

Univerzita Karlova  
Matematicko-fyzikální fakulta, katedra didaktiky fyziky

---

# VELETRH NÁPADŮ UČITELŮ FYZIKY 30

## SBORNÍK Z KONFERENCE



**Matematicko–fyzikální  
fakulta**  
**Univerzita Karlova**

Praha 2025

Veletrh nápadů učitelů fyziky. Sborník z konference.

Editor RNDr. Věra Koudelková, Ph.D.

Vydalo nakladatelství MatfyzPress jako svou 728. publikaci. Text neprošel recenzním ani lektorským řízením nakladatelství MatfyzPress.

Nakladatelství MatfyzPress neodpovídá za kvalitu a obsah textu.

Publikace byla vydána pro potřeby účastníků konference Veletrh nápadů učitelů fyziky 25 a další zájemce z řad učitelů fyziky.

Všechny příspěvky prošly odbornou recenzí, za jejich obsah však odpovídají autoři.

Praha 2025

**ISBN 978-80-7378-534-5**

# Obsah

|                                                                                                                                                              |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Obsah .....                                                                                                                                                  | 3   |
| Úvod .....                                                                                                                                                   | 5   |
| Vít Boček: AI při práci učitele .....                                                                                                                        | 6   |
| Pavel Böhm: Co jsem se naučil o volném pádu .....                                                                                                            | 20  |
| Pavel Böhm: Experimenty s bodovým teploměrem .....                                                                                                           | 27  |
| Pavel Böhm: Využití AI k programování fyzikálních her a hříček .....                                                                                         | 29  |
| Zdeněk Bochníček: Sluneční kámen vikingských mořeplavců .....                                                                                                | 34  |
| Lydia Ceháková: Několik projektů z tábora .....                                                                                                              | 41  |
| Jiří Dolejší: Akce pro učitele a studenty pořádané ÚČJF .....                                                                                                | 47  |
| Zdeněk Drozd, Jitka Houfková: Laťky jako netradiční pomůcka při výuce mechaniky .....                                                                        | 49  |
| Leoš Dvořák: Bližší pohled na motorek s pár závitů .....                                                                                                     | 54  |
| Daniel Eret: Modely elektrického obvodu z 3D tiskárny .....                                                                                                  | 68  |
| Vladimíra Erhartová, Magdaléna Tichá: Fyzikální jarmark pro prvňáčky: od nápadu k ověřené praxi .....                                                        | 74  |
| Eva Hejnová: Workshopy pro aprobované i neaprobované fyzikáře na Přírodovědecké fakultě Univerzity J. E. Purkyně v Ústí nad Labem .....                      | 78  |
| Pavlaína Hejsková: Multisenzorická výuka fyziky pro žáky se speciálními vzdělávacími potřebami ..                                                            | 88  |
| Filip Hložek, Jitka Houfková: Metodické materiály k výuce dalekohledů .....                                                                                  | 92  |
| Jitka Houfková: Nikdy není moc brzy začít s fyzikou .....                                                                                                    | 98  |
| Jakub Jermář: Experimenty s plošným siloměrem .....                                                                                                          | 104 |
| Jakub Jermář: Experimenty s vozíky Vernier .....                                                                                                             | 107 |
| Miroslav Jílek: Projekt SUMEC .....                                                                                                                          | 109 |
| Zdeňka Kielbusová: Flettnerův rotor .....                                                                                                                    | 114 |
| Zdeňka Koupilová: Časová osa událostí v mikrosvětě .....                                                                                                     | 119 |
| Zdeňka Koupilová: Čtvrtý ročník fyzikálního „Kalendáře“ aneb téměř 100 konceptuálních úloh pro učitele .....                                                 | 122 |
| Zdeňka Koupilová: Sady karet Různé? Stejně! využívají různé reprezentace .....                                                                               | 125 |
| František Lustig: Přehled vzdálených experimentů na platformě ISES a Arduino .....                                                                           | 128 |
| Pavel Masopust, Jiří Kohout: Experimenty s plovoucí zemí .....                                                                                               | 138 |
| Otakar Matouš, Jaroslav Reichl: Ukázky absolventských projektů .....                                                                                         | 147 |
| Julie Nekola Nováková, Pavla Federičová, David Hlaváček: „Fakt zábavnej ústav“: Otevřené vzdělávací a popularizační materiály Fyzikálního ústavu AV ČR ..... | 158 |
| Stanislav Panoš*, Hynek Němec*: Právítkový kanón .....                                                                                                       | 164 |
| Tereza Patlejchová, Josef Matějovský, Václav Šebelík: Vizualizace proudění kapalin .....                                                                     | 174 |

|                                                                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Karin Schmögnerová: Astrofyzika na dosah: Objevujeme vesmír digitálními nástroji .....                                 | 179 |
| Marek Scholz: Interaktivní sbírka a správce fyzikálních úloh.....                                                      | 185 |
| Martin Slavík, Pavlína Hejsková: Fyzika s ethanolovou raketou – dynamika hoření pomocí siloměrné plošiny Vernier ..... | 192 |
| Jiří Sýkora, Vojtěch David: Jak vypadá soustředění FYKOSu (a další akce pro středoškoláky).....                        | 197 |
| Jiří Sýkora: Výzvy Fyziklání Online ve věku umělé inteligence .....                                                    | 203 |
| Václav Šebelík: Výuka fyziky s aplikací Phyphox .....                                                                  | 209 |
| Hana Trhlíková: Vesmírná mise – ESA projekty .....                                                                     | 218 |
| Petr Vetiška: Výukové materiály o jaderné fúzi (překlad).....                                                          | 225 |
| Vladimír Vícha: Digitální kompetence ve fyzice nižšího gymnázia.....                                                   | 228 |
| Vladimír Vochozka: Vizualizace teplotního pole pomocí modelu evapografu.....                                           | 237 |
| Jitka Vysloužilová, Václav Šebelík: DIY rádio a reproduktor .....                                                      | 241 |
| Pavla Wegenkittlová, Šárka Votrubcová: Ze science centra do výuky .....                                                | 245 |
| Jakub Žoldák: Odhaňte fyziku cez displej: Experimenty v každém vrecku .....                                            | 248 |



## Úvod

Milé kolegyně, milí kolegové,

letos se zase urodilo! Přehlídkou naší sklizně byl jako tradičně *Veletrh nápadů učitelů fyziky*, který jsme si (*fyzikáři sobě navzájem*) společnými silami přichystali na samý konec srpna, tedy 29. až 31. 8. 2025. Po pěti letech se Veletrh vrátil opět do Prahy.

Letošní Veletrh snad nebyl ničím v zásadě výjimečným, což je v případě akcí, které probíhají dlouhodobě bez zádrhelů, lichotivá zpráva. Konal se v „nové“ budově *Matematicko-fyzikální fakulty Univerzity Karlovy* (MFF UK) v Praze–Troji, v pavilonu Impakt, který byl nový v roce 2020, při posledním pražském Veletrhu a který se tehdy pro pořádání naší akce osvědčil.

Vlastně ano, minimálně jedna věc výjimečná byla: Během úvodního bloku byla ve spolupráci *Nadačního fondu Matika Česku s Elixírem do škol a katedrou didaktiky fyziky MFF UK* předána ocenění učitelům, zejména matematiky a fyziky, kteří významně přispěli k tomu, že se některá jejich žákyně nebo jejich žák rozhodli studovat učitelství našich oborů. Jinými slovy: *Budu učit – díky Vám!*

Letošní Veletrh byl ještě něčím výjimečný, byl v pořadí 30. To už je bezpochyby období, které je možné bez nadsázky označit jako jedna celá generace. A protože většina z nás má kromě fyzikálního taky matematického ducha, nepřekvapí tvrzení, že úplně první Veletrh se konal v roce 1996, tedy před 29 lety. Kdo chce, může zavzpomínat, co ten rok dělal (pokud už mohl něco dělat), nebo dokonce, co od té doby všechno zažil. (Autor těchto řádků například v onom roce studoval na svém milém Akademickém gymnáziu ve Štěpánské ulici v Praze a ještě nevěděl, že půjde na Matfyz.)

Na letošní Veletrh se vypravilo 178 účastníků, kteří pronesli nebo byli přítomni 67 příspěvkům (zejména první číselný údaj berme jako odhad střední hodnoty a spíše dolní odhad). Jde o počty vysoké a i když jistě nejde o kvantitu, myslím, že platí, že potkat více milých tváří je zkrátka milejší.

Těšit jsme se tak opět mohli z běžných lidských setkání se známými i méně známými tvářemi, z fyzikálních nápadů různého druhu a ze vzájemného předávání energie (poněkud nevědecky, ale snad přiléhavěji „dolévání energie“). V tomto sborníku najdeme nápady, kterým jsme byli přítomni během letošního posledního srpnového víkendu (případně pátku) a které se jejich autoři rozhodli ve sborníku publikovat.

Přeju nám všem netrpělivé čtení, naopak trpělivé provádění fyzikálních experimentů, které tvořily a tvoří esenci Veletrhů, radostné výkřiky, kterými je budeme doprovázet ... a hlavně nadšené publikum na našich „fyzikálních scénách“, publikum, na které přeneseme aspoň část naší radosti!

Vojtěch Žák, katedra didaktiky fyziky MFF UK

# AI při práci učitele

Vít Boček

Gymnázium Evolution Sázavská

*V tomto příspěvku se zaměřuji na fungování AI chatbotů, zejména ChatGPT [1] a jejich využití ve výuce i při přípravě. Zvláštní pozornost věnuji tomu, jak lze pomocí těchto nástrojů snadno vytvářet HTML kód pro animace, applety či nástroje určené např. k úpravě obrázků.*

## Co je ChatGPT a co umí

ChatGPT je AI chatbot vyvinutý společností OpenAI zveřejněný koncem roku 2022. Ačkoli budeme uvádět příklady práce s ChatemGPT, existují také chatboti od konkurence, jako jsou: Gemini<sup>[2]</sup>, Claude<sup>[3]</sup>, nebo Le Chat<sup>[4]</sup>, kteří fungují podobně. Během několika let došlo k výraznému rozvoji schopností AI chatbotů a možností jejich využití. Primárně se jedná o práci s textem: ChatGPT dokáže generovat texty, překládat je, sumarizovat, měnit jejich styl, vést konverzaci, odpovídat na otázky, navrhnout postupy řešení a řešit i matematické, logické a jiné úlohy.

Dále je schopen formátovat text, vytvářet tabulky, psát speciální znaky či vizuálně strukturovaný obsah. Umožňuje export do souborů s příponami jako txt, docx, pptx, xlsx, pdf a umí také analyzovat obsah v těchto formátech. Je však třeba upozornit, že některé dokumenty – např. PDF nebo tabulky XLSX s diakritikou – mohou být pro model špatně čitelné, přestože se uživateli zobrazují korektně. V takových případech se mi osvědčilo vkládat dokumenty ve formě obrázku (screenshotu), který ChatGPT zpravidla přečte bez obtíží a navíc zohlední i vizuální stránku.

## Kontext a konverzace s chatbotem

Pro efektivní práci s AI chatboty je klíčové vytvářet kvalitní kontext. Rozlišuji tzv. „**tvrdý**“ kontext, tedy faktická data – a „**měkký**“ kontext, který vyjasňuje očekávání a požadavky. Uvedme příklad:

„Jsem učitel fyziky na základní škole a chci, aby moji studenti přemýšleli, dávali si věci do souvislostí a byli aktivní. Nechci jednotvárné hodiny – chci kreativně zkoušet různé aktivity. **Naplánuj** v základních bodech 45minutovou **hodinu fyziky** pro studenty šesté třídy základní školy, zaměřenou na elektřinu a magnetismus – konkrétně **na téma magnetické pole v okolí vodiče**. Už jsme probrali celý elektrický proud, a studenti už viděli pokus s elektromagnetem. Studentů je 28, většina z nich je bystrá, ale někteří potřebují věci vysvětlovat pomaleji a jednodušeji.“

Je zřejmé, že červená část je z hlediska samotného jazyka v pořádku a takovýto požadavek je pro chatbota snadno splnitelný. Umožňuje však velkou flexibilitu v odpovědích, což vede k výstupu, který nereflektuje potřeby učitele a situaci ve třídě. Čím větší kontext a čím více dat poskytneme, tím kvalitnější, užitečnější a relevantnější obsah chatbot vytvoří. Lze to shrnout okřídleným příslovím: *Jak se do lesa volá, tak se z lesa ozývá*, případně drsněji: *Na hloupou otázku hloupá odpověď*.

## Kontext a LLM

ChatGPT je založený na tzv. velkém jazykovém modelu (Large Language Model – LLM). Zjednodušeně řečeno, LLM generuje text (části slov – tokeny) na základě pravděpodobnosti výskytu slov v daném kontextu. Funguje podobně jako učitel, který začne hodinu větou:

„Dobrý \_\_\_\_, posadte \_\_\_\_. Dnes budeme \_\_\_\_ písemnou \_\_\_\_ na téma elektřina a \_\_\_\_\_. Až vám \_\_\_\_\_ zadání, nezapomeňte se nejprve \_\_\_\_\_. Má někdo nějaké \_\_\_\_\_? Pokud ne, můžete začít \_\_\_\_\_.“

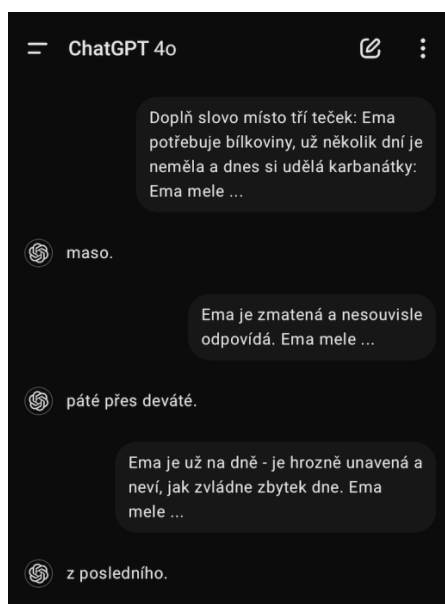
Ačkoliv není uvedeno zadání, na základě vizuální podoby textu a našich předchozích zkušeností s podobnými úlohami je zjevné, že úkolem je dosazení slov místo podtržíték.

Nyní se zaměříme na samotná slova k doplnění. Originální text zní:

„Dobrý den, posadte se. Dnes budeme psát písemnou práci na téma elektřina a magnetismus. Až vám rozdám zadání, nezapomeňte se nejprve podepsat. Má někdo nějaké otázky? Pokud ne, můžete začít psát.“

Doplnili jste slova stejně? To je v pořádku. Popsaná situace, logika a kontext textu příliš volnosti pro jiná slova neposkytují. Slova, která jste doplnili, vám v daném kontextu přišla nejpravděpodobnější a zároveň jsou správná – tedy text s nimi dává dobrý smysl.

Z toho plyne zásadní poučení: tvorba kontextu není jen praktickým doporučením, ale vychází přímo z principu, na kterém je technologie postavena.



Obr. 1. ChatGPT doplňuje konec věty na základě předchozího kontextu.

## „Přemýšlečící“ modely

Nejnovější verze chatbotů využívají tzv. „přemýšlečící modely“, které dosahují podstatně lepších výsledků než předchozí generace. Název „přemýšlečící“ je poněkud zavádějící, neboť evokuje mechanismus lidského přemýšlení. Podstatou procesu, který v chatbotovi běží, je však to, že si automaticky dovytvoří kontext, který mu při řešení problému pomůže dosáhnout lepšího výsledku. Jde o jakýsi „mezivýpočet“, který není součástí

odpovědi, ale je možné se k němu po rozkliknutí dostat a sledovat, jak proces funguje. Mezikrok občas obsahuje nesmyslné úryvky, které však zpravidla neovlivňují správnost výsledku.

Přemýšleci modely již dokážou bez velkých obtíží řešit úlohy např. z Matematické olympiády.

Jaká je souřadnice  $u_y$ , pokud spolu vektory svírají 45 stupňů?  $u = (1, u_y, -2)$  a  $v = (1, 5, 1/2)$

Zamýšlel se nad úhlem mezi vektory po dobu 47 s

Úhel 45° znamená  $\cos 45^\circ = \frac{1}{\sqrt{2}}$ . Z podmínky

$$\frac{\mathbf{u} \cdot \mathbf{v}}{\|\mathbf{u}\| \|\mathbf{v}\|} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

nejprve spočteme skalární součin  $\mathbf{u} \cdot \mathbf{v}$  a velikosti vektorů:

$$\mathbf{u} \cdot \mathbf{v} = (1)(1) + (u_y)(5) + (-2)\left(\frac{1}{2}\right) = 1 + 5u_y - 1 = 5u_y,$$

$$\|\mathbf{u}\| = \sqrt{1^2 + u_y^2 + (-2)^2} = \sqrt{u_y^2 + 5}, \quad \|\mathbf{v}\| = \sqrt{1^2 + 5^2 + \left(\frac{1}{2}\right)^2} = \sqrt{26,25}.$$

Dosaďme do rovnice pro kosinus úhlu:

$$\frac{5u_y}{\sqrt{u_y^2 + 5} \sqrt{26,25}} = \frac{1}{\sqrt{2}}.$$

Po algebraických úpravách a umocnění vyjde

$$u_y^2 = \frac{105}{19},$$

tedy

$$u_y = \pm \sqrt{\frac{105}{19}} \approx \pm 2,35.$$

Představ si výpočet sklonu 函数  $u \cdot v$ .

**Výpočet období a posun**

Zjistil jsem, že semifinálové období je 240 minut na základě měsíční oběžné rychlosti 3900 km/h a poloměru Země 6371 km. Počet salonků na Hradčanském náměstí je odhadován na 36 000.

**Algebraické úpravy**

Po provedení algebraických kroků jsem dospěl k  $u_y = \pm \sqrt{\frac{105}{19}}$  nebo přibližně  $u_y \approx \pm 2,3518$ .

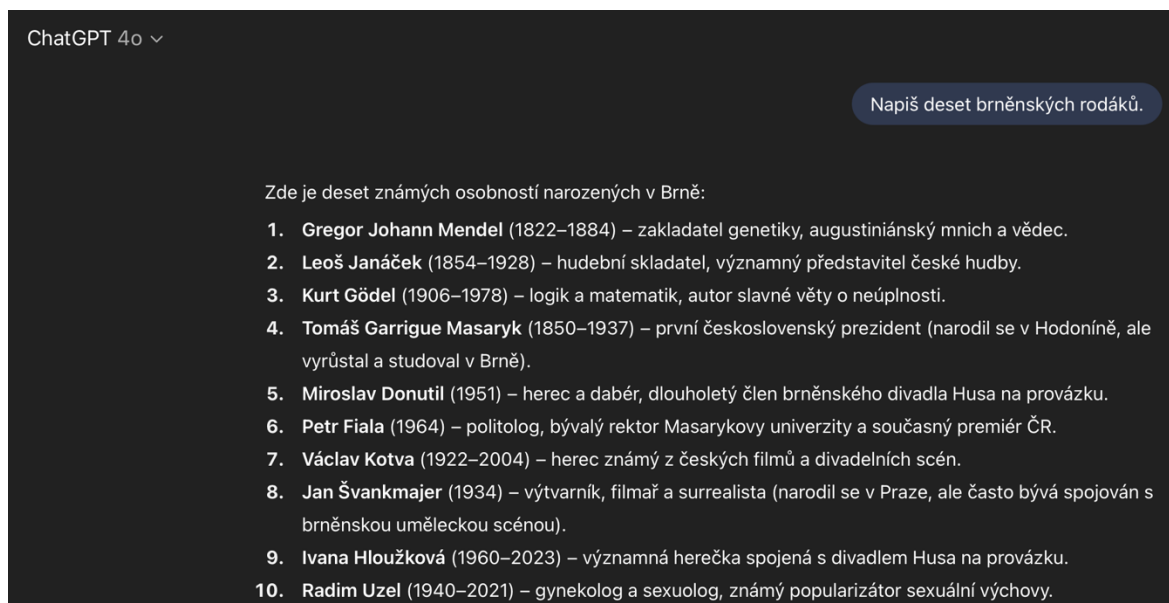
**Zkoumání možnosti**

Při řešení úhlu 45 stupňů je třeba zohlednit oba kvadranty, což vede k symetrickým záporným hodnotám  $u_y$ .

Obr. 2. ChatGPT „přemýšlí“ a uvádí při tom nesouvisející úvahy.

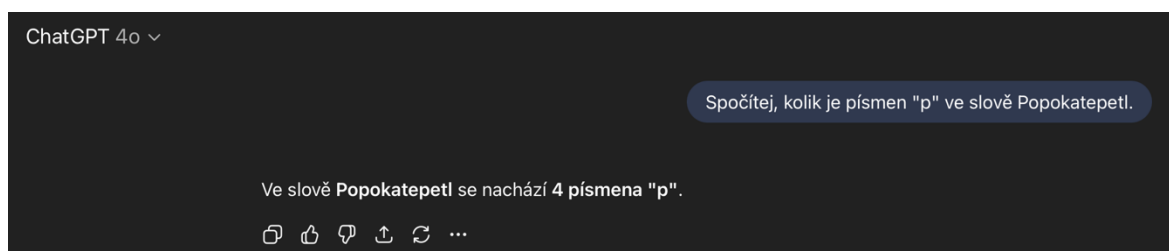
### Co AI chatboti (zatím) neumí?

Chatboti občas naráží na překvapivé limity. Uvedme dva příklady: „Napiš deset brněnských rodáků“. ChatGPT (ve verzi 4o) takový úkol na první pohled zvládne a napíše deset osobností s jejich stručným medailonkem. Při bližším zkoumání však dojdeme k závěru, že někteří rodáci nejsou narozeni v Brně. Lze však dovodit, že s Brnem spojeni jsou, ale nikoliv jako s rodištěm, ale jako s působištěm. To je logické – data, na kterých byl model trénovaný zmiňují osobnost ve spojitosti s městem tak často, že „usoudí“, že se tam daný člověk pravděpodobně narodil.



Obr. 3. ChatGPT nezná brněnské rodáky.

Další úkol zní: „Spočítej, kolik je písmen p ve slově Popokatepetl“. ChatGPT (ve verzi 4o) většinou odpoví špatně. Pro nás je takový úkol velmi jednoduchý, ale chatbot, text nečte jako řetězec jednotlivých znaků, ale jako sekvenci tokenů, a neumí spolehlivě počítat znaky.



Obr. 4. ChatGPT neumí počítat písmena.

Tyto chyby neznamenají, že je chatbot „hloupý“, ale že funguje jinak než lidské myšlení. Při zadávání úkolu je třeba zohlednit, jakým způsobem model pracuje a k čemu byl trénován. Stačí si uvědomit s čím chatbot může nejspíš dobře posloužit a s čím ne a zda byl model natrénován na dostatku kvalitních dat z dané oblasti.

Je to podobné jako když potřebujeme v bytě nové elektrické rozvody a výměnu vodovodních trubek. K obojímu je potřeba řemeslník, ale jednou je to elektrikář a podruhé instalatér. Také nebudeme nutit instalatéra k práci s elektřinou a elektrikáře řešit vodovody, protože víme, že každý umí něco jiného.

### ChatGPT a kód

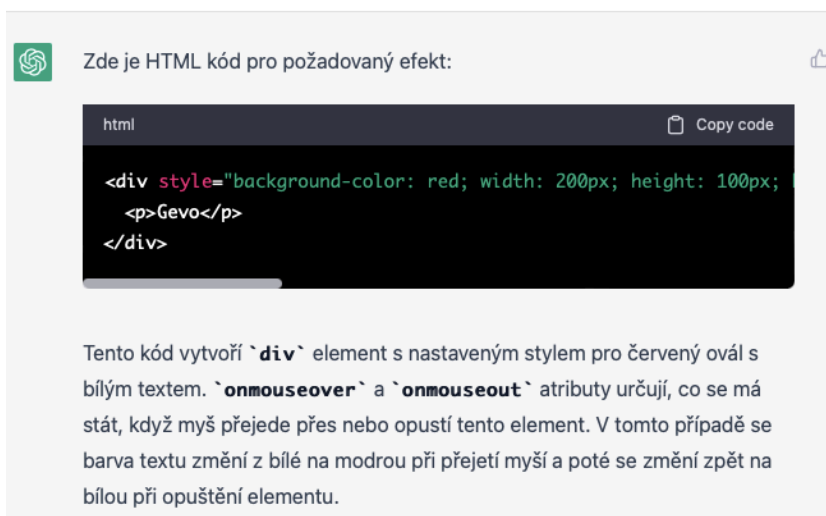
Kromě práce s textem zvládají moderní AI chatboti i psaní programovacího kódu. Pro učitele fyziky a matematiky jsou obzvláště užitečné jazyky jako HTML (pro interaktivní vizualizace) a LaTeX (pro kvalitní typografické zpracování textů).

HTML dnes umožňuje psaní pokročilých programů, které lze spouštět přímo v prohlížeči a nezávisle na platformě. ChatGPT je schopen generovat funkční HTML kód, který může zahrnovat i práci s hardwarem (mikrofon, reproduktor apod.).

Zásadní posun nastal i v uživatelském prostředí. V roce 2022 bylo nutné kód ručně kopírovat a testovat jinde. Dnes (v září 2025) lze v prostředí Pracovní plocha (anglicky Canvas) kód nejen generovat, ale i spustit, upravit a stáhnout jako funkční soubor.

V praxi je možné pomocí ChatGPT vytvořit např. animace, appletové nástroje, časovače, editory obrázků a další pomůcky přizpůsobené konkrétním potřebám výuky.

VI. Napiš HTML kód, který bude obsahovat velký bílý nápis "Gevo" ve středu červeného oválu s červeným pozadím. Text bude měnit barvu na modrou po přejetí myši.



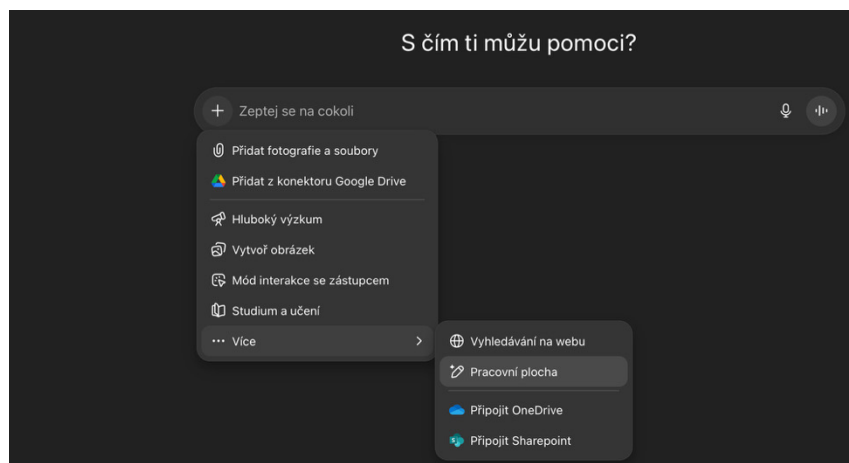
Obr. 5. HTML kód v ChatuGPT v roce 2022.



Obr. 6. HTML kód v ChatuGPT v roce 2022 (výstup).

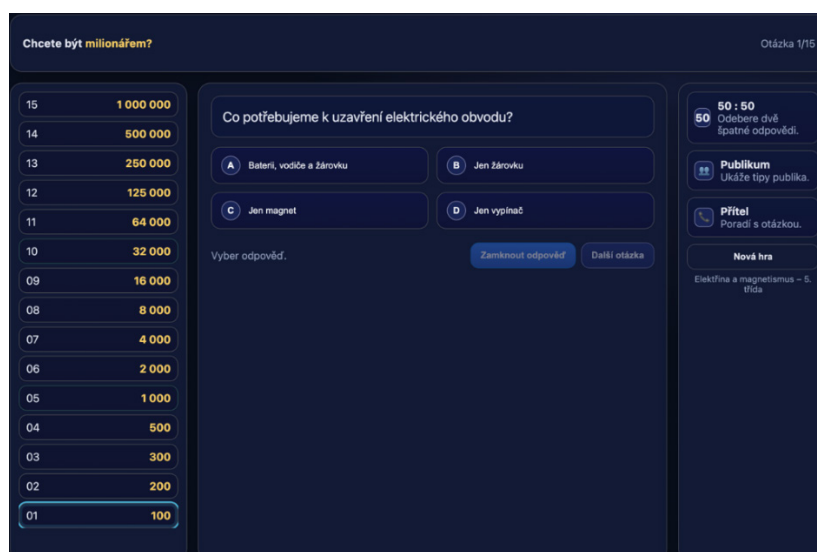
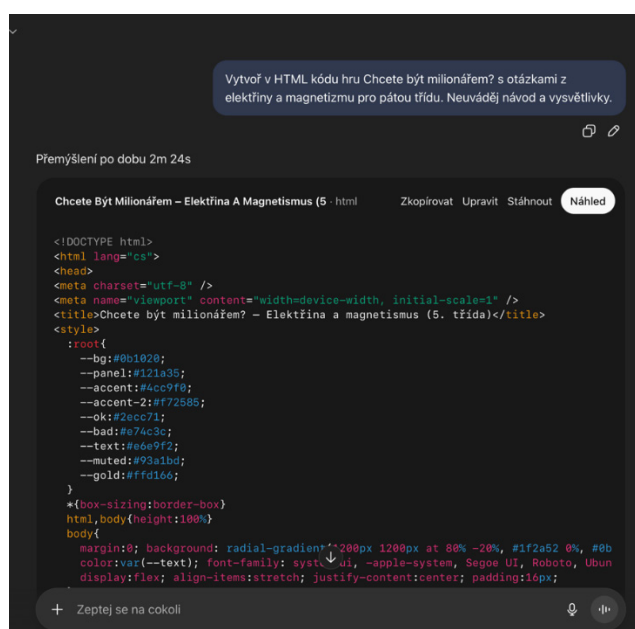
Do prostředí Pracovní plochy se lze dostat přes tlačítko „+“ vybrat „Pracovní plochu“. Pro nejlepší výsledek je vhodné používat placenou verzi a vlevo nahoře vybrat „Přemýšlečnický model“.

Je však třeba mít na paměti, že stejné zadání může u různých uživatelů vést k odlišným výstupům – vliv mají např. použitá verze modelu nebo historie konverzace. Je proto vhodné klást důraz na obsah a logickou přesnost promptu, nikoliv na jeho podobnost s jinými příklady.



Obr. 7. Mód Pracovní plochy pro psaní kódu v ChatuGPT.

### Příklady HTML kódů: 1) Chcete být milionářem?



Uvedené otázky jsou automaticky vygenerovány ChatemGPT. Vlastní otázky je možné nahrát do chatu a popsat, že mají nahradit otázky původní. Také je možné nahrát např. písemnou práci nebo přípravy a popsat, že na jejich základě by měly být vytvořeny nové otázky.

## 2) Generátor zvukových frekvencí

Vytvoř pomocí HTML kódu generátor zvukových frekvencí. Chci si nastavovat libovolné frekvence a měnit tvar sinusoidy. Zobraz také osciloskop se statickou vlnou odpovídající dané frekvenci.

Přemýšlení po dobu 1m 16s

Generátor Frekvencí + Osciloskop (html) · html Zkopírovat Upravit Stáhnout Náhled

```
<!DOCTYPE html>
<html lang="cs">
<head>
  <meta charset="UTF-8" />
  <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1" />
  <title>Generátor zvukových frekvencí + statický osciloskop</title>
  <style>
    :root{
      --bg: #0f172a; /* slate-900 */
      --panel: #111827; /* gray-900 */
      --muted: #64748b; /* slate-500 */
      --text: #e5e7eb; /* gray-200 */
      --accent: #38bdf8; /* sky-400 */
      --accent-2: #a78bfa; /* violet-400 */
      --ok: #34d399; /* emerald-400 */
      --warn: #f59e0b; /* amber-500 */
      --danger: #f43f5e; /* rose-500 */
      --border: #1f2937; /* gray-800 */
    }
    @media (prefers-color-scheme: light) {
      :root{
        --bg: #f8fafc;
        --panel: #ffffff;
```

+ Zepete se na cokoli

### Generátor zvukových frekvencí

Nastavte libovolnou frekvenci, zvolte tvar vlny a sledujte **statický osciloskop** s ideálním průběhem pro dané parametry. Funguje lokálně v prohlížeči (Web Audio API).

**Frekvence**

Frekvence [Hz]

440 A4 Reset

Frekvenční posuvník (logaritmický rozsah 20–20 000 Hz)

**Tvar & zkrselení**

Tvar vlny

Sinus

Deformace (saturace)

0 = čistý průběh 100 = silně zkrselený / „hranatý“

**Hlasitost & přehrávání**

Hlasitost

Spustit Zastavit Ztlumit

**Osciloskop**

Časové okno osciloskopu [ms]

1 ms 10 ms 50 ms Uložit PNG

Mřížka je škálována podle zvoleného časového okna. Zobrazený průběh je ideální pro danou frekvenci, tvar a zkrselení.

f = 440.00 Hz  
okno = 10 ms

2 ms 4 ms 6 ms 8 ms

tvar: sinus  
zkrselení: 0%

Tip: číslo frekvence lze psát ručně (např. 261.63 pro C4).



### 3) Applet pro paprskovou optiku

ChatGPT 5 Thinking ▾

Vytvoř pomocí HTML kódu program pro demonstraci experimentů z paprskové optiky. Chci ukázat průchod paprsků spojkou a rozptylkou a odraz od dutého a vypuklého parabolického zrcadla.

Přemýšlení po dobu 1m 23s

Paprsková Optika – Čočky A Parabolická Zrcadla (html) · html Zkopírovat Upravit Stáhnout **Náhled**

```
<!DOCTYPE html>
<html lang="cs">
<head>
  <meta charset="UTF-8" />
  <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0" />
  <title>Paprsková optika – čočky a parabolická zrcadla</title>
</head>
<style>
  :root{
    --bg:#0f172a; /* slate-900 */
    --panel:#111827; /* gray-900 */
    --muted:#94a3b8; /* slate-400 */
    --text:#e5e7eb; /* gray-200 */
    --accent:#38bdf8; /* sky-400 */
    --accent2:#34d399; /* emerald-400 */
    --warn:#f59e0b; /* amber-500 */
    --danger:#fb7185; /* rose-400 */
  }
  *{box-sizing:border-box}
  body{
    margin:0; background:var(--bg); color:var(--text); font:16px/1.4 system-ui, Seg
  }
  header{display:flex;align-items:center;gap:12px;padding:14px 18px;border-bottom:
  header h1{font-size:18px;margin:0;font-weight:700;letter-spacing:.2px}

```

+ Zeptej se na cokoli

Paprsková optika – čočky (spojka/rozptylka) a parabolická zrcadla (duté/vypuklé) (interaktivní simulátor · export do PNG)

Režim  
Čočka

Nastavení čočky  
Typ čočky  
Spojka (konvexní)

Ohnisková vzdálenost  $f$  [px]  
120

Vzdálenost předmětu  $s$  [px] (vlevo od čočky)  
220

Výška předmětu  $h$  [px]  
80

Počet paprsků  
9

Apertura čočky [px] (průměr)  
220

☒ Zobrazit hlavní (konstrukční) paprsky

**Uložit scénu jako PNG**

Tip: Použijte kolečko myši pro přibližní/oddálení (Ctrl + kolečko = jemně), tažením posouváte scénu.

— paprsky před interakcí  
— paprsky po interakci  
— virtuální prodloužení  
— předmět / obraz

#### 4) Simulace dvouštěrbínového experimentu

ChatGPT 5 Thinking ▾

Vytvoř pomocí HTML kódu applet, ve kterém bude znázorněn dvoušterbinový experiment. Na stínítku bude zůstat stopa po dopadlých částicích a obrázek spolu s nastavenými parametry půjde uložit jako PNG. Chci měnit počet vystřelených částic, a další základní parametry. Také chci, aby applet znázorňoval reálné uspořádání experimentu.

Přemýšlení po dobu 49s

Dvoušterbinový Experiment – Interaktivní Html Applet · html [Zkopírovat](#) [Upravit](#) [Stáhnout](#) [Náhled](#)

```
<!DOCTYPE html>
<html lang="cs">
<head>
  <meta charset="utf-8" />
  <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1" />
  <title>Dvoušterbinový experiment – interaktivní applet</title>
<style>
  :root{
    --bg:#0f1220; --panel:#161a2b; --ink:#e8ecff; --muted:#a0a8d3; --accent:#6ea8f;
    --border: #273054;
  }
  *(box-sizing:border-box)
  body{margin:0; font-family:system-ui,-apple-system,Segoe UI,Roboto,Ubuntu,Inter,
  header{padding:18px 20px; border-bottom:1px solid var(--border); background:linear
  header h1{margin:0;font-size:20px;font-weight:700}
  header p{margin:6px 0 0 0; color:var(--muted); font-size:13px}
  main{display:grid; grid-template-columns: 360px 1fr; gap:16px; padding:16px}
  .panel{background:var(--panel); border:1px solid var(--border); border-radius:14
  fieldset{border:1px dashed var(--border); border-radius:10px; margin:0 0 12px 0;
```

+ Zeptej se na cokoli 🔊 🗨

## Dvouštěrinový experiment – interaktivní applet

Realistické uspořádání (zdroj → clona se dvěma štěrbinami → stínítko), akumulace zásahů částic a uložení výsledného obrázku včetně nastavení jako PNG.

### Emise částic

Počet částic na dávku

 20000
 

☐ Automatický režim

Rychlost auto (částic/s)

 2000
 

**Vystřelit dávku**

**Vynulovat stínítko**

---

### Fyzikální parametry (SI)

Délka vlny  $\lambda$  [nm]

Šířka štěrbin  $a$  (každé) [ $\mu\text{m}$ ]

Vzdálenost středů štěrbin  $d$  [ $\mu\text{m}$ ]

Vzdálenost clon → stínítko  $L$  [m]

Vzdálenost zdroj → clona [m]

Šířka stínítka (zobrazená) [cm]

☐ Sledování dráhy (ruší interferenci)

---

### Export & info

**Uložit PNG (scéna + parametry)**

**Uložit jen stínítko PNG**

$\lambda = 650 \text{ nm}$   
 Zrnt rychlost  $v = 100 \text{ m/s}$   
 Clona-receptura  $L = 2,00 \text{ m}$   
 Šířka stínítka  $= 10,0 \text{ cm}$

Kulturní zdroj → interferenční přístava

### 5) Applet pro simulaci vrhů

Vytvoř HTML animaci vrhů těles s volbou úhlu, rychlosti, výšky (chci, aby bylo při nastavování vidět, jak se počátek znázorněný tečkou, posunuje), tíhového zrychlení a prostředí (vakuum, vzduch, vlastní koeficient). Všechny parametry chci nastavovat pomocí hodnot i pomocí šoupátek. V reálném čase znázorní šipkami vektor rychlosti a jeho x-ové a y-ové složky s možností nastavení velikosti šipek. Chci možnost zoomovat, posouvat graf a pozastavit vrh. Pro start, pozastavení a přidání dalšího vrhu chci jedno tlačítko (Start/Pozastavit/Další vrh). Tlačítko se před vrhem bude jmenovat Start, během vrhu Pozastavit a po dopadu Další vrh. Chci možnost zobrazit více trajektorií najednou a vybírat si jednotlivé trajektorie. Chci tlačítko pro celkový reset a možnost nastavení plynutí času během vrhu.



## 6) Editor obrázků

Vytvoř pomocí HTML jednoduchý editor fotografií, který bude umět oříznout fotografii, zkomprimovat ji, změnit její velikost (obojí pomocí procent se šoupátky) a uložit ji v JPG, nebo PNG. V náhledu (zachovej poměr stran a u náhledu zobrazuj reálnou velikost - vzor může být zmenšený, aby se vše vešlo na obrazovku) chci po kliknutí na "Applikovat změny" vidět všechny provedené úpravy. Vzorová fotka a náhled budou vedle sebe. Uveď parametry vstupní i výstupní fotografie. Nepiš návod a vysvětlivky.

Přemýšlení po dobu 3m 34s

Html – Jednoduchý Editor Fotografií (ořez, Komprese, Změna Ve Zkopírovat Upravit Stáhnout Náhled)

```
<!DOCTYPE html>
<html lang="cs">
<head>
<meta charset="utf-8" />
<meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1" />
<title>Jednoduchý editor fotografií</title>
<style>
:root{
  --bg:#0f1115;--panel:#171a21;--muted:#2a2f3a;--acc:#6dd3fb;--text:#e7ecf3;--sub:
}
*{box-sizing:border-box}
html,body{height:100%}
body{margin:0;font-family:Inter,system-ui,Segoe UI,Roboto,Helvetica,Arial,sans-ser
h1{font-size:clamp(18px,2.4vw,28px);margin:0 0 10px 0}
.wrap{max-width:1500px;margin:0 auto;padding:16px}
.bar{display:flex;flex-wrap:wrap;gap:12px;align-items:center;background:var(--pane
.bar .group{display:flex;align-items:center;gap:10px;background:rgba(255,255,255,0
```

+ Zeptej se na cokoli

**Jednoduchý editor fotografií**

Vstup: **Nalíst obrázek** **Vzorová fotka** Velikost [%]  Kompresní kvalita (JPG) [%]  Formát: **JPG**

**Reset** **Applikovat změny** **Vložit**

**VZOR (S OŘEZEM)**



Soubor: ChatGPT Image 18\_7\_2025 10\_01\_46.png Image/png  
 Rozměry: 1024 x 1536 px poměr 2:3 (0.6667)  
 Velikost: 2.38 MB  
 Ořez (px): 0 x 0 x 825 x 1378  
 Ořez (%): 80.57% x 89.71%

**NÁHLED VÝSTUPU (1:1)**



Formát: **JPG**  
 Rozměry: **355 x 593 px** poměr 355:593 (0.5987)  
 Velikost: 22.4 KB  
 Kompresní kvalita: 78%



## 7) Simulace atomového výbuchu

ChatGPT 5 Thinking ▾

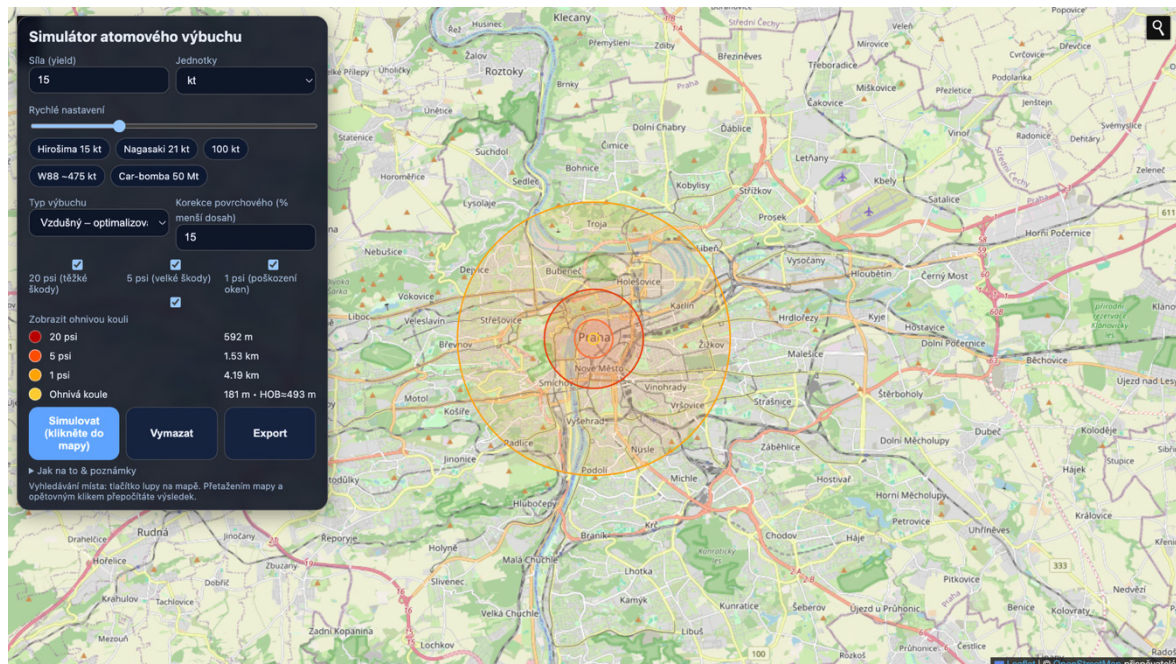
Vytvoř pomocí HTML kódu program, který bude simulovat atomový výbuch různých silných bomb na reálné mapě.

Přemýšlení po dobu 2m 7s

Simulátor Atomového Výbuchu Na Mapě (html) - html Zkopírovat Upravit Stáhnout Náhled

```
<!DOCTYPE html>
<html lang="cs">
<head>
  <meta charset="utf-8" />
  <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1" />
  <title>Simulátor atomového výbuchu – mapa</title>
  <!-- Leaflet -->
  <link
    rel="stylesheet"
    href="https://unpkg.com/leaflet@1.9.4/dist/leaflet.css"
    integrity="sha256-p4NxAoJBhIIN+hmNHrzRCf9tD/miZYoHS5obTRR9BMY="
    crossorigin=""
  />
  <script
    src="https://unpkg.com/leaflet@1.9.4/dist/leaflet.js"
    integrity="sha256-20nQCchB9co0qIjJZRGuk2/Z9VM+kNiyxNV1vTlZBo="
    crossorigin=""
  ></script>
  <!-- Geocoder (Nominatim) -->
  <link
    rel="stylesheet"
    href="https://unpkg.com/leaflet-control-geocoder/dist/Control.Geocoder.css"
  />
  <script src="https://unpkg.com/leaflet-control-geocoder/dist/Control.Geocoder.js">
</script>
```

+ Zeptej se na cokoli 🔊 🔇



## 8) Spektrální analýza

ChatGPT 5 Thinking ▾

Vytvoř pomocí HTML kódu program na spektrální analýzu zvuku z mikrofonu.

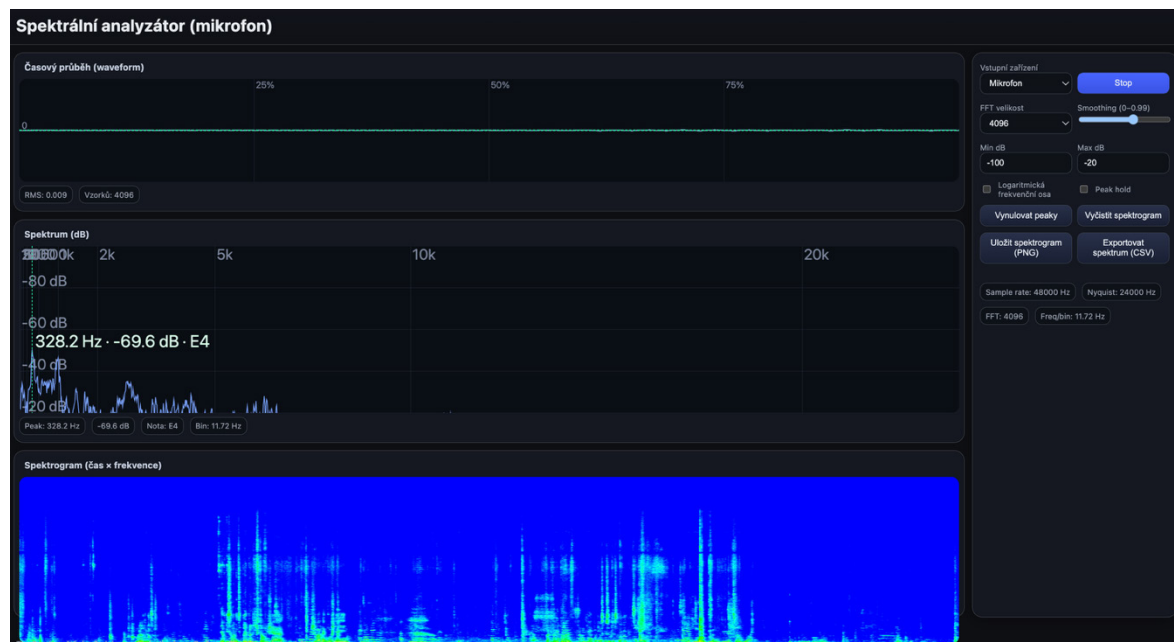
Přemýšlení po dobu 25s

Spektrální Analyzátor Z Mikrofonu – Html/js · html Zkopírovat Upravit Stáhnout Náhled

```

<!DOCTYPE html>
<html lang="cs">
<head>
  <meta charset="utf-8" />
  <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1" />
  <title>Spektrální analyzátor (mikrofon)</title>
  <style>
    :root{
      --bg:#0e0f12; --panel:#151821; --ink:#e8ecf1; --muted:#9aa3b2; --accent:#7aa2f
      --grid:#2a2f3a; --line:#cfd7ff;
    }
    *{box-sizing:border-box}
    html,body{height:100%}
    body{
      margin:0; font-family:system-ui,-apple-system,Segoe UI,Roboto,Ubuntu,Cantarell
      background:var(--bg); color:var(--ink); display:flex; flex-direction:column; g
    }
    header{padding:14px 16px; background:linear-gradient(180deg,#12141b,#0f1117); bo
    h1{margin:0; font-size:clamp(18px,2.2vw,26px); font-weight:700; letter-spacing:.
    .container{display:grid; grid-template-columns:1fr 320px; gap:12px; padding:0 12
    @media (max-width: 1000px){.container{grid-template-columns:1fr}}
    .panel{
      background:var(--panel); border:1px solid #222836; border-radius:16px; padding
  
```

+ Zepete se na cokoli



## Závěr

ChatGPT a další AI chatboti se během tří let stali vysoce výkonnými nástroji, které mohou výrazně obohatit práci učitele – od plánování výuky a tvorby pracovních listů až po automatizaci rutinních činností. Zásadním posunem oproti minulosti je schopnost generovat kvalitní programovací kód, především v jazyce HTML, který umožňuje vytvářet interaktivní a vizuálně atraktivní výukové nástroje.

HTML dnes neslouží pouze ke konstrukci webových stránek, ale představuje univerzální platformu pro tvorbu vlastních výukových pomůcek – animací, interaktivních simulací, appletů, jednoduchých her, edukačních nástrojů nebo ovládacích panelů. Tyto nástroje lze spouštět přímo v prohlížeči bez nutnosti instalace jakéhokoli software, a navíc fungují napříč operačními systémy i zařízeními. Díky prostředí jako je Pracovní plocha lze HTML kód snadno generovat, upravovat a testovat přímo v rozhraní chatbota.

Pro učitele přírodovědných a technických předmětů tak AI chatboti představují přístupný způsob, jak si bez hlubších znalostí programování vytvářet vlastní digitální pomůcky na míru. Umožňují učitelům stát se nejen tvůrcem výuky, ale i autorem vlastních interaktivních nástrojů, které lze okamžitě integrovat do výukového procesu.

## Literatura

- [1] OpenAI, *ChatGPT*. Dostupné online: <https://chatgpt.com/>
- [2] Google, *Gemini*. Dostupné online: <https://gemini.google.com/>
- [3] Anthropic, *Claude*, Dostupné online: <https://claude.ai/>
- [4] Mistral, *Le Chat*, Dostupné online: <https://chat.mistral.ai>
- [5] Koubský, Petr, *Umělá inteligence: příslib i hrozba (MFF-PMF 18.1.2024)*. Dostupné online: <https://www.youtube.com/watch?v=LwJYjkctdyU>
- [6] Romportl, Jan, *Na volné noze #2 – Jan Romportl*. Dostupné online: <https://www.youtube.com/watch?v=jQKjfnEBWOI>

# Co jsem se naučil o volném pádu

Pavel Böhlm

Katedra didaktiky fyziky MFF UK & Edufor

## Abstrakt

*Příspěvek ukazuje, jak lze pomocí sonaru jednoduše a názorně měřit pohyb padajících těles. Popisuje praktické tipy k provádění měření a představuje několik experimentů vhodných pro výuku fyziky na různých úrovních – od kvalitativního pozorování až po kvantitativní analýzu. Zvláštní pozornost je věnována vlivu odporu vzduchu, vztlaku a přidané hmotnosti na pohyb míče při pádu.*

## Jak měřit pohyb padajících těles pomocí sonaru

Sonar [1] měří vzdálenost od nejbližší překážky a software [2] z těchto dat vykresluje graf polohy v čase. Současně může dopočítávat okamžitou rychlost a zrychlení. Typickými experimenty se sonarem jsou kmitání závaží na pružině [3] a studium pádu těles [4].

Sonar jsme pomocí malířské lepicí pásky upevnili k prknu položenému na skříní a zatíženému balíkem kancelářských papírů (obr. 1).



Obr. 1. Umístění sonaru ve výšce cca 2 metry nad zemí.

## Několik tipů pro měření

1. Po umístění sonaru udělejte přímo pod sonarem na zemi značku (třeba pomocí kousku malířské lepicí pásky). Můžete využít olovnici nebo požádat o pomoc druhou osobu, která zkontroluje správné pozicování značky vůči sonaru postupně v obou vodorovných osách. Značka pomůže nastavit správnou počáteční pozici míče před jeho upuštěním.



2. Velké nafukovací míče nebývají dokonale symetrické, což způsobuje, že mají jen jednu stabilní polohu – pokud se pokusíte položit je na podlahu v jiné poloze, budou se převalovat do té stabilní. Proto nechte nejprve míč samovolně nalézt svou stabilní polohu a na jeho vršku si pak udělejte značku. Míč pokládejte na zem vždy značkou nahoru. I do pádu pouštějte míč vždy značkou nahoru, omezíte tím nežádoucí odskakování míče do stran.
3. Sonar může mít u velmi malých těles potíže s jejich zaznamenáním, protože odraz ultrazvuku od malé plochy je příliš slabý. V případě potíží použijte větší těleso.
4. Před měřením položte zkoumané těleso pod sonar (na značku) a v softwaru proveďte nulování a obrácení směru osy. Tím způsobíte, že při pohybu vzhůru se do grafu bude zaznamenávat vzrůstající hodnota od nuly až po maximální dosaženou výšku, ačkoliv reálně sonar při pohybu vzhůru měří klesající vzdálenost mezi tělesem a sonarem.
5. Před zahájením měření nedávejte měřené těleso až těsně k sonaru, protože tento senzor nedokáže zaznamenávat libovolně nízké hodnoty. Nechte mezi sonarem a tělesem asi 25 cm volného místa.

### Příklady experimentů pro studium pádů

Jednotlivé náměty jsou podrobněji rozvedeny v [4], zde udělám jen stručný přehled. Konkrétní měření se dají se žáky analyzovat do různé hloubky podle jejich schopností, motivace a také v závislosti na času, který tomu chcete věnovat. Lze postupovat od pozorování a kvalitativního vyhodnocení až po podrobnou analýzu a matematizaci.

#### Experiment 1 – pád s výrazným odporem vzduchu

Volný pád je pohyb tělesa, na které působí pouze gravitační síla a žádné jiné síly (například odpor vzduchu). V takovém případě je pohyb rovnoměrně zrychlený ( $a = 9,8 \text{ m/s}^2$ ).

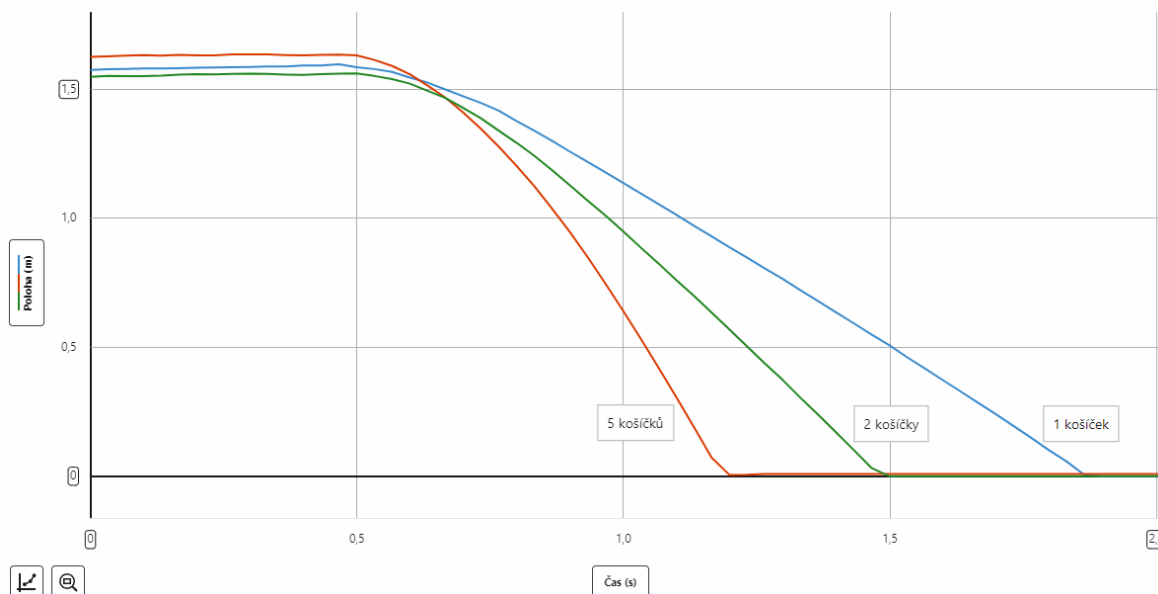
Odporová síla je síla, která působí proti pohybu tělesa v kapalině nebo plynu, například ve vzduchu. Čím je těleso rychlejší, tím větší je odporová síla, která na něj působí. Při pádu na začátku převažuje gravitační síla a těleso zrychluje. Jak roste rychlost, odporová síla se postupně zvětšuje, až se vyrovná gravitační síle. V tu chvíli přestane těleso dále zrychlovat a padá stálou rychlostí. Tuto rychlost označujeme jako *terminální rychlost*.

Pokud vedle sebe padají dvě tělesa stejného tvaru a velikosti, která se liší pouze svou hmotností, dosáhne těžší těleso vyšší terminální rychlosti. To se dá názorně demonstrovat pomocí košíčků na muffiny (obr. 2). Košíčky se do sebe dají vkládat, takže lze snadno vyrobit dvě tělesa prakticky stejných rozměrů a tvarů, která se ale liší svou hmotností.



Obr. 2. Košíček na muffiny.

Grafy na obr. 3 zachycují časovou závislost výšky při padání muffinových košíčků. Modrá křivka odpovídá pádu 1 košíčku, zelená 2 košíčků a červená 5 košíčků. Je vidět, že terminální rychlosti dosáhly košíčky krátce po upuštění (šikmé rovné čáry v grafu), přičemž čím více košíčků do sebe bylo vloženo, tím vyšší byla terminální rychlost a tím dříve košíček dopadl na zem.

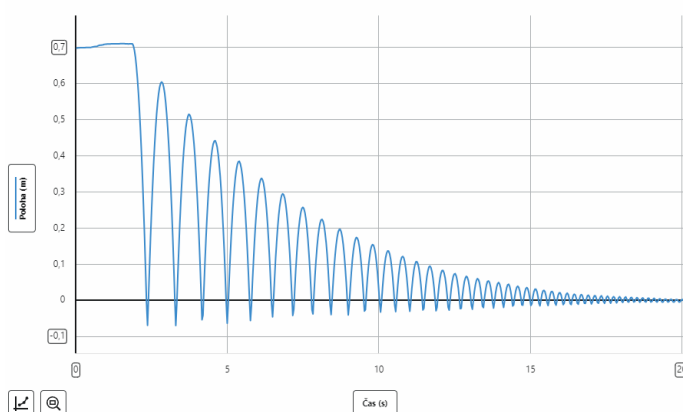


Obr. 3. Časová závislost výšky při pádu muffinových košíčků.

## Experiment 2 – ztráty energie skákajícího míče

Pokud je míč upuštěn z výšky a skáče na místě, lze v grafu časové závislosti výšky pozorovat postupné exponenciální snižování výšky, do které míč doletí po jednotlivých odrazech (obr. 4).

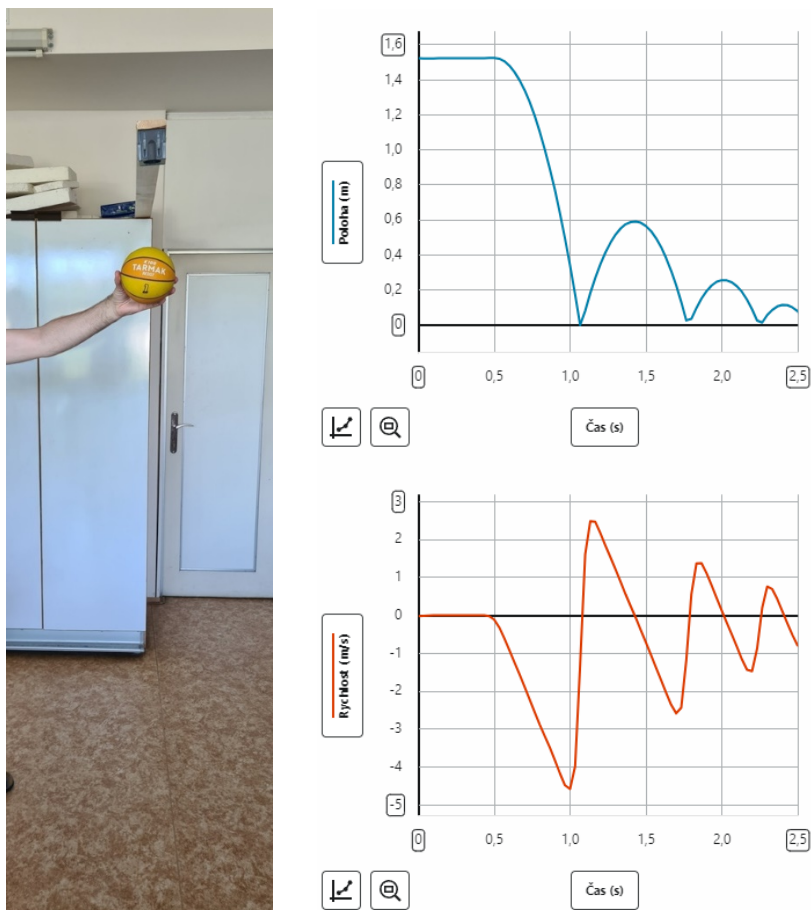
Můžete se žáky vyzkoušet různé míče a také prozkoumat, jak ovlivní míra nafouknutí míče tzv. *koeficient restituace* (číslo vyjadřující podíl rychlosti míče po odrazu a před ním).



Obr. 4. Časová závislost výšky při skákání míče na místě.

### Experiment 3 – poloha a rychlost skákajícího míče

V softwaru pro zpracování naměřených dat lze pod sebe vykreslit graf časové závislosti výšky (na obr. 5 modře) a graf časové závislosti rychlosti (na obr. 5 červeně). Žáci pak názorně vidí, jak se rychlost téměř skokem při odrazu změní a také že po celou dobu letu míče (směrem nahoru i směrem dolů) se rychlost mění lineárně z kladných hodnot přes nulu (v bodě obratu) až po záporné hodnoty. Protože jsou grafem rychlosti (až na odrazy) přímky, je zrychlení po celou dobu letu konstantní – to je pro mnohé žáky překvapivé.



Obr. 5. Nechali jsme pod sonarem skákat malý basketbalový míč. V grafu je modře časová závislost výšky, červeně časová závislost rychlosti.

### Experiment 4 – zrychlení skákajícího míče

V softwaru pro zpracování dat [2] lze po naměření zjistit velikost zrychlení během letu míče, a to hned několika různými metodami:

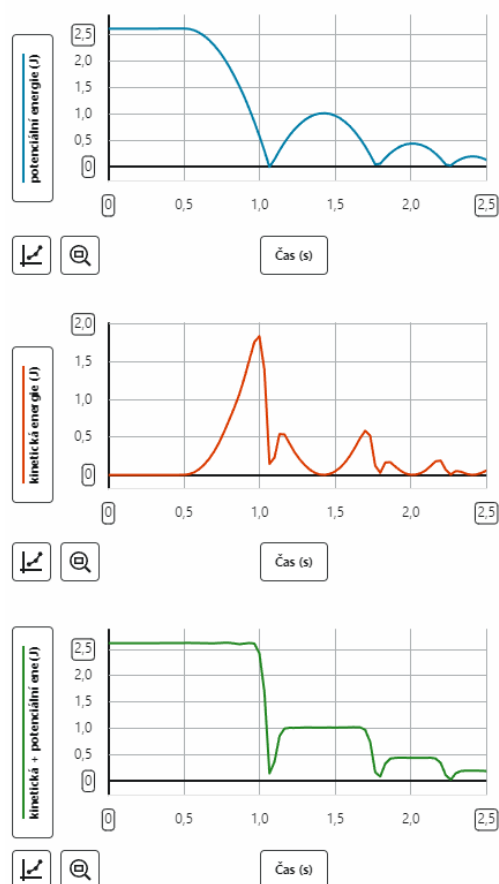
1. Proložením přímky v grafu časové závislosti rychlosti. Směrnice přímky v našem měření s malým basketbalovým míčem vyšla  $-9,7 \text{ m/s}^2$ .
2. Proložením paraboly v grafu časové závislosti výšky. Koeficient u kvadratického členu vyšel  $-4,85$ , což opět odpovídá zrychlení  $-9,7 \text{ m/s}^2$ .
3. Přímým zobrazením grafu zrychlení – v softwaru stačí kliknout na název svislé osy a v menu vybrat veličinu *zrychlení*. Zrychlení sonar přímo neměří, je dopočítáváno numericky ze změn polohy. I v tomto případě vyšlo zrychlení  $-9,7 \text{ m/s}^2$ .

