

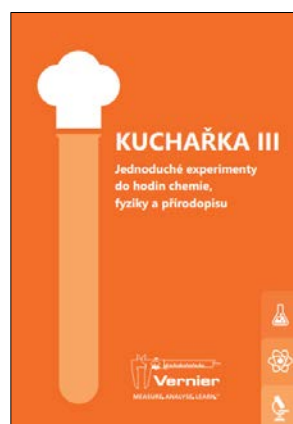
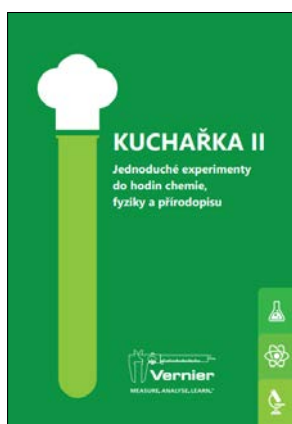
Přírodovědný INSPIROMAT 2020 – shrnutí semináře

Lektoři: Mgr. Pavel Böhm, Mgr. Jakub Jermář

Pro měření jsme letos používali bezdrátová čidla [Vernier Go Direct](#) a software [Graphical Analysis](#), většinu experimentů však lze provádět i s klasickými „drátovými“ čidly Vernier, s nimiž jsme prováděli experimenty na předchozích Inspiromatech.

Každý účastník dostal třetí díl *Kuchařky jednoduchých experimentů*. Pokud vám některý díl (modrý, zelený, oranžový) chybí a chcete jej, napište nám, brožuru zašleme poštou.

Vše je dostupné také online na <https://www.vernier.cz/kucharka>. Nyní pracujeme na čtvrtém dílu.



Přehled provedených experimentů

1. Jak ředění ovlivní pH



Nejprve jsme změřili pH čisté vody (okolo 7) a pH pomerančového džusu (okolo 4). Následně jsme džus zředili vodou v poměru 1:1. Hodnota pH se vůbec nezměnila. Důvodem je značná pufrací kapacita džusu, tedy schopnost udržovat stabilní pH po přidání kyseliny či zásady.

Poté jsme připravili vodný roztok hydroxidu sodného (NaOH) s pH mezi 12 a 13. Po zředění vodou v poměru 1:9 (tedy na desetinu původní koncentrace) kleslo pH roztoku přibližně o 1, tedy mezi 11 a 12. Po opětovném zředění 1:9 (tedy na setinu původní koncentrace) kleslo pH znovu přibližně o 1, tedy na hodnotu mezi 10 a 11.

Odkazy:

- pH čidlo – www.vernier.cz/GDX-PH

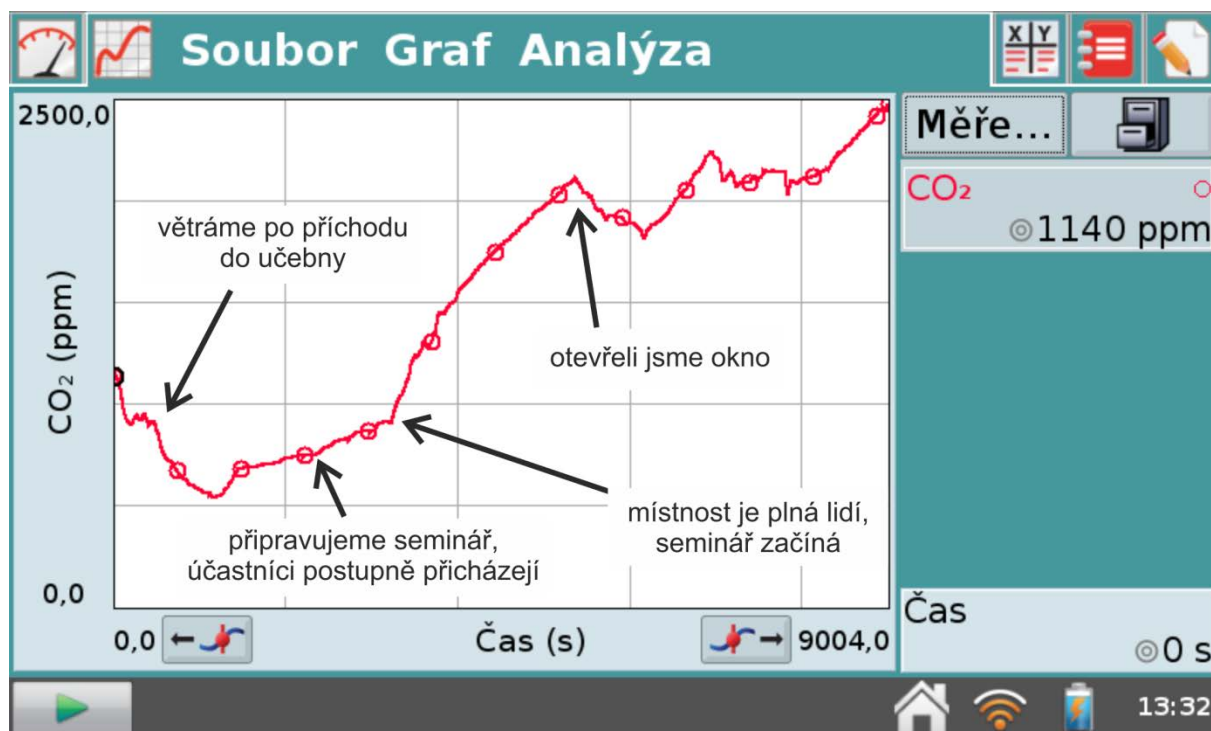
2. Koncentrace CO₂ v místnosti



Pro měření koncentrace CO₂ v místnosti během první části Inspiromatu jsme použili čidlo GDX-CO2 zapojené přes USB kabel k přenosnému dataloggeru LabQuest 2. Zobrazování displeje LabQuestu na dataprojektor zajistil software LabQuest Viewer.

