

## Fyzika nejen s digitálními technologiemi

MIROSLAV JÍLEK

Gymnázium, Polička, nábřeží Svobody 306

### Abstrakt

Průspěvek popisuje několik jednoduchých námětů, jak lze obohatit výuku fyziky prostřednictvím moderních digitálních technologií typu „chytrých“ mobilních zařízení, měřicích systémů, robotických systémů, nebo 3D tisku. Důraz je přitom kladen na propojení těchto technologií s klasickými, většinou jednoduchými, experimenty.

### Úvod

Digitální technologie ovlivňují naše životy, ať chceme, či ne, čím dál častěji, a logicky vstupují také do školního prostředí. Pokud je dokážeme rozumně a smysluplně využít, věřím, že se mohou stát výborným pomocníkem učitele a přispět k větší motivaci žáků i k lepšímu porozumění učivu. Celá oblast využití digitálních technologií pro výukové účely je velmi rozsáhlá a v následujícím textu ukážu pouze několik příkladů z mnoha možností využití těchto technologií ve výuce fyziky a technických předmětů. Další příklady a náměty je možné najít v elektronickém časopise e-Mole, dostupném na webových stránkách [1]. Časopis je vydáván čtyřikrát ročně a je zaměřen obecně na všechny přírodní a technické vědy, takže může být inspirativní i pro kolegy vyučující chemii, biologii, geografii nebo informační technologie. Přesto, že hlavním zaměřením časopisu jsou právě digitální technologie a jejich využití ve školní praxi, můžeme zde najít i články obecnějšího rázu, rozhovory s významnými osobnostmi, recenze, informace o zajímavých projektech, návody na experimenty a mnoho dalšího.

### Videozáznamy mobilním telefonem

Využití tabletů a „chytrých“ mobilních telefonů pro potřeby výuky je velkým samostatným tématem. Jednou z funkcí, kterou tyto zařízení většinou nabízejí je pořizování videozáznamů vestavěnou kamerou. Ta mívá u dražších přístrojů velmi slušné rozlišení a často nabízí také možnost **natáčení s vyšší snímkovací frekvencí**, označovanou většinou v nastavení jako *Pomalý pohyb*. Výsledný videozáznam zpomalený osmkrát (nejčastější maximální zpomalení) je potom nahráván s teoretickou frekvencí 240 snímků za sekundu, reálně však pouze 120 snímků za sekundu (dva snímky jsou vždy stejné). Toho lze využít k zaznamenání rychlejších dějů a jejich následné analýze. Ačkoli se takový videozáznam samozřejmě ani zdaleka nemůže blížit záznamu ze speciální rychloběžné kamery, lze najít řadu jevů, které lze tímto jednoduchým způsobem zkoumat. Zblízka natočený výkop míče například umožňuje pozorovat, jak hodně je míč v okamžiku výkopu deformován botou a jak dlouho je přibližně noha v kontaktu s míčem. Nafilmujeme-li výkop z o něco větší vzdálenosti (např. 2 m) a položíme těsně k míči na zem ve směru výkopu délkové měřidlo, nebo lať definované

délky, můžeme z polohy míče na jednotlivých snímcích a časové prodlevy mezi snímky určit rychlost vykopnutého míče. K analýze potřebujeme program, který umožňuje prohlížet jednotlivé snímky videozáznamu. Nejjednodušeji může posloužit například *Movie Maker* instalovaný v OS *Windows* nebo jiný program pro úpravu videí, který zobrazuje jednotlivé snímky (poznámka: časový údaj u jednotlivých snímků zpomaleného videa bývá vztažen na výsledný zpomalený pohyb a pro analýzu je ho proto třeba vydělit osmi, abychom získali skutečné časové intervaly), změny polohy objektu na jednotlivých snímcích odhadneme podle velikosti přiloženého měřítka. Podrobnější a přesnější rozbor lze provádět pomocí specializovaných programů, jako je například *Tracker* [2].

