

## Historické pokusy v současné škole

ANEŽKA VESELÁ – MICHAELA KRÍŽOVÁ

Přírodovědecká fakulta Univerzity Hradec Králové

### Úvod

Fyzika většinou nepatří mezi oblíbené školní předměty, přestože s jejími technickými aplikacemi se dennodenně setkáváme a život bez nich si už nedokážeme představit. U řady lidí tato nepřízeň pochází již ze školy, kde jim možná byly základy fyziky vykládány příliš nezájímavě. Kromě toho znalost fyziky, a s ní úzce související matematiky, vyžaduje úsilí a pochopení, díky čemuž je i předmětem, ze kterého mají žáci strach. Přesto je fyzika a její dějiny, stejně jako jiné vědy, nedílnou součástí lidské kultury.

A tak je třeba hledat cesty ke zlepšení tohoto trendu. Důležitou součástí výuky je správná motivace, aby fyzika žáky bavila. Jako velmi vhodné se ukázalo využití různých materiálů z historie fyziky a techniky. Téma historie fyziky je velmi obsáhlé a není mu v současné školské fyzice věnována pozornost, kterou si zaslouží. Dějiny fyziky totiž ukazují mimo jiné fyziku jako lidskou vědu – výsledek práce konkrétních lidí, seznamují žáky s celým procesem vzniku nových poznatků, ne pouze s výsledkem poznávacího procesu a nabízejí mnoho zajímavých námětů pro práci se žáky – od řešení netradičních fyzikálních úloh po realizaci experimentů.

Během několika uplynulých let jsme měli možnost v praxi vyzkoušet řadu experimentů motivovaných historií fyziky u žáků různých ročníků gymnázia. Protože se jednalo o pokusy spojené s dějinami fyziky, byly vždy uvedeny krátkou informační prezentací o jejich autorovi a historické verzi experimentu.

V článku předkládáme vybrané významné historické experimenty z dílen fyziků 16. až 18. století a předkládáme návod na jejich přípravu a návrh, jak tyto pokusy zařadit do výuky fyziky na střední škole. Podrobněji popíšeme Galileovy experimenty z mechaniky a další pokusy uvedeme stručně jako námět na dobrovolný domácí úkol žáků či do školního projektu.

## Galileo Galilei (1564–1642)

Galileovy experimenty s volným pádem vyvracely představy aristotelovské mechaniky, že různě těžké předměty padají k zemi různou rychlostí. Galileo naopak prokázal, že všechna tělesa padají k zemi se stejným zrychlením, rozdíl je způsoben odporem prostředí. Později, v roce 1609 experimentálně stanovil, že dráha uražená tělesem roste úměrně s druhou mocninou času. Významné jsou také Galileovy pokusy s nakloněnou rovinou, u které lze nastavit sklon, a v níž byl žlábek pro pohyb koule, tzv. *padostroj*. Pomocí padostroje zkoumal rovnoměrně zrychlený pohyb snadněji, protože zrychlení je menší než u volného pádu a formuloval *zákon setrvačnosti*. Také dospěl k tomu, že stejně velké síly udělí stejně hmotným tělesům stejné zrychlení, nevyjádřil však své myšlenky matematicky jako později Isaac Newton. Tyto poznatky společně s principem nezávislosti a skládání rychlostí umožnily Galileovi zkoumat pohyby těles v tíhovém poli Země (vrhy).



Obr. 1 Veřejné předvádění padostroje [3]

Galileův padostroj byla asi šest stop<sup>1)</sup> dlouhá dřevěná deska (nakloněná rovina), jejíž sklon bylo možné regulovat. Na desce byl žlábek, vyložený pergamenem pro co nejhladší povrch, určený pro valení koulí. Kromě toho byla deska opatřena v určitých vzdálenostech od sebe osmi strunami.

<sup>1)</sup>Šest stop odpovídá délce asi 1,8 metru.

Galileo znovu a znovu spouštěl žlábkem vyleštěnou mosaznou kouli, jejíž pohyb způsoboval rozeznění strun. Pokus doprovázel zpěvem a hrou na loutnu, rytmus písně je mu časovou mírou. Galileo se snažil umístit struny na desce tak, aby tóny při průchodu koule zaznívaly ve stejných časových intervalech. Přestože mohlo jeho počínání připomínat spíše dětskou hru, vedl tento experiment k objevení důležitého zákona přírody.