Měřit jsme začali asi hodinu před zahájením Inspiromatu, tedy v době, kdy ještě v místnosti kromě lektorů nikdo další nebyl. Z grafu je patrné, jak se s příchodem lidí koncentrace CO₂ začala zvyšovat.

Níže je screenshot displeje dataloggeru LabQuest při Inspiromatu v Havlíčkově Brodě:



V místnostech s funkční vzduchotechnikou se obvykle koncentrace ustálila okolo hodnoty 800 ppm až 1200 ppm. Když vzduchotechnika chyběla a navíc jsme kvůli chladnému počasí ani nevětrali okny, dosáhla v jednom případě koncentrace hodnoty 3500 ppm, což už bylo lidem v místnosti nepříjemné.

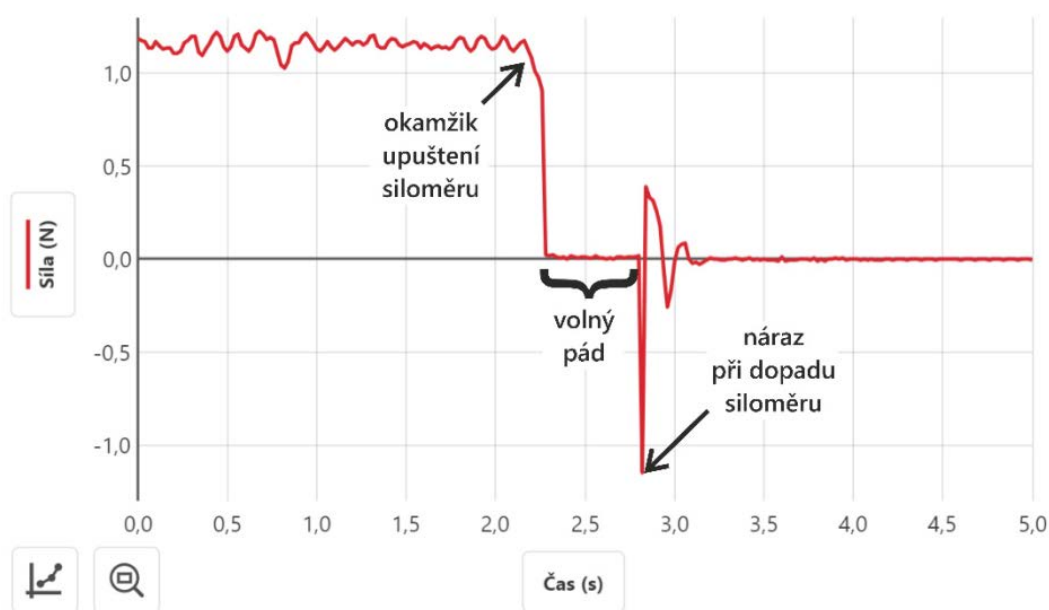
Odkazy:

- čidlo koncentrace oxidu uhličitého ve vzduchu – www.vernier.cz/GDX-CO2
- přenosný datalogger LabQuest 2 – www.vernier.cz/LABQ2
- software LabQuest Viewer – www.vernier.cz/LQ-VIEW

3. Stav beztíže



Pomocí siloměru jsme nejprve určili tíhu plyšového tygra a z ní určili jeho hmotnost. Následně jsme siloměr i se zavěšeným plyškem upustili, takže padal volným pádem k zemi. Siloměr i během pádu stále zaznamenával měřenou tíhu, mohli jsme tak názorně demonstrovat, že tíha při volném pádu je nulová – plyšák byl během pádu v beztížném stavu.



Abychom ukázali, že beztížný stav je způsoben nulovým „pociťovaným“ zrychlením, provedli jsme stejný experiment (volný pád) ještě s akcelerometrem. V klidu ukazoval akcelerometr hodnotu tíhového zrychlení, po dobu volného pádu pak bylo celkové měřené zrychlení skutečně nulové.

Protože akcelerometr má v sobě zabudovaný i výškoměr, předvedli jsme ještě, že výšku měří pomocí změn tlaku. Když jsme čidlo zavřeli do nafouknutého sáčku a zatlačením dlaně zvýšili uvnitř sáčku tlak, dokázali jsme tím čidlo zmást – ukazovalo nižší nadmořskou výšku.