Stejně jako výkop míče lze pozorovat například pohyb jednoduché lihové rakety sestavené podle návodu Z. Poláka v [3]. Na zpomaleném videozáznamu je možné dobře pozorovat postupné prohořívání lihu v raketě a měřit přibližně průběh zrychlování rakety po startu. Efektní je také sledování rakety z plastové láhve (prázdné nebo z části naplněné vodou) na stlačený vzduch. K ruční pumpě stačí přidělat gumový ventilek do pneumatik některých mopedů o průměru 24 mm, který lze těsně natlačit do hrdla plastové láhve (ventilek je k doptání a vyzkoušení v pneuservisech). Po dosažení tlaku cca 3 atm dojde k vyražení ventilků z láhve a startu rakety. Jako odpalovací zařízení je vhodné použít například kus plastové odpadní roury přivázané ke kolíku zapíchnutému do země. Existuje celá řada dalších jevů (volný pád tělesa ve vzduchu, šikmý vrh, srážky pružných těles, kmitavé pohyby,...), které můžeme pomocí zpomaleného videozáznamu zkoumat. Jako inspirace mohou sloužit například náměty J. Koupila a V. Víchů v [4], [5], které jsou sice pořizovány kamerou s větší snímkovací frekvencí, ale z nichž některé lze dobře zkoumat i pomocí dostupného mobilního telefonu/tabletu.

Mobilní telefon či tablet s kamerou lze po uchycení do vhodného stojanu využít také jako **jednoduchý a levný vizualizér**, ideálně ve spojení s bezdrátovým přenosem signálu do dataprojektoru a využitím funkce zrcadlení displeje. Pro novější přístroje s OS Android funguje dobře například technologie *Chromecast*, pro jiná zařízení je možné využít například technologii *Miracast* nebo *AirPlay*. Konkrétní návod a tipy k využití těchto technologií lze najít v [6].



Obr. 1. Připojení ventilků k pumpě



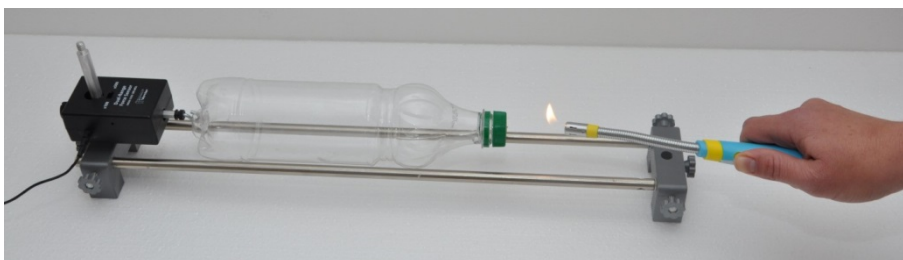
Obr. 2. Vizualizér z „mobilu“

## Měřicí systémy

Využití různých školních měřicích systémů je poslední dobou často diskutované a díky různým grantovým projektům jsou tyto technologie v dnešní době rozšířeny na velkém množství škol. I mnohé klasické a jednoduché experimenty lze při rozumném zapojení měřicích systémů obohatit a využít k hlubší analýze probíhajících fyzikálních dějů.

### Tah lihové rakety

Zmíněný efektní pokus s lihovou raketou tak lze například rozšířit pokusem o změření tahové síly, kterou vyvíjí rozpínající se plyny unikající tryskou rakety. Stačí k tomu senzor síly upevněný na stojanu proti láhvi (tu je vhodné položit například na dvě rovnoběžné vodící tyče).

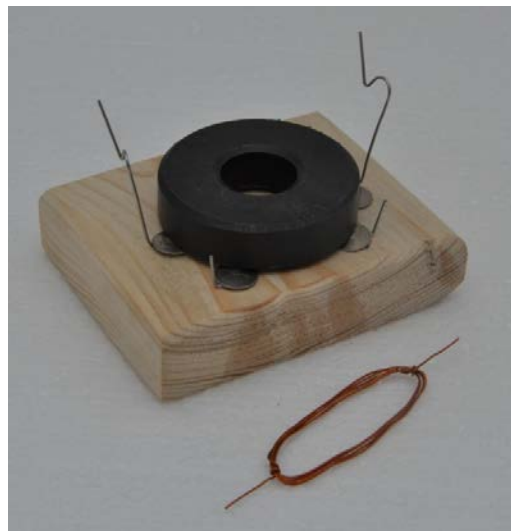


Obr. 3. Měření tahu rakety na lihové páry

Zaznamenaný časový průběh síly, kterou tlačí láhev na siloměr po zažehnutí, umožňuje odečíst průměrnou velikost síly a dobu, po kterou působí. Využijeme-li obvykle integrovanou funkci výpočtu plochy pod křivkou, dostaneme impuls síly odpovídající přírůstku hybnosti rakety při startu. Vydělením této hodnoty hmotností rakety získáme teoretickou velikost rychlosti, kterou raketa během startu získá, a tu můžeme porovnat s hodnotou zjištěnou při analýze pomocí zpomaleného videozáznamu.

