

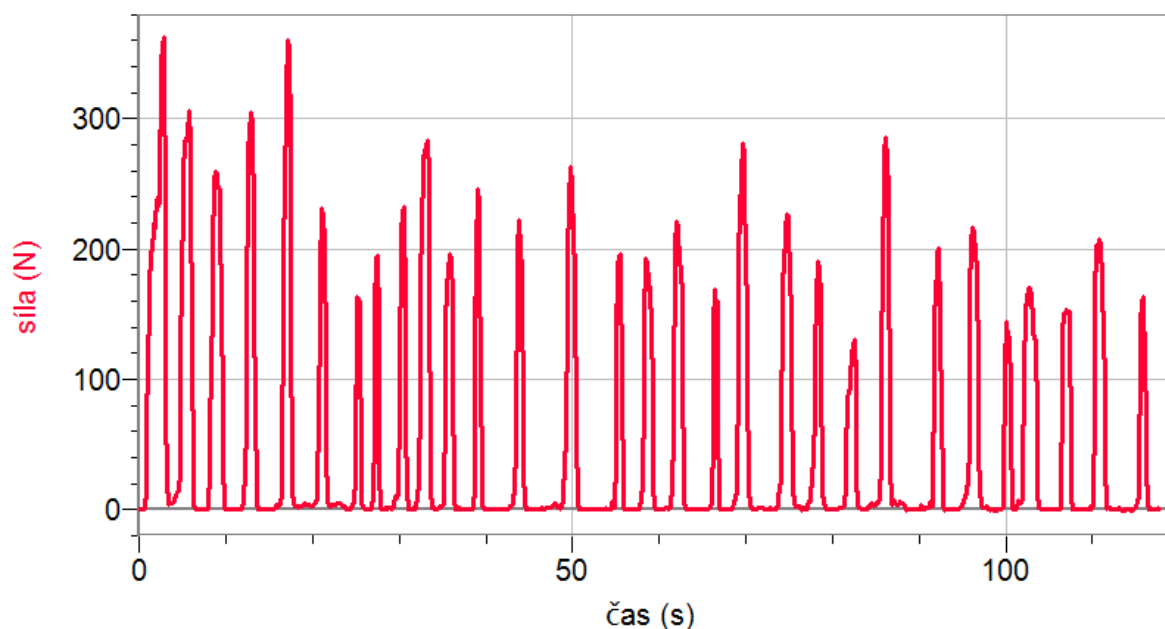
Kouzelná fyzika – „Cesta na Mars“

Vystoupení vzniklo ve spolupráci České hlavy a Katedry didaktiky fyziky MFF UK v Praze, část senzorů Vernier zapůjčila společnost Edufor s. r. o. (<http://www.vernier.cz/>)

Maximální síla stisku ruky

Po úvodním představení účinkujících jsme studenty seznámili s potřebou vybrat z nich několik kandidátů na kosmonauty. Jako kritérium výběru jsme zvolili maximální sílu stisku ruky. Každý student měl pouze jediný pokus, bylo na jeho libovůli, zda bude měřit sílu své pravé, nebo levé ruky. Samotné měření bylo realizováno [ručním siloměrem Vernier HD-BTA](#), který byl připojen k počítači přes [rozhraní Go!Link](#). Pomocí dataprojektoru bylo měření promítáno celé třídě. Měřili jsme s frekvencí 10 Hz aktuální sílu stisku, stisky senzoru jednotlivými studenty se tedy v grafu vykreslily jako píky.

Graf 1 – proměření maximální síly stisku ruky postupně všech studentů



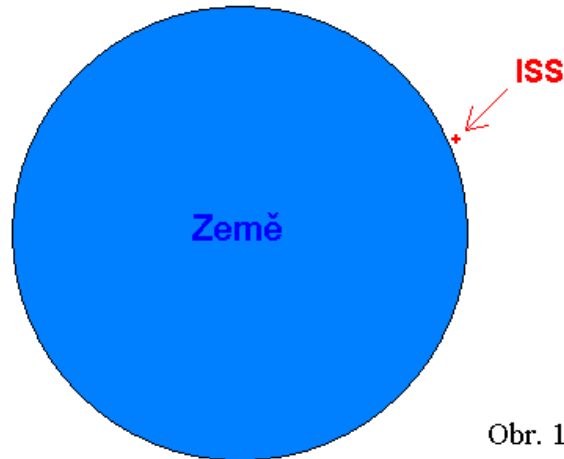
Pro rychlé vyhodnocení jsme každému studentovi řekli jeho pořadové číslo měření. Po skončení měření jsme vybrali 3 největší naměřené hodnoty a příslušní studenti postoupili do dalšího kola výběru kosmonautů, v některých případech jsme výběr tří adeptů přizpůsobili zastoupení chlapcům a dívkám ve třídě.