Odkazy:

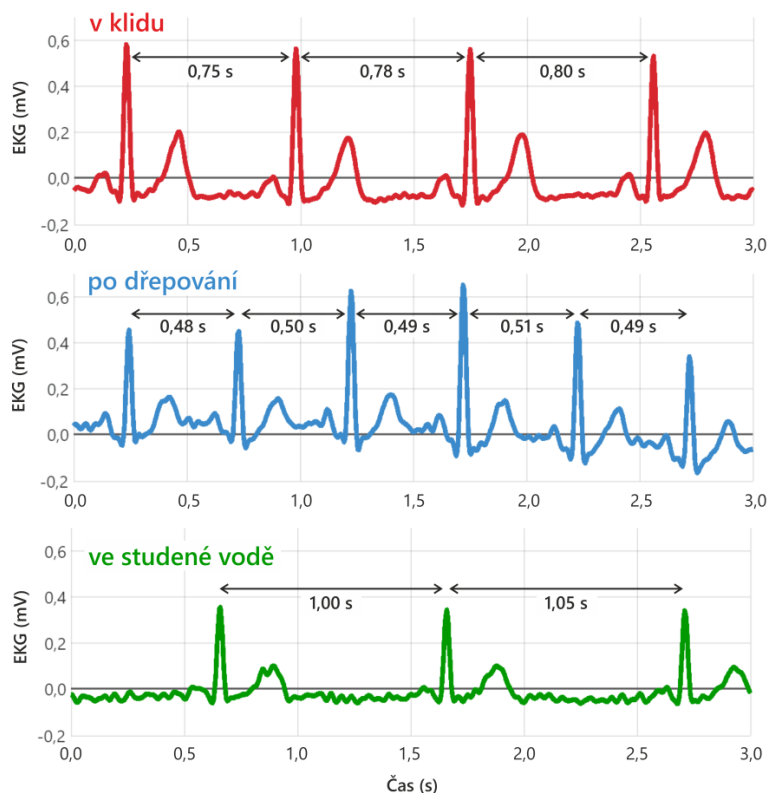
- stav beztíže (návod) – www.vernier.cz/kucharka/21
- siloměr – www.vernier.cz/GDX-FOR
- akcelerometr – www.vernier.cz/GDX-ACC

4. Tepová frekvence



Pomocí školního EKG senzoru jsme měřili tepovou frekvenci:

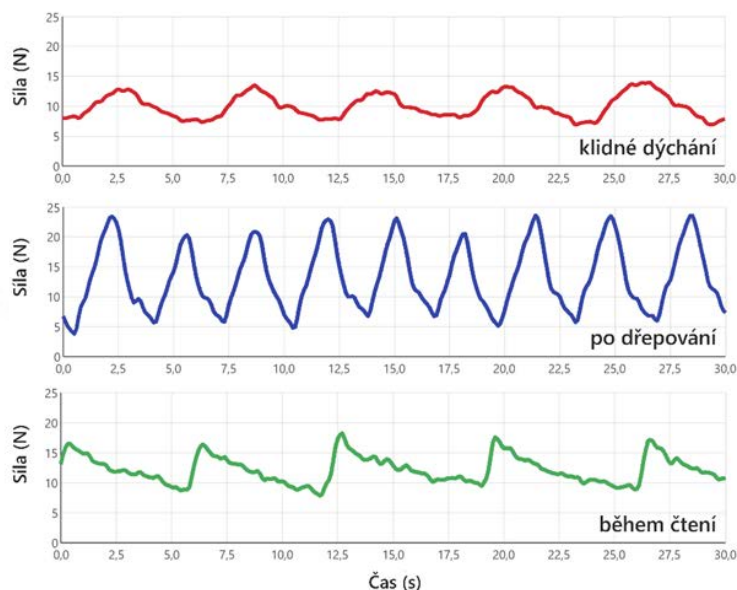
- V klidu** – klidová tepová frekvence se u jednotlivých lidí velmi liší, typicky se pohybuje mezi 60 až 90 tepy za minutu. Během Inspiromatů jsme skutečného klidu nebyli schopni dosáhnout, obvykle jsme naměřili mezi 100 a 120 tepy za minutu. Graf na obrázku níže vznikl v „domácích podmínkách“, kde byl klid zaručen.
- Po 20 dřepch s výskokem** – fyzická námaha zvýšila tepovou frekvenci typicky na hodnoty mezi 120 a 160 tepy za minutu.
- Po ponoření obličeje do misky se studenou vodou** – reflexy v lidském těle ovlivňují i tepovou frekvenci: ta se snižuje mimo jiné po zadržení dechu a také při ochlazení obličeje, což jsme elegantně spojili. Tepová frekvence takto velmi rychle klesala k hodnotám okolo 60 tepů za minutu.



