

## Přírodovědný INSPIROMAT 2022 – shrnutí semináře

Lektoři: Mgr. Pavel Böhm, Mgr. Jakub Jermář

### Obsah:

- [Použitá čidla a software](#)
- [Brožury s nápěty na experimenty](#)
- [Jak dýchají semena hrachu](#)
- [Závislost tlaku plynu na objemu](#)
- [Ohmův zákon](#)
- [Využití světla k měření koncentrace](#)
- [Naprogramování čidla pro hlídání CO<sub>2</sub>](#)
- [Detektor radiace bez připojení k počítači](#)
- [Změna teploty při kompresi a expanzi](#)
- [Proč mokré dřevo špatně hoří](#)
- [Ochlazování pocením](#)
- [Studium odstředivé/dostředivé síly](#)
- [Rychlost diabolky](#)
- [Využití polarizovaného světla](#)
- [Měření v bedně s hořící svíčkou](#)
- [Patelární reflex](#)
- [Sledování rychlosti chemické reakce](#)
- [Zkoumání tónů hudebních nástrojů](#)
- [Určení kadence pomocí hlukoměru](#)

### Použitá čidla a software

Pro měření jsme používali bezdrátová čidla [Vernier Go Direct](#) a software [Graphical Analysis](#), který je zdarma dostupný pro Windows, Android, iOS, Chromebooky i Mac. Většinu experimentů lze provádět stejně dobře a v tomtéž softwaru také s klasickými „drátovými“ čidly Vernier.

### Brožury s nápěty na experimenty

Účastníkům jsme zdarma rozdali brožury *Kuchařka jednoduchých experimentů do hodin chemie, fyziky a biologie*. Aktuálně pracujeme už na 6. dílu.

Kuchařka je dostupná též online na [www.vernier.cz/kucharka](http://www.vernier.cz/kucharka).

Účastníci dostali také informační brožuru s přehledem čidel podle oborů (fyzika, chemie, biologie). K čidlům jsou v brožuře i ukázky experimentů s odkazy na online návody.

Informační brožura je dostupná též online na [www.vernier.cz/katalog](http://www.vernier.cz/katalog).

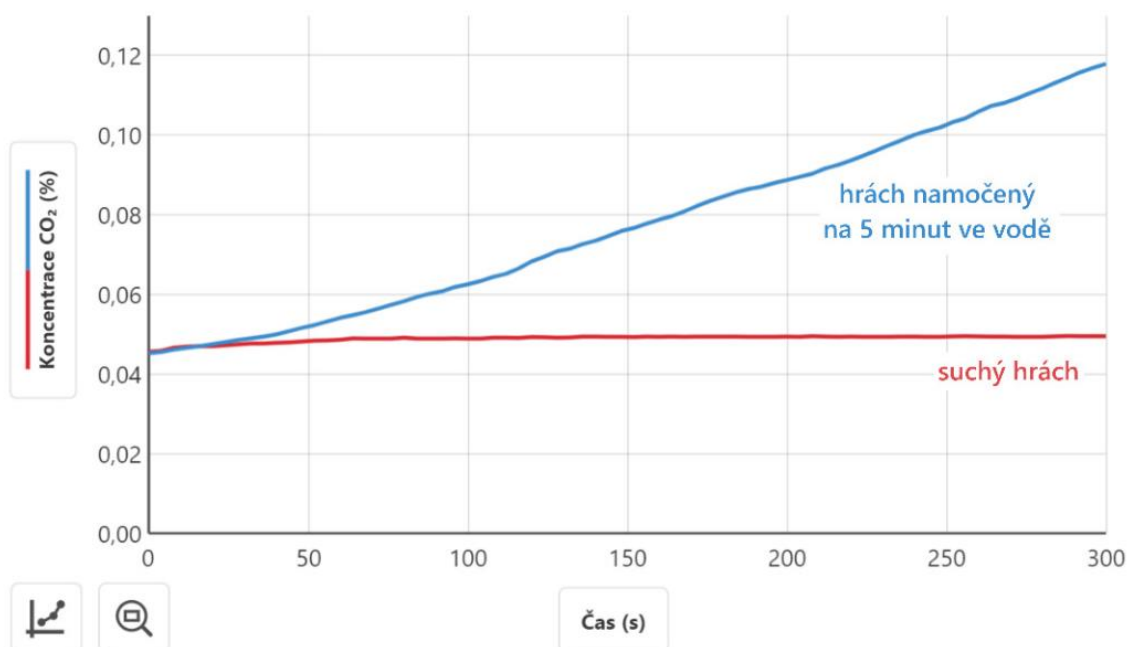
Pokud Vám některá z brožur chybí a chtěli byste ji, napište nám, rádi Vám ji zašleme poštou.



## Přehled provedených experimentů

### 1. Jak dýchají semena hrachu

Zatímco suchá semena hrachu z obchodu nevykazují žádnou znatelnou biologickou aktivitu, po krátkém namočení začne hrách dýchat – produkuje oxid uhličitý.