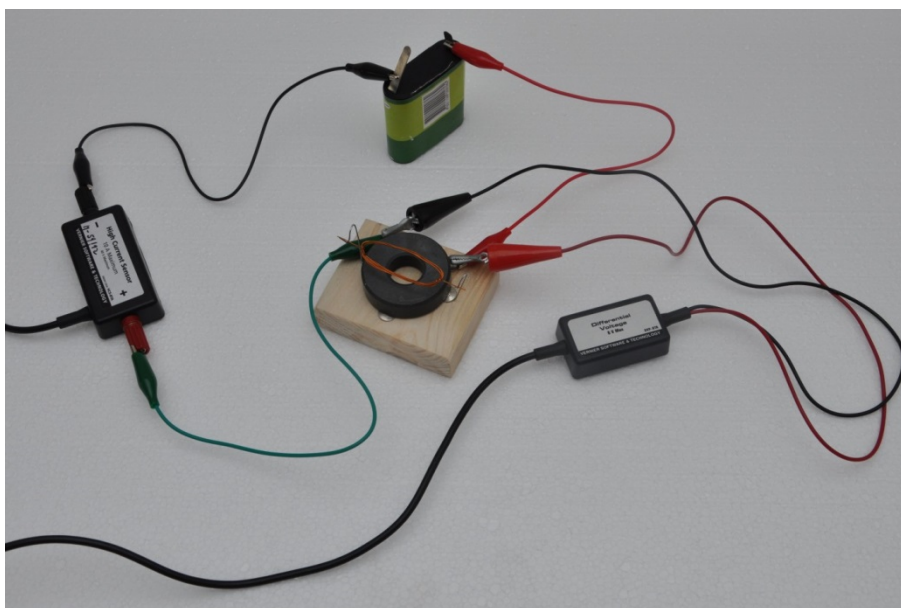
### Výkon vyrobeného elektromotorku

Dalším příkladem je podrobnější zkoumání parametrů známého jednoduchého elektromotorku sestávajícího z magnetu, baterie a z několika závitů smaltovaného drátu namotaného přes tři prsty (krátké konce drátu jsou omotáním okolo závitů vyvedeny v ose smyčky a oba konce jsou na jedné stejné straně odizolovány oškrábáním smaltu). Pro rotor motorku je pro další měření potřeba vyrobit jednoduchý držák ze dvou kancelářských sponek připevněných k dřevěnému prkénku pomocí připínáček (magnet položíme na prkénko pod vodorovně umístěný rotor). Pomocí senzorů proudu a napětí připojených k měřicímu



Obr. 4. Jednoduchý elektromotor

rozhraní je nyní možné zaznamenat průběh proudu procházejícího smyčkou rotoru a napětí na koncích smyčky (je potřeba použít senzory s dostatečným rozsahem – proud smyčkou z ploché baterie dosahuje typicky 1-2 A – případně použít předřadný rezistor pro snížení proudu).



Obr. 5. Měření napětí a proudu u jednoduchého elektromotoru

V naměřeném průběhu je například vidět velmi výrazný pokles svorkového napětí zdroje v okamžiku průchodu téměř zkratového proudu. Z časového průběhu proudu je také patrné, že doba kontaktu, kdy proud skutečně prochází rotorem, činí u této konstrukce vždy přibližně pouze jednu desetinu periody pohybu smyčky. Vynásobením okamžitých hodnot napětí a proudu (opět lze většinou provést přímo ve vyhodnocovacím programu) získáme průběh okamžité hodnoty výkonu a můžeme určit jeho průměrnou hodnotu pro srovnání s jinými drobnými elektrospotřebiči. Spíše v rámci nějaké samostatné práce nebo seminárního projektu se potom mohou žáci pokusit určit práci vykonanou takovýmto elektromotorkem (například zatěžováním rotoru a uvažováním momentu třecích sil) a stanovit přibližnou účinnost vyrobeného zařízení.