Odkazy:

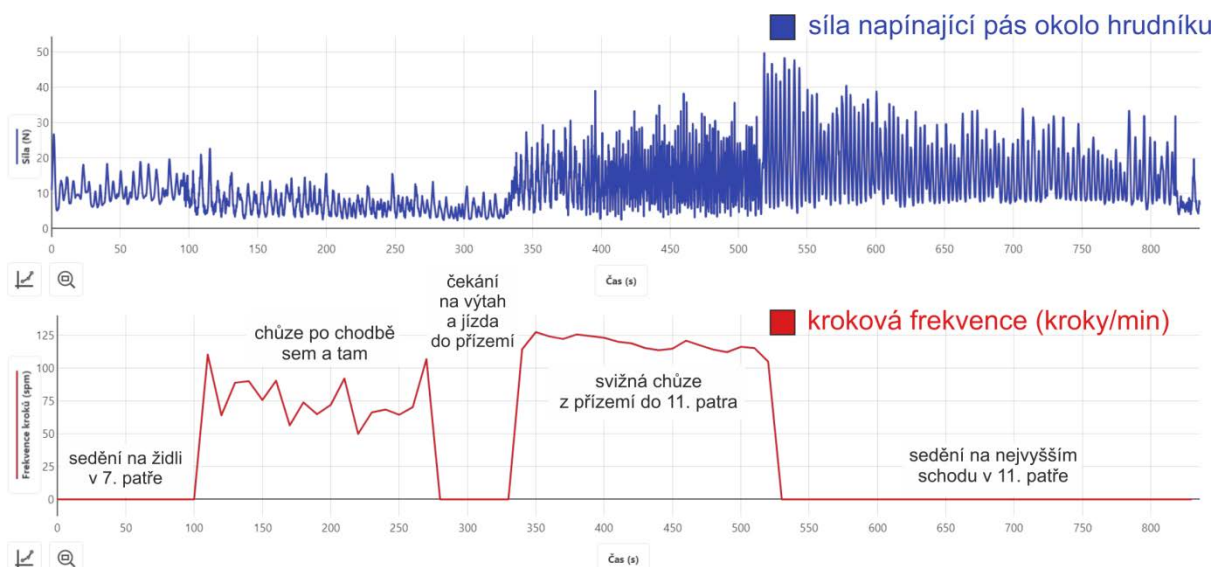
- Školní EKG čidlo – www.vernier.cz/GDX-EKG

5. Monitorování dechu



Nejprve jsme předvedli, jak čidlo funguje: měří sílu napínání pásu obepínajícího hrudník. Z časového průběhu naměřené síly pak lze vyčíst hloubku i frekvenci dýchání. Zajímavý je průběh výdechu během mluvení, například při čtení textu. Na rozdíl od běžného dýchání je nádech prudší, naopak výdech pozvolný, aby vzduch proudící skrz hrtan mohl rozechvívat hlasivky.

Čidlo má v sobě integrovaný také krokoměr, čehož jsme využili a ještě před Inspiromatem jsme provedli měření v klidu, při pomalé chůzi po rovině, při svižné chůzi z přízemí do 11. patra a během následného odpočinku. Na obrázku níže je patrné nahuštění píků (= zvýšení dechové frekvence) během chůze do schodů. Současně došlo i k výraznému prohloubení dechu. Ještě relativně dlouho po ukončení fyzické aktivity trvala fáze hlubokého intenzivního dýchání (kyslíkový dluh).



Odkazy:

- Monitor dechu s integrovaným krokoměrem – www.vernier.cz/GDX-RB

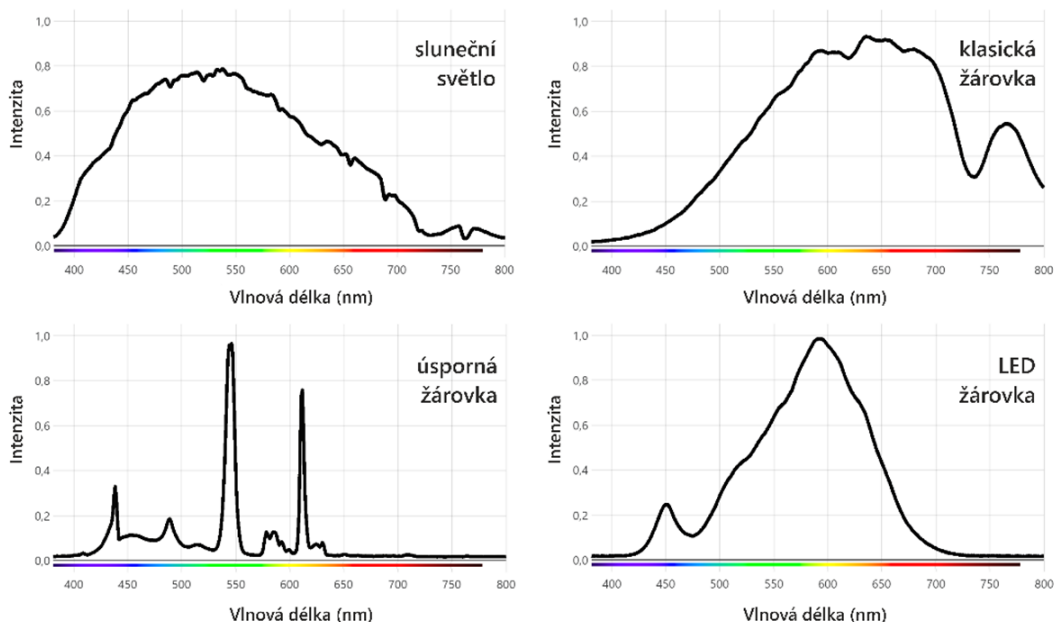
6. Spektrum různých zdrojů světla



Pomocí optického vlákna lze do spektrometru přivádět světlo z okolí. Můžeme tak porovnat různé druhy světla, například:

- sluneční světlo
- klasickou žárovku s wolframovým vláknem
- zářivku nebo tzv. úspornou žárovku
- různé typy LED žárovek – na Inspiromatu jsme měli typ „cool white“ s barevnou teplotou 6500 K a typ „warm white“ s barevnou teplotou 2700 K

Mluvili jsme o tom, jak mohou různé druhy světla ovlivňovat věrnost barevného podání obrazů a také o vlivu světla na bdělost a spánek (vliv modrého světla na produkci melatoninu).