Pokud se náklon zvětšoval, rovnoměrně zrychlený pohyb koule se blížil volnému pádu, naopak při zmenšování náklonu se pohyb stával rovnoměrným. Galileo díky tomu formuloval zákon volného pádu, tedy že dráha volného pádu je přímo úměrná druhé mocnině času. Stejný zákon platí i pro pohyb po nakloněné rovině [2, 13–20, 137–379], [3].

Pokud se ve Vašem fyzikálním kabinetu nenachází podobný exemplář jako na Gymnáziu Svitavy (obr. 2), můžete si ho sami vyrobit. Možností, jak si pro potřeby vyučování fyziky sestavit vlastní padostroj je mnoho, některé postupy jsou uvedeny například v [4]. Jiný návod následuje.



Obr. 2 Padostroj v učebně fyziky Gymnázia Svitavy

Na výrobu padostroje jsou zapotřebí 4 rohové lišty délky 2 m, 4 dřevěné kolíčky, lepicí tavná pistole s náplní, 4 dřevěné obdélníkové destičky a samozřejmě 4 stejné kuličky, případně dvoumetrové pásmo. Lišty pevně upevníme tavnou pistolí, z kolíčků a destiček vyrobíme zářezky. Pásmo upevníme k lištám tak, aby nebránilo volnému pohybu kuliček (obr. 3).

Pak už lze posunováním jednotlivých zarážek provádět experiment stejný jako Galileo. Pravidelného zvuku kuliček dopadajících na překážky dosáhneme, jsou-li jejich vzájemné vzdálenosti v poměru  $1 : 4 : 9 : 16$ . K měření časových intervalů lze použít vlastní sluch (pravidelnost či nepravidelnost nárazů je jasně patrná) nebo nějakého časového měřidla. Jedná se o názornou demonstraci nerovnoměrného pohybu. Padostroj se však nehodí k přesnému měření, neboť i na první pohled stejné lišty mohou mít různý drsný povrch, což pak ovlivňuje pohyb kuliček. Pokud se kulička valí a nikoliv klouže, mělo by být větší tření naopak výhodou, což může učitel s žáky prodiskutovat.

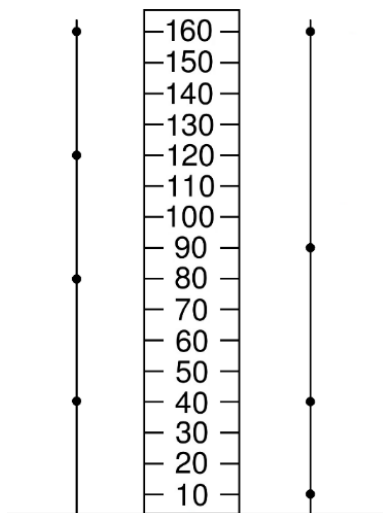


Obr. 3 Padostroj

Někdy žáky zaujaly i složitější konstrukce, které bychom během hodiny ve škole vyrobit nestihli. Využili jsme jejich zájmu a zadali jejich výrobu jako dobrovolný domácí úkol.

Na střední škole je tento pokus vhodný do prvního ročníku, zařazujeme jej do kapitoly o rovnoměrně zrychleném pohybu nebo o volném pádu. Z naší zkušenosti hrátky s padostrojem žáky zajímaly už od chvíle, kdy jsme s dvoumetrovým zařízením vešli do třídy. Experimentování jsme začínali s jednou kuličkou, mluvili jsme o tom, zda se jedná o pohyb rovnoměrný či nerovnoměrný. Poté jsme začali spouštět kuličky všechny čtyři, a hledali jsme vhodnou polohu zářezek tak, aby nárazy byly pravidelné.

Nejjednodušší variantu padostroje vyrobíme pomocí tenkého provázku a 8 větších korálek o stejné hmotnosti a rozměrech. Na jednu nit délky 2 metry navážeme 4 korálky tak, že mají mezi sebou stejné vzdálenosti podle obrázku. Na druhou nit navážeme kuličky postupně ve vzdálenostech 10 cm, 40 cm, 90 cm a 160 cm (obr. 4). Padostroj spouštíme ze židle, stolu nebo jiného zvýšeného místa. Vhodné je dolní konec připevnit k podlaze, například izolepou nebo nějakou zátěží, aby byly dobře slyšet nárazy na podlahu. Pokud nejprve spustíme nit s rovnoměrně rozmístěnými korálky, rytmus jednotlivých úderů korálek o podlahu je nepravidelný a zrychluje se. Při stejném pokusu s druhou nití je rytmus dopadajících kuliček pravidelný. Tento experiment je velmi názorný a jednoduchý. Jeho výrobu lze svěřit i žákům. Vhodný je také jako domácí pokus. Spadá opět k učivu o nerovnoměrném pohybu, respektive volném pádu.