### **Atmosférický tlak**

Třetím, velmi jednoduchým využitím měřicího systému je určení tlaku vzduchu pomocí injekční stříkačky a senzoru síly. Píst stříkačky připevníme provázkem nebo drátkem k senzoru síly a měříme sílu potřebnou k vytažení pístu stříkačky ucpané palcem. Od této síly následně odečteme třecí sílu potřebnou k vytažení pístu nezacpané stříkačky. Výsledek vydělíme obsahem průřezu pístu a získáme tak hodnotu tlaku vzduchu přímo z definičního vztahu pro tlak, což může být názorné i při výuce na ZŠ. Podrobnější pokus experimentu včetně možné metodiky jeho použití v konkrétní vyučovací hodině je možné nalézt v [7].

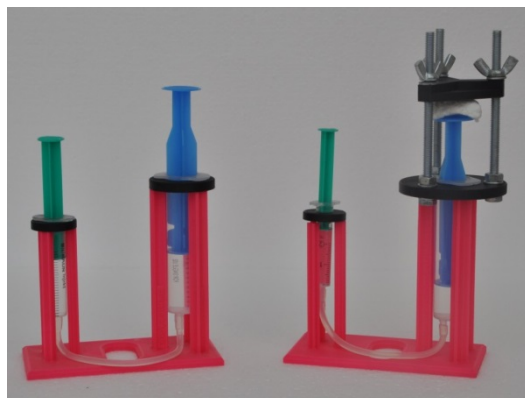


## Mikrokontroléry a robotické systémy

Poměrně novým fenoménem, který se zatím ve školním prostředí realizuje převážně formou zájmových kroužků, je využití různých robotických stavebnic například od firem Lego, Merkur, nebo Fischertechnik. Levnější variantou k těmto stavebnicím může být využití otevřených systémů typu *Arduino*. Uživatel si může pořídit základní desku s mikrokontrolérem, samostatné senzory a elektronické součástky dle svého výběru (nebo využít nějakých základních sad) a vytvořit si podle návodu některý z velkého množství volně dostupných projektů, případně si tvořit projekty vlastní. Učitel fyziky dokáže s poměrně levnou sadou základních součástek snadno demonstrovat celou řadu jevů z elektroniky včetně praktických ukázek řízení různých systémů, bez kterých už by se dnešní průmyslové výrobní procesy neobešly. Žáci potom například mohou po základním zaškolení zpracovat svoje vlastní jednoduché projekty s vypůjčenou sadou a ty prezentovat ostatním. Jako velmi vítaná se zde samozřejmě nabízí spolupráce s informatiky v rámci mezipředmětových vztahů. Mikrokontrolér s připojenými senzory lze také s pomocí vhodného programu využít jako velmi **levný školní měřicí systém**, viz například projekt CAPHÉ [8]. Podobný volně dostupný a otevřený software je připravován spolu s náměty na konkrétní využití Arduina ve školní výuce a bude postupně prezentován na stránkách [1]. Na stránkách [9] je také možné objednat akreditované kurzy a semináře zaměřené přímo na využití Arduina, nebo na výuku s robotickými stavebnicemi.

## 3D tisk

Poslední technologií, kterou bych v tomto příspěvku rád stručně zmínil, je 3D tisk. Pro školní prostředí má tato moderní technologie dle mého názoru potenciálně velmi široké uplatnění, které lze spatřovat v několika rovinách. První možností, jak ve škole využít 3D tiskárnu, je **výroba levných originálních výukových pomůcek**. Na specializovaných webových portálech, jako je například [10], nalezneme stovky volně stažitelných souborů, ze kterých si můžeme vytisknout pomůcky od jednoduchých lodiček, setrvačníků a vozítek na reaktivní pohon, přes modely diferenciálů až třeba po funkční indukční elektriku. Takto vyrobené pomůcky mohou být přitom podobně funkční jako originální prodávané výukové pomůcky, jejichž pořízení nás vyjde často mnohonásobně draž. Výhodou také je, že si můžete také navrhnout a vymodelovat vlastní originální pomůcku. Ukázkou takové pomůcky vytvořené v programu *DesignSparkMechanical* pouze po krátkém seznámení se s tímto intuitivním prostředím je model hydraulického zvedáku a lisu [11]. Kromě samotných výukových pomůcek můžeme pomocí 3D tisku snadno vyrábět řadu **příslušenství a nástrojů** k existujícím pomůckám, nebo nahradit jejich poškozené části, což může být mnohem jednodušší než při použití klasických výrobních postupů. Chceme-li například použít