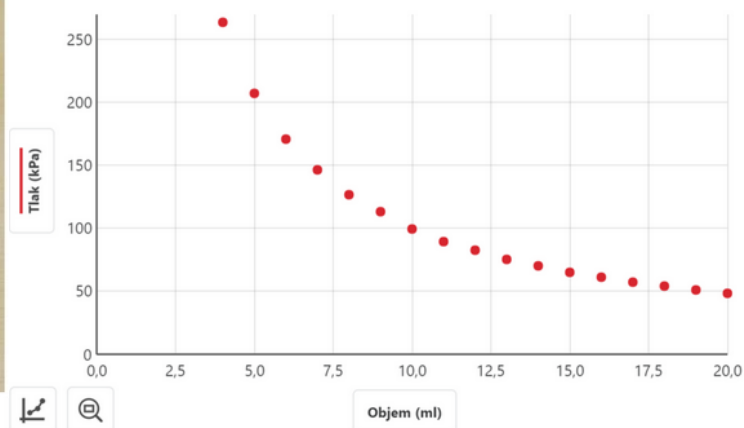


Odkazy:

- Dýchání semen hrachu (návod): [www.vernier.cz/38](http://www.vernier.cz/38)
- CO<sub>2</sub> čidlo: [www.vernier.cz/GDX-CO2](http://www.vernier.cz/GDX-CO2)

## 2. Závislost tlaku plynu na objemu

Součástí sady dodávané s tlakovým čidlem je i stříkačka, kterou je možné k čidlu přišroubovat. Lze tak zkoumat souvislost mezi objemem a tlakem plynu.

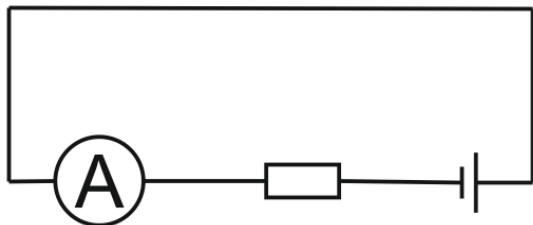


Odkazy:

- Závislost tlaku plynu na objemu (návod): [www.vernier.cz/15](http://www.vernier.cz/15)
- Návod rozšířený o zpracování dat v tabulkovém editoru: [www.vernier.cz/276](http://www.vernier.cz/276)
- Čidlo tlaku plynu: [www.vernier.cz/GDX-GP](http://www.vernier.cz/GDX-GP)

### 3. Ohmův zákon

Do série jsme zapojili AA baterii, rezistor a ampérmetr. Zatímco elektrické napětí bylo konstantní (1,5 voltu), elektrický odbor jsme měnili postupným zařazováním různých rezistorů.



$$U = R \cdot I$$

$$I = \frac{U}{R}$$



Měřením jsme zjistili, že elektrický proud je nepřímo úměrný elektrickému odporu. Konstantou nepřímé úměrnosti bylo elektrické napětí.

Odkazy:

- Návod na obdobný experiment k Ohmovu zákonu – [www.vernier.cz/27](http://www.vernier.cz/27)
- Ampérmetr – [www.vernier.cz/GDX-CUR](http://www.vernier.cz/GDX-CUR)

## 4. Využití světla k měření koncentrace

Kolorimetr měří absorbanci roztoků, tj. schopnost absorbovat světlo. Protože závislost absorbance na koncentraci je lineární, stačí pro získání kalibrační přímky dva kalibrační body: změřili jsme absorbanci čisté vody (koncentrace octa 0 %) a absorbanci čistého octa (koncentrace octa 100 %).

Poté již šlo určovat koncentraci náhodně namíchaných roztoků octa změřením absorbance daného roztoku, přičemž na kalibrační přímce jsme jednoduše našli odpovídající koncentraci.