Obr. 4 Kuličkový padostroj

## Další náměty motivované historickými experimenty

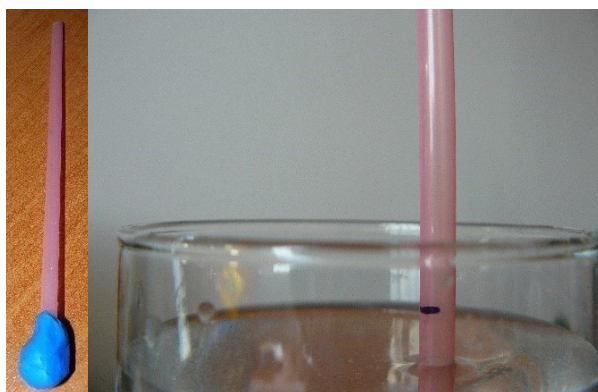
Ve výuce na víceletém gymnáziu jsme používali jak demonstrační experimenty, tak jsme se snažili se žáky i některé pomůcky pro pokusy vyrobit v rámci hodin fyziky. V průběhu několika let jsme vyzkoušeli více než 25 experimentů motivovaných historií fyziky např. Galileův termoskop a dalekohled, Keplerův dalekohled a camera obscura, Marciho rázy, Torricelliho pokus s vodou, Pascalova hydraulická zařízení, Pascalův sud, Boylova vývěva či Newtonova skla. V rámci hodiny fyziky jsme stihli vyrobit i tři následující pomůcky.

**Evangelista Torricelli (1608–1647)** byl průkopníkem hydrodynamiky – oboru fyziky, který se zabývá prouděním kapalin. Kromě jiného objevil zákon, podle něhož je možné určit rychlost  $v$  výtoku otvorem ve stěně nádoby v dané hloubce  $h$  pod hladinou. Dnes používáme vztah určený Danielem Bernoullim  $v = \sqrt{2gh}$ , kde  $g$  je tíhové zrychlení. Pro experimentální ověření pokusu potřebujeme plastovou láhev o objemu alespoň 1,5 l, jehlu a vodu. Do láhve jehlou propíchneme ve stejných vzdálenostech od sebe několik dírek, které leží nad sebou v přímce. Láhev pak umístíme na vhodné místo (například na laboratorní tál) a celou ji naplníme vodou. Působením hydrostatického tlaku vytékají z otvorů pramínky vody. Čím vyšší je vodní sloupec, tím větší je hydrostatický tlak a voda dostříkne dál (obr. 5). Tento experiment spadá do kapitoly zabývající se mechanikou tekutin.



Obr. 5 Kvalitativní pokus k Torricelliho zákonu

K významným vynálezům **Roberta Hooka (1635–1703)** patří hustoměr. Hustoměr je zařízení k určování hustoty kapalin. Obvykle má tvar uzavřené trubice se stupnicí, dole zakončené baňkou. Funguje na principu Archimédova zákona. Vyrábí se s různými rozsahy pro měření různých druhů kapalin. Ve škole jsme vyrobili jednoduchý hustoměr pro porovnání hustoty vody a solného roztoku. K sestavení hustoměru potřebujeme pouze brčko a plastelínu. Z brčka odstříháme kolínko a na jeden jeho konec připevníme plastelínu, její množství upravíme tak, aby po ponoření do vody hustoměr plovál kolmo k hladině a brčko bylo alespoň z poloviny pod hladinou. Následně si připravíme dvě sklenice, jednu s čistou vodou a druhou s vodou s rozpuštěnou solí. Když pak ponoříme hustoměr do čisté vody, označíme fixem ponor. To samé zopakujeme pro slanou vodu a vidíme, že se tentokrát ponořil méně. Čím větší je ponor hustoměru, tím menší je hustota kapaliny. Z pozorování tedy vyplývá, že slaná voda má větší hustotu než čistá. Toto tvrzení jsme s žáky ověřili v tabulkách.



