

Přírodovědný INSPIROMAT 2018 – shrnutí semináře

Lektoři: Mgr. Pavel Böhm, Mgr. Jakub Jermář

Pro měření jsme používali senzory Vernier a software Logger Pro, který lze ovšem ve většině případů nahradit zdarma dodávaným Logger Lite. Pro připojování senzorů k počítači jsme využívali rozhraní LabQuest Mini. Využili jsme též datalogger LabQuest 2 a program LabQuest Viewer.

Odkazy

- software Logger Lite – www.vernier.cz/LL
- software Logger Pro – www.vernier.cz/LP
- rozhraní LabQuest Mini – www.vernier.cz/LQ-MINI
- datalogger LabQuest 2 – www.vernier.cz/LABQ2
- program LabQuest Viewer – www.vernier.cz/LQ-VIEW

Kde hledat inspirace pro experimenty

- www.vernier.cz/kucharka
- www.vernier.cz/experimenty

Zapůjčení teploměru

Pokud si chcete práci s Vernierem zdarma a nezávazně vyzkoušet, zapůjčíme Vám na 2 měsíce [chemicky odolný nerezový USB teploměr](#). Napište nám na info@edufor.cz.



Přehled provedených experimentů

1. Jak usvědčit nepoctivého hostinského

Tonik je perlivý nealkoholický nápoj obsahující chinin, který toniku dodává typickou hořkou chuť. Okem je tonik nerozeznatelný od obyčejné vody. Proto bychom na pohled nedokázali rozeznat stoprocentní tonik od naředěného (šizeného).

Využili jsme toho, že chinin obsažený v toniku vykazuje tzv. luminiscenci – při ozáření UV světlem o vlnové délce okolo 350 nm vydává intenzivní modré světlo na vlnových délkách okolo 460 nm.



Intenzita vyzařovaného modrého světla klesá podle toho, jak moc je tonik naředěný. Po kalibraci na několika různě zředěných vzorcích by takto bylo možné dokonce určovat míru naředění.

Námi použitý spektrometr sice má vlastní excitační zdroje pro studium luminiscence (tzv. fluorimetrii), ale na vlnových délkách 405 nm a 500 nm. Proto jsme pro excitaci použili zkoušečku bankovek jako vnější zdroj vhodného UV záření.

Odkazy:

- spektrofotometr – www.vernier.cz/GDX-SVISPL

2. Pokles intenzity osvětlení se vzdáleností

Družice (například Hubbleův vesmírný dalekohled na obrázku vpravo) obvykle jako zdroj elektřiny využívají solární panely.

Výkon solárních panelů závisí na intenzitě slunečního záření. Je proto potřeba vědět, jak se mění intenzita osvětlení se vzdáleností od zdroje záření.

Slunce jsme simulovali výkonnou LED žárovkou a postupně jsme proměřili intenzitu osvětlení ve vzdálenosti 40 cm, 50 cm, 60 cm, ... až 140 cm. Intenzita osvětlení klesala s druhou mocninou vzdálenosti.



Odkazy:

- Čidlo světla (luxmetr) – www.vernier.cz/LS-BTA

3. Kolik vzduchu potřebujeme k cestě na Mars a zpět

V další sérii experimentů jsme se zamýšleli nad potřebou dýchat při cestě na Mars a zpět. Kromě měření počtu nádechů za minutu jsme také spirometrem změřili množství vzduchu v jednom nádechu a pomocí citlivých vah a ruční vakuové pumpy jsme ukázali, že litr vzduchu za normálních podmínek váží více než 1 gram, tedy že vzduch zdaleka není nic nehmotného.