Průměrná síla ruky v průběhu 15 sekund

Tři studenti, kteří postoupili do druhého kola výběru, byli podrobena dalšímu testu. Opět jsme použili ruční siloměr připojený k počítači. Tentokrát byla doba měření nastavena na 15 sekund, jako výsledek jsme počítali průměrnou sílu (po skončení měření lze základní statistiku vyvolat tlačítkem „statistika“). Byla-li mezi kandidáty žena, bylo jí umožněno při měření mačkat senzor oběma rukama najednou. Ze tří studentů jsme takto vybrali dva silnější.

Stav beztíže

Se studenty jsme krátce rozebrali, co znamená stav beztíže, tj. situace, kdy těleso nepocítuje žádnou tíhu – například proto, že setrvačné síly se odečtou se silami gravitačními. Studenti většinou nejdříve uváděli, že ve stavu beztíže není žádná gravitace. Pomocí schématického obrázku Země a mezinárodní kosmické stanice ISS (obr. 1), při zachování poměru velikosti Země a vzdálenosti ISS od Země jsme studenty přesvědčili, že i na ISS určitě gravitace Země působí.



Obr. 1

Následně jsme zmínili další případy beztížného stavu (různé různé formy volného pádu: tzv. parabolické lety, anti-g výtahy, výskok, ...). Na rychloběžném videu volného pádu děravé láhve s vodou (obdobné video je např. na <http://fyzweb.cz/clanky/index.php?id=176>) bylo demonstrováno „zmizení“ hydrostatického tlaku v kapalině při volném pádu.

Pomocí digitálního [siloměru Vernier DFS-BTA](#) jsme ukázali nulové silové působení na závěs ve stavu beztíže v průběhu pádu. Na siloměr připojený k počítači přes rozhraní Go!Link bylo zavěšeno závaží (používali jsme například svazek klíčů) a na předpokládané místo dopadu siloměru se závaží jsme položili měkkou podložku, například svetr či polštářek. Spustili jsme měření a následně upustili siloměr se zavěšenými klíči. Po dopadu na podložku jsme se studenty interpretovali naměřený graf, na němž jsme ukázali, že v průběhu pádu klíče na siloměr skutečně nepůsobily žádnou silou.

Se studenty jsme také rozebrali některé účinky pobytu v beztížném stavu ve vesmírné lodi na lidský organismus. Jde zejména o:

- **(Ne)vnímání gravitace** – syndrom adaptace na beztížný stav je obdobou tzv. „mořské nemoci“. Vzniká z nesouladu mezi vizuálními, hmatovými a gravitačními vjemy, může přetrvávat až 4 dny, výsledkem je nechutenství, pocení, nevolnost, závratě, bolest hlavy, poruchy soustředění, ...
- **Přesuny tekutin v těle** – voda se přesouvá zdola nahoru, každá noha ztrácí asi 1 litr tekutiny během prvního dne. Výsledkem je otok obličeje, „rýma“ po celou dobu ve stavu beztíže. Větší objem krve v hrudníku zvyšuje tepový objem a srdeční výdej, ten ale posléze klesá, protože neaktivní svaly ho méně potřebují.

- **Kosti** – kosmonauti „povyrostou“, protože na páteř netlačí žádná síla směrem dolů, je pozorována ztráta asi 1 – 1,5 % kostní hmoty (a vápníku) za měsíc po celou dobu letu. Cvičením odvápnění kostí nelze zastavit, pouze zpomalit.
- **Svaly** – atrofují a ubývá v nich cév a nervových zakončení. Časem vymizí reflexy, které zaručují vzpřímený postoj. Astronauti se po návratu učí opět znovu chodit vzpřímeně.
- **Psychologické faktory** – delší pobyt v malém prostoru může být příčinou vzniku ponorkové nemoci.