## Experiment 5 – kinetická a potenciální energie skákajícího míče

Software [2] umí i ve své neplacené verzi vytvářet nové veličiny, které dopočítává z naměřených hodnot. Zvážíli jsme proto míč a zavedli tři nové dopočítávané veličiny:

4. Kinetickou energii ( $0,5 \times \text{hmotnost} \times \text{kvadrát okamžité rychlosti}$ )
5. Potenciální energii ( $\text{hmotnost} \times \text{tíhové zrychlení} \times \text{výška}$ )
6. Součet kinetické a potenciální energie

Na obr. 6 jsou pod sebou tři příslušné grafy. Z třetího (zeleného) grafu je vidět, že během letu míče je součet kinetické a potenciální energie konstantní. Jedna forma energie se plynule přeměňuje v druhou. Při odrazu náhle součet kinetické a potenciální energie poklesne a po odrazu je menší než před odrazem. To může být dobrá problémová úloha pro žáky. Vysvětlení spočívá v tom, že během odrážení se energie přeměňuje do energie pružnosti míče a také se část energie ztrácí (například ve formě tepla).



Obr. 6. Graf časové závislosti potenciální energie (modře), kinetické energie (červeně) a součtu potenciální a kinetické energie (zeleně) při skákání míče.

## Experiment 6 – proč míč nepadá se zrychlením $9,8 \text{ m/s}^2$

Je zajímavé položit si otázku, proč naměřené zrychlení prakticky nikdy není  $9,8 \text{ m/s}^2$ . U malého basketbalového míče jsme dostali hodnotu  $9,7 \text{ m/s}^2$ , u většího míče je to běžně třeba  $8 \text{ m/s}^2$  a když jsme vzali opravdu velký míč s průměrem 92 cm, naměřili jsme zrychlení  $6,4 \text{ m/s}^2$ . Fotografie použitých míčů jsou na obr. 7.



Obr. 7. Různě velké míče použité při měřeních.

Žáci nejčastěji navrhnou, že za nižší hodnoty zrychlení může odpor vzduchu. Ten to ale být nemůže, protože odporová síla závisí na rychlosti a v bodě obratu míč stojí, takže přinejmenším tam by mělo zrychlení být  $9,8 \text{ m/s}^2$ .

Ve skutečnosti za nižší hodnoty zrychlení může dominantně vztlková síla. Čím větší míč použijeme, tím výrazněji se vztlková síla projeví.

V [4] bude podrobný výpočet, který jsem provedl pro míč s průměrem 92 cm, který místo zrychlení  $9,8 \text{ m/s}^2$  padal se zrychlením  $6,4 \text{ m/s}^2$ . Po zahrnutí vztlkové síly mi vyšlo zrychlení  $7,3 \text{ m/s}^2$ , což bylo od naměřené hodnoty  $6,4 \text{ m/s}^2$  pořád ještě poměrně daleko.

Překontroloval jsem všechny parametry jako průměr míče, hmotnost míče, hustotu vzduchu atd., ale nemohl jsem příčinu nesouladu výpočtu a měření najít. Až jsem dalším pátráním zjistil, že v hydromechanice se pracuje s pojmem *přidaná (virtuální) hmotnost* [5].

Když se těleso pohybuje v kapalině nebo plynu, neurychluje jen samo sebe, ale zároveň strhává i okolní tekutinu. Část energie tedy jde na uvedení okolního prostředí do pohybu. Jako kdyby se k vlastní hmotnosti tělesa přidala ještě určitá hmotnost té tekutiny, kterou těleso musí urychlovat. Této dodatečné setrvačnosti říkáme *přidaná (virtuální) hmotnost*.

Velikost přidané hmotnosti závisí na tvaru a velikosti tělesa i na tom, jak se pohybuje. Pro kulovou částici v ideální tekutině je přidaná hmotnost rovna polovině hmotnosti tekutiny vytlačené koulí. To sám vypočítat/odvodit nedovedu, vzal jsem to jako fakt. Jamile jsem ale do výpočtů takto vypočítanou virtuální hmotnost dosadil, dostal jsem zrychlení  $6,5 \text{ m/s}^2$ , což v rámci drobných nepřesností a zaokrouhlování považuji za dobré přiblížení modelu (výpočtu) a reality (měření).

## Literatura

[1] Čidlo Polohy a pohybu (sonar). [cit. 14. 9. 2025]. Dostupné online:

<https://www.vernier.cz/GDX-MD>

[2] Vernier Graphical Analysis. [cit. 15. 9. 2025]. Dostupné online:

<https://www.vernier.cz/GA>

- [3] Periodický děj – kmitání závaží na pružině. [cit. 14. 9. 2025]. Dostupné online:  
<https://www.vernier.cz/18>
- [4] Studium padajících těles. [cit. 15. 9. 2025]. Dostupné online:  
<https://www.vernier.cz/332>
- [5] Wikipedia: Added Mass. [cit. 15. 9. 2025]. Dostupné online:  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Added\\_mass](https://en.wikipedia.org/wiki/Added_mass)

# Experimenty s bodovým teploměrem

Pavel Böhm

Katedra didaktiky fyziky MFF UK & Edufor

## Abstrakt

*Ve školách jsou běžně používány tyčové teploměry, které jsou fyzicky i chemicky odolné, ale pro některé specifické experimenty se nehodí. Příspěvek upozorňuje na možnosti využití bodového teploměru ve fyzikálních experimentech (s přesahy do chemie nebo biologie).*

## Srovnání tyčového, termočláňkového a bodového teploměru

Učitelé i žáci dnes běžně používají teploměry připojitelné k počítači. Nejčastější typ takového čidla je chemicky odolný tyčový teploměr – obvykle jde o termistor uložený v nerezovém pouzdře.

Pro velké rozsahy teplot (kapalný dusík, suchý led, plamen svíčky nebo kahanu) lze použít termočláňkový teploměr. Měřicí část termočláňkového teploměru tvoří dva spojené kovy vykazující termoelektrický jev. Tato část bývá vystavena zvýšenému mechanickému i tepelnému namáhání, proto se dá v případě potřeby snadno odpojit a vyměnit.

Pro některé experimenty je vhodné nebo i nezbytné použít bodový teploměr. Jeho základem je termistor, stejně jako u tyčového teploměru. V případě bodového teploměru ale chybí robustní ocelové pouzdro. Teploměr má proto menší tepelnou kapacitu, méně ovlivňuje měřený vzorek, rychleji reaguje na změnu teploty [1] a navíc víme přesněji, v jakém místě teplotu měříme.



Obr. 1. Vlevo nahoře bodový teploměr, vpravo uprostřed termočláňkový teploměr, dole tyčový teploměr.



## Experimenty s bodovým teploměrem

V Kuchařce jednoduchých experimentů do hodin chemie, fyziky a biologie je v době psaní tohoto článku celkem 8 návodů [2] na experimenty s bodovým teploměrem, konkrétně:

- Dýchací cesty jako výměník tepla
- Jak moc hřeje oblečení
- Komínový efekt
- Smáčecí teplo
- Vedení tepla
- Vliv albeda na ohřívání povrchu zářením
- Vliv teploty na hustotu vody
- Změny teploty při kompresi a expanzi plynu

## Závěr

Bodový teploměr je cenným doplňkem běžné školní experimentální výbavy. Umožňuje realizovat měření, která by s klasickým tyčovým nebo termočláňkovým teploměrem byla obtížná či méně přesná. Díky malé tepelné kapacitě a přesně definovanému místu měření dokáže rychle a citlivě reagovat na změny teploty, což je výhodné například při zkoumání lokálních tepelných jevů, přenosu tepla nebo účinku záření.

## Literatura

[1] *Bodový teploměr Vernier GDX-ST*. [cit. 7. 10. 2025]. Dostupné online:

<https://www.vernier.cz/GDX-ST>

[2] *Kuchařka jednoduchých experimentů: bodový teploměr*. [cit. 14. 9. 2025]. Dostupné online: <https://www.vernier.cz/experimenty/kucharka/index.php?s=GDX-ST>

# Využití AI k programování fyzikálních her a hříček

Pavel Böhm

Katedra didaktiky fyziky MFF UK & Edufor

## Abstrakt

*Velké jazykové modely (LLM) jsou velmi efektivním pomocníkem při programování. Příklady takových modelů jsou například GPT-4 a GPT-5 od OpenAI, Claude od Anthropic, Gemini od Google či LLaMA od Meta.*

*Zkušeným programátorům usnadňují návrh, úpravy či kontrolu kódu, ale i úplný začátečník s trochou trpělivosti dokáže s jejich pomocí vytvořit překvapivě mnoho. Článek je určen právě začátečníkům a přináší praktické ukázky, jak lze využít ChatGPT při tvorbě jednoduchých fyzikálních simulací a výukových her.*

*Text je pojat jako vyprávění o tom, jak při práci postupuji a co se mi osvědčilo.*

## Jak využívám ChatGPT k programování

Při programování používám placenou verzi ChatuGPT od OpenAI. Podobně lze používat i neplacenou verzi a také jazykové modely od jiných firem. Pokud tedy v dalším textu mluvím o AI, je to v mém konkrétním případě ChatGPT (a v něm typicky model GPT-5).

„Programování“ pomocí AI se od klasického programování liší. Místo pečlivého psaní každého řádku kódu, hlídání syntaxe a promýšlení algoritmů se můžete na AI obrátit jako na kamaráda a současně zkušeného programátora, který je nekonečně ochotný a trpělivý, zná příručky aktuálních i starých verzí běžných programovacích jazyků... a občas se jako kdokoli jiný splete, takže jeho výstupy přeci jen musíte kontrolovat a testovat.

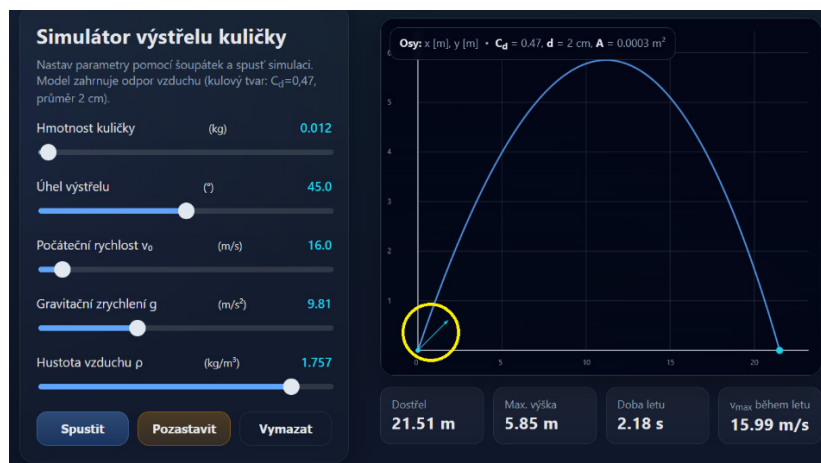
Při generování kódu (nebo jakékoliv jiné odpovědi) má jazykový model určitou volnost (míru kreativity). Když proto zadám stejný prompt desetkrát (pokaždé do nového vlákna, aby si nepamatoval předchozí odpovědi), dostanu nejspíš pokaždé maličkou jinou odpověď. Každému začátečníkovi doporučuji, aby si tohle zkusil, a získal tak představu o typických „fluktuacích“ odpovědí. V některých rozhraních pro práci s jazykovými modely lze míru kreativity nastavit, obvykle jako parametr *teplota* (*temperature*).

### Příklad 1 – simulace šikmého vrhu

Zadal jsem ChatuGPT tento úkol (tzv. „prompt“):

Vytvoř mi program v html a javascriptu, který bude simulovat výstřel kuličky. Chci pomocí šoupátka nastavovat hmotnost kuličky, úhel výstřelu, gravitaci a hustotu vzduchu.

ChatGPT po několika minutách vygeneroval kompletní kód (celkem 497 řádků, 20 kB). Vytvořil jsem v textovém editoru soubor simulace.html, do něj jsem kód nakopíroval a soubor pak otevřel ve webovém prohlížeči.



Obr. 1. Screenshot první verze simulace šikmého vrhu.

Výsledek byl už napoprvé téměř dokonalý, až mě to samotného překvapilo. Obvykle se s AI musím delší dobu domlouvat na podrobnostech a postupnými vylepšeními konvergovat k finálnímu výsledku, se kterým jsem teprve spokojený.

V této první verzi mi vadila jediná věc – úhel výstřelu znázorněný šipkou neodpovídal skutečnému vektoru rychlosti v počátku, protože osy měly nestejná měřítka (na obrázku zvýrazněno žlutým kolečkem).

Proto jsem vzápětí zadal druhý prompt takto:

Je to fajn, ale zdá se mi, že směr šipky svírá správný úhel s osou x grafu, ale protože se přepočítává podle potřeby měřítko na ose x a y, stane se často, že šipka není tečnou k pohybu na začátku. Nešlo by, aby ty osy měly pokaždé stejné měřítko, ať úhly odpovídají? Dám ti sem hotový funkční program a přepiš ho prosím a nedávej kód sem, ale dej mi hotový html soubor ke stažení.

Všimněte si na druhém promptu těchto věcí:

1. S ChatemGPT se dá mluvit velmi neformálně, jako by to opravdu byl kamarád.
2. K promptu jsem připojil první verzi html souboru, abych si byl jistý, že AI pracuje s kódem, který chci přepracovat. Snižuje se tím riziko, že si začne vymýšlet nesmysly.
3. Přidal jsem instrukci, aby generovaný kód nevypisovala do chatovacího okna, ale aby místo toho dala hotový kód ke stažení. Tohle velmi urychluje práci.

Za několik dalších minut jsem dostal opravenou verzi, která už fungovala podle očekávání.



Obr. 2. Screenshot druhé verze simulace šikmého vrhu.

## Příklad 2 – hra se sonarem

Pro čidla Vernier Go Direct jsou volně dostupné knihovny v Pythonu a JavaScriptu [1]. Chtěl jsem s využitím AI vytvořit webovou stránku s hrou (v HTML a JavaScriptu), která využívá sonar [2].

Sonar měří vzdálenost od nejbližší překážky a software z těchto dat vykresluje graf polohy v čase, případně může též dopočítávat okamžitou rychlost a zrychlení. Typické experimenty zahrnují měření pádu těles [3] nebo kmitání závaží na pružině [4].

Moje představa o hře byla jednoduchá: program náhodně vytvoří předlohu (graf polohy v čase) a hráč se snaží pohybem ruky před sonarem průběh co nejvěrněji napodobit.

V době, kdy jsem program dělal, byl tohle úkol nad síly ChatuGPT v tom smyslu, že tak rozsáhlý projekt obvykle nedokázala AI udělat dobře najednou. V době, kdy si článek čtete, už to ale může být jinak, protože schopnosti AI se prudce vyvíjejí.

Já jsem postupoval raději opatrně, krok po kroku. Pokaždé jsem dal ChatuGPT jeden malý úkol – a když ho AI zvládla, dostala ode mě další úkol a funkční html soubor z předchozí práce, na který měla navázat.

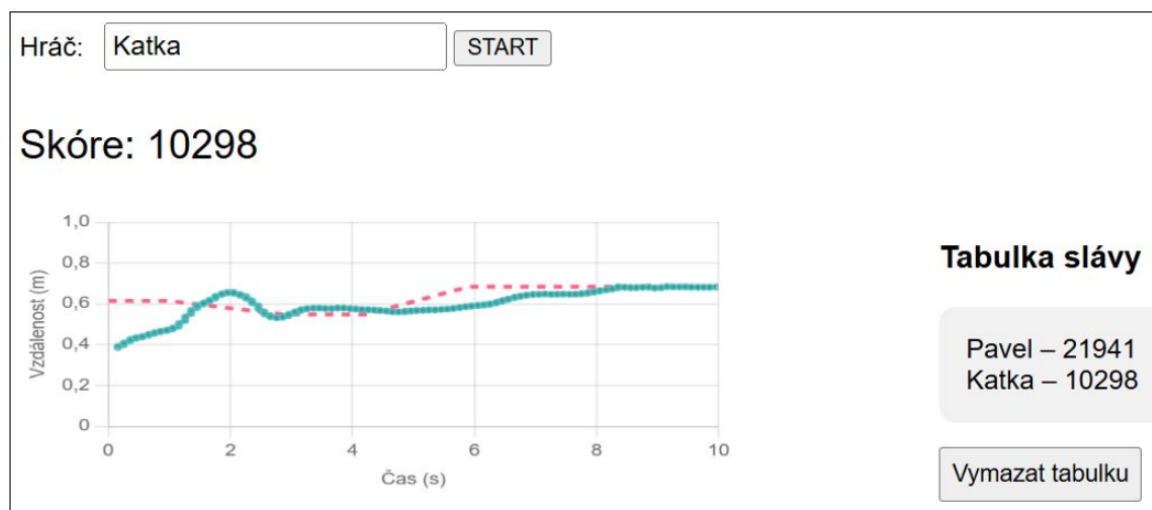
Začal jsem tím, že jsem si z [1] stáhl jeden z příkladů (JavaScript – Go Direct Examples) hotového programu pracujícího s čidly Vernier Go Direct. AI jsem následně požádal, aby program upravila tak, že bude pracovat výhradně se sonarem.

Když to zvládla, v dalším kroku jsem chtěl, aby program přepracovala tak, že bude ukazovat graf polohy během 10 sekund měření.

Poté jsem AI vysvětlil, jak si představuju generování náhodné předlohy – že má být z několika lineárních navazujících segmentů, nikdy nemá jít pod 20 cm a nad 100 cm atd.

Když jsem měl kód, který tohle všechno uměl, přidal jsem pomocí AI počítání skóre na základě odchylky skutečné polohy od předlohy, pak jsem přidal tabulku slávy atd.

Opracovat program do finální podoby včetně testování a zkoušení různých variant trvalo několik hodin. Rozhodně to ale bylo řádově méně, než by mi to trvalo bez AI (pokud bych si na to bez AI vůbec troufnul). Výsledek je na obr. 3, spustitelná hra je k dispozici na [5].



Obr. 3. Ukázka ze hry *Napodobování grafů*.

### Příklad 3 – hra s čidlem síly stisku ruky

Čidlo síly stisku ruky [6] umožňuje provádění řady zajímavých experimentů [7]. Při měření únavy svalů jsem dříve se žáky postupoval tak, že jsme nejprve změřili maximální sílu stisku daného žáka, následně jsem nakreslil v softwaru předlohu (rovnou čáru) třeba na 70 % naměřené maximální síly – a úkolem žáka pak bylo co nejdéle vydržet tisknout čidlo tak, aby graf byl nad nakreslenou předlohou.

Pomocí AI jsem vytvořil program, který celý postup automatizuje a zpřehledňuje. Podobně jako v předchozím případě jsem postupoval po malých krocích a za dvě hodiny měl funkční hru [8].

### Tipy a triky pro programování s AI

1. Komunikujte s AI jako s kamarádem-profesionálem. Jasně definujte roli („Jsi programátor...“).
2. Pokud je úkol složitý, rozdělte ho na menší kousky.
3. Když AI udělá chybu, popište, co nefunguje. Nemusíte znát řešení – často stačí říct „nefunguje to“.
4. Vycházejte z funkčních základů: vkládejte do konverzace hotové soubory či části kódu.
5. Dlouhé kódy si nenechávejte vypisovat do chatu. Požádejte raději o hotový soubor ke stažení nebo o archiv ZIP.

### Programování a STEM s Vernierem

V odkazu [1] jsou aktuálně dostupné následující možnosti:

- propojení siloměru Vernier se Scratchem

- blokové programování pro čidla Vernier Go Direct
- LabVIEW
- JavaScript a Python pro čidla Vernier Go Direct
- propojení čidel Vernier s Arduinem
- využití čidel Vernier v tabulkových editorech
- výroba vlastních čidel

## Literatura

- [1] *Programování a STEM s Vernierem*. [cit. 14. 9. 2025]. Dostupné online: <https://www.vernier.cz/STEM>
- [2] *Čidlo polohy a pohybu (sonar)*. [cit. 14. 9. 2025]. Dostupné online: <https://www.vernier.cz/GDX-MD>
- [3] *Studium padajících těles*. [cit. 14. 9. 2025]. Dostupné online: <https://www.vernier.cz/332>
- [4] *Periodický děj – kmitání závaží na pružině*. [cit. 14. 9. 2025]. Dostupné online: <https://www.vernier.cz/18>
- [5] *Napodobování grafů – hra se sonarem*. [cit. 14. 9. 2025]. Dostupné online: <https://www.vernier.cz/326>
- [6] *Čidlo síly stisku ruky*. [cit. 14. 9. 2025]. Dostupné online: <https://www.vernier.cz/GDX-HD>
- [7] *Kuchařka jednoduchých experimentů: čidlo síly stisku ruky*. [cit. 14. 9. 2025]. Dostupné online: <https://www.vernier.cz/experimenty/kucharka/index.php?s=GDX-HD>
- [8] *Jakou máte výdrž při stisku – hra s čidlem síly stisku ruky*. [cit. 14. 9. 2025]. Dostupné online: <https://www.vernier.cz/327>

# Sluneční kámen vikingských mořeplavců

Zdeněk Bochníček

Přírodovědecká fakulta MU, Brno

## Abstrakt

*Podle legendy používali vikingové islandský vápenec, čirý, chemicky čistý kalcit, k orientaci při svých mořeplavbách, kdy pomocí něho dokázali určit polohu slunce i při zatažené obloze. Podle některých literárních zdrojů byla tato navigace neobyčejně přesná. V příspěvku rozebereme fyzikální princip, na kterém by tato navigace mohla být založena, a pokusíme se posoudit její reálné možnosti. Představíme také moderní variantu slunečního kamene. Jednodušší, mnohem levnější, funkčně lepší, ale ne tak poetickou.*

## Úvod

Přelom prvního a druhého tisíciletí je obdobím vikingských výprav západním i východním směrem z jejich původní vlasti v jižní Skandinávii. Na několik století osídlili jižní Grónsko a prokazatelně kolem roku 985 dosáhli severoamerického kontinentu, kde v oblasti severního Newfoundlandu zbudovali minimálně jednu osadu.

Jejich západní námořní výpravy vyžadovaly dlouhé plavby bez vizuálního kontaktu s pobřežím a lze tedy očekávat, že dokázali zvládnout některé metody navigace. V té době byl obvyklou navigační pomůckou tzv. astroláb, pravděpodobně vynalezený ve starověkém Řecku a posléze zdokonalen Araby, který umožňoval navigaci měřením polohy slunce a hvězd. Není však známo, že by astroláb používali Vikingové. Detaily navigačních metod Vikingů nejsou známy.

Je jasné, že navigační metody založené na měření polohy slunce nebo hvězd nelze použít v mlze nebo zatažené obloze. Již v roce 1967 archeolog Thorkild Ramskou předložil teorii, že Vikingové používali k navigaci tzv. sluneční kameny, tedy krystaly islandského vápence, které by údajně umožňovaly určit polohu slunce (ovšem nikoliv hvězd) i při zatažené obloze. Vedle islandského vápence se také uvažuje o cordieritu nebo turmalínu. Tato hypotéza byla založena zejména na vikinské sáze z 12.-13. století „**Rauðúlfs þáttur**“ (vyslovuj Rojth-ulvs tháttur), Příběh Rauðúlfa, ve které se praví:

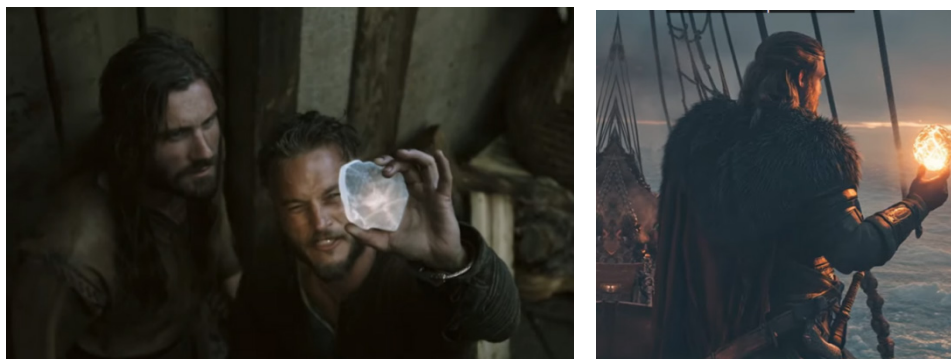
Počasí bylo husté a zasněžené, jak Sigurður předpověděl. Král si k sobě zavolał Sigurðura a Dagura (Rauðúlfurovy syny). Král přiměl lidi, aby se podívali ven, a nikde neviděli jasnou oblohu. Pak požádal Sigurðura, aby řekl, kde se v tu dobu nachází slunce. Ten to jasně potvrdil. Král je pak přiměl, aby přinesli sluneční kámen, podrželi ho a viděli, **kam z kamene vyzařuje světlo**, a tím si přímo ověřili Sigurðurovu předpověď.

Hypotéza byla podpořena nálezem islandského vápence ve vraku válečné lodi, která se potopila v roce 1592 v Lamanšském průlivu. Je proto pochopitelné, že zájem o tuto problematiku vzrostl, i když by bylo podivné, že by o využívání islandského vápence ještě koncem 16. století nebyly žádné písemné záznamy.

Na téma využití slunečního kamene k navigaci bylo publikováno několik seriózních vědeckých prací, např. [1], [2] a také na YouTube lze nalézt videa věnovaná tomuto tématu, např. [3], [4] a [5]. I když některé záběry z videí vypadají až mysticky a zcela jistě nemají



žádné fyzikální zdůvodnění, viz obrázek 1. Různé zdroje uvádějí, že za jistých podmínek lze odhadnout polohu slunce s nejistotou malé jednotky stupňů, i když je slunce skryto pod obzorem nebo za mraky.



Obr. 1. Takto sluneční kámen určitě nefunguje. Převzato ze [4] a [5].

### Islandský vápenec a polarizace oblohy

Islandský vápenec je průhledná varianta kalcitu neboli krystalizovaného uhličitanu vápenatého ( $\text{CaCO}_3$ ). Je to anizotropní krystal. Krystalizuje v klencové soustavě a je podle klence výborně štěpný. Díky anizotropii je dvojlomný, tedy svazek světla se při šíření v kalcitu rozdělí na dva, tzv. řádný a mimořádný, které jsou lineárně polarizovány s navzájem kolmými rovinami polarizace. Jednoduchý experiment je na obrázku 2. Pokud položíme krystal například na text, uvidíme text dvakrát. S použitím polarizačního filtru snadno zjistíme, že obrazy mají navzájem kolmé polarizace.



Obr. 2. Dvojlomný kalcit. Převzato z [6]

### Huygensův princip a šíření světla v látce

Huygensův princip byl formulován v roce 1678 a dává jednoduchý návod jak vysvětlit šíření vlnění pomocí předpovědi vývoje tvaru vlnoplochy ze známého tvaru v některém čase. Velmi snadno se tak odvodí šíření rovinné i kulové vlny, dokonce i zákony odrazu a lomu a existence ohybu světla. Vše výše zmíněné nepřesahuje úroveň středoškolské fyziky.

Huygensův princip můžeme formulovat jako: „Představme si, že každý bod vlnoplochy je elementárním zdrojem kulové vlny...“ a v Huygensově době tuto argumentaci nebylo možné podložit pádnými fyzikálními důvody. Jen tím, že takto formulovaná „představa“ vedla k výsledkům shodujícím se s experimentem. Ale pokud se světlo šíří látkou, tak to

tak skutečně je! Světlo indukuje v látce dipóly (z atomů či molekul), rozkmitává je a kmitající elektrický dipól září. Fotony se tedy v látce šíří neustále opakovaným sledem absorpcí a emisí, a navenek to vypadá, že se (viditelné) světlo v látce šíří pomaleji, než ve vakuu, což definuje index lomu látky. Ve skutečnosti se každý individuální foton (nebo můžeme říci „čelo vlny“) šíří stejnou rychlostí, jako ve vakuu. Pokud si toto uvědomíme, snadno se smíříme se skutečností, že elektromagnetické záření krátkých vlnových délek (UV, rtg...) se v látce šíří vyšší fázovou rychlostí, než je rychlost světla ve vakuu. I když jen nepatrně. Index lomu pro tyto oblasti elektromagnetického záření je sice menší než jedna, ale velmi blízký k jedné.

### Rozptyl světla v atmosféře a jeho polarizace

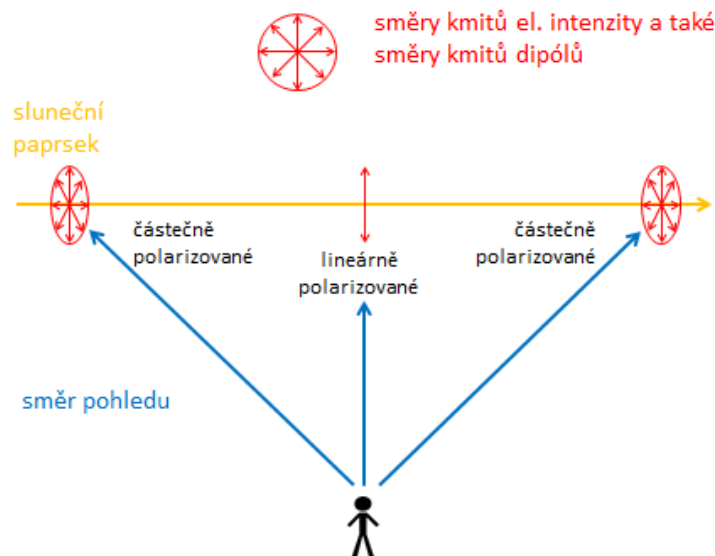
Je dobře známo, že modrá barva oblohy je výsledkem tzv. Rayleighova rozptylu na velmi malých nehomogenitách ve vzduchu. A rozptýlená intenzita roste nepřímo úměrně se čtvrtou mocninou vlnové délky světla. Tedy modré světlo se rozptyluje výrazně více, než například červené.

Méně známo je, že rozptýlené světlo je částečně či úplně lineárně polarizované. Vznik tohoto efektu vysvětluje obrázek 3. Žlutá šipka ukazuje směr slunečního paprsku, červené šipky směry polarizace světla a také současně směry kmitů elektrických dipólů, modré šipky směry pohledu. Vidíme, že pokud se díváme na sluneční paprsky kolmo, tak se nám všechny kmitající dipóly promítají do jednoho směru a tedy při tomto pohledu sledujeme světlo lineárně polarizované. Když se díváme šikmo, vidíme i průměty jiných směrů a světlo je polarizované jen částečně. Kdybychom se dívali přímo do slunce, nebude světlo polarizované vůbec. Takto lze analýzou stupně polarizace světla z oblohy více či méně přesně určit polohu slunce.

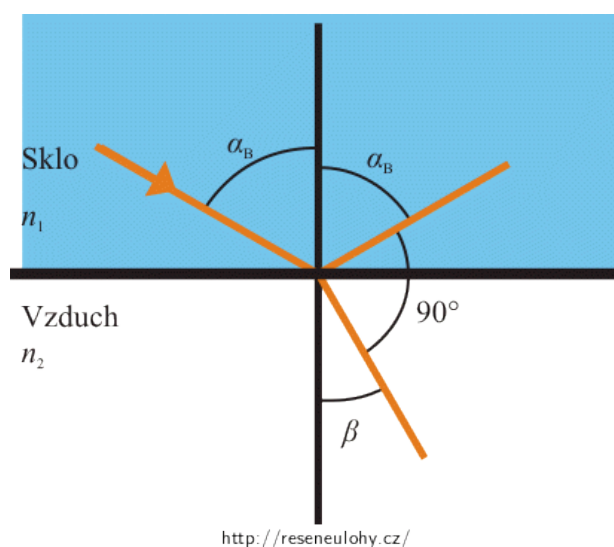
### Dvě poznámky

1) Jak souvisí polarizace elektromagnetického záření s orientací kmitajícího dipólu, lze velmi pěkně experimentálně ukázat pomocí Lecherových drátů. Na konce drátů umístíme vyzařovací dipól a jako detektor použijeme přijímací dipól se žárovkou. Pokud budou oba dipóly rovnoběžné, žárovka se rozsvítí. Pokud budou na sebe kolmé, žárovka svítit nebude. Podrobnější popis lze nalézt například v [7].

2) Obdobná situace jako v atmosféře vzniká také při tzv. Brewsterově úhlu, což je úhel dopadu, při kterém je odražený svazek lineárně polarizovaný kolmo k rovině dopadu. Ale současně je odražený paprsek kolmý na paprsek lomený. Viz obrázek 4. Vysvětlení je snadné. Odražený paprsek je generován Huygensovskými vlnoplochami reálně kmitajících dipólů v podpovrchové oblasti prostředí, do kterého se světlo láme. A když se na tento lomený paprsek díváme kolmo, pak, stejně jako v atmosféře, vidíme lineárně polarizované světlo.



Obr. 3. Ilustrace vzniku polarizace záření rozptýleného v atmosféře.



Obr. 4. Brewsterův úhel. Převzato z [8].

## Analýza polarizace oblohy pomocí islandského vápence a alternativní pomůcky

Lze najít dva základní způsoby, jak využít islandský vápenec k nalezení polohy slunce.

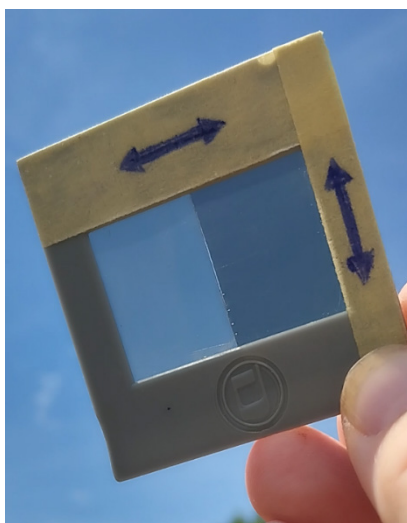
- 1) Snažíme se najít směr ke slunci tak, že pozorujeme strukturu vytvořenou na straně přivrácené k obloze a hledáme směr, při kterém jsou oba obrazy vytvořené dvojlomem stejně intenzivní. Pak se díváme směrem, odkud přichází nepolarizované světlo, tedy směrem ke slunci. Zmíněná struktura může být průsvitná skvrna nebo malý otvor, který vytvoříme např. v lepicí pásce nalepené na jednu stěnu krystalu. Na

obrázku 5 je příklad použití této metody s malou skvrnou, kdy stejný jas jejich dvou obrazů ukazuje směr ke slunci, které je již schováno pod obzorem.



Obr. 5. Prostřední obrázek ukazuje směr ke slunci, levý míří nalevo od slunce a pravý napravo. Převzato z [3].

- 2) Druhý způsob naopak hledá, kde je mezi skvrnami největší kontrast, a pak jistý významný směr krystalu ukazuje směrem ke slunci. Tuto metodu ukazuje obrázek 6. Zde byla namísto islandského vápence použita jeho amatérsky vyrobená, nicméně funkčně vynikající náhrada: dva zkřížené polarizační filtry umístěné vedle sebe v rámečku pro diapositivy. Otáčením se najde takový směr, kde je kontrast největší. Na obrázku 6 je levý filtr nejlépe průhledný, a tedy směr jeho polarizace (horní šipka) je směr kolmý na sluneční paprsky. Ke slunci tedy ukazuje pravá šipka.



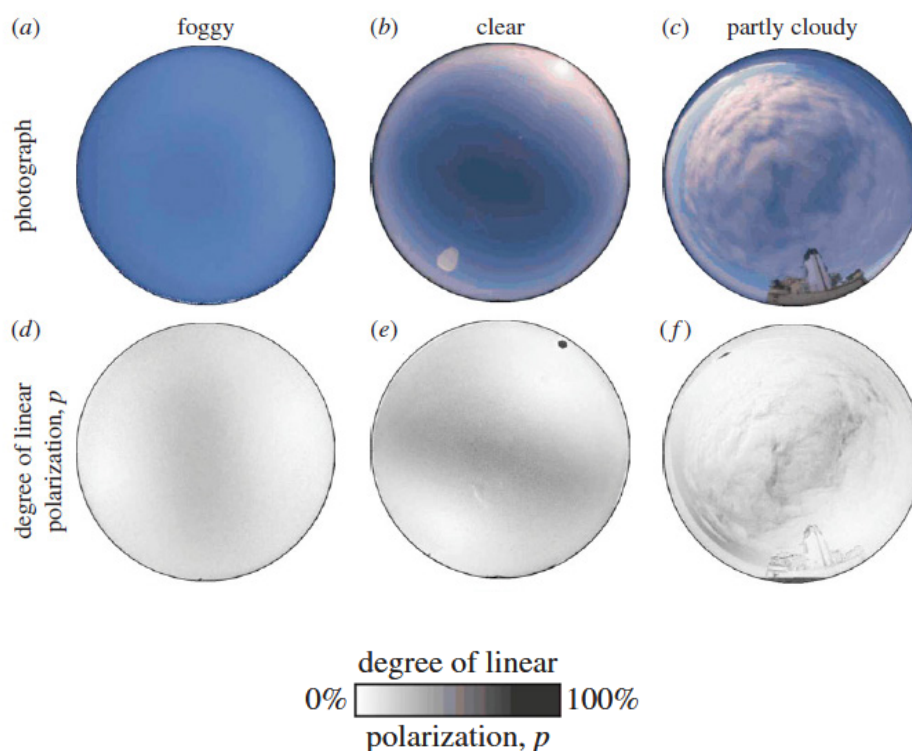
Obr. 6. Amatérská náhrada islandského vápence a její použití při hledání směru ke slunci. Slunce je ve směru polarizace temného filtru, tedy ve směru pravé šipky.

### Použití metody při oblačné nebo zcela zatažené obloze.

Výše popsaná metoda velmi dobře pracuje při jasné obloze. Ale v tomto případě je její použití zbytečné: vždyť víme, kde slunce je. Podstatou jejího hypotetického použití Vikingy je její použitelnost v případech, kdy slunce není přímo viditelné.

S rostoucí oblačností kvůli mnoha rozptylům polarizace světla přicházejícího z oblohy klesá a tím také klesá možnost nalezení polohy slunce. Na obrázku 7 je zobrazen stupeň polarizace za různých podmínek – mlhavo, jasná obloha, oblačno. Jistá polarizace se

zachovává i při mlze, i když v tomto konkrétním případě není jasné, jak hustá mlha byla. Při částečné oblačnosti je světlo polarizované jen v těch místech, kde prosvítá modrá obloha.



Obr. 7. Stupeň polarizace světla přicházející z oblohy za různých podmínek: mlhavo (vlevo), jasná obloha (uprostřed) a oblačno (vpravo). Převzato z [2].

Na obrázku 8 je vlastní autorův experiment s alternativní pomůckou při nepříliš husté oblačnosti, kdy byl kontrast mezi oběma filtry mnohem hůře pozorovatelný a určení polohy slunce na jednotky stupňů se zdá být zcela iluzorní. Při zcela zatažené obloze tmavými mraky nebylo možné pozorovat vůbec nic.



Obr. 8. Maximální pozorovaný kontrast při řídké oblačnosti. Slunce je s velkou nejistotou určení ve směru levé šipky.

## Závěr

Přes často publikované informace, že pomocí islandského vápence je možné detekovat polohu slunce i při zcela zatažené obloze, autorovy vlastní experimenty toto nepotvrdily. Je jisté, že s jeho použitím bylo možné odhadnout polohu slunce, když alespoň část oblohy byla bezmračná, případně alespoň na části oblohy byla dostatečně řídká oblačnost. Dobrá detekce je také možná, když je slunce již pod horizontem a oblačnost nad horizontem není příliš hustá.

Detailnější publikované analýzy ukazují, že nejistota určení polohy slunce závisí také na roční době a na výšce slunce nad obzorem [1].

## Literatura

- [1] Guy Ropars, Vasudevan Lakshminarayanan and Albert Le Floch (2014): *The sunstone and polarised skylight: ancient Viking navigational tools?*, Contemporary Physics 55(4) (October 2014), DOI: 10.1080/00107514.2014.929797
- [2] Gábor Horváth et al., *Phil. Trans. R. Soc. B* 2011 **366**, 772-782
- [3] <https://www.youtube.com/shorts/0cwE5qYmFcM?app=desktop&cbrd=1>
- [4] <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=eq9NE2qQzTo>
- [5] <https://www.youtube.com/shorts/n-Ev8k5iB18>
- [6] <https://www.malachit-obchod.cz>
- [7] Josef Hubeňák: Historické pokusy s elektromagnetickou vlnou a dnešní technické možnosti, Veletrh nápadů učitelů fyziky 7, Praha 2002, dostupné on-line <https://vnuf.cz/sbornik/prispevky/07-07-Hubenak.html>
- [8] <https://reseneulohy.cz/1645/vypocet-brewsterova-uhlu-z-mezniho-uhlu>

## Několik projektů z tábora

Lydia Ceháková

KDF MFF UK

### Abstrakt

*V příspěvku jsou představeny vybrané projekty, na kterých pracovali v rámci odborného programu účastníci třicátého prvního ročníku Soustředění mladých fyziků a matematiků, které pořádá KDF MFF UK Praha. Náměty mohou být využity na samostatnou práci žáků, projektovou výuku, ... jak na základní, tak i střední škole.*

### Po roce na stejném místě

Letošní Soustředění mladých fyziků a matematiků (SMFM), pořádané Katedrou didaktiky fyziky MFF UK, proběhlo v již tradičním termínu prvních dvou prázdninových týdnů, avšak nezvykle na stejném místě jako předcházející, třicátý ročník. Od 28. června do 12. července se tak v areálu horské chaty Radost v Plasnici umístěné v malebných Orlických horách bádalo, bastlilo i přednášelo.

Pod vrcholky Špičáku a Velké Deštné se 41 odhodlaných účastníků, ve složení od osmáků po maturanty, věnovalo matematice a fyzice – někteří spíše teoreticky, jiní vlastníma rukama. Program soustředění je vždy navržen tak, aby účastníkům umožnil rozvíjet odbornost, dozvědět se a zažít něco nového, trochu lépe poznat a třeba i trochu překonat sám sebe a také navázat přátelství s lidmi podobných zájmů. O přípravu soustředění se stará skupina nadšených vedoucích. Přestože v jejich týmu došlo tento rok k několika změnám, připojili se i noví členové, dokázali se důstojně zhostit svých rolí a společně se po celé dva týdny vézt na „stejně vlně“ – vlně humoru, přátelství, energie a občas i adrenalinu, která byla společná nejen vedoucím, ale také účastníkům.

Program soustředění má dvě základní složky – odbornou, která zajišťuje kurzy, lektorské přednášky a projekty, a tu mimoodbornou, která se stará o „odpolední odreagování“ a celou legendu soustředění.

### Táborová legenda aneb cesta za zlatou horečkou

Ke každému táboru neodmyslitelně patří legenda, o tu naši se stará mimoodborný program. Legendu poznáváme především v odpoledních hrách, které posouvají její děj, ale také třeba v kostýmech účastníků i vedoucích, ve kterých dochází na každodenní večerní celotáborové setkání.

Letos jsme se během odpolední, ale někdy i nocí a rán, přenesli na Aljašku přelomu 19. a 20. století, doby poslední velké zlaté horečky. S Tomem, který po svém strýčkovi zdědil claim, a jeho přáteli jsme se vydali na západ, kde jsme se postupně naučili těžit i „rejžovat“ zlato. Úspěšně jsme uhájili své místo mezi zlatokopy, a dokonce jsme v rámci jedné z her typu LARP navštívili Saloon. Celý příběh završilo putování zpět do rodné hroudy, kdy účastnické týmy čekala terénní šifrovačka s přespáním v přírodě.

Ač hry slouží především k odpočinku a zábavě, jsou připraveny účastníkům takřka na míru – mnohdy při nich využijí své fyzikální i logické znalosti, jako např. při hledání vhodné

kombinace předmětů, které přesvědčí přátele vydat se na cestu na západ, či plánování tahů při přepadení Colt Expressu.

Kromě tematických her jsou součástí mimoodborného programu také celodenní výlet, taneční večer, beseda o studiu na vysoké škole, celotáborová hra, která byla letos unikátní v „korespondenční“ formě jednotlivých tahů, nebo zpívání u táboráku, na kterém každý z účastníků obdržel speciální Zlatokopecký zpěvník. Písně se tak proplétaly celým soustředěním a příjemně doplňovaly atmosféru příběhu.

## Odborný program

Odborný program začal tradičně miniprojektem, zhruba dvouhodinovou aktivitou, ve které se mají účastníci ve dvojicích seznámit s typem práce, která je na soustředění čeká, a také se vzájemně trochu poznat. Letošním úkolem bylo stanovit co nejpřesněji hodnotu tíhového zrychlení v Plasnici. Dvojice mohla využít pomůcky, o které si požádala – typicky se jednalo o provázek, závaží a stopky, ze kterých vznikla rozličná kyvadla. Své výsledky a metody měření dvojice také prezentovala. Všechny skupiny dospěly k velice přesným výsledkům – se získanými daty si dále vyhrál jeden z vedoucích a účastníkům připravil i propojení se statistickým zpracováním naměřených hodnot a interpretací Gaussova rozdělení.

Každodenní náplní odborného programu byly přednášky z matematiky a z fyziky. Tyto kurzy běží ve třech stupních a účastníci se zapisují na takový kurz, který odpovídá jejich schopnostem a zájmu. Matematické kurzy letos nabídly úvod do funkcí, dále základy maticového formalismu a užití integrálů. Fyzikální kurzy se věnovaly kosmologii, úvodu do elektra a oscilátorům na všechny způsoby. Také letos závěrečná účastnická anketa odborného programu ukázala, že kurzy byly pro účastníky přínosem a představená témata oceňovali.

Dalším z aspektů odborného programu jsou zvané lektorské přednášky. Skrze ně se snažíme účastníkům zprostředkovat kontakt se špičkovými vědci ve svých oborech a přiblížit tak, čím se dnes zabývají lidé, kteří třeba také začínali jako účastníci podobného soustředění. Letos přijali pozvání dva hosté – prvním byl doc. RNDr. Jiří Dvořák, Ph.D. z katedry matematiky a matematické statistiky MFF UK, který promluvil k tématu *Znáhodněných otázek* v dotaznících a jiných statistických šetřeních. Druhá přednáška byla věnována *Sluneční fyzice* v podání doc. Mgr. Michala Švandy, Ph.D. z astronomického ústavu UK.

Většinu času ale tráví účastníci prací na vlastním projektu, který si vybírají z nabídky. Letos bylo představeno přes 40 projektů, přičemž se realizovalo rekordních 23 (viz níže). Jeden projekt nejčastěji řeší dvojice účastníků, ale mohou se objevit jednotlivci či trojice. Projekty byly různé povahy: konstrukční, optimalizační, matematicko-teoretické, proměřovací. Každý z projektů má svého odborného konzultanta, který s projektem pomáhá, radí a asistuje, když je potřeba.

Výstupem práce účastníků a závěrem odborného programu je závěrečná konference, kde účastníci svou práci krátce prezentují, přičemž pro některé se jedná o vůbec první zkušenost s prezentováním před větším publikem (50 osob v sále). Součástí výstupu je také dokumentace projektu, ve které účastníci zaznamenali veškeré výsledky, postupy, postřehy a know-how z tvorby.



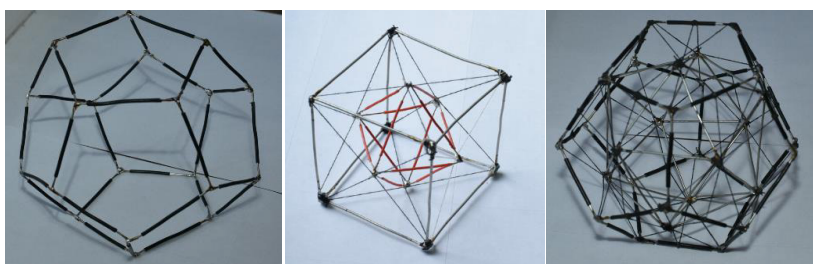
## Ukázky projektů

Vybrané projekty včetně dokumentací lze nahlédnout na stránkách soustředění [1]. Celkový čas, který je v programu projektům věnován, je přibližně 20 hodin. Zájem účastníků odráží také to, že se často projektům věnují i ve svém „volném“ čase. Následuje přehled realizovaných projektů, tučně zvýrazněné představíme dále v příspěvku.

- Aerodynamický tunel
- **Archimedovská, Platónská tělesa**
- Elipsy
- Fontána laminárního proudění
- Hrátky s Aarduinem – kalkulačka
- **Hrátky s Aarduinem – Lama**
- Chytrý skleník
- **Infračervené záření**
- Jak se dneska máte? (statistické zpracování a sběr dat)
- **Jak uvidět zvuk?**
- Laserové odposlouchávátko
- Matematické řešení hlavolamů
- Nápojový automat
- N-elipsy
- Pružnost – ukrytá energie
- RC autíčko
- Sčítací a logaritmické pravítko
- Sedláčková turbína
- Stabilizace inverzního kyvadla
- Systém precizního zalévání
- Tensegrity
- Wilsonova mlžná komora

### Archimedovská a Platónská tělesa

Anežka Lazarová se věnovala zkoumání a modelování těles specifických vlastností. Zaměřila se především na tělesa Platónská, jejichž stěny tvoří pravidelné mnohoúhelníky a z každého vrcholu vychází stejný počet hran. Těchto konvexních mnohostěnů je právě pět a platí pro ně např. Eulerova věta popisující vztah mezi počtem stěn, hran a vrcholů tělesa. Anežka se zabývala také dualitou těles, která ji inspirovala k tvorbě drátěných modelů. K jejich konstrukci využila drátky s barevnou bužírkou, které pájela cínem. Takto vytvořená tělesa pak uchytila do správné pozice pomocí úhlopříčně napnutých nitek a úvazů (viz Obr.1).

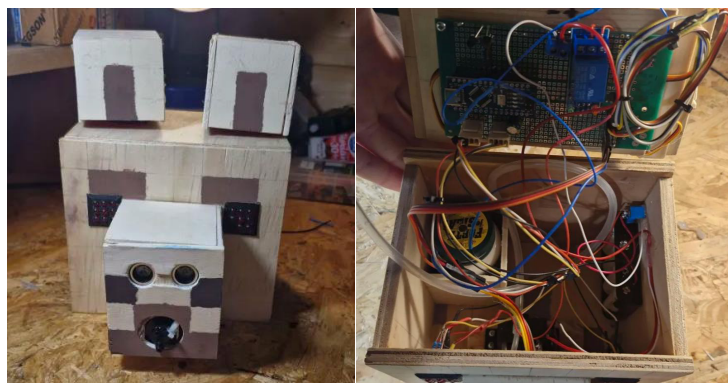


Obr. 1. Modely Platónských těles a jejich duality.

## Hrátky s Arduinem – Lama

Hrátky s Arduinem patří mezi často realizované a účastníky oblíbené projekty, jelikož umožňují seznámit se s mikrokontrolerem úplným začátečníkům. Alžběta Nedělová a Dominik Hess se seznámili se základními procesy jako je rozsvícení LED, a následně se rozhodli Arduino IDE využít pro konstrukci lamy, resp. hlavy lamy, která bude reagovat na podněty okolí a v určitých chvílích „plivat“ vodu (viz Obr. 2).

K Arduinu byl připojen ultrazvukový senzor, skrze který lama vnímala výskyt objektu v určité vzdálenosti. Pokud vzdálenost byla menší než 20 cm, spustilo se čerpadlo (zásoba vody byla umístěna v konstrukci hlavy lamy). Jelikož čerpadlo vyžadovalo vyšší elektrické proudy, než poskytuje Arduino, bylo třeba jej ovládat nepřímo (skrze přidané relé). Konstrukce lamy inspirovaná designem Minecraftu byla vyřezaná z dřevěné překližky, pro umístění a upevnění si Alžběta s Dominikem vymodelovali vlastní komponenty a vytiskli je na 3D tiskárně. Kromě čerpadla pak přidali červeně blikající LED oči a přes servomotory napojené uši, kterými v době klidu lama přívětivě vrtěla.



Obr. 2. Hlava lamy s ultrazvukovým senzorem (vlevo), uspořádání elektroniky (vpravo).

## Infračervené záření

Sadu zajímavých fotografií v infračerveném spektru pořídili fotoaparátem COOLPIX 7100 Marek Číhala a Vojtěch Bartoš. Snímky porovnávali s klasickými fotografiemi ve viditelném spektru a vytvořili galerii dvojic snímků, kde předměty „mění barvu“ či „přestanou svítit“ dle schopnosti odrážet, pohlcovat a vyzařovat viditelné a infračervené záření (viz Obr.3).

Následně dvojice proměřila absorpci blízkého infračerveného záření roztokem modré skalice. Při měření využili jednoduchý obvod s paralelně zapojenými LED 850 nm a 940 nm, (předřazený odpor 43  $\Omega$  a napětí zdroje 3 V). LED sloužily jako zdroj záření, které mělo být pohlceno vrstvou roztoku. Postup dokumentovali pomocí fotoaparátu s filtrem pro vlnové délky 760 nm. Výsledky měření skutečně ukázaly, že při použití 8 g roztoku modré skalice (koncentrace 14 %) ve sklenici průměru 4,5 cm přestane infračervené záření procházet. Podobným způsobem byla proměřena ještě voda a kofola, kde k pohlcení infračerveného záření nedocházelo.

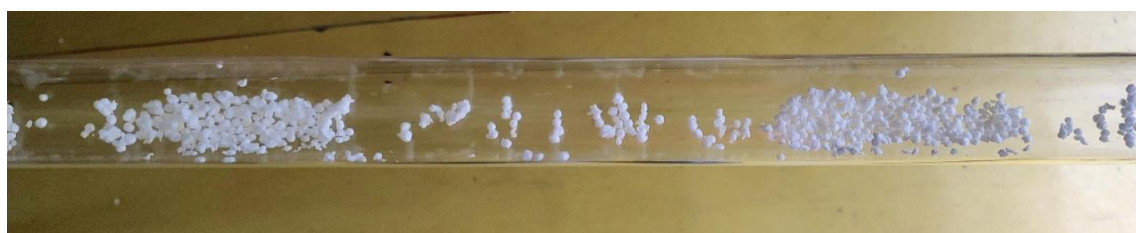


Obr. 3. Srovnání snímků ve viditelném (vlevo) a infračerveném (vpravo) spektru. Zabarvení fotografie do růžova je způsobeno nastavením expozice a clony pro pořízení dostatečně ostrých fotografií.

### Jak uvidět zvuk?

Matouš Volf a Vojtěch Lajka si v rámci projektu vytvořili vlastní reproduktor pomocí neodymového magnetu (průměr 25 mm, tloušťka 7 mm) a namotané cívky ze zvonkového drátu průměru 0,224 mm, délky 14 m a výsledným odporem 6,8  $\Omega$ . Do cívky dodával proud Bluetooth přijímač a zesilovač s výkonem 5 W. Takto vytvořený reproduktor po přiložení k rezonanční skřínce hrál dostatečně hlasitě (zřetelný poslech hudby v klidné místnosti).

Dále se dvojice věnovala konstrukci Kundtovy trubice, zařízení pro měření rychlosti zvuku či znázornění stojatého vlnění. Na konec průhledné PVC trubky délky 2 m a vnějším průměru 50 mm byl připevněn tentokrát již zakoupený reproduktor (odpor 8  $\Omega$ , výkon 1,5 W), druhý konec trubice byl ponechán volný, utěšňoval se pohyblivým pístem (z 3D tisku), který umožňoval nastavit délku vzduchového sloupce v trubici. Do trubice byl v jedné vrstvě nasypán nadrcený polystyren, který se při zapnutí zvuku a nastavení vhodné délky pístem uspořádal do obrazce kmiten a uzlů (viz Obr. 4). Z takto vytvořeného obrazce lze odečíst vlnovou délku jako vzdálenost příslušných kmiten či uzlů, a ze známé frekvence zdroje zvuku dopočítat jeho rychlost. Měření lze opakovat pro různé délky rezonující trubice. Nejpřesněji měření vycházelo pro frekvence kolem 450 Hz, kdy rychlost zvuku odpovídala  $337 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .



Obr. 4. Rozložení kmiten a uzlů v Kundtově trubici.

## Závěrem

Projekty zde popsané tvoří pouze špičku ledovce, především byly vybrány ty, které mohou posloužit jako náměty na laboratorní práci či školní projekty a nevyžadují speciální pomůcky. Další inspiraci lze načerpat přímo z dokumentací účastníků, některé jsou zveřejněny na webových stránkách soustředění [1] a to nejen z tohoto ročníku, ale i několika předchozích. V případě zájmu o podrobnější popis projektu, který není blíže uveden zde či na webových stránkách soustředění, je možné kontaktovat organizátory s žádostí o příslušnou dokumentaci na emailu [mfsoustredko@matfyz.cuni.cz](mailto:mfsoustredko@matfyz.cuni.cz).

Jako každý rok i letos bylo při závěrečném dni soustředění a loučení zřejmé, že se účastníkům i vedoucím společně podařilo vytvořit jedinečnou atmosféru, na kterou budou ještě dlouho vzpomínat, a kterou si je třeba i trochu hýčkat. Ke vzpomínkám se všichni mohou vrátit na webových stránkách soustředění [1], facebooku [2] nebo na táborovém disku, který účastníci obdrželi se všemi podklady k projektům a výběrem z fotografií.

Setkání u dalších zážitků a projektů proběhne v Nekoři od 4. do 18. července 2026, předběžné přihlášky lze podávat na webových stránkách soustředění. Zvaní jsou všichni ve věku od 14 do 19 let se zájmem o fyziku, matematiku, informatiku a odhodláním poznat a zažít něco nového.

## Literatura

[1] Soustředění mladých fyziků a matematiků [online]. Dostupné z:

<http://kdf.mff.cuni.cz/tabor> [citováno 13. 9. 2025].

[2] Facebooková stránka SMFM [online]. Dostupné z:

<https://www.facebook.com/matfyztabor> [citováno 13. 9. 2025].

## Akce pro učitele a studenty pořádané ÚČJF

Jiří Dolejší

Ústav částicové a jaderné fyziky MFF UK, V Holešovičkách 2, Praha 8

### Abstrakt

*Velmi stručná zpráva o „outreach“ aktivitách ÚČJF a dalších spolupracujících subjektů, tedy o aktivitách, které se snaží přiblížit částicovou fyziku a cestu k ní studentům, učitelům i veřejnosti, především v podobě odkazů na webové stránky akcí.*

### Spolupráce

Typickým rysem současné experimentální částicové fyziky je spolupráce mnoha fyziků, techniků, studentů a dalších profesí, kolektivy současných velkých experimentů čítají často stovky až tisíce lidí. Proto není překvapivé, že na popularizačních aktivitách (pro které se dnes často užívá označení *outreach*) se v České republice podílejí všechny instituce, které tento obor fyziky pěstují – univerzity i ústavy AV ČR.

Urychlovačové experimenty se provozují v laboratořích, ve kterých jsou urychlovače vybudovány, v Evropě např. v CERN [1] v Ženevě, v USA např. v Brookhavenské národní laboratoři na Long Islandu a ve Fermilabu kousek od Chicaga, v Japonsku např. v laboratoři KEK v Tsukubě. Experimentuje se i bez urychlovačů na specifických místech, např. astročásticový experiment Pierra Augera pracuje kousek od Mendozy v Argentině, neutrinový experiment Daya Bay kousek od Hong Kongu v Číně. Ve všech jmenovaných experimentech pracují i čeští fyzici. Nejblíže je ale CERN, nejvíce Čechů je tam, nejvíce popularizačních aktivit je navázáno na CERN. CERN se také stal cílem školních výletů, které už organizují cestovní kanceláře. Navštívit lze expozice, různé dílny, science show a další aktivity, viz stránka návštěvnického centra CERN – Science Gateway [2].

Nenásilný a snad obecně srozumitelný úvod do částicové fyziky a práce fyziků představuje film „Den s částicemi“ („A day with particles“) [3], který vytvořili mladí pracovníci ÚČJF při příležitosti mezinárodní konference ICHEP 2020 přidělené Praze, která se ale kvůli covidu pořádala jen online.

Přehled cernských programů pro studenty a učitele si můžete poslechnout ze záznamu [4]. Vyslechnete tam informace o programech pro učitele i pro studenty.

### Výjimečné události

Výjimečný byl rok 2024, kdy Praha hostila největší mezinárodní konferenci částicové fyziky ICHEP 2024 [5]. Plejádu souvisejících popularizačních aktivit představuje prezentace Jiřího Hejbala z Fyzikálního ústavu AV ČR [6]. Mnohé z toho, co přehled uvádí, nebylo jen výkřikem „konferenčního roku“ 2024, ale pokračuje a je zmíněno dále.

### Opakující se nabídky

**Částicová Praha** se koná každý sudý rok v září, je to týdenní pobyt v Praze s přednáškami, exkurzemi a prací na malých projektech pro pár desítek středoškoláků, informace



o ročníku 2024 najdete na stránce [7], informace o konání v roce 2026 budou na jaře na stránce s letopočtem 2026.

„**Másterklásky**“ jsou jednodenní program pro studenty sestavený z přednášek, laboratorní práce spočívající v analýze dat z experimentů na počítačích a závěrečné videokonference mezi jednotlivými pracovními skupinami z různých zemí s moderátory v CERN. Konají se v několika termínech každý rok na jaře, letos na MFF, v Protonovém centru, Gymnáziu Mozartova v Pardubicích a Gymnáziu v Letohradě, viz stránka ÚČJF [8]. Na stránkách ÚČJF najdete informace i o dalším ročníku a dalších popularizačních akcích.

**Colours of Ostrava** [9] se konají každoročně a naše účast v Meltingpotu snad potrvá. Na této akci se veřejnost setkává nejen s hudbou, ale také s bohatým výběrem řečníků z různých oblastí včetně fyziky a speciálně částicové fyziky.

Další akce najdete na stránkách ÚČJF a Matfyzu, na stránkách FJFI ČVUT, stránkách Fyzikálního ústavu AV ČR, Univerzity Palackého v Olomouci, ... Částicovou fyziku najdete samozřejmě na otevřených dnech našich institucí, ukazujeme ji na Veletrhu vědy pořádaném AV ČR [10] a leckde jinde. Použijte hledače na webu a použijte hesla částice, urychlovače, ... zkratky laboratoří CERN, FNAL, BNL, KEK, ...

## Závěr

Doufáme, že si nás a naše akce a akce dalších institucí dokážete najít. Budeme je Vám nadále nabízet a nabízíme také výjezdy „vyslanců částicové fyziky“ do škol, kontaktujte mě nebo mé kolegy Pleskota, Rybáře, Scheiricha, Váňu, ...

## Literatura

- [1] Webová stránka CERN: <https://home.cern>
- [2] Webová stránka Science Gateway <https://sciencegateway.cern/>
- [3] Film „Den s částicemi“ („A day with particles“), dostupný online <https://youtu.be/e0Lv2GrsXig>
- [4] Sascha Schmeling: CERN Education Programmes and the CERN Science Gateway. Prezentace na MFF UK 6.6.2024. Dostupné online: <https://youtu.be/ysrk69SnQl8>
- [5] Webová stránka konference ICHEP2024. Dostupné online: <https://ichep2024.org>
- [6] Jiří Hejbal: Prezentace v listopadu 2024 na CERN-CZ Advisory Boardu. Dostupné online: <https://docs.google.com/presentation/d/14sSBzM9IFEmxzXYcKa73Hrh78ccWtCBDp7gr-mEdjvY/edit?usp=sharing>
- [7] Stránka s informacemi o Částicové Praze. Dostupné online: <https://ipnp.cz/cfs/index.php/casticova-praha-2024>
- [8] Stránka ÚČJF o Masterclasses: Dostupné online: [https://ipnp.cz/?page\\_id=2160](https://ipnp.cz/?page_id=2160)
- [9] Stránky festivalu Colours of Ostrava. Dostupné online: <https://www.colours.cz>
- [10] Stránka Veletrhu vědy. Dostupné online: <https://www.avcr.cz/cs/pro-verejnost/akce-pro-verejnost/veletrh-vedy/>

# Laťky jako netradiční pomůcka při výuce mechaniky

Zdeněk Drozd, Jitka Houfková

Katedra didaktiky fyziky, MFF UK, Praha

## Abstrakt

*Pomocí dřevěných laťek lze předvést několik efektních a poučných pokusů, které se hodí při výuce mechaniky. Ukážeme, jak lze demonstrovat fyzikální význam (setrvačné) hmotnosti jakožto nechuti tělesa měnit rychlost a že velká síla, která působí velmi krátkou dobu, nemusí mít devastační účinky, např. na natažené prsty, nebo na křehké skleničky. Pokusy, které v tomto článku popisujeme, řadu let předvádíme v rámci pásma „Pokusy pro střední školy“ a máme vyzkoušeno, že studenty tyto experimenty zaujmou a pomohou jim lépe pochopit některé důležité fyzikální principy.*

## Úvod

Mechanika bývá často prvním fyzikálním tématem, se kterým se studenti setkávají na vyšším stupni gymnázia. Seznamují se zde s důležitými principy, jejichž pochopení je nezbytné pro budování správného fyzikálního obrazu světa. Nezastupitelnou úlohu zde hrají Newtonovy pohybové zákony. Zdánlivě jde o jednoduché téma – tři poučky, které lze zapsat na několik řádků, studenti se je snadno naučí (odříkat nazpaměť), ale jejich pochopení je ve skutečnosti obtížným procesem. V myslích studentů jsou totiž zakořeněny představy, které se vyvinuly pozorováním okolního světa. Každé malé dítě si všimne toho, že aby po podlaze jelo autíčko, musí ho postrkovat, aby mohlo jet na kole, musí šlapat do pedálů, nevidí ale samozřejmě to, že do autíčka strká také podlaha, do bicyklu silnice apod. Dochází tím ke vzniku miskoncepcí, jako např., že k tomu, aby se těleso rovnoměrně pohybovalo, musí na něj působit nenulová výsledná síla a k tomu, aby byl pohyb rychlejší, potřebujeme větší sílu.