Odkazy:

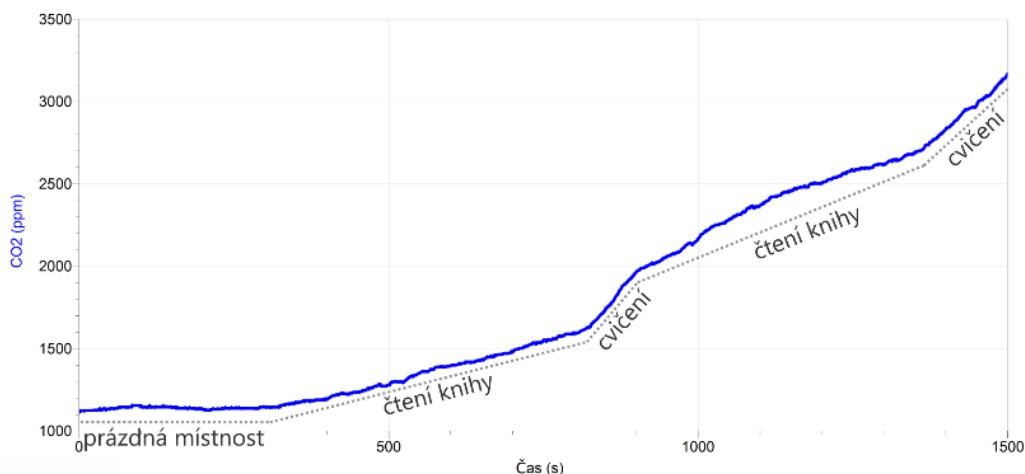
- spirometr – www.vernier.cz/SPR-BTA
- citlivé váhy – www.vernier.cz/OHSK-2202
- výpočet v Excelu – www.vernier.cz/stahnout/inspiromat-vypocty-2018
- spirometrie (video) – www.vernier.cz/video/spirometrie

4. Oxid uhličitý ve vzduchu

Při dýchání vydechujeme oxid uhličitý. Průměrná koncentrace na Zemi je okolo 400 ppm (400 parts per milion, čili 0,04 %). V bytech a kancelářích se koncentrace běžně pohybuje okolo 1 000 ppm. Při koncentraci několika tisíc ppm se postupně dostavuje malátnost, nevolnost, bolesti hlavy, zvýšený tep atd. Koncentrace přes 50 000 ppm už mohou být smrtelné.

Graf níže zachycuje část experimentu s měřením koncentrace CO₂ v malé uzavřené místnosti.

- i. Nejprve po dobu zhruba 5 minut bylo čidlo oxidu uhličitého v prázdné místnosti. Koncentrace byla po celou dobu konstantní, okolo 1 100 ppm.
- ii. Následně vstoupil do místnosti člověk a nevykonával žádnou fyzickou aktivitu. Koncentrace pozvolna narůstala konstantí rychlostí asi 1 ppm za sekundu.
- iii. Poté člověk v místnosti udělal 20 kliků, 20 dřepů a 20 sklapovaček. Koncentrace během této doby prudce rostla rychlostí 4,5 ppm za sekundu.
- iv. Následně byla měřená osoba opět v klidu. Nárůst koncentrace CO₂ se zpomalil na 1,6 ppm za sekundu – tělo se patrně ještě „vzpamatovalo“ z předchozího cvičení.
- v. Experiment pak ještě dále pokračoval střídáním cvičení a klidu. Při koncentracích okolo 5 000 ppm měřená osoba pociťovala mírný nástup malátnosti a obtížněji se jí dýchalo.



Odkazy:

- Čidlo koncentrace oxidu uhličitého: www.vernier.cz/CO2-BTA

5. Proč máme v zimě ve třídě nepříjemně suchý vzduch

Absolutní vlhkost udává, kolik gramů vodní páry je v krychlovém metru vzduchu. Maximální množství vodní páry, které vzduch pojme (plné nasycení = 100% relativní vlhkost), závisí výrazně na teplotě, jak ukazuje tabulka vpravo.

Doporučená relativní vlhkost vzduchu pro školní třídu je 40 % až 60 %. Při teplotě 22 °C, relativní vlhkosti 50 % a objemu třídy 180 m³ je ve vzduchu „vypařeno“ přibližně 1,8 litru vody.

teplota vzduchu (°C)	maximální absolutní vlhkost (g/m ³)
-20	0,6
-10	2,3
0	4,9
10	9,4
20	17,3
22	19,4
30	30,4
40	51,1

Pokud je venku mráz $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, tak i kdyby byla 100% vlhkost, jsou v každém krychlovém metru vzduchu pouze přibližně 2 gramy vody. Vyvětráme-li školní třídu tímto chladným vzduchem, který následně ohřejeme na $22\text{ }^{\circ}\text{C}$, budou v něm jen 2 gramy vody na krychlový metr vzduchu, ale kapacita vzduchu pojmout vodní páru je nyní (při teplotě $22\text{ }^{\circ}\text{C}$) 10× větší. Výsledkem je proto jen 10% relativní vlhkost, tedy velmi suchý vzduch.