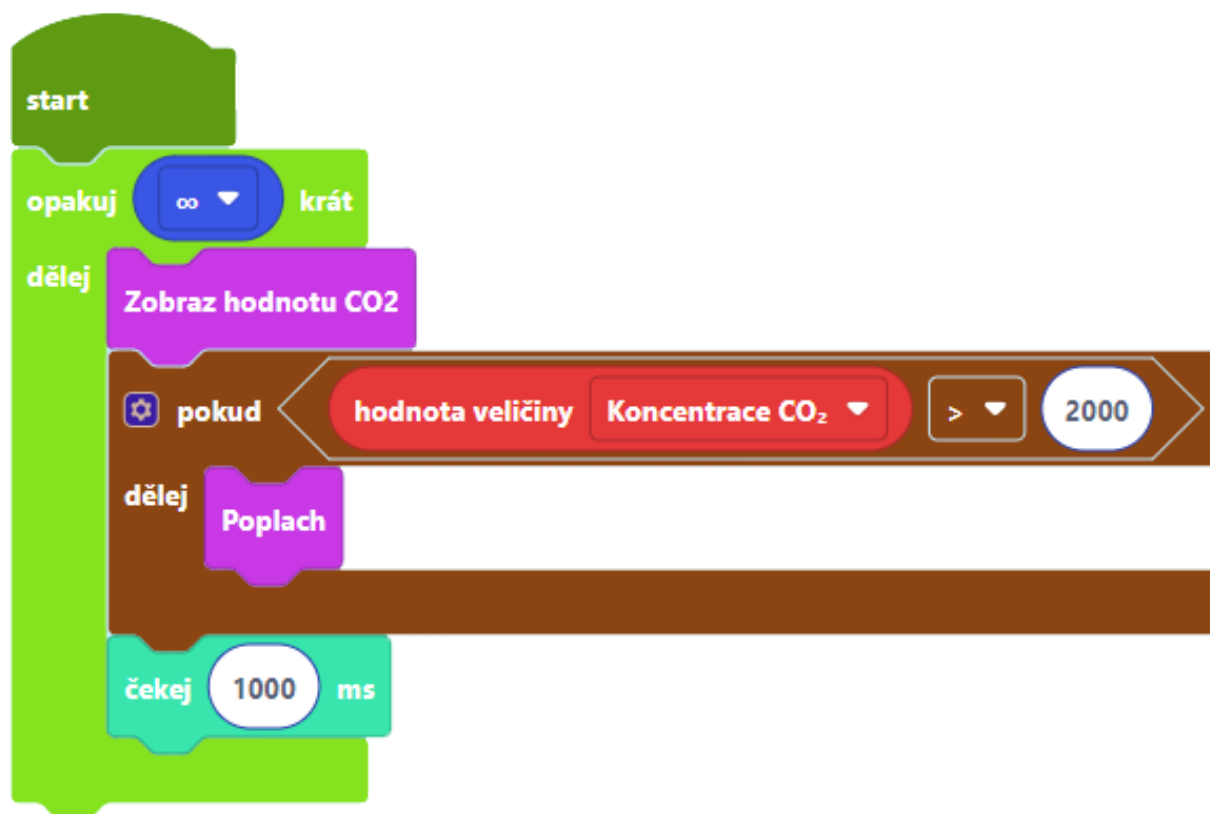
Odkazy:

- Určení koncentrace roztoku (návod) – [www.vernier.cz/266](http://www.vernier.cz/266)
- Kolorimetr – [www.vernier.cz/GDX-COL](http://www.vernier.cz/GDX-COL)

## 5. Naprogramování čidla pro hlídání CO<sub>2</sub>

Pro čidla Vernier Go Direct jsme vytvořili blokové programovací prostředí, k jehož provozování nemusíte nic instalovat, vše běží ve webovém prohlížeči (a to i když jste offline).

Na několik málo kliknutí jsme vytvořili jednoduchou aplikaci, která hlídá koncentraci oxidu uhličitého a spustí poplach, je-li třeba místnost vyvětrat.



Odkazy:

- Návod na vytvoření programu – [www.vernier.cz/279](http://www.vernier.cz/279)
- Čidlo koncentrace CO<sub>2</sub> – [www.vernier.cz/GDX-CO2](http://www.vernier.cz/GDX-CO2)
- Více o blokovém programování čidel – [www.vernier.cz/blockly](http://www.vernier.cz/blockly)
- Více o dalších STEM možnostech s Vernierem – [www.vernier.cz/stem](http://www.vernier.cz/stem)

## 6. Detektor radiace bez připojení k počítači (akustický režim)

Detektor radiace lze používat i zcela bez počítače. Po zapnutí akustického režimu pípne pokaždé, když detekuje částici alfa, beta nebo gama. Frekvence pípání se mění podle „síly zdroje“ a také v závislosti na vzdálenosti nebo stínění. Lze tak provádět jednoduchá kvalitativní měření ve třídě i v terénu.

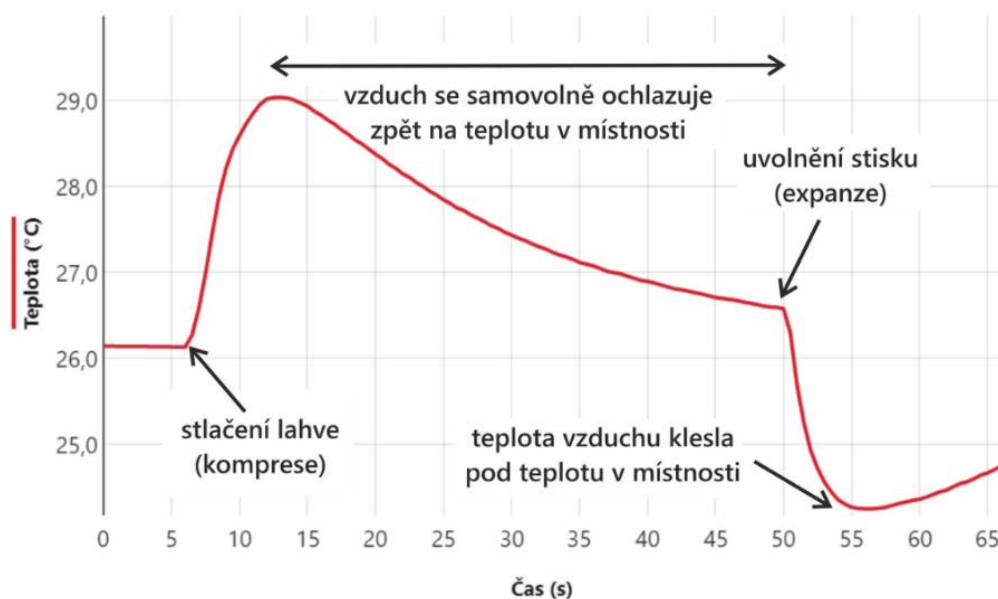


Odkazy:

- Fyzikální toulky – [www.matfyz.cz/clanky/fyzikalni-toulky-pribramsko-a-jachymovsko](http://www.matfyz.cz/clanky/fyzikalni-toulky-pribramsko-a-jachymovsko)
- Pohlcování alfa záření za sníženého tlaku – [www.vernier.cz/101](http://www.vernier.cz/101)
- Ochrana před radiací stíněním různými materiály – [www.vernier.cz/48](http://www.vernier.cz/48)
- Ochrana před radiací pomocí vzdálenosti – [www.vernier.cz/49](http://www.vernier.cz/49)
- Detektor radiace – [www.vernier.cz/GDX-RAD](http://www.vernier.cz/GDX-RAD)

## 7. Změna teploty při kompresi a expanzi

Teploměr jsme vložili do plastové lahve od mléka. Na počátku byla teplota vzduchu v lahvi stejná jako teplota v místnosti. Po prudkém stlačení lahve teplota vzduchu vzrostla. Následně se vzduch v lahvi samovolně ochlazoval na teplotu okolí. Když jsme za chvíli stisk povolili, došlo k náhlému poklesu tlaku a zvýšení objemu – teplota vzduchu uvnitř lahve v důsledku expanze poklesla pod původní teplotu v místnosti. Na podobném principu lze postavit jednoduchou chladničku.



Odkazy:

- Změny teploty při kompresi a expanzi plynu (návod) – [www.vernier.cz/128](http://www.vernier.cz/128)
- Bodový teploměr – [www.vernier.cz/GDX-ST](http://www.vernier.cz/GDX-ST)

## 8. Proč mokré dřevo špatně hoří

V literatuře jsme našli, že dřevo začne hořet, jakmile dosáhne teploty přibližně 300 °C. Teploměr v tomto experimentu simuloval třísku vkládanou do plamene.

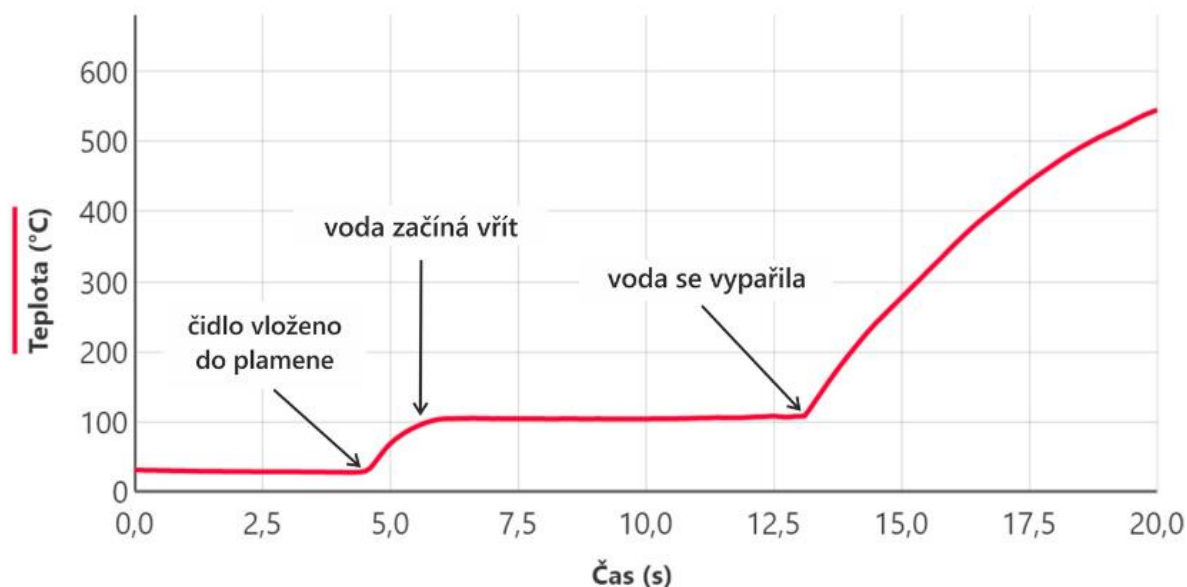
Po vložení teploměru („třísky“) do plamene na jednu sekundu nedošlo k dostatečnému prohřátí, teplota nestihla vzrůst na 300 °C potřebných k hoření dřeva.

Když jsme teploměr ponechali v ohni delší dobu, po několika sekundách již teplota přesáhla 300 °C.

Mokré dřevo jsme simulovali tak, že jsme na konec teploměru umístili malou kapičku vody.



Po vložení mokrého teploměru do plamene teplota velmi rychle vzrostla, ale nárůst se zastavil okolo teploty 100 °C. Následujících 7 sekund bylo veškeré teplo dodané hořící svíčkou využíváno jen k vypařování vody. Teprve když se všechna voda vypařila, teplota opět začala prudce růst.