Téma miskoncepcí v mechanice v tomto příspěvku nebudeme rozvádět, v literatuře je bohatě popsáno a čtenáři tohoto článku jsou s ním bezpochyby dobře obeznámeni. To, čemu se budeme v dalším textu věnovat, jsou naše zkušenosti z pravidelných demonstrací pokusů z mechaniky, které řadu let předvádíme středoškolským studentům na MFF UK. Konkrétně se budeme věnovat tomu, jak gymnazistům pomocí experimentů s dřevěnými laťkami přiblížíme některé důsledky 2. Newtonova zákona a problematiku účinků síly v poněkud neobvyklých situacích.

## Hmotnost jako nechuť měnit rychlost

Gymnazisté se při výuce fyziky seznámí se zápisem 2. Newtonova zákona rovnicí

$$\vec{F} = m\vec{a}. \quad (1)$$

Když se jich v průběhu demonstračního pásma ptáme na význam jednotlivých symbolů, které v rovnici (1) vystupují, většinou se dozvíme, že  $F$  je výsledná síla působící na těleso (přitom téměř nikdy nepodotknou, že se jedná o vnější výslednou sílu), podobně studenti vědí, že  $a$  je zrychlení, které těleso díky působící síle získává. Když se zeptáme, proč jsou nad těmito dvěma písmeny šipky, dozvíme se, že je to označení vektorů a dáme

dohromady, že by to mohlo znamenat, že směr, ve kterém působí síla, je zároveň směrem zrychlení (tedy směrem, ve kterém se mění rychlost tělesa). Na otázku, co vyjadřuje  $m$ , se dozvíme, že toto písmeno označuje hmotnost tělesa, ale na dotaz, jaký je fyzikální význam hmotnosti už odpověď nedostaneme.

Studentům tedy prozradíme, že hmotnost vyjadřuje nechuť tělesa měnit rychlost. Připomeneme jim např. to, že je poměrně snadné roztlačit prázdný nákupní vozík, ale mnohem hůře to jde s vozíkem plně naloženým, snadno zastavíme míč, který se kutálí z kopce – jednoduše mu do cesty nastavíme nohu, ale u nezabrzdnutého kamionu, který by se nekontrolovaně rozjel z kopce, bychom jistě nic takového nezkoušeli. Koncept toho, že hmotnost představuje nechuť těles měnit rychlost, studenti rychle přijmou a my začneme na toto téma předvádět pokusy.

### Porcování okurky

Po nějakém vhodném úvodu, jako např. že jsme dostali hlad a rádi bychom si připravili okurkový salát, vytáhneme z pod stolu salátovou okurku a velký nůž. K pokusu používáme nůž, který připomíná mačetu (můžete si ho prohlédnout na obr. 1). Je možné použít jakýkoli dosti velký nůž.



Obr. 1. Pomůcky pro popisované experimenty.

Řekneme, že jsme si zapomněli přinést prkénko, a neradi bychom okurku krájeli přímo na stole. K jejímu porcování tedy využijeme toho, že okurka má dosti velkou hmotnost a zároveň je měkká. Vyhodíme ji do vzduchu a během jejího letu z ní usekneme kolečko. Okurku chytíme, vyhodíme, usekneme druhé kolečko atd. Tento způsob krájení okurky studenty vždy zaujme. Vysvětlíme, že okurka má poměrně velkou nechuť měnit svou rychlost, a když do ní během jejího letu vzduchem sekneme nožem, místo toho, aby odletěla pryč, nechá se přeseknout (přeci jenom je měkká a přeseknout ji není velký problém).

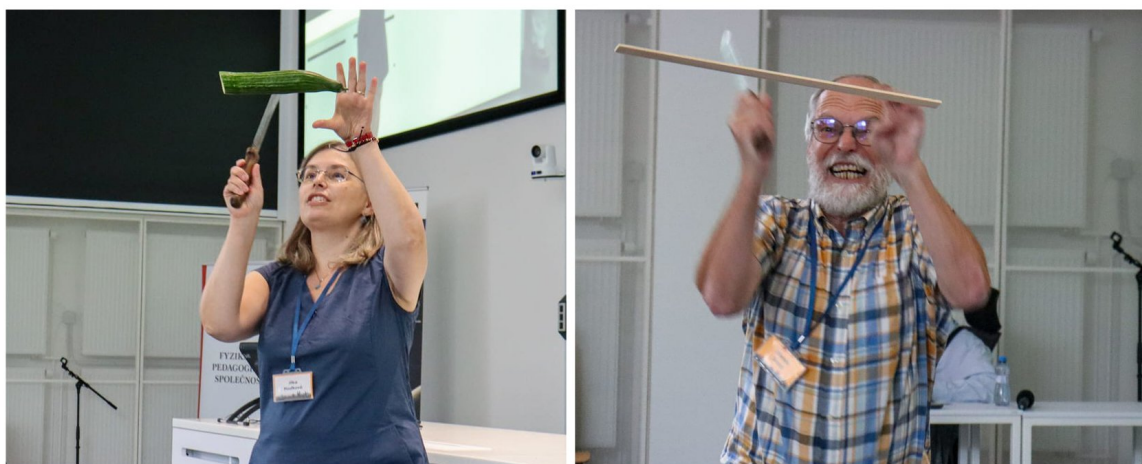
### Sekání laťky

Po předvedení elegantního (i když poněkud nepraktického) krájení okurky na kolečka řekneme studentům, že bychom rádi vyzkoušeli, jestli je podobným způsobem možné přeseknout vyhozenou dřevěnou laťku. Laťku jim ukážeme a necháme jim ji potěžkat. Laťka má hmotnost několik málo gramů a její nechuť měnit rychlost bude tedy dosti malá. Zdá se, že přeseknout ji podobně jako okurku, nebude snadné.



K pokusu používáme dřevěné laťky o průřezu 5 mm × 19 mm. Tyto laťky lze koupit v oddělení dřeva v různých hobbymarketech. My kupujeme laťky o délce 2,4 m, které nařežeme na 60 cm dlouhé kousky. Je dobré vybírat laťky suché a pokud možno smrkové. Ty často nejsou k sehnání, a proto vezmeme zavděk laťkami borovými. Už při nákupu laťek si vyzkoušíme, jestli nejsou příliš pružné. V prodejně bývá možnost výběru z většího množství laťek a kupodivu mezi nimi jsou rozdíly, i když je bereme z „jednoho regálu“. Vysušená, nepříliš pružná laťka, se většinou dá najít.

Sekání laťky ve vzduchu je zapotřebí nacvičit. Laťku musíte vyhodit tak, abyste do ní mohli seknout kolmo poblíž jejího středu. Seknutí musí být velmi razantní. Na rozdíl od okurky, která spadne kousek před vás, odletí přeseknutá laťka do vzdálenosti několika metrů. Je proto třeba mířit do prostoru, kde nikdo není.



Obr. 2. Zatímco sekání okurky je snadné, přeseknout laťku vyžaduje trochu cviku.

### Jak přeseknutí laťky ulehčit?

Po úspěšném přeseknutí laťky se někoho ze studentů zeptáme, jestli už někdy tímto způsobem laťku sekal. Student velmi pravděpodobně řekne, že ne, a my ho vyzveme, aby to šel zkusit. Zároveň řekneme, že bychom chtěli, aby se pokus povedl napoprvé. Ostatních studentů se zeptáme, jak bychom měli laťku fyzikálně upravit, aby se její přeseknutí spolužákovi podařilo. Odmítneme návrhy, abychom laťku nařizli, přidrželi apod. Připomeneme, proč bylo jednoduché přeseknout okurku, ale nesnadné udělat totéž s laťkou. Rozdíl byl v hmotnosti, a tedy v nechuť měnit rychlost (a také v tom, že okurka je, na rozdíl od laťky, měkká). Brzy pravděpodobně padne návrh, že bychom mohli laťku něčím zatížit a zvýšit tak její nechuť měnit rychlost.

Zatížení laťky provedeme tak, že na její konce napícheme dvě plastelínové koule, jak je vidět na Obr. 1. Takto upravenou laťku student (studentka) bez problémů po vyhození přesekne.

### Účinky síly působící krátkou dobu

#### Sekání laťky na prstech

Dřevěnou laťku použijeme i k dalšímu efektnímu pokusu. Je zapotřebí mít pomocníka, s nímž máme pokus nacvičen. Vybírat dobrovolníka z řad studentů v tomto případě

nedoporučujeme. Požádáme pomocníka, aby předpažil a natáhl ukazováčky, na které mu položíme laťku. Řekneme, že se pokusíme laťku na prstech přeseknout nožem. Zeptáme se studentů, jestli máme do laťky seknout velkou, nebo malou silou. (A samozřejmě zdůrazníme, že pomocníkovi nechceme ublížit.) Studenti se pravděpodobně neshodnou. Jedni budou navrhopvat velkou sílu úderu, druzí malou. Řekneme, že nejlepší bude seknout do laťky co největší silou. Laťka v tom případě velmi rychle praskne (například za setinu sekundy). Pouze po tuto krátkou dobu bude laťka působit silou na prsty dobrovolníka. Bude to sice relativně velká síla, ale bude působit tak krátce, že prstům nemůže ublížit. Potom do laťky vši silou sekneme, ta se zlomí a pomocník vyvázne bez jakéhokoli zranění.



Obr. 3. Sekání laťky na prstech – je nutné seknout opravdu velkou silou.

Tímto pokusem ukážeme, že velká síla, působící na prsty velmi krátkou dobu, nemá příliš velké účinky. Studenti si zároveň uvědomí, že laťka nemůže na prsty působit silou déle, než se jí dotýká nůž při sekání.

*Poznámka:* Je zapotřebí vybrat dobře vysušenou, nepříliš pružnou laťku. Pružná laťka by se při úderu výrazně prohýbala, prodloužila by se doba jejího působení na prsty, a to by pro pomocníka nebylo dobré. Nesmíte se bát seknout do laťky opravdu velmi prudce a musíte samozřejmě dávat pozor, abyste skutečně sekli do laťky v dostatečné vzdálenosti od prstů. Že má mít pomocník ruce natažené dostatečně daleko od těla je samozřejmé.

### **Sekání laťky na skleničkách**

Po úspěšném přeseknutí laťky na prstech pomocníka předvedeme podobný pokus s tím rozdílem, že laťku podložíme skleničkami. Použijeme skleničky na stopkách (skleničky na víno). Skleničky postavíme na kraje dvou stolků, které umístíme dostatečně daleko od sebe, aby byla laťka podepřena pod svými konci. Úspěch pokusu opět spočívá v tom, že do laťky sekneme dostatečně prudce, tak aby co nejrychleji praskla. Velmi krátká doba, po kterou laťka na skleničky působí, zaručí to, že se skleničky nerozbijí.



Obr. 4. Laťka na skleničkách připravená k přeseknutí.

*Poznámky:* Není dobrý nápad postavit obě skleničky na jeden stůl, položit na ně laťku a přeseknout ji. Pokus se sice podaří, ale na stole zbude nepěkný šrám. Skleničky proto postavte každou na jiný stůl. Mezi stoly je dostatek prostoru, do kterého se nůž po přeseknutí laťky dostane, aniž by způsobil nějakou škodu.

Pokus bývá někdy vysvětlován modelovou situací, kdy je laťka přeseknuta nekonečně krátkým úderem do jejího středu. V tomto případě by se konce laťky začaly pohybovat vzhůru a na podložku (skleničky, prsty) by vůbec nepůsobily. Doba, po kterou laťku přesekáváme, ale nekonečně krátká není a síla na křehkou podpěru působí. S tím, že prsty úder vždy pocítí, mají autoři příspěvku své zkušenosti. I nemalý počet rozbitých skleniček za dlouhou dobu demonstrace tohoto experimentu svědčí o tom, že laťka praská jistou konečnou dobu, po kterou na podpěry silou směrem dolů působí.

## Závěr

Několik jednoduchých pokusů, které jsme představili, umožní oživit výuku mechaniky, která jinak může působit trochu nezáživně. Studentům navíc názorně demonstrujeme velmi důležité fyzikální principy:

- a) fyzikální význam hmotnosti (zde konkrétně setrvačné hmotnosti),
- b) problematiku kombinace velikosti síly a doby jejího působení (což se později bude hodit při probírání vztahu impulsu síly a změny hybnosti).

Doufáme, že se vám těmito pokusy podaří studenty zaujmout stejně tak, jako se to daří nám v rámci pásma demonstračních pokusů z mechaniky pro střední školy.

## Bližší pohled na motorek s pár závitů

Leoš Dvořák

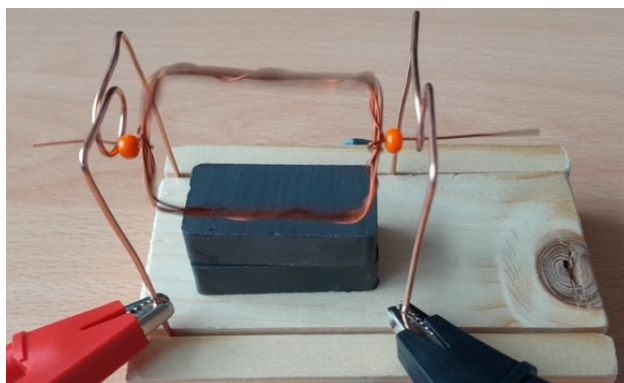
Katedra didaktiky fyziky, MFF UK

### Abstrakt

*Příspěvek je věnován známému jednoduchému elektromotorku s několika závitů, kde osa ze smaltovaného drátu je zčásti oškrábána, takže funguje jako „komutátor“ přerušující proud. Všímá si detailů, které se v jednoduchých návodech obvykle neprobírají, například jak a proč volit počet závitů a průměr drátu. Cílem je motorek fungující na co nejmenší proud. Diskutován je i typ motorku se zcela oškrábanou osou, na který lze narazit v literatuře.*

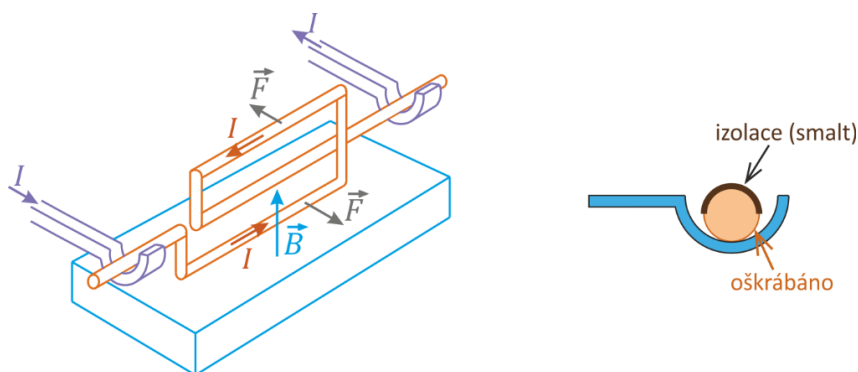
### Úvod: bez komutátoru – a přece se točí!

Typ motorku, který ukazuje obr. 1, zřejmě většinou znáte. Je napájen stejnosměrným napětím, a přitom se točí, a to i když nemá komutátor, který by proud do rotující cívky pouštěl střídavě v jednom a druhém směru.



Obr. 1. Motorek s několika závitů (a vhodně oškrábanou osou).

Směr proudu se sice nemění, ale osa motorku dosedající na očka, jimiž se přivádí proud, je oškrábána tak, že proud v některých polohách propouští a v jiných přerušuje. Závitů motorku tak dostávají „šťouch“ jen v části otáčky, po zbytek otáčky se točí setrvačností.



Obr. 2. Princip funkce motorku.

## Kde už byl tento motorek popsán

Daný typ motorku není nic nového. Ve světě se mu někdy říká Johnsonův motor, viz např. [1] a [2], nebo také Backmanův motor, protože se prý v 90. letech objevil v americké TV show, resp. vzdělávacím programu „Backman’s world“. (O tom nás informují české stránky [3], je na nich odkaz i na variantu tohoto motorku v americkém Exploratoriu [4].)

V českém prostředí jsme se s tímto typem motorku mohli seznámit už v dřívějších ročnících Veletrhu nápadů. Například v příspěvku Václava Piskače [5] (a už dříve na jeho stránkách [6]) nebo v příspěvku Vojtěcha Žáka [7] (a také už dříve v jeho článku [8]). Krátký příspěvek Martina Belluše [9] popisující tento jednoduchý motorek se objevil dokonce již v prvním ročníku Veletrhu nápadů v roce 1996, tedy o rok dříve, než vyšel Johnsonův článek [2]! A ještě o rok dříve se tento motorek objevil v učebnici [10] Milana Rojka a kol. Navíc si osobně vzpomínám, že tento motorek ukazoval na katedře didaktiky fyziky myslím právě Milan Rojko už někdy v polovině osmdesátých let.

Takže daný princip, tedy přerušování proudu do závitů v jejichž blízkosti je magnet, se musel objevit už hodně dávno.<sup>1</sup>

## Proč mu věnovat bližší pohled

Můžete se zeptat, proč takovému prastarému a docela známému typu motorku věnovat pozornost. Vždyť návody na něj najdeme v článcích i na webu celou řadu, tak proč přidávat další? Není už tohle téma vyčerpané?

Kupodivu se ale nové příspěvky o tomto tématu objevují dosud, viz např. článek [12]. A navíc, jak v příspěvcích na webu, tak v článcích v časopisech:

- Je často jen návod na konstrukci  
(a někdy není ani pořádně vysvětleno, kde osu motorku oškrábat, např. ve [1] je napsáno jen “selectively remove the insulation from the armatures”).
- Vysvětlení funkce je skoro vždy jen kvalitativní  
(a někdy trochu zvláštní, např. v návodu [13] se o magnetických polích magnetu a závitů píše “the two magnetic fields interact and the coil will spin”; jinde najdeme naštěstí vysvětlení jasné a přehledné, pomocí síly působící na vodič s proudem, viz např. [14]).
- Proud, který motorek odebírá, je docela velký, 1 A i víc  
(např. v [15] jde o proud asi 1,7 A).

Blíže se nad daným motorkem zamyslet a věnovat mu trochu přemýšlení i pokusničení, je podle mého názoru vhodné také z obecnějších důvodů. Ve fyzice i v její výuce nám jde o to, věci pochopit – a to nejen z vysvětlení, které nám někdo předloží, ale i vlastním bádáním.<sup>2</sup> Takže je fajn nespokojit se jen s konstrukcí postavenou přesně podle nějakého návodu, ale vše si samostatně promyslet, třeba i s trochou výpočtů, a „osahat“, třeba i s trochou měření. Můžeme si k tomu dát i nějaký „konstruktérský cíl“, například:

- Postavit motorek, který se bude točit i při malém proudu.

---

<sup>1</sup> Ne úplně pradávně. Použitelné elektrické motory se vyvíjely od třicátých a čtyřicátých let 19. století a první pokus demonstrující přeměnu elektrické energie na mechanickou provedl v roce 1821 Michael Faraday, viz např. [11]. Takže stáří „motorku s pár závitů“ nemůžeme měřit na staletí, ale nemálo desetiletí už mu určitě je.

<sup>2</sup> Tedy „vlastníma rukama a hlavou“, abychom použili termín, kterým jsme tento přístup vystihli už kdysi dávno, ještě než jsme narazili na anglické „hands-on – minds-on“ a než začala být populární badatelská výuka.



## Jaké si můžeme dát otázky / co chceme pochopit

Obecně se můžeme ptát, resp. můžeme chtít zjistit, jaké parametry jsou pro motorek nejlepší, aby běžel při co nejmenším proudu. Konkrétně:

- Jaký zvolit počet závitů?
- Jaký zvolit průměr drátu?
- Jaké zvolit rozměry závitu?
- Jaký zvolit magnet a kam ho umístit vzhledem k závitu?
- Jak oškrábat osu (kde, v jakém rozsahu)?

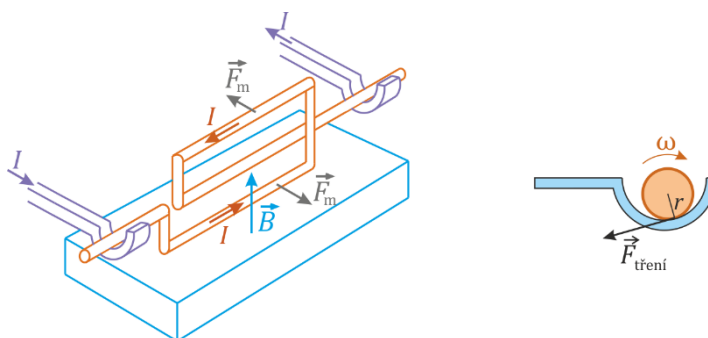
A jelikož nám jde o pochopení, tak za každou z těchto otázek musí následovat: **A proč?**

Tedy nejen, že si třeba v [1] přečteme, že drát má být „30 ga.“, v [13], že má být „22 AWG“ nebo v [16], že má být „AWG 25“, a dohledáme si, co to znamená.<sup>3</sup> Ale že opravdu vymyslíme, proč je určitý průměr vhodný.

V tomto příspěvku ovšem nepůjde o nijak hluboký rozbor (na ten snad dojde jindy), leccos jen naznačíme a zmíníme některé výsledky. Ale snad i to ukáže, jak lze nad motorkem bádát.

## Co motorek pohání a co ho brzdí

Otáčky závitu pohání síla  $\vec{F}_m$ , kterou magnetické pole působí na vodič(e) s proudem. Otáčení naopak brzdí třecí síla  $\vec{F}_{\text{tření}}$  působící na osu závitu, viz obr. 3.



Obr. 3. Síly působící na závit.

Magnetická indukce  $\vec{B}$  je v našem případě kolmá na vodič<sup>4</sup>, takže pro velikost síly  $\vec{F}_m$  můžeme použít jednoduchý školský vzorec  $F_m = B I \ell$ , kde  $I$  je proud a  $\ell$  délka vodiče. (Musíme vzít celkovou délku, tedy délku části závitu násobit počtem závitů. Navíc na části závitu vzdálenější od magnetu je menší magnetická indukce  $B$ , takže přesnější výpočet síly by byl složitější, zde nám půjde jen o odhad.)

<sup>3</sup> Wikipedia [17] nás poučí, že jde o americký systém značení průměru drátů, a v tabulce si tam můžeme dohledat převod na mm. (Je to logaritmická škála, větší číslo znamená menší průměr. Britové to mají podobně, jen s trochu jiným přepočtem...)

<sup>4</sup> Pro jednoduché úvahy zde pole považujeme za prakticky homogenní.

Velikost třecí síly je dána tíhou závitů  $mg$  a koeficientem tření  $f$ :  $F_{\text{třecí}} = mgf$ . Pro zjištění, zda se motorek roztočí, samozřejmě nestačí porovnat velikosti sil  $F_m$  a  $F_{\text{třecí}}$ , protože působí na různých vzdálenostech od osy. Ale ani porovnat momenty vzhledem k ose nestačí. Je to ještě trochu složitější (a tím pádem zajímavější), protože síla  $F$  působí jen během části otáčky, zatímco třecí síla po celou otáčku.

To, co funguje, je porovnat práci síly  $F$  (během části otáčky, kdy závitem prochází proud) s prací třecí síly za celou otáčku. Do příslušných výpočtů tady nepůjdeme.<sup>5</sup> Ale i tak z toho, co bylo řečeno, je asi vidět, že chceme-li motorek udělat úsporný, tedy fungující na co nejmenší proud, je vhodné mít:

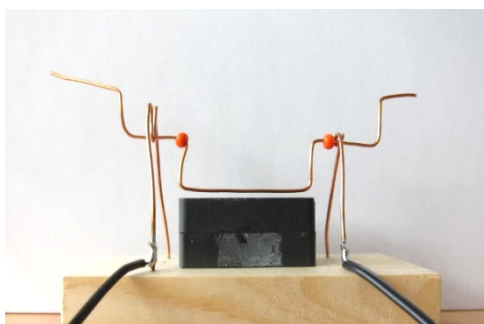
- Co největší magnetickou indukci (tj. co „nejsilnější“ magnet).
- Co největší délku  $\ell$  (tedy zřejmě co největší počet závitů), ale současně:
- Co nejmenší hmotnost závitů, a také:
- Co nejmenší poloměr osy (protože moment třecí síly je  $r \cdot F_{\text{třecí}}$ ).

V teoreticky ideálním případě tedy potřebujeme nekonečný počet závitů nekonečně tenkého drátu (s nekonečnou vodivostí, aby jím nějaký proud mohl protékat) u nekonečně silného magnetu. Nebo alespoň něco z toho...

V praxi se naštěstí závit točí i v méně ideálním případě. Není potřeba mít nekonečný počet závitů, dokonce ani jeden celý.

## Stačí polovina závitů

I jen polovina závitů nad magnetem, jak ji ukazuje obr. 4, funguje jako motorek. Drát je průměru 1 mm a je vně „ložisek“ ohnut nahoru tak, aby byl rozumně vyvážený. (Když ho roztočíme, volně se točí.) Levá i pravá část osy jsou oškrábány v té polovině, která na obrázku míří dolů, tedy v zobrazené poloze se dotýká „ložisek“, resp. oček z drátu, jimiž přivádíme proud.<sup>6</sup> Jako magnet byly použity dva feritové hranoly o rozměrech 4×2×1 cm. Motorek se točí při proudu asi 350 až 400 mA. (Zdrojem byla baterie 4,5 V, proud byl omezen žárovčkou.) Na začátku se do závitů musí „šťouchnout“, pak už se točí sám.



Obr. 4. Motorek s polovinou závitů.

<sup>5</sup> Ono je to ještě složitější (pardon, zajímavější), protože pole magnetu není homogenní. Podrobnější rozbor ukáže, že v některých polohách závitů může síla na vodič s proudem naopak rotaci trochu přibrzďovat... Je z toho vidět, že i na tak jednoduché konstrukci, jakou je daný motorek, se člověk může až neskutečně fyzikálně „vyřádit“. Na druhou stranu zde opravdu raději zůstaneme u jednoduchých úvah – chápu, že ne každý má možnost a chuť strávit půl života – nebo i jen půl školního roku – s jedním jednoduchým motorkem. :-)

<sup>6</sup> Ta očka jsou z holého drátu, nemusíme je tedy oškrabávat.



Motorek s polovinou závitů není žádným novým objevem, lze se s ním setkat v článku [18], tam však šlo o půlkruhový závit. „Poloobdélníkový“ na obr. 4 je lepší, protože větší část vodiče je blíže magnetu, tedy v silnějším magnetickém poli.

Kvantitativní výpočty, resp. odhady týkající se sil a jejich práce v tomto uspořádání, si necháme na jindy a podíváme se raději na pokusy s motorkem s více závitů.

### Kolik závitů a jakého drátu?

S počtem závitů roste síla roztáčející motorek. Roste ovšem také tíha závitů, a tedy i třecí síla působící na osu. Ne že by byla přesně úměrná počtu závitů (je zde ještě tíha osy a korálků, jimiž vymezujeme pohyb závitů do strany). Ale přece jen se nárůst síly působící na vodič a nárůst třecí síly do jisté míry kompenzují. Takže, ač je to možná překvapující, můžeme zhruba předpovědět, že na počtu závitů vlastně skoro nezáleží.

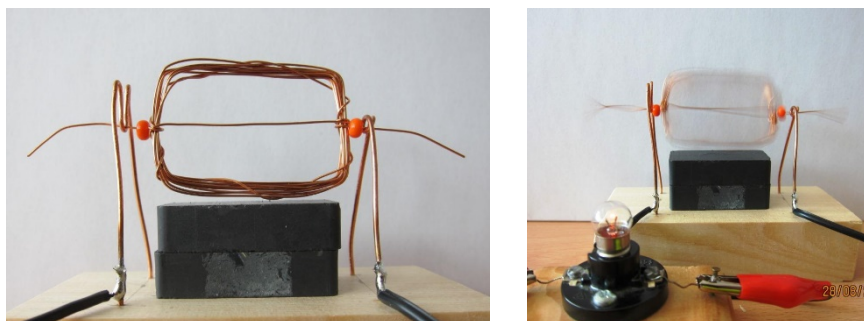
A opravdu, pokus se dvěma cívkami se 2 a 5 závitů z drátu o průměru 1 mm ukázal, že v obou případech byl minimální proud k tomu, aby se točily, asi 200 mA (rozdíly byly do 10 %).

Na druhou stranu „šedá je každá teorie“. S drátem o průměru 0,5 mm byl pro 10 závitů potřeba proud asi 20 mA, ale pro 2 závitů už asi 70 mA. Ukázalo se, že dva závitů jsou příliš lehké (i s korálky měly jen asi 0,8 g) a zjevně neměly stálý dobrý kontakt s přívodními očky, proto byl potřeba vyšší proud. U závitů, které měly 2 gramy a více, už toto nenastávalo, tam je zjevně kontakt lepší.

Na čem hodně záleží, je **průměr drátu**. Průřez drátu roste s druhou mocninou průměru, stejně tedy roste i jeho hmotnost, čili i tíha a třecí síla. Moment třecí síly je  $r \cdot F_{\text{třecí}}$ , takže je dohromady úměrný *třetí* mocnině průměru drátu. (Proto je nejlepší nekonečně tenký drát...) Ovšem osa z tenkého drátu se snadno prohne a ohne. Prakticky se ukázalo, že drát s průměrem 0,3 mm už není příliš použitelný. Pro většinu dalších variant motorku je proto použit drát průměru 0,5 mm.

### Motorek s 10 závitů a základní pokusy s ním

Deset závitů rozměru asi 2,6×4 cm z drátu o průměru 0,5 mm mělo hmotnost asi 2,8 g (včetně korálků) a to se ukázalo být vhodné pro další pokusy.<sup>7</sup>



Obr. 5. Motorek s 10 závitů.

<sup>7</sup> Velikost závitů zde nebudeme zvlášť diskutovat, větší ani menší závitů se v pokusech neukázaly být výhodnější.

Z baterie 4,5 V se motorek točí (poměrně rychle), když je připojen přes sériově zapojenou žárovčku 0,2 A. Pomaleji, ale spolehlivě, se točí, i když je připojen přes sériový rezistor o odporu 100  $\Omega$ . Výhodou zapojení přes žárovčku je možnost jasně vidět, resp. demonstrovat, ve kterých polohách závit proud prochází.

### Technické poznámky ke konstrukci motorku

„Ložiska“ resp. očka z drátu, kterými je přiváděn proud, se osvědčilo udělat z holého měděného drátu o průměru asi 1 mm, nebo o něco silnějšího. Jedno oko je kruhové o průměru asi 2 až 4 mm, druhé má tvar „U“, aby se do něj dala osa závitů lehce shora nasadit, viz obr. 5. Mezi vlastním závitěm a očky jsou na ose malé korálky, aby se závit neposouval až těsně k očkům.

Závity je vhodné vinout na vhodný kousek látky, abychom snáze udrželi obdélníkový tvar. (Pak se samozřejmě z látky stáhnou a konce tvořící osu se omotají kolem částí kolmých na osu, výsledek pak drží tvar.) Závity lze mít mírně nesymetrické, jak to ukazuje obr. 6 vlevo; ale výsledná cívka se hůře vyvažuje; lepší je proto konstrukce na obr. 6 vpravo.



Obr. 6. Jeden a půl závitů a celé dva závity.

S vyvážením závitů je i tak potřeba si „pohrát“, aby se volně otáčel. Je vhodné, když „mírně stabilní“ poloha je taková, při níž se přírodních oček dotýká oškrábaná část osy. Pak lze dokonce dosáhnout toho, že se po připojení napětí motorek sám rozběhne. (V literatuře se tomu, aby motorek byl „self-starting“ věnuje článek [16], kde směr magnetického pole je netradičně vodorovně. Bez větších problémů to ale zvládne i naše konstrukce na obr. 5.)

Oškrábání osy (tedy odizolování od smaltu) lze dělat ostrým nožem nebo jemným smrkovým papírem. Oškrábat osu je vhodné v úhlovém rozsahu asi  $\pm 90^\circ$  od směru roviny závitů, tedy tak, aby se odizolovaná část osy dotýkala očka, když je rovina závitů svisle, viz obr. 2. (Na přesném úhlovém rozsahu oškrábání nezáleží, může být v mezích asi  $\pm 45^\circ$  až asi  $\pm 120^\circ$ .) Osu můžeme samozřejmě na jedné straně oškrábat úplně, proud pak přerušuje část na druhé straně.<sup>8</sup>

Poznamenejme, že motorek s 10 závitů se točí i při připojení na tužkový článek s napětím 1,5 V, a to i když je v sérii odpor 50  $\Omega$ . To znamená, že pro funkci motorku stačí proud jen asi 30 mA. (Odpor samotných závitů je jen asi 0,1  $\Omega$ , spolu s odporem kontaktů asi 0,2  $\Omega$ .)

S motorkem můžeme provádět základní pokusy typu, co udělá směr otáček, když otočíme magnet, nebo když přepóluje baterii. (Nebo když uděláme oboje.) Další možností je

---

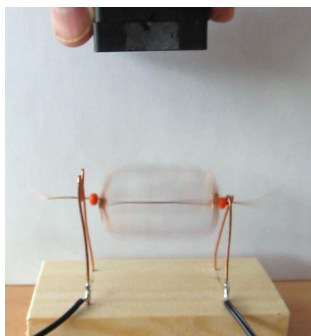
<sup>8</sup> Pokud by se vám podařilo obě části osy oškrábat úplně, můžete zkusit část znovu zaizolovat tak, jak to uvádí článek [19]: zamalováním části osy fixem (zřejmě lihovým). Praktická zkouška se zvonkovým drátem ukázala, že toto řešení víceméně funguje, ale nebyl bych si jistý, jak dlouho takováto izolace vydrží, tak ho zde zmiňuji bez záruky.

měnit napětí zdroje, resp. proud motorkem: Při vyšším napětí, resp. proudu je rychlost otáček vyšší.<sup>9</sup>

Můžeme však provést i další, poněkud nestandardní pokusy.

### Další pokusy s motorkem

Motorek se samozřejmě točí nejlépe, když je závit co nejbliž k magnetu. Kupodivu se však točí (při napájení ze zdroje 4,5 V přes žárovku 0,2 A), i když magnet je od závitů vzdálen i několik centimetrů, viz obr. 7.<sup>10</sup>



Obr. 7. Motorek se točí, i když je magnet dál od závitů.

Magnet také nemusí být pod nebo nad závitěm; obrázek 8 ukazuje, že motorek funguje i s magnetem vedle závitů. (Když si nakreslíte indukční čáry, uvidíte, že magnetická indukce v závitě míří víceméně svisle, stejně jako když je magnet pod závitěm.)

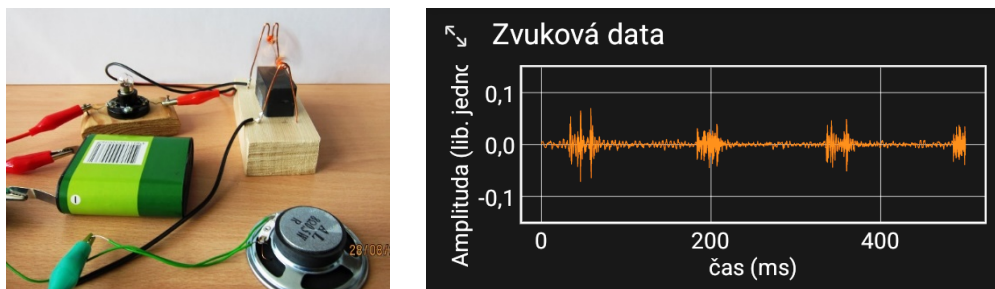


Obr. 8. Magnet může být po straně závitů.

Pro měření frekvence otáček můžeme proud do motorku pustit přes reproduktor, jeho zvuk zaznamenat pomocí smartphonu a analyzovat v aplikaci phyphox, viz obr. 9.

<sup>9</sup> Lze dosáhnout frekvence až asi 20 otáček za sekundu.

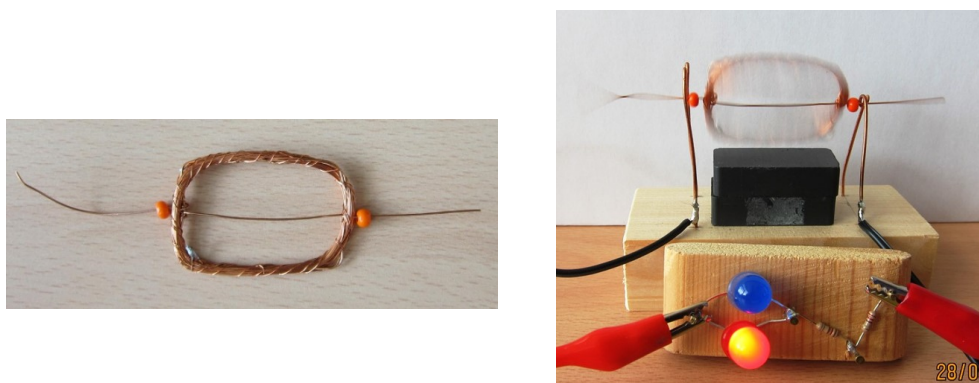
<sup>10</sup> Vzdálenost osy od pólu magnetu může být až skoro 5 cm. Při připojení přímo na 4,5 V motorek fungoval dokonce i když byl magnet vzdálen od osy až téměř 9 cm. V tomto případě však už motorkem teče velký proud a baterie pracuje skoro do zkratu, takže tuto demonstraci je potřeba dělat jen krátce.



Obr. 9. Frekvenci otáčení lze měřit pomocí reproduktoru a smartphonu.

### Motorek s více závitů z tenkého drátu

Z úvah zmíněných výše je zřejmé, že aby motorku stačil co nejmenší proud, je třeba použít co nejtenčí drát. Na druhou stranu, osa nemůže být z příliš tenkého drátu, protože by se ohnula. Nabízí se tedy možnost udělat osu z tlustšího drátu a zbytek navinout tenčím drátem. Z tlustšího drátu je kromě samotné osy vhodné udělat ještě třeba dva závitů, aby cívečka držela tvar. Výsledek je vidět na obr. 10: Osa a dva závitů jsou vinuty drátem o průměru 0,5 mm, dalších 73 závitů je drátem o průměru 0,13 mm.<sup>11</sup> Poslední závitů tenčího drátu jsou ovinuty kolem předchozích závitů, aby výsledná cívečka byla pevnější.



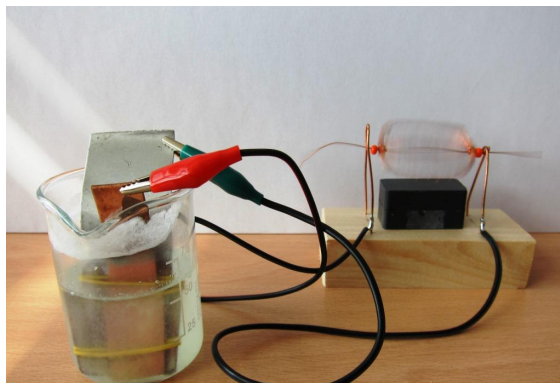
Obr. 10. Motorek se 75 závitů a jeho napájení přes LED.

Jak je vidět z obr. 10, motorek se točí i při napájení přes LED (a sériový odpor), tedy při proudu necelých 20 mA. Ve skutečnosti mu stačí proud ještě výrazně menší: točil se, byť pomalu, i při proudu pouhých 3,5 mA (!).

Jak ukazuje obr. 11, k napájení tohoto motorku stačí i zcela primitivní galvanický články tvořený kouskem měděného a kouskem hliníkového plechu ve slané vodě.<sup>12</sup>

<sup>11</sup> Drát tohoto průměru byl užít, protože byl k dispozici, nejde o výsledek nějakého složitého výpočtu.

<sup>12</sup> Motorek se na něj točil jen chvilku, ovšem když byl článek odpojený od motorku „nabit“ připojením k ploché baterii na asi 2 až 3 sekundy, vydržel motorek roztáčet hodně rychle po dobu asi půl minuty. Nabízí se zde téma k pokusničení pro ty, kdo umí dělat lepší jednoduché galvanické články...



Obr. 11. Motorek se 75 závitů napájený z primitivního galvanického článku.

Motorek lze napájet i z malého solárního článku. Nepotřebuje přitom velké napětí. Ohmický odpor dané cívky je jen něco přes  $7\ \Omega$ , takže z Ohmova zákona při proudu  $3,5\ \text{mA}$  dostaneme napětí asi  $25\ \text{mV}$ . K tomu musíme připočítat napětí indukované v cívce otáčející se v magnetickém poli permanentního magnetu, ale tomu se v tomto příspěvku nebudeme věnovat. Měření ukázalo, že cívka se 75 závitů se točí už při připojení na napětí asi  $50\ \text{mV}$ .

### Šlo by použít silnější magnety – a proč zůstat u feritových

Menší proud by pro pohon motorku stačil, pokud by byla větší magnetická indukce  $B$ . Pro použité feritové magnety měla magnetická indukce blízko pólu hodnotu přibližně  $0,08\ \text{T}$ . (Šlo o 2 magnety na sobě, viz třeba obr. 5, měřeno asi  $0,5\ \text{cm}$  od plochy magnetu.) S neodymovými magnety je magnetická indukce (i dle údajů výrobce) asi 3,5-krát větší.

Skutečně tomu odpovídá chování motorku: motorek s 75 závitů se dvěma neodymovými magnety (stejných rozměrů, jako ty feritové), se točí už při proudu jen asi  $1,1\ \text{mA}$ .

Proč tedy neužívat vždy neodymové magnety místo feritových? Jeden důvod, pro použití ve škole asi významný, souvisí s tím, že s neodymovými magnety o rozměrech  $4 \times 2 \times 1\ \text{cm}$  se musí manipulovat přece jen opatrněji. Dodavatelé uvádějí přídržnou sílu  $25\ \text{kg}$ , někdy i  $29\ \text{kg}$ <sup>13</sup>, a to už je dost na to, aby se magnet mohl k nějakému feromagnetickému předmětu hodně rychle „přicvaknout“. Druhý důvod je ekonomický. Podle současných cen jsou dané neodymové magnety více než 23-krát dražší než stejně velké magnety feritové. A dát za dva magnety do jednoduchého motorku kolem čtyř set korun, to si asi ve škole rozmyslíme.<sup>14</sup>

### Cívka místo magnetu

Inspirováni webovým návodem [20], můžeme se při konstrukci motorku obejít i bez permanentního magnetu. Místo něj může magnetické pole, v němž se točí závit, vytvořit cívka. Jak ukazuje obr. 12, můžeme to udělat i v naší konstrukci motorku.

<sup>13</sup> Na newtony si to musíme přepočítat sami...

<sup>14</sup> Dva feritové hranolové magnety  $4 \times 2 \times 1\ \text{cm}$  vyjdou v současné době u dodavatelů jako jsou Unimagnet nebo Neomag na  $16\ \text{Kč}$ , to už mi připadá výrazně akceptovatelnější.



Obr. 12. Motorek s cívkou místo magnetu.

Cívka vytvářející magnetické pole je ze zvonkového drátu, má asi 20 závitů a je na kousku polystyrénu, aby byla co nejbližší rotujícímu závit. V našem případě je zapojena do série s rotujícím závit. <sup>15</sup>

Motorek s cívkou místo magnetu funguje, ovšem s rotorem s 10 závitů potřebuje proud okolo 1,5 A či více. Spolehlivě se točí při připojení na jednu plochou baterii 4,5 V; pomalu už při napětí asi 2,5 V ze dvou článků školního akumulátoru. <sup>16</sup>

Na tomto typu motorku můžeme ukázat několik rozdílů oproti motorku s permanentním magnetem:

- Při přepólování zdroje se směr otáčení nezmění.
- Motorek funguje i na střídavý proud. <sup>17</sup>
- Směr otáčení se změní, když přepólujeme jen cívku budící magnetické pole, nebo jen rotor. (A to jak při napájení stejnosměrným, tak střídavým proudem.)

Účastníkům Veletrhu nápadů učitelů fyziky nebo akcí Elixíru do škol netřeba asi zdůrazňovat, že všech těchto případech jde o příležitost diskutovat se žáky, proč tomu tak je...

### „Záhada“: motorek s plně oškrábanou osou

Článek [12] upozorňuje na věc na první pohled nepochopitelnou: Motorek s pár závitů se může točit, i když jsou obě části osy zcela oškrábány. To vypadá jako naprostá záhada. Žáky a studenty přece učíme, že cívka se stálým proudem se chová jako magnet, takže ve vnějším magnetickém poli se pouze natočí. Není důvod, proč by se měla roztočit. A přitom pokus na obr. 13 se dvěma a půl závitů <sup>18</sup> zvonkového drátu (který byl na osách zbaven plastové izolace) ukazuje, že se tento motorek opravdu točí! <sup>19</sup>

<sup>15</sup> Takto jsou cívky statoru a rotoru často zapojeny i v elektrických motorech užívaných v praxi. (Tento typ elektromotoru bývá označován jako sériový elektromotor.)

<sup>16</sup> S rotorem se 75 závitů stačí menší proud, ale díky většímu odporu je potřeba vyšší napětí, asi 6 až 9 V.

<sup>17</sup> Musíme mít ovšem zdroj, který dodá dostatečný proud. Starý zvonkový transformátor, který dával maximální proud jen asi 0,2 A, motorek „neutáhl“.

<sup>18</sup> Jde tedy o nesymetrický závit typu, který je ukázán na obr. 6 vlevo.

<sup>19</sup> Potřebuje k tomu proud přes 1 A, ale opravdu se točí. A nejde o žádný podfuk, žádná část os není ničím natřena, aby to přerušovalo proud.





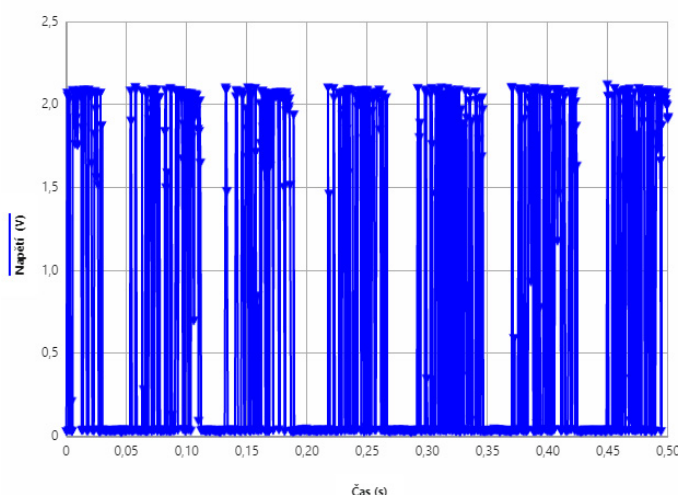
Obr. 13. Motorek, kde obě části osy jsou vodivé ze všech stran.

V článku [12] je toto chování vysvětleno tak, že je důsledkem nehomogenity pole magnetu. Dál od magnetu je pole slabší, takže na vodič, který tam je, působí menší silou... Přesnou argumentaci tu nebudeme uvádět, museli bychom kopírovat část daného článku. Bohužel ale podrobnější rozbor ukáže, že je to argumentace příliš zjednodušená a fakticky fyzikálně nesprávná.<sup>20</sup>

Přitom správné vysvětlení bylo ve stejném časopise uveřejněno už o řadu let dříve, viz [21]. Spočívá v tom, že kontakt os s očky přivádějícími proud není stálý. Díky tomu, že závit je nesymetrický, v závěsech trochu „nadskakuje“.

Jednoduše to kvalitativně můžeme pochopit pomocí odstředivé síly (v soustavě rotující spolu se závitem). Část závitu, kde jsou tři vodiče, má větší hmotnost než část, kde jsou dva vodiče. To znamená, že odstředivá síla míří od osy směrem k části, kde jsou tři vodiče. A při dostatečně rychlých otáčkách může odstředivá síla překonat tíhovou (když je hmotnější část závitu nahoře) a závit nadskočí. Tím se přeruší kontakt s očkem, a tedy i proud.

Že tomu tak je, ukazuje záznam proudu protékajícího motorkem, na obrázku 14.<sup>21</sup>



Obr. 14. Přerušování proudu díky nadsakování závitu.

<sup>20</sup> Bližší rozbor zde též pomineme, je to téma na jiný, více teoretický článek.

<sup>21</sup> Měření bylo provedeno pomocí voltmetru firmy Vernier připojeného k jejich dataloggeru Labquest2. Bylo měřeno napětí na odporu  $1\ \Omega$  zapojeném v sérii s motorkem. (Proto je na svislé ose grafu napsáno „napětí“. Z údajů v grafu vidíme, že proud procházející motorkem byl přes  $2\ \text{A}$ .)



O tom, že příčinou přerušování proudu je nadskakování závitů, nás přesvědčí i skutečnost, že k tomu, aby tento motorek fungoval, se potřebuje točit dostatečně rychle. Při malých otáčkách odstředivá síla nestačí k nadzdvíhnutí závitů, a tedy k přerušení proudu. Proto musíme na začátku do závitů dostatečně výrazně „šťouchnout“.

Přerušování proudu nadskakováním osy se samozřejmě nedělá v žádném elektromotoru používaném v praxi, ale pro přemýšlení a pokusničení je to myslím problém pěkný.

## Závěr

Neprobrali jsme zde samozřejmě všechno, co by se v souvislosti s motorkem s pár závitů dalo promýšlet, měřit a zkoumat. Jen okrajově jsme se například dotkli otázky, jaká má být nejlepší velikost závitů.

Pro demonstrační účely by samozřejmě bylo vhodné mít závitů podstatně větší než ty, které jsme prezentovali v pokusech uvedených výše. Ovšem to by vyžadovalo také výrazně větší magnety. Při snaze o optimalizaci bychom tak asi dospěli ke konstrukci podobné té, kterou Václav Piskač prezentoval v [5] a [6].

Ale snad i konstrukce „motorku s pár závitů“ popsané výše mají svou cenu. Jsou levné<sup>22</sup> a dostatečně jednoduché, takže si je mohou zhotovit a experimentovat s nimi i sami žáci a studenti. Navíc v nich nejsou žádné technické záludnosti, takže většinou spolehlivě fungují „na první dobrou“.<sup>23</sup>

Pokud vás něco z výše uvedeného zaujalo, přeji vám i vašim žákům radostné a úspěšné konstruování a bádání.

## Literatura

- [1] J. Yap, D. MacIsaac: *Analysing simple electric motors in the classroom*. Phys. Educ. 41 (2006) p. 427-431. Dostupné online: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0031-9120/41/5/007>
- [2] Johnson D.: *The Johnson D.C. electric motor recipe: A New Twist to the Mystery of the Electric Motor*. J. College Sci. Teachers 26 (1997) p. 437–438. Dostupné online: <https://www.jstor.org/stable/42990577>
- [3] Fyzweb (část Bizarní krámy): *Opravdu velmi jednoduchý elektrický motor*. Dostupné online: [https://fyzweb.cz/materialy/bizarni\\_kramy/motor.php](https://fyzweb.cz/materialy/bizarni_kramy/motor.php)  
Z anglického originálu *Bizarre Stuff You Can Make in Your Kitchen* s laskavým souhlasem autora Briana Carusella přeložila a komentářem doplnila Michaela Křížová. (Originální stránky *Bizarre Stuff You Can Make in Your Kitchen* zřejmě již nejsou na webu k dispozici. Na stránkách <https://bizarrelabs.com/main.htm>, na nichž je jako autor uveden i Brian Carusell, již daný elektrický motor nenajdeme.)

---

<sup>22</sup> Tedy „low-cost“, chceme-li být ve svém vyjadřování světovní. :-)

<sup>23</sup> Jen pozor, aby se vám nestalo to, co jednou mně. Vzal jsem drát, který *vypadal* jako smaltovaný. (Když jsem ho oškrabával, zesvětlal, takže jsem nepojal žádné podezření.) Ale motorek z něj udělaný se netočil a netočil, ani při napájení velkým proudem. Nakonec jsem zjistil, že šlo o vodič zcela *neizolovaný*. V obou částech závitů tedy tekla proud stejným směrem, celé to prostě fungovalo jen jako zkrat. Od těch dob si pečlivě kontroluji, že vodič pro motorek opravdu *je* smaltovaný...

- [4] Exploratorium: *Stripped-Down Motor. Make a simple mini-motor*. Dostupné online: <https://www.exploratorium.edu/snacks/stripped-down-motor>
- [5] Piskač V.: *Z fyzikálního šuplíku 002*. In: Sborník konference Veletrh nápadů učitelů fyziky 17 (2012), s. 238-241. Dostupné online: <https://vnuf.cz/sbornik/prispevky/17-32-Piskac.html>
- [6] Piskač V.: *Vodič v magnetickém poli*. (Fyzikální šuplík, 2011, s.11: *Jednopolový komutátor*). Dostupné online: [https://fyzikalnisuplik.websnadno.cz/elektro/vodic\\_v\\_magnetickem\\_poli.pdf](https://fyzikalnisuplik.websnadno.cz/elektro/vodic_v_magnetickem_poli.pdf)
- [7] Žák V.: *Elektřina a magnetismus – v hlavní roli tužková baterie*. In: Sborník konference Veletrh nápadů učitelů fyziky 22 (2017), s. 331-336. Dostupné online: <https://vnuf.cz/sbornik/prispevky/22-26-Zak.html>
- [8] Žák V.: *Dvoje laboratorní práce z fyziky, při kterých se vyrábí*. Matematika-fyzika-informatika 19 (2009-2010, č.4), s. 218-227.
- [9] Belluš M.: *Vodič s proudem v magnetickém poli. Jednoduchý „elektromotor“*. In: Sborník konference Veletrh nápadů učitelů fyziky 1 (1996), s. 95. Dostupné online: <https://vnuf.cz/sbornik/prispevky/01-04-Bellus.html>
- [10] Rojko M. a kol.: *Fyzika kolem nás. Fyzika I pro základní a občanskou školu*. Scientia, 1995. ISBN 80-855827-83-2
- [11] Wikipedia: *Electric motor*. Dostupné online: [https://en.wikipedia.org/wiki/Electric\\_motor](https://en.wikipedia.org/wiki/Electric_motor)
- [12] Huaihua Zhang, Jinglu Zhang, W. J. Browne: *A Hands-on Investigation of Simple Motors*. Phys. Teach. 63 (2025), p. 126–128. Dostupné online: <https://doi.org/10.1119/5.0166117>
- [13] *Sps Demo Simple Motor*. Dostupné online: <https://www.scribd.com/document/685116096/sps-demo-simple-motor> nebo na: <https://www.studocu.com/in/document/holy-innocent-public-school/physics-sl/sps-demo-simple-motor-gggg/115013726>
- [14] Science Buddies Staff: *Build a Simple Electric Motor!* (2023). Dostupné online: [https://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/project-ideas/Elec\\_p051/electricity-electronics/build-a-simple-electric-motor](https://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/project-ideas/Elec_p051/electricity-electronics/build-a-simple-electric-motor)
- [15] Yuki Matsumoto; Kei Sakaki; Mamoru Sakaki: *Development of a New Method for Assembling a Bipolar DC Motor as a Teaching Material*. Phys. Teach. 55 (2017), p. 293–297. Dostupné online: <https://doi.org/10.1119/1.4981037>
- [16] Seok-In Hong, Jung-In Choi; Seok-Cheol Hong: *Making a Simple Self-Starting Electric Motor*. Phys. Teach. 47 (2009), p. 204–205. Dostupné online: <https://doi.org/10.1119/1.3098202>
- [17] Wikipedia: *American wire gauge*. Dostupné online: [https://en.wikipedia.org/wiki/American\\_wire\\_gauge](https://en.wikipedia.org/wiki/American_wire_gauge)
- [18] Heejin Lee et al.: *Simple motor variants*. Phys. Educ. 57 (2022) 045014. Dostupné online: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6552/ac50a3>

- [19] *Building a simple motor*. Dostupné online: [https://www.bgsu.edu/content/dam/BGSU/nwo/documents/STEMinPark/2017activity\\_cards/Build-a-Simple-Motor-Activity.pdf](https://www.bgsu.edu/content/dam/BGSU/nwo/documents/STEMinPark/2017activity_cards/Build-a-Simple-Motor-Activity.pdf)
- [20] SciToys: *A motor with two coils*. Dostupné online: [https://scitoys.com/two\\_coils.html](https://scitoys.com/two_coils.html)
- [21] Klitnick A. F., Rickard M. J.: *Mystery motor demystified*. Phys. Teach. 39, p. 174–175 (2001). Dostupné online: <https://doi.org/10.1119/1.1364065>

# Modely elektrického obvodu z 3D tiskárny

Daniel Eret

Masarykovo gymnázium Plzeň; Univerzita Hradec Králové, Přírodovědecká fakulta, Katedra fyziky, Hradec Králové

Abstrakt

*Příspěvek představí několik možností tvorby modelů elektrického obvodu na míru pomocí 3D tiskárny. Zahrnutý budou jak žákovské stavebnice, tak demonstrační sady. V neposlední řadě se příspěvek bude věnovat i 3D tištěným modelům elektrického obvodu, které využívají vodní či mechanické analogie.*

## Úvod

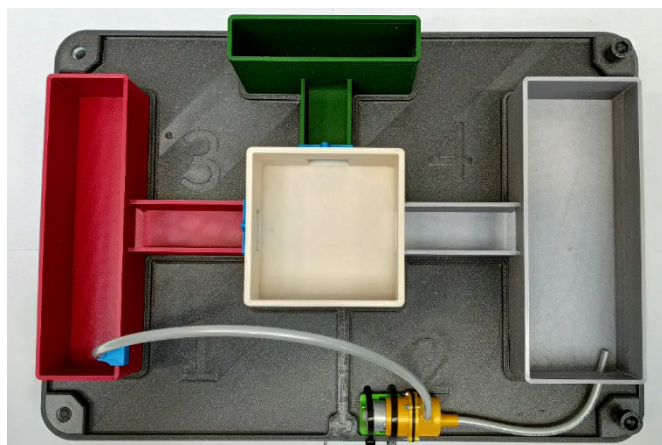
Technologie 3D tisku je čím dál více dostupná pro školy, ať už v rámci výuky informačních technologií či technických předmětů. Pro učitele se však může jednat o zajímavou možnost tvorby vlastních pomůcek do výuky.

Níže je soupis některých pomůcek pro výuku elektrického obvodu a dějů v elektrických součástkách, které lze vytvořit převážně pomocí 3D tiskárny.

## Simulátor elektrických součástek vodou

Analogie mezi elektrickým a hydromechanickým modelem může být využita při výkladu základů elektrických obvodů a některých elektronických součástek. Často však zůstává u výkladu doprovázeného obrázky či nákresy na tabuli.

Praktickou realizaci této analogie vytvořili žáci SPŠ TOS Varnsdorf, jmenovitě Jakub Řezníček, Tomáš Slavík a Michal Vrána pod vedením Ing. Martina Horčíka, v rámci soutěže o nejlepší výukový model zhotovený 3D tiskem pořádaný fakultou strojní TUL [1]. Celý model je pak bezplatně dostupný na webu Printables [2].

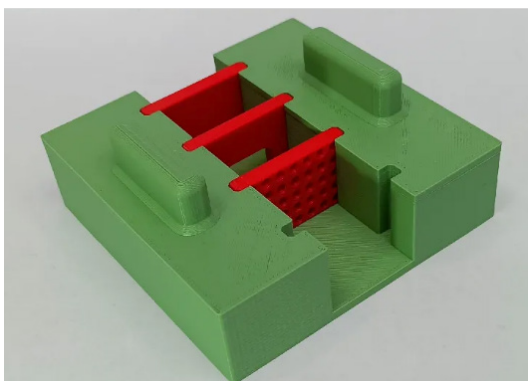


Obr. 1. Simulátor elektrických součástek vodou (podložka) [2].

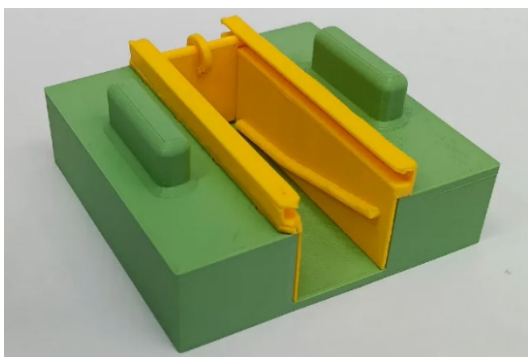
Model je zhotovený z podložky se třemi nádobami na vodu, centrální nádoby pro vložení konkrétní součástky a propojovacích cest. V rámci původního designu je i otvor ve spodní

nádobě (na Obr. 1 vpravo v šedivé barvě), jenž slouží k připojení malého čerpadla [2]. Po vložení součástky do prostřední nádoby se uvolní díl oddělující horní přepážku naplněnou vodou (na Obr. 1 vlevo v červené barvě) od součástky a tou začne procházet voda do spodní nádoby. Třetí nádobu (na Obr. 1 nahoře v zelené barvě) lze také naplnit vodou. Pak může sloužit jako analogie druhého zdroje elektrického napětí pro simulaci třípólových polovodičových součástek.

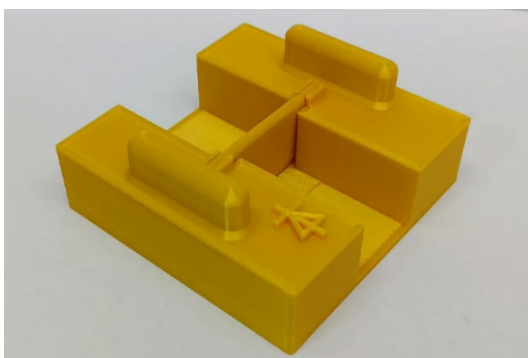
Mezi simulované součástky patří např. rezistory, potenciometr, dioda, tranzistor nebo diak. Celý model je relativně jednoduchý na složení z jednotlivých tištěných dílů, k jeho kompletaci je však potřeba i lepidla na plast a v případě některých součástek maticek, či dokonce magnetů. Součástky jsou funkční a v případě těch jednodušších (rezistor, potenciometr, dioda) efektně reprezentují děje ve skutečných elektrických součástkách.



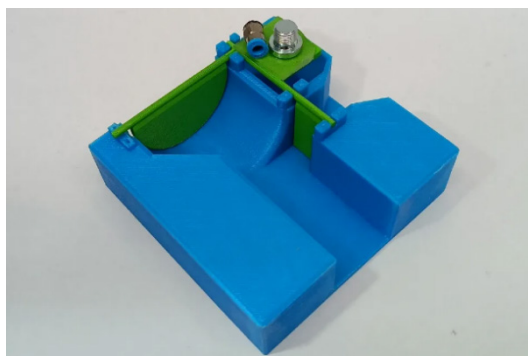
Obr. 2. Realizace rezistoru [2].



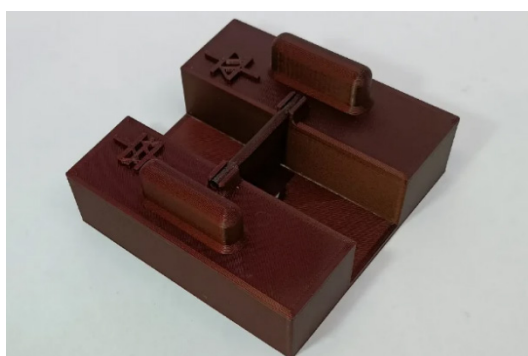
Obr. 3. Realizace potenciometru [2].



Obr. 4. Realizace diody [2].



Obr. 5. Realizace tranzistoru [2].



Obr. 6. Realizace diaku [2].

Přesto tento model nekoresponduje se všemi ději v elektrických součástkách. Například u modelu rezistoru je možné přidat více než jednu přepážku blokující průchod vodního proudu. Celkový objemový průtok vodního toku, který v tomto případě koresponduje s elektrickým proudem, však závisí pouze na překážce s nejmenší plochou pro průtok. To však neodpovídá skládání odporů v elektrickém obvodu, což zabraňuje většímu využití modelu mimo demonstrační účely.