Odkazy:

- spektrometr – www.vernier.cz/GDX-SVISPL
- optický kabel – www.vernier.cz/VSP-FIBER
- software Spectral Analysis – www.vernier.cz/SA

7. Měření koncentrace pomocí spektrometru



V tomto experimentu jsme demonstrovali využití tzv. Lambertova-Beerova zákona k určování koncentrace roztoku octa. Při úvodní kalibraci jsme označili jako 0 % čistou vodu, zatímco neředěnému octu z obchodu s potravinami byla přiřazena hodnota 100 %.

Následně jsme v kyvetě smíchali vodu s octem v poměru 1:2 a v poměru 2:1 a pomocí spektrometru ihned měřením absorpance viděli, že koncentrace je okolo 33 %, respektive 66 %.

Odkazy:

- spektrometr – www.vernier.cz/GDX-SVISPL
- software Spectral Analysis – www.vernier.cz/SA

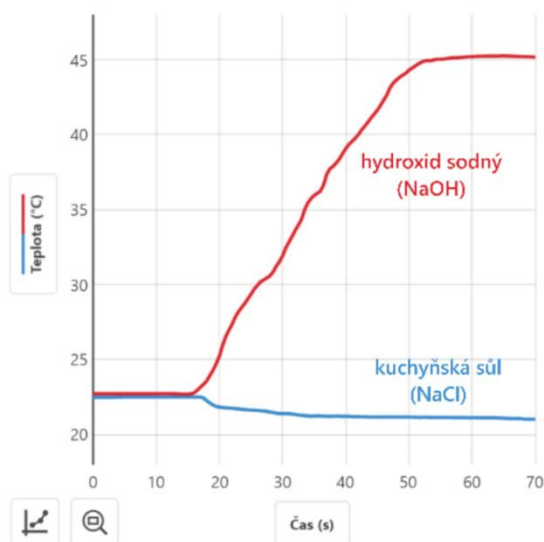
8. Změna teploty při rozpouštění NaOH



Nejprve jsme jednoduchým výpočtem odhadli, jak by se měla změnit teplota při rozpouštění 5 gramů NaOH ve 100 ml vody.

Poté jsme navážili konkrétní množství NaOH (cca 5 g) a konkrétní množství vody (cca 100 g), hodnoty dosadili do výpočtu a porovnali s měřením. Výpočet se velmi dobře shodoval s experimentem.

Diskutovali jsme provedená zanedbání (ve výpočtu jsme například vůbec neuvažovali tepelnou kapacitu hydroxidu sodného, kádinky či teploměru).



Lze vyzkoušet i další látky – například při rozpouštění kuchyňské soli teplota naopak mírně klesá.

Odkazy:

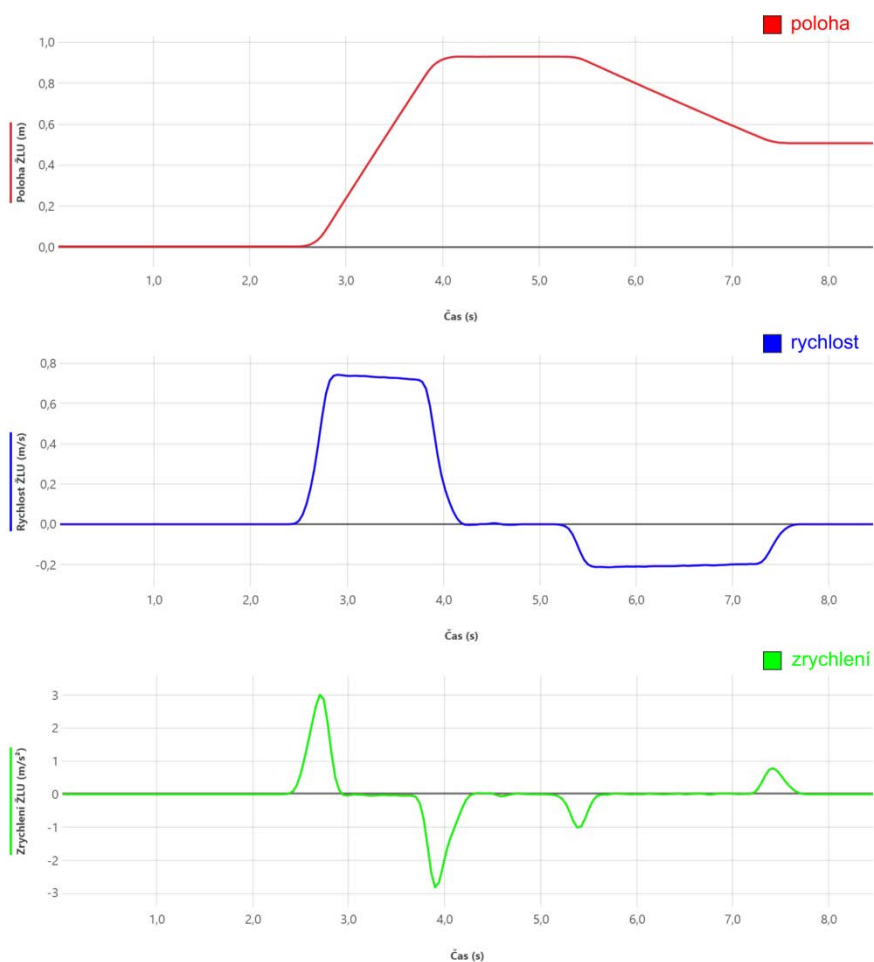
- chemicky odolný tyčový teploměr – www.vernier.cz/GDX-TMP
- sleva 50 % v rámci marketingové akce – www.vernier.cz/sleva-gdx-tmp
- změna teploty při rozpouštění (návod) – www.vernier.cz/kucharka/54
- soubor s výpočtem – www.vernier.cz/download/inspiromat2020/vypocet-rozpousteni.xlsx