Vitální kapacita plic

Další vyšetření kandidátů na kosmonauty. Pomocí [spirometru Vernier SPR-BTA](#) jsme proměřovali vitální kapacitu plic, tedy kolik vzduchu jsou studenti schopni vydechnout po jednom hlubokém nádechu. Jako kosmonauta jsme vybrali studenta s větší vitální kapacitou.

Kolik vzduchu spotřebujeme?

Dále jsme se studentů ptali, kolik bude kosmonaut potřebovat pro cestu na Mars zásob. Většinou se shodli, že jídlo a pití umí odhadnout, je však potřeba vzít s sebou i dostatek vzduchu na dýchání. Jeho množství nijak snadno neodhadneme, lze si však pomoci měřením. Pomocí spirometru jsme změřili, kolik vzduchu připadá na jeden běžný nádech. Na grafu jsme odečetli, že běžný nádech a výdech znamená výměnu vzduchu o objemu mezi 1 a 2 litry (ve spánku či absolutním klidu to může být ještě méně) – vzali jsme tedy 2 litry jako horní odhad. Nyní bylo potřeba ještě spočítat, kolik nádechů kosmonaut během letu vykoná. Provedli jsme tedy další měření, tentokrát s celou třídou: odměřili jsme minutu, během níž každý ze studentů počítal, kolikrát se nadechl. Po skončení měření jsme vyhodnotili počty nádechů a určili jsme průměrnou hodnotu (obvykle stačilo odhadnout na základě nejčastějších hodnot). Průměr většinou vyšel okolo 15 nádechů za minutu (přičemž studenti obvykle hlásili od 7 do 25 nádechů).

Odhadli jsme, že cesta na Mars a zpět by se dala stihnout za 4 roky (včetně pobytu na Marsu), což odpovídá zhruba 2 miliónům minut. Při patnácti nádeších za minutu (horní odhad) a 2 litrech na nádech (opět horní odhad) bychom tedy potřebovali na každého kosmonauta 60 miliónů litrů vzduchu. Toto číslo si jen málokdo umí představit, přepočítali jsme jej proto na počet tříd (místností). Vynásobením odhadnutých rozměrů třídy (např. 4 m × 8 m × 8 m) získáme přibližný objem jedné místnosti. Snadno pak dopočítáme, že bychom potřebovali zhruba 150 až 300 tříd (záleží na jejich velikosti) se vzduchem na každého kosmonauta. Všem je asi jasné, že tolik místa v raketě nenajdeme, musíme se tedy zamyslet nad možnostmi, kde ušetřit. Studenty většinou napadnou tyto možnosti:

- **Vzduch stlačit, případně až zkapatnit.** To je rozumný nápad, potřebný objem nádoby se tím zmenší zhruba na tisícinu. To už by asi bylo technicky realizovatelné, zkusme ale šetřit dále.
- **Zbytečný dusík.** Skoro 4/5 (78 %) vzduchu zabírá dusík N₂, který pro dýchání nepotřebujeme. Kdybychom si vezli zásobu pouze kyslíku, ušetříme tedy 4/5 objemu. Zde je vhodné zmínit neštěstí při zkouškách [Apolla 1](#).

- **Možnost dýchat stejný vzduch vícekrát.** Spotřebujeme při každém nádechu opravdu všechny přítomný kyslík? Toto lze ověřit měřením. Připojíme si čidlo CO₂ ([Vernier CO2-BTA](#)) a požádáme našeho kosmonauta, aby nám jednou dýchnul do igelitového pytlíku. Pak čidlo vložíme do pytlíku a počkáme na výsledek měření (zhruba 1-2 minuty, než se hodnota ustálí). Senzor ukáže změnu z několika desetin % CO₂ ve vydýchané třídě až na několik procent (nejvíce to bylo okolo 6 %) ve vydýchaném vzduchu v pytlíku na konci měření. Teoreticky by tedy bylo možné vzduch „předýchat“ zhruba 4×, ovšem narazíme na omezení lidského těla, kdy již při první recyklaci se dostáváme na spodní hranici koncentrace kyslíku, kterou lidské tělo dlouhodobě snese.

Reálně je situace taková, že na kratší cesty (raketoplán, výstup do vesmírného prostoru ve skafandru) si s sebou kosmonaut bere láhev s kyslíkem, na delší pobyt či cestu se počítá s chemickou výrobou O₂. V každém případě se používá odlučování CO₂ (dýchaný vzduch se čistí odstraňováním přebytečného CO₂).