Odkazy:

- Čidlo relativní vlhkosti vzduchu – www.vernier.cz/RH-BTA

6. Komínový efekt

V dlani jsme svise drželi měděnou trubku. Ta se od dlane ohřívala nad teplotu okolí. Spolu s trubkou se ohřívá i vzduch v trubce. Jelikož teplý vzduch má nižší hustotu než studený vzduch, nastalo proudění vzduchu směrem vzhůru. Nad trubkou jsme naměřili bodovým teploměrem znatelně vyšší teplotu než pod trubkou.



Odkazy:

- Bodový teploměr – www.vernier.cz/STS-BTA

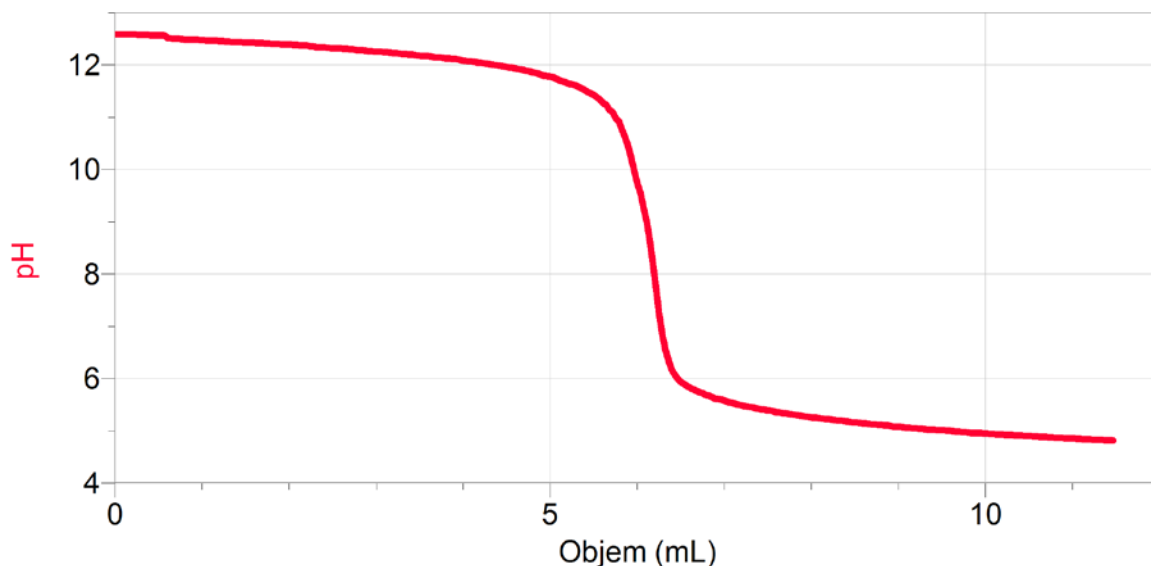
7. Titrace

Nejprve jsme připravili roztok náhodného množství hydroxidu sodného ve vodě (okolo 0,5 gramu na 100 ml). Poté jsme nechali do roztoku kapat ocet (8% roztok kyseliny octové ve vodě) přes čítač kapek, který tak odměřoval objem přidaného octa (při znalosti objemu jedné kapky). O míchání roztoku se starala magnetická míchačka. Pomocí pH čidla jsme měřili změny pH. V grafu jsme tak mohli nechat vykreslovat závislost pH na objemu přidaného octa.