9. Newtonovy zákony



Pro měření jsme použili vozíky s integrovanými senzory. Mohli jsme tak měřit působící síly, uraženou dráhu, rychlost i zrychlení.

Nejprve jsme provedli jednoduché měření pohybu s jedním vozíkem:

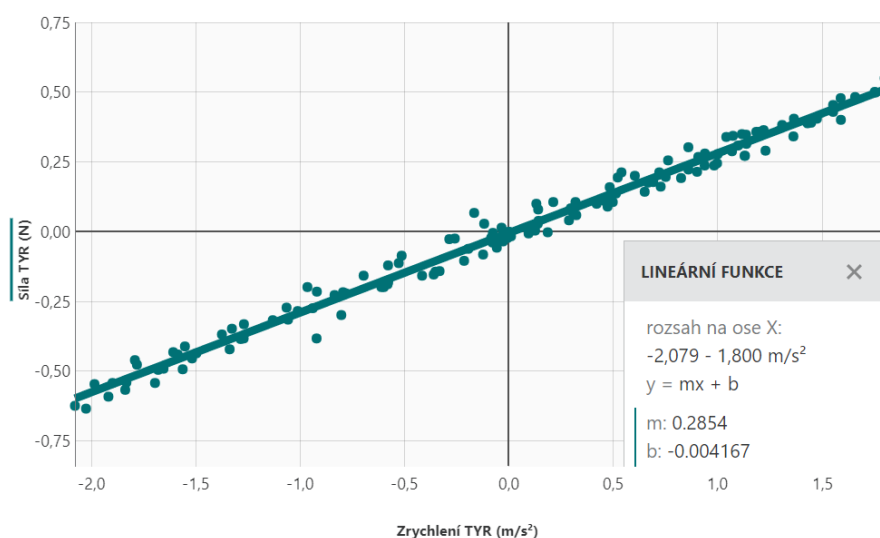


Následně jsme demonstrovali **1. Newtonův zákon**: vozík setrval v klidu nebo v rovnoměrném přímočarém pohybu, dokud jsme ho silovým působením nepřinutit tento stav změnit.

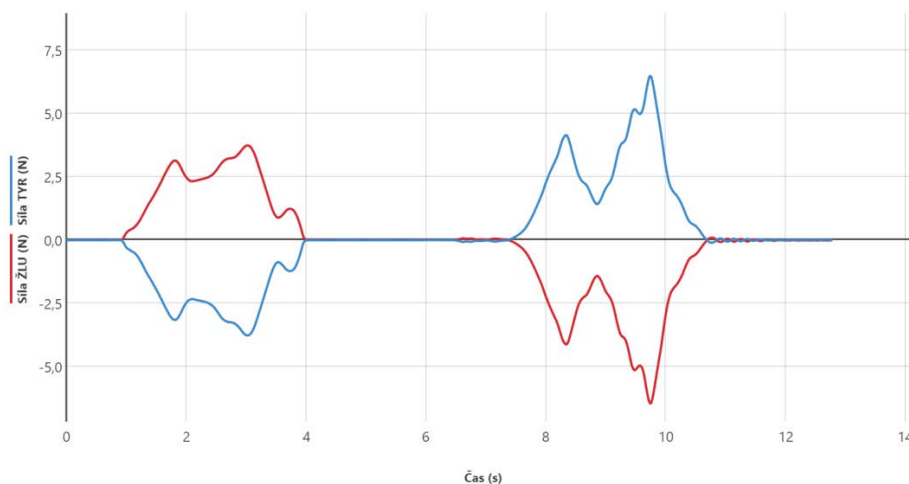
Pro demonstraci **2. Newtonova zákona** jsme využili zabudovaný siloměr. Graf jsme nastavili tak, aby ukazoval na svislé ose sílu, na vodorovné zrychlení. Nechali jsme zobrazovat jen jednotlivé naměřené body. Frekvence měření byla 50 Hz. Po spuštění měření jsme několik sekund různě intenzivním taháním za háček siloměru pohybovali vozíkem dopředu a dozadu.