### Model elektronů a děr v polovodiči

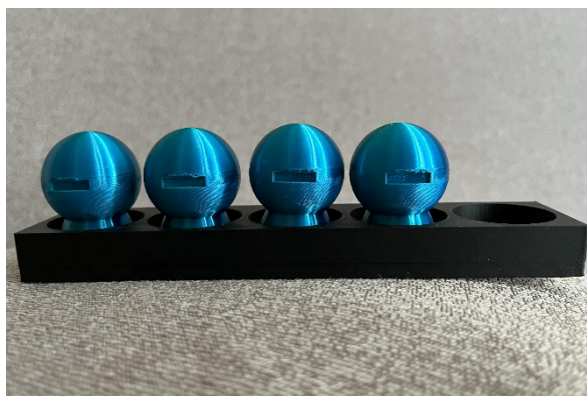
V polovodičích je nosičem kladného elektrického náboje pseudočástice zvaná díra. Pokud bychom tento koncept chtěli přiblížit žákům, můžeme využít přirovnání k frontě [3] na oběd. První člověk dostane oběd, všimne si toho druhý, posune se na jeho místo, čehož si všimne třetí, posune se na místo druhého atd. Této podobnosti můžeme využít k demonstračnímu experimentu se zapojením žáků.

Autor tohoto příspěvku se však v praxi nejednou setkal s tím, že žáci udělali všichni krok vpřed najednou, nebo velmi rychle po sobě. Díky tomu nebyl kýžený jev patřičně viditelný.

Z tohoto důvodu autor vytvořil 3D tisknutelný model reprezentující elektrony a díry v polovodiči [4]. Kromě samotných elektronů model obsahuje i podložku, jež představuje místa ve valenční vrstvě atomů polovodiče. V ní zůstane vždy jedno místo volné a bude při přesouvání jednotlivých elektronů cestovat opačným směrem jako díra. Celý model je pak opět bezplatně dostupný na webu Printables [4].



Samozřejmě lze stejného efektu dosáhnout i s jinými dostupnými předměty (figurky od deskových her, tenisové míčky, jablka atd.).



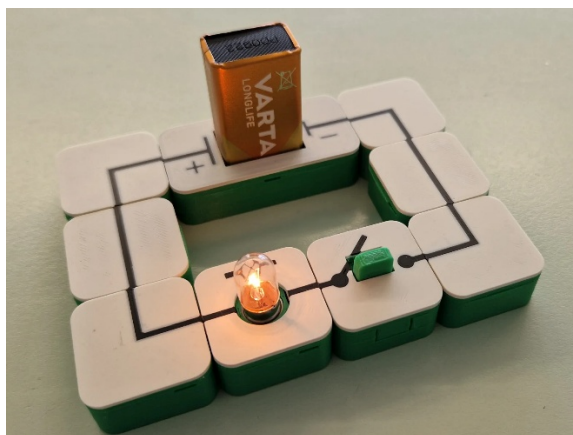
Obr. 7. Model elektronů a děr v polovodiči [4].

## Snaptronics

Christian Schepers vytvořil blokovou elektronickou stavebnici, k jejímuž sestavení je zapotřebí pouze 3D tiskárna, měděná samolepící páska a kuličkové neodymové magnety. Do jednotlivých bloků se přilepí měděná páska, která v místech určených pro kontakt s dalšími bloky překrývá zabudované magnety. Ty pak umožňují co nejlepší kontakt mezi sousedními díly, a tedy zaručují vodivost celé stavebnice. Navíc relativně volné uložení kuličkových magnetů umožňuje, že se uvnitř bloku otočí a díly se nebudou odpuzovat [5].

Původní design Christiana umožňuje i upravení dílů. Tedy ačkoliv neobsahuje např. díly s rezistory či tranzistory, je možné je v libovolném softwaru pro tvorbu 3D modelů přizpůsobit vlastním účelům.

Sestavování některých dílů však může být poněkud komplikovanější. Zejména blok uzpůsobený pro osazení žárovky musí být dostatečně očištěn od převisů tiskového materiálu, aby šlo žárovku bez problémů osadit. Taktéž je nutné dávat pozor na dostatečnou vodivost jednotlivých částí. Jednak u části samotné, jednak při propojení více částí dohromady. K testování však postačí multimetr a trocha trpělivosti.



Obr. 8. Snaptronics [5].

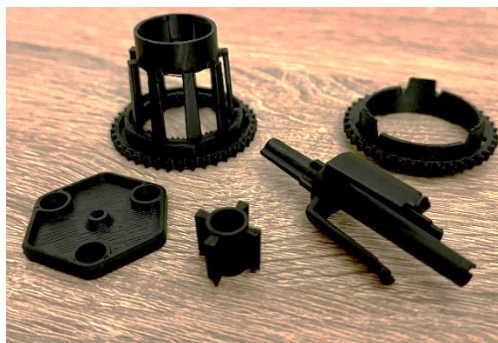


Veškerá dokumentace, včetně 3D modelů a anglického návodu na sestavení jednotlivých dílů, je bezplatně dostupná na webu Printables [5].

## Spintronics Virtual Pack

Výuková stavebnice Spintronics byla prezentována již na Veletrhu nápadů učitelů fyziky 29 [6]. V té době již byla zmíněna možnost 3D tisku jejích jednotlivých komponentů, nicméně nebyla prakticky prozkoumána.

Spintronics Virtual Pack, který lze zakoupit na oficiálních stránkách společnosti Upper Story [7], obsahuje jak 3D modely jednotlivých součástí, tak i anglický návod na jejich kompletaci. K té je potřeba i některých dalších dílů, které je nutné samostatně koupit (pružiny, ložiska, šrouby, magnety, silikonové oleje...). Samotné tištěné díly pak většinou vyžadují tisk z materiálu ABS, jenž zaručuje vysokou mechanickou odolnost [8]. Zároveň však vyžaduje specifické podmínky tisku kvůli toxickým výparům, které se během tohoto procesu z ABS uvolňují [8].



Obr. 9. Některé tištěné součástky před sestavením.

Navíc některé specifikované díly nejsou v České republice běžně k dostání. Například pružiny a šrouby jsou specifikovány v imperiálních jednotkách a v hobbymarketech se jejich náhrada hledá obtížně. Přesto je možné podle instrukcí sestavit součástku kompatibilní se stavebnicí Spintronics.

Vzhledem k těmto skutečnostem se vyplatí spíše koupě originální stavebnice. Využití možnosti 3D tisku jednotlivých dílů je tedy vhodnější v případě opravy poškozených součástí.



Obr. 10. Sestavený spínač pro stavebnici Spintronics.

## Závěr

Tisknutí výukových pomůcek pomocí 3D tiskáren se jeví jako relativně dostupná možnost rozšiřování možností výuky fyziky. Přesto je však důležité individuální uvážení, zda bude daná pomůcka využitelná u konkrétní skupiny žáků, případně jestli bude mít požadovaný pozitivní dopad na vzdělávací proces.

## Literatura

- [1] *Soutěž o nejlepší výukový model z oblasti techniky nebo přírodních věd zhotovený 3D tiskem*. Online. Fakulta strojní TUL. 2025. [cit. 2025-09-04]. Dostupné z: <https://www.fs.tul.cz/soutez>.
- [2] *Simulátor elektrických součástek vodou*. Online. Printables. 2025. [cit. 2025-09-04]. Dostupné z: <https://www.printables.com/education/1325994-simulator-elektrickych-soucastek-vodou>.
- [3] RANDA, Miroslav; HAVEL, Václav; KÉHAR, Ota; KOHOUT, Václav; KRATOCHVÍL, Pavel et al. *Fyzika 9: pro základní školy a víceletá gymnázia*. Škola s nadhledem. Plzeň: Fraus, 2019-2020. ISBN 978-80-7489-475-6.
- [4] *Model elektronů a děr v polovodiči*. Online. Printables. 2025. [cit. 2025-09-04]. Dostupné z: <https://www.printables.com/model/1394781-model-elektronu-a-der-v-polovodici>.
- [5] *Snaptronics – Solder-free electric circuit construction kit*. Online. Printables. 2025. [cit. 2025-09-04]. Dostupné z: <https://www.printables.com/education/500373-snaptronics-solder-free-electric-circuit-construct>.
- [6] Eret, Daniel. *SPINTRONICS: Mechanická stavebnice modelující elektrické obvody*. Západočeská univerzita v Plzni, 2024. ISBN 978-80-261-1273-0. Dostupné také z: <http://hdl.handle.net/11025/58070>.
- [7] *Spintronics Virtual Pack*. Online. Upper Story. 2025. [cit. 2025-09-04]. Dostupné z: <https://store-eu.upperstory.com/products/spintronics-virtual-pack>.
- [8] *ABS*. Online. PRUSA. 2025. [cit. 2025-09-06]. Dostupné z: [https://help.prusa3d.com/cs/article/abs\\_2058](https://help.prusa3d.com/cs/article/abs_2058).

# Fyzikální jarmark pro prvňáčky: od nápadu k ověřené praxi

Vladimíra Erhartová, Magdaléna Tichá

Doctrina – Podještědské gymnázium, s. r. o.

## Abstrakt

*Fyzikální jarmark pro prvňáčky se v Liberci koná již od roku 2008 a nabízí interaktivní program, v němž starší žáci a studenti připravují pro děti z prvních tříd jednoduché pokusy, aktivity a fyzikální hračky. Cílem je vzbudit zájem dětí o přírodní vědy už na počátku školní docházky a zároveň rozvíjet motivaci a dovednosti starších žáků při vysvětlování fyzikálních jevů. Jarmark tak podporuje zvědavost dětí, inspiruje učitele k zařazování experimentů do výuky a poskytuje metodický rámec využitelný i na dalších školách. K usnadnění využití formátu jarmarku ve výuce může pomoci podrobný návod vypracovaný autorkou příspěvku, studentkou maturitního ročníku gymnázia.*

Fyzikální jarmark pro prvňáčky pořádají žáci a studenti pod vedením Vladimíry Erhartové v Liberci pravidelně od roku 2008. Program vznikl v rámci výuky fyziky na pedagogickém lyceu a rychle se osvědčil – žáci získali vyšší motivaci ke studiu díky zřejmé propojenosti látky s budoucí praxí. Později byl úspěšně začleněn i do předmětu Fyzika v přírodovědě na TUL. V současnosti je součástí výuky fyziky ve 2. ročníku a sextě Doctriny – Podještědského gymnázia, kde mimo jiné pomáhá žákům rozpoznat, zda mají předpoklady pro práci s malými dětmi.



Obr. 1. Fyzikální jarmark 2025.

Cílem akce je nejen motivovat starší žáky ke studiu, ale také probouzet zájem dětí o fyziku a experimentování již na samém začátku školní docházky. Jarmark je interaktivní program určený žákům 1. tříd, který připravují starší spolužáci – deváťáci, středoškoláci nebo studenti učitelských oborů. Podporuje zvědavost dětí, jejich otevřenost k přírodním vědám i chuť objevovat. Zároveň posiluje motivaci starších žáků ke studiu a inspiruje učitele 1. tříd, jak do výuky zařazovat jednoduché pokusy.

Program tvoří několik stanovišť s jasně vymezenými tématy. Každé zahrnuje demonstrační pokus, aktivitu k vlastnímu vyzkoušení a výrobu jednoduché fyzikální hračky. Děti si tak fyziku nejen prohlédnou, ale především ji prožijí – a domů si odnášejí i hmatatelný suvenýr.



Obr. 2. Fyzikální hračka.

Příprava jarmarku je součástí výuky. Žáci pracují ve dvojicích, samostatně si volí téma, sdílejí postupy a trénují srozumitelné a fyzikálně správné vysvětlování. Tento proces umožňuje učiteli včas odhalit a korigovat případné omyly a zároveň lépe poznat silné stránky žáků, aby mohl výuku cíleně přizpůsobit.



Obr.3. Pokus na vyzkoušení.

Příprava probíhá v rámci pravidelných měsíčních projektů:

- 5 měsíců před akcí – žáci vytvoří dvojice a zvolí téma stanoviště,



- 4 měsíce předem – připraví jednoduchou hračku,
- 3 měsíce předem – připraví pokus k vyzkoušení,
- 2 měsíce předem – připraví demonstrační pokus,
- těsně před akcí – proběhne kontrola pokusů, materiálu a pomůcek, které se roztřídí do tašek podle stanovišť.



Obr. 4. Ukázka stanoviště.

Splněné úkoly žáci pravidelně prezentují na hodinách fyziky. Organizátor jarmarku zároveň sleduje potřeby materiálu a pomůcek a včas oslovuje učitele 1. tříd s nabídkou účasti. Je třeba zajistit, aby na jednom stanovišti nebylo více než v průměru pět dětí. K pořádání se osvědčily jídelny či tělocvičny, ale během covidu proběhly jarmarky úspěšně i přímo v jednotlivých třídách.



Obr.5. Jarmark ve třídě.

Spoluautorka tohoto příspěvku si jako maturantka vyzkoušela kompletní organizaci jarmarku – od plánování po realizaci – a ve spolupráci se studenty kvinty jej připravila pro dvě 1. třídy. Na základě této zkušenosti vznikl podrobný metodický návod publikovaný v rámci středoškolské odborné činnosti: Fyzikální jarmark pro žáky první třídy v pedagogické praxi (dostupné online: <https://archiv.soc.cz/archiv/rocnik47/obor/14>). Text krok za krokem popisuje přípravu i průběh akce a může posloužit jako inspirace pro uspořádání vlastního jarmarku na vaší škole.



Obr.6. Jarmark v jídelně ZŠ.



Obr.7. Fyzikální hračky.

## Workshopy pro aprobované i neaprobované fyzikáře na Přírodovědecké fakultě Univerzity J. E. Purkyně v Ústí nad Labem

Eva Hejnová

Přírodovědecká fakulta, Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem

### Abstrakt

*V akademickém roce 2024/25 připravila Katedra fyziky PŘF UJEP v Ústí nad Labem sérii deseti prakticky zaměřených workshopů určených pro aprobované i neaprobované učitele fyziky ze základních a středních škol v Ústeckém kraji. Workshopy probíhaly ve čtyřhodinových blocích a zaměřovaly se na školní pokusy a laboratorní práce z oblasti mechaniky, termiky, elektřiny, magnetismu, optiky i atomové a jaderné fyziky. Jeden blok byl věnován řešení fyzikálních úloh a pro zvýšení atraktivity bylo zařazeno také astronomické praktikum. V příspěvku je stručně představen obsah jednotlivých workshopů a jsou uvedeny náměty na některé experimenty, které byly na workshopech prezentovány.*

### Stručně o workshopech

Ve školním roce 2024/25 připravila Katedra fyziky Přírodovědecké fakulty Univerzity J. E. Purkyně v Ústí nad Labem sérii deseti prakticky zaměřených workshopů určených pro aprobované i neaprobované učitele fyziky. Jejich cílem bylo přispět ke zkvalitnění výuky fyziky na základních a středních školách v Ústeckém kraji. Aktivita byla podpořena projektem RUR – Region univerzity, univerzita regionu. Workshopy probíhaly ve všední dny v odpoledních hodinách ve čtyřhodinových blocích od října do června. Počet účastníků byl z kapacitních důvodů omezen na deset. Účast na workshopech byla zdarma. Jednotlivé workshopy byly zaměřeny na tato témata (v závorce jsou uvedeni lektori workshopů):

1. Školní pokusy – mechanika (R. Seifert, A. Pešek)
2. Astropraktikum (S. Daniš)
3. Školní pokusy – termika (R. Seifert, A. Pešek)
4. Laboratorní úlohy – mechanika a termika (E. Hejnová)
5. Školní pokusy – elektřina a magnetismus (R. Seifert, A. Pešek)
6. Laboratorní úlohy – elektřina a magnetismus, elektronika (J. Zukerstein, F. Lustig)
7. Školní pokusy – optika (R. Seifert, A. Pešek)
8. Laboratorní úlohy – optika (J. Matoušek)
9. Laboratorní úlohy – atomová a jaderná fyzika (P. Malinský, S. Daniš)
10. Řešení fyzikálních úloh (E. Hejnová)



## Workshopy zaměřené na školní pokusy

V rámci workshopů zaměřených na školní pokusy měli učitelé možnost vyzkoušet si základní i méně známé experimenty vhodné jak pro demonstraci před tabulí, tak i pro samostatnou žákovskou práci. Seznámili se rovněž s pomůckami, které je možné zakoupit, vyrobit nebo vytisknout na 3D tiskárně. Příklady pokusů k jednotlivým tématům:

- Mechanika: nitkový padostroj, kladkostroje, ponorka z PET lahve, fixírka.
- Termika: nehořlavý papír, „hospodské“ experimenty z fyziky.
- Elektřina a magnetismus: rozsvít LED diodu, zkoumáme elektroskop, nabíráme náboj, kondenzátor, výboje v plynech, elektrolýza, „osahejte si“ magnetické pole, vytvořte elektrický proud.
- Optika: oko z krabice, dutá zrcadla, čočky, spektra plynů.

### Tip na pokus: Fixírka

Fixírku lze zakoupit v prodejně výtvarných potřeb, případně vyrobit svépomocí (viz obr. 1). Podklady pro 3D tisk lze nalézt (spolu s vysvětlujícím videem) např. na [1]. Úzkou trubicí fixírky ponoříme do sklenice s vodou a prudce foukáme do širší trubice. Funkci fixírky demonstrujeme např. na suché černé tabuli (s čistou vodou), pozorujeme zvedání vodního sloupce v trubici fixírky (s obarvenou vodou).

Žáci mohou hledat odpovědi na otázky:

- Je nějaký vztah mezi „prudkostí“ foukání a výškou vodního sloupce v tenké trubici?
- Kdy začne fixírka rozprašovat vodu?
- Je nějak možné ovlivnit velikost kapek?



Obr. 1. Fixírka vyrobená svépomocí (foto: R. Seifert).

## Workshopy zaměřené na laboratorní práce

Workshopy zaměřené na laboratorní úlohy nabídly učitelům možnost seznámit se s jednoduchými metodami měření vybraných fyzikálních veličin, které lze využít v rámci laboratorních prací na základní nebo střední škole. Učitelé se rovněž seznámili se základními postupy vyhodnocování přesnosti měření a se zpracováním naměřených hodnot na úrovni základní či střední školy.

V rámci laboratorních úloh z **mechaniky a termiky** byly zařazeny např. tyto úlohy:

- měření hustoty látek,
- měření rychlosti zvuku,
- měření tíhového zrychlení,
- kalorimetrická měření,
- měření povrchového napětí,
- měření výkonu.

#### **Tip na pokus: Jednoduchá kyvadla**

Na stojan zavěsíme tři kyvadla sestavená z tenkého provázku a závažíčka (viz obr. 2). Dvě kyvadla mají stejnou délku, ale různou hmotnost závaží. Další dvě kyvadla mají různou délku, ale stejnou hmotnost závaží. Tímto jednoduchým pokusem, zaměřeným na kontrolu proměnných, lze demonstrovat, že doba kmitu závisí na délce kyvadla, ale nezávisí na hmotnosti závaží.

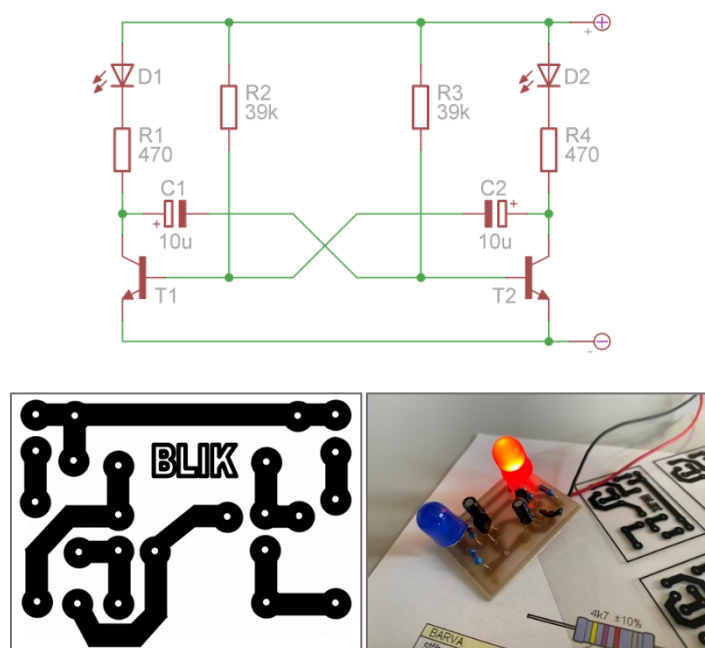
Žáci mohou hledat odpověď na otázku: Co rozumíme délkou jednoduchého kyvadla a jak zajistíme stejnou délku dvou kyvadel s různými závažími?



Obr. 2. Jednoduchá kyvadla (foto: E. Hejnová).

V rámci laboratorních úloh z **elektřiny, magnetismu a elektroniky** byly zařazeny např. tyto úlohy:

- měření elektrických a magnetických veličin,
- prvky elektrických obvodů,
- sestavení elektrického obvodu, jeho uvedení do provozu a kontrola funkce (obr. 3),
- zapojení obvodu s LED diodami pro měření Planckovy konstanty [3].



Obr. 3. Jednoduchý blikáč – schéma zapojení dle [2], návrh plošného spoje blikáče a hotový výrobek (návrh tištěného spoje a foto: J. Zuckerstein).

V rámci laboratorních úloh z **optiky** byly zařazeny např. tyto úlohy:

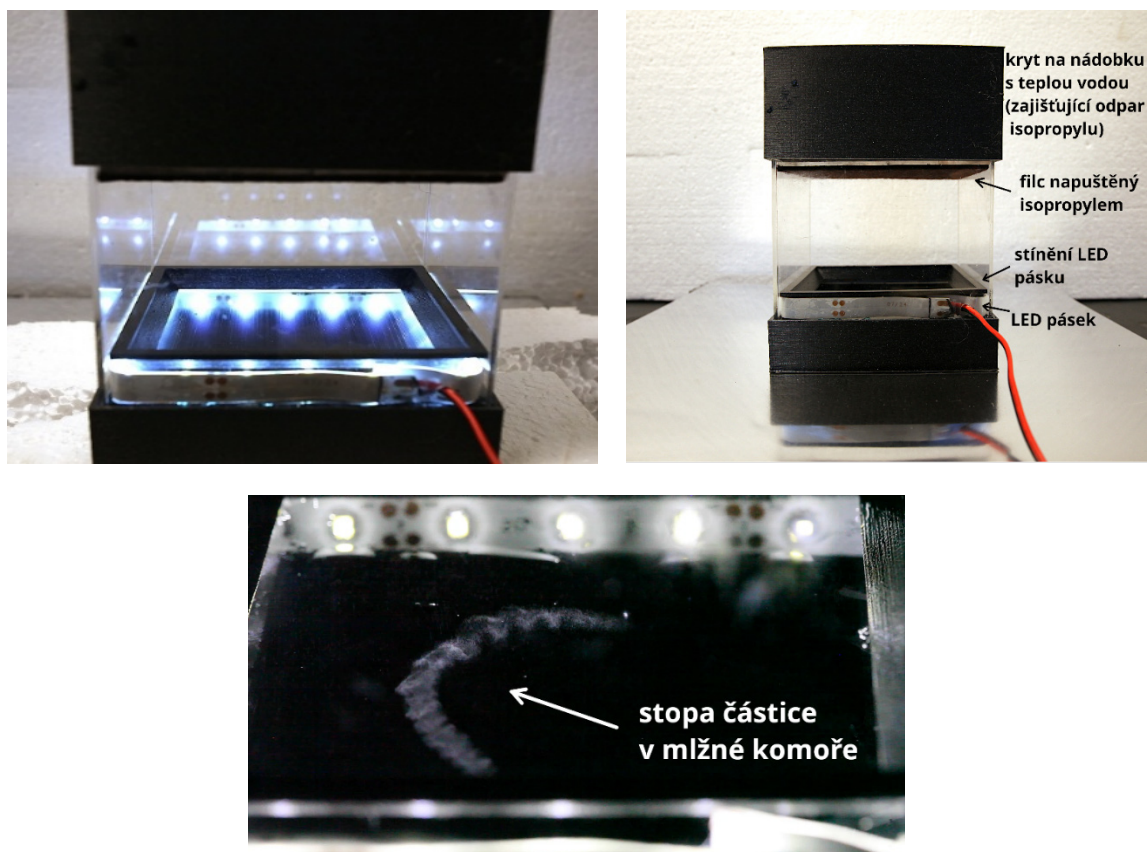
- jednoduché i pokročilé úlohy z paprskové a vlnové optiky,
- měření základních vlastností čoček (spojka, rozptylka),
- měření základních veličin optického prostředí (index lomu, měření stočení polarizační roviny),
- jednoduchý harmonický oscilátor – měření tuhosti pružiny.

V rámci laboratorních úloh z **atomové a jaderné fyziky** byly zařazeny např. tyto úlohy:

- spektra atomů,
- fotoelektrický a Comptonův jev,
- mlžná komora,
- ionizující záření.

#### Tip na pokus: Mlžná komora

Mlžnou komoru lze vyrobit „na koleně“ a lze ji provozovat i bez nutnosti použít kapalný dusík nebo suchý led [4]. Konstrukce komory je tvořena plexisklem, aktivní plochou je hliníkový chladič naplněný chladicím gelem (obr. 4). Chladič s gelem je dán na 24 hodin do mrazáku (vyzkoušeno  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Plexisklová komora je poté na chladič nasazena. Z filcu, který je nasycen isopropylalkoholem, se odpařují jeho páry, které kondenzují na chladiči. Po několika minutách jsou pozorovány první stopy částic. Komora vydrží detekovat přibližně 15–20 minut.

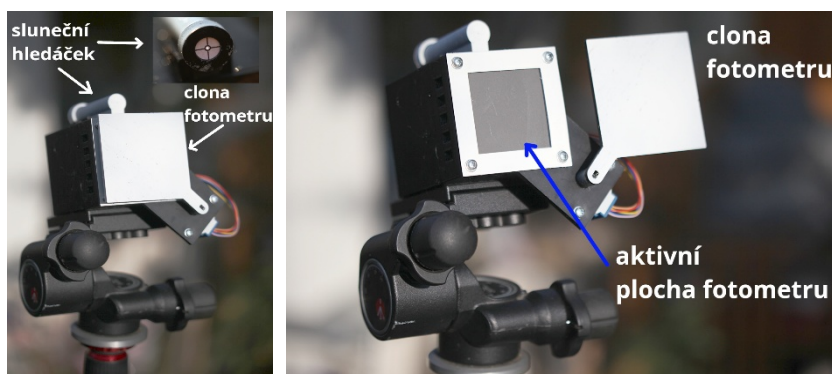


Obr. 4. Mlžná komora (foto: S. Daniš).

## Astropraktikum

V rámci astronomického (denního) praktika měli učitelé možnost si vyzkoušet tyto úlohy:

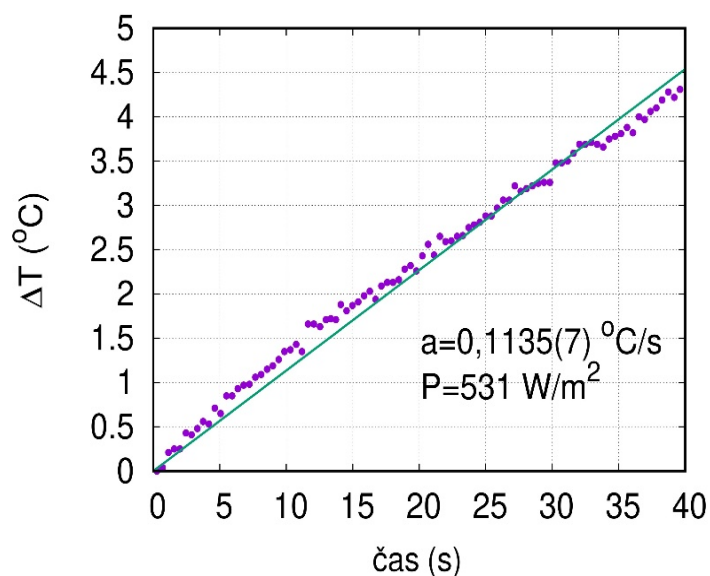
- určení zářivého výkonu Slunce a jeho teploty (obr. 5 a 6),
- zjištění zeměpisné polohy místa pozorování z pravého poledne,
- pozorování Slunce dalekohledem a spektrohelioskopem,
- práce s digitálním planetáriem Stellarium – určení východu/západu Slunce, analema (obr. 7) a další.



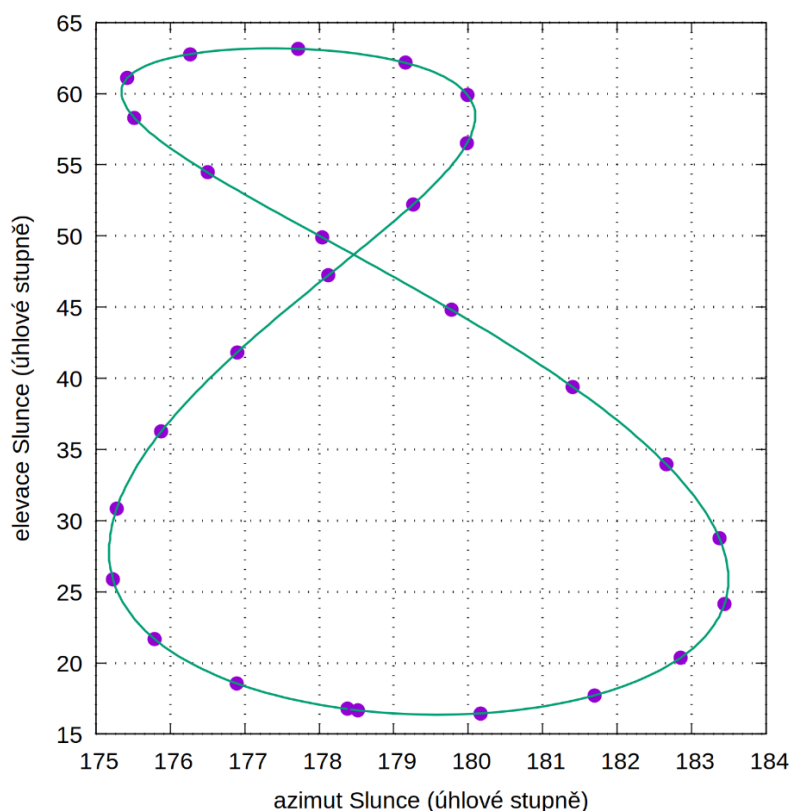
Obr. 5. Fotometr (foto: S. Daniš).

Na obr. 5 je fotografie fotometru vyrobeného s pomocí 3D tiskárny. Sluneční záření dopadá na začerněný bronzový plíšek o známé hmotnosti. Teplota je měřena

bezkontaktním infračerveným čidlem MLX90614, které je vyčítáno Arduinoem. Po odclonění se měří časová změna teploty bronzového plíšku (viz obr. 6), ze které lze určit hodnotu tzv. sluneční konstanty (v našem případě  $531 \text{ W/m}^2$ ) a odhadnout povrchovou teplotu Slunce ( $T_s = 4\,600 \text{ K}$ ).



Obr. 6. Závislost změny teploty bronzového plíšku na čase.



Obr. 7. Graf sluneční analemy určené pomocí Stellaria pro Ústí nad Labem a rok 2024.

## Workshop zaměřený na řešení fyzikálních úloh

V rámci workshopu zaměřeného na školní pokusy měli učitelé možnost vyzkoušet si tyto typy úloh a testů:

- úlohy zaměřené na intuitivní představy žáků (mechanika, elektřina, optika, atomistika),
- úlohy zaměřené na křivočaré pohyby,
- Test kognitivní reflexe,
- Lawsonův test vědeckého uvažování,
- ukázkové úlohy z šetření PISA 2025.

### Tipy na pokusy k úlohám

#### Přenesení míčku pomocí sklenice

Máte k dispozici ping-pongový míček, sklenici od vína a plastovou nádobu. Cílem je dostat míček do plastové nádoby jen pomocí sklenice na víno. Lze se dotknout jen sklenice, ne míčku nebo plastové nádoby. Sklenice na víno přitom musí zůstat převrácená a nesmí se použít jako naběračka.

#### Řešení

Sklenicí přiklopíme ping-pongový míček a roztočíme ho (obr. 8). Míček se musí nacházet pod částí, která je „vertikální“, tj. normálová síla, kterou na míček tlačí sklenice, musí mít vertikální složku směřující vzhůru, aby působila proti gravitaci. Roli dostředivé síly zde hraje horizontální (radiální) složka normálové síly.



Obr. 8. Přenesení míčku pomocí sklenice (foto: J. Matoušek).

#### Úloha: Počet stínů

Žáci mívají problém určit počet stínů a jejich tvar při osvětlení předmětu více zdroji. Typické chybné představy žáků vztahující se k počtu stínů zachycuje úloha na obr. 9. Správná odpověď může být B, pokud jsou zdroje umístěny tak, aby se stíny baletky překrývaly a vytvářel se tak plný stín i polostín.



**Optika**
**Počet stínů**





**Baletka na jevišti je zepředu osvětlena dvěma reflektory.  
Jak bude vypadat její stín, který vrhá na jeviště?**

**A** Baletka bude vrhat **jeden stín**, jehož **sytnost se bude měnit**.

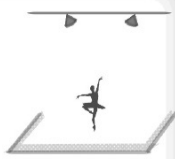
**B** Baletka bude vrhat **dva stíny**, které se mohou **částečně překrývat**.

**C** Baletka bude vrhat **tři stíny**, **prostřední** bude **tmavý** a **dva světlejší**.

**D** Nemáte pravdu. Já si myslím, že ...




Poznámka



Obr. 9. Ukázka úlohy zadané formou diskuze [5].

K prozkoumání počtu a tvaru stínů lze použít dva (nebo i více zdrojů), které jsou blízké bodovým zdrojům (např. dvě malé baterky). Těleso vrhající stín volíme nejdříve co nejjednodušší (např. kouli). Na stínítku (na zdi nebo na stěně krabice) žáci mohou zkoumat tvar a sytnost stínů v případě, že se stíny překrývají (obr. 10).

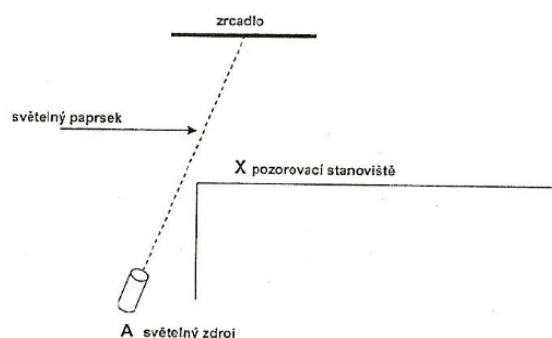


Obr. 10. Plný stín a polostín – uspořádání pokusu v krabici od bot (inspirace: I. Hotová, foto: E. Hejnová).

**Úloha: Je vidět paprsek?**

Úplně zatemněná místnost je opatřena úplně černými tapetami. Stejně tak je černý strop i podlaha. Vzduch v místnosti je úplně bez prachu. Ty stojíš v bodě X (viz obr. 11). V koutě A je umístěna lampa, kterou ty nevidíš. Vysílá úzký světelný paprsek tak, aby dopadl na rovinné zrcadlo přímo proti tobě.

- Můžeš vidět paprsek?
- Vidíš v zrcadle lampu?
- Můžeš se vidět v zrcadle?



Obr. 11. Zadání úlohy a obrázek převzatý z [6].

**Řešení**

Na všechny otázky je záporná odpověď. Abychom mohli vidět paprsek světla, je třeba, aby se světlo rozptýlilo na částicích prachu či kouře. Paprsek (např. z laserového ukazovátka) lze zviditelnit v plastové lahvi s kouřem, který jednoduše získáme z vonné tyčinky (obráz. 12).



Obr. 12. Zviditelnění paprsku v plastové lahvi naplněné kouřem z vonné tyčinky.

**Závěr**

První cyklus workshopů, který jsme označili jako pilotní, účastníci hodnotili velmi pozitivně. Učitelé v reflexi prostřednictvím dotazníků zejména oceňovali možnost osvojit si či rozšířit své experimentální dovednosti. Často zmiňovaným přínosem byla také vzájemná výměna zkušeností a v neposlední řadě i kolegiální podpora mezi účastníky,

mezi nimiž byli jak aprobovaní, tak neaprobovaní učitelé fyziky ze základních a středních škol. Celý cyklus plánujeme opakovat i v dalších letech. Na základě zpětné vazby od účastníků obsah workshopů přizpůsobíme tak, aby se zaměřoval zejména na experimenty využitelné v běžné výuce fyziky, a to jak na střední, tak zejména na základní škole.

## Literatura

- [1] *Fixírka – demonstrace využití Bernoulliovy rovnice*. [cit. 24. 8. 2025]. Dostupné online: <https://www.printables.com/model/421599-fixirka-demonstrace-vyuziti-bernoulliovy-rovnice>
- [2] *Radioklub Ok1KVK*. [cit. 24. 8. 2025]. Dostupné online: <https://ok1kvk.cz/clanek/2008/jednoduchy-smd-blikac/>
- [3] *Vzdálené experimenty*. [cit. 24. 8. 2025]. Dostupné online: <https://www.physics.ujep.cz/cs/vzdalene-experimenty/va-charakteristiky-led-diod/>
- [4] Vaculčíak M.: *MLžné komory v Malém Tibetu*. Čs. čas. fyz. 75 (2025), p. 126-128.
- [5] *Bublinové úlohy*. [cit. 24. 8. 2025]. Dostupné online: <https://www.physics.ujep.cz/cs/materialy-pro-ucitele/>
- [6] Mandíková, D., Trna, J.: *Žákovské prekoncepce ve výuce fyziky*. Paido, Brno 2011.

# Multisenzorická výuka fyziky pro žáky se speciálními vzdělávacími potřebami

Pavlína Hejsková

Technická univerzita v Liberci, Fakulta přírodovědně-humanitní a pedagogická

## Abstrakt

*Multisenzorická výuka fyziky otevírá nové možnosti pro rozvoj porozumění, motivaci a aktivní zapojení všech žáků – včetně těch se speciálními vzdělávacími potřebami. Článek představuje principy multisenzorického přístupu a ukazuje, jak lze fyzikální jevy žákům zprostředkovat prostřednictvím zraku, sluchu, hmatu i pohybu. Na konkrétních příkladech z výuky demonstruje praktické úpravy experimentů a pracovních činností pro žáky nevidomé, slabozraké, neslyšící a žáky s ADHD. Důraz je kladen na dostupné pomůcky, využití 3D tisku a metodické přístupy podporující inkluzi.*

## Úvod

Inkluzivní vzdělávání ve fyzice představuje jednu z významných výzev současného školství. Žáci se speciálními vzdělávacími potřebami (SVP) – zejména nevidomí a slabozrací, neslyšící či žáci s ADHD – potřebují specifické úpravy výuky i pomůcek, aby mohli porozumět základním principům fyziky a aktivně se zapojit do experimentů. Multisenzorická výuka, která kombinuje různé smyslové kanály, představuje efektivní cestu k dosažení těchto cílů.

Výzkumy OECD [1] potvrzují, že inkluzivní vzdělávání zvyšuje spravedlnost i kvalitu výuky. Robert Čapek (viz [2]) zdůrazňuje aktivní zapojení a diferenciaci jako cestu k funkčnímu učení. Učitel fyziky se tak v inkluzivní třídě stává nejen odborníkem na obsah, ale i facilitátorem učení, který přizpůsobuje výukové strategie různým potřebám žáků.

## Zásady multisenzorické výuky

Podstatou multisenzorického přístupu je zapojení více smyslů současně. Učitel strukturuje učivo do menších kroků, kombinuje přímé prožitky s abstraktními pojmy (viz [3]) a poskytuje žákům okamžitou zpětnou vazbu. Takto vedená výuka umožňuje, aby se fyzikální pojmy staly srozumitelnějšími a lépe uchopitelnými i pro žáky se SVP.

## Pomůcky pro nevidomé a slabozraké

Pro nevidomé žáky byly vyvinuty speciální 3D tištěné pomůcky: pravítko s Braillovým písmem a páka s hmatově označenými vzdálenostmi od osy otáčení. Díky nim mohou žáci samostatně měřit délku či ověřovat podmínku rovnováhy momentů sil.

Inspirací byla práce Dankaničové [4], která zdůrazňuje význam kontrastního tisku, zvětšeného písma a speciálních měřidel pro slabozraké žáky. Tyto postupy se osvědčily v praxi a ukazují, že i jednoduché úpravy mohou zásadně zvýšit dostupnost fyzikální výuky.



Obr. 1. 3D tištěné pravítko s Braillovým písmem.

## Specifika vzdělávání neslyšících

Neslyšící žáci čelí ve fyzice řadě bariér. Tematická zpráva ČŠI (viz [5]) upozorňuje na nedostatek vizuálních a vibračních pomůcek a absenci tlumočnicků českého znakového jazyka. Disertační práce Missinzy [6] pak konstatuje nedostatek kvalifikovaných učitelů a podpůrného personálu.

Z pohledu didaktiky je vhodné využívat přístupy popsané v publikaci Hampla Surdopedie [7], která doporučuje kombinovat psaný text, vizuální znázornění, hmatové a vibrační pomůcky. Pokud jsou podmínky dobře nastaveny, neslyšící žáci mohou dosahovat srovnatelných výsledků jako jejich slyšící vrstevníci.



Obr. 2. Vizualizace zvuku pomocí vibrací vody.

## Pomůcky pro žáky s ADHD

Žáci s ADHD potřebují především strukturované a krátké činnosti s jasně vymezeným časem. Vhodné jsou pomůcky, které podporují motorickou aktivitu a koncentraci – například setrvačnick nebo jednoduchý gyroskop. Učitel může využívat stopky, barevné signály či interaktivní aplikace, které udržují žákovu pozornost a poskytují okamžitou zpětnou vazbu.

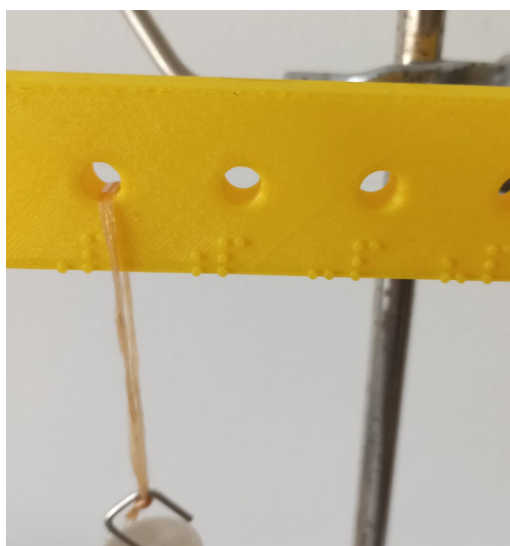
## 3D tisk pomůcek

Moderní technologie, zejména 3D tisk, umožňují vytvářet levné a personalizované pomůcky. Pravítko s Braillovým písmem se navrhuje v CAD prostředí s přesně definovanými reliéfními body (0,5 mm výška, 1,5 mm průměr), páka pak s centrálním

otvorem a hmatově čitelnými vzdálenostmi. Materiál PLA je vhodný díky nízké hmotnosti a ekologické šetrnosti. Zde bylo důležité využití umělé inteligence jako pomocníka učitele stojícího před výzvou učit žáka se specifickými potřebami. Pomocí ChatGpt [8] byl vytvořen soubor pro OpenSCAD, který vytvořil model. V prvním pokusu se stalo, že Braillovy tečky nebyly na svých místech a hlavně neukazovaly ta správná čísla. Po kontrole díky dostupné normě pro Braillovo písmo a modelu se soubor vygeneroval správně a pak došlo k uložení do souboru STL a tím pádem šly výrobky vytisknout na 3D tiskárně (dostupný byl Ender).



Obr. 3. 3D tištěná páka s otvory pro zavěšení závaží.



Obr. 4. Detail Braillových popisků na 3D tištěné páce.

## **Závěr**

Multisenzorická výuka přispívá k inkluzi tím, že propojuje různé smyslové kanály a umožňuje žákům aktivně se zapojit do výuky fyziky. Byly představeny možnosti přizpůsobení pro nevidomé a slabozraké, specifika vzdělávání neslyšících i metodické přístupy k práci s žáky s ADHD. Velký potenciál má využití 3D tisku a použití umělé inteligence, protože otevírá učitelům možnost tvořit dostupné a personalizované



pomůcky. Budoucnost inkluzivní fyziky spočívá ve sdílení zkušeností, otevřených vzdělávacích zdrojů a v posilování spolupráce mezi učiteli.

## **Literatura**

- [1] OECD (2022). Inclusive Education: Towards Equality for All. Paris: OECD.
- [2] Čapek, R. (2016). Moderní didaktika. Praha: Grada.
- [3] Petlák, E. (2005). Všeobecná didaktika. Bratislava: Iris.
- [4] Dankaničová, D. (2015). Výuka fyziky pro integrované žáky se zrakovým postižením na ZŠ. Diplomová práce. UP Olomouc.
- [5] ČŠI (2017). Vzdělávání dětí a žáků se sluchovým postižením. Praha: ČŠI.
- [6] Missinza, D. (2015). Teachers' Attitudes towards the Education of D/HH Children in the Czech Republic. Disertační práce. UK Praha.
- [7] Hampl, S. (2012). Surdopedie. Ostrava: Ostravská univerzita.
- [8] OpenAI. (2025). ChatGPT (GPT-5) [Large language model]. <https://chat.openai.com/>

# Metodické materiály k výuce dalekohledů

Filip Hložek, Jitka Houfková

Katedra didaktiky fyziky, MFF UK, Praha

## Abstrakt

*Příspěvek představuje tři metodiky k výuce dalekohledů. První se týká základních principů fungování dalekohledu, druhá nabízí návod k výrobě Keplerova dalekohledu a třetí materiál představuje možnosti astrofotografie pomocí mobilních zařízení.*

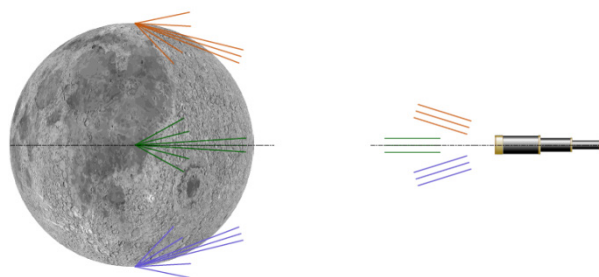
*Tyto metodické materiály jsou k dispozici v plném znění i s elektronickými přílohami na webových stránkách [1].*

## Základní principy fungování dalekohledů

Tento materiál je určený především žákům druhého stupně ZŠ nebo nižšího stupně gymnázia. Klade si za cíl rozvinout běžný učebnicový text o více podrobností a novinky v oboru. Text metodiky je psán tak, aby učitele provedl výukou a bez velké přípravy mu pomohl s realizací. Spousta poznatků je také detailně vysvětlována, aby posloužila učiteli začínajícímu, neaprobovanému či někomu, kdo se dalekohledy dlouho nezabýval a chtěl by si látku připomenout.

Nejprve jsou shrnuty poznatky ohledně zobrazování čočkami a kulovými zrcadly. Vznik obrazu lupou je připomenut jednoduchými pokusy. Důraz je kladen na fakt, že spojná čočka vzdálený předmět zmenšuje. To je úkol objektivu, vytvořit zmenšený, skutečný obraz pozorovaného objektu. Zavádí se zde také zorný úhel, jehož zvětšení je u dalekohledů to podstatné.

Velký prostor je pak věnován vztahu mezi zorným úhlem, velikostí předmětu a vzdáleností od pozorovatele. Je zde zmínka o funkci tangens, nicméně vzhledem k úrovni žáků není výklad postaven na goniometrických funkcích. Klíčový je však závěr, že paprsky od vzdálených předmětů lze považovat za rovnoběžné. Kromě diskuze a výpočtu je tento výsledek podpořen i appletem v GeoGebře [2]. Ta je v této metodice využívána k animacím víckrát (náhled appletu viz Obrázek 1), aby učitel mohl leckdy těžko představitelné geometrické nákresy jednoduše a dynamicky prezentovat žákům kupříkladu na projektoru.



Obr. 1. Každý bod předmětu slouží jako zdroj světla, které se z něj šíří do všech směrů. Paprsky, které z velké vzdálenosti přichází do optické soustavy, se jeví jako rovnoběžné. Prázdný prostor uprostřed představuje velkou vzdálenost mezi Měsícem a pozorovatelem na Zemi.

Čtenář je tedy obeznámen s paprsky, které vcházejí do objektivu. Ví také, jakým způsobem objektiv, alespoň v případě čočkového dalekohledu, vytváří obraz. Zbývá tedy popsat, jakým způsobem vznikne obraz v dalekohledu, pomocí okuláru.

Vzhledem k tomu, že objektivem dalekohledu je spojná čočka, popisujeme fungování Keplerova dalekohledu (objektiv i okulár jsou spojky). Na něm se vznik obrazu popisuje téměř ve všech učebnicích i odborných textech, např. [3] nebo [4]. V metodice jsou však uvedeny i další typy dalekohledů. Kromě základních jako Galileův či Newtonův je popsán také Cassegrainův a od něj odvozené konfigurace jako Ritchey-Chrétienův dalekohled nebo Paul-Bakerův třízrcadlový systém. Keplerův či Newtonův dalekohled hojně využívají amatérští astronomové, ale zmíněné složitější systémy se uplatňují například v připravovaném Extrémně velkém dalekohledu (ELT) či již hotovém a jednu dobu médii hodně zmiňovaném Vesmírném dalekohledu Jamese Webba (JWST). Je tak vidět, že výuka dalekohledů má své místo, neboť jejich používání je stále aktuální a pro mnohé zajímavé.

## **Výroba dalekohledu**

Více než o metodiku jde spíše o manuál sestávající z užitečných rad a doporučení k výrobě Keplerova dalekohledu. Vytvořený dalekohled byl prezentován na loňském Veletrhu nápadů učitelů fyziky [5], původní návod byl předveden Peterem Kodyšem [6] na setkání Centra Elixíru do škol v listopadu 2023. Ačkoliv různé podobné návody na výrobu Keplerova dalekohledu existují, např. [7], tenhle se odlišuje využitím 3D tisku, čímž se podstatně sníží náročnost na výrobu.

K výrobě dalekohledu je samozřejmě potřeba zakoupit základní vybavení jako PVC trubky a optické členy. To je také nejdražší část celého dalekohledu, který dohromady vyjde zhruba na dva tisíce korun. K tomu je potřeba některé části vytisknout na 3D tiskárně, která však dnes již obvykle bývá součástí vybavení na školách.

Teoretická část metodického materiálu se soustředí na parametry dalekohledu jako ohnisková vzdálenost objektivu, jeho průměr a s tím související světelnost, zorné pole či zvětšení dalekohledu. Rozebrány tu jsou také clony a jejich role při vytváření ostrého obrazu. Podle zvolené velikosti dalekohledu je totiž potřebné určit vhodné umístění clon, aby bránily nežádoucím paprskům vstoupit do okuláru, ale neodstínily světla příliš. Postup umístění clon je geometricky sice vlastně jednoduchý, přesto může být pro začátečníka obtížné těžko představitelný. Proto je mu v metodice věnováno poměrně dost prostoru.

V textu je seznam všech potřebných pomůcek i tištěných 3D částí. Modely ve formátu stl jsou ke stažení na stránkách [1]. Části dalekohledu je dobré vytisknout černým filamentem, aby se co nejvíce potlačily odrazy uvnitř tubusu. Z toho důvodu se také radí vnitřek PVC trubek vystříkat černou matnou barvou, aby nedocházelo k odrazům světla na stěnách. Sestavení dalekohledu je popsáno v jednotlivých krocích včetně doprovodných obrázků pro snazší pochopení.

Samotné tělo dalekohledu si lze navíc vylepšit o některé doplňky. Takovým základem je stativ, který výrazně usnadní pozorování. Ten je potřeba si koupit (šikovnější si jej mohou případně vyrobit). Mezi 3D modely pak lze nalézt uchycení tubusu, které se šroubuje na rychloupínací destičku stativu. Dalším doplňkem pak může být adaptér k uchycení mobilního telefonu tak, aby se s ním dalo přes okulár fotit. Zároveň tato varianta

umožňuje snazší pozorování přímo přes telefon bez mžourání do okuláru. Nastavení a zaostření však mohou v případě chytrých telefonů dělat problémy.

Výroba Keplerova dalekohledu je skvělou aktivitou jak po technické stránce (sestavení podle návodu, využití jednoduchého nářadí atd.), tak po stránce fyzikální, jelikož se při výrobě počítá také s porozuměním vlivu jednotlivých částí na výsledný obraz dalekohledu. Zároveň lze takto získat cenově dostupný, přesto funkční dalekohled do výuky, výsledný výrobek je na Obrázku 2. Pro svou nenáročnost je tato aktivita vhodná jak pro žáky ZŠ, tak pro středoškoláky.



Obr. 2. Sestavený Keplerův dalekohled umístěný ve stativu.

## Astrofotografie se smartphonem

Samotná astrofotografie je velmi široký obor, ve kterém se využije mnoho znalostí fyziky, ale také informatiky. Tato metodika pro žáky druhého stupně ZŠ se soustředí spíše na základy, ke kterým postačí pouze chytrý telefon. Nějaký, ať už starší či novější model, mají k dispozici téměř všichni žáci, takže o pomůcky by neměla být nouze. K fotografování sice lze využít dalekohled, ale tato metodika se obejde bez něj. Rovněž je možné namísto mobilního telefonu využít přímo fotoaparát, který umožní měnit parametry podobně (nebo lépe) jako mobilní telefon. Takováto aktivita může být zadána jako domácí úkol, či pod dozorem učitele vedena na školním výletě či škole v přírodě. V běžných hodinách lze provést pouze přípravu. Tato aktivita je velmi závislá na počasí, především na oblačnosti.

V metodickém textu se představují základní pojmy pro fotografování: expoziční čas, ISO a clonové číslo. Tyto expoziční parametry spolu úzce souvisí a pro každou situaci je potřeba nastavit jiné hodnoty. Pro astrofotografii je potřeba nastavit dostatečně dlouhý expoziční čas. Doporučuje se nastavit maximálně 20 až 30 sekund, jinak se na fotografii projeví zdánlivý pohyb hvězd po obloze. Podobně lze nastavit i hodnotu ISO, která jednoduše

řečeno určuje citlivost snímače na světlo. Kratší expoziční časy lze tedy kompenzovat vyšší hodnotou ISO. Porovnání fotografií při různých hodnotách ISO je na Obrázku 3. Clonové číslo udává množství světla, které dopadne do objektivu. V případě fotoaparátů chytrých mobilních telefonů je clona pevně dána konstrukcí a tuto hodnotu proto typicky měnit nelze.



Obr. 3. Porovnání fotografií hvězdné oblohy s hodnotami ISO 800, 1 600 a 3 200. Při kratších expozicích lze využít vyšší hodnoty ISO k získání světlejšího snímku. Při delších expozicích už dochází nejen k zesílení signálu, ale také nežádoucího šumu. Pro větší názornost byly obrázky dodatečně upraveny v programu Snapseed.

Metodika popisuje fotografování pomocí nativní aplikace Fotoaparát v telefonu. Existují však i další aplikace třetích stran, které lze využít ke stejnému účelu, např. DeepSky Camera. Konkrétní postup pro nastavení Fotoaparátu se liší pro jednotlivé modely a značky telefonů. Největší rozdíl je mezi Androidem a iPhonem. Ten totiž neumožňuje uživateli příliš měnit expoziční parametry, jeho automatika však dokáže obstojně fotit i tak. Ku pomoci si lze opět stáhnout další aplikace, které s nastavením parametrů pomohou, mnohé však mohou být placené.

K nastavení expozičních parametrů je potřeba dostat se v aplikaci Fotoaparátu do režimu Pro (profesionální). Kromě zmíněných parametrů je také dobré nastavit zaostření na nekonečno. Lze si též pohrát s vyvážením bílé. Vzhledem k delšímu expozičnímu času není možné držet telefon v rukách. I kdyby však byl umístěný ve stativu (může ležet klidně i na něčem měkkém na zemi), dojde při zmáčknutí spouště k rozechvění telefonu, a tedy i zachyceného obrazu. Z toho důvodu je užitečné využít samospoušť, aspoň na 3 nebo 5 sekund. Za tu dobu se přístroj opět ustálí a snímání může začít v klidu.

Kromě seznámení se s nástroji fotoaparátu vlastního mobilního telefonu slouží tato metodika též k tomu, aby se žáci na fotografii přesvědčili, že noční obloha nad nimi je plná hvězd, které pouhým okem nevidíme. To není zapříčiněno jen světelným znečištěním, které mnoho zářivých hvězd skryje, ale lidské oko nedokáže zkrátka sbírat světlo tak dlouho a ukládat si jej.

Existuje celá řada aplikací pro mobilní telefony, které dovedou dále pracovat s vytvořenými fotografiemi. Například program Snapseed umožňuje fotky dále upravovat, aby vynikly podstatné detaily, které by mohly při samotném focení zůstat skryty. Není potřeba se omezit jen na jednu fotografii, ale dá se jich vyfotit mnohem více. Tuto sérii fotek lze pak spojit do jednoho obrázku a vytvořit tzv. Star trails (světelné dráhy hvězd), viz Obrázek 4. Impozantní je tento pohled při natočení fotoaparátu směrem k Polárce. Ta



leží velmi blízko severního nebeského pólu, a proto se zdá, že se hvězdy otáčejí kolem ní. Namísto statického obrázku lze vytvořit časosběrné video (program Time Lapse Video Maker).



Obr. 4. Star Trails vytvořená ze 300 snímků, pořízených mobilním telefonem naměřeným na Polárku. Fotoaparát mobilního telefonu Motorola Edge 30 Ultra: Clona 1.9, Expoziční čas 16 sekund, ISO 800.

## Závěr

Příspěvek seznamuje se třemi metodickými materiály, které se zabývají výukou dalekohledů – věnují se základním principům, praktické výrobě Keplerova dalekohledu a možnostem astrofotografie se smartphonem. Texty jsou koncipovány tak, aby mohly sloužit jako průvodce i méně zkušeným učitelům. Včetně elektronických příloh jsou dostupné na stránkách [1].

## Literatura

- [1] Hložek, F.: *FyzWeb – Metodické materiály k výuce dalekohledů*. [cit. 13. 9. 2025]. Dostupné online: <https://fyzweb.cz/materialy/hlozek/>
- [2] Hložek, F.: *GeoGebra – Paprsky od vzdálených předmětů*. [cit. 13. 9. 2025]. Dostupné online: <https://www.geogebra.org/m/z3xmtbyby>
- [3] Fiala, J.: *Optickomechanické přístroje*. STNL – Státní nakladatelství technické literatury. 1963.



- [4] Malý, P.: *Optika*. Karolinum, 2013. ISBN 978-80-246-2246-0.
- [5] Hložek, F.: *Veletrh nápadů učitelů fyziky 29. Sborník příspěvků z mezinárodní konference*. Západočeská univerzita v Plzni, 2024. ISBN 978-80-261-1273-0. [cit. 13. 9. 2025]. Dostupné online: <https://xdoc.zcu.cz/api/alfresco?id=19403ebe-5716-41d5-afad-a0cc8cade0be;1.0&download=0>
- [6] Kodyš, P.: *Návod na výrobu dalekohledu „doma“*. Květen 2023.
- [7] Švanda, M: *Po stopách Galilea – Postavte si dalekohled*. Český organizační výbor pro přípravu Mezinárodního roku astronomie 2009, 2009. ISBN 978-80-254-4736-9.

# Nikdy není moc brzy začít s fyzikou

Jitka Houfková

KDF MFF UK

## Abstrakt

*Mnohé pokusy, které používáme ve fyzice na základní i střední škole, mohou být uzpůsobeny pro menší děti a pomoci rozvíjet dětskou zvědavost a porozumění základním fyzikálním principům již v raném věku. Program Pohádková fyzika ukazuje, že fyzika může být přístupná i těm nejmenším. Od roku 2008 se zaměřuji na děti od 2 do 11 let, pro které připravuji aktivity, pokusy a příběhy s fyzikálním pozadím. Mým cílem je rozvíjet jejich přirozenou zvědavost a zájem o přírodní vědy.*

## Úvod

Fyzika je všude kolem nás – a děti ji začínají objevovat mnohem dříve, než si často uvědomujeme. Program Pohádková fyzika vznikl v roce 2008 a je určen dětem od 2 do 11 let. Zahrnuje aktivity pro mateřské školy, první stupeň ZŠ i dětské zájmové skupiny. V návaznosti na něj vznikly také metodické kurzy pro učitele MŠ a ZŠ, studenty pedagogických SŠ, a řada podpůrných materiálů. Vše vychází z autorčiny zkušenosti, že mnohé pokusy, které používáme ve fyzice na základní i střední škole, mohou být uzpůsobeny pro menší děti a pomoci rozvíjet dětskou zvědavost a porozumění základním fyzikálním principům již v raném věku.

Příspěvek přináší několik vybraných pokusů se zvukem, které děti obzvláště baví, a stručný přehled materiálů, které mohou sloužit jako inspirace při zprostředkovávání fyzikálních pokusů menším dětem a jejich učitelům, či být přímo oporou těmto učitelům, kteří často nemají fyzikální vzdělání, přesto mají chuť se do pokusování s dětmi pouštět. Jako učitelé fyziky jim můžeme pomoci nejen zapůjčením pomůcek z našich kabinetů, ale i odbornou radou a především povzbuzením.

## Pokusy se zvukem

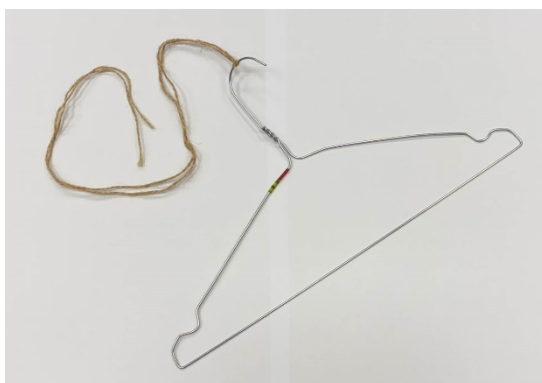
Mezi oblíbené aktivity patří pokusy se zvukem: ladička, bubínek, šíření zvuku provázkem, zvuk mince v balónku, kalimba, zvuková pexesa, dudy.

Když si s dětmi povídáme o zvuku, snadno se dostaneme k tomu, že aby zvuk vznikl, musí se něco klepat. Ale jak je v podmínkách třídy mateřské školy jednoduše přesvědčit, že kmitá i **ladička**? Nejjednodušší je dát jim ji přímo do ruky. Osvědčila se mi malá „kytarová“ ladička A 440, která je zakončená kuličkou (Obr. 1), takže se děti nebojí, že je poraní, když jim ji přiložím do natažené dlaně, a zároveň tak dobře chvění cítí. (Jedna z častých odpovědí na otázku „Co to mám“, když jim ladičku ukáži, je: „vidlička na grilování“.)

Pak se věnujeme i tomu, jak zvuk vnímáme my, lidé, a v tuto chvíli dětem ukazují **vyšívací bubínek**, ve kterém mám místo látky napnutou papírovou utěrku. Ta je trochu pružná, takže můžeme ukázat, jak se prohýbá, a zároveň i to, jak při prudším nárazu ruky, které představuje hlasitý zvuk, praskne. Zde se přímo nabízí přesah ke zdravotvědě a zvukové hygieně.



Obr. 1. Ladička.



Obr. 2. Ramínko na provázku.



Obr. 3. Mince, balónky a klipy.

Pokus ukazující rozdíl mezi šířením zvuku vzduchem a nějakým materiálem – konkrétně provázkem, asi všichni známe, běžně se na provázek zavěšuje lžice nebo nůž a bývá doporučeno provázek namotaný na prstech strčit do uší. Pokus funguje snad ještě lépe (a je hygieničtější), pokud prsty s namotaným provázkem přitiskneme k hlavě těsně před nebo za ušima, není potřeba nic strkat do uší. S dětmi jsme zkoumali, jak zní i jiné předměty než lžice a doporučujeme: zkuste si poslechnout **kovové ramínko** (Obr. 2).

Dalším oblíbeným, a možná méně známým, pokusem jsou **mince v balónku**. Do balónku vložíme minci, balónek nafoukneme, zavážeme a minci v něm rozrotujeme. Podle typu mince a rychlosti jejího pohybu je balónek rozechvíván s různou frekvencí a tím se liší zvuk, který slyšíme. Pro malé děti, které ještě nejsou dobře obeznámeny s českými mincemi, je důležité, nejprve je nechat na mince si sáhnout – 1 Kč a 10 Kč mají okraj s velkým množstvím vrypů, 2 Kč a 20 Kč mají okraj s několika rohy a 5 Kč a 50 Kč mají okraje hladké. Pro sílu zvuku jsou lepší mince vyšší hodnoty, ale pro menší děti je snazší roztáčet v balónku mince nižší hodnoty, které jsou lehčí. Také při rotování lehčích mincí balónky méně často praskají. Aby si děti mohly mince před vložením do balónku prohlédnout a po skončení pokusu bylo možné je zase jednoduše a rychle vyndat, nezavazují konec nafouknutého balónku na uzel, ale používám klipy na uzavírání sáčků (Obr. 3.), kterými lze balónek snadno a rychle po nafouknutí uzavřít.