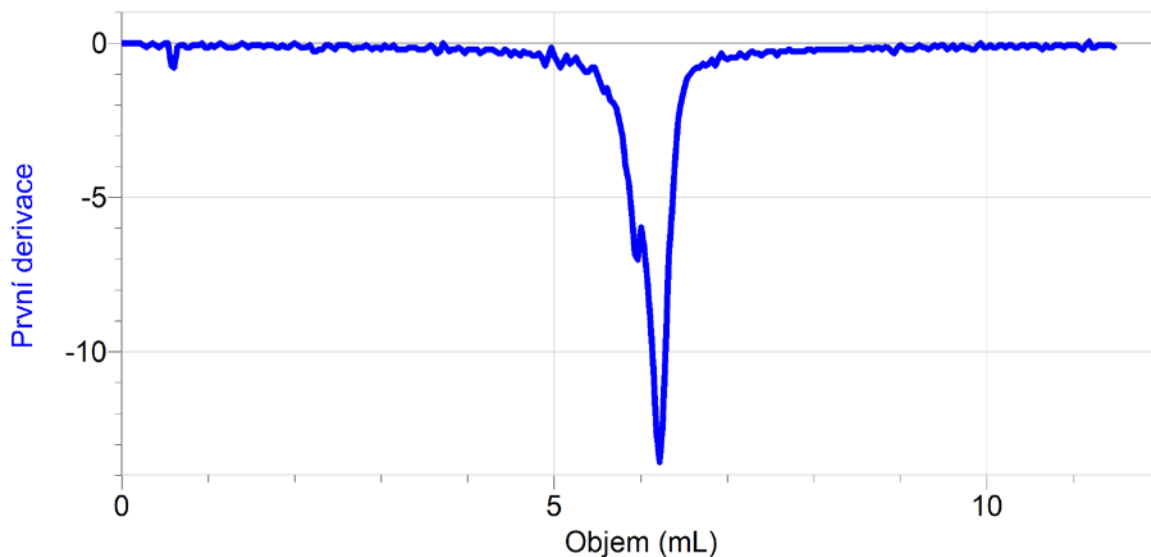
Hydroxid sodný reagoval s kyselinou octovou: $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2\text{O}$

Roztok byl na počátku velmi zásaditý (měl vysoké pH). Postupným přikapáváním octa docházelo k reakci kyseliny octové s hydroxidem sodným a pH roztoku se tím snižovalo. Nejprve pomalu, protože byl velký nepoměr mezi „mořem hydroxidu“ a kapičkou octa. Jak ale díky chemické reakci postupně hydroxid ubývalo, pH se snižovalo rychleji a rychleji – až v momentě, kdy byly v roztoku poslední zbytky NaOH, došlo k nejrychlejšímu poklesu pH. Tomuto bodu se říká bod ekvivalence a jeho nalezení je pro celý experiment klíčové.





Pro snadnější a přesnější nalezení bodu ekvivalence jsme využili toho, že program Logger Pro dokáže vypočítat první derivaci, přičemž minimální hodnota první derivace určuje místo, kde funkce klesá nejrychleji, tedy bod ekvivalence.



Zatímco experiment automatizovaně „na pozadí“ probíhal (postupné přikapávání za současného míchání a měření pH), prošli jsme úvahy vedoucí k následnému výpočtu neznámého množství hydroxidu sodného:

- i. Dejme tomu, že pro dosažení bodu ekvivalence bylo zapotřebí postupně přikapat 6 ml octa.
- ii. Ocet má přibližně stejnou hustotu jako voda, což je 1 g/ml. Tudíž hmotnost octa je 6 g.
- iii. Ocet je 8% roztok kyseliny octové ve vodě. Kyseliny octové tedy bylo spotřebováno 0,48 g.
- iv. Molární množství kyseliny octové (60 g/mol) bylo tím pádem 0,008 mol.
- v. Z rovnice reakce vidíme, že molární množství spotřebovaného NaOH je stejné: 0,008 mol.
- vi. Hmotnost NaOH v roztoku tedy byla (40 g/mol) asi 0,32 g.

Současně s úvahami jsme připravovali excelovskou tabulku, ve které automaticky probíhá výpočet. Jakmile jsme tedy experimentem zjistili objem octa potřebný pro dosažení bodu ekvivalence, dosadili jsme příslušné číslo do excelovské tabulky a ihned jsme viděli vypočítané množství hydroxidu v roztoku.