Obr. 6. Model hydraulického zařízení

mobilní telefon jako vizualizér, můžeme si poměrně snadno vytvořit univerzální držák telefonu k laboratornímu stojanu, v případě zmíněného měření tahu lihové rakety zase snadno vymodelujeme jednoduchý originální držák vodících tyčí pro raketu a senzor síly. V příspěvku [12] je jako další příklad zobrazen stojánek k senzorům síly měřicích systémů Pasco a Vernier, který umožní použití těchto senzorů jako elektronických vah (v příspěvku je samozřejmě i odkaz na volně stažitelné soubory k tisku). Možná jako nejvýznamnější přínos pořízení 3D tiskárny do školy považují možnost **seznámit s touto technologií žáky**, zvláště když se sami aktivně zapojí do péče o její provoz a využití. Na stránkách [9] je možné pro případné zájemce o tyto technologie objednat akreditované kurzy a semináře 3D modelování a 3D tisku, včetně možnosti zakoupení a sestavení vlastní 3D tiskárny vyvinuté speciálně pro školní prostředí.

### Výuka bez digitálních technologií

Je v dnešní době ještě možné učit fyziku bez digitálních technologií? Samozřejmě ano a často to dokonce považuji za velmi důležité, aby se z moderních technologií místo užitečného prostředku nestal cíl odvádějící naše poznání od skutečného světa a jeho krásy. Mnohdy stačí jednoduchý experiment (zvláště když je efektní nebo je spojen s nějakou problémovou úlohou) k tomu, aby žáky motivoval a usnadnil jim i zapamatování jevů, které demonstruje. Můžeme například žáky nechat hlasovat, zda brok ze vzduchovky nejspíše prostřelí prázdnou nápojovou plechovku, nadvakrát přeloženou bavlněnou plenu, nebo plastovou láhev (prázdnou, či plnou vody). Řešení i následný rozbor výsledku a podmínek, na nichž závisí, již přenechám laskavému čtenáři k vlastnímu zkoumání.

### Literatura

- [1] <http://www.e-mole.cz/> [cit. 23. 8. 2015].
- [2] <http://physlets.org/tracker/> [cit. 23. 8. 2015].
- [3] Polák Z.: *Jednoduché pokusy*. In: Sborník konference Veletrh nápadů učitelů fyziky 7. Ed.: Svoboda E., Dvořák L. Prometheus Praha 2002. s. 57-60.
- [4] Koupil J., Vícha V.: *1200 FPS*. In: Sborník konference Veletrh nápadů učitelů fyziky 15. Ed.: Drozd Z. Prometheus Praha 2011. s. 116-121.
- [5] Koupil J., Vícha V.: *Jako zpomalený film...* In: Sborník konference Veletrh nápadů učitelů fyziky 16. Ed.: Holubová R. UP Olomouc 2012. s. 143-148.
- [6] Feltl T.: *Jak dostat obraz bezdrátově z telefonu, tabletu či notebooku na projektor/televizi?* In: e-Mole č. 1. Dostupné online na <http://www.e-mole.cz/cislo/e-mole-c-1> [cit. 23. 8. 2015].
- [7] Jílek M.: *Zkoumáme atmosférický tlak* In: e-Mole č. 0. Dostupné online na <http://www.e-mole.cz/cislo/e-mole-c-0> [cit. 23. 8. 2015].
- [8] <https://sites.google.com/site/projektcape/> [cit. 23. 8. 2015].
- [9] <http://www.interactivelearning.cz/vzdelavani> [cit. 23. 8. 2015].
- [10] <http://www.thingiverse.com/categories> [cit. 23. 8. 2015].
- [11] Jílek M.: *Hydraulické zařízení* In: e-Mole č. 2. Dostupné online na <http://www.e-mole.cz/cislo/e-mole-c-2> [cit. 23. 8. 2015].
- [12] Feltl T.: *Co když potřebujeme s žáky něco zvážit?* In: e-Mole č. 1. Dostupné online na <http://www.e-mole.cz/cislo/e-mole-c-1> [cit. 23. 8. 2015].