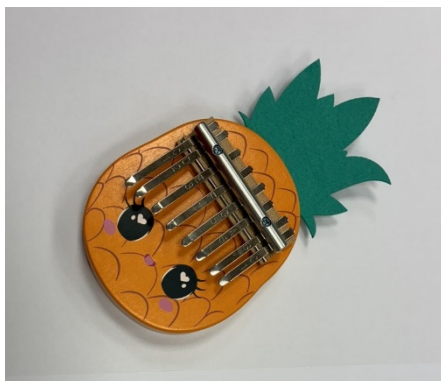


Obr. 4. a 5. Zvuková pexesa zvenku a zevnitř.

Kreativitu a zvědavost podporují různé verze **zvukového pexesa** (Obr. 4 a 5.). S dětmi je vyrábíme z různých krabiček a děti vždy popustí uzdu své fantazii při hledání a testování

různých náplní. Při tvorbě zvukového pexesa, pokud ho chcete používat opravdu jako hru, je potřeba volit množství jednotlivých náplní, aby všechny krabičky v dané sadě byly přibližně stejně těžké, aby si hráči nepomáhali při hledání stejně znějících dvojic potězkáváním. Také se mi neosvědčily obaly od kinder vajíček, protože se obtížně otevírají (je důležité, aby děti měly možnost vidět, co je uvnitř) a náplň z nich se snadno rozsype.

Na Veletrhu jsem také ukazovala **kalimbu**, používám dětský model – hračku (Obr. 6.), kterou jsem pro malé děti „přeladila“ přemístěním jednotlivých kovových hracích plíšků podle délky, aby tóny šly postupně (běžně jsou na kalimbách nejhlubší tóny uprostřed a do obou stran pak stoupají, což je pro menší děti matoucí).



Obr. 6. Kalimba.



Obr. 7. Dudy.

Nadšení mezi dětmi i dospělými vždy spolehlivě vzbudí dudy (Obr. 7.), které znám díky návodům na pokusy od Asociace malých debružářů, návod na jejich výrobu najdete na [1]. V rámci bádání jsme s dětmi zkoušeli použít různě velké trubky a z různých materiálů. Pro menší děti doporučuji použít na nafukování dud plastová brčka, protože papírová brčka děti rychle rozcucají. Pokud chcete mít jedny vyrobené dudy, na které necháte „hrát“ více dětí, doporučuji jako náustek dlouhé brčko nebo hadičku (například silikonovou hadičku na vzduchování do akvárií lze koupit v současné době za cenu kolem 10 Kč za metr) a po té, co dítě „zahraje“ kousek brčka či hadičky odstříhnout, aby děti po sobě brčko či hadičku neocucávaly.

## Návody na pokusy pro malé děti

Dále následuje výběr materiálů s návody na pokusy a náměty pro jejich použití při práci s předškolními a mladšími školními dětmi, na jejichž vzniku jsem se různým způsobem podílela a ve kterých jsou zúročeny mé zkušenosti z práce s dětmi v mateřských školách a na 1. stupních školy základní.

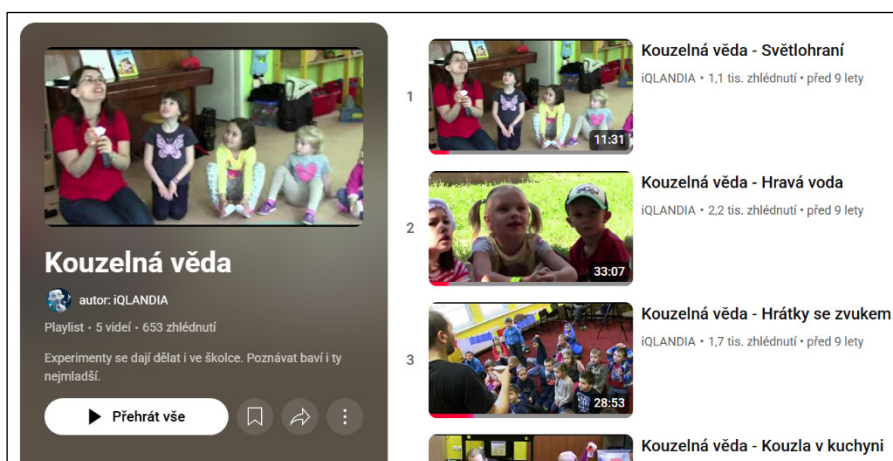
### Pohádky a příběhy s pokusy

Aneta Čermáková ve své bakalářské práci, kterou vytvořila pod mým vedením, zpracovala dvě klasické pohádky **Dlouhý, Široký a Bystrozraký** a **O kohoutkovi a slepičce** a upravila je tak, že se v nich problémy neřeší kouzly, ale fyzikálními pokusy. Text pohádek je doplněn podrobnými návody na jednotlivé pokusy včetně vysvětlení vhodných pro dospělé i pro děti a je dostupný na [2].

**Příběhy O podstatě magie, O magické bouři a O magickém mazlíčkovi** [3] vznikaly na opačném principu než pohádky: nejprve jsme vytipovaly pokusy, které z různých důvodů chceme s dětmi dělat, a pak Jana Doležalová vymyslela příběhy, které tyto pokusy propojují. Vedle podrobných návodů a vysvětlení jsou pokusy doplněny i pracovními listy, které je rozšiřují a se kterými mohou děti samostatně pracovat po vyzkoušení pokusů. Tyto materiály jsou určeny pro děti od 2. do 5. třídy, protože některé úkoly vyžadují, aby již děti uměly číst a psát.

### Kouzelná věda – metodiky s návody na pokusy pro mateřské školy

Metodické materiály pro vyučující z mateřských škol vznikly v iQLandii v Liberci. Jedná se o sadu tematicky členěných návodů na pokusy doplněných videi (Obr. 8.), na jejich přípravě se spolu se mnou podíleli Lenka Pomališová, Lukáš Durda, a Jana Havlíková. Materiály se dají dohledat na webu iQLandie [4] a jejím YouTube kanálu [5], všechny přehledně rozdělené jsou dostupné také z [6].



Obr. 8. Video projektu Kouzelná věda.

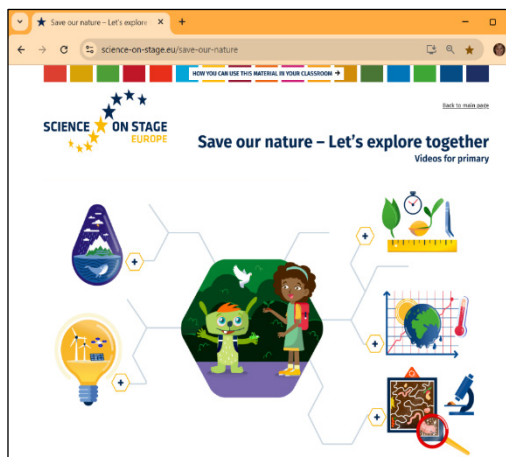
### Materiály Science on Stage pro 1. stupeň

Výsledkem mezinárodní spolupráce učitelů zapojených do Science on Stage je kniha **Lilu's House: Language Skills through Experiments** (Obr. 9.), která je v řadě jazyků ke stažení zdarma na [7]. Přináší řadu pokusů zařazených do příběhů a rozčleněných do témat podle toho, kde se doma dají zkoušet na pokusy v koupelně, v kuchyni a v obývacím pokoji. K jednotlivým pokusům jsme přidali i náměty, jak je využít pro rozvoj řečových dovedností předškolních a mladších školních dětí.

Na knihu po několika letech navázal další mezinárodní projekt Science on Stage, tentokrát se jedná o web s videi s návody na pokusy **Save our nature – Let's explore together, Videos for primary** [8] (Obr. 10.), opět propojenými příběhy a doplněnými pracovními listy a dalšími aktivitami. Každé video má tři části – v první je ukázán začátek pokusu bez jeho výsledku, ve druhé je pokus předveden až do konce – tyto dvě části jsou bez komentáře, takže je učitel může použít, ať jeho žáci mluví jakýmkoli jazykem. Třetí část je určena primárně pro učitele a obsahuje vysvětlení v angličtině.



Obr. 9. Kniha Lilu's House.



Obr. 10. Web Save our nature.

## Podcast Superhrdinka

Jaké to je probudit se pokaždé s jinou superschopností? To prozradí příběhy jedné odvážné holky v podcastu Rádia Junior [9] (Obr. 11.). Příběh napsala Anna Vošalíková, fyzikální témata pro jednotlivé díly a náměty na pokusy, kterými jsou na webu doplněny (Obr. 12.), jsme vymýšleli s Vojtěchem Žákem. Podcast je zpracován i v knižní podobě.



Obr. 11. Podcast Superhrdinka.



Obr. 12. Doprovodné materiály k podcastu.

## Závěr

Nikdy není moc brzy začít s fyzikou, vyzkoušejte to;-)! A prosím, podpořte ve fyzikálním pokusování své kolegy z MŠ a 1. stupně, radou, povzbuzením, vysvětlením či ukázkou nebo půjčením pomůcek. Dokáží s dětmi dělat úžasné věci, jen se často fyziky zbytečně obávají.



## Literatura

- [1] Návod na výrobu dud na webu AMD ČR <https://www.debruar.cz/wp-content/uploads/2019/03/Dudy-na-web.pdf>
- [2] Motivace předškolních a mladších školních dětí k fyzice prostřednictvím příběhů <https://fyzweb.cz/materialy/cermakova/>
- [3] Příběhy O podstatě magie, O magické bouři a O magickém mazlíčkovi <https://fyzweb.cz/materialy/dolezalova/>
- [4] Kouzelná věda – metodiky pro mateřské školy <https://iglandia.cz/skoly/pro-ucitele/uzitecne-pomucky>
- [5] Kouzelná věda – videa z mateřských škol <https://www.youtube.com/playlist?list=PLba34UsEZbYr0UfPGXW2aqe5TCOkVAAm9>
- [6] Kouzelná věda – rozcestník <https://1url.cz/@KouzelnaVeda>
- [7] Lilo's House: Language Skills through Experiments <https://www.science-on-stage.eu/material/lilus-house>
- [8] Save our nature – Let's explore together, Videos for primary <https://www.science-on-stage.eu/save-our-nature>
- [9] Podcast Superhrdinka <https://junior.rozhlas.cz/superhrdinka-probudte-se-kazdy-den-s-jinou-superschopnosti-9147601>

# Experimenty s plošným siloměrem

Jakub Jermář

Katedra didaktiky fyziky MFF UK

## Abstrakt

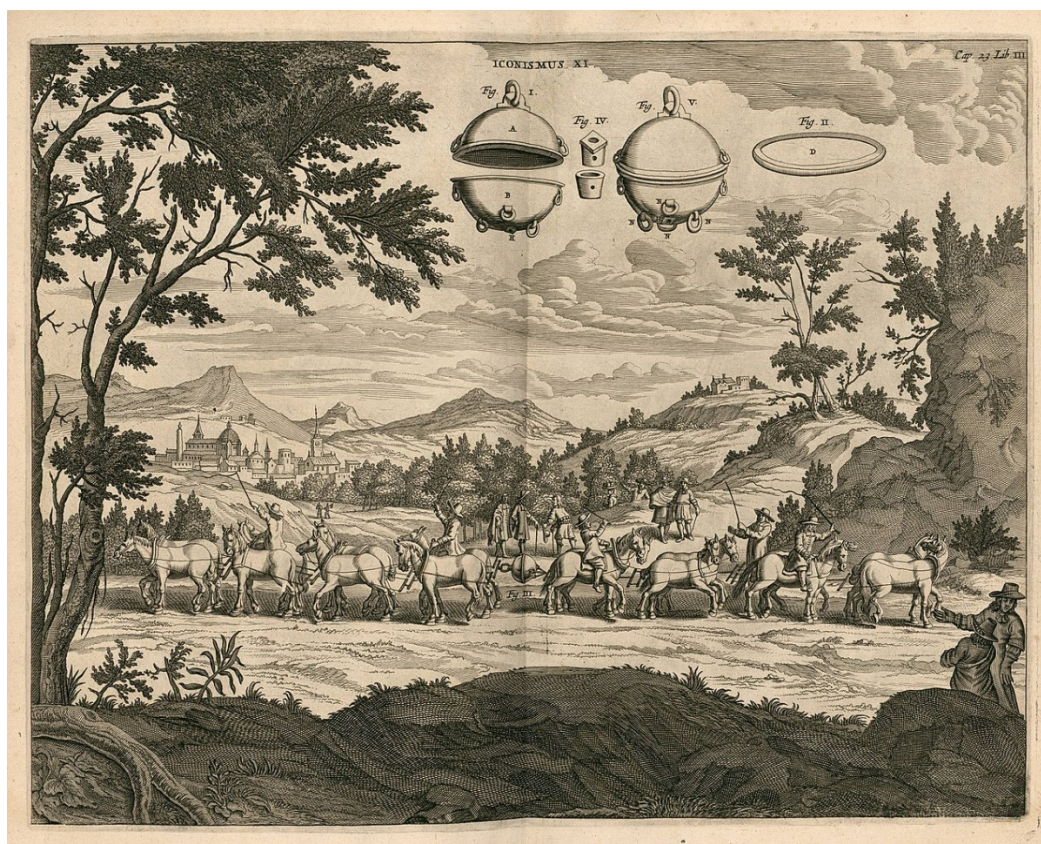
*Pomocí plošného siloměru lze názorně ukázat fyzikální principy, jako je zákon akce a reakce, setrvačná síla při zrychlování či rozdíl mezi pružnou a nepružnou srážkou. Ve vystoupení jsem předvedl několik jednoduchých experimentů, které tyto jevy demonstrují.*

## Experimentální vybavení

Ve všech experimentech jsem používal siloměrnou plošinu Vernier GDX-FP [1].

## Experiment #1 – 3. Newtonův zákon (Zákon akce a reakce)

Tímto experimentem jsem demonstroval, že když působíme na předmět nějakou silou (akce), vyvoláme tím protisílu (reakci), přičemž touto protisilou může působit jak neživý předmět (v našem případě zeď), tak člověk. Návod na provedení experimentu je podrobně popsán v *Kuchařce jednoduchých experimentů do hodin chemie, fyziky a biologie* [2].

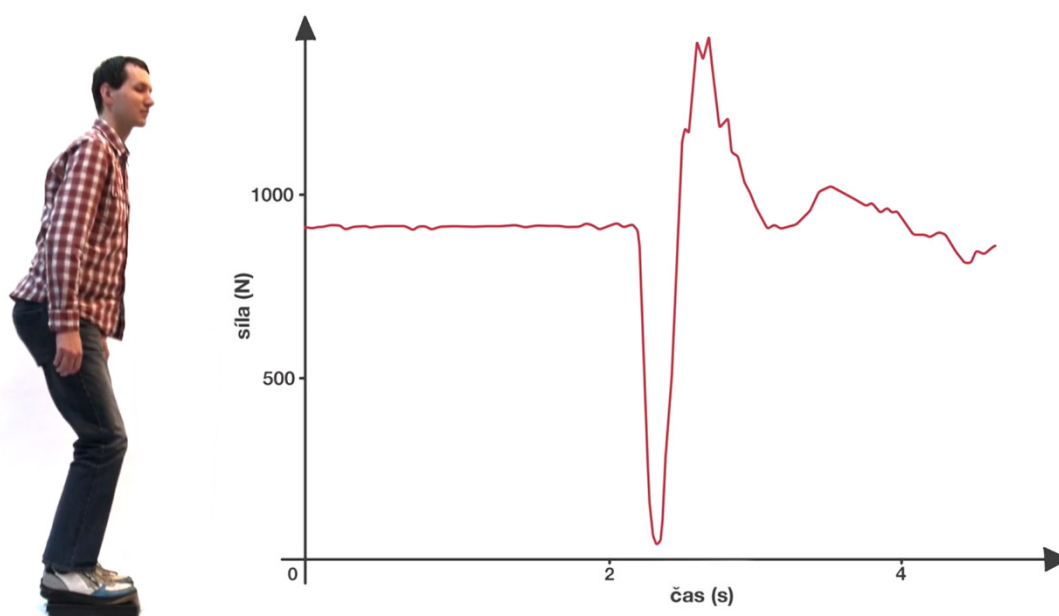


Obr. 1. Rytina znázorňující experiment s tzv. Magdeburskými polokoulema [3].

Dovolím si ještě připojit komentář k rytině (obr. 1) znázorňující experiment s tzv. Magdeburskými polokoule. Experiment prováděl Otto von Guericke, starosta Magdeburgu v 17. století. Na rytině je zachyceno 8 párů koní, kteří se snaží oddělit od sebe 2 duté polokoule, z nichž byl vypumpován vzduch. Nás na uspořádání experimentu zaujme skutečnost, že zde 4 a 4 páry koní tahají polokoule od sebe – my, poučení z vlastního experimentování se siloměrnou plošinou přitom snadno dojdeme k závěru, že výhodnější uspořádání by bylo, kdyby jeden konec provazu byl přivázan ke stromu a všech 8 párů koní táhlo stejným směrem. Působící síly by tak byly dvojnásobné.

## Experiment #2 – Dřepování na siloměrné plošině

Pokud stojím nehybně na podložce (siloměrné plošině), pak na ni působím svou tíhou. Když však začnu dřepovat, nebo třeba zvedat závaží (batoh, činku), pak se k mé tíhové síle přidají ještě síly vzniklé urychlováním tělesa (mého těla při dřepování, batohu, činky). A z druhého Newtonova zákona plyne, že tyto síly jsou tím větší, čím více je těleso urychlováno. Při experimentu tedy předvádím, že velmi pomalé dřepování se na měřené síle prakticky neprojeví, zatímco rychlé pohyby (a tedy velká zrychlení) se projeví výrazně. Tento experiment jsme v minulosti i nafilmovali [4], návod k provedení je dostupný na [5].



Obr. 2. Ukázka z videa ukazujícího měřené síly při dřepování [4].

## Experiment #3 – Pružná a nepružná srážka (dopad)

V posledním experimentu jsme sledovali průběh silového působení dvou různých těles při dopadu na siloměrnou plošinu. V prvním případě šlo o malý sportovní míč, dobře nahuštěný, aby se při dopadu odrazil do co největší výšky (v našem případě se odrážel do zhruba  $\frac{3}{4}$  výšky, z níž padal) – šlo tedy o do značné míry pružnou srážku. V druhém případě šlo o plátěný sáček naplněný rýží tak, aby jeho hmotnost byla stejná jako hmotnost míče. Sáček se při dopadu neodrazil vůbec, srážka byla dokonale nepružná. Experiment v souladu s očekáváním ukázal, že impuls síly (získaný numerickou integrací měřené síly v čase) při pružné srážce je větší než při srážce nepružné.

## Literatura

- [1] Produktová stránka Vernier GDX-FP. [cit. 5. 9. 2025]. Dostupné online: <https://vernier.cz/GDX-FP>
- [2] Návod na experiment *Přetlačování se siloměrnou plošinou*. [cit. 5. 9. 2025]. Dostupné online: <https://vernier.cz/315>
- [3] Obrázek rytiny experimentu v Magdeburgu. [cit. 5. 9. 2025]. Dostupné online: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Magdebursk%C3%A9\\_polokoule#/media/Soubor:Fotothek\\_df\\_tg\\_0005668\\_Physik\\_%E2%80%93\\_Vakuumtechnik\\_%E2%80%93\\_Luftdruck.jpg](https://cs.wikipedia.org/wiki/Magdebursk%C3%A9_polokoule#/media/Soubor:Fotothek_df_tg_0005668_Physik_%E2%80%93_Vakuumtechnik_%E2%80%93_Luftdruck.jpg)
- [4] Videoukázka k dřepování na siloměrné plošině. [cit. 5. 9. 2025]. Dostupné online: <https://www.vernier.cz/video/prehrat/kod/iXPRd8ijhEw>
- [5] Návod na experiment *Co ukážou váhy při zvedání činky?* [cit. 5. 9. 2025]. Dostupné online: <https://vernier.cz/321>

# Experimenty s vozíky Vernier

Jakub Jermář

Katedra didaktiky fyziky MFF UK

## Abstrakt

*S využitím soupravy pro mechaniku Vernier DTS-GDX jsem předvedl experimenty demonstrující setrvačnost a rozdíl mezi rovnoměrným a rovnoměrně zrychleným pohybem. Na závěr jsme si také demonstrovali princip airbagu.*

## Experiment #1 – 1. Newtonův zákon (Zákon setrvačnosti)

Tímto experimentem jsem demonstroval setrvačnost. Na desce stolu jsem měl přichystanou dráhu Vernier TRACK [1] vyrovnanou do vodorovné polohy. Aby po stole snadno klouzala, podlepil jsem její nožičky (vyrovnávací šrouby) lepicí páskou. Na dráze byl volně umístěný vozík Vernier GDX-CART [2]. Vozík byl v klidu. Pokud jsem s dráhou posouval po stole ve směru její délky, na ní umístěný vozík setrval na místě (tj. pohyboval se vůči dráze, nikoli vůči stolu). Provedení experimentu je dobře viditelné z videa [3].

## Experiment #2 – Rovnoměrný a rovnoměrně zrychlený pohyb

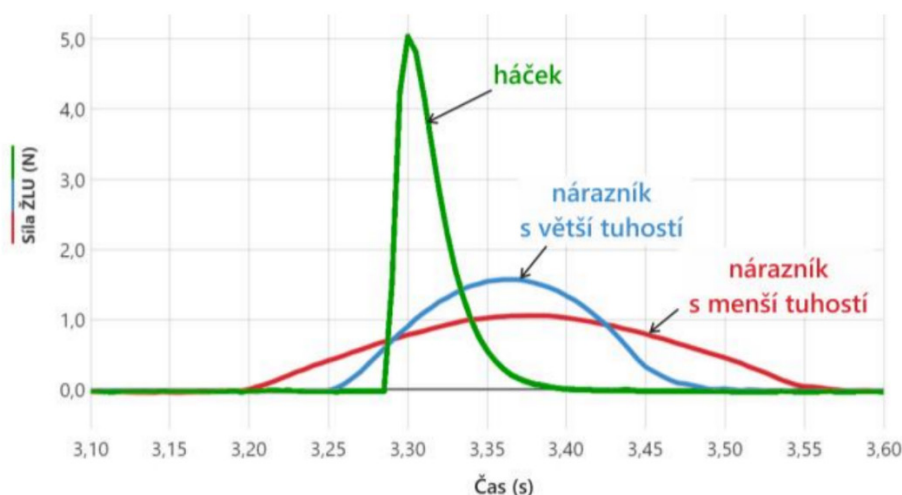
V tomto experimentu jsem k pohonu vozíku použil vrtulku Vernier DTS-CFAN [4]. Pokud byla vrtulka v chodu a vozík tlačila, vozík se pohyboval rovnoměrně zrychleně. Když se vrtulka přestala točit, vozík pokračoval rovnoměrně přímočaře svou setrvačností. Návod k tomuto experimentu je k dispozici na webu [5].



Obr. 1. Vozík s připevněným pohonem Vernier DTS-CFAN.

## Experiment #3 – Demonstrace principu airbagu

V posledním experimentu jsem demonstroval rozdílné působení síly při nárazu tvrdým a pružným nárazníkem. Experiment je podrobně popsán v *Kuchařce jednoduchých experimentů* [6].



Graf. 1. Naměřené průběhy síly pro různě tuhé nárazníky.

## Literatura

- [1] Produktová stránka Vernier TRACK. [cit. 5. 9. 2025]. Dostupné online:  
<https://vernier.cz/TRACK>
- [2] Produktová stránka Vernier GDX-CART. [cit. 5. 9. 2025]. Dostupné online:  
<https://vernier.cz/GDX-CART>
- [3] Videozáznam z conference. [cit. 5. 9. 2025]. Dostupné online:  
<https://fyzweb.cz/materialy/jermar/setrvacnost-vozik.mp4>
- [4] Produktová stránka Vernier DTS-CFAN. [cit. 5. 9. 2025]. Dostupné online:  
<https://vernier.cz/DTS-CFAN>
- [5] Návod na experiment s vrtulkovým pohonem. [cit. 5. 9. 2025]. Dostupné online:  
<https://vernier.cz/322>
- [6] Návod na experiment *Princi airbagu*. [cit. 5. 9. 2025]. Dostupné online:  
<https://vernier.cz/114>



# Projekt SUMEC

Miroslav Jílek

Gymnázium Polička

## Abstrakt

*Příspěvek krátce představuje aktivity pořádané na Gymnáziu v Poličce v rámci projektu SUMEC pro motivované a nadané studenty v přírodních a technických vědách. Druhá část příspěvku je věnována popisu metody měření rychlosti výstřelu diabolky ze vzduchovky metodou rotujících kotoučů. Praktická realizace tohoto pokusu byla inspirována aktivitami, které probíhaly v rámci soustředění projektu SUMEC.*

## O projektu

SUMEC (Scientific Ultimate Meeting of Champions) je studenty vymyšlená zkratka soustředění realizovaného poprvé na jaře 2023 pro řešitele různých přírodovědných a technických soutěží a projektů za účelem podpory, motivace a odměny pro studenty Gymnázia v Poličce ve věku 14–19 let. Název se následně ujal jako souhrnné označení i dalších aktivit zaměřených na tyto studenty. Kromě tří proběhlých ročníků jarních soustředění se jedná především o průběžnou přípravu a podporu studentů účastnících se individuálních i týmových soutěží a projektů v oblastech fyziky, matematiky, informatiky, biologie, chemie a příbuzných oborů. Další aktivitou pro tyto studenty, která proběhla zatím dvakrát v podzimních termínech, je takzvaná Noc Sumců, představující speciální workshopy a únikovou hru spojenou s přenocováním ve škole.



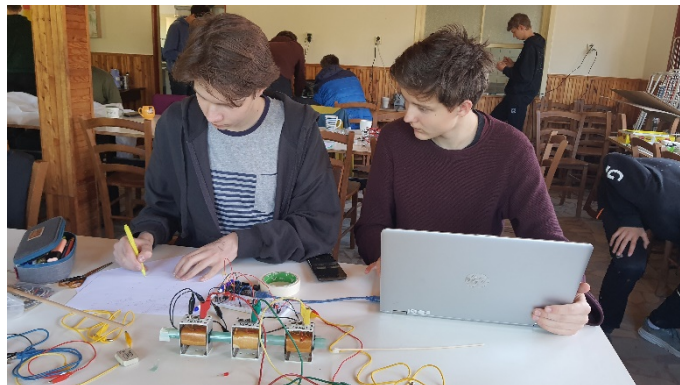
Obr. 1. První jarní Soustředění.

Na přípravě a organizaci Noci Sumců a jarních soustředění se pravidelně podílí čtyři vyučující Gymnázia s pomocí několika bývalých studentů. Zapojení těchto ochotných vysokoškolských studentů, úspěšných absolventů Gymnázia, je pro účastníky mimo jiné vítanou příležitostí probrat se staršími spolužáky konkrétní zkušenosti z vysokoškolského studia oborů, o které se často sami zajímají.

## Soustředění

Každoročně je na jarní soustředění zváno okolo padesáti studentů, kteří nějakým konkrétním způsobem prokáží svou práci během školního roku hlubší zájem

o přírodovědné nebo technické obory. Celá akce trvá tři až čtyři dny (včetně víkendu) a kromě úvodu ve škole probíhá v přírodě na blízké táborové základně. Pravidelný program soustředění tvoří například přednášky pozvaných odborníků na nějaké zajímavé téma nebo dvouhodinové workshopy, probíhající paralelně pro zájemce s matematicko-fyzikálním, nebo biologicko-chemickým zaměřením.



Obr. 2. Práce na projektech.

Hlavní součástí soustředění je potom průběžná práce mladých badatelů na jednoduchých vybraných nebo vymyšlených praktických projektech včetně tradiční prezentace výsledků ostatním účastníkům v závěru soustředění. Ukázky projektů i ostatních aktivit s podrobnějším popisem průběhu jednotlivých ročníků je možné najít na webových stránkách Projektu SUMEC [1]. Kromě odborného programu soustředění účastníci velmi oceňují také připravený bohatý doprovodný program různých zážitkových či pohybových aktivit a her na rozvoj komunikace, spolupráce a logického myšlení.

### Noc Sumců

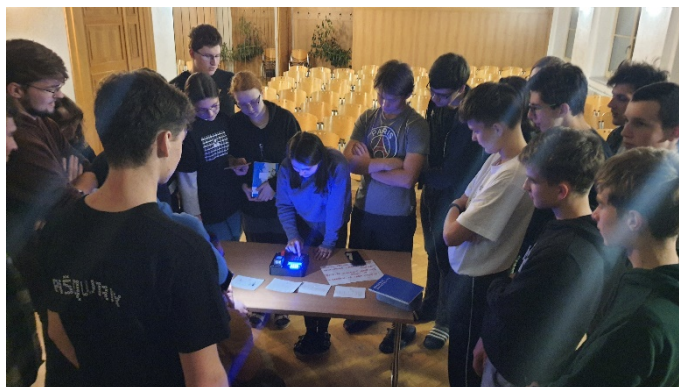
Druhá společná akce organizovaná pro motivované mladé studenty během roku je podzimní přenocování ve škole se speciálně zaměřeným programem. Na začátku, v odpoledních hodinách, jsou účastníci pasováni do role odborníků z různých oblastí, jejichž cílem je připravit a zajistit záchrannou misi podle představené legendy (například odvrácení hrozby dopadu asteroidu na Zemi, nebo znovuosídlení souše po životě na podmořské základně).



Obr. 3. Prezentace výsledků týmů během společné konference.

V jednotlivých týmech tak mladí odborníci nejdříve pracují na připravených tematických workshopech v oborech, které jsou nejbližší jejich zájmu. Po dokončení práce následuje společná konference, kde prezentují jednotlivé týmy výsledky svého zkoumání ostatním.

Poslední součástí akce, která obvykle končí až dlouho po půlnoci, je speciální úniková hra po škole, kterou studenti absolvují v nově vytvořených týmech. Během únikové hry musí řešit řadu logických úloh, při kterých je někdy potřeba využít výsledků a závěrů prezentovaných během předchozí konference. Ke zdárnému dokončení hry a tím i celé záchranné mise musí účastníci kromě spolupráce ve svých týmech účinně komunikovat a spolupracovat i s ostatními týmy.



Obr. 4. Společné zadávání kódů na konci únikové hry.

Podrobnější popis jednotlivých aktivit a ilustrační fotografie je opět možné najít na stránkách Projektu SUMEC [1]. Organizátoři uvítají, pokud tyto stránky poslouží komukoli jako inspirace pro přípravu podobných aktivit a s případnými zájemci budou rádi sdílet svoje zkušenosti a postřehy.

## Měření rychlosti diabolky

Experiment popisovaný na následujících řádcích byl inspirován aktivitami z posledního soustředění Projektu SUMEC na jaře 2025 a autor jej realizoval během Jarního soustředění pro budoucí učitele a spřízněné duše [2], které probíhalo shodou náhod o týden později na stejné táborové základně Domino Hluboká.



Obr. 5. Základ experimentálního zařízení.



Jedná se o využití rotujících kotoučů pro určení rychlosti projektilu, které k tomuto účelu pravděpodobně poprvé využil Ch. G. Kratzenstein na konci 18. století a dále zdokonalil například F. Bashforth v 60. letech 19. století. Tato historická metoda je poměrně jednoduše realizovatelná i ve školních podmínkách s využitím vzduchovky.



Obr. 6. Uchycení kotoučů.

Základem experimentálního zařízení jsou dva papírové kotouče o průměru například 20 cm z běžného kancelářského papíru, navlečené na ose z dřevěné kulatiny o průměru 1 cm. Pro uchycení kotoučů slouží čtyři menší kotouče z 1 mm silného kartonu navlečené z obou stran k větším kotoučům. Zajištění proti protáčení kotoučů je vyřešeno hřebíkem provlečeným kolmo vyvrtaným otvorem v dřevěné ose a zahnutým na obou koncích do tvaru písmene C (oba konce je vhodné naostřit pro snazší navlékání kotoučů). Vzdálenost kotoučů je 30 cm a jsou roztáčeny akumulátorovou vrtačkou s rychlostí 1300 otáček za minutu. Z prkének a latí je vyroben jednoduchý podstavec pro uchycení vrtačky a konce vodorovně umístěné osy kotoučů na druhé straně. Na společném základovém prkně je ještě přišroubována podpěra pro tělo vzduchovky, konec hlavně spočívá na držáku vrtačky tak, že hlaveň míří vodorovně asi 2 cm pod okraj papírových kotoučů.



Obr. 7. Zařízení připravené ke střelbě.

Měření rychlosti diabolky provedeme jednoduše tak, že nabijeme vzduchovku, umístíme ji do stojanu a prostřelíme kotouče bez jejich otáčení. Prostřelené otvory v obou kotoučích si označíme tužkou. Následně kotouče roztočíme pomocí vrtačky a prostřelíme je ještě jednou. Otvor v druhém kotouči bude nyní oproti otvoru v prvním kotouči pootočen o jistý úhel  $\alpha$ , který snadno změříme po sundání kotoučů a přiložení k sobě tak, aby se překrývaly otvory z prvního výstřelu. K zachycení diabolky po průstřelu kotouči dobře poslouží nadvakrát přeložená bavlněná plena pověšená na laboratorní stojan, případně

můžeme použít jakýkoli vhodný, dostatečně velký terč (například z měkkého dřeva), který nebude odrážet diabolky.



Obr. 8. Měření otáček navíjením nitě a prostřílené kotouče.

Pro výpočet rychlosti diabolky budeme potřebovat určit ještě rychlost otáčení kotoučů (v prvním přiblížení by šlo vyjít z udávaných otáček vrtačky). Jednou z možností pro přesnější určení rychlosti otáčení je nasnímat otáčející se kotouče mobilním telefonem s větší rychlostí záznamu videa (alespoň 320 snímků za sekundu) a prohlédnutím pootočení na jednotlivých snímcích určit periodu otáčení. Jinou, klasickou metodou je nechat na osu kotoučů navíjet tenkou nit s lehkým závažím na konci a změřit rychlost pohybu tohoto závaží, která představuje obvodovou rychlost na ose. Ze známého průměru osy potom snadno určíme periodu nebo frekvenci otáčení.

Výslednou rychlost  $v$  diabolky spočítáme ze vztahu:

$$v = \frac{s \cdot 360^\circ}{\alpha \cdot T}$$

$s$  je vzdálenost mezi kotouči,  $\alpha$  vyjadřuje úhel pootočení kotoučů ve stupních, změřený podle průstřelů, a  $T$  je perioda otáčení kotoučů. V konkrétním případě vyšla průměrná rychlost diabolky z deseti měření asi  $143 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  s relativní odchylkou přibližně 5 %.

Popsaná metoda může sloužit například jako motivační experiment při výuce kinematiky k zopakování základních vztahů pro rovnoměrný a kruhový pohyb. Lze pomocí ní také demonstrovat problematiku měření fyzikálních veličin a vlivu použité metody na přesnost výsledku, kdy s žáky podrobněji prodiskutujeme vliv odchylek jednotlivých měřených veličin ( $s$ ,  $\alpha$ ,  $T$ ) na zjištěnou hodnotu rychlosti diabolky.

## Literatura

- [1] Projekt SUMEC. [cit. 11. 9. 2025]. Dostupné online: <https://projektsumec.cz/>
- [2] Jarní soustředění pro posluchače učitelství fyziky MFF UK a „spřízněné duše“. [cit. 11. 9. 2025]. Dostupné online: <https://kdfls5.troja.mff.cuni.cz/hrastice/2025/hrastice2025.php>

# Flettnerův rotor

Zdeňka Kielbusová

KMT, FPE, ZČU v Plzni

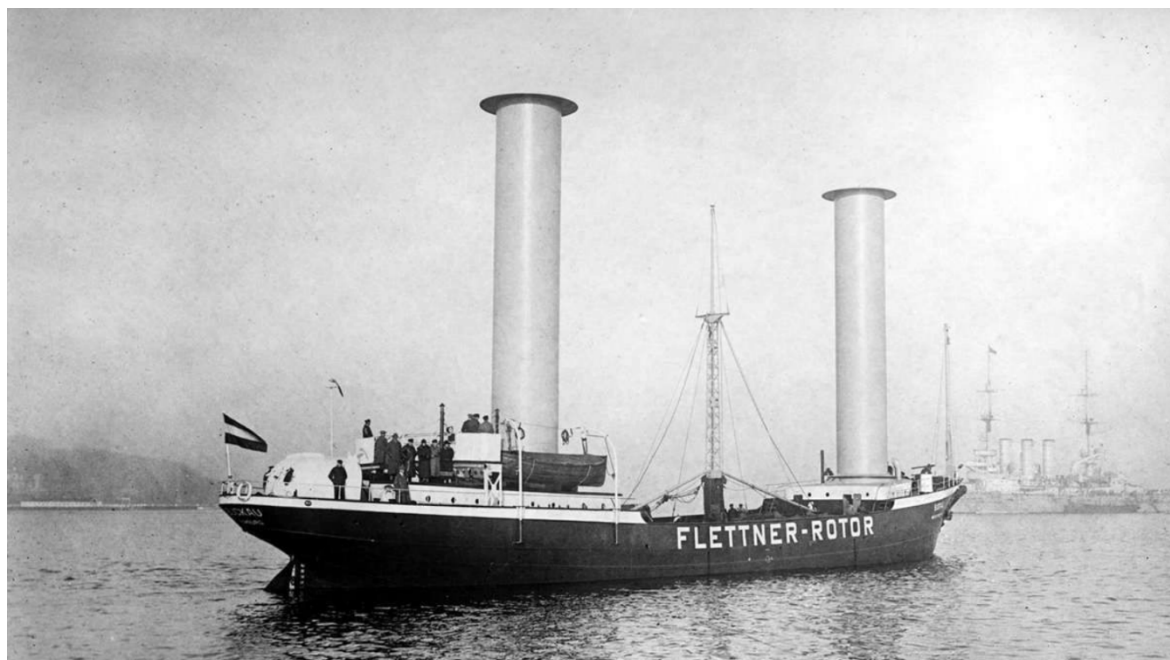
## Abstrakt

*V rámci příspěvku si představíme Flettnerův rotor. Prozkoumáme nejen jeho fascinující historii a princip fungování, představíme jednoduchou konstrukci autíčka, které si žáci a studenti mohou sami postavit, a skrze ně prakticky experimentovat s vlivem rotace na pohyb ve vzduchu.*

## Historie

První praktické experimenty s využitím rotujících válců jakožto prostředku pohonu lodí provedl německý vynálezce Anton Flettner ve 20. letech 20. století. Anton Flettner (1885–1961) byl německý vynálezce, inženýr a letecký průkopník. Po studiu inženýrství se zabýval problematikou aerodynamiky a letectví. Během první světové války pracoval na konstrukci řízených střel a bezpilotních letounů.

Po válce se zaměřil na experimenty s Magnusovým efektem a v roce 1924 představil první loď poháněnou rotory – Buckau (později přejmenovanou na Baden-Baden). Loď byla vybavena dvěma válci o výšce 15 m a průměru 3 m, které poháněly elektromotory. Roku 1926 uskutečnila transatlantickou plavbu z Německa do USA, čímž demonstrovala praktické využití rotoru.

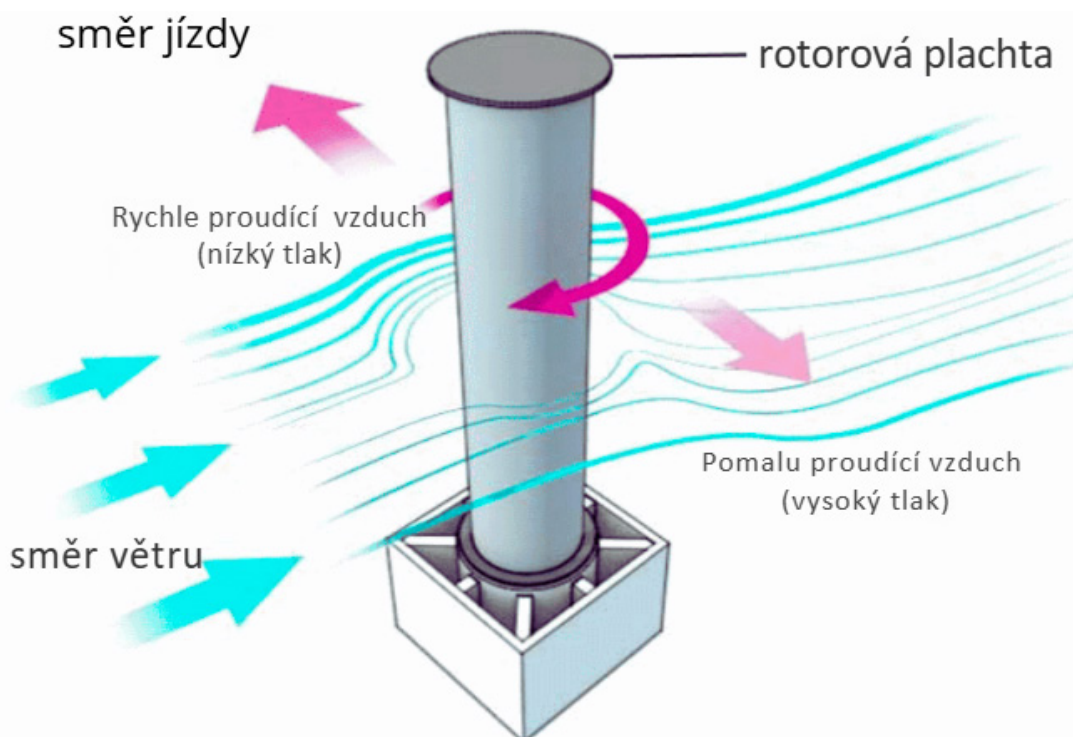


Obr. 1. Loď Buckau (zdroj: [https://www.history.navy.mil/content/history/nhhc/our-collections/photography/numerical-list-of-images/nhhc-series/nh-series/NH-110000/NH-110823/\\_jcr\\_content/mediaitem/image.img.jpg/1456449714641.jpg](https://www.history.navy.mil/content/history/nhhc/our-collections/photography/numerical-list-of-images/nhhc-series/nh-series/NH-110000/NH-110823/_jcr_content/mediaitem/image.img.jpg/1456449714641.jpg)).



Vedle rotorových lodí Flettner přispěl i do dalších oblastí techniky – vyvinul první funkční vrtulníky s protiběžnými rotory (např. Flettner Fl 282 Kolibri), pracoval na aerodynamických stabilizátorech a spolupracoval s americkým leteckým průmyslem po druhé světové válce. Jeho práce zanechala významný odkaz jak v letectví, tak v lodní dopravě.

Po druhé světové válce zájem o rotorová plavidla téměř zanikl. Teprve od 70. let, v souvislosti s ropnými krizemi, se objevily nové pokusy o návrat k této technologii. K významnějším realizacím však došlo až v 21. století, kdy tlak na snižování emisí v lodní dopravě vedl k opětovnému nasazení Flettnerových rotorů na komerčních lodích.



Obr. 2. Princip Flettnerova rotoru (zdroj původního obrázku:

<https://www.researchgate.net/publication/369854802/figure/fig5/AS:11431281139052600@1680833667833/Working-mechanism-of-Flettner-rotor-60.png>).

### Princip fungování

Fungování Flettnerova rotoru je založeno na Magnusově jevu, který popisuje interakci mezi rotujícím tělesem a proudící tekutinou (v tomto případě vzduchem). Když je válec vystaven proudu větru, jeho rotace vytváří asymetrický proud vzduchu kolem jeho povrchu.

Tento jev je zásadně vysvětlen Bernoulliho principem.

Když se válec o poloměru  $R$  otáčí úhlovou rychlostí  $\omega$ , rychlost proudění vzduchu vzhledem k povrchu není stejná. Na jedné straně se rychlost rotace sčítá s rychlostí pohybu, což vede k vyšší efektivní rychlosti proudění ( $v + \omega R$ ), na protilehlé straně se rychlost rotace odčítá, což způsobuje nižší efektivní rychlost proudění ( $v - \omega R$ ). Dosazením těchto rychlostí do Bernoulliho rovnice lze odvodit rozdíl tlaku ( $\Delta p$ ) mezi oběma stranami. Tento tlakový rozdíl pak vytváří výslednou sílu kolmou ke směru pohybu – Magnusovu sílu.

$$p = p_0 + \frac{1}{2}\rho v^2$$

kde  $p_0$  je statický tlak,  $\rho$  – je hustota média, v tomto případě vzduchu

$$\Delta p = \left(\frac{1}{2}\rho v_2^2 + p_0\right) - \left(\frac{1}{2}\rho v_1^2 + p_0\right) = \frac{\rho[(v + \omega R)^2 - (v - \omega R)^2]}{2} = 2\rho\omega v R$$

$$F_M = \Delta p A = (2\rho\omega v R)A = 4\rho\omega v R^2 h$$

kde  $A$  je účinný průřez a pro válec je tedy  $2Rh$ .

Magnusova síla ( $F_M$ ) je přímo úměrná vektorovému součinu směrové rychlosti a úhlové rychlosti.

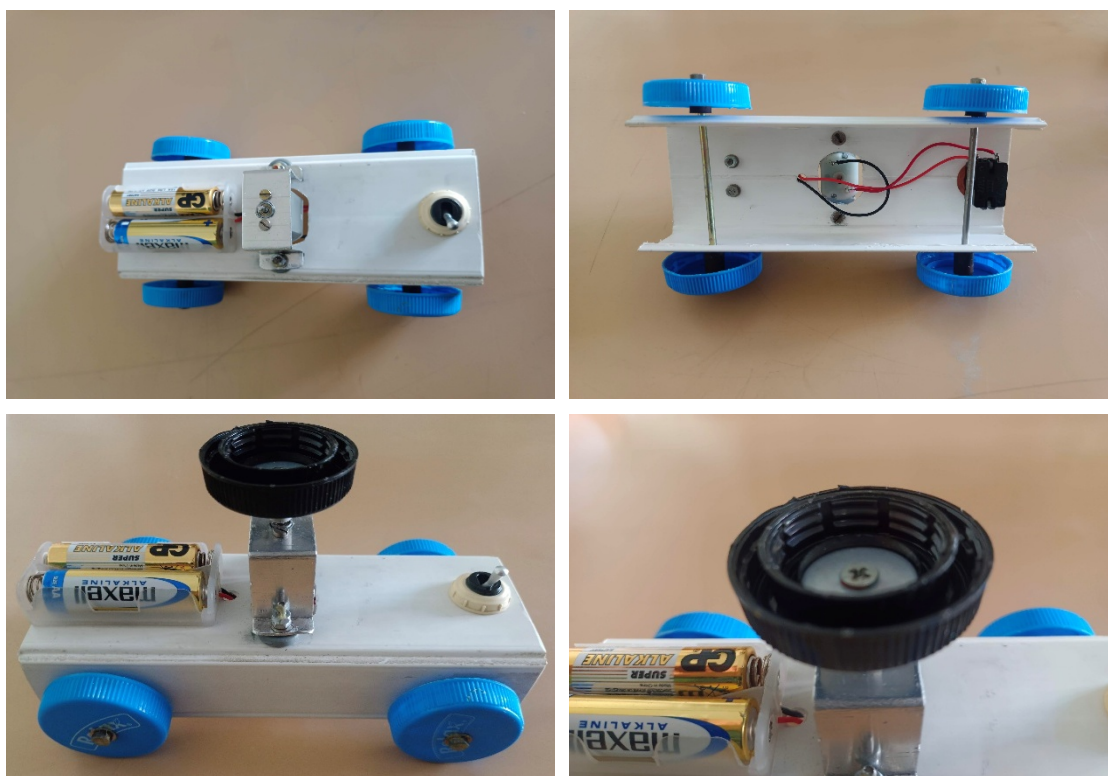
## Konstrukce autíčka s Flettnerovým motorem

### Pomůcky:

DC motorek, vhodný podvozek s kolečky, baterie, rotující válec, různé typy PET lahví

### Provedení:

Zkonstruovat autíčko je poměrně jednoduché. DC motorek se zdrojem připevníme na vhodný podvozek s kolečky (obr. 3 a 4). Na osu motorku připevníme uchycení na válec a PET lahve. Uchycení je vymyšlené tak, aby se bez problémů mohla měnit rotující tělesa (v našem případě válec a různé tvary PET lahví). Válec našroubujeme na závit uchycení a Flettnerovo autíčko je připravené na experimentování (obr. 5).



Obr.3. Konstrukce podvozku a uchycení válců na motorek.



Obr.4. Různé rotory (válec, PET lahve) a detail uchycení válce.

### Experimenty s autem, které má Flettnerův rotor

Při experimentu, jehož cílem je demonstrace Flettnerova rotoru a Magnusova efektu, jsme použili námi vyrobený model automobilu a zdroj proudu vzduchu. Experiment byl rozdělen na 4 kroky.

#### Pomůcky:

Auto, různé rotory, rovná plocha, fén (fukar)

#### Postup:

##### *Krok 1. Rotor v klidu*

Model automobilu jsme umístili na vodorovnou a hladkou plochu. Rotor na modelu jsme nechali v klidové poloze (nulové otáčky). Na rotor jsme poté nasměrovali proud vzduchu, kolmo na podélnou osu automobilu. Navzdory proudění vzduchu jsme nepozorovali žádný pohyb modelu, což potvrdilo, že statický rotor negeneruje žádnou příčnou sílu.



Obr. 5. Funkční model.

**Krok 2: Rotující rotor**

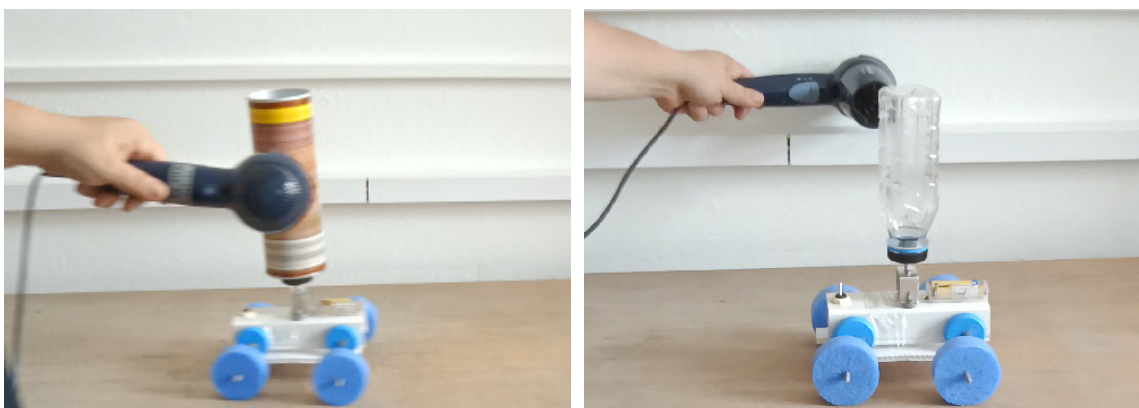
V druhém kroku jsme rotor uvedli do rotace kolem jeho vertikální osy. Na rotující rotor jsme opět nasměrovali proud vzduchu, přičemž jeho směr zůstal kolmý na podélnou osu auta. V této situaci jsme pozorovali výrazný pohyb modelu, a to kolmo na směr proudění vzduchu. Tento jev ukazuje, že rotující válec v proudu vzduchu generuje aerodynamickou sílu, která je kolmá na směr proudění a která je dostatečná k překonání tření.

**Krok 3: Změna proudění vzduchu**

Ve třetím kroku změnilme směr proudění vzduchu o 180°. Opět pozorujeme výrazný pohyb auta, ale na opačnou stranu.

**Krok 4: Výměna tvaru rotoru**

V posledním kroku vyměníme stávající rotor za jiný a opakujeme vše od kroku 1.



Obr.6. Průběh experimentu krok 2 a 3.

V rámci experimentování můžete využít motorek s regulací otáček nebo fukar s možností regulace proudění vzduchu.

**Závěr**

Experimenty s modelem autíčka jednoznačně dokázaly, že Flettnerův rotor a Magnusův jev jsou efektivním způsobem, jak generovat sílu. Jednoduchá a cenově dostupná konstrukce autíčka je ideální pro demonstraci těchto fyzikálních principů ve výuce. Po druhé světové válce zájem o tuto technologii na čas upadl, ale kvůli tlaku na snižování emisí v lodní dopravě se Flettnerovy rotory v 21. století opět začaly používat na komerčních lodích. Závěrem, ačkoli tato technologie není nová, její potenciál v moderní době roste, což je podpořeno i tímto praktickým experimentem.

**Literatura**

- [1] *Bejvávalo.cz*. Online. Dostupné z: <https://www.bejvavalo.cz/clanky.php?detail=149>. [cit. 2025-09-20].
- [2] FLOREN, Anders, JACQUOT, Philippe Jean. and col. *Football-in-science-teaching*. Online. S. 6. Dostupné z: [https://www.science-on-stage.eu/sites/sons-eu/files/material/istage3\\_en\\_football-in-science-teaching\\_1.pdf](https://www.science-on-stage.eu/sites/sons-eu/files/material/istage3_en_football-in-science-teaching_1.pdf). [cit. 2025-09-09].
- [3] *Pch-engineering*. Online. Dostupné z: <https://www.pch-engineering.dk/509/rotorsailmonitoring>. [cit. 2025-09-10].



# Časová osa událostí v mikrosvětě

Zdeňka Koupilová

Katedra didaktiky fyziky MFF UK

## Abstrakt

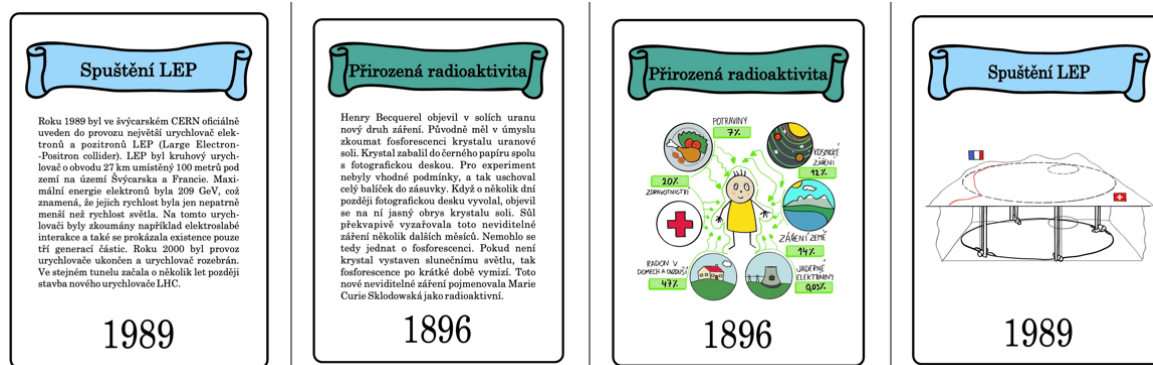
*Příspěvek představuje vylepšenou verzi aktivity zaměřené na vizualizaci událostí 20. století a zařazení významných událostí z oblastí fyziky mikrosvětě do kontextu světových dějin.*

## Úvod

Žáci mají často velmi zkreslené či neurčité představy o tom, co se dělo ve společnosti v dané době. S tím jim velmi dobře může pomoci si vizualizovat události z 20. století, jak ze společnosti, techniky, kultury, ale i právě fyziky mikrosvětě. Taková aktivita byla poprvé představena již před mnoha lety [1] a od té doby byla úspěšně využita v mnoha hodinách. Aktivita podporuje porozumění historickým souvislostem, rozvíjí schopnost zařazovat nové poznatky do širšího kontextu a umožňuje žákům uvědomit si rychlost rozvoje fyziky v posledním století. Nově vzniklá sada kartiček, kterou tento příspěvek představuje, obsahuje kromě ilustrace také stručné vysvětlující texty pro žáky a doplňující informace pro učitele.

## Pomůcky a příprava

Hlavní pomůckou je sada kartiček [2] s událostmi z fyziky mikrosvětě (objevy částic, teorie, významné experimenty, nové aplikace atd.) – viz ukázka na obr. 1. Každá kartička obsahuje ilustraci, na rubu stručný výkladový text pro žáky a doplňující informace v metodickém textu pro učitele. Pro zasazení událostí do širšího kontextu je nutné přidat i kartičky z jiných oblastí (věda, technika, kultura, společnost) pokrývající období od konce 19. století po současnost – lze je vyrobit se žáky nebo využít komerční edukační hry (např. řady Timeline od vydavatele Rexhry či Kdy se to stalo? od Zygomatic). Samotná časová osa může být realizována na zemi pomocí dlouhého provázku či stuhy s vyznačenými desetiletími (např. 1890–2020), nebo třeba na magnetické tabuli, kde je osa zakreslena a kartičky se přichytávají magnety (méně přehledné). Délku osy a hustotu značek je vhodné přizpůsobit počtu a velikosti kartiček (osvědčilo se celkově 10 m pro cca 100 kartiček, více než 20 m pro sadu asi 200 kartiček).



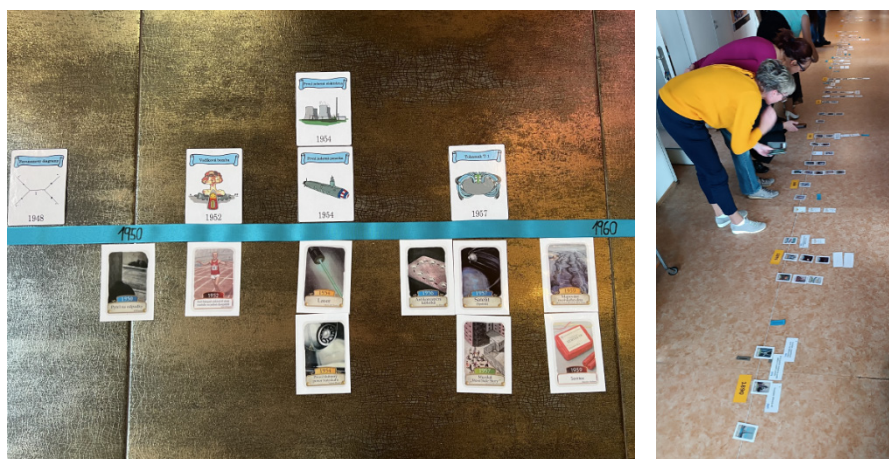
Obr. 1. Ukázka dvou kartiček z lícové i rubové strany.

## Průběh aktivity

Průběh aktivity je poměrně variabilní, učitel by ji měl přizpůsobit nejenom dostupnému prostoru a času, ale také znalostem žáků a požadovanému celkovému vyznění aktivity. Zde je stručně popsán jeden z možných průběhů.

Žáky nejprve seznámíme s principem aktivity a tématy kartiček. Prvním krokem bude jistá personalizace aktivity, každý žák si vytvoří kartičky s událostmi, které jsou pro něj zajímavé či důležité (je vhodné promyšlení a vyhledání takových aktivit zadat předem jako domácí přípravu na hodinu) a také kartičky označující rok, kdy se narodil on a kdy se narodil některý z jeho prarodičů. V mezichase učitel na zemi připraví časovou osu a vyznačí desetiletí. Žáci si následně rozdělí kartičky z mikrosvěta i z dalších oblastí, pečlivě si je prohlédnou a rozmístí je na osu.

Po rozmístění následuje prohlídka osy a reflexe. Žáky vyzveme, aby sledovali, které události se staly v podobné době jako např. objev neutronu či době, kdy docházelo k rozvoji jaderné energetiky. Případně mohou sledovat, kdy se objevila zařízení, která považujeme dnes za naprosto běžná, a porovnat, které objevy jsou staršího data. Osobní rozměr aktivitě může dát pokyn, aby se podívali, které věci se udály za života jejich prarodičů, a zažili tedy danou dobu a mohli jim o ní vyprávět. Často naleznou věci, které je velmi překvapí. Tato pozorování je potom vhodné sdílet ve skupině.



Ob. 2. Ukázka realizace časové osy (vlevo pomocí stuhy, vpravo na kurzu pro učitele).

Některé objevy z fyziky mikrosvěta budou žákům neznámé, a proto je vhodné pracovat i s vysvětlujícími texty na zadních stranách kartiček, které podávají základní vysvětlení, ale obsahují i vybrané zajímavosti či souvislosti.

## Zkušenosti a doporučení

Aktivita je využívána v hodinách fyziky dlouhodobě a osvědčila se jak v posledních ročnících 2. stupně ZŠ, tak se středoškoláky. Žáci oceňují možnost vizuálně sledovat historické souvislosti. Personalizované kartičky zvyšují jejich zájem a zapojení. Nově vytvořená sada kartiček k fyzice mikrosvěta včetně vysvětlujících textů se ukázala jako velmi vhodná pro středoškoláky, ale poměrně náročná pro žáky základních škol, kteří ještě nemají dostatečné znalosti na pochopení podstaty některých objevů či událostí.



V takovém případě je možné část kartiček vyřadit, nebo je ponechat jako hesla – např. kvarkový model, ale detailnější diskuzi principu nedělat.

## **Závěr**

Časová osa je atraktivní a didakticky přínosná aktivita, která umožňuje žákům získat základní přehled o vývoji fyziky mikrosvěta a zasadit jednotlivé objevy do historického a osobního kontextu. Nově vzniklá sada kartiček [2] její realizaci zjednodušuje a umožňuje učitelům hlubší diskuzi fyzikálního pozadí jednotlivých událostí z fyziky mikrosvěta.

## **Literatura**

- [1] Broklová Z.: *Učíme jadernou fyziku*. ČEZ, a. s., 2008. ISBN 978-80-254-1342-5.  
Dostupné i online: <https://www.svetenergie.cz/file/edee/se/energetika-interaktivne/ucimejadernoufyziku.pdf>
- [2] Kozáková K.: *Časová osa událostí v mikrosvětě – aktivita pro žáky*. [cit. 10. 9. 2025].  
Dostupné online: <http://fyzweb.cz/materialy/mikrosvet/>

# Čtvrtý ročník fyzikálního „Kalendáře“ aneb téměř 100 konceptuálních úloh pro učitele

Zdeňka Koupilová

Katedra didaktiky fyziky MFF UK

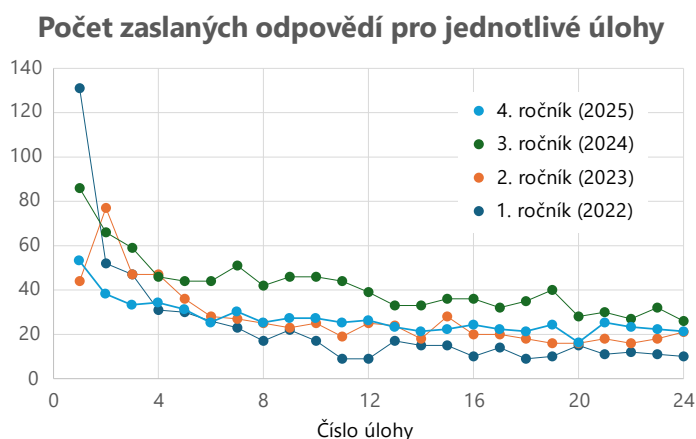
## Abstrakt

*V tomto příspěvku naleznete popis online hry Neadventní kalendáře fyziky a zejména jeho čtvrtého ročníku, který probíhal v první polovině roku 2025. Hra vznikla jako alternativa k obvyklým adventním kalendářům. Zaměřuje se popularizaci konceptuálních úloh, jež podporují přemýšlení a hledání souvislostí ve fyzice.*

## O hře

Hra Neadventní kalendář fyziky [1] vznikla v roce 2022 jako reakce na přemíru adventních kalendářů, které zaplavují období před Vánoci. Jejím záměrem bylo nabídnout něco podobného i pro období, kdy se běžně žádné podobné aktivity nekonají – tedy v prvních 24 týdnech kalendářního roku. Místo sladkostí nebo dáreků však kalendář přináší konceptuální úlohy z různých oblastí fyziky, které mají vést především k přemýšlení, hledání souvislostí a radosti z poznávání, nikoli ke sbírání bodů či soutěžení, čímž plní svůj hlavní cíl – seznámit řešitele s tímto méně častým typem úloh.

Každý týden se v online rozhraní hry objevila jedna nová úloha, na jejíž řešení měli účastníci osm dní. Úlohu mohli řešit zcela anonymně (soutěžit pod zvolenou přezdívkou), odevzdat jen krátké zdůvodnění odpovědi a zapojit se jen tehdy, kdy se jim to hodilo. Úlohy jsou záměrně voleny tak, aby vyvolávaly diskuzi a umožňovaly více možných přístupů i různou hloubku řešení. Takže u mnoha úloh nebylo možné jednoznačně říct, která z nabízených možností je správně, protože záleželo na interpretaci zadání. I z toho důvodu nebyli v závěru hry vyhodnoceni řešitelé podle počtu správných odpovědí, ale drobnou odměnu obdrželi všichni, kteří zaslali odpověď na většinu úloh.