Inspiromatů letos proběhlo 9. Ve většině případů (7) vypočítané množství velmi dobře odpovídalo hmotnosti změřené na začátku experimentu. Ve dvou případech se výpočet o 10 % až 20 % rozcházel s předchozím kontrolním měřením hmotnosti. Prošli jsme různé možnosti, čím by to mohlo být způsobeno – špinavé nádoby, špatně vypláchnutá kádinka se zbytky reaktantů z předchozího měření apod. Nakonec se po všech úvahách domníváme, že na nepřesnostech se mohla podílet zejména voda z vodovodu – tam, kde byla tzv. „tvrdá“. Pro přesnější měření je tedy vhodnější pracovat s vodou destilovanou.

Odkazy:

- citlivé a přesné váhy – www.vernier.cz/OHSK-2202
- čítač kapek – www.vernier.cz/VDC-BTD
- pH čidlo – www.vernier.cz/PH-BTA
- magnetická míchačka – www.vernier.cz/STIR
- výpočet v Excelu – www.vernier.cz/stahnout/inspiromat-vypocty-2018

8. Elektrický náboj

Ukazovali jsme, jak lze dvojici různých materiálů elektricky nabít vzájemným třením. Využili jsme čidlo elektrického náboje, které kromě velikosti dokáže určit také polaritu náboje.

To, zda se daný materiál nabije kladně, závisí na konkrétní dvojici použitých materiálů. Nejprve jsme třeli plastové brčko o papírový kapesník. Brčko se nabilo záporně. Poté jsme stejné brčko třeli o teflonovou fólii – tentokrát se brčko nabilo kladně.

Teflonová fólie na pečení se dá koupit za přibližně 100 Kč.

Odkazy:

- váhy – www.vernier.cz/CRG-BTA

9. Proč se solí silnice

V termosce jsme s sebou na Inspiromat přivezli kostky ledu. Ty jsme nadrtili na ledovou tříšť, vložili do kádinky a následně jsme změřili teplotu této ledové tříště. Byla vždy 0 °C nebo těsně pod nulou.



Následně jsme přisypali k ledové tříšti větší množství kuchyňské soli (přibližně čtvrtinu hmotnosti ledu) a směs promíchali. Teplota během několika sekund klesla na zhruba $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, přičemž osolený led i při takto nízkých teplotách roztál na slanou břečku. Diskutovali jsme možnosti a limity využití tohoto jevu při zimní údržbě silnic.

Odkazy:

- nerezový tyčový teploměr – www.vernier.cz/TMP-BTA
- popis experimentu a jeho vysvětlení – www.vernier.cz/kucharka/4
- video – www.vernier.cz/video/ucinek-soli

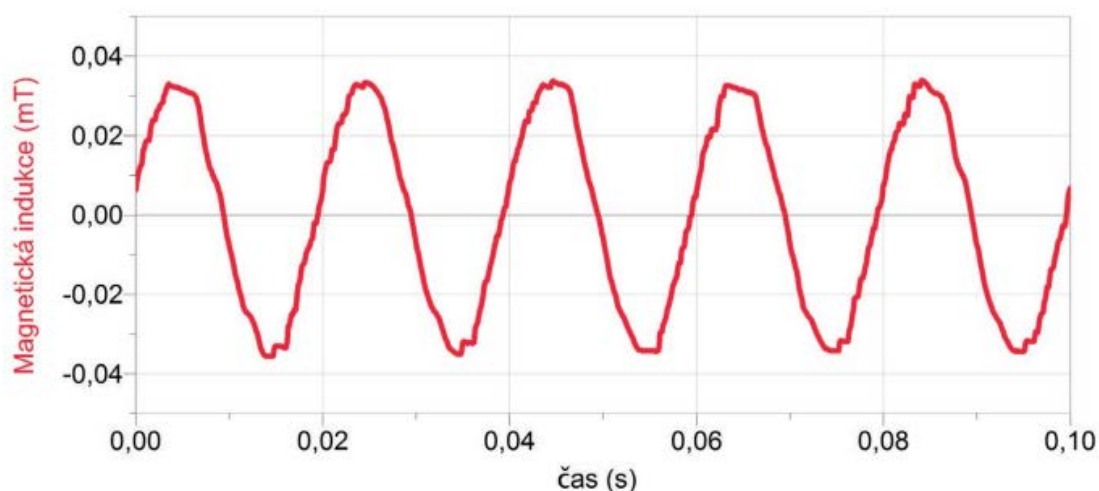
10. Elektrický proud generuje magnetické pole

Jeden konec vodiče jsme připojili k ploché baterii. K vodiči jsme přiblížili čidlo magnetického pole (teslametr). Po připojení druhého konce vodiče k baterii (zkratování) protékal vodičem poměrně velký elektrický proud, což se projevilo vznikem magnetického pole.