Měření názorně ukázalo, že zrychlení je přímo úměrné síle ($F = ma$). To, že konstanta úměrnosti m má význam hmotnosti, jsme demonstrovali tím, že jsme k vozíku přidali kilogramové závaží. Směrnice přímky se tím zvýšila o hodnotu 1.

Mluvili jsme také o možnosti měřit tímto způsobem hmotnost i v beztížném prostředí, například na mezinárodní kosmické stanici ISS.



Nakonec jsme demonstrovali **3. Newtonův zákon** s využitím dvou vozíků. Působící síly byly vždy stejně veliké a opačně orientované – a to i tehdy, když měly vozíky výrazně odlišnou hmotnost.



Odkazy:

- souprava pro mechaniku se senzorovými vozíky – www.vernier.cz/DTS-GDX

10. Kolik CO₂ vyprodukujeme během Inspiromatu



Nejprve jsme ukázali, jak funguje spirometr, a změřili jsme vitální kapacitu plic. Poté jsme během 30 sekund měřili dýchání v klidu. Z grafů jsme odečetli frekvenci dýchání a typický objem jednoho výdechu. Nakonec jsme vzduch vydechli ještě do sáčku a pomocí čidla koncentrace oxidu uhličitého jsme změřili koncentraci CO₂ ve vydechovaném vzduchu.

Zjištěné údaje jsme dosadili do výpočetní tabulky v excelu. Výsledkem výpočtu byl odhad, že během dvouhodinového semináře vydýcháme přibližně 100 g oxidu uhličitého, čímž ztratíme asi 27 gramů uhlíku (uhlík tvoří 12/44 hmotnosti oxidu uhličitého).

Ztracený uhlík je potřeba do těla nějak zase doplnit, což děláme konzumací potravin. Pokud bychom chtěli 27 gramů uhlíku doplnit například ve formě sacharózy (C₁₂H₂₂O₁₁), museli bychom jí zkonzumovat 65 gramů, tedy přibližně 13 klasických kostek cukru.

Netradiční přístup přes doplňování uhlíku jsme zvolili schválně. Běžnější je přístup přes energii. Dospělý člověk potřebuje denně přibližně 12 000 kJ energie (záleží na hmotnosti, pohlaví, věku a aktivitě). Za dvě hodiny je to přibližně 1000 kJ.

Energetická hodnota sacharózy je 1680 kJ/100 g. Pro doplnění 1000 kJ tedy potřebujeme sníst 60 gramů, což je v dobré shodě s měřením a výpočtem.

Stejně tak můžeme ztrátu energie (a uhlíku) nahradit například dvěma rohlíky nebo 500 ml Coca-Coly (ale nesmí to být samozřejmě varianta Light či Zero).



Odkazy:

- spirometr – www.vernier.cz/GDX-SPR
- čidlo koncentrace oxidu uhličitého ve vzduchu – www.vernier.cz/GDX-CO2
- soubor s výpočtem – www.vernier.cz/download/inspiromat2020/vypocet-CO2.xlsx

11. Změna pH vlivem rozpouštění CO₂



Do sklenice jsme nalili malé množství destilované vody. V tomto experimentu je důležité používat skutečně destilovanou vodu, ne vodu z vodovodu.

Do grafu jsme nechali zaznamenávat pH vody v sekundových intervalech a pomocí brčka jsme do vody bublali vzduch z plic.

Z předchozího experimentu máme změřeno, že ve vzduchu, který vydechujeme z plic, je poměrně vysoká koncentrace CO₂.

Oxid uhličitý se ve vodě částečně rozpouští a tvoří kyselinu uhličitou. Důsledkem je okyselování vody.

Z pH okolo 7 jsme během chvíle dokázali bubláním snížit hodnotu pH pod 6.



Odkazy:

- pH čidlo – www.vernier.cz/GDX-PH
- okyselování vody vlivem CO₂ a kyselá dešť (návod) – www.vernier.cz/kucharka/8