Obr. 1. Počty zaslaných odpovědí na jednotlivé otázky ve všech čtyřech ročnících hry.

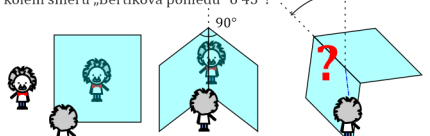
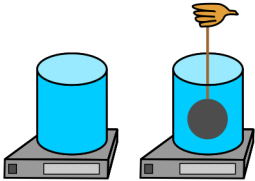
I když se počty zaslaných odpovědí na jednotlivé úlohy pohybují mezi 20–40 (kromě několika málo úvodních úloh), ze zpětné vazby účastníků hry i z diskuzí s nimi víme, že

úlohy sleduje, řeší a diskutuje násobně více lidí, ale nechtějí (často z časových důvodů) svoje odpovědi odesílat. Úlohy jsou také sdíleny na sociálních sítích, což okruh jejich řešitelů ještě zvyšuje.

## Proč právě konceptuální úlohy

Ve výuce fyziky stále převažují výpočtové úlohy, které sice procvičují matematické dovednosti, ale často sklouznou k rutinní aplikaci vzorců, ale příliš nevedou žáky k hlubšímu porozumění jevům. Konceptuální úlohy naopak kladou důraz na fyzikální podstatu a na promýšlení souvislostí a hlubších detailů. Vyžadují, aby žáci přemýšleli, vysvětlovali a argumentovali, nikoli pouze dosazovali do vzorců. Velmi často se jejich řešení zcela obejde bez složitějších výpočtů.

Právě proto se dlouhodobě snažím tento typ úloh mezi učiteli fyziky popularizovat. Ukazuje se, že mají pozitivní vliv nejen na porozumění a zapamatování učiva, ale i na vztah žáků k fyzice – mohou je vnímat jako méně stresující a více hravé než klasické početní úlohy. Zároveň poskytují prostor pro různé úrovně zapojení, takže se v nich mohou uplatnit i žáci, kteří běžně v hodinách příliš neexcelují.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Zrcadlová</b></p> <p>V rovinném zrcadle je váš obraz přímý a stranově převrácený. Pokud si před sebe dáte dvě zrcadla na sebe kolmá, pak získáte obraz, který je přímý a není stranově převrácený. Jaký obraz získáte, pokud kolmá zrcadla pootočíme kolem směru „Bertikova pohledu“ o <math>45^\circ</math>?</p>  <p>A) Stále přímý a nepřevrácený    C) Převrácený, otočený o <math>45^\circ</math>.<br/>B) Nepřevrácený, otočený o <math>45^\circ</math>.    D) Jiná odpověď.</p> <p><small>Nezapomínejte svůj odpověď zdůvodnit, jinak nebude do hry započítána.<br/>Zcela neadventní kalendář, 06/2025</small></p> | <p><b>Rozjezdová</b></p> <p>Běžné dopravní letadlo se před vzletem rozjíždí po poměrně dlouhé vzletové dráze. Letadlo tím získá rychlost a motory tah, který si pak udržují během letu. Nebylo by možné ušetřit při stavbě letiště a místo dlouhých ranvejí nechat letadlo získat rychlost a tah motorů na jezdícím pásu, který by se pohyboval v protisměru, a nemusel by proto být příliš dlouhý?</p>  <p>A) Ano, ale ještě neumíme vyrobit pás s dostatečnou nosností.<br/>B) Stavba takového pásu by byla mnohonásobně dražší než stavba vzletové dráhy.<br/>C) Ne, pás by neumožnil letadlu vzlétnout.<br/>D) Jiná odpověď.</p> <p><small>Nezapomínejte svůj odpověď zdůvodnit, jinak nebude do hry započítána.<br/>Zcela neadventní kalendář, 01/2025</small></p> |
| <p><b>Vztlaková</b></p> <p>Na váze stojí sklenice plná vody. Do vody ponoříme ocelovou kuličku zavěšenou na provázku tak, že je celá ponořená, ale nedotýká se dna sklenice. Vodu, která přetékla, jsme otřeli. Jak se změní údaj na váze?</p>  <p>A) Váha bude ukazovat menší hodnotu.<br/>B) Váha bude ukazovat stejnou hodnotu.<br/>C) Váha bude ukazovat větší hodnotu.<br/>D) Nelze jednoznačně rozhodnout.</p> <p><small>Nezapomínejte svůj odpověď zdůvodnit, jinak nebude do hry započítána.<br/>Zcela neadventní kalendář, 17/2025</small></p>                                                                       | <p><b>Elektronová</b></p> <p>Které z uvedených čísel je nejbližší počtu elektronů v těle průměrného dospělého člověka?</p> <p>A) <math>10^{30}</math>    C) <math>10^{26}</math><br/>B) <math>10^{28}</math>    D) <math>10^{24}</math></p> <p>Přišlo vám to příliš jednoduché? Udělejte co nejpřesnější odhad počtu elektronů a popište své úvahy.</p> <p><small>Úloha ze soutěže Výfuk.<br/>Nezapomínejte svůj odpověď zdůvodnit, jinak nebude do hry započítána.<br/>Zcela neadventní kalendář, 09/2025</small></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

Obr. 2. Ukázka čtyř úloh čtvrtého ročníku (jde o úlohy, které řešitelé ve zpětná vazbě označili za zdařilé).

## Čtvrtý ročník

Čtvrtý ročník Neadventního kalendáře fyziky proběhl v roce 2025 ve stejném formátu jako v předchozích letech. Účast byla srovnatelná s minulými ročníky a hra opět přinesla 24 nových konceptuálních úloh.

## Závěr

Během čtyř ročníků vznikla rozsáhlá a pestrá sbírka téměř stovky konceptuálních úloh, které jsou volně k dispozici v archivu hry. [2] Tento archiv tak představuje cenný zdroj inspirace pro učitele fyziky – nabízí množství originálních úloh, které mohou přímo zařadit do výuky, využít je k podnícení zájmu žáků a ukázat jim, že fyzika nemusí být jen počítání, ale i přemýšlení, objevování souvislostí a slovy R. Feynmana o „*radosti z objevování*“.

## Literatura

- [1] *Neadventní kalendář*. [cit. 10. 9. 2025]. Dostupné online:  
<http://kalendar.kdfls5.troja.mff.cuni.cz/>
- [2] *Archiv hry Neadventní kalendář*. [cit. 10. 9. 2025]. Dostupné online:  
<http://kalendar.kdfls5.troja.mff.cuni.cz/archive>

# Sady karet *Různé? Stejně!* využívají různé reprezentace

Zdeňka Koupilová

Katedra didaktiky fyziky MFF UK

## Abstrakt

*Příspěvek představuje výukové sady **Různé? Stejně!**, které pomocí různorodých aktivit rozvíjejí schopnost žáků rozpoznávat fyzikální a matematické pojmy v různých reprezentacích. Shrnuje možnosti jejich využití ve výuce a představuje novinky vzniklé v posledním roce.*

## **Různé? Stejně! – sady výukových karet**

Hry a výukové sady *Různé? Stejně!* [1] vznikly jako pomůcka pro rozvoj schopnosti rozpoznávat fyzikální a matematické pojmy, veličiny a jevy v různých podobách (reprezentacích), což je jedním z ukazatelů hlubšího porozumění dané látce. Umožňují širokou škálu aktivit pro žáky od druhého stupně ZŠ až po střední školy, a to jak krátké několikaminutové hříčky, tak delší opakovací úkoly nebo náročné výzvy. Využitelné jsou pro práci žáků ve dvojicích, malých skupinách i jako pohybové aktivity pro celou třídu. V minulých letech se osvědčily na různých typech škol i mimoškolních akcích, a to i u žáků, kteří fyzice běžně příliš neholdují.

Každá sada obsahuje tři typy karet (viz obr. 1) – čtvercové, kruhové a šestiúhelníkové.

- Čtvercové karty tvoří trojice: název pojmu a dvě jeho různé reprezentace. Využívají se například pro „tříkartičkové pexeso“ (známé jako pexetrio či trixeso), přiřazovací úlohy či třídění.
- Na kruhových a šestiúhelníkových kartách je zobrazeno pět či šest různých pojmů; na každých dvou kartách stejného tvaru se vždy vyskytuje právě jeden společný pojem, ale na každé kartě v jiné podobě. To umožňuje vytvářet aktivity založené na vyhledávání a porovnávání různých reprezentací jednoho pojmu.

Protože všechny tři typy karet využívají shodné pojmy i jejich reprezentace, dají se mezi sebou kombinovat a poskytují tak učitelům velmi široké možnosti.



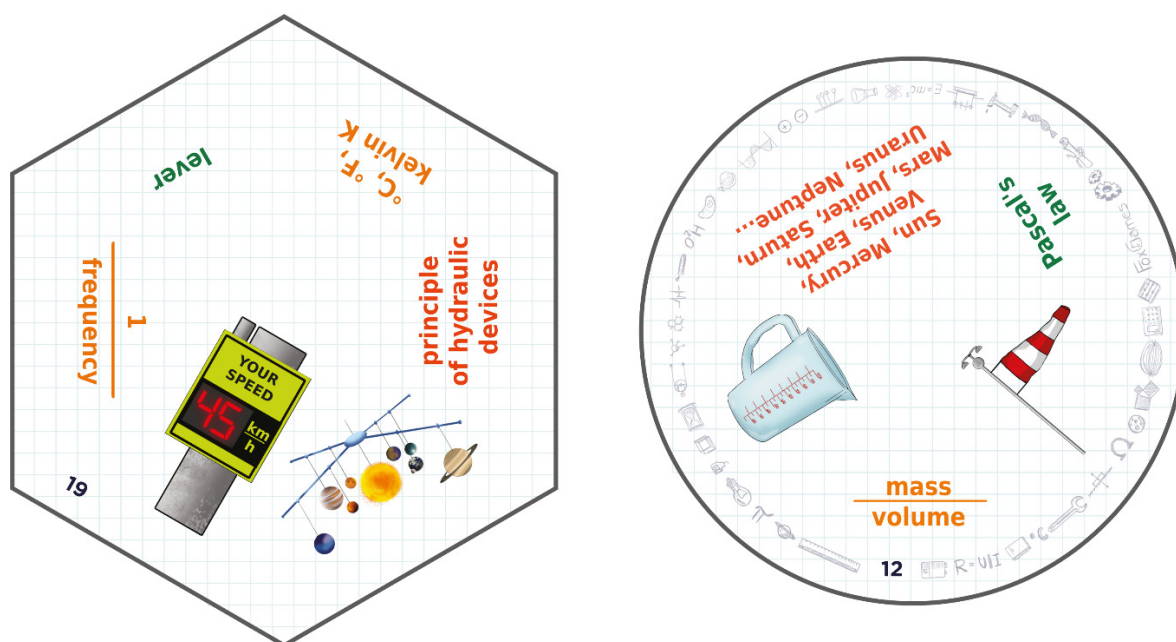
Obr. 1. Ukázka různých typů karet ze sady pro fyziku (vlevo) a matematiku (vpravo).

Součástí her je také podpůrný metodický web, kde učitelé najdou přehledy pojmů a jejich reprezentací, vzorová řešení přiřazovacích aktivit, nápady na nové hry a komentáře k jednotlivým pojmům. Ceněná je také videonahrávka webináře o možnostech použití karet, protože učitelům usnadňuje zařazení her do výuky.

## Novinky v roce 2025

V posledním roce se podařilo metodický web [2] her **Různé? Stejně!** rozšířit o ucelený přehled aktivit, které lze s kartami provádět. Učitelé zde najdou náměty s uvedením typu karet, věkové skupiny i cíle aktivity, ale také možnosti, jak lze aktivitu modifikovat pro konkrétní skupinu žáků i kontext použití. Přehled je doplňován o nové nápady z praxe.

Nově byla vytvořena také kompletní anglická verze fyzikálních karet (viz obr. 2) [3], kterou si mohou učitelé zdarma stáhnout a využít ve výuce. Je vhodná pro propojení výuky fyziky a anglického jazyka, např. čtvercové kartičky jsou velmi vhodné pro rozšiřování slovní zásoby o fyzikální či matematické pojmy, nebo se dají použít v rámci výuky Content and Language Integrated Learning – CLIL. V přípravě je i anglická verze matematických karet.



Obr. 2. Ukázka anglické šestiúhelníkové a kruhové karty z fyziky.

Jako potvrzení univerzálnosti celého konceptu momentálně vznikají také sady pro výuku chemie [4]. Přípravují se ve dvou variantách: první se zaměřuje na chemické zákonitosti, jevy a principy (podobně jako fyzikální sada), druhá na chemické sloučeniny a jejich vlastnosti. Jejich uvedení rozšíří možnosti mezipředmětového využití a nabídne další způsob, jak rozvíjet schopnost žáků rozpoznávat pojmy v různých reprezentacích.

## Závěr

Sady výukových karet **Různé? Stejně!** se v praxi osvědčily jako atraktivní a flexibilní nástroj, který podporuje aktivní zapojení žáků, rozvíjí jejich schopnost hledat souvislosti a napomáhá hlubšímu porozumění pojmům. Díky široké škále možných aktivit, metodické



podpoře i nově vznikajícím variantám pro další předměty představují užitečný prostředek, jak oživit výuku a zároveň posílit klíčové dovednosti žáků.

## Literatura

- [1] *Různé? Stejně! Matematika a Různé? Stejně! Fyzika*. [cit. 10. 9. 2025]. Dostupné online: <https://www.ruznestejne.cz/>
- [2] Koupilová Z. *Podpůrný web pro sady karet Různé? Stejně!* [cit. 10. 9. 2025]. Dostupné online: [https://cunicz-my.sharepoint.com/:o:/g/personal/88691403\\_cuni\\_cz/EvgozoW4HopPudhTYFaQW1lB02ZLtFwKXh14onitDz290Q](https://cunicz-my.sharepoint.com/:o:/g/personal/88691403_cuni_cz/EvgozoW4HopPudhTYFaQW1lB02ZLtFwKXh14onitDz290Q)
- [3] *Different? The Same! Physics*. [cit. 10. 9. 2025]. Dostupné online: <https://www.ruznestejne.cz/en>
- [4] *Různé? Stejně! Chemie a Různé? Stejně! Chemické sloučeniny*. [cit. 10. 9. 2025]. Dostupné online: <https://www.ruznestejne.cz/chemie>

# Přehled vzdálených experimentů na platformě ISES a Arduino

František Lustig

Univerzita Jane Evangelisty Purkyně, Přírodovědecká fakulta, Katedra fyziky

## Abstrakt

*Příspěvek je úplným přehledem vzdálených experimentů provozovaných na platformě ISES a Arduino. Na jednom místě soustředí všechny funkční vzdálené experimenty. Dále odkáže na tři nejdůležitější rozcestníky – na původní [ises.info](http://ises.info), na nový rozcestník [eEdu.eu](http://eEdu.eu) na MFF UK Praha, na rozcestník na UJEP Ústí nad Labem. Zmíníme též vzdálené experimenty s Arduinem na Škoda Auto Vysoká škola Mladá Boleslav. Během prezentace předvedeme živě všechny vzdálené experimenty. U vzdáleného experimentu Elektromagnetická indukce navíc ukážeme nové zajímavé pracovní úkoly pro ZŠ, SŠ i VŠ (včetně využití AI). Součástí příspěvku je prezentace s aktivními odkazy na jednotlivé vzdálené experimenty.*

## Úvod

Vzdálené experimenty již mají dlouhou tradici. Naše vzdálené experimenty s plnohodnotnou funkčností byly jedny z prvních v České republice (a dovolíme si říci, že i v Evropě a snad i na světě ...). Vznikly na MFF UK již v roce 2002. Školy z ČR i ze světa si je postupně zkoušely a začaly je používat ve výuce. Opravdu aktivní využívání vzdálených experimentů se objevilo během Covidu 19. Tehdy se aktivní využívání zvedlo o cca 450 %. V běžném režimu máme na naše vzdálené laboratoře asi 300 přístupů za měsíc, v době Covidu 19 to bylo přes 1400 přístupů za měsíc. Přestože vzdálené experimenty prezentujeme na konferencích, na seminářích, v publikacích aj. již přes 20 let, přesto se stále objevují učitelé, studenti, kteří je vždy vidí poprvé! A musíme se pochválit, vzdálené experimenty se jim líbí. Tímto příspěvkem chceme znovu a znovu připomenout, že jsou na internetu komukoliv a kdykoliv volně přístupné tyto naše vzdálené experimenty s jednoduchým intuitivním ovládáním. Vzdálené experimenty jsou převážně sestaveny na platformě systému ISES, později jsme vzdálené experimenty konstruovali na levné a všem dostupné variantě s Arduinem. Pro uživatele to není důležité, vzdálené experimenty fungují se stejným ovládacím rozhraním.

Kolem našich vzdálených experimentů bylo napsáno mnoho článků a příspěvků. Zde v textu uvedeme zásadní klíčové publikace, které se věnovaly jak vývoji software pro tvorbu vzdálených laboratoří, tak popisu našich vzdálených experimentů [1], [2], [3], [4], [5], (pozn.: v Literatuře jsou interaktivní linky, takže se velice snadno dostanete k našim všem klíčovým publikacím).

## Přehled vzdálených experimentů

Všechny níže popsané vzdálené experimenty mají jednotné intuitivní ovládání. Vzdálený experiment má vždy *živý kamerový pohled*. Experiment je pokud možno maximálně interaktivní, má vždy nějaké *Ovládání, resp. Nastavování, resp. Řízení*. Dále má vždy *Záznam experimentu* a nakonec má vždy *Export* naměřených průběhů (dat) do vašeho

lokálního počítače. Přenesená data jsou v Excelovském formátu „csv“ nebo v textovém formátu „txt“, takže umožňují snadné další zpracování.

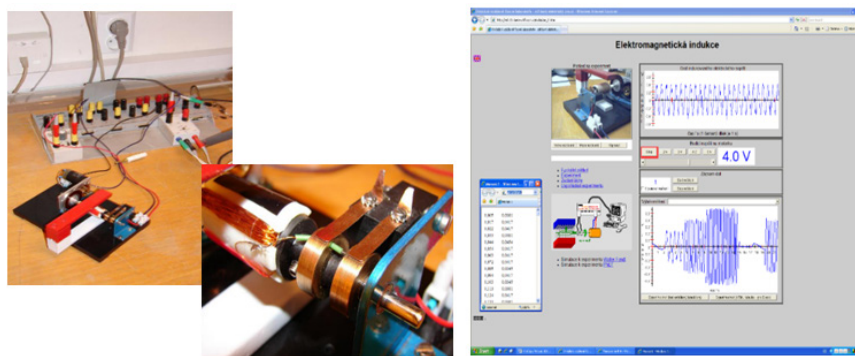
### Vzdálený experiment Elektromagnetická indukce

Tento vzdálený experiment popíšeme trochu podrobněji. Vzdálený experiment Elektromagnetická indukce běží nepřetržitě již 16 let! Je nejvíce využívaným naším vzdáleným experimentem. Během 16 let prošel vývojem zdrojový software, drobné úpravy, či spíše opravy, si vyžádal i vlastní experiment – otočná cívka v homogenním magnetickém poli. Nyní je tento experiment v komfortním uživatelském stavu. A jenom bychom ještě poznamenali, že se o tento vzdálený experiment není potřeba starat klidně i měsíc i více. Pozn.: ale možná je vhodné cca jednou za měsíc počítač i experiment restartovat a upgradovat (běží na Windows).

Ve vzdáleném experimentu Elektromagnetická indukce můžeme vzdáleně otáčet cívkou v magnetickém poli. Obdélníková cívka známých rozměrů má dvě vinutí o 18 a 36 závitů. Pólové nástavce vytvářejí v místě rotace cívky homogenní magnetické pole. Kartáčky z jednoho vinutí a z druhého vinutí snímají indukované napětí při různých rychlostech otáčení. Snímání obrazu experimentu je dostatečně rychlé, takže můžeme zároveň sledovat rotující cívku a zároveň sledovat grafický průběh indukovaného napětí. Úloha může být pouze kvalitativní, při vyšších otáčkách vyšší indukované napětí, nebo žáci základních škol mohou spočítat počet otáček cívky, a to jak z on-line přenosu videa, tak i přesně z grafického průběhu indukovaného napětí.

Nechme své žáky, studenty zatočit cívku, jen tak si na dálku pohrát. Pro základní školu nechme žáky určit třeba počet otáček cívky za 10 sekund. Měření času nechť se děje pomocí vlastních hodinek, resp. stopek. Zde se nám evokuje Komenského *Obris pictus*, v našem případě *Physica picta* – „Fyzika v obrazech“ a ještě výstižněji „*Per oculus ad mentem*“ – „Skrze oči do mysli“.

Středoškoláci mohou spočítat velikost indukovaného napětí a porovnat ho s naměřenou hodnotou (známe rozměry cívky, magnetickou indukci permanentních magnetů i rychlost otáčení). Vysokoškoláci mohou spočítat magnetický indukční tok při malých a velkých otáčkách (musí být stejný) jako určitý integrál (plochu pod křivkou průběhu indukovaného napětí). Proložení naměřené sinusoidy teoretickou sinusoidou lze zkusit téměř laickým využitím AI. Prostě klidně foneticky řekneme AI, aby proložila naměřenou křivku teoretickou sinusoidou a vypsala její parametry. A uvidíte, že se nám to při důsledných dotazech povede (a nemusíme znát Řešitele z Excelu, resp. jiný fitovací software).



Obr. 1. Vzdálený experiment Elektromagnetická indukce.

Přímý odkaz na vzdálený experiment Elektromagnetická indukce je na adrese <http://kdt-39.karlov.mff.cuni.cz/index.html>.

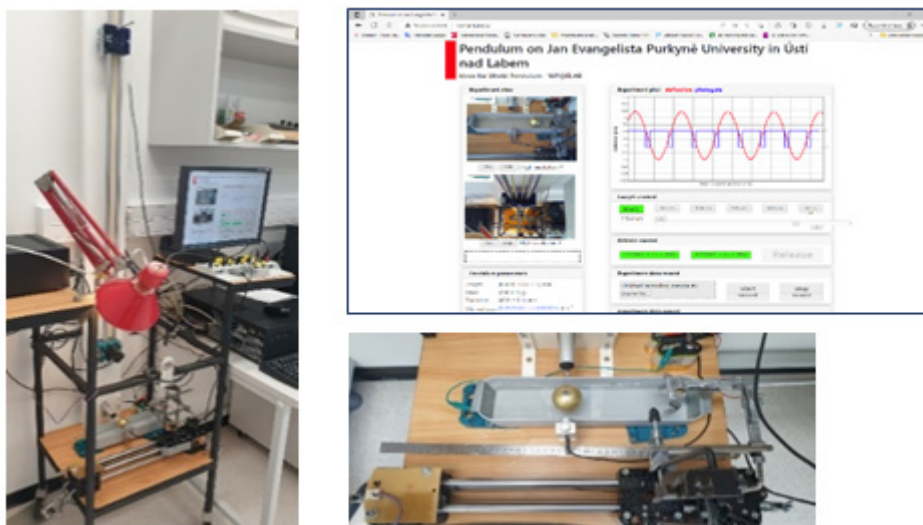
Tento experiment má i teorii včetně úkolů. Odkaz na původní kompletní úlohu včetně teorie a úkolů je na adrese <https://www.ises.info/index.php/cs/laboratory/experiment/electromagnetic-induction>.

Pozn.: Tato vzdálená úloha je na rozcestníku <https://www.ises.info> a do konce roku 2025 bude nově i na novém rozcestníku <https://eedu.eu> jako kompletní úloha včetně teorie, úkolů, popisu ovládání aj. a to ve verzi pro ZŠ, tak i pro SŠ a hlavně pak pro VŠ praktikum.

Vzdálená úloha je fyzicky umístěna na Matematicko-fyzikální fakultě na UK v Praze.

### Vzdálený experiment Matematické kyvadlo

Vzdálená laboratorní úloha umožňuje studium kmitů matematického kyvadla. Lze proměřit dobu kyvu pro různé délky závěsu (rozmezí 80 až 163 cm). Rovněž umožňuje nastavit dvě možné počáteční výchylky (pro malý rozkmit a pro větší rozkmit). Doba kyvu se měří přesnou optickou závorou. Výchylka se odečítá tzv. vodním potenciometrem (jehla připevněná na kouli projíždí lehce vodní hladinou, na které je pomocí dvou elektrod zaveden potenciální spád). Kmity jsou samozřejmě slabě tlumené. Lze přesně spočítat tíhové zrychlení  $g$  a porovnat ho s tabulkovou hodnotou v místě provozování (UJEP Ústí nad Labem).



Obr. 2. Vzdálený experiment Matematické kyvadlo.

Přímý odkaz na vzdálený experiment Matematické kyvadlo je na adrese <http://ises4.prf.ujep.cz>.

Tento experiment má i teorii včetně úkolů. Odkaz na původní kompletní úlohu včetně teorie a úkolů je na adrese <https://www.physics.ujep.cz/cs/matematicke-kyvadlo/>.

Vzdálená úloha je fyzicky umístěna na Přírodovědecké fakultě na Univerzitě Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem.

K tomuto našemu vzdálenému experimentu si dovoluujeme doplnit vzdálené experimenty se vzdálenými matematickými kyvadly z jiného projektu World Pendulum Alliance – WPA

(Santos, Fernandes et al., 2019), World Pendulum Alliance (WPA), WP@ELAB, protože nám to dává nové doplnění našeho vzdáleného experimentu.

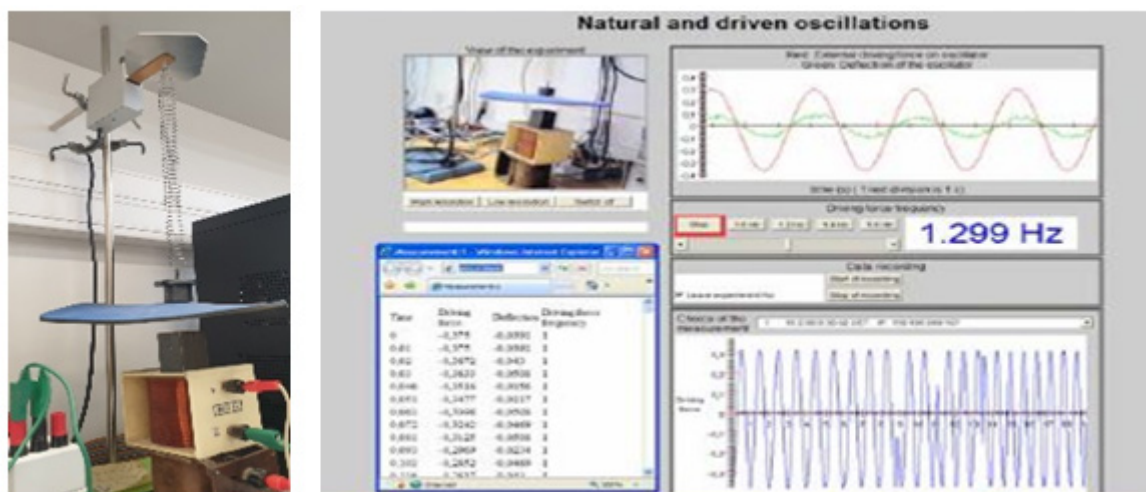
Síť vzdálených matematických kyvadel je umístěna na různých zeměpisných šířkách (pozn.: kde je různé tíhové zrychlení  $g$ ) na 20 evropských a hlavně jihoamerických technických univerzitách.

Odkaz na projekt je na adrese <http://wpa.tecnico.ulisboa.pt/~wpa.daemon/pendulum-network-2>, Odkaz na síť světových vzdálených kyvadel je na adrese <https://elab.vps.tecnico.ulisboa.pt:8000/login?next=/apparatuses>.

Pozn.: Tato světová matematická kyvadla jsou unikátní, ale trochu pozor – dost často nejsou dostupná. A když jsou dostupná, tak nejsou úplně „user friendly“, uživatelsky přívětivá, (na rozdíl od našeho vzdáleného kyvadla), takže se zkuste obrnit trochou trpělivosti.

### Vzdálený experiment Vlastní a vynucené kmity na pružině

Se vzdálenou laboratorní úlohou Kmity na pružině lze studovat kmity. Pružinu rozkmitáme budící elektromagnetickou silou zvolené frekvence (1 až 1,8 Hz), poté elektromagnetickou sílu vypneme a studujeme vlastní tlumené kmity. Nebo studujeme vynucené kmity v okolí rezonanční frekvence pružiny (pozn.: rezonanční frekvence je cca 1,6 Hz). Při různých frekvencích budící elektromagnetické síly můžeme sledovat amplitudové závislosti, fázové poměry, přenos energie aj.



Obr. 3. Vzdálený experiment Vlastní a vynucené kmity na pružině.

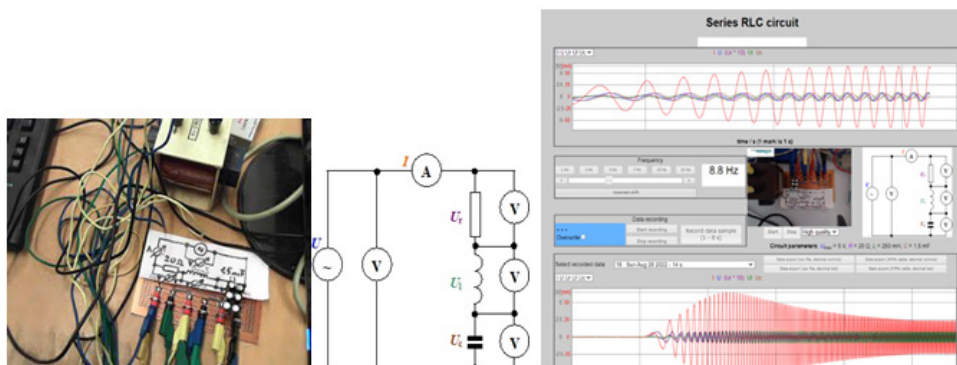
Přímý odkaz na vzdálený experiment Vlastní a vynucené kmity na pružině je na adrese <http://ises3.prf.ujep.cz>.

Tento experiment má i teorii včetně úkolů. Odkaz na původní kompletní úlohu včetně teorie a úkolů je na adrese

<https://www.ises.info/index.php/cs/laboratory/experiment/natural-and-driven-oscillations>  
Vzdálená úloha je fyzicky umístěna na Přírodovědecké fakultě na Univerzitě Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem.

### Vzdálený experiment Sériový obvod RLC

Experiment umožňuje sledovat časový průběh napětí a proudu na jednotlivých prvcích sériového RLC obvodu, zejména změnu amplitudy, fázové posuvy mezi napětími a proudem na R, L, C. Sériový obvod se budí proměnnou sinusovou frekvencí 0 Hz až 25 Hz.



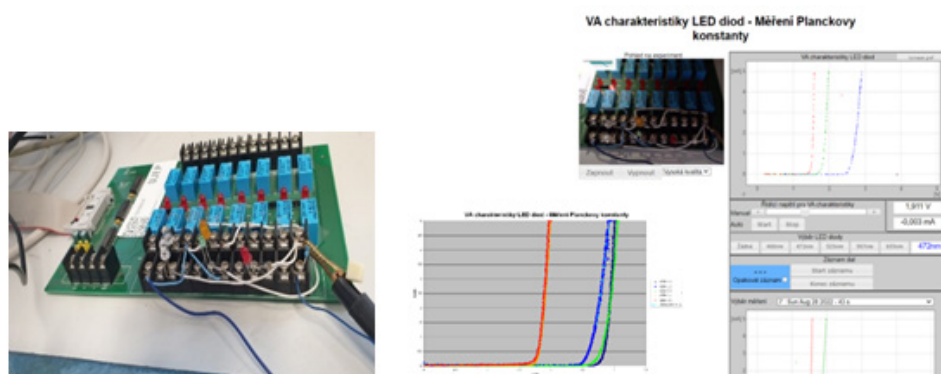
Obr. 4. vzdálený experiment Sériový RLC obvod.

Přímý odkaz na vzdálený experiment Sériový RLC obvod je na adrese <http://ises2.prf.ujep.cz>. Tento experiment má i teorii včetně úkolů (pouze v angličtině). Odkaz na původní kompletní úlohu včetně teorie a úkolů je na adrese <https://www.ises.info/index.php/cs/laboratory/experiment/series-rlc>.

Vzdálená úloha je fyzicky umístěna na Přírodovědecké fakultě na Univerzitě Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem.

### Vzdálený experiment Voltampérové charakteristiky LED diod – Měření Planckovy konstanty

Vzdálená laboratorní úloha umožňuje proměřit voltampérovou charakteristiku 6 různých barevných LED diod a taktéž určit hodnotu Planckovy konstanty.



Obr. 5. vzdálená úloha Voltampérové charakteristiky LED diod – Měření Planckovy konstanty.

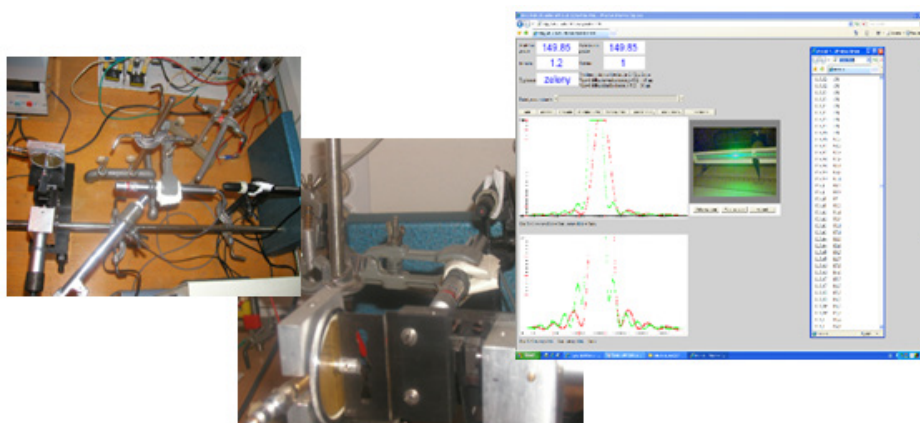
Přímý odkaz na vzdálený experiment Voltampérové charakteristiky LED diod – Měření Planckovy konstanty je na adrese <http://ises1.prf.ujep.cz>. Tento experiment má nově i teorii včetně úkolů aj. Je na novém rozcestníku na adrese <https://eedu.eu/vfl/cs/experiment.php?id=1&kap=teorie>.



Vzdálená úloha je fyzicky umístěna na Přírodovědecké fakultě na Univerzitě Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem, teorie, úkoly a popis ovládání je na rozcestníku eEdu.eu na MFF-UK Praha (pozn.: toto propojení dvou serverů uživatel ani nemusí vědět; ukázka, jak mohou být vzdálené laboratoře globálně propojené).

### Vzdálený experiment Ohyb světla na štěrbině

Fraunhoferův ohybový jev měřený při dvou vlnových délkách (červený a zelený laser) a při dvou velikostech šířky štěrbin. Zaznamenává se ohybový obrazec okolo hlavního maxima. Cílem je změřit šířku malé a velké štěrbin. Měla by být stejná při proměrování červeným i zeleným laserem. Úloha má nově možnost nastavení citlivosti světelné intenzity, takže je možné naměřit velikost hlavního maxima a při zvětšené citlivosti je možné podrobně proměřit i malá postranní maxima, přičemž známe i poměr velikosti hlavního maxima i nižších postranních maxim intenzity, což je důležité pro teoretické fitování.



Obr. 6. Vzdálený experiment Ohyb světla na štěrbině.

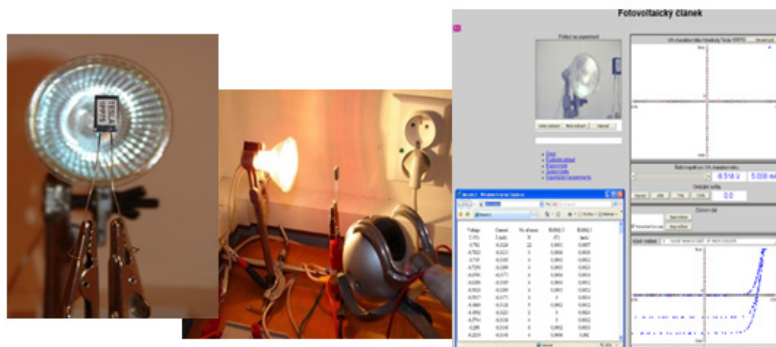
Přímý odkaz na vzdálený experiment Ohyb světla na štěrbině je na adrese [http://kdt-20.karlov.mff.cuni.cz/sterbina\\_js.html](http://kdt-20.karlov.mff.cuni.cz/sterbina_js.html). Původní teoretický text a úkoly jsou na adrese <https://www.ises.info/index.php/cs/laboratory/experiment/diffraction-on-microobjects>.

Věle doporučujeme nové zpracování tohoto vzdáleného experimentu nově nazvaného Studium ohybových jevů v laserovém svazku, včetně teorie a úkolů a pokynů je na adrese <https://eedu.eu/vfl/cs/experiment.php?id=2&kap=teorie>.

Vzdálená úloha je fyzicky umístěna na Matematicko-fyzikální fakultě na UK v Praze.

### Vzdálený experiment Fotovoltaika a sluneční články

Měří se voltampérové charakteristiky fotovoltaického článku (fotodiody) při různých intenzitách osvětlení. Pokročilí experimentátoři mohou z naměřených dat stanovit účinnost převodu solární energie na elektrickou, faktor plnění článku, maximální elektrický výkon fotovoltaického článku, aj.



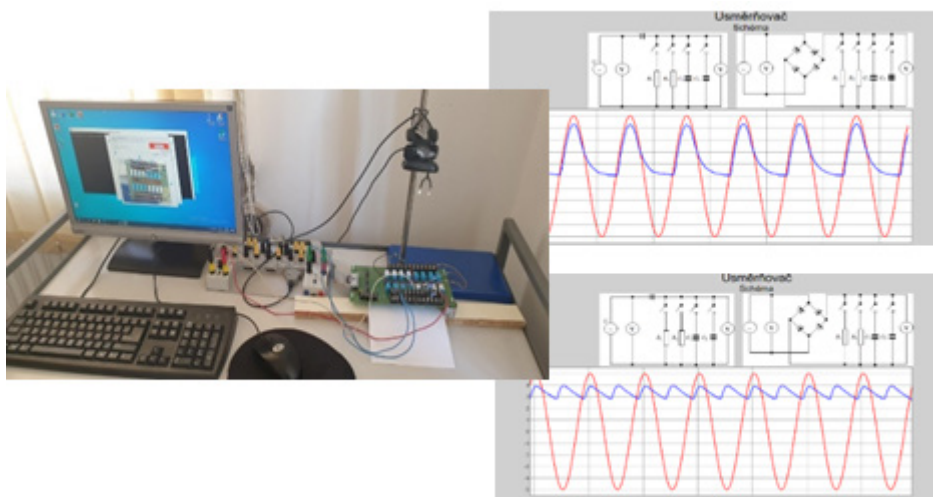
Obr. 7. Vzdálený experiment Fotovoltaika a sluneční články.

Přímý odkaz na vzdálený experiment Fotovoltaika a sluneční články je na adrese <http://kdt-4.karlov.mff.cuni.cz/>. Vřele doporučujeme nové zpracování tohoto vzdáleného experimentu nově nazvaného Fotovoltaika a sluneční články, včetně teorie a úkolů a pokynů je na adrese <https://eedu.eu/vfl/cs/experiment.php?id=3&kap=teorie>.

Vzdálená úloha je fyzicky umístěna na Matematicko-fyzikální fakultě na UK v Praze.

### Vzdálený experiment Usměrňovače napětí

Experiment umožňuje sledovat průběh jednocestně a dvoucestně usměrněného napětí v závislosti na odporu zátěže, na kapacitě filtračního kondenzátoru a na frekvenci usměrňovaného napětí. Ve všech třech případech se proměňuje zvlnění usměrněného napětí.



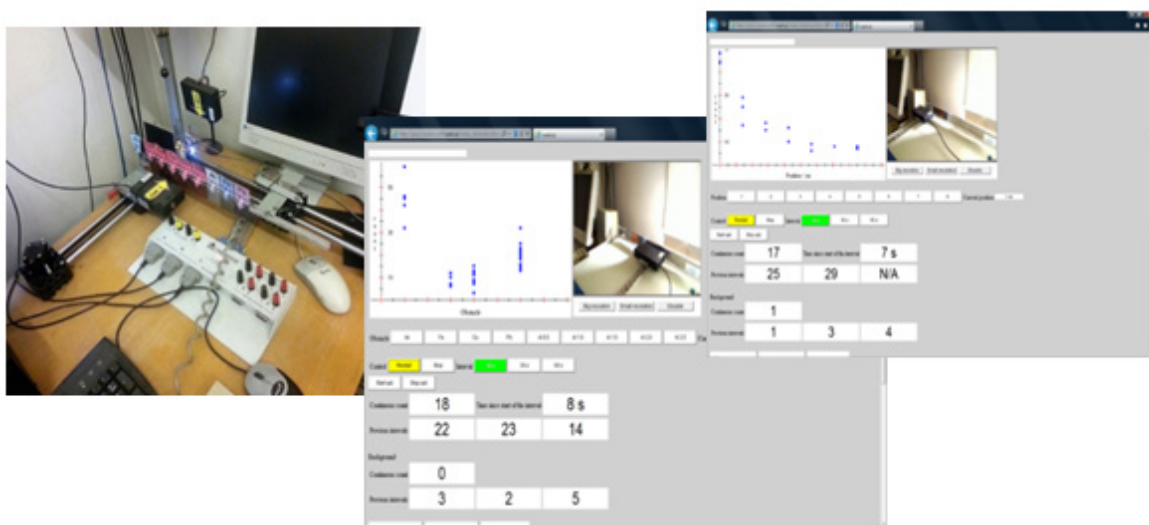
Obr. 8. Vzdálená úloha Usměrňovače napětí.

Přímý odkaz na vzdálený experiment Usměrňovače napětí je na adrese <http://kdt-38.karlov.mff.cuni.cz/>. Vřele doporučujeme nové zpracování tohoto vzdáleného experimentu Usměrňovače napětí včetně teorie a úkolů a pokynů je na adrese <https://eedu.eu/vfl/cs/experiment.php?id=1&kap=teorie>.

Vzdálená úloha je fyzicky umístěna na Matematicko-fyzikální fakultě na UK v Praze.

### Vzdálený experiment Radioaktivita, studium radioaktivity a základní způsoby ochrany před ionizujícím zářením

Soubor tří úloh – ochrana vzdáleností před radioaktivním zářením, ochrana stínícím materiálem před radioaktivním zářením a studium radiačního pozadí. Vzdálený experiment se skládá ze školního zdroje záření gama o energii 60 keV ( $^{241}\text{Am}$ , 300 kBq; záření alfa je odstíněno) a ze dvou Geigerových-Müllerových čítačů. Jeden monitoruje přírodní radioaktivní pozadí, druhý je připevněn k XY polohovacímu zařízení, které uživateli umožňuje měnit jednak vzdálenost od zářiče, jednak měnit různé stínící materiály (hliník, železo, olovo – tloušťky 1,0 mm; vzduch) a též měnit různé tloušťky stínících materiálů (0–2,5 mm po 0,5 mm, měď). V návodu je popsáno, jak ověřit Poissonovo rozdělení četností přirozeného radiačního záření.



Obr. 9. Vzdálený experiment

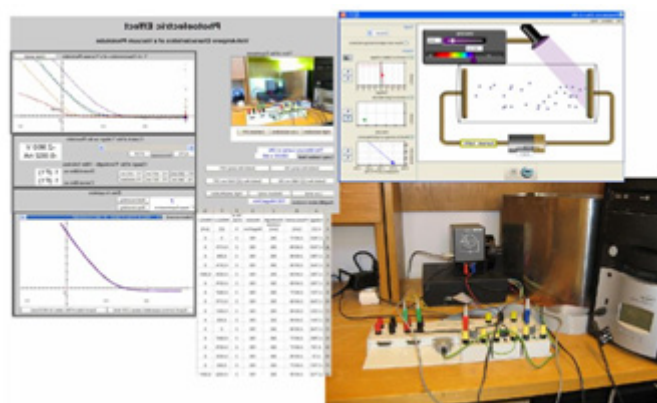
Radioaktivita, studium radioaktivity a základní způsoby ochrany před ionizujícím zářením.

*Přímý odkaz na experiment se právě nyní mění. Úloha bude nově umístěna na ČVUT. Opět plně funkční bude ke konci roku 2025. Původní odkaz je na adrese <https://www.ises.info/index.php/cs/laboratory/experiment/radioactivity>.*

Je zde teorie, úkoly aj., ale zatím není funkční internetový odkaz na vzdálený experiment.

### Vzdálený experiment Vnější fotoelektrický jev

Vzdálená úloha na vnější fotoefekt využívá vakuovou fotonku Phywe, zesilovač fotoproudu (resp. elektrického náboje) s vysokou vstupní impedancí, otočný karusel s pěti interferenčními filtry pro výběr vlnové délky a rtuťovou výbojku. Fotokatodu lze navíc osvětlit IR světlem 940 nm z infračervené LED a ověřit prahovou povahu vnějšího fotoefektu. Uživatel si může vybrat ze dvou standardních metod: a) jednodušší nabíjení kondenzátoru na brzdné napětí, b) studium V-A charakteristik vakuové fotonky.



Obr. 10. Vzdálený experiment Vnější fotoelektrický jev.

Odkaz na kompletní vzdálenou úlohu včetně teorie, úkolů a pokynů k provádění:

- metoda a) Nabíjení kondenzátoru na brzdné napětí je na adrese [http://kdt-29.karlov.mff.cuni.cz/index\\_c\\_cz.js.html](http://kdt-29.karlov.mff.cuni.cz/index_c_cz.js.html).
- metoda b) Studium volt-ampérových charakteristik vakuové fotony je na adrese [http://kdt-29.karlov.mff.cuni.cz/index\\_VA\\_cz.js.html](http://kdt-29.karlov.mff.cuni.cz/index_VA_cz.js.html).

Vzdálená úloha je fyzicky umístěna na Matematicko-fyzikální fakultě na UK v Praze.

### Vzdálené experimenty Nabíjení a vybíjení kondenzátoru a Voltampérová charakteristika LED zkonstruované na Arduino

Ukázky, že se vzdálené experimenty dají postavit i na jednoduchém hardware s Arduinem.



Obr. 11. Vzdálené experimenty postavené na Arduinu

Přímý odkaz na Vzdálené experimenty s Arduinem je na adrese <http://remotelab.savs.cz>.

Vzdálená úloha je fyzicky umístěna na Škoda Auto Vysoká škola, Mladá Boleslav.

## Závěr

Tento příspěvek si neklade za cíl být vědecký článek. Cílem je pouhý strohý přehled všech našich vzdálených experimentů s aktivními odkazy, na které stačí kliknout, a experiment máte okamžitě nachystaný ke spuštění. Pozn.: v příspěvku je přes 30 aktivních odkazů!

Všechny uvedené dílčí internetové odkazy jsou na našich třech důležitých rozcestnících:

- <https://eedu.eu> na Matematicko-fyzikální fakultě Univerzity Karlovy v Praze
- <https://www.physics.ujep.cz/cs/vzdalene-experimenty/> na Přírodovědecké fakultě Univerzity Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem
- a úplně vše je na našem tradičním rozcestníku <https://www.ises.info>

## Poděkování

Za vývoj, realizaci, údržbu, provozování vzdálených experimentů aj. patří poděkování celému kolektivu autorů:

František Lustig, Jiří Dvořák, František Schauer, Miroslava Ožvoldová, Pavel Brom, Pavel, Kuriščák, Pavel Novotný, Eva Hejnová, Petr Gabriel, Helena Valentová, Hana Kudrnová aj. a další nejmenovaní mechanici, technici aj.

## Literatura

- [1] Lustig, F., Brom, P., Kuriščák, P.: [\*Professional and Hobby Hands-on-Remote Experiments\*](#), AIP Conference Proceedings, vol. 2152, 9–12 October 2019, Terchová, Slovakia, ISBN 978-0-7354-1897-4, ISSN 0094-243X, pp. 030020-1–030020-7.
- [2] Brom, P., Lustig, F., Kuriščák, P., Dvořák, J.: [\*DIY "Hands-on-remote" experiment in physics with Arduino\*](#), Proceedings of the 15th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV 2018), 21.-23. 3. 2018, University of Applied Science Düsseldorf (HSD), Germany, 2018, str. 617-624.
- [3] Lustig, F., Dvorak, J., Kuriscak, P., Brom, P.: [\*Open modular hardware and software kit for creations of remote experiments accessible from PC and mobile devices\*](#), in iJOE International Journal of Online Engineering, Volume 12, Issue 7, pp. 30 - 36, ISSN 1868-1646, 2016.
- [4] Lustig, F., Brom, P., Hejnová, E.: [\*Remote physics experiment Mathematical pendulum as an attractive alternative to traditional laboratory exercises\*](#), Online. Journal of Physics: Conference Series. 2024, roč. 2715, č. 1. ISSN 1742-6588.
- [5] Seznam všech publikací ohledně ISES, Arduina a vzdálených experimentů je dostupný na <https://www.ises.info/index.php/en/publications>

## Experimenty s plovoucí zemí

Pavel Masopust, Jiří Kohout

Oddělení fyziky, Katedra matematiky, fyziky a technické výchovy, Fakulta pedagogická, Západočeská univerzita v Plzni

### Abstrakt

*K oblíbeným fyzikálním pokusům patří tzv. bleskojistka, kdy pomocí transformátoru s cívkami s (typicky) 600 primárními a 12 000 sekundárními závity dosahujeme při napájení ze sítě napětí až 4 600 V. Jaké následky by měl dotyk jedné z částí bleskojistky za provozu? Na tuto otázku se snažíme odpovědět pomocí experimentů s plovoucí zemí, kapacitní vazbou a souvisejícími jevy.*

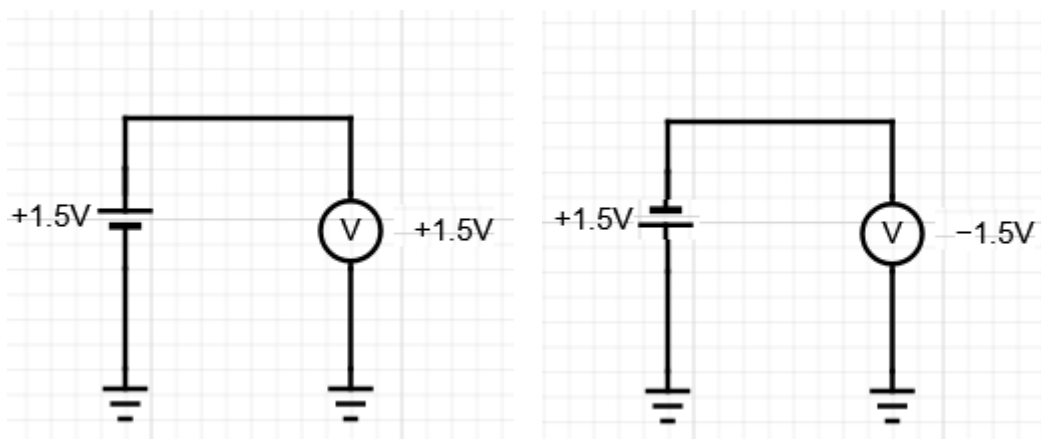
### Úvod – co je plovoucí zem?

Z výuky si pamatujeme, že napětí je **rozdíl** potenciálů. O napětí tak má smysl hovořit jen jako o veličině vztažené ke **dvěma** bodům. Na akumulátoru (např. 1,5V AA monočlánek) či laboratorním zdroji jsou to svorky + a –, k zásuvce se dostaneme později. Napětí měříme voltmetrem, jeho měřicí elektrody připojíme k bodům, mezi nimiž chceme napětí měřit. Co se však stane, připojíme-li jednu měřicí elektrodu k + pólu monočláneku a druhou uzemníme, tedy vodivě spojíme se zemí? Voltmetr nenaměří nic smysluplného, napětí monočláneku je definované jako rozdíl mezi + a – pólem, ale k zemi není nijak vztaženo. O obvodu, jehož žádná část není vodivě spojena se zemí můžeme hovořit jako o **plovoucím**, nebo s **plovoucí zemí** (*floating ground*). Vodivým spojením se zemí zde budeme rozumět možnost volného přenosu elektrických nábojů mezi vodičem a zemí, či jinak řečeno existenci vodivé cesty s malým odporem umožňující rychlé vyrovnaní potenciálu země a vodiče.

Potenciál je jako veličina určen až na konstantu a jeho hodnotu můžeme pro určitý bod stanovit a ostatní hodnoty vztahovat k tomuto bodu. Z hlediska elektrotechnických úvah je pohodlné uvažovat potenciál země jako 0 V, ačkoli vše by „vycházelo stejně“ i pro jinou volbu. 0 V na zemi je tedy věc dohody.

Chtěli-li bychom něco změřit i v tomto případě, můžeme uzemnit i – pól monočláneku. Tím zajistíme, že – pól monočláneku je na stejném potenciálu (0 V) jako země a vzhledem k tomu, že + pól má o 1,5 V vyšší napětí než –, má i o 1,5 V vyšší potenciál než země. Voltmetr naměří 1,5 V.





Obr. 1. Plovoucí země – voltmetr.

Můžeme si k zemi připojit i + pól zdroje? Může to působit kontraintuitivně, na 0 zem připojovat + pól, ale vše bude, jak bychom asi čekali: + pól baterie je na nulovém potenciálu a – pól, který je o 1,5 V níže než + bude mít tedy proti zemi -1,5 V.

Úplně stejně se většinou chovají i laboratorní zdroje. Jejich – ani + pól nejsou vztažené proti zemi, říkáme, že „plavou“ nebo že jsou „plovoucí“. „Plovoucí zdroj“ tedy znamená, že jeho výstup není galvanicky spojen se zemí. Prakticky to znamená, že odpor vůči zemi je natolik velký, že potenciál zdroje vůči zemi není pevně určen. V reálných podmínkách sice existují parazitní vazby a odpory, ale jejich vliv na běžné proudy a napětí v obvodu bývá zanedbatelný.

Jeden i druhý pól můžeme přizemnit, druhý pól pak již bude mít napětí definované i proti zemi.

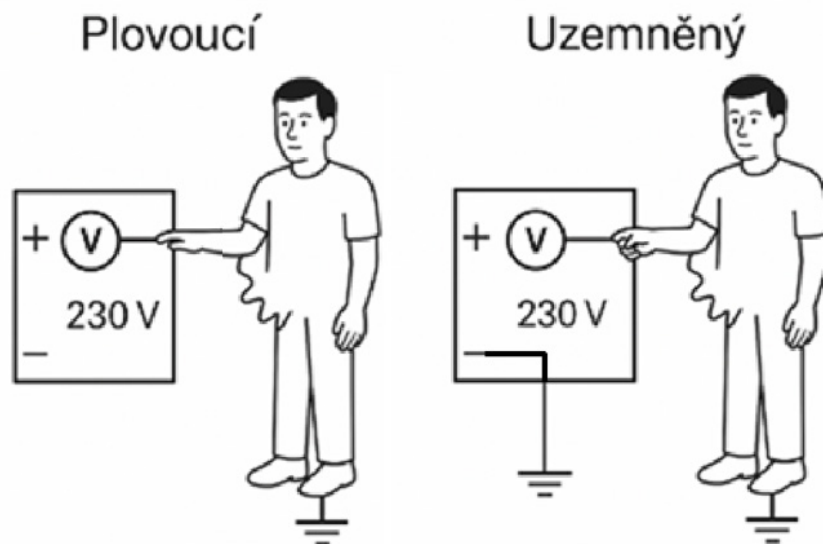
Platí to pro stejnosměrné i střídavé laboratorní zdroje. Poznáme je tak, že ohmmetrem proměříme odpor mezi – svorku a ochranným kolíkem v zásuvce. Neexistuje-li vodivé spojení jedná se o „plovoucí“ zdroj. A jak je na tom zásuvka?

V zásuvce v levém otvoru tedy tam, kam je připojen fázový vodič, je střídavé napětí s efektivní hodnotou 230 V proti zemi. Pravý otvor (střední vodič) je spojen se zemí, stejně tak jako kolík (PE/PEN). Nechceme se zde pouštět do rozdílů rozvodných soustav TN-S a -C, vše je snadno dohledatelné jinde [1]. Připojíme-li voltmetr mezi levou zdířku zásuvky a zem, pak měříme rovnou efektivní napětí (vhodným střídavým voltmetrem).

Někdy je naopak vhodné se vztažení vůči zemi vyvarovat a pracovat s plovoucím systémem. Pokud bychom například opravovali vnitřek přístroje se síťovým napájením (neplovoucím) tak hrozí, že pokud nedopatřením sáhneme na nějaké místo „pod napětím“, dojde k elektrickému úrazu. Naším tělem poteče proud odpovídající napětí mezi dvěma body – tedy místem, kde jsme se dotkli místa pod napětím a zemí – předpokládáme, že stojíme na zemi či jsme s ní nějakým způsobem vodivě propojeni.

Pracovali-li bychom s jinak stejným zařízením ale s plovoucím, tak se můžeme dotknout jakéhokoli místa – jeho potenciál se při dotyku člověka ustálí vůči zemi (prakticky předpokládáme, že člověk má potenciál blízký zemi – je spojen přes částečně vodivou obuv, vlhkou podlahu či zem apod.). Ostatní místa obvodu jsou již teď vztažena vůči zemi a na ta již nemusí být bezpečné sáhnout.

Takto se například dříve opravovaly televizory – technik nezapojoval opravovanou televizi přímo do zásuvky, ale využil odděleného napájení s plovoucí zemí. Mohl se pak dotýkat i částí, kterých se při neplovoucím napájení dotýkat nemohl.



Obr. 2. Ilustrace rozdílu mezi plovoucím a uzemněným zdrojem.

Na modelovém obrázku 2 vlevo se osobě nic nestane – sice se dotýká + pólu zdroje, který má proti – pólu napětí 230 V, ale nemá ho proti zemi, proud nepoteče. Na obrázku vpravo je ale mínus svorka uzemněná, tedy udržována na nulovém napětí proti zemi. + svorka má napětí 230 V proti zemi a člověkem poteče odpovídající proud. Pro ilustraci jsme na obrázku použili stejnosměrný zdroj, ale problematika uzemněných a plovoucích zdrojů je obdobná pro stejnosměrné i střídavé zdroje.

Je ovšem třeba dodat, že k průtoku proudu může dojít pouze tehdy, je-li tělo člověka součástí uzavřeného elektrického obvodu – tedy existuje-li vodivá cesta, jíž může proud odtékat, typicky přes podlahu, obuv nebo dotyk jiného vodivého předmětu spojeného se zemí.

Pokud stojí člověk na dokonale izolační podložce a nedotýká se žádného jiného vodivého objektu, proud neproteče a jeho potenciál se pouze přizpůsobí potenciálu dotýčné svorky.

Způsobů, jak oddělit vztažení napětí vůči zemi může být více, ve školním prostředí můžeme využít například **transformátor**. Napětí mezi svorkami sekundární cívky je vztažené k těmto svorkám ale není vztažené k zemi.

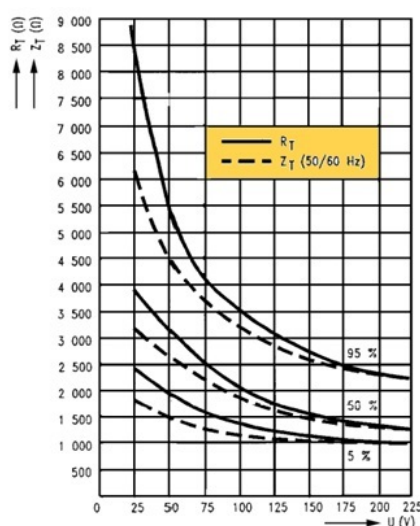
Pozn. některé měřicí přístroje mohou mít svorku COM nebo – spojenou vodivě se zemí (například osciloskopy). Připojením takového přístroje již spojujeme systém se zemí a místo, kterého jsme se bez měřicího přístroje mohli dotknout, už bude mít napětí definované proti zemi a může hrozit úraz.

## Motivace – bleskojistka

Ke klasickým fyzikálním pokusům realizovaným v rámci popularizace vědy a v některých případech i ve výuce na středních školách patří tzv. bleskojistka či Jákobův žebřík [2].

V klasickém pojetí je přivedeno síťové napětí do primární cívky transformátoru s 600 závitů, jako sekundár je pak na školách běžně dostupná cívka s 12 000 závitů, což umožňuje dosáhnout transformačního poměru 20 a v případě beze ztrát napětí 4 600 V (v reálu je o něco nižší). To je již dostatečně velké napětí na dosažení průrazu vzduchu při dostatečném přiblížení vodičů bleskojistky a vznik obloukového výboje, který stoupá po od sebe se vzdalujících vodičích a následně v důsledku již příliš velké vzdálenosti zanikne.

Uvedený experiment je všeobecně známý a je doplňován důraznými upozorněními na nebezpečí spojená s případným dotykem vodiče pod vysokým napětím. Cílem tohoto příspěvku je položit si otázku, co by se stalo, kdyby skutečně došlo k situaci, že by se experimentátor či někdo jiný dotknul uvedeného vodiče připojeného k sekundární cívce. Neuvažujme zde situaci, kdy by se dotknul obou vodičů naráz a sekundární obvod by tak uzavřel. V tom případě je totiž situace poměrně jednoduchá. Dotyčným by procházel proud odpovídající danému velmi vysokému napětí, který by byl omezen pouze jeho odporem a možnostmi daného transformátoru. Na první pohled by se někomu mohlo zdát, že tento proud musí být obrovský, protože impedance lidského těla konverguje při vysokých napětích (po průrazu kůže) u většiny lidí někde k 1 000  $\Omega$  (viz Obrázek 3, je patrné, že impedance je při takto vysokých napětích už téměř výhradně rezistivní, kapacitní či indukční složka se prakticky neuplatňují), což by při daném napětí odpovídalo proudu více než 4 ampéry.



Obr. 3. Odpor a impedance lidského těla v závislosti na napětí.

(převzato z <https://eluc.ikap.cz/lekce/odpor-lidskeho-tela>)

Takto vysoký proud se však přeci jen neuplatní, protože to by i při nulových ztrátách vyžadovalo dvacetkrát větší proud na primární cívce, což by určitě pravděpodobně vybavilo jistič zásuvek. V reálu je u popsaného školního transformátoru značně vysoká indukance na sekundárním obvodu (naše měření ukazují až 20 k $\Omega$ , jen ohmický odpor vinutí cívky s 12 000 závitů je zhruba 1400  $\Omega$ ), což limituje proud v sekundárním obvodu na nižší stovky miliampérů. I to by však při delším průchodu proudů než cca 0,5 sekundy stačilo na vznik komorových fibrilací a pravděpodobnou smrt v důsledku selhání srdce (fyziologické účinky elektrického proudu na organismus jsou detailně diskutovány například v textu [3]).

Co by se však stalo při doteku pouze jednoho z vodičů? Zde je třeba si uvědomit, že sekundární obvod transformátoru je neuzemněný systém. Uvedené napětí 4 600 V (ve skutečnosti o něco méně) je tak mezi svorkami sekundární cívky, ale napětí svorka sekundární cívky-země není definováno do chvíle, než nějakým způsobem uzemníme druhou svorku.

## Typy uzemnění a kapacitní vazba

Samozřejmě je možné mluvit o tom, co je myšleno uzemněním. Elektrotechnici v tomto směru rozeznávají několik možných (ne)uzemnění systému [4]:

- Pevné uzemnění (spojení se zemí vodičem s minimálním odporem)
- Nízkorezistivní uzemnění (spojení přes rezistor s poměrně malým odporem)
- Vysokorezistivní uzemnění (spojení přes rezistor s vysokým odporem)
- Neuzemněný systém

Je potřeba si uvědomit, že situace 4 vlastně nikdy nenastává zcela dokonale, protože i v případě absence přímého vodivého kontaktu se vždy uplatňuje do určité míry **kapacitní vazba** založená na parazitních kapacitách. Kapacitní uzemnění tak odpovídá případům, kdy poteče střídavý proud do země přes kondenzátor, kterým může být i kapacita vodiče vůči zemi. Pokud by příslušná kapacita byla dostatečně velká, bude odpovídající kapacitance při síťové frekvenci 50 Hz malá (pro kapacitu  $C = 1 \text{ nF}$  je odpovídající kapacitance počítaná klasickým vztahem  $X_c = \frac{1}{\omega C}$ , kde  $\omega$  je při dané frekvenci cca  $314 \text{ s}^{-1}$ , přes  $3 \text{ M}\Omega$ , ale pro  $1 \text{ }\mu\text{F}$  již jen něco přes  $3 \text{ k}\Omega$ ) a kapacitní uzemnění může hrát podobnou roli jako uzemnění rezistivní. Pokud jsou však kapacity velmi malé, je systém možné pokládat za v podstatě neuzemněný.