Obr. 6 Hustoměr a jeho poloha v nádobě se slanou vodou (čárka označuje ponor v čisté vodě)

Již od mládí se **Isaac Newton (1642–1727)** věnoval výzkumu optických jevů, ale jeho práci mnoho vědců odmítalo. Svoje objevy týkající se rozkladu bílého světla skleněným hranolem a teorie barev duhy Isaac Newton publikoval v časopise *Philosophical Transactions* pod názvem „Nová teorie světla a barev“. K rozkladu světla na spektrální barvy můžeme obecně použít hranol nebo mřížku. Jednoduchý mřížkový spektroskop vyrobíme z CD, lepenkové krabičky (například od čaje), nože, lepidla a alobalu či neprůhledné pásky. Krabičku slepíme lepidlem tak, aby se neroz-

kládala, a nožem vyřízneme do jejích stěn otvor na pozorování, šterbinu a výřez na zasunutí CD podle obrázku (obr. 7). Ten by měl s vodorovným dnem krabičky svírat úhel přibližně  $30^\circ$ . Šterbinu vytvoříme tak, že nejdříve vyřízneme do stěny krabičky větší otvor, který pak upravíme na požadovanou šířku pomocí více vrstev alobalu nebo neprůhledné pásky. Šířka šterbiny by měla být asi 1 mm. Celý spektroskop můžeme navíc ještě zabalit do alobalu, aby dovnitř nevnikalo žádné další světlo. Experimentování s tímto spektroskopem je vhodné i pro žáky základní školy, mohou si jej sami vyrobit ve škole nebo doma.



Obr. 7 Spektroskop z CD a krabičky od čaje

## Závěr

K demonstracím jsme často využívali vlastnoručně vyrobené pomůcky, někdy ve více exemplářích, aby si je mohli žáci dobře prohlédnout. Některé jednodušší pomůcky jsme zvládli během hodiny i vyrobit, například hustotěr či spektroskop z krabičky od čaje. Z našich dosavadních zkušeností plyne, že je pro žáky zajímavé jakékoli oživení vyučovací hodiny experimentem, tím spíše, jde-li o pokusy týkající se historie. Zvyšují jejich zájem o předmět, napomáhají také lepšímu zapamatování a pochopení učiva. Je to však výsledek našeho pozorování ve velice krátkém časovém intervalu. Jistě by bylo zajímavé, hodnotit vliv experimentů inspirovaných dějinami fyziky na motivaci a učení žáků z dlouhodobějšího hlediska.

Protože jsme měli možnost vyzkoušet zařazení experimentů do výuky jak na vyšším, tak na nižším stupni víceletého gymnázia, můžeme také porovnat přístup různých tříd. Všimli jsme si, že starší žáci oceňovali spíše historické informace a zajímali se více o okolnosti z života fyzika. Naopak mladší žáci (odpovídající 6.–8. třídě ZŠ) dávali přednost výrobě vlastních pomůcek a frontálnímu provádění pokusů. Do výuky jsme připravili také přehledné informační plakáty o významných fyzicích 16.–18. století, které jsou nyní vystaveny na chodbě školy. Poučit se o historii fyziky tak mohou všichni žáci i učitelé (obr. 8).



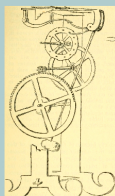
# Galileo Galilei

(1564-1642)

- Italský filozof, matematik, fyzik, astronom a nadšený experimentátor.
- Žil nejprve v Pise, poté v Padově a nakonec ve Florencii a jejím okolí.
- Životní partnerka Marina Gamba, tři děti.
- Původně měl být lékařem, nadchla ho však matematika a fyzika.
- Působil jako profesor matematiky, přivydělával si výrobou přístrojů.
- Zastával heliocentrický názor Mikuláše Koperníka, před inkvizicí jej musel odvolat, ale kvůli vysokému věku byl potrestán jen domácím vězením.
- Bývá nazýván „otcem moderní fyziky“.



Obr. 1: Galileo Galilei [50]



Obr. 2: Galileiové kyvadlové hodiny (nakres) [41]

„A přece se točí“



Obr. 4: Galileo veřejně předvádí padostroj [33]



Obr. 3: Galileiov geometrický kompas [60]

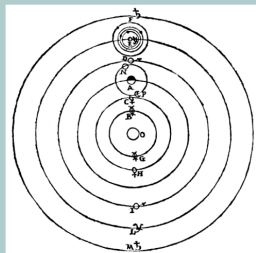


Obr. 5: Galileiov teleskop [37]