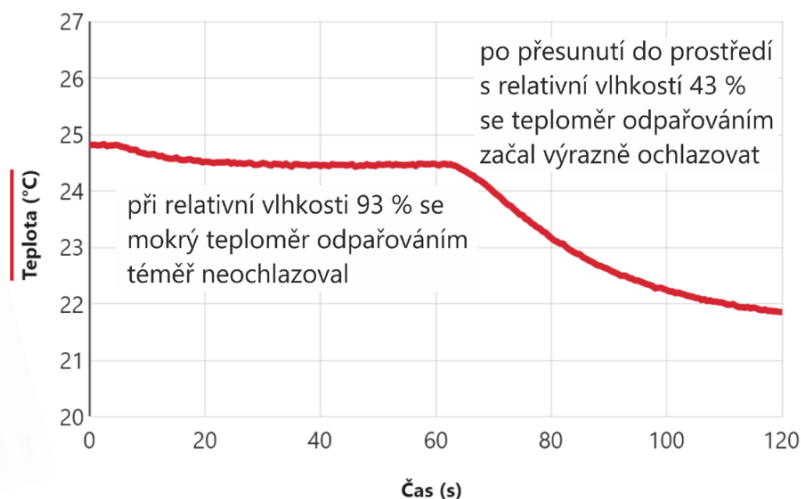
Odkazy:

- Vývoj teploty při vaření vody (návod) – [www.vernier.cz/43](http://www.vernier.cz/43)
- Teploměr pro velký rozsah teplot – [www.vernier.cz/GDX-TC](http://www.vernier.cz/GDX-TC)

## 9. Ochlazování pocením

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



Graf výše popisuje experiment, při kterém 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.

V průběhu experimentu můžete se žáky několikrát teploměr vrátit do sáčku a zase vyndat.

Odkazy:

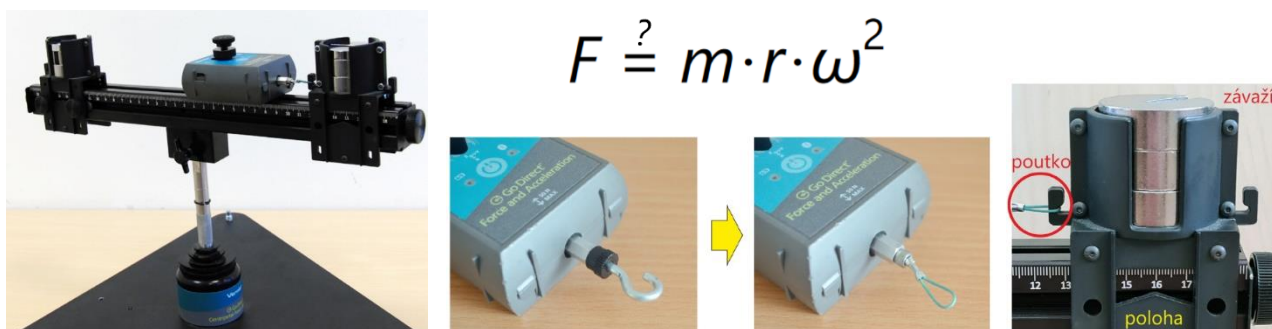
- Ochlazování pocením (návod) – [www.vernier.cz/133](http://www.vernier.cz/133)
- Tyčový teploměr – [www.vernier.cz/GDX-TMP](http://www.vernier.cz/GDX-TMP)
- Senzor počasí – [www.vernier.cz/GDX-WTHR](http://www.vernier.cz/GDX-WTHR)

## 10. Studium odstředivé/dostředivé síly

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

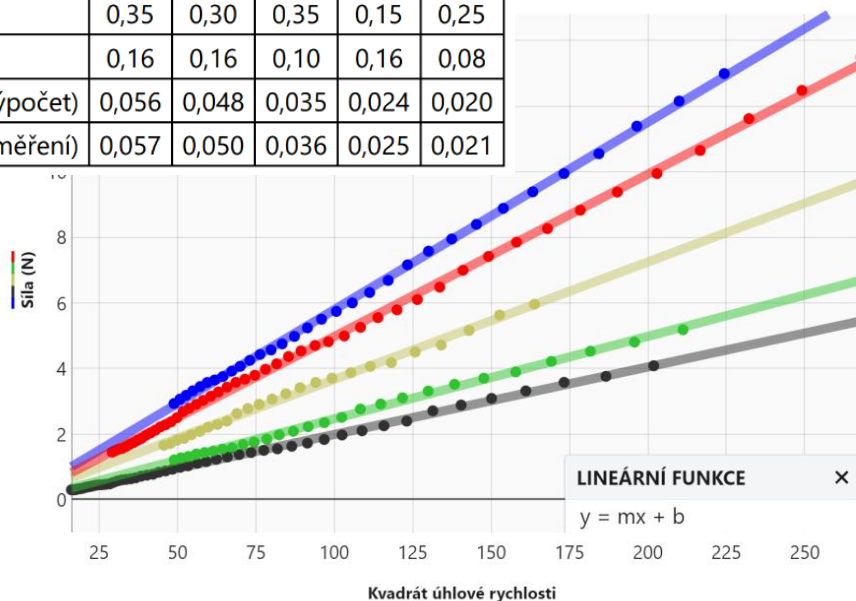
Úhlovou rychlost  $\omega$  měří gyroskop zabudovaný v čidle GDX-FOR, které současně měří i velikost odstředivé síly. Volbou místa upevnění čidla lze nastavit vzdálenost  $r$  závaží od osy otáčení. Hmotnost  $m$  pojízdného nástavce se závažími lze nastavit v rozsahu 50–350 g.