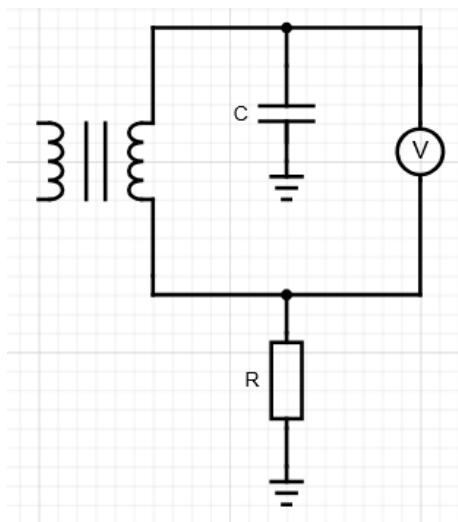
## Experimenty s (ne)uzemněným sekundárním obvodem transformátoru

V souladu s výše uvedeným jsme zkusili uzemnit jednu ze svorek transformátoru přes odporovou dekádu a ampérmetr k ochrannému kolíku prodlužovačky. Druhá svorka zůstala neuzemněná. Nezávisle na velikosti odporu na dekádě byl proud procházející ampérmetrem neměřitelný. Uvedené jsme řešili i pomocí **doutnavky**, na jejíž rozsvícení přitom stačí velmi malé proudy (řád mikroampérů). Ve většině případů se doutnavka nerozsvítila vůbec, někdy svítila, ale jen slabě. To přisuzujeme skutečnosti, že kapacitní vazba je vždy přítomná, její velikost (tj. ekvivalentní kapacita) však závisí na komplexní geometrii uspořádání experimentu a je velmi těžko podchytitelná. V této souvislosti připomeňme tužkovou zkoušečku fáze, která je založena právě na kapacitní vazbě člověk-země a jejíž detailní popis je dostupný například na [5]. V našem případě si uvědomme, že při napětí 5 000 V stačí pro zajištění průchodu proudu například  $50 \text{ }\mu\text{A}$ , aby impedance obvodu byla  $100 \text{ M}\Omega$ . Pokud budeme uvažovat jen kapacitní zátěž, odpovídá to při síťové frekvenci 50 Hz kapacitě pouze cca  $30 \text{ pF}$ . V tomto řádu se může kapacita výrazně měnit v závislosti na řadě faktorů. Obecně jsme pozorovali, že častěji doutnavka svítila v případě, že ke svorkám sekundární cívky byly připojeny části bleskojistky či alespoň další vodiče než v případě, že byla jedna svorka přímo spojena se zemí přes doutnavku a druhá nebyla připojena vůbec. To ukazuje, že jedincem, který by se držel pouze jednoho vodiče bleskojistky, by významnější proud neměl procházet a nemělo by se mu nic stát. Na druhé straně kapacitní vazba zde může být zrádná, už při (stále velmi malé) kapacitě  $3 \text{ nF}$  by

impedance byla 1 M $\Omega$  a proud v daném uspořádání dosahoval cca 5 mA, což už je nad úroveň bezpečného proudu pro síťovou frekvenci.

Situace se přirozeně změnila ve chvíli, kdy jsme nějakým způsobem uzemnili druhou svorku (také na ochranný kolík prodlužovačky). V tu chvíli začal ampérmetrem procházet proud, jehož velikost byla dána vztahem  $I = \frac{U_s}{R_d + Z_2}$ , kde  $U_s$  bylo napětí naměřené na svorkách sekundární cívky,  $R_d$  byl odpor odporové dekády ve větvi s ampérmetrem a  $Z_2$  byla impedance uzemnění druhé svorky. Uvedený efekt bylo možné pozorovat také na základě změn jasu doutnavky připojené do obvodu. Pokud by se tedy chytli vodičů bleskojistky dva různí lidé vzájemně se nedotýkající, proud by jimi procházel, přičemž vedle jejich impedancí a vnitřního odporu transformátoru by byl omezen ještě odporem podložky, na které by se nacházeli.

Zajímavé bylo, jak napětí  $U_s$  záviselo na typu uzemnění druhé svorky. Pokud bylo realizováno pevné uzemnění vodičem nebo rezistivní uzemnění přes dekádu, svorkové napětí  $U_s$  nepřekvapivě proti hodnotě  $U_0$  změřené naprázdno pokleslo, přičemž platil poměrně dobře vztah  $U_s = U_0 - R_i I$ , kde  $I$  byl proud změřený ampérmetrem a  $R_i$  byla konstanta odpovídající vnitřnímu odporu transformátoru, která závisela na počtech závitů primární a sekundární cívky a pro kombinaci 600 a 12 000 závitů dělala cca 20 k $\Omega$ . Zcela jiná situace však nastala při kapacitním uzemnění realizovaném kondenzátorem dle schématu na Obrázku 4 (parazitní kapacity byly v našem uspořádání zjevně zanedbatelné, o čemž svědčil neměřitelný proud při neuzemnění druhé svorky).

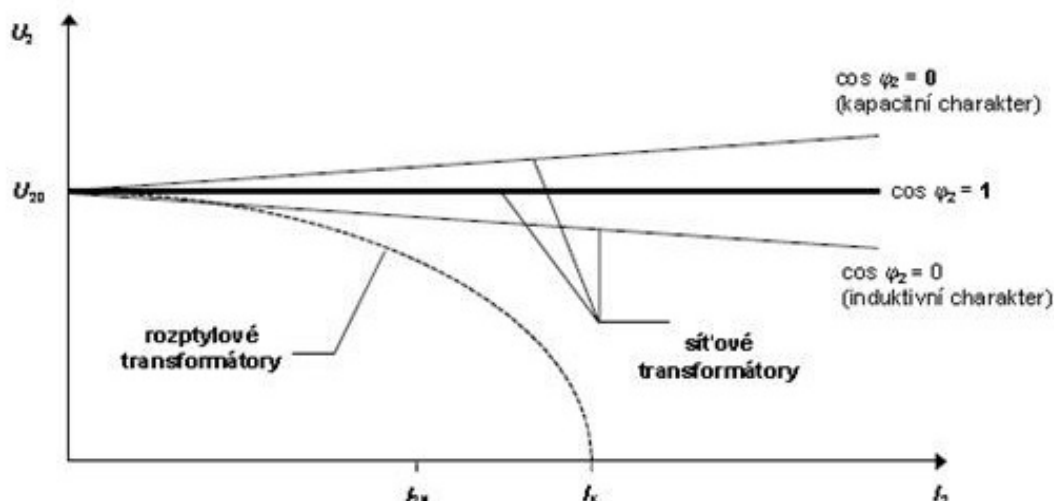


Obr. 4. Uzemnění transformátoru kapacitou.

V té chvíli došlo k výraznému zvýšení napětí na svorkách  $U_s$  nad úroveň napětí naprázdno  $U_0$  i nad úroveň danou součinem transformačního poměru a napětí na primární cívce (pro představu, při napětí na primáru 5 V a transformačním poměru 20 odpovídajícím cívkám s 600 a 12 000 závitů bylo napětí naprázdno 95 V a při kapacitním uzemnění jsme zaznamenali svorkové napětí více než 170 V).

Tento výsledek může být na první pohled neintuitivní, je však zcela v souladu s odpovídající teorií obvodů střídavého proudu. Dá se ukázat [6], že úbytek napětí vůči napětí  $\Delta U$  naprázdno je dán při zátěži stanovené odporem  $R$ , reaktancí  $X$  a fázovým posunem  $\varphi$  vztahem  $\Delta U = I \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi)$ . V případě kapacitní zátěže je úhel záporný a při nízkých hodnotách  $R$  je tak záporný i celý výraz v závorce, což odpovídá

nikoliv úbytku napětí, ale jeho přírůstku (záporný úbytek napětí). Zatěžovací charakteristika transformátorů vypadá podle Obrázku 5 a je patrné, že při kapacitní zátěži skutečně dochází k nárůstu svorkového napětí. Detailnější vysvětlení uvedeného je založeno na ekvivalentním obvodu a fázorovém diagramu pro něj. Tento diagram je i pro případ dominantního kapacitního uzemnění uveden například na [7]. V prvním přiblížení lze uvedený efekt připodobnit ke klasickému experimentu/úloze, kdy je možné v sériovém RLC obvodu naměřit na kondenzátoru popř. cívce vyšší napětí, než je napětí zdroje. Toto nastává například pro hodnoty uvedené v Příkladu 3 na [8]. Podrobnější rozbor daného atypického chování je nad rámec tohoto článku a bude předmětem samostatné studie.



Obr. 5. Zatěžovací charakteristika sekundární cívky transformátoru dle typu zátěže.  
(převzato z <https://eluc.ikap.cz/lekce/transformator-pri-zatizeni>)

## Zemněné vs. neuzemněné systémy v praxi

Otázka, zda užívat neuzemněné systémy, je poměrně dlouhou dobu řešena v elektrotechnické literatuře i praxi. V minulosti byly tyto systémy poměrně hodně užívány (například v chemickém průmyslu, důlních systémech, operačních sálech, ale i jinde), protože za normálních podmínek nepůsobí problémy a jsou poměrně výhodné. Postupně se však jako vážný problém začala ukazovat případná zemní porucha na jedné z fází, tj. proud uniká ze zamýšlené cesty a teče do země nechtěným vodičem (podrobnější vysvětlení zemní poruchy a rozdílu zemní poruchy a zkratu je dostupné např. na [9]). V takovém případě se totiž dostávají zbylé fáze vůči zemi na sdružené napětí, což může být nebezpečné. Navíc bylo ukázáno, že při pokračující zemní poruše na fázovém vodiči hrozí vznik velkých přepětí o velikosti šesti až osminásobku fázového napětí, což může být nebezpečné (mechanismus je zde zcela jiný, než v případě výše popsaného nárůstu napětí v důsledku kapacitní zátěže!). Takové systémy jsou náchylnější i na rušení. Z těchto důvodů se od neuzemněných systémů upouští ve prospěch rezistivně zemněných systémů. Detailněji je tato problematika řešena v [4], [10], [11] a další tam citované literatuře (speciálně na Obrázku 5 v článku [10] je uvedeno zjednodušené schéma vzniku přepětí, které sice pracuje s některými ne zcela přesnými předpoklady, ale dobře vystihuje podstatu problému).



## Závěr

Ukázali jsme, že neuzemnění sekundárního obvodu transformátoru má za následek, že případný dotek jednoho vodiče bleskojistky by neměl způsobit žádnou újmu. Přesto, že všechna provedená měření tento závěr jasně podporují, důrazně doporučujeme to nezkoušet a zbytečně neriskovat pro případ dalších efektů, které se nám v tomto příspěvku nepodařilo podchytit. Při případném experimentování v této oblasti je třeba mít stále na paměti, že pracujeme s velmi vysokým napětím. Je třeba být tedy velmi opatrný, pracovat pouze jednou rukou, mít dobré boty a dodržovat i další pravidla. Uzemnění na kolíky prodlužovačky připojené do sítě by tak například mohlo vést v závislosti na užití elektroinstalaci například k vyhození proudových chráničů, je třeba také dávat pozor na součástky a měřicí přístroje, které do obvodu zapojujeme (například u studia kapacitní zátěže je třeba být opatrný ohledně průrazného napětí kondenzátoru, superkondenzátory s vysokou kapacitou by uvažovaná napětí určitě nevydržela). Uvedené experimenty však mohou přispět k lepšímu pochopení fungování transformátoru bez nutnosti se pouštět do obtížnějších pasáží a výpočtů například na principu náhradního schématu transformátorů, složitých fázorových diagramů apod. Umožní také lépe pochopit vliv kvality uzemnění na tyto efekty a třeba i prozkoumat velikosti vnitřních odporů digitálních měřících přístrojů (když provedete uzemnění obou svorek transformátoru přes dva stejné digitální voltmetry, bude proud v obvodu limitován vnitřními odpory těchto voltmetrů a napětí na každém z nich bude odpovídat polovině napětí na sekundáru). Paleta možných experimentů je tu tak opravdu široká.

## Literatura

- [1] Moravec J.: Rozvodné sítě TN, IT a TT. Dostupné online: <https://oenergetice.cz/elektrina/rozvodne-site-tn-it-tt>
- [2] KDF MFF UK. Pokus s rúžkovou bleskojistkou. Dostupné online: <http://fyzikalnipokusy.cz/900/ruzkova-bleskojistka>
- [3] Kříž M.: Účinky proudů na člověka. Dostupné online: <https://www.in-el.cz/referat/103162/ucinky-proudu-na-cloveka-informace-k-nove-csn-iects-60479-1>
- [4] Gard.: Ground Fault Protection Ungrounded Systems to High Resistance Grounding. Conversion Guide. Dostupné online: <https://www.surgesuppression.com/images/DotNetSite/TechPapers/GroundedandUngroundedSystems.pdf>
- [5] Kolektiv autorů. Učebnice Řemesla. Dostupné online: <https://eluc.ikap.cz/lekce/zkousecka-nizkeho-napeti-v-praxi>
- [6] Electronics Tutorials.: Transformer Voltage Regulation. Dostupné online: <https://www.electronics-tutorials.ws/transformer/voltage-regulation.html>
- [7] Kolektiv autorů. Electrical Workbook. Dostupné online: <https://electricalworkbook.com/voltage-regulation-of-transformer/>
- [8] Krynický M. Složený sériový RLC obvod střídavého proudu. Dostupné online: <http://www.realisticky.cz/ucebnice/02%20Fyzika%20S%C5%A004%20Elekt%C5%99ina%20a%20magnetismus/06%20St%C5%99%C3%ADdav%C3%BD%20proud/06%20Slo>

[%C5%BEen%C3%BD%20s%C3%A9riov%C3%BD%20RLC%20obvod%20st%C5%99%C3%ADdav%C3%A9ho%20proudu.pdf](#)

- [9] Kolektiv Dreiy Engineering. Zemní poruchy vs. zkrat: Rozdíl a jak předcházet rizikovým problémům. Dostupné online:  
<https://www.dreiy.com/cs/2025/01/22/rozdily-mezi-zemnim-zkratem-a-zkratem/>
- [10] Ferreira R.S., Favoreto, H.H.: Transient overvoltages due to intermittent-ground faults in an industrial power system grounded by a resistance connected to the secondary of a grounding transformer. In: Electric Power Systems Research, Volume 220, July 2023, 109327. Dostupné online:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037877962300216X>
- [11] Eaton.: Transient Overvoltages on Ungrounded Systems from Intermittent Ground Faults. Dostupné online:  
<https://www.eaton.com/content/dam/eaton/markets/healthcare/knowledge-center/white-paper/transient-overvoltages-on-ungrounded-systems-from-intermittent-ground-faults.pdf>

## Ukázky absolventských projektů

Otakar Matouš, Jaroslav Reichl

Střední průmyslová škola sdělovací techniky, Panská 3, Praha

### Abstrakt

*V rámci školní části maturitní zkoušky obhájili někteří žáci školy absolventský projekt na téma, které si sami vybrali. V příspěvku jsou popsány ukázky několika takových projektů, které mohou sloužit jako námět dalším učitelům fyziky pro jejich práci se žáky zájímající se hlouběji o fyziku.*

### Absolventské projekty na SPŠST Panská

Práce na absolventském projektu je jednou z možností, jak realizovat praktickou část maturitní zkoušky na naší škole. Další možností je získat certifikát sice dle vlastního výběru ale dle zadaných kritérií, který osvědčuje schopnost absolventa školy pracovat v běžných administrativních aplikacích a chápání souvislostí přenosu dat nejen mezi těmito aplikacemi. Třetí možností, jak absolvovat praktickou část maturitní zkoušky, je vytvoření samostatné práce v programech CAD na téma zadané školou během několika hodin na školních počítačích.

Žáci, kteří chtějí vypracovat absolventský projekt, si vyberou vlastní téma, které předem konzultují s tím vyučujícím, do jehož oboru téma nejvíce spadá. Poté toto téma obhájí před komisí složenou z těch vyučujících školy, kteří absolventské projekty vedou a jsou schopni posoudit vhodnost zvoleného tématu. Samotná práce pak může být řešeršního charakteru (což ve fyzice příliš nepodporujeme), experimentální práce (sestavení experimentu, proměření charakteristických veličin a zpracování naměřených dat), konstrukčního charakteru (výroba nové pomůcky či technického zařízení, jeho popis, proměření charakteristických veličin a vizualizace naměřených dat), sbírka úloh (fyzikálních, chemických, sbírka úloh z deskriptivní geometrie, ...) nebo softwarový projekt (návrh a tvorba vlastního software, popis jeho klíčových částí a vytvoření uživatelské příručky).

Na tématu, které je komisí povoleno, pak žák pracuje cca od října do poloviny dubna. Během práce může využívat tištěných publikací i internetových stránek (oba typy zdrojů pak musí správně citovat v práci) a zejména rad a zkušeností vedoucího své práce. Nedílnou součástí tohoto typu práce je pak obhajoba práce před maturitní komisí v rámci ústní maturitní zkoušky.

Projekty, které jsou níže popsány, jsou z těch opravdu povedených. Tím, že téma práce vycházelo ze zájmů autorů, tak autoři práci věnovali maximum času a snažili se o co nejlepší výsledek.

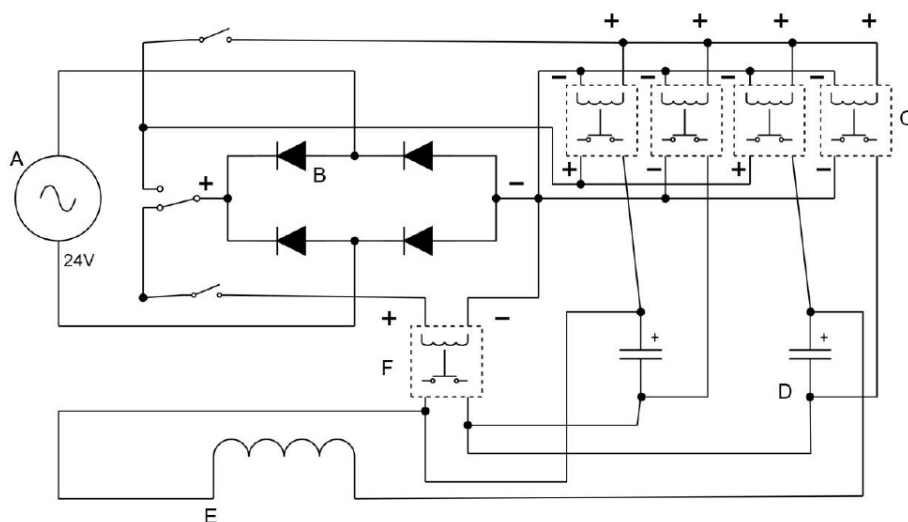
### Ukázky absolventských projektů

Ukázky jsou z projektů, které vedli autoři tohoto článku. Případné dotazy lze tedy směřovat přímo na ně. Obrázky a grafy uvedené v tomto příspěvku jsou převzaty z prací

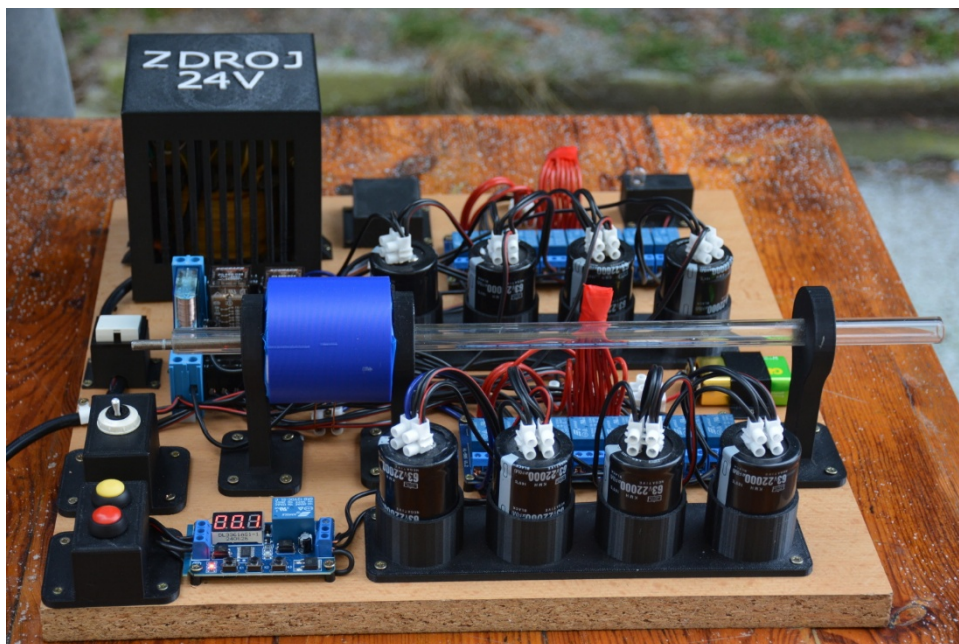
žáků školy a nebyly tedy připravovány autory příspěvku. Chyby zápisu jednotek v grafech zobrazených na obr. 6 a obr. 7 byly zhodnoceny v rámci hodnocení dané práce ve škole.

### Elektromagnetické dělo

Matěj Jiří Marek a Filip Stibůrek pracovali na návrhu a stavbě elektromagnetického děla. Vedoucí práce (J. Reichl) ovšem důrazně upozorňoval na fakt, že celý provoz musí být bezpečný a bez problému realizovatelný ve škole. Proto se autoři omezili na vstupní napětí děla 24 V. Kondenzátory, které jsou součástí nabíjecího obvodu, dokázali nabít ale na napětí přibližně 200 V. Toto na první pohled zdánlivé porušení zákona zachování elektrické energie spočívá v nápadu autorů: osm paralelně zapojených kondenzátorů každý s kapacitou 22 mF se nabije na napětí 24 V. Poté se manuálně přepne přepínač, který pomocí mechanických relé zajistí přepojení těchto osmi kondenzátorů do sériového zapojení, a až nyní lze přistoupit k samotnému výstřelu. Elektrická energie elektrického pole kondenzátorů se přemění na magnetickou energii magnetického pole cívky. V ní je vložen kovový váleček, který je vlivem magnetické síly z cívky vystřelen.



Obr. 1. Zjednodušené schéma zapojení kondenzátorů.



Obr. 2. Elektromagnetické dělo.

Na obr. 1 je schéma zapojení kondenzátorů zobrazeno; z důvodu přehlednosti pouze pro dva kondenzátory. A – zdroj napětí, B – usměrňovací můstek, C – relé přepínající mezi sériovým a paralelním zapojením kondenzátorů, D – kondenzátory, E – cívka děla, F – vystřelovací relé.

Celá konstrukce děla (viz obr. 2) byla navržena autory práce – a to jak mechanické díly držící jednotlivé komponenty (ty byly vytištěny na 3D tiskárně), tak elektrický obvod (včetně výše uvedeného vylepšení). Autoři nepoužili žádné programovatelné komponenty, a proto museli velmi dobře volit i průběh elektrického proudu tekoucího cívkou, aby nebyl vystřelený projektil následně stejnou magnetickou silou, která ho uvedla do pohybu, brzděn.

Součástí práce (viz [1]) jsou i výpočty velikosti počáteční rychlosti projektilu, které autoři provedli na základě měření. Vlivem technických problémů měřili výstřel projektilu, který dopadal na mírný protisvah, takže si celý výpočet mírně zkomplikovali. Ale fyzikálně si s touto situací dobře poradili. Velikost počáteční rychlosti projektilu byla přibližně  $12 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

### Elektrická motokára

Ze svých zkušeností těžili Matyáš Kronus (záliba v práci v domácí dílně, výroba a oprava téměř čehokoliv) a Matyáš Rejthar (precizní práce v software CAD) při návrhu a vlastní stavbě elektrické motokáry. V textu práce (viz [2]) popisují detailně postup výroby i zdůvodnění jednotlivých kroků výroby, výběr pracovního postupu i výběr použitého materiálu. Materiál využili převážně ten, který byl určen z firmy otce jednoho autora již jako odpad nebo který našli na skládce nepoužitého materiálu.

Za zvláštní zmínku z celé práce, které se oba autoři věnovali opravdu každou minutu volného času, stojí dvě skutečnosti. Jako zdroj elektrického napětí pro pohon motokáry autoři využili Li-ion akumulátory z jednorázových elektronických cigaret. Tyto cigarety

(a tedy i akumulátory) se po použití vyhazují. Autoři ale zjistili, že je možné akumulátory znovu nabíjet. Proto je začali na různých místech sbírat, a nakonec jich mohli zapojit 200 paralelně a tři takové bloky spojit sériově. Jeden akumulátor má průměrně kapacitu 1,8 W·h a napětí 4,2 V. Výše popsané spojení bylo tedy dostatečné zejména pro startér motokáry, který slouží jako pohonná jednotka. Nabíječku pro takto sestavenou baterii si autoři vyrobili sami, protože museli pečlivě kontrolovat napětí, aby se akumulátory vlivem přepětí nezničili.

Druhou pozoruhodnou součástí motokáry je vodní reostat, který zmínil děda jednoho z autorů při vzpomínkách na své dětství a pouťové kolotoče, kde se tento typ reostatu používal právě pro rozjezd kolotoče. Autoři reostat vyrobili, propočítali jeho kapacitu i výdrž, kterou poté ověřili i experimentálně při testovacích jízdách. Reostat slouží k rozjezdu motokáry.

Vyrobená motokára je zobrazena na obr. 3.

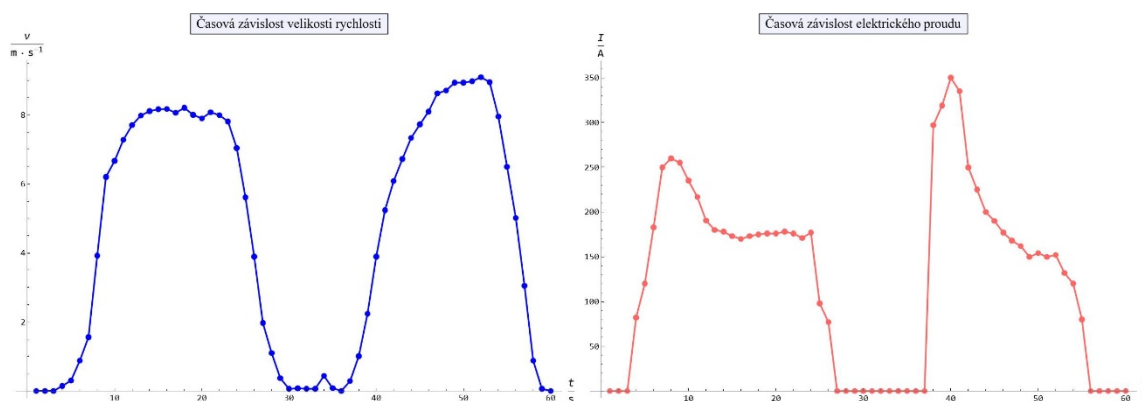
Při proměřování kinematických i elektrických charakteristik vyrobené motokáry museli autoři použít svůj důvtip, aby veličiny vůbec naměřili. Vzhledem k otřesům motokáry bylo nutné pečlivě vyhodnotit naměřená data s akcelerometrem firmy Vernier, stejně tak bylo nutné vymyslet způsob, jak odečítat hodnoty proudu (do cca 300 A) z běžného multimetru během jízdy motokáry.

Na obr. 4 a 5 jsou zobrazeny pro ukázkou dva z řady grafů, kterými autoři svou práci doplnili. Průběh velikosti rychlosti byl naměřen při jízdě po cyklostezce nedaleko Mnichovic při cestě z počátečního stanoviště k vyznačenému bodu a zpět. Maximální velikost rychlosti byla přibližně  $9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . Na druhém grafu je pak časový průběh elektrického proudu během této jízdy; maximální odebíraný proud byl 350 A. Průběhy při popsaných dvou fázích jízdy se liší proto, že se lišil způsob akcelerace: při druhé části jízdy byl pedál akcelerace stlačen více, což způsobilo větší nárůst velikosti rychlosti (tedy i větší velikost zrychlení), a tím i větší odběr elektrického proudu. Jakmile se velikost rychlosti ustálila, poklesl elektrický proud.



Obr. 3. Elektrická motokára postavená v domácí dílně.



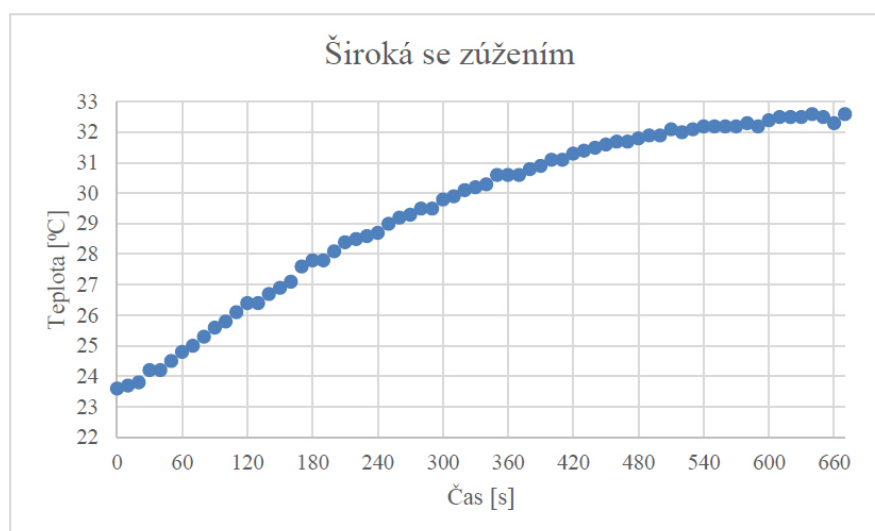


Obr. 4 a 5. Časová závislost velikosti rychlosti motokáry a časová závislost elektrického proudu tekoucího obvodem.

### Infračervené záření

Adam Neuhäuser se při výběru svého tématu inspiroval měřeními, která prezentovala na VNUF 2024 v Plzni Z. Kielbusová (viz [3]). Jednou částí jeho práce tak byla studie komínového efektu ve dvou plastových trubkách, v nichž jako zdroj tepla použil čajové svíčky, zkoumaných školní termokamerou Flir.

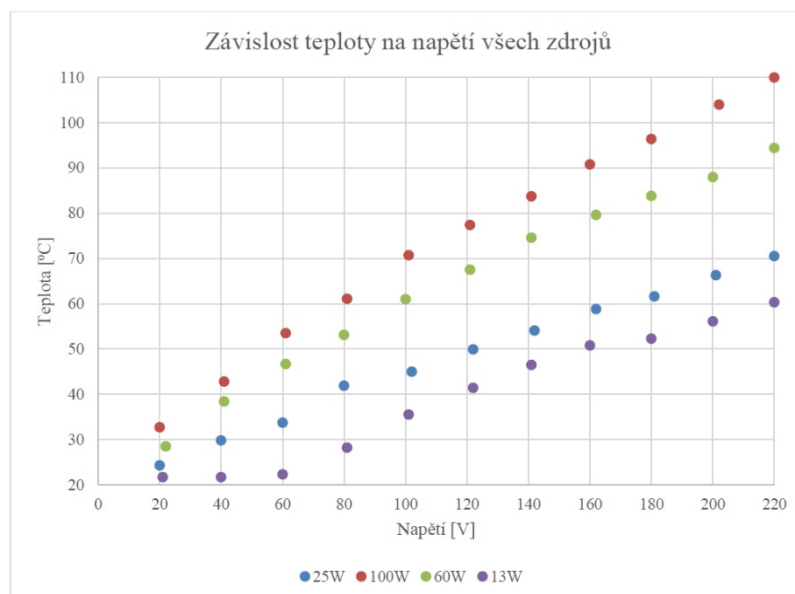
Autor postupně proměřil teplotu vybraného místa úzké a široké plastové trubky, které byly buď otevřené, nebo byly opatřené přepážkou umožňující lepší proudění vzduchu, nebo byly v horní části opatřeny zužujícím se profilem. Tyto profily, stejně jako držák na trubky, autor navrhl sám a vytiskl na 3D tiskárně. Měření probíhalo za stejných podmínek jedno odpoledne v učebně fyziky. Jednotlivá měření jsou popsána v práci [4], zde uvádíme pouze jeden z řady grafů (viz obr. 6).



Obr. 6. Závislost teploty na čase u široké plastové trubky.

Druhou částí, kterou se absolventský projekt zabýval, bylo studium závislosti teploty různých zdrojů světla (žárovky a úsporné zářivky) na elektrickém příkonu. Daný typ zdroje světla autor připojil přes dělič napětí k fázovému napětí a postupně zvyšoval elektrický proud procházející žárovkou. Přitom zaznamenával údaje o elektrickém proudu, napětí měřeném na daném zdroji světla a o teplotě vybraného místa zdroje světla. Naměřené

hodnoty následně zpracoval. Na obr. 7 je zobrazena závislost teploty měřené v daném místě zdroje světla na napětí měřeném na vstupních svorkách tohoto zdroje.



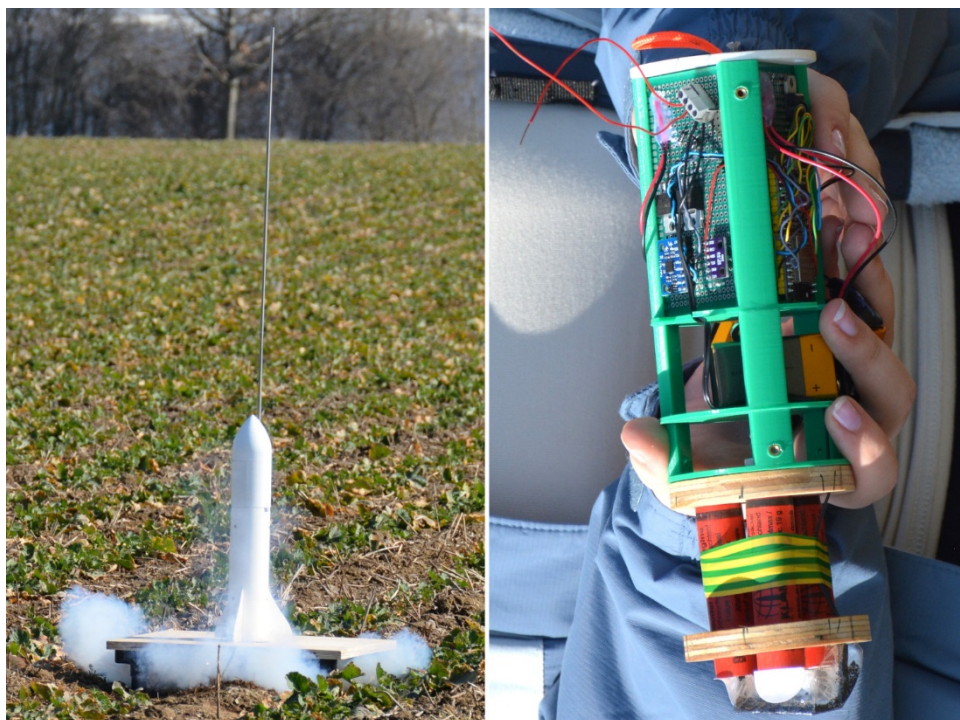
Obr. 7. Závislost teploty zdrojů světla na napětí měřeném na jejich vstupních svorkách.

## Raketa

Daniela Dvořáčková a Ondřej Kos navrhli, postavili, elektronikou osadili, otestovali a vypustili raketu. Jednotlivé komponenty rakety navrhli v programu CAD a poté je vytiskli na 3D tiskárně. Elektronickou část navrhli samostatně, využili moduly Arduina, které zajišťovali komunikaci senzorů v raketě (tříosý akcelerometr, senzor teploty a tlaku, GPS modul) s počítačem umístěným v místě startu rakety. Ve své práci [5] popisují také, jak postupně svůj model rakety mezi jednotlivými zkouškami vylepšovali.

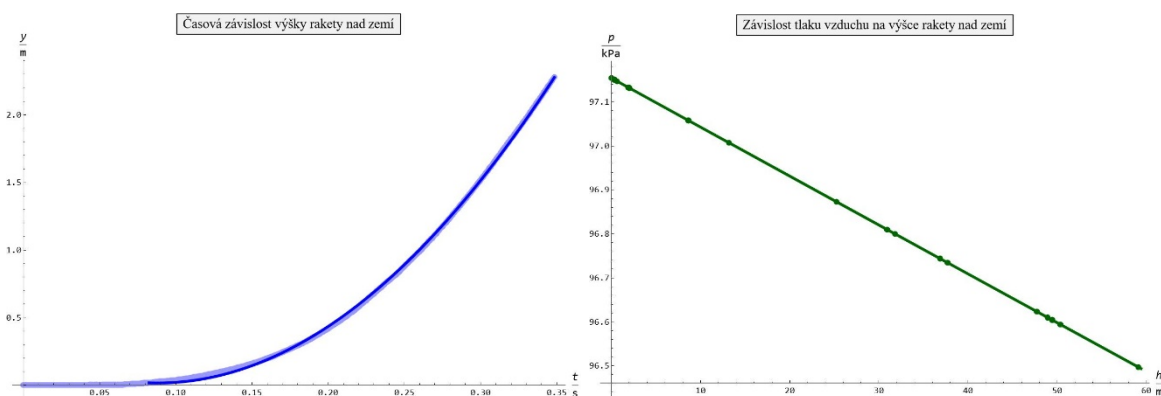
Celkem realizovali dva pokusné lety a dva lety, během kterých zaznamenávali naměřená data. Raketa neletěla zcela podle plánu, protože se nepodařilo bezchybně vyvážit raketu tak, aby letěla ve svislé poloze. Nicméně i ze zdánlivě nezdařených letů měli autoři práce dostatek dat k analýze pohybu rakety. Součástí této analýzy byla i simulace letu v programu *Mathematica*, která poskytla autorům základní souvislosti mezi výkonem použitých motorků (3 kusy motorků Klima D9-P EL) a dosaženou maximální výškou letu rakety.

Na obr. 8 je zobrazena raketa v okamžiku startu. Autoři vyrobili podstavec, ze kterého raketa startovala; starty se totiž odehrávaly na opuštěných polích, která byla v době startů rakety velmi silně podmáčena. Součástí podstavce byla též svislá vodící tyč, která zaručovala svislý start rakety (raketa byla na tuto vodící tyč navlečena pomocí předem připravených otvorů v plášti rakety). Na obr. 9 je zobrazeno osazení vnitřní části rakety – drážky na elektronickou část, elektronické součástky a motorky.



Obr. 8 a 9. Startující raketa a osazení vnitřní části rakety.

Jednou z proměřených závislostí, kterou autoři provedli na základě videoanalýzy záběrů z rychloběžné kamery zapůjčené z KDF MFF UK Praha, byla závislost výšky rakety nad zemí na čase (viz obr. 10). Do výšky přibližně 2 m (záběr kamery) se po následné analýze v programu *Mathematica* ukázalo, že se raketa pohybovala rovnoměrně zrychleně (světle modrá barva představuje naměřená data, tmavě modrá pak graf aproximační kvadratické funkce), jak autoři předpokládali. Na obr. 11 je zobrazena závislost atmosférického tlaku vzduchu na výšce nad zemí. Na první pohled by se mohlo zdát, že je závislost špatně, protože tato závislost je ve skutečnosti exponenciální. Pokud si uvědomíme, že sledujeme závislost do výšky 60 m nad zemí, pak je lineární graf naprosto v pořádku – jedná se totiž o aproximaci exponenciální funkce (která tuto závislost ve skutečnosti popisuje) pro malý interval výšek (a tedy i malých změn atmosférického tlaku).



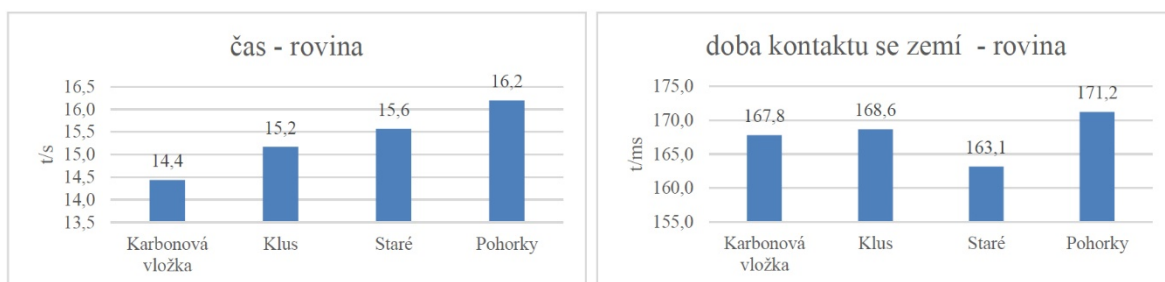
Obr. 10 a 11. Časová závislost výšky rakety nad zemí a závislost atmosférického tlaku na výšce rakety nad zemí.

## Fyzika běhu

Téma práce Vojtěcha Peroutky vycházelo z jeho sportovních zájmů – rozhodl se proto studovat fyzikální parametry běhu. Ve své práci [6] popisuje nejdříve, na čem teoreticky závisí velikost zrychlení a velikost rychlosti běžce (typ povrchu, po kterém běží, typ obuvi, způsob běhu, ...). Poté se zabývá fyzikálním pohledem na běžce – zakresluje síly, které na běžce působí, a jejich význam pro kinematické parametry běhu. Ve druhé části práce pak autor popisuje průběh experimentů, které sám provedl.

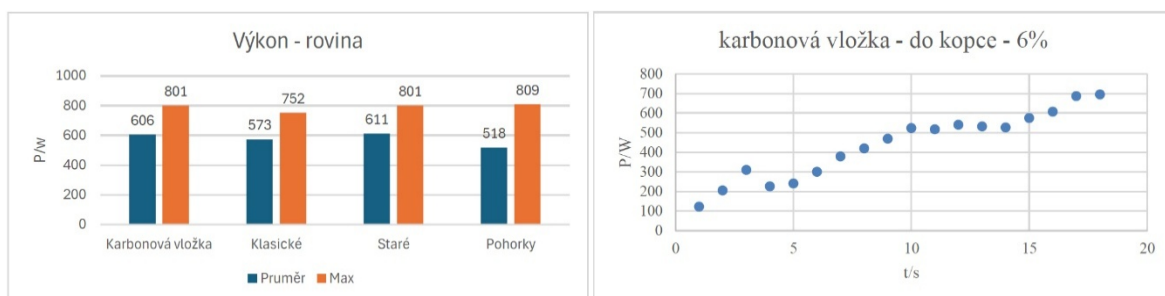
Měření provedl ve čtyřech různých typech obuvi (běžecké boty s karbonovým plátem, standardní běžecké boty, opotřebované běžecké boty a pohorky) na třech různých typech terénů (běh po rovině, do kopce a z kopce). Všechna měření probíhala na dráze 100 m. Data zaznamenával pomocí hodinek *Garmin fenix 6X Pro* a hrudního pásu *Garmin HRM-Pro Plus*.

Z řady dat, která autor z měřicích přístrojů získal, ukážeme jen několik. Na obr. 12 jsou zobrazeny časy, kterých autor dosáhl při běhu po rovině v závislosti na typu obuvi. V závislosti na stejném parametru jsou na obr. 13 zobrazeny doby kontaktu nohy se zemí.



Obr. 12 a 13. Naměřené časy a doba kontaktu se zemí pro jednotlivé typy obuvi.

Na základě úvah vyplývajících ze zákona zachování energie autor vypočítal se znalostí své hmotnosti a naměřeného průběhu zrychlení i průběh svého mechanického výkonu. Porovnání průměrného a maximálního výkonu pro jednotlivé typy obuvi při běhu po rovině ukazuje obr. 14. Výpočet výkonu by si pochopitelně zasloužil hlubší analýzu, ale tu žák neprovedl. Na obr. 15 je zobrazen průběh okamžitého výkonu při běhu do kopce v botách s karbonovou vložkou.

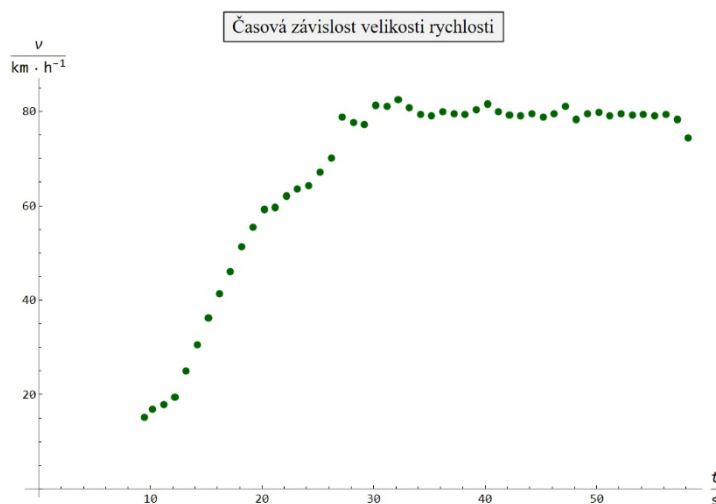


Obr. 14 a 15. Průměrný a maximální výkon v závislosti na typu obuvi při běhu po rovině a průběh okamžitého výkonu při běhu do kopce v botách s karbonovou vložkou.

V závěru práce pak autor zmiňuje, že podobný experiment s podobnými výsledky proběhl i na Katedře sportovního lékařství Lékařské fakulty Univerzity Uludag v Turecku.

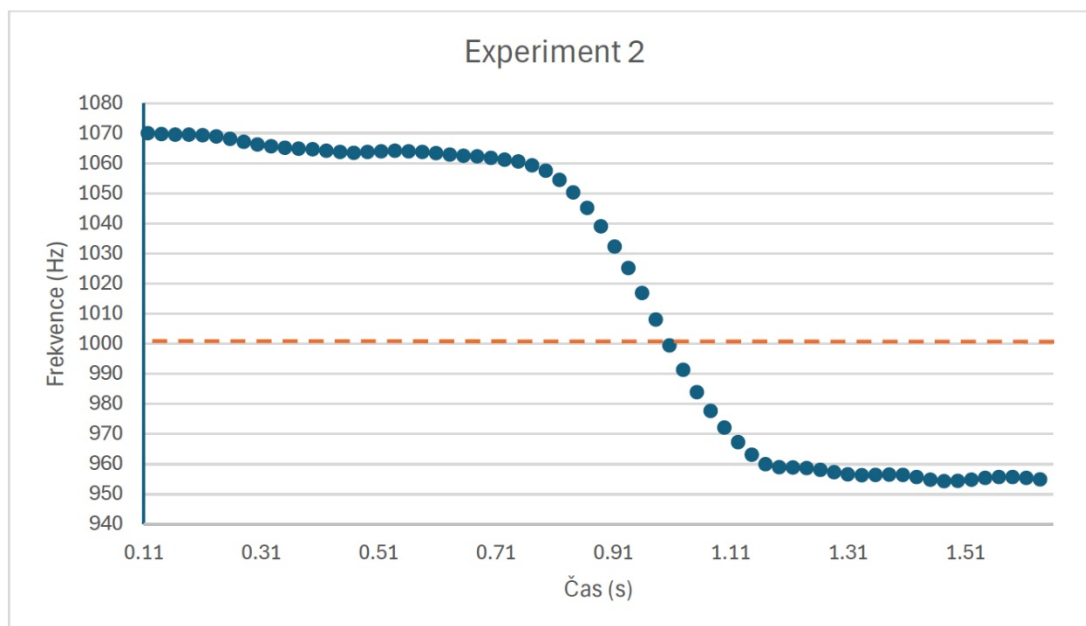
## Dopplerův jev

Michal Samek a Vojtěch Vokněr se ve svém absolventském projektu věnovali Dopplerovu jevu. V první části práce [7] vysvětlují, co Dopplerův jev je, za jakých podmínek vzniká a vše ukazují na zvukovém vlnění. Poté pro různé typy vzájemného pohybu zdroje zvuku a pozorovatele odvozují i kvantitativní vztahy pro frekvenci, kterou pozorovatel měří v závislosti na vzájemné velikosti rychlosti pohybu zdroje zvuku a pozorovatele.



Obr. 16. Závislost velikost rychlosti na čase u jednoho z experimentů.

Ve druhé části práce popisují měření, která prováděli, a uvádějí jejich vyhodnocení. Měření prováděli na tehdy uzavřené silnici mezi Mnichovicemi a Všestary. Na střeše osobního automobilu byl připevněn reproduktor s výkonem 800 W, u benzínové stanice byl stojan s mikrofonom a další nutnou technikou. Do reproduktoru asistent v automobilu pustil z mobilního telefonu jednoduchý tón příslušné frekvence a řidič se rozjel. Polohy startu automobilu a mikrofonu byly voleny tak, aby se automobil stihl rozjet a kolem mikrofonu projel stálou rychlostí (viz graf zobrazený na obr. 16). Ta byla měřena na základě dat získaných z aplikace Phyphox. Celkem autoři provedli 35 měření, která se navzájem lišila kombinací frekvence jednoduchého tónu znějícího z reproduktoru a velikostí rychlosti automobilu. Poté provedli autoři výrazně méně měření, při kterých se pohyboval naopak přijímač zvuku (tj. mikrofón), a také měření, při kterých se pohybovaly stálou rychlostí proti sobě jak zdroj zvuku, tak mikrofón. Naměřená data autoři zpracovali v programech *Microsoft Excel*, *Python* a *Mathematica*.



Obr. 17. Závislost naměřené frekvence na čase.

Na obr. 17 je zobrazena časová závislost frekvence signálu zaznamenaného mikrofonom, kterou autoři získali z akustického záznamu na základě vlastního programového kódu sestaveného v programu *Python*. V grafu je též vyznačena frekvence, kterou vysílal zdroj zvuku (červená přerušovaná čára odpovídající frekvenci 1000 Hz). Je patrné, že v první části grafu jsou zobrazeny frekvence vyšší, než je frekvence zdroje zvuku, což odpovídá přibližování se vozidla se zdrojem zvuku k mikrofону (pozorovateli), zatímco nižší frekvence zaznamenané v pravé části grafu odpovídají vzdalování se zdroje zvuku od mikrofónu. Autoři výpočtem dokazují, že jimi naměřená data jsou v souladu teoretickými a v práci odvozenými vztahy.

Typ grafu, který je zobrazen na obr. 17, uvádějí a komentují autoři v práci pro všechna provedená měření.

## Závěr

Při zpracovávání zvolených témat všichni žáci průběžně narazili na problémy, o kterých při výběru tématu neměli tušení. Přesto se všem tyto problémy podařilo vyřešit (samostatně, po konzultaci s vedoucím práce či dohledáním informací v dostupných zdrojích) a v práci tak pokračovat dále. Tento postup při řešení problémů je pro žáky cenný nejen pro jejich další studium na vysokých školách (většinou technického směru), ale i pro běžný život.

Absolventské projekty představené v tomto příspěvku mohou být inspirací pro učitele, kteří učí žáky s hlubším zájmem o fyziku. Uvedenými projekty je možné se inspirovat při tvorbě vlastního zadání podobného typu práce.

## Literatura

- [1] Marek M. J., Stibůrek F.: *Elektromagnetické dělo*, SPŠST Panská, Praha, 2025.
- [2] Kronus M, Rejthar M.: *Elektrická motokára*, SPŠST Panská, Praha, 2025.



- [3] Kielbusová Z.: *Vizualizace proudění trochu jinak*. In: Veletrh nápadů učitelů fyziky 2024. Sborník příspěvků z mezinárodní konference. Ed.: J. Kohout, Z. Kielbusová, P. Masopust, Plzeň 2024. ISBN 978-80-261-1273-0
- [4] Neuhäuser A.: *Infračervené záření*, SPŠST Panská, Praha, 2025.
- [5] Dvořáčková D., Kos O.: *Raketa*, SPŠST Panská, Praha, 2025.
- [6] Peroutka V.: *Fyzika běhu*, SPŠST Panská, Praha, 2025.
- [7] Samek M., Vokněr V.: *Dopplerův jev*, SPŠST Panská, Praha, 2025.

## „Fakt zábavnej ústav“: Otevřené vzdělávací a popularizační materiály Fyzikálního ústavu AV ČR

Julie Nekola Nováková, Pavla Federičová, David Hlaváček

Fyzikální ústav Akademie věd ČR

### Abstrakt

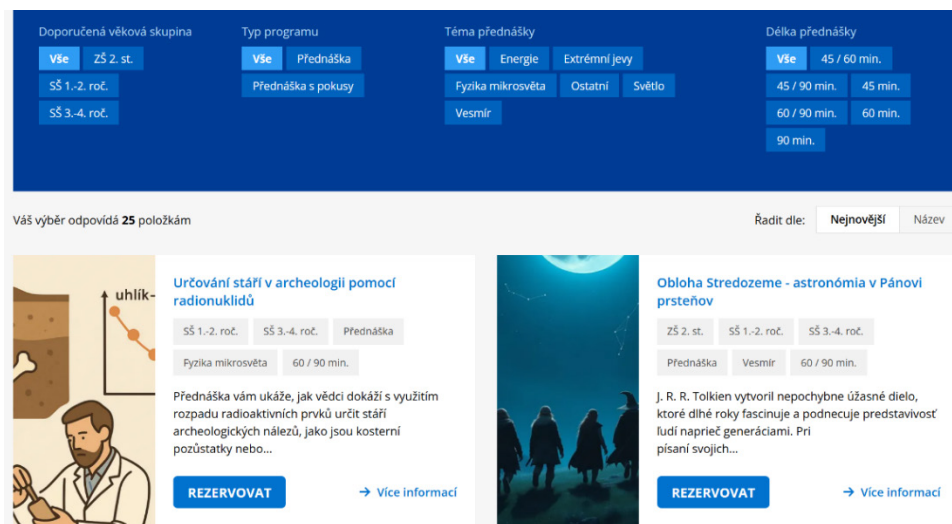
*Jak zvýšit zájem o fyziku a porozumění fyzikálním principům mezi školou povinnými dětmi? Fyzikální ústav AV ČR zde představuje několik iniciativ, které působí ve vzájemném propojení a jejichž cílem je prohloubení fyzikálních znalostí mezi ZŠ/SŠ dětmi, zvýšení zájmu o vědu a poskytnutí nových zdrojů vyučujícím fyziky. Jedná se především o program Fyzikové do škol, nabízející bezplatné výjezdy vědců a vědkyň s popularizačními přednáškami, pokusy a workshopy přímo do škol, a pak také materiály jako vzdělávací komiks Taje nanosvěta (se souvisejícím pracovním listem, workshopy a pokusy), antologie Fyzika budoucnosti, fyzikální pexesa a další zdroje.*

### Úvodem: role vědeckých institucí v současné výuce na ZŠ/SŠ

Měly by instituce jako univerzity či Akademie věd ČR hrát větší roli v základním a středoškolském vzdělávání? Lze oprávněně namítat, že to není jejich práce; na druhou stranu se poznání, technologické změny a způsoby sdílení informací a bohužel i dezinformací ve společnosti vyvíjejí stále rychleji a výuka to ne vždy může a zvládá včas reflektovat. Přednášky vědců a vědkyň na ZŠ/SŠ, tvorba a poskytování materiálů do výuky vyučujícím, exkurze do vědeckých laboratoří a jiné aktivity i zdroje tak mohou pomoci dostat do tříd novinky z aktuálního výzkumu a zvýšit zájem o vědu i (stále důležitější) porozumění vědecké metodě a způsobu získávání poznání. Proto Fyzikální ústav nabízí přednášky do škol, celou řadu zdrojů vhodných do výuky fyziky v různých stupních ZŠ a SŠ i možnost exkurzí přímo na ústav nejen během akcí jako Noc vědců či Dny otevřených dveří.

### 1. Fyzikové do škol

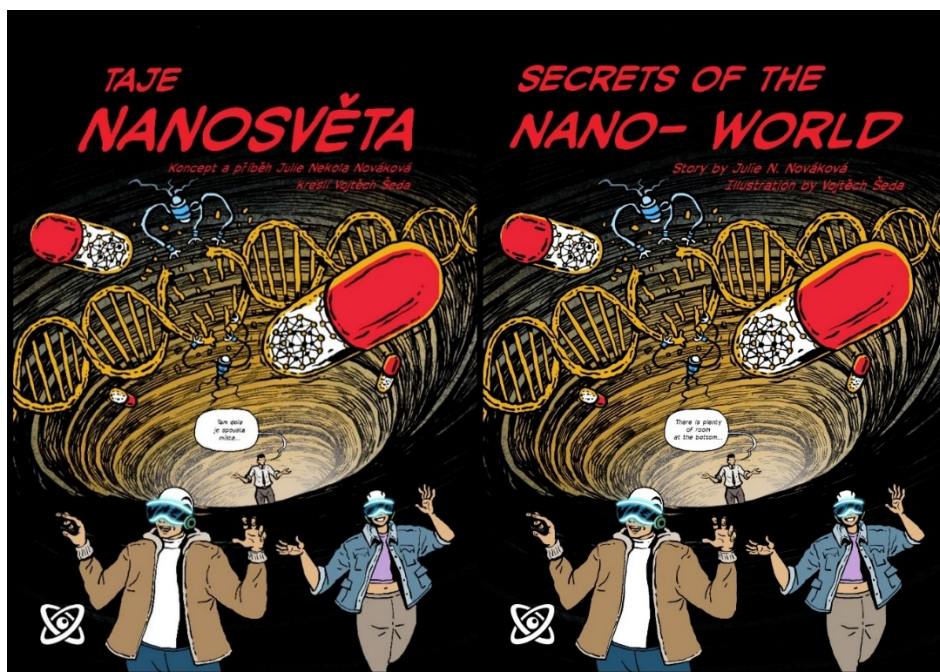
Program Fyzikové do škol [1], založený v roce 2022, umožňuje školám pozvat odborníky z FZU na přednášky přímo na dané škole, které jsou přizpůsobeny věku a znalostem žáků. Nabídka zahrnuje aktuálně 25 témat, od kvantové fyziky po astrofyziku, a přednášky lze jednoduše rezervovat online. Program žákům umožňuje se setkat s vědci, kteří jim přibližují aktuální výzkum, odpovídají na otázky a často přinášejí i interaktivní prvky či ukázky experimentů. Tím se fyzika stává živou, aktuální a dostupnou. FZU kromě programů v českém jazyce navíc nabízí také přednášky v angličtině, vhodné pro vícejazyčné třídy, mezinárodní školy nebo starší žáky s pokročilejší znalostí anglického jazyka. Do budoucna je v plánu nabídku přednášek i doprovodných aktivit rozšiřovat.



Obr. 1. Na webu Fyziků do škol je možné si přednášky navolit podle stupně, zahrnutí pokusů, tématu i rozsahu (a po přepnutí stránky do angličtiny zhlédnout programy dostupné v anglickém jazyce).

## 2. Komiks *Taje nanosvěta*

Popularizačně-vzdělávací komiks *Taje nanosvěta* [2] představuje unikátní spojení vědy a příběhu. Je určen především žákům 2. stupně ZŠ a studentům SŠ, ale zaujme i dospělé čtenáře. Hlavními hrdiny jsou středoškoláci Sofie a Alex, kteří se během stáže v rámci programu AV ČR Otevřená věda záhadně ocitnou v roce 1959 – tedy v době slavné přednášky Richarda Feynmana, která odstartovala obor nanotechnologie.

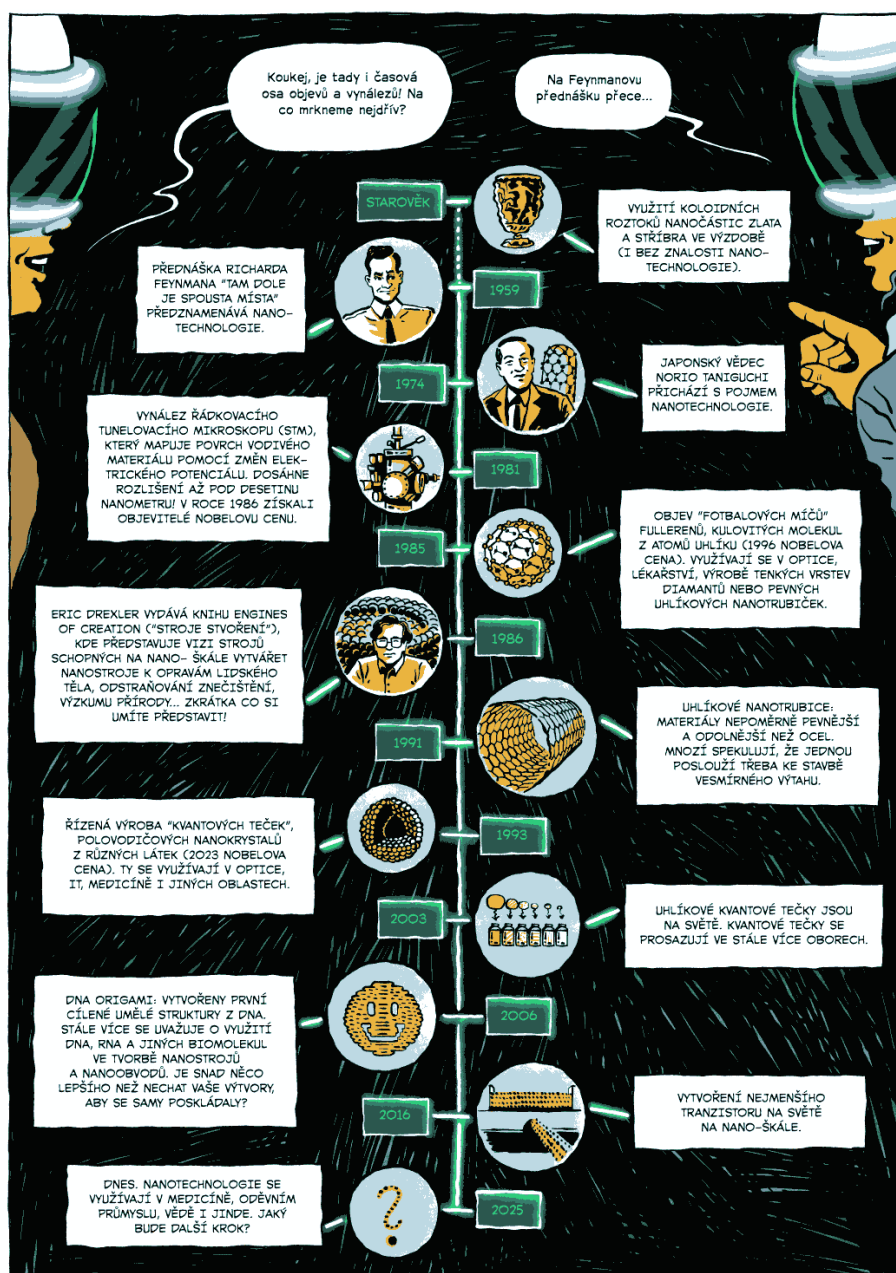


Obr. 2. Česká (vlevo) a anglická (vpravo) obálka komiksu *Taje nanosvěta*.

Komiks poutavě vysvětluje principy mikroskopie atomárních sil, měřítko nanosvěta a dějiny nanotechnologií. Využívá formu dobrodružného příběhu, který přirozeně

motivuje k poznávání. Součástí materiálů je i pracovní list [3] a pokusy – analogie dějů v nanosvětě – které lze snadno zařadit do výuky. Pro další pokusy a náměty do výuky se odkazujeme na DIY NanoBook [4]. Některé strany, například časová osa objevů v oblasti nanotechnologií (obr. 3), lze využít i jako samostatné materiály/infografiky.

Výhodou komiksu je jeho narativní forma, která podle dosavadních – ač zatím spíše sporadických – studií patrně podporuje zapamatovatelnost informací, zájem o vědu a kritické myšlení [5]. Příběh umožňuje žákům vcítit se do postav, prožívat jejich objevování a zároveň se učit. Komiks je v českém i anglickém jazyce dostupný zdarma pod licencí Creative Commons, což umožňuje jeho široké využití ve školách kdekoli ve světě a adaptaci (např. překlady, tvorba nových infografik). Navíc ke komiksu vznikly také workshopy pořádané ve spolupráci s Městskou knihovnou Praha (pobočka Ládví) a chystané na další akce jako např. AFO (Academia Film Olomouc).