Jak pevnou udělat sedačku pro kosmonauta?

Nejprve jsme si kosmonauta zvažili na [plošném siloměru Vernier FP-BTA](#) (v podstatě jde o digitální váhu připojitelnou k počítači). Poté jsme jej požádali, aby si na siloměru dřepnul či mírně vyskočil. Na průběžně měřeném grafu jsme ukázali, že v okamžiku dřepu či dopadu po výskoku je síla působící na podložku několikanásobně větší než klidová tíha kosmonauta.

Teplota plamene

Některé části kosmické lodi jsou silně teplotně namáhány. Jde např. o raketové motory a trysky, ale také přední část lodi při návratu do zemské atmosféry. Ani jedno si nemůžeme vyzkoušet a změřit ve třídě, zkusili jsme si tedy alespoň odhadnout, jaká je teplota plamene svíčky. Studenti tipovali velmi různé hodnoty (100 °C až 5 000 °C), [termočlánkem Vernier TCA-BTA](#) jsme u obyčejné parafínové svíčky naměřili vždy něco mezi 750 °C a 900 °C. Zbyl-li čas, zmínili jsme, jak je třeba chránit návratový modul při sestupu do atmosféry.

Zdroj elektřiny ve vesmíru

V další části jsme diskutovali možné zdroje elektřiny pro pohon počítačů a strojů ve vesmíru. Postupně jsme došli k tomu, že optimální by bylo využít solární panely. Otázkou však je, zda to bude na Marsu (který je od Slunce 1,5× dále než Země) možné. Vytvořili jsme si proto improvizovaný model Sluneční soustavy – Slunce zde bylo zastoupeno 500W žárovkou (vysoký výkon je vhodný k přesvícení normálního jasu ve třídě), Země a Mars jsme neztvářňovali, jen jsme zmínili, že při našem poměru 1:150 miliard by byly obě planety menší než milimetr). Měřili jsme pak luxmetrem ([Vernier LS-BTA](#)) intenzitu světla metr od žárovky (tam by v našem modelu byla Země) a 1,5 m od žárovky (kde by se nacházel Mars). Experiment ukázal, že na Marsu je sluneční svit zhruba poloviční co do intenzity, což dobře odpovídá teorii, neboť intenzita světla bodového zdroje klesá s druhou mocninou vzdálenosti.

Hluk při startu rakety

Na internetu jsme vyčetli, že hluk při startu rakety, měřený z bezpečné vzdálenosti, je zhruba 140 dB. Pomocí [hlukoměru Vernier SLM-BTA](#) jsme nejdříve ukázali, jak intenzita hluku (bodového zdroje v prostoru) ztlačně klesá se vzdáleností – lektor chvíli mluvil „do hlukoměru“, chvíli povídal a hlukoměr držel v natažené ruce. Pak jsme požádali nejprve

polovinu a následně celou třídu, aby dělali co největší rámus. Obvykle jsme se dostali těsně pod 110 dB s celou třídou a okolo 106 dB s polovinou třídy. Na této demonstraci si studenti jednak mohli vyzkoušet, co to je 110 dB (tento rámus už je mnoha lidem „fyzicky nepříjemný“), především jsme si však ukázali, že zdvojnásobením zdrojů hluku nezískáme dvojnásobné číslo v dB – tato stupnice je totiž logaritmická.

Start rakety

Na závěr došlo k odpálení rakety vyrobené z PET láhve a poháněné lihovými výpary.

- <http://fyzweb.cz/clanky/index.php?id=168> (video)
- http://kdf.mff.cuni.cz/veletrh/sbornik/Veletrh_07/07_17_Polak.html (návod dole)

Na vystoupeních se podíleli tito lektoři:

Mgr. Lucie Filipenská	filipenska@edufor.cz
Mgr. Jakub Jermář	jakub.jermar@mff.cuni.cz
Mgr. Pavel Böhm	pavel.bohm@mff.cuni.cz
Bc. Petr Kácovský	kacovsky@edufor.cz

Ke stažení

Přednastavení experimentů si lze stáhnout z adresy:

- <http://www.vernier.cz/download/kouzelná-fyzika-2011.zip>