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



Ukázkové měření jsme provedli pro různé kombinace hmotností a vzdáleností od osy. Velikost odstředivé síly byla pokaždé přímo úměrná druhé mocnině úhlové rychlosti. Teoretické hodnoty konstanty úměrnosti  $m \cdot r$  se od naměřených hodnot lišily o jednotky procent.

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



Odkazy:

- Studium odstředivé síly (návod) – [www.vernier.cz/144](http://www.vernier.cz/144)
- Aparatura pro studium rotačního pohybu – [www.vernier.cz/GDX-CFA](http://www.vernier.cz/GDX-CFA)
- Siloměr s integrovaným gyroskopem – [www.vernier.cz/GDX-FOR](http://www.vernier.cz/GDX-FOR)

## 11. Rychlost diabolky

Diabodka vystřelená ze vzduchovky předala svou hybnost vozíku, jehož integrovaná čidla změřila rychlost po nárazu projektilu. Stačilo už jen diabolku a vozík zvážit, abychom mohli ze zákona zachování hybnosti určit rychlost střely.

$$m_{\text{diabodka}} \cdot v_{\text{diabodka}} = (m_{\text{diabodka}} + m_{\text{vozík}}) \cdot v_{\text{vozík}}$$



Lehčí diabolka (0,5 g) letěla rychlostí přes 100 m/s, těžší diabolka (1,0 g) měla rychlost asi 65 m/s.

Odkazy:

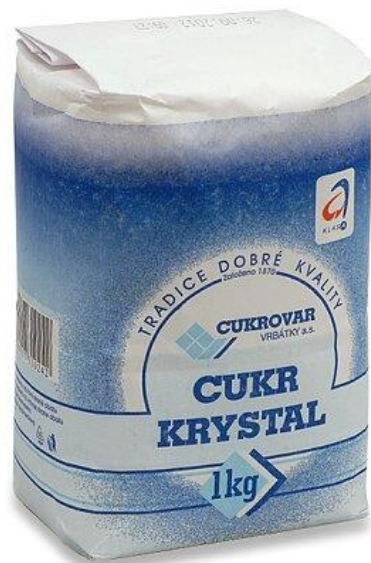
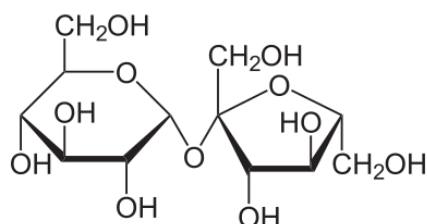
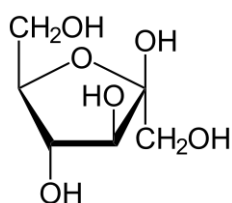
- Určení rychlosti diabolky ze zákona zachování hybnosti (návod) – [www.vernier.cz/125](http://www.vernier.cz/125)
- Vozík s integrovanými čidly – [www.vernier.cz/GDX-CART](http://www.vernier.cz/GDX-CART)

## 12. Využití polarizovaného světla

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

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

S využitím polarimetru jsme ukázali, že sacharóza otáčí rovinu polarizovaného světla na opačnou stranu než fruktóza.



### Odkazy:

- Měrná otáčivost opticky aktivních látek (návod) – [www.vernier.cz/140](http://www.vernier.cz/140)
- Vliv koncentrace roztoku na stáčení roviny polarizace (návod) – [www.vernier.cz/137](http://www.vernier.cz/137)
- Mutarotace glukózy (návod) – [www.vernier.cz/145](http://www.vernier.cz/145)
- Polarimetr – [www.vernier.cz/GDX-POL](http://www.vernier.cz/GDX-POL)

### 13. Měření v bedně s hořící svíčkou

Do větší plastové bedny jsme uzavřeli svíčku, čidlo koncentrace kyslíku a čidlo koncentrace oxidu uhličitého (s integrovaným vlhkoměrem). Svíčku jsme zapálili a měřili vzduch uzavřený v bedně.



Při hoření svíčky se spaluje parafín s kyslíkem. Na každý kousek uhlíkatého řetězce parafínu C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> a tři molekuly kyslíku vzniknou dvě molekuly oxidu uhličitého a dvě molekuly vody.

Během měření skutečně rostla relativní vlhkost vzduchu v bedně, rostla koncentrace oxidu uhličitého a klesala koncentrace kyslíku, přičemž v souladu s rovnicí výše koncentrace kyslíku klesala rychleji, než rostla koncentrace oxidu uhličitého.