„Bible nám říká, jak se dostat do nebe, nikoli jak se nebe pohybuje.“

### Nejvýznamnější objevy, experimenty a vynálezy:

- Pohyb **kyvadla** (Obr. 2) - doba kyvu nezávisí na hmotnosti závaží ani velikosti rozkvyvu, pouze na délce závěsu; kyvadlové hodiny však před smrtí sestrojil nestihl.
- **Vzduchový termoskop** - předchůdce teploměru.
- **Zdokonalený dalekohled** tvořený spojkou a rozptylkou (Obr. 5), pomocí kterého zkoumal Měsíc, objevil Saturnovy prstence a čtyři Jupiterovy měsíce: Io, Europa, Ganymed a Callisto.
- **Zákon volného pádu**: různé těžká tělesa padají k zemi stejnou rychlostí a závisí jen na odporu prostředí.
- **Padostroj**: pohyby těles po nakloněné rovině (Obr. 4).
- **Vrhy**.
- **Zákon setrvačnosti**.
- **Zákon síly** (nevýjádřil ho tak přesně matematicky jako I. Newton).
- **Geometrický a vojenský kompas** (Obr. 3).
- **Princip relativity**.



Obr. 6: Schéma Sluneční soustavy podle Galilea [65]



Univerzita Westbohemská  
Přírodovědecká fakulta

Tento text vznikl jako podklad digitálního prázdného učebního materiálu.  
„Významné historické experimenty jako motivace ve výuce fyziky“  
Autorkou je Bc. Anetka Veselá, vedoucí práce FNDO: Michaela Králová, Ph.D.  
Kontakt: anetka.vesela@unz.cz, anetka.vesela@unz.cz

Obr. 8 Plakát Galileo Galilei; soubor 10 posterů je ke stažení jako příloha čísla na adrese: [http://mfi.upol.cz/files/29/2902/mfi\\_2902\\_priloha\\_postery.pdf](http://mfi.upol.cz/files/29/2902/mfi_2902_priloha_postery.pdf)

V článku jsme chtěli připomenout známé a jednoduché experimenty, díky kterým se hodiny fyziky mohou stát pro žáky zajímavějšími a srozumitelnějšími. Řada učitelů ale na podobné experimentování nemá čas ani energii, což je velká škoda. Zvýšený zájem žáků o fyziku nám učitelům jistě vložené investice vrátí.

## Literatura

- [1] *Lafferty, P.*: Síla a pohyb. Nakladatelský dům OP, Praha, 1995.
- [2] *Štoll, I.*: Dějiny fyziky. Prometheus, Praha, 2009.
- [3] *Bührke, T.*: Převratné objevy fyziky: Od Galileiho k Lise Meitnerové. Academia, Praha, 1999.
- [4] *Vondřejcová, K., Kabrhel, P.*: Rohová lišta ve výuce fyziky. Sborník konference Veletrh nápadů učitelů fyziky 16 (Olomouc, 2.–4. září 2011), Univerzita Palackého v Olomouci, 2011.

# Sluneční energie a fotovoltaika

JANA TOUŠKOVÁ, JIŘÍ TOUŠEK

Matematicko-fyzikální fakulta UK, Praha

## Jak řešit zásobování lidstva energií

Vzhledem k rostoucímu počtu obyvatelstva a se zvyšující se spotřebou energie vzniká otázka, jak řešit zásobování energií a při tom se vyhnout negativnímu vlivu na životní prostředí. Spalování fosilních paliv přináší řadu problémů se znečišťováním planety; roste zároveň koncentrace oxidu uhličitého a v důsledku skleníkového efektu se postupně atmosféra otepluje. K řešení už nyní přispívají obnovitelné zdroje, mezi nimi zaujímá důležité místo přímá přeměna energie slunečního záření na energii elektrickou. Slunce představuje prakticky nevyčerpatelný zdroj a jeho využití neznamena skleníkový efekt ani tepelné zamoření. Sluneční záření má však nízkou hustotu zářivého toku (v České republice přibližně  $1 \text{ kW/m}^2$  na povrchu Země), jeho velikost závisí na počasí a je omezeno na denní dobu, s čímž souvisí nutnost akumulace energie. Zářivý tok, který Slunce vysílá na celou Zemi je  $175\,000 \text{ TW}$  ( $1 \text{ TW} = 10^{12} \text{ W}$ ), což je o mnoho řádů více než je spotřeba lidstva, jak vyplývá z výpočtu na základě údajů v [1]. Mezinárodní agentura pro energii (IEA) udává, že vloni byl výkon všech elektráren na světě  $6\,650 \text{ GW}$ , čili  $6,65 \text{ TW}$ . I z tohoto hlediska je využívání sluneční energie perspektivní.