Když jsme z vodiče vytvořili jednoduchou cívku o několika závitů, magnetické pole se příslušně znásobilo. Po otočení polarity baterie se obrátil směr elektrického proudu – v důsledku toho i změřené magnetické pole mělo opačné znaménko.

Poté jsme změřili ještě magnetické pole u přívodního kabelu k rychlovarné konvici. Při vypnuté konvici bylo magnetické pole nulové (magnetické pole Země jsme předem odečetli). Po zapnutí konvice se objevilo střídavé magnetické pole, jehož frekvence byla stejná jako frekvence střídavého napětí v zásuvce, tedy 50 Hz.

Nakonec jsme ještě diskutovali vnitřní strukturu přívodního kabelu rychlovarné konvice a souvislost s měřenými hodnotami.



Odkazy:

- čidlo magnetického pole (teslametr) – www.vernier.cz/MG-BTA
- magnetické pole kolem kabelů (návod) – www.vernier.cz/kucharka/44

11. Závislost tlaku plynu na teplotě

Tlakové čidlo jsme pomocí zátky s hadičkou připojili ke zkumavce. Zkumavku jsme společně s teploměrem postupně vkládali do vodních lázní o různé teplotě. Jakmile se teplota plynu ve zkumavce vyrovnala s teplotou lázně (měřené hodnoty se ustálily), zaznamenali jsme do grafu tlak a teplotu.

Závislost tlaku plynu v uzavřené nádobě na teplotě byla lineární, což se potvrdilo i závěrečným proložením přímkou přes naměřené body.



Odkazy:

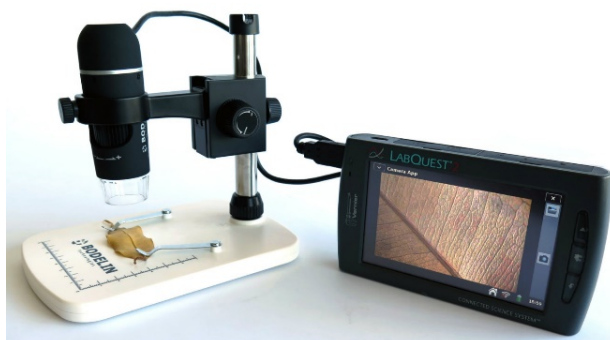
- nerezový teploměr – www.vernier.cz/TMP-BTA
- tlakové čidlo – www.vernier.cz/GPS-BTA
- závislost tlaku na teplotě (video) – www.vernier.cz/video/zavislost-tlaku-na-teplote
- závislost tlaku na teplotě (návod) – www.vernier.cz/kucharka/16

12. Digitální mikroskop

Pomocí digitálního mikroskopu připojeného k dataloggeru LabQuest 2 jsme si zblízka prohlíželi svět. Mimo jiné jsme se podívali na zelený potisk Kuchařky II, textilii košile, vousy, cibuli či perloočky. Obraz z dataloggeru jsme přenášeli do dataprojektoru pomocí programu LabQuest Viewer.

Odkazy:

- Digitální mikroskop – www.vernier.cz/PS-EDU
- LabQuest Viewer – www.vernier.cz/LQ-VIEW



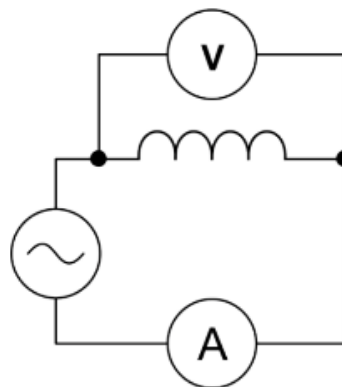
13. Cívka v obvodu střídavého proudu

Nejprve jsme pomocí voltmetru předvedli, jak funguje generátor funkcí, tedy „krabička“, která dovede měnit frekvenci, tvar (sinusovka, obdélníky, trojúhelníky) a amplitudu výstupního střídavého napětí.