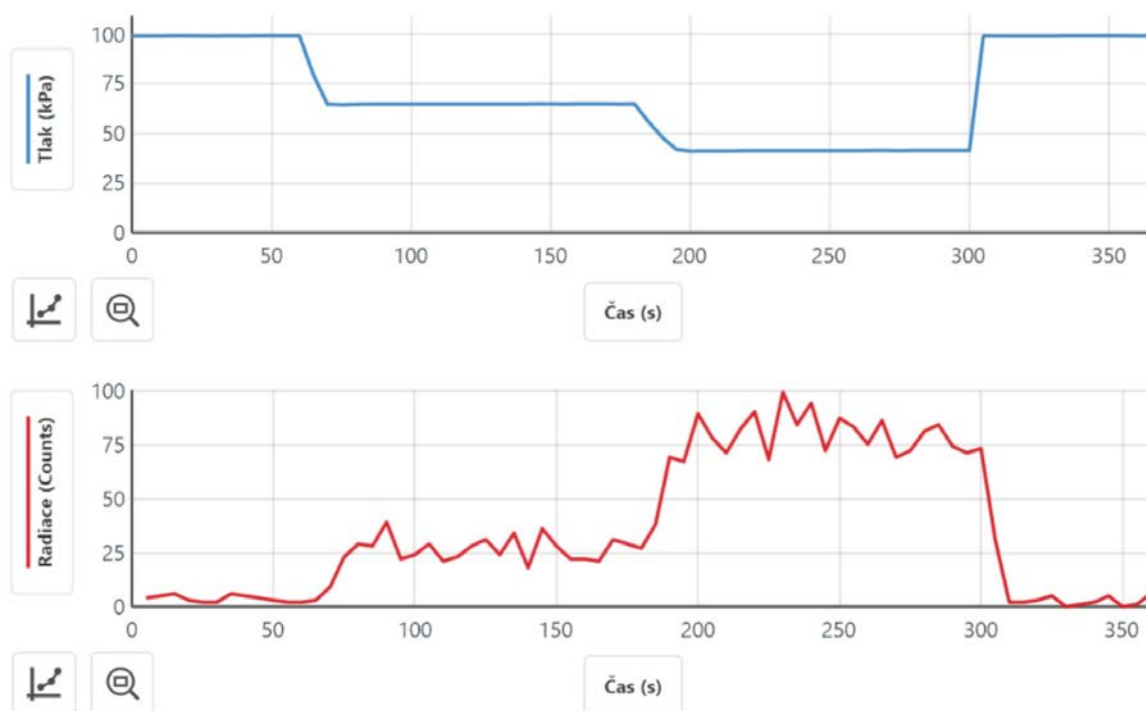
12. Alfa záření za sníženého tlaku



Do vakuovací nádoby pro uchovávání potravin jsme pomocí lepicí pásky upevnili tlakové čidlo, školní alfa zářič a ve vzdálenosti asi 2 cm od zářiče detektor radiace. Pro zpestření jsme přidali ještě akcelerometr s výškoměrem.

Při běžném atmosférickém tlaku okolo 100 kPa záření alfa do detektoru skrz dvoucentimetrovou vrstvu vzduchu neprocházelo. Jakmile jsme ale část vzduchu odsáli (přičemž vzdálenost mezi zářičem a detektorem se nezměnila), cesta pro jádra hélia se uvolnila a detektor začal alfa záření zachytávat.

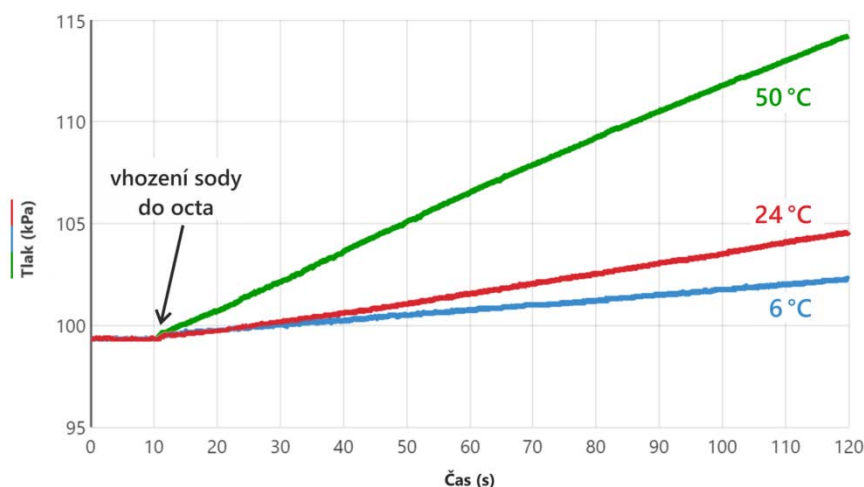
Odsátí vzduchu se projevilo také snížením tlaku a zmatením výškoměru, který změnu tlaku vyhodnotil tak, že jsme ve vyšší nadmořské výšce. Typicky jsme se takto dostali do „výšek“ okolo 8 kilometrů nad hladinou moře.



Odkazy:

- detektor radiace – www.vernier.cz/GDX-RAD
- čidlo tlaku plynu – www.vernier.cz/GDX-GP
- akcelerometr s výškoměrem – www.vernier.cz/GDX-ACC
- pohlcování alfa záření za sníženého tlaku (návod) – www.vernier.cz/kucharka/101

13. Rychlost chemické reakce v závislosti na teplotě



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.

Nechali jsme tuto reakci probíhat při různých teplotách octa, čím jsme demonstrovali, že reakční rychlost závisí na teplotě.

Pro tento experiment jsou potřeba skutečně tablety. Stejné množství jedlé sody v prášku má totiž mnohem větší reakční povrch, takže reakce pak probíhá příliš bouřlivě. Tablety lze koupit v lékárně. Návod na experiment zaměřený na souvislost rychlosti reakce s reakčním povrchem je ke stažení na www.vernier.cz/kucharka/52.

Odkazy:

- čidla tlaku plynu – www.vernier.cz/GDX-GP

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

Pavel Böhm & Jakub Jermář