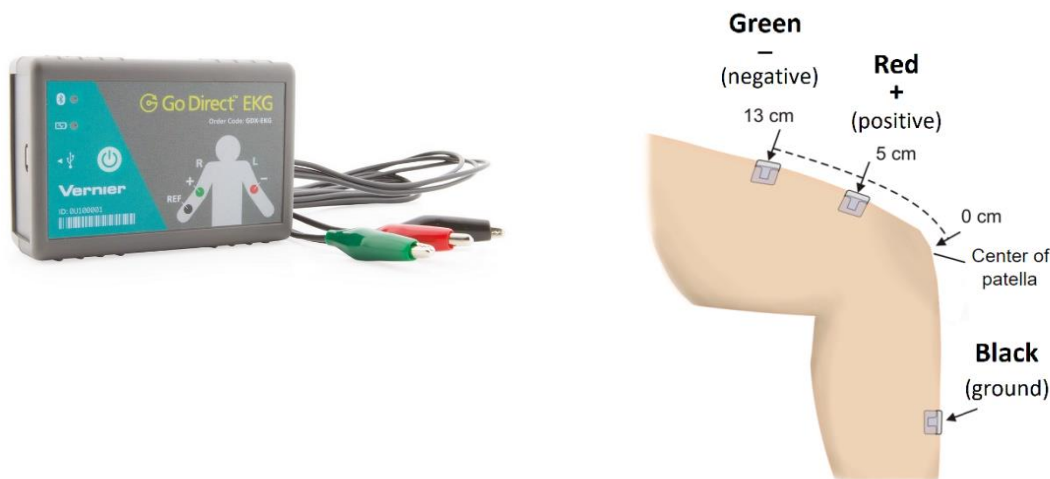
Odkazy:

- Čidlo koncentrace kyslíku – [www.vernier.cz/GDX-O2](http://www.vernier.cz/GDX-O2)
- Čidlo koncentrace oxidu uhličitého s integrovaným vlhkoměrem – [www.vernier.cz/GDX-CO2](http://www.vernier.cz/GDX-CO2)

## 14. Patelární reflex

Školní EKG senzor lze využívat k měření elektrických signálů srdce (studium srdeční aktivity a jejích změn), ale také ke studiu jiných svalů v těle (elektromyografie, reflexy).

Pomocí EKG čidla a siloměru s reflexním kladívkem jsme zkoumali patelární reflex. V grafu jsme si všimli souvislosti mezi signálem z EKG čidla a ze siloměru, zejména zpoždění mezi podrážděním a reflexní reakcí.



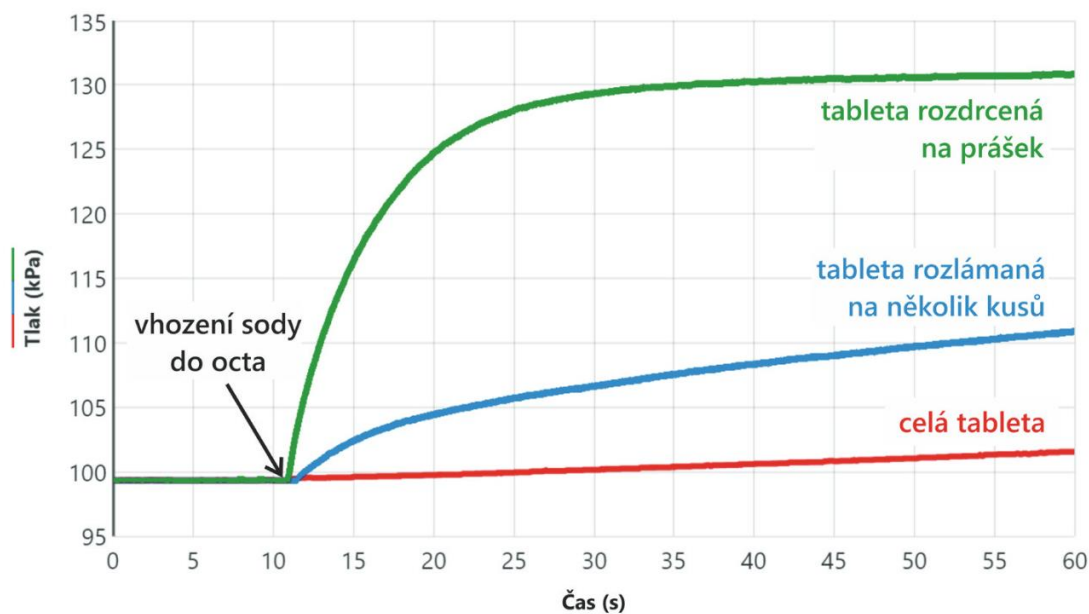
Odkazy:

