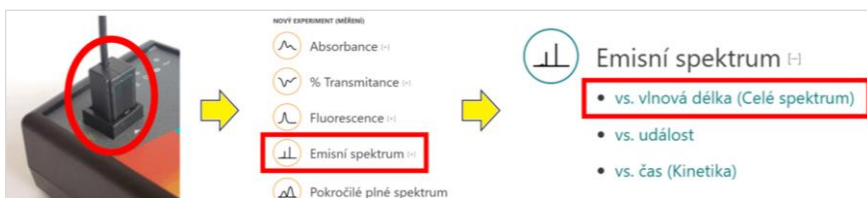


Teorie

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 tří 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. 14) 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.

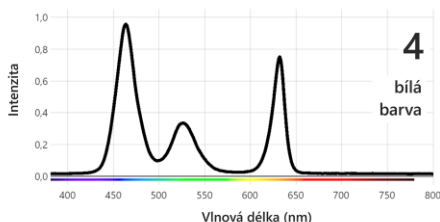
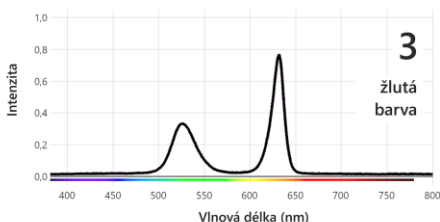
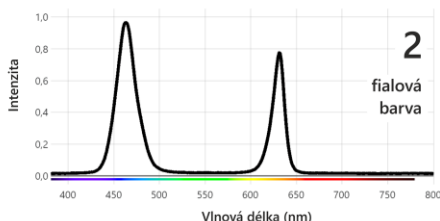
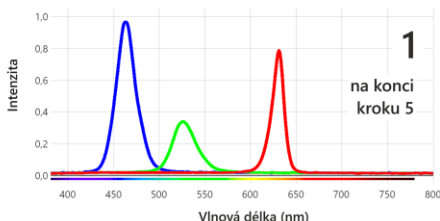


6. Opakováním kroku 4 proměřte také fialovou, žlutou a bílou barvu. Aby zůstal graf přehledný, můžete po kliknutí na popisek svislé osy *Intenzita* vybrat, které z naměřených křivek mají zůstat viditelné.



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).

Potvrzení chlorofylu v panenském olivovém oleji



Pomůcky

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

Teorie

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

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

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



Příprava vzorků a spektrometru

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

Nastavení měření

KALIBROVAT

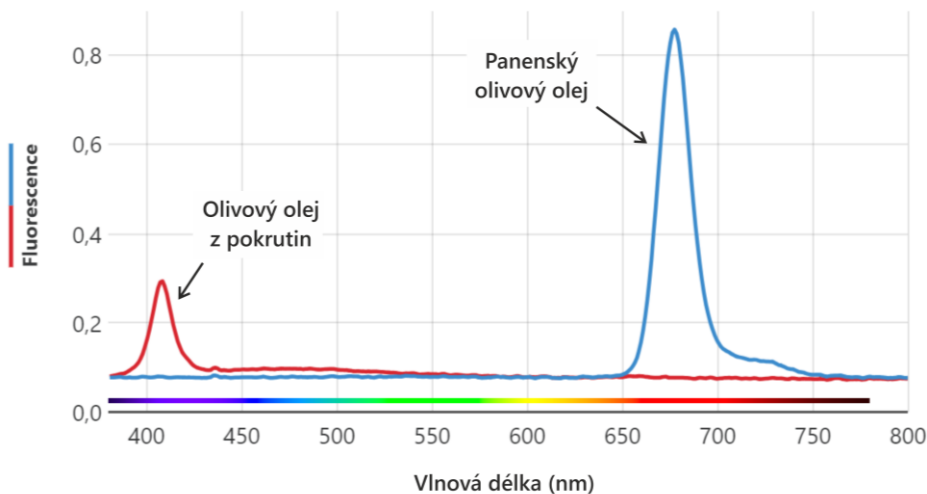
Integrační čas	150	ms
Vyhazování vlnových délek	1	nm
Průměrování přes čas	4	
Vlnová délka (excitace)	405	nm

Provedení experimentu

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

Ukázka naměřených dat a závěr

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



Poznámky

- Olivový olej z pokrutin bývá v obchodech označován *pomace oil*. To ale někdy označuje i směsi olejů (*blended pomace oil*), vždy si proto přečtěte přesné složení.
- Pokud je olej z pokrutin smíchán navíc se slunečnicovým olejem, měření to nijak neovlivní. Někdy je ale součástí směsi také panenský olivový olej, což měření znehodnotí, protože píky odpovídající chlorofylu jsou pak v obou vzorcích.

Olej z pokrutin bývá často vnímán jako méně kvalitní ve srovnání s panenským. Ale například pro smažení je pokrutinový olej lepší (a tedy kvalitnější), protože už v něm není tolik složek, které se při vysoké teplotě rozkládají.

Další inspirace pro experimentování

www.vernier.cz/kucharka

www.vernier.cz/katalog



info@edufor.cz

 774 693 244

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