Následně jsme k tomuto generátoru připojili cívku a dívali jsme se pomocí voltmetru a ampérmetru, jak se rozdílně chová v obvodu střídavého proudu s nízkou frekvencí (0,1 Hz), s vyšší frekvencí (50 Hz) a s vysokou frekvencí (500 Hz).

V programu Logger Pro jsme nechali vykreslovat do jednoho grafu časovou závislost proudu i napětí a pozorovali jsme, že zatímco pro malé frekvence je proud přímo úměrný napětí (platí tzv. Ohmův zákon), pro vyšší frekvence se proud za napětím opožďuje – dochází k fázovému posunutí.

Ukazovali jsme též jiný pohled na stejné měření – tzv. Lissajousovy obrazce, kdy na jedné ose je napětí a na druhé proud. Zatímco pro malé frekvence byla grafem úsečka, pro vyšší frekvence to byla elipsa.



Odkazy:

- generátor funkcí – www.vernier.cz/SCI-GEN
- voltmetr – www.vernier.cz/DVP-BTA
- ampérmetr – www.vernier.cz/DCP-BTA
- fázový posun střídavého napětí a proudu na cívce (návod) – www.vernier.cz/kucharka/60
- napětí a proud v obvodu s cívkou (video) – www.vernier.cz/video/obvod-s-civkou

14. Kouzelný větráček

Nakonec jsme zkoumali USB větráček připojený k powerbance. Tento náš větráček normálně větrá, ale kromě toho také dovede vykreslovat barevné obrazce.

K vykreslování využívá sadu svítivých diod umístěných na jednom listu vrtule. Dojem barevného kreslení je možný díky dvěma nedokonalostem oka – setrvačnosti a způsobu barevného vidění.

Vykresluje-li tento „kouzelný větráček“ na určitém místě nějaké písmeno nebo obrazec, má náš mozek pocit, že tam daná věc je stále. Ve skutečnosti ale na daném místě krátce bliknou příslušné diody pouze v okamžiku, kdy je správně natočen list vrtulky. Abychom se o tom přesvědčili, namířili jsme na obrazec luxmetr a nechali jej zaznamenávat s vysokou frekvencí. Ukázalo se, že světlo bliká s frekvencí 45 Hz.

Následně jsme k větráčku přiložili mikrofon, což je vlastně senzor změn akustického tlaku. List vrtule před sebou tlačí vzduch, čímž způsobuje nárůst akustického tlaku. Před pohybujícím se listem by tedy mikrofon měl naměřit nárůst tlaku, za listem jeho pokles. To jsme skutečně naměřili. Frekvence těchto změn byla zhruba 90 Hz, což je dvojnásobek frekvence změřené luxmetrem – zatímco svítivé diody byly jen na jednom ze dvou listů vrtule, změny akustického tlaku způsobovaly oba listy vrtule.

Nakonec jsme se na větráček podívali ještě pomocí spektrometru. Zjistili jsme, že k míchání barev používá klasické RGB míchání pomocí červené, zelené a modré diody. Když jsme například viděli žlutou barvu, spektrometr hlásil přítomnost červených a zelených fotonů, ale žádné žluté fotony. Níže odkazujeme podobné experimenty na skládání barev z Kuchařky I a II.

Odkazy:

- spektrofotometr – www.vernier.cz/GDX-SVISPL
- optické vlákno – www.vernier.cz/VSP-FIBER
- luxmetr – www.vernier.cz/LS-BTA
- mikrofon – www.vernier.cz/MCA-BTA
- programovatelný větráček lze koupit zde – <https://goo.gl/mJsUfY>
- větráček s hodinami zde – <https://goo.gl/BfXsaM>
- obdobné experimenty z minulých inspiromatů:
 - spektrum světla LED žárovky – www.vernier.cz/kucharka/47
 - setrvačnost lidského oka a regulace jasu LED žárovky – www.vernier.cz/kucharka/46
 - LCD displej pod mikroskopem – www.vernier.cz/kucharka/39



Těšíme se na příští setkání s Vámi, ať už na dalším Přírodovědném Inspiromatu, nebo jinde.

Pavel Böhm & Jakub Jermář