- Patelární reflex (návod) – [www.vernier.cz/241](http://www.vernier.cz/241)
- Elektrokardiografie (návod) – [www.vernier.cz/34](http://www.vernier.cz/34)
- Elektrická aktivita svalů (návod) – [www.vernier.cz/33](http://www.vernier.cz/33)
- Změny srdeční aktivity (návod) – [www.vernier.cz/117](http://www.vernier.cz/117)
- Školní EKG čidlo – [www.vernier.cz/GDX-EKG](http://www.vernier.cz/GDX-EKG)
- Siloměr – [www.vernier.cz/GDX-FOR](http://www.vernier.cz/GDX-FOR)
- Doplněk k siloměru pro studium patelárního reflexu – [www.vernier.cz/RFX-ACC](http://www.vernier.cz/RFX-ACC)
- Senzor síly stisku ruky – [www.vernier.cz/GDX-HD](http://www.vernier.cz/GDX-HD)

## 15. Sledování rychlosti chemické reakce

Vhodíme-li tabletu jedlé sody do octa, vzniká reakcí hydrogenuhličitanu sodného s kyselinou octovou oxid uhličitý. Probíhá-li reakce v uzavřené nádobě, můžeme měřit vzrůstající tlak uvnitř nádoby. Čím vyšší je tlak, tím více vstupních látek již zreagovalo. Strmost křivky vypovídá o rychlosti reakce.

Nechali jsme tuto reakci probíhat se stejným množstvím jedlé sody (1 tableta), ale měnili jsme reakční povrch – jednou byla tableta rozdrčená na prášek, podruhé rozlámaná na několik kousků, experiment lze provést i s celou tabletou.



Odkazy:

- Rychlost reakce v závislosti na reakčním povrchu (návod): [www.vernier.cz/106](http://www.vernier.cz/106)
- Rychlost reakce v závislosti na teplotě (návod): [www.vernier.cz/108](http://www.vernier.cz/108)
- Rychlost reakce v závislosti na míchání (návod): [www.vernier.cz/107](http://www.vernier.cz/107)
- Čidlo tlaku plynu – [www.vernier.cz/GDX-GP](http://www.vernier.cz/GDX-GP)

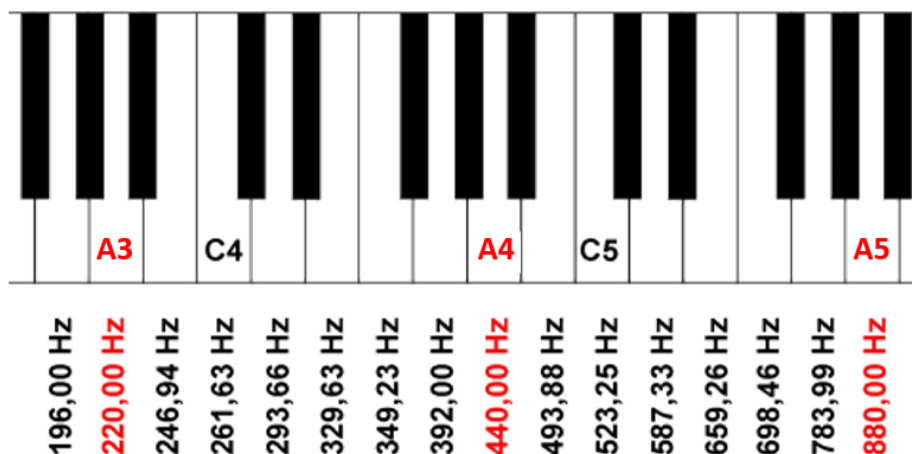
## 16. Zkoumání tónů hudebních nástrojů

Výška tónu je dána základní frekvencí. Jsou-li přítomny ještě další (vyšší harmonické) frekvence, ovlivňují tzv. barvu zvuku. Každý hudební nástroj má proto svůj charakteristický zvuk i v případě, že hraje stejný tón, například A4.

Zkoumali jsme tóny A5, A4 a A3, jako hudební nástroje jsme použili ukulele a dvě různé flétny (altovou a sopránovou). Místo barvy zvuku jsme se zaměřili na souvislost frekvence tónu s délkou nástroje. Zjistili jsme, že zatímco ukulele dovede zahrát tón A3 bez problémů, použité flétny to nedovedly, byly na to příliš krátké. Kratší z fléten (sopránová) dokonce nezvládla zahrát ani A4.



$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{330 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{440 \text{ Hz}} = 0,75 \text{ m}$$



Odkazy:

- Zkoumání zvuku hudebních nástrojů (námět): [www.vernier.cz/202](http://www.vernier.cz/202)
- Hlukoměr s mikrofonom: [www.vernier.cz/GDX-SND](http://www.vernier.cz/GDX-SND)
- Čidlo světla (luxmetr): [www.vernier.cz/GDX-LC](http://www.vernier.cz/GDX-LC)

## 17. Určení kadence pomocí hlukoměru

Místo kadence skutečného samopalu jsme měřili kadenci pana Donutíla při předvádění kadence samopalu vzor 24 ve filmu Černí baroni. Hlukoměr integrovaný ve zvukovém čidle jsme nechali 100× za sekundu měřit hluk, takže každé „ta“ se v grafu objevilo jako pík.



Odkazy:

- Hlukoměr s mikrofonom: [www.vernier.cz/GDX-SND](http://www.vernier.cz/GDX-SND)
- příslušná ukázka z filmu černí baroni: <https://youtu.be/MISXVoRPlyw>

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

Pavel Böhm & Jakub Jermář