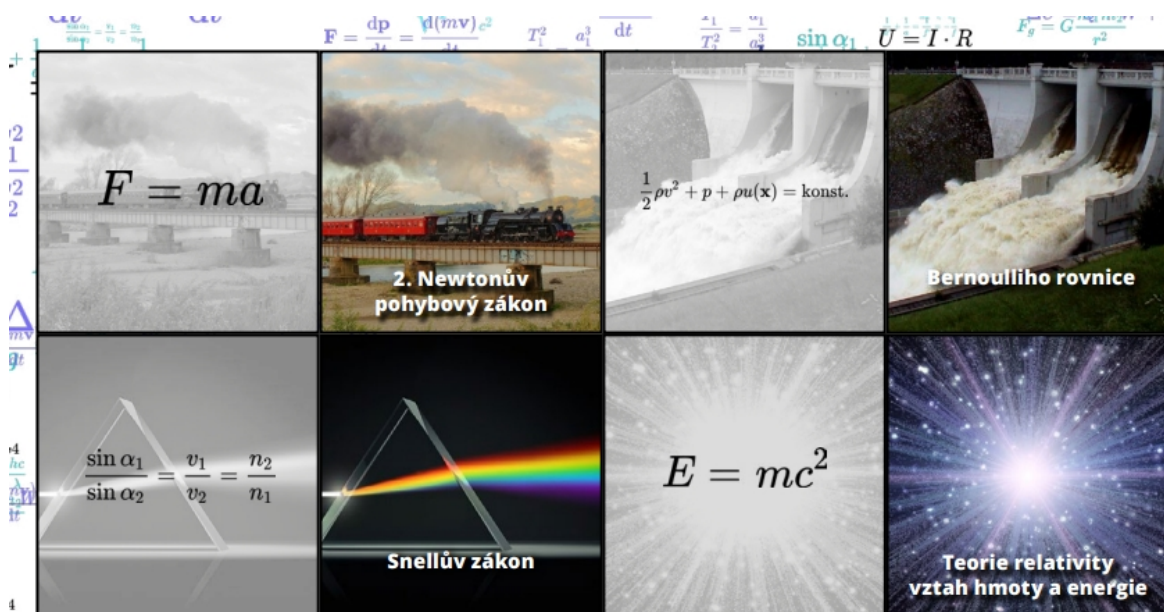


Obr. 3. Z komiksu Tajе nanosvětа.

### 3. Fyzikální pexesa, osmisměrky a další hry

FZU nabízí také fyzikální pexesa, která propojují vizuální paměť s poznáváním fyzikálních jevů. Hra je vhodná jako aktivizační prvek ve výuce, pro opakování nebo jako součást fyzikálních workshopů. Pexeso podporuje vizuální učení, spolupráci a zábavnou formu výuky, která může být obzvláště přínosná pro žáky s odlišnými učebními styly. U fyzikálních osmisměrek žáci procvičují postřeh a zjišťují, že poznávání může být i zábava.

Doposud dostupná pexesa FZU představují kapalné krystaly a krásy fyziky, mikrosvět a nanosvět, lasery a v neposlední řadě také fyzikální zákony, které jsou obzvláště užitečné v procvičování středoškolské fyziky (viz obr. 4). Do konce roku 2025 plánujeme též vydání pexesa s fyzikálními objevy a jejich objeviteli, využitelného také pro tvorbu časové osy fyziky v hodinách.



Obr. 4. Ukázka pexesa s fyzikálními zákony.

### 4. Antologie *Fyzika budoucnosti*

Dalším projektem FZU je antologie *Fyzika budoucnosti* [6], obr. 5, která propojuje sci-fi povídky s popularizačními články od vědců a vědkyň. Každý příběh nabízí vizi budoucnosti fyziky – od 3D tisku orgánů přes simulace života až po energetické výzvy budoucnosti. Autoři jako Vilma Kadlečková, Lucie Lukačovičová či Hanuš Seiner přinášejí čtenářům nejen napínavé příběhy, ale i inspiraci k zamyšlení nad tím, jak může fyzika ovlivnit naši budoucnost. Popularizační články navazující na povídky pak rozšiřují dané vědecké téma a propojují fikci s realitou. Antologie je dostupná zdarma a je vhodná jako popularizační zdroj pro širší veřejnosti i případný doplněk výuky pro starší SŠ žáky/vyšší gymnázium, například pro semináře, projektové dny nebo jako inspirace pro vlastní tvorbu žáků.





Obr. 5. Obálka antologie Fyzika budoucnosti.

## 5. Naučná stezka AV ČR na Ládví

Jen krátce zde zmiňme plánovanou naučnou stezku ústavů Akademie věd na Ládví, jejíž výstavba právě začíná a jejíhož slavnostního otevření bychom se měli dočkat koncem jara 2026 [7]. Stezka pomocí interaktivních exponátů každého ze zapojených ústavů představí témata z dané vědní oblasti. Vzhledem ke skladbě ústavů v lokalitě se jedná o převážně fyzikální a úzce související témata – v plánu je výstavba setrvačníku, Galtonovy desky, hry s převodníkem číselných soustav, modelu atomu a dalších prvků. Toto „science centrum pod širým nebem“ poslouží nejen místním obyvatelům a rodinám s dětmi, ale snad také školám a školkám v okolí (např. MŠ a ZŠ U Školské zahrady, MŠ Na Pěšinách, ZŠ a MŠ Na Slovance, ZŠ Burešova, Gymnázium Thomase Manna aj.). Po otevření naučné stezky je v plánu k ní vytvořit i doprovodné materiály, soutěže a aktivity (nejen) pro rodiny i školy.

## Závěrem: výhledy do budoucna „Fakt zábavného ústavu“

Přednášky a zdroje do výuky, které Fyzikální ústav aktuálně poskytuje, určitě nejsou jeho posledním slovem ve fyzikálním vzdělávání a popularizaci. Ve stadiu příprav je vedle naučné stezky také již zmíněné nové pexeso s fyzikálními objevy a druhý díl vzdělávacího komiksu, tentokrát zaměřený na téma biofyziky.



Co se týče akcí s osobní účastí, mimo klasických školních exkurzí na ústav nebo výjezdů na školy, Noci vědců, Dnů otevřených dveří apod. nás letos v rámci Týdne AV ČR čekají také divadelní dny, které představí fyziku i příbuzné vědní obory z trochu jiného úhlu díky *Kodani* v podání Divadla v Celetné, one-man show *Mr. Tumor* Ondřeje Lidického, tanci elementárních částic, vystoupením ze soutěže FameLab i původní hře o fyzikovi Leo Szilardovi a jeho kolezích (*Martané*).

Nedílnou součástí edukačních a popularizačních programů je také jejich evaluace: po přednáškách Fyziků do škol dostávají vyučující i žáci kratičké dotazníky zkoumající dopad programu, ke komiksu i antologii existují minidotazníky s tímtož cílem. Zatímco u přednášek je vzhledem k charakteru akce (na místě, osobně) návratnost dotazníků vysoká, u online/tištěných zdrojů (kde je odkaz na evaluační minidotazník na webové stránce daného projektu, u některých materiálů přímo v nich) se získání dostatečně plošné zpětné vazby ukázalo jako výzva a do budoucna se chystáme uplatnit další evaluační strategie.

## Literatura

- [1] FYZIKÁLNÍ ÚSTAV AV ČR. *Fyzikové do škol*. Online. FZU. 2022. Dostupné z: <https://www.fzu.cz/popularizace/akce/fyzikove-do-skol>. [cit. 2025-09-15].
- [2] FYZIKÁLNÍ ÚSTAV AV ČR. *Taje nanosvěta*. Online. FZU. 2025. Dostupné z: <https://www.fzu.cz/popularizace/vyukove-materialy/taje-nanosveta>. [cit. 2025-09-15].
- [3] FYZIKÁLNÍ ÚSTAV AV ČR. *Taje nanosvěta – pracovní list*. Online. FZU. 2025. Dostupné z: [https://www.fzu.cz/sites/default/files/2025-04/Pracovni\\_list\\_Taje-nanosveta-1.pdf](https://www.fzu.cz/sites/default/files/2025-04/Pracovni_list_Taje-nanosveta-1.pdf). [cit. 2025-09-15].
- [4] NISE NETWORK. *DIY Nano*. Online. NISE Network. 2016. Dostupné z: <https://www.nisenet.org/catalog/diy-nano-book>. [cit. 2025-09-15].
- [5] FARINELLA, M. (2018). *The potential of comics in science communication*. JCOM 17(01), Y01. <https://doi.org/10.22323/2.17010401>
- [6] FYZIKÁLNÍ ÚSTAV AV ČR. *Fyzika budoucnosti*. Online. Fyzikální ústav AV ČR. 2025. Dostupné z: <https://www.fzu.cz/verejnost/vyukove-materialy/antologie-fyzika-budoucnosti>. [cit. 2025-09-15].
- [7] NEKOLA NOVÁKOVÁ, J. *Na Ládví vzniká naučná stezka mezi ústavu Akademie věd*. Online. 2025. Dostupné z: WWW DOPLNÍME, ČLÁNEK VYJDE DO 20. 9.

# Pravítkový kanón

Stanislav Panoš\*, Hynek Němec\*\*

\*Gymnázium F. X. Šaldy, Liberec, Partyzánská 530, příspěvková organizace

\*\*Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i., Na Slovance 1999/2, 182 00 Praha 8

## Abstrakt

*Na pomůcky nenáročná experimentální úloha Kanón z pravítek pochází ze soutěže Turnaj mladých fyziků. Příspěvek představí, jak si lze vyhrát s tímto jednoduchým experimentem od jeho jednoduchého popisu až po důkladnou analýzu.*

## Úvod

Úloha Pravítkový kanón pochází ze sady 17 problémových úloh [1] zadaných ve 38. ročníku středoškolské soutěže Turnaj mladých fyziků. Více se lze o soutěži a právě ukončeném ročníku dočíst v časopisu Matematika-Fyzika-Informatika [2]. Úlohy této soutěže jsou úlohami problémovými s volným zadáním umožňujícím tvůrčí přístup k řešení zadaného problému. Svým pojetím je tato soutěž výjimečná a často převládá názor, že i velmi obtížná. Tomuto přesvědčení někdy napomáhá skutečnost, že pokud se organizátoři Turnaje mladých fyziků snaží soutěž propagovat na akcích typu Veletrh vědy, tak představují řešení úloh na nejvyšší úrovni. Úroveň, na které soutěží reprezentanti ČR na mezinárodním finále této soutěže, může případné nové zájemce o soutěžení vystrašit nebo dokonce odradit. Cílem tohoto příspěvku je ukázat různé možnosti, jak úlohu zpracovat na úrovni okresního kola soutěže. Pro zajímavost bude uveden i nástin vrcholného řešení reprezentačního družstva.

## Zadání úlohy

Překlad zadání z anglického originálu do češtiny zní:

*„Dvě pravítka jsou pevně držena proti sobě. Mezi ně je blízko jednoho z jejich konců vložen kulatý projektil (např. víčko plastové láhve nebo kulička). Když na povrch pravítek zapůsobí dodatečná síla, projektil vystřelí velkou rychlostí. Prozkoumejte tento jev a parametry ovlivňující rychlost výstřelu.“*

Jak může pravítkový kanon vypadat si lze prohlédnout na následujícím obr. 1.



Obr. 1. Pravítkový kanón orientovaný pro střelbu vzhůru (foto autor).

Je vidět, že zadání nechává poměrně velkou volnost v realizaci popsaného experimentu. Zadání nechává volnost ve volbě délky použitých pravítek, jejich materiálu, způsobu udržení pravítek u sebe, ... Vše je shrnuto do závěrečné instrukce „*Prozkoumejte tento jev a parametry ovlivňující rychlost výstřelu.*“.

## Řešení úlohy

Jak k úloze přistoupit? Základem řešení by mělo být kvalitativní objasnění fyzikálního principu. Dále je možné provést jednoduché experimenty s cílem zjistit, které parametry ovlivňují chování kanonu. Na základě experimentů je vhodné pokusit se vytvořit alespoň jednoduchý teoretický model a směřovat k optimalizaci parametrů pro maximální dostřel této fyzikální hračky.

### Princip

V úloze se využívá pružnosti použitých pravítek. Pro jednoduchost si lze představit, že jedno z pravítek položíme na stůl a působící silou ohýbáme pouze druhé pravítko tak, jak je vyznačeno na obr. 2.



Obr. 2. Jednoduchý model s jedním deformujícím se pravítkem.

Pokud bychom použili dvě rovnoběžná pravítka, pak by body dotyku mezi kuličkou a pravítky byly přesně nad sebou. Působící síla by pouze deformovala kuličku, ale nedošlo by k výstřelu. Předpokládejme, že se vystřelovaná kulička během pokusu nedeformuje. Síly působící v místech dotyku mají směr normál k povrchu kuličky v daných bodech.

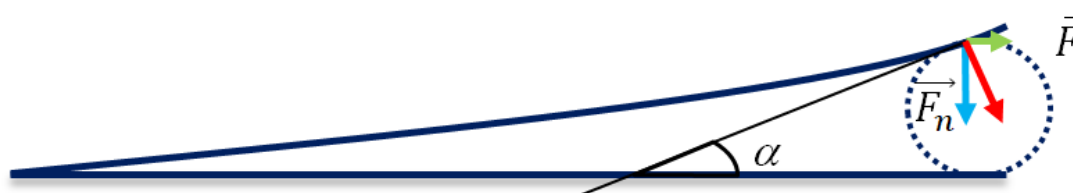
Vrchní pravítko začneme postupně deformovat zvyšováním působící síly.

Sílu  $\vec{F}_c$  působící v místě dotyku horního pravítka s kuličkou můžeme rozložit na vodorovnou  $\vec{F}$  a svislou složku  $\vec{F}_v$ . Pro jejichž velikosti platí:

$$F = F_c \cdot \sin \alpha \quad a \quad F_v = F_c \cdot \cos \alpha$$

Úhel  $\alpha$  lze odečíst mezi tečnami sestrojenými v bodech dotyku pravítek s kuličkou jako na obr. 3. Protože spodní pravítko se nedeformuje, síla působící ve spodním bodě má pouze svislou složku. Vodorovná složka síly působící v horním bodě se snaží „vystřelit“ kuličku, zatímco svislá síla se podílí na vzniku statického tření mezi pravítky a kuličkou. Kulička zůstane v klidu, dokud vodorovná síla nebude větší než statické tření mezi pravítky a kuličkou. Během deformace vrchního pravítka se posouvá bod dotyku kuličky s tímto pravítkem. To má za následek změnu úhlu síly působící v bodě dotyku. V důsledku změny klesá tření mezi kuličkou a pravítky při růstu urychlovací síly. Výstřel nastává v okamžiku, kdy urychlovací síla překoná statické tření. Tento stav lze popsat pomocí mezního úhel  $\alpha_{max}$ . Velikost mezního úhlu závisí na koeficientu tření mezi kuličkou a pravítky. Kromě pružnosti pravítek a jejich délky se stává velikost tření dalším klíčovým parametrem

ovlivňujícím vlastnosti pravitkového kanónu. Nakonec je třeba zmínit hmotnost kuličky, kdy z druhého Newtonova zákona zcela triviálně vyplývá, že těžší kulička bude vystřelena s menším zrychlením než lehčí.



Obr. 3. Rozklad působící síly při deformaci pravitka.

Z výše uvedeného popisu je zřejmé, že označení pravitkový kanón v názvu úlohy není zcela přesné, protože se vlastně jedná o mechanické zařízení podobně jako prak nebo katapult, nikoliv o kanón v pravém slova smyslu. Působením práce střelce je ukládána energie do pružnosti pravitka nebo pravitku, která je následně uvolněna. Podobně je při natahování praku ukládána energie do gumy. Naopak u skutečného kanónu je využita chemická energie střelného prachu, k čemuž zde nedochází.

### Jednoduché experimenty

K prozkoumání chování pravitkového kanónu se jako nejjednodušší jeví studování rychlosti vystřelené kuličky bezprostředně po výstřelu. K tomu lze použít video analýzu záznamu výstřelu například pomocí programu Tracker, využít sonar, nebo určit počáteční rychlost kuličky pomocí vodorovného, šikmého nebo svislého vrhu. Na pomůcky nejjednodušší se jeví vodorovný nebo šikmý vrh, kdy lze využít dopad kuličky do písku a tím zajistit přesnou lokalizaci místa dopadu.

### Příklady jednoduchých řešení z okresního kola soutěže

V okresním kole soutěže hodnotitelé neočekávají definitivní řešení úlohy. Předpokládá se, že předložená řešení nebudou zásadně chybná, budou obsahovat systematický přístup k řešenímu problému a získané výsledky budou přehledně reportovány. Dojde-li na hlubší analýzu získaných dat, je to považováno za významné plus. V neposlední řadě hodnotitelé očekávají, že dílčí řešení odevzdané v okresním kole bude mít potenciál dalšího rozvoje.

Jak může takové řešení vypadat si můžeme demonstrovat na řešení studenta Tomáše Nikela z Gymnázium Olgy Havlové v Ostravě-Porubě. Tomáš si zvolil dvě plastová pravitka standardní délky 30 cm a jako projektil použil pingpongový míček. Míček nechal po výstřelu valit se po stole. Rychlost vystřeleného míčku stanovil z času potřebného k překonání zadaného úseku. Ve svém zkoumání se zaměřil na dva parametry – na místo působení sil tisknoucích pravitka k sobě a na kvalitu povrchu pravitků. V obou případech zkoumal dvě situace, tedy dvě místa působení sil a dva různé povrchy. V jednom případě použil samotná pravitka a ve druhém měnil kvalitu povrchu pravitků omotáním pravitků toaletním papírem. Ve všech případech se pokusil o jednoduchou statistiku, kdy provedl za stejných podmínek 5 měření. Své výsledky prezentoval v podobě tabulky na obr. 4.

Z uvedených dat je vidět, že v uvedené sestavě je vhodnější, aby síla působila na pravitka blíže k jejich spojenému konci. V případě povrchu je prokazatelně vidět, že kanón

s pravítky potaženými toaletním papírem vykazuje horší výsledky, tj. pingpongový míček vystřeluje výrazně nižší rychlostí. K řešení lze mít výhrady k nesmyslnému počtu desetinných míst u hodnot uváděných v tabulce. Počet míst neodpovídá reálné přesnosti měření, jaké mohlo být během experimentů dosaženo. Předložené řešení prokázalo, že student se úkolu ujal systematicky a zkoumal relevantní parametry, proto bylo hodnotiteli doporučeno, aby postoupil do dalšího kola soutěže.

### 5. Výsledky měření a analýza dat

| rychlosti (m/s)       |          |          |          |          |          |
|-----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| místo působení síly   | měření 1 | měření 2 | měření 3 | měření 4 | měření 5 |
| 15 cm od pevného bodu | 1,76471  | 1,66666  | 1,76471  | 1,57895  | 1,66666  |
| 8 cm od pevného bodu  | 2,14286  | 1,875    | 1,875    | 2        | 1,875    |

| rychlosti (m/s) |          |          |          |          |          |
|-----------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| povrch          | měření 1 | měření 2 | měření 3 | měření 4 | měření 5 |
| plast           | 2,14286  | 1,875    | 1,875    | 2        | 1,875    |
| toaletní papír  | 0,375    | 0,3      | 0,375    | 0,4285   | 0,33     |

Obr. 4. Výsledky měření provedených studentem Nikelem.  
(zdroj: řešení studenta Tomáše Nikela)

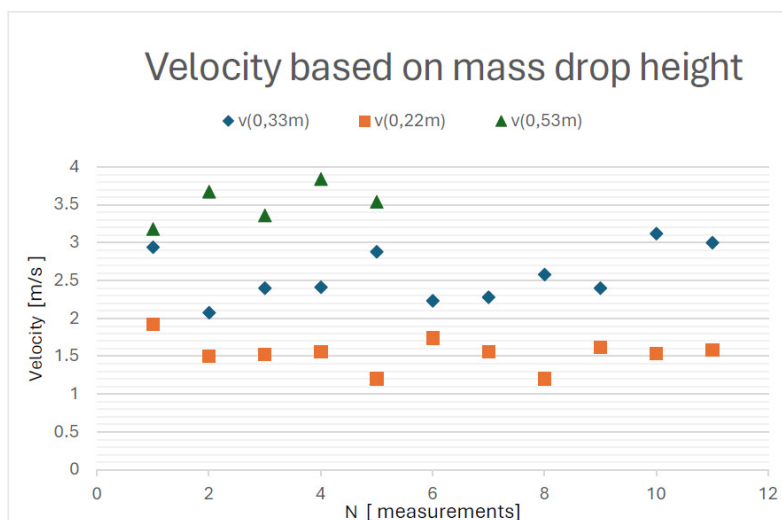
Dalším příkladem dobrého řešení na úrovni okresního kola je řešení Daniela Becka z Mendelova gymnázia v Opavě. Daniel použil dvě plastová pravítka a kovovou kuličku jako projektil. Sestavu je vidět na obr. 5. Výstřel inicioval pádem závažíčka, které při dopadu stlačilo pravítka k sobě. Rychlost vylétující kuličky získával na základě video analýzy letu kuličky, který představoval šikmý vrh. Zaměřil se na závislost rychlosti vylétující kuličky na výšce, ze které padalo iniciační závažíčko, tedy na velikosti počátečního impulsu.



Obr. 5. Měřicí sestava studenta Becka. (zdroj: řešení studenta Daniela Becka)

Poměrně nepřekvapivý výsledek, že větší výška, ze které bylo puštěno iniciační závaží, znamená větší rychlost vystřelené kuličky, jasně demonstruje graf na obr. 6.

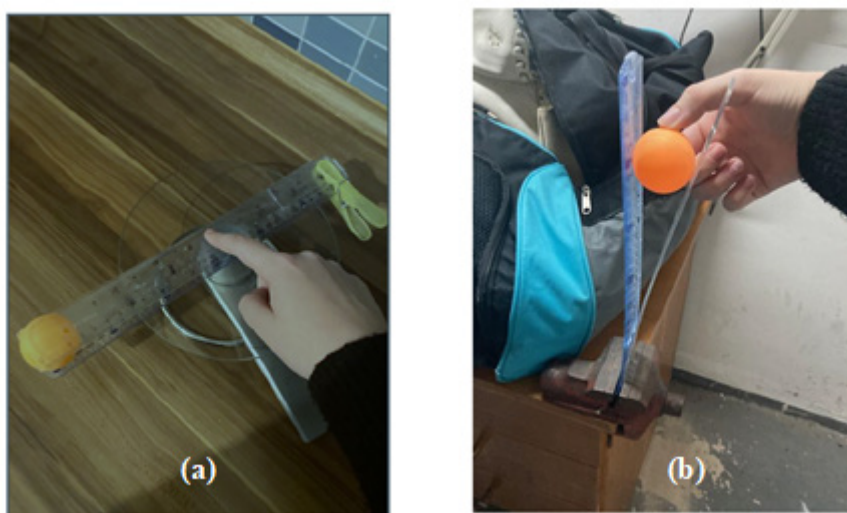
Student se pokusil opakováním měření ověřit reprodukovatelnost výsledků, dále pak stanovil průměrné rychlosti a diskutoval možné zdroje chyb měření. Opět student prokázal systematický přístup a řešení bylo uznáno jako vyhovující pro postup do dalšího kola.



Obr. 6. Graf rychlostí vystřelené kuličky v závislosti na výšce pádu iniciačního závaží.  
(zdroj: řešení studenta Daniela Becka)

Je škoda, že někteří soutěžící mají při řešení dobré nápady, nicméně se získanými daty již dále nepracují, nedokáží je dostatečně přehledně prezentovat nebo z nich nevyvodí žádné závěry.

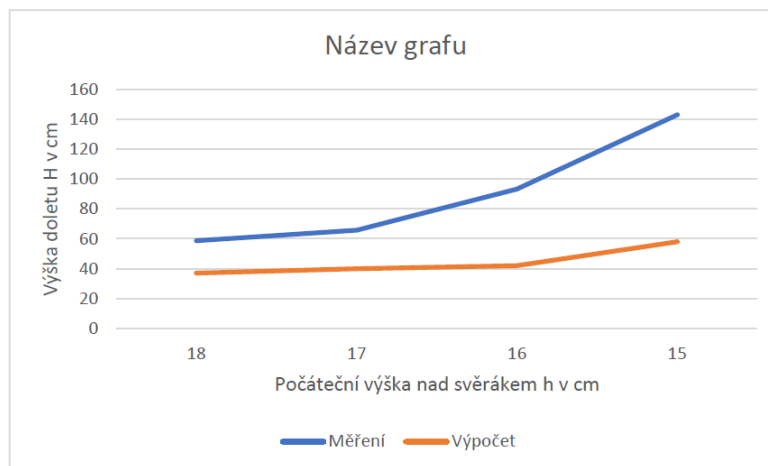
Příkladem inspirativního řešení je práce studentky Mahuleny Šídlové z Gymnázia Arabská v Praze. Podobně jako jiní zvolila dvě plastová pravítka a pingpongový míček. V jejím řešení se postupně objevují dva zajímavé triky. Prvním je využití kuchyňské váhy pro měření síly, kterou deformuje pravítka před výstřelem, viz obr. 7a. Druhým trikem je upnutí pravítek do svěráku a orientace pravítek směrem vzhůru, viz obr. 7b.



Obr. 7. Některé inspirativní nápady. (zdroj: řešení Mahuleny Šídlové)



Orientace střelby směrem vzhůru značně zjednodušuje měření rychlosti vystřeleného míčku, protože analyzujeme pohyb jen v jedné ose oproti vodorovnému nebo šikmému vrhu. Studentka se pokusila studovat vliv místa stisknutí pravítek na velikost rychlosti vystřeleného míčku. Výsledky si lze prohlédnout v grafu na obr. 8 a odchylky měření v tabulce na obr. 9.



Obr. 8. Závislost výšky výstřelu na poloze místa stisku pravítek.  
(zdroj: řešení Mahuleny Šídlové)

| h v cm | směrodatná odchylka v cm |
|--------|--------------------------|
| 18     | 9,45                     |
| 17     | 11,09                    |
| 16     | 2,09                     |
| 15     | 3,54                     |

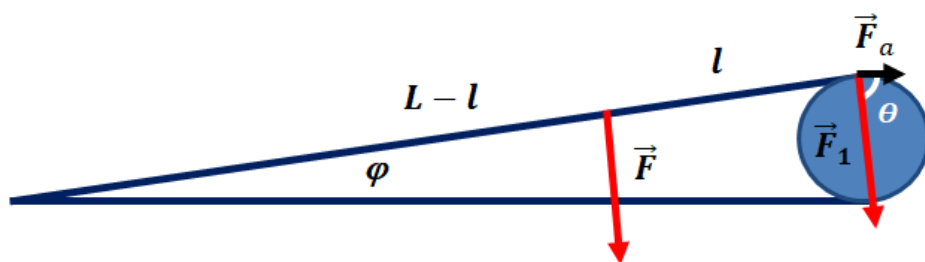
Obr. 9. Tabulka s přehledem směrodatných odchylek pro jednotlivá měření.  
(zdroj: řešení Mahuleny Šídlové)

Z tabulky a grafu je vidět, že pro případy, kdy míček vyletuje nejnižšími rychlostmi je směrodatná odchylka extrémně vysoká. Tabulka je bohužel nepřehledná, směrodatná odchylka se vztahuje k výšce výstřelu, nikoliv k výšce místa, kde dochází ke stisku pravítek, jak by se na první pohled mohlo zdát. Orientaci se střelbou vzhůru použilo i reprezentační družstvo Iránu, které tuto úlohu prezentovalo na mezinárodním kole Turnaje mladých fyziků. Iránci ve svém řešení použili pro studium úlohy záznam z vysokorychlostní kamery. Až zde se ukázalo, že v případě, kdy míček vyletuje malou rychlostí, se nedefinovaně rozkmitá ze strany na stranu. Při pohybu ze strany na stranu se třením o pravítka zpomaluje. Tento děj je náhodný, proto se vliv tření projevuje nepravidelně a promítá se do obrovského rozptýlu výšek, do kterých je míček vystřelen.

### Nástin podrobného řešení reprezentačního družstva

Úloha na úrovni mezinárodního finále vyžaduje, aby obsahovala systematický výzkum dané problematiky spolu s teoretickým popisem. Teoretický popis by měl být porovnán s experimentálními daty a případné nesrovnalosti diskutovány.

České družstvo připravilo řešení, kdy zvolilo model jednoho „pevného“ pravítka a jednoho pružného pravítka. „Pevné“ pravítko bylo položeno na stole, aby se neprohýbalo. Celkem použili 9 různých kuliček ze 3 materiálů (polypropylen, PVC, ocel) a 8 různých pravítek ze 3 materiálů (polyetylen, PVC, dřevo). Kuličkové projektily vystřelovali vodorovným směrem po stole a pomocí sonaru Vernier sledovali jejich pohyb. Pro měření síly působící na pravítko zvolili čidlo stisku ruky Vernier. Kromě kombinace různých délek pravítek  $L$ , různých materiálů pravítek a různých vystřelovaných kuliček studovali vliv vzdálenosti  $l$  místa, kde působí iniciační síla. Viz obr. 10.



Obr. 10. Schéma uspořádání experimentu reprezentačního družstva.

Délka pravítek je označena jako  $L$ , poloha působíště síly měřená od volného konce pravítka  $l$ , úhel rozevření pravítka  $\varphi$  a úhel  $\theta$  mezi působící silou v místě dotyku pravítka a kuličky a vodorovným směrem. Síla  $F$  je vnější síla působící deformaci pravítka, síla  $F_1$  je síla působící v místě dotyku horního pravítka a kuličky.

Pro teoretický model byly stanoveny tyto předpoklady:

- Spodní pravítko a kulička jsou absolutně tuhá tělesa
- Kulička rozevře pravítko na vzdálenost  $2r$
- Síla působí kolmo na pravítko
- Deformace pravítka je aproximována Eulerovým ohybem:  $\frac{dy}{dx} \ll 1$

Aby došlo k výstřelu, musí síla  $F_a$  překonat třecí sílu mezi pravítky a kuličkou. Kulička zůstává v klidu, dokud:

$$F_1 \cos \theta_c \leq F_1 \mu_s \sin \theta_c \quad (1)$$

Rovnost nastává pro kritický úhel  $\theta_c$ , ze kterého lze stanovit součinitel tření mezi kuličkou a pravítky:

$$\mu_s = \tan \theta_c \quad (2)$$

V rovnicích se vykrátí síla, z čehož vyplývá, že pokud by se žádné z pravítek nedeformovalo, pravítkový kanon by nestřílel. Pro neměnný součinitel tření a úhel  $\theta$  působící síly je výše uvedená nerovnice splněná stále, tj. tření „nepustí“ kuličku. K úspěšné konstrukci pravítkového kanonu potřebujeme pružné horní pravítko.

Z deformace pravítka podél osy  $x$  lze stanovit kritickou sílu potřebnou pro výstřel.

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{M(x)}{EI} \quad (3)$$

V rovnici (3)  $M$  označuje ohybový moment působící síly a  $EI$  je součin Youngova modulu pružnosti  $E$  a kvadratického moment průřezu  $I$ . Součin  $EI$  lze nazvat „nepoddajností“ pravítka, tj. analogií tuhosti pružiny.

Rozborem úlohy studenti došli k teoretické hodnotě velikosti síly potřebné k vystřelení kuličky z pravitkového kanónu:

$$F_c = \frac{2EIL(\sin\varphi \cos\varphi + \sqrt{\sin^2\varphi \cos^2\varphi - (\sin^2\varphi - \cos^2\theta)(\cos^2\varphi - \cos^2\theta)})}{l^2(L-l)(\cos^2\varphi - \cos^2\theta)} \quad (4)$$

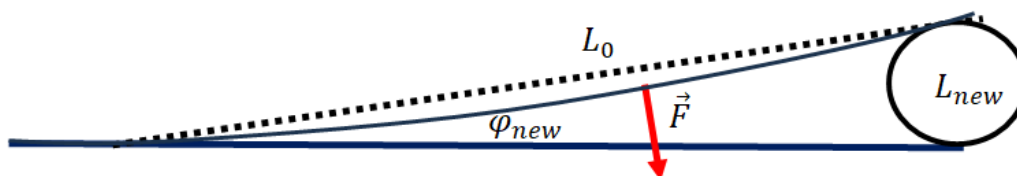
Ze zákona zachování mechanické energie odhadli počáteční rychlost vystřelené kuličky dle vztahu:

$$v = \sqrt{\frac{2\bar{F}r}{m}}, \quad (5)$$

kde  $\bar{F}r$  představuje mechanickou práci síly působící po dráze  $r$ , než dojde k výstřelu. Protože se síla během stlačování pravitku mění, je použita její střední hodnota  $\bar{F}$ . Poslední proměnná  $m$  je hmotnost vystřelované kuličky.

Během porovnávání experimentálních výsledků a teoretických předpovědí se objevila nutnost modifikovat třecí sílu v rovnici (1). Původní model předpokládal, že v místě dotyku kuličky s horním pravitkem a v místě dotyku se spodním pravitkem působí stejně velká síla. Pro těžší kuličky je však třeba uvažovat s tíhou kuličky a v místě dotyku kuličky se spodním pravitkem počítat i s tíhou kuličky.

Posledním vylepšením teorie, které studenti započítali, byla změna aktivní délky pružné části pravitka a úhlu mezi oběma pravitky při prohnutí horního pravitka. Více napoví obr. 11. Jak se změní aktivní délka pravitka, ukazuje vztah (6).



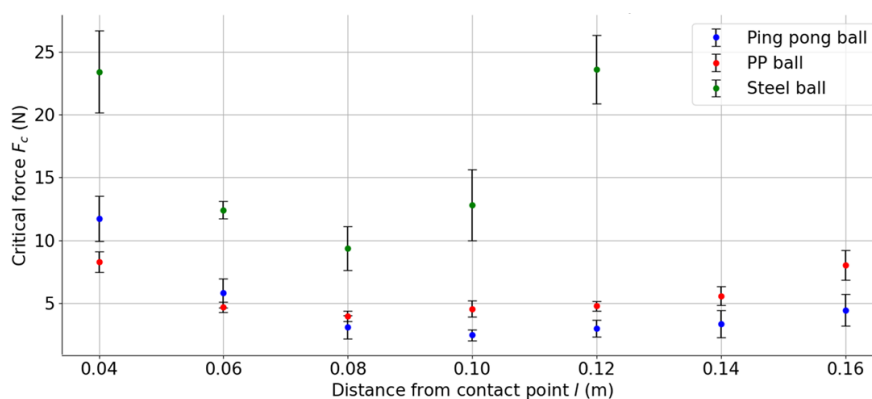
Obr. 11. Změna parametrů během průhybu pravitka.

$$L_{new} = \sqrt{\left(\frac{1}{\cos\theta} \sqrt{3(L_0 - l)^2 - \frac{6EIL_0 \tan\theta}{Fl}} - L_0 \cos\theta\right)^2} + L_0 \sin\theta \quad (6)$$

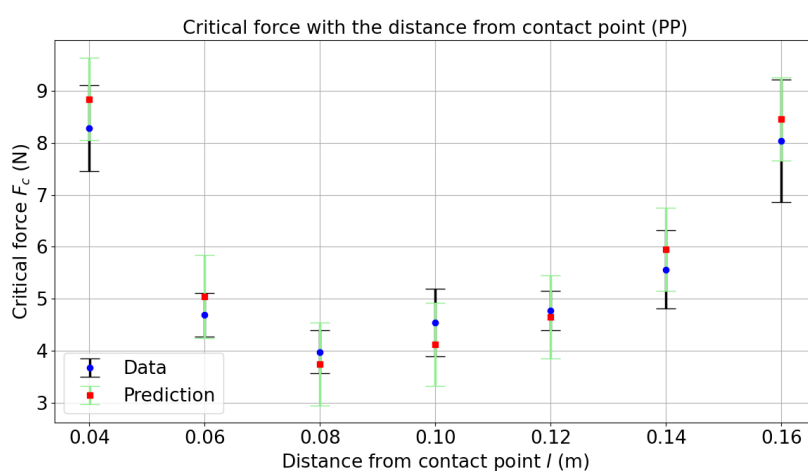
Nakonec musel být teoretický model vyřešen numericky.

Získané výsledky experimentů byly prezentovány formou grafů. Zde je několik ukázek.

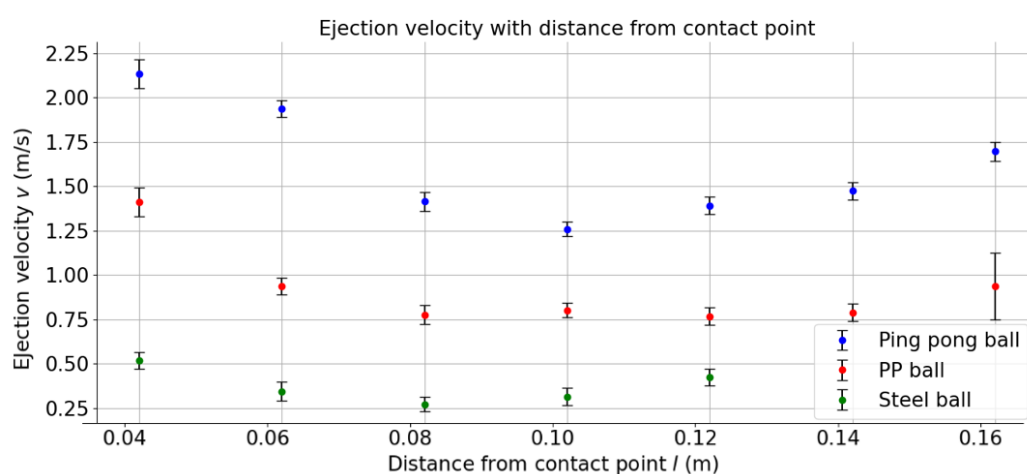
Prvním grafem na obr. 12 je závislost kritické síly potřebné k výstřelu na místě jejího působení pro různé kuličky. Je vidět, že ve všech případech existuje minimum této závislosti. Představu o shodě teoretického modelu a experimentálních dat si lze udělat z následujícího obr. 13. Nejzajímavější graf je na obr. 14, kde lze vidět závislost rychlosti vystřelené kuličky na poloze síly stlačující pravitka k sobě. Z grafu lze odvodit, že pro maximální rychlost vystřelené kuličky je nejvhodnější pravitka stlačovat blízko místa dotyku pravitků s kuličkou, což má za následek velký průhyb horního pravitka a tím i velkou vodorovnou složku působící síly.



Obr. 12. Závislost velikosti kritické síly na poloze jejího působíště.  
(zdroj: řešení reprezentačního družstva)



Obr. 13. Porovnání experimentálních dat a teoretického modelu.  
(zdroj: řešení reprezentačního družstva)



Obr. 14. Závislost rychlosti vystřelené kuličky na poloze místa stisknutí pravítek.  
(zdroj: řešení reprezentačního družstva)

## Závěr

Tento příspěvek si kladl za cíl ukázat, že úlohy ze soutěže Turnaj mladých fyziků mohou být řešeny na různé úrovni od jednoduchého popisu experimentu po komplexní řešení. V minulosti byla často prezentována právě až komplexní řešení na úrovni mezinárodního finále, která ovšem svou složitostí mohou zejména začínající zájemce o Turnaj od účasti odradit. V příspěvku bylo proto představeno několik jednoduchých řešení jako ukázka minimálního standardu pro okresní kolo. I z takových začátků lze následně směřovat k rozsáhlejšímu řešení.

## Literatura

- [1] *Turnaj mladých fyziků-Zadání úloh 38. ročníku (2024/25)*. [cit. 14. 9. 2025]. Dostupné online: <https://www.tmfcr.cz/tasks.php?y=38>
- [2] Kolář K., Němec H.: *Turnaj mladých fyziků 2025*. M-F-I Vol 34 No 3 (2025), p. 237–240.

# Vizualizace proudění kapalin

Tereza Patlejchová, Josef Matějovský, Václav Šebelík

Přírodovědecká fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

## Abstrakt

*Příspěvek obsahuje několik experimentů vizualizujících proudění tekutin. Tyto pokusy mohou pomoci studentům středních škol lépe porozumět obtížně představitelným jevům, jako je laminární a turbulentní proudění, Bernoulliho efekt nebo viskozita. Všechny pokusy jsou proveditelné s běžně dostupnými materiály a pomůckami.*

## Úvod

Proudění tekutin je důležitým, avšak ve středoškolské fyzice často opomíjeným tématem, které bývá pro studenty obtížně představitelné. [1] Jeho výklad bývá často omezen na teoretické rovnice bez návaznosti na praktické zkušenosti, což může vést k neporozumění základním principům. [2] Cílem tohoto příspěvku je ukázat, jak lze výuku proudění tekutin zpřístupnit pomocí jednoduchých školních experimentů, které propojují teorii s pozorováním.

Představené experimenty se zaměřují na klíčové jevy, jako je laminární a turbulentní proudění, obtékání těles kapalinou, vliv viskozity či aplikace Bernoulliho rovnice. Všechny pokusy byly navrženy tak, aby je bylo možné realizovat bez nutnosti speciálního laboratorního vybavení.

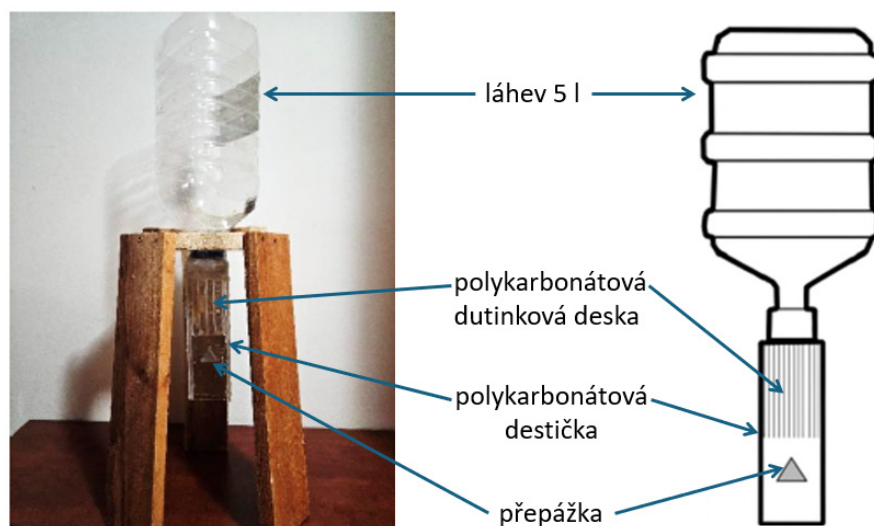
## Model proudění kapalin (*particle image velocimetry*)

Tento pokus umožňuje přímou vizualizaci proudění vody kolem překážek a pomáhá žákům porozumět rozdílu mezi laminárním a turbulentním prouděním, vzniku vírů či tvorbě proudových stínů.

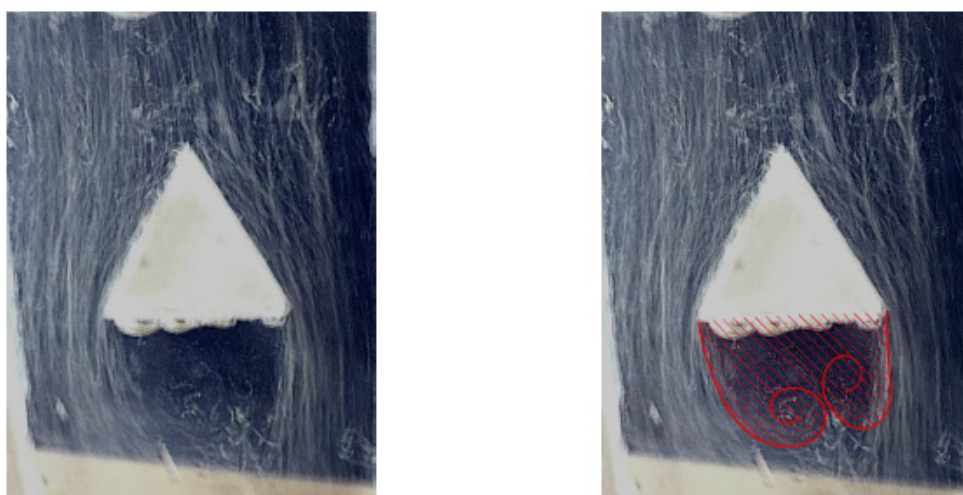
Model (Obr. 1) je vyroben z polykarbonátových desek, které tvoří stěny komory o rozměrech přibližně  $20 \times 5 \times 1$  cm. Boční a horní stěny se slepí pomocí speciálního lepidla na polykarbonát. Do komory se vkládá dutinková polykarbonátová deska (koupeno) orientovaná ve směru proudění, která usměrňuje tok vody a napomáhá vzniku laminárního proudění. Horní část komory se pomocí tavné pistole zakončí víkem od PET lahve (o průměru cca 5 cm), do kterého je našroubovaná 5 l plastová láhev sloužící jako zásobník vody. Spodní otvor komory je uzavřen zátkou s těsněním, kterou lze snadno odstranit pro zahájení průtoku.

Po naplnění systému vodou skrze zásobník se do zásobníku přidají jemné piliny, které se rozmíchají špejlí. Překážka (např. malý váleček nebo destička) se umístí do požadované polohy ve spodní části komory. Rovnoměrné osvětlení z boku nebo zespodu zvýrazní rovinu pohybu částic. Po odstranění zátky voda začne protékat komorou a pohyb pilin umožní pozorování proudových linií (Obr. 2). Je možné rozlišit laminární proudění (rovné trajektorie částic), turbulentní oblasti (chaotický pohyb), víry (kruhový pohyb za překážkou) i proudové stíny (oblasti s nižší rychlostí za tělesem). Pozorování lze provádět pouhým okem, fotografií s delší expozicí nebo projekcí z kamery.





Obr. 1. Model pro vizualizaci proudění kapalin se stojanem (vlevo), schéma modelu (vpravo). [3]



Obr. 2. Zobrazení proudění kapalin pomocí pilin okolo trojúhelníkové překážky (vlevo), s červeně zvýrazněným turbulentním prouděním (vpravo). [3]

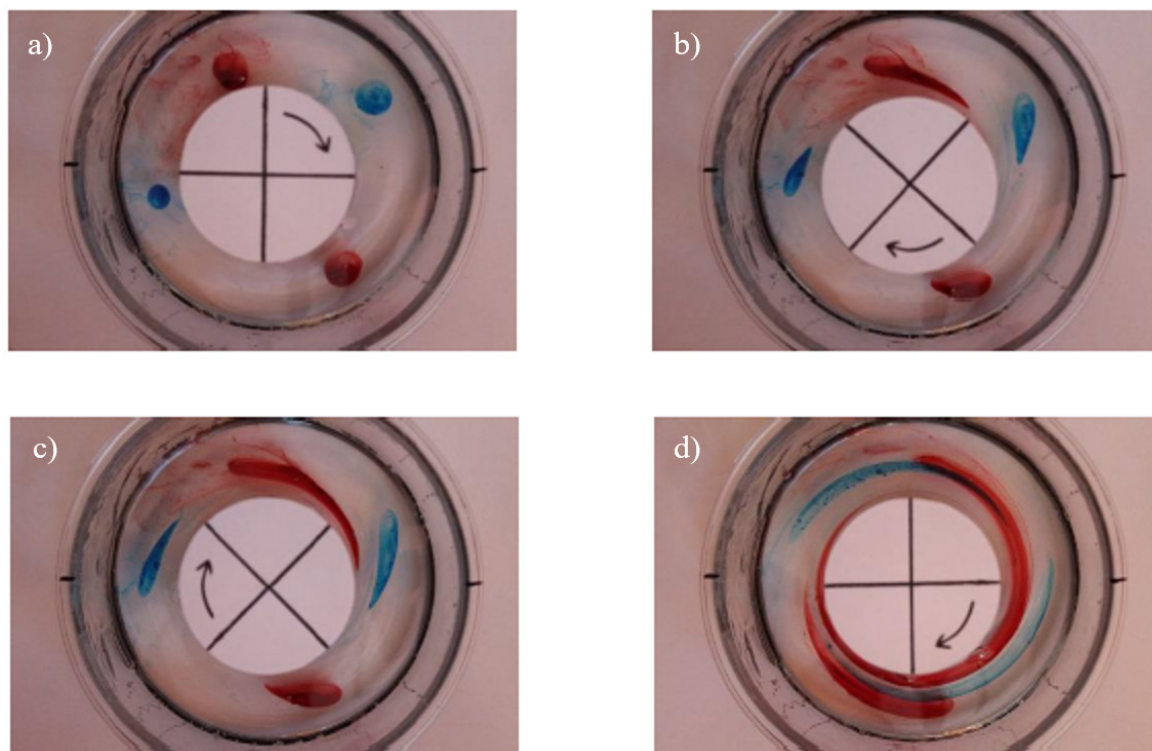
## Proudění viskózní kapaliny

Pokus slouží k vizualizaci vírového proudění kapaliny a zároveň pomáhá studentům pochopit koncept viskozity, tedy vnitřního tření v kapalinách. Díky vysoké viskozitě kukuřičného sirupu se víry vytvářejí pozvolna a déle si uchovávají svůj tvar, což umožňuje detailní pozorování proudnic i struktury vírového pohybu. Oproti tomu při použití kapalin s nízkou viskozitou, jako je voda, by docházelo k mnohem rychlejšímu proudění a rychlejšímu rozptýlení vzniklých vírů. Proudění je pak obtížně sledovatelné, protože se v krátkém čase rozpadá do chaotičtějších struktur. Vyšší viskozita tak zpomaluje dynamiku celého procesu a působí jako „přírodní zpomalovač“, který umožňuje studentům pozorovat jevy, jež by jinak ve vodě proběhly příliš rychle.

K provedení pokusu je potřeba průhledná nádoba (např. větší sklenice nebo miska), válec (např. skleněná láhev bez etikety, plechovka), kukuřičný sirup a potravinářské gelové barvivo. Válec se umístí do středu nádoby tak, aby se nedotýkal stěn a stál vzpřímeně.

Nádoba se poté naplní kukuřičným sirupem – ideálně tak, aby hladina sahala minimálně do poloviny výšky válce. Vzhledem k vyšší viskozitě sirupu je potřeba větší množství kapaliny, aby se víry tvořily rovnoměrně a nebyly brzděny třením o dno nádoby.

Do sirupu se následně nakapou kapky potravinářského barviva – každá do jiné části nádoby. Tyto barevné značky slouží k vizuálnímu sledování směru proudění. Po přidání barviv začne učitel nebo student velmi pomalu otáčet válcem kolem jeho svislé osy. Jak se kapalina roztočí, začne kolem válce vznikat vířivé proudění, které barevné stopy postupně roztáhne do spirál. Tyto spirály lze pozorovat okem nebo zaznamenat pomocí kamery, případně mobilního telefonu (Obr. 3).



Obr. 3. Miska s kukuřičným sirupem v původní poloze (a), a s postupně otáčenou vnitřní částí (b-d). [3]

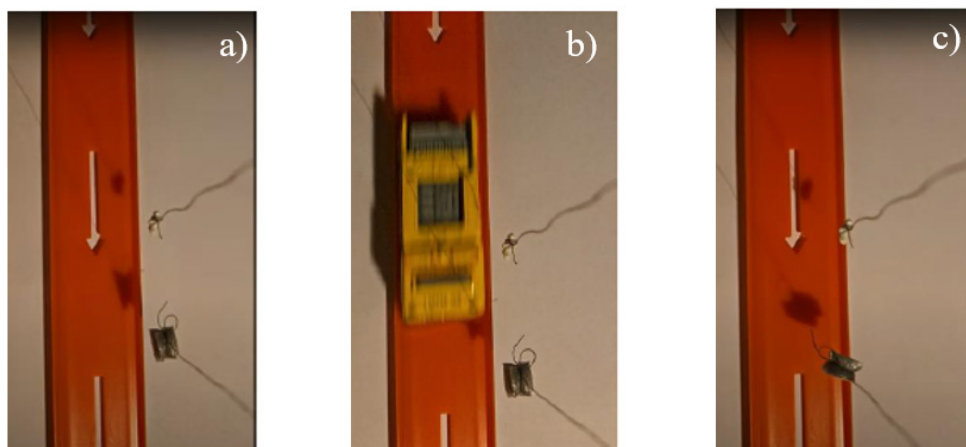
Pokus je snadno realizovatelný, vizuálně atraktivní a přináší názorný vhled do dynamiky proudění kapalin. Umožňuje detailní pozorování proudnic i struktury vírového pohybu.

### Proudění kolem vozidla

Tento jednoduchý experiment názorně ukazuje proudění kolem vozidla způsobené jak turbulentním prouděním, tak jedním z důsledků Bernoulliho rovnice – vztah mezi rychlostí proudění tekutiny (v tomto případě vzduchu) a jejím tlakem. S rostoucí rychlostí proudění dochází podle Bernoulliho zákona k poklesu tlaku. V reálném životě se tento jev projevuje například při průjezdu kamionu kolem cyklisty nebo projíždějícího vlaku kolem pasažérů na nástupišti. Vysvětluje tak důvod, proč je důležité se na vlakovém nástupišti držet až za žlutou čarou. Pomocí autíčka pohybujícího se po dráze lze tento efekt jednoduše demonstrovat i ve třídě.

Pokus vyžaduje základní vybavení: plastovou dráhu (např. Hot Wheels, lze ovšem nahradit i obyčejnou nakloněnou rovinou), malé autíčko, dvě lehká závaží (např. polystyrenová kulička a kousek pěnového materiálu, či proužek alobalu), nit, stojan a kameru nebo mobilní telefon pro záznam pokusu. Dráha je umístěna na nakloněné rovině tak, aby se autíčko po jejím uvolnění samovolně rozjelo. Ve vzdálenosti přibližně 2–5 mm od dráhy je na nitích zavěšeno závaží tak, aby viselo těsně vedle dráhy v oblasti, kterou bude autíčko míjet.

Po spuštění záznamu je autíčko uvolněno z horní části dráhy. Jakmile projede kolem závaží, lze pozorovat pohyb závaží směrem k dráze – tedy do oblasti nižšího tlaku vytvořené rychle proudícím vzduchem (Obr. 4). Tento jev je dobře viditelný i při malých rychlostech a je možné jej zachytit na video a následně analyzovat zpomaleně.



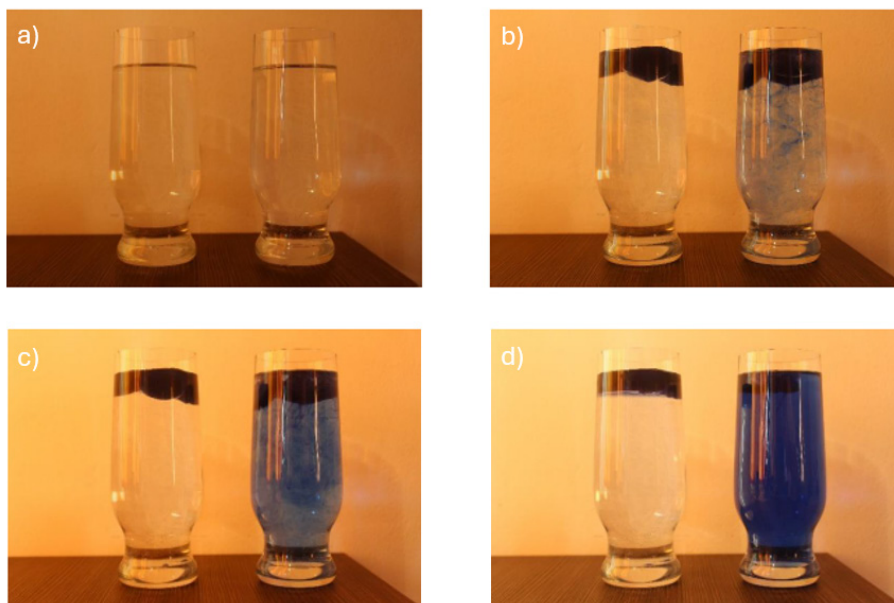
Obr. 4. Dráha se závažími před průjezdem autíčka (a), při průjezdu autíčka (b) a po průjezdu autíčka (c). [3, 4]

### Rozpouštění ledu ve sladké a slané vodě

Pokus názorně ukazuje to, jak rozdíly v hustotě kapalin ovlivňují proudění. Propojuje fyzikální principy s geografickým kontextem a umožňuje žákům pochopit fungování mořských proudů, které jsou v oceánech řízeny nejen rozdíly v teplotě, ale i rozdíly ve slanosti a tím i hustotě vody. [5]

K pokusu je třeba připravit dvě průhledné nádoby (např. sklenice, nebo průhledné plastové kelímky) naplněné vodou o stejné teplotě a stejném objemu. Do jedné nádoby se nalije obyčejná voda, do druhé se přidá sůl. Dále jsou potřeba dvě stejně velké kostky ledu, ideálně obarvené potravinářským barvivem (např. modře), aby bylo proudění vody lépe viditelné.

Po vložení ledu do obou nádob (Obr. 5) začíná v obou případech tání, avšak s velmi odlišným průběhem. Ve sklenici s kohoutkovou vodou se studená voda z tajícího ledu pohybuje dolů, což vyvolává proudění, které přivádí teplejší vodu k ledu a tím urychluje jeho tání. Naopak ve slané vodě má okolní kapalina vyšší hustotu než studená voda z ledu, takže uvolněná chladnější voda zůstává u povrchu a omezuje proudění. V důsledku toho se k ledu nedostává teplejší voda z okolí a tání je výrazně pomalejší.



Obr. 5. Sklenice vlevo se slanou vodou, sklenice vpravo se kohoutkovou vodou před vhozením obarvených kostek ledu (a), v průběhu rozpouštění ledu (b-c) a po rozpuštění ledu (d). [3]

Rozdíl v rychlosti tání a charakteru proudění lze sledovat okem nebo dokumentovat fotografiemi. Výsledky jsou dobře patrné během několika minut od začátku experimentu.

## Závěr

Představené experimenty ukazují, že i složitější fyzikální jevy, jako je proudění tekutin, Bernoulliho princip nebo rozdíly v hustotě, lze srozumitelně a názorně přiblížit pomocí jednoduchých školních pomůcek. Všechny aktivity jsou snadno realizovatelné ve školní výuce a zároveň rozvíjejí dovednosti v oblasti experimentování, interpretace dat a mezioborového myšlení.

## Literatura

- [1] Parno L., Yuliati L., Munfaridah N.: *The profile of high school students' scientific literacy on fluid dynamics*. Journal of Physics: Conference Series. 1013, No 1 (2018), 012027. Dostupné online: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1013/1/012027>
- [2] Shana Z.J., Abulibdeh E.S.: *Science practical work and its impact on students' science achievement*. Journal of Technology and Science Education. 10, No 2 (2020), 199–215. Dostupné online: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1272657.pdf>
- [3] Matějovský J.: *Zobrazení proudění tekutin při výuce fyziky na středních školách*. Bakalářská práce. Přírodovědecká fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2025.
- [4] Matějovský J.: Videozáznam demonstrace. [cit. 1. 10. 2025]. Dostupné online: [https://www.youtube.com/shorts/CKuh\\_8aLIdQ](https://www.youtube.com/shorts/CKuh_8aLIdQ)
- [5] Tavernier L.: Melting Ice Experiment. NASA. (2024). [cit. 1. 10. 2025]. Dostupné online: <https://www.jpl.nasa.gov/edu/resources/lesson-plan/melting-ice-experiment/>

# Astrofyzika na dosah: Objavujme vesmír digitálnymi nástrojmi

Karin Schmögnerová

Oddelenie didaktiky fyziky, Prírodovedecká fakulta UPJŠ v Košiciach, SR

## Abstrakt

*Prečo sa žiaci v škole o vesmíre učia tak málo, hoci oň prejavujú prirodzený záujem? Na výučbu astronómie či astrofyziky nepotrebujete so žiakmi ísť ani do planetária, ani do múzea či na astronautickú výstavu mimo vášho mesta. Vesmír máte totiž na dosah priamo v triede. V príspevku si ukážeme, že žiaci môžu na internete presurfovať celý pozorovateľný vesmír, alebo sa v online aplikácií naučiť orientovať na nočnej oblohe či napláňovať pozorovanie cez ďalekohľad v Austrálii. Možno je už takmer všetko. Je čas otvoriť deťom brány vesmíru priamo v triede.*

## Úvod

Na PF UPJŠ v Košiciach majú študenti 2. stupňa vysokoškolského štúdia učiteľstva fyziky absolvovať povinný predmet s názvom Astrofyzika. Doposiaľ mal tento predmet len formu prezenčných (počas nedávnej pandémie aj online) prednášok, pričom mu chýbala digitálna podpora a didaktický rozmer, ktorý potrebujú práve budúci učitelia. V dnešnej dobe je k dispozícii už veľa overených materiálov, ktoré používajú vedci pri objasňovaní vesmírnych zákonitostí a mnoho z nich je verejne dostupných a cielene spracovaných pre vzdelávanie. Keďže ide o atraktívnu, ale pomerne náročnú problematiku, naším zámerom je priblížiť ju interaktívnym spôsobom pomocou digitálnych technológií. S podporou univerzitného grantu VVGS-2024-3390 s názvom *Multimediálna interaktívna astrofyzika* preto vznikla digitálna podpora výučby predmetu.

## Multimediálna interaktívna astrofyzika

Multimediálna interaktívna astrofyzika je online kurz v prostredí LMS Moodle. Obsahom kurzu je multimediálny (animácie, videá), interaktívny (interaktívne cvičenia) a simulačný študijný materiál (simulácie) súvisiaci s obsahom predmetu. Úlohou kurzu je podnietiť aktívne poznávanie študentov, sprístupniť multimediálne učebné materiály, zadania a nástroje spätnej väzby. Kurz vytvára reálne prostredie pre metódu zmiešanej výučby, kombinujúc riadené online samoštúdium a aktívnu prácu v školskom prostredí s použitím digitálnych nástrojov.

Keďže prístup do Moodle je limitovaný iba pre študentov a zamestnancov univerzity, sprístupnili sa všetky potrebné informácie aj širokej verejnosti prostredníctvom verejnej webovej stránky. Takto si záujemcovia nemusia vytvárať konto a majú k materiálom prístup kedykoľvek a bez obmedzení.



## Zbierka odkazov

Spomínaná webová stránka [1] momentálne obsahuje vyše 170 odkazov na ďalšie multimediálne učebné materiály súvisiace so vzdelávaním v oblasti astrofyziky. Predstavuje aktuálny stav dostupných digitálnych nástrojov. Vznikla primárne pre potreby VNUF 2025, ale sprístupnená je všetkým bez rozdielu.

Obsahuje 4 hlavné kategórie, ktoré sa ďalej vetvia:

- **Interaktívne prvky k 12 astrofyzikálnym témam** – online doplnky k výučbe konkrétnych tematických celkov,
- **Astro weby** – súhrn zaujímavých webových stránok týkajúcich sa vzdelávania v tejto oblasti,
- **Odborná a doplnková literatúra** – vysokoškolské skriptá a úlohy na precvičovanie,
- **Materiály k výučbe** – inšpirácie a návody pre učiteľov.

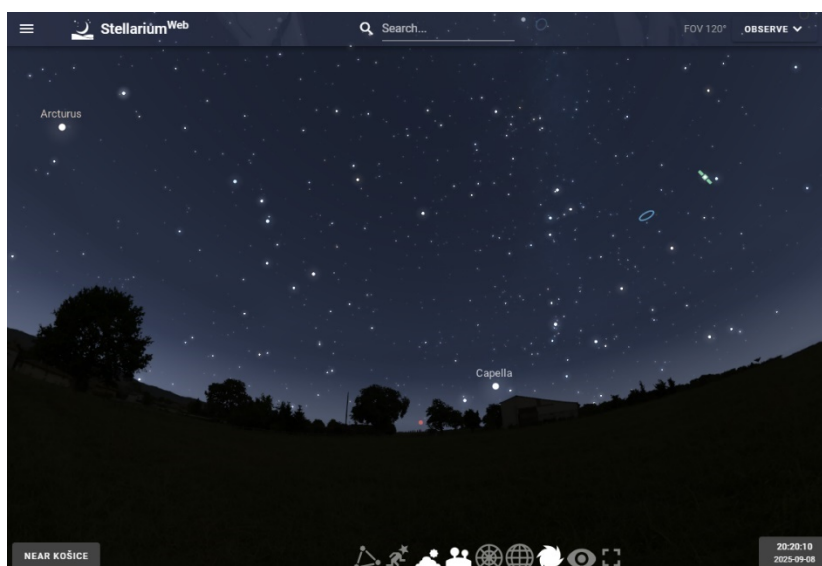
V nasledujúcich riadkoch by som chcela z ponúkaných odkazov vyzdvihnúť práve tie, ktoré považujem za veľmi užitočné a vhodné použiť na hodine so žiakmi.

## Stellarium

**Stellarium Online Star Map** [2] je bezplatná webová aplikácia, ktorá funguje ako **interaktívny hviezdny atlas** (aj na mobiloch či tabletoch). Umožňuje v reálnom čase sledovať oblohu z ľubovoľného miesta na Zemi – vidíme postavenie hviezd, planét, súhvezdí či dokonca družíc.

Na hodine fyziky alebo astronómie ju môžete využiť napríklad:

- na ukážku, ako sa mení obloha počas dňa, ročných období alebo pri zmene polohy na Zemi,
- na identifikáciu súhvezdí, hviezd a planét, ktoré sú práve viditeľné,
- ako vizuálnu pomôcku pri vysvetľovaní orientácie na oblohe či pohybu Zeme a planét.



Obr. 1. Prostredie programu Stellarium zobrazujúce nočnú oblohu.  
(Zdroj: vlastné spracovanie)



Žiaci sa môžu aktívne zapojiť – nájsť svoje obľúbené súhvezdie, sledovať dráhu planéty alebo si porovnať oblohu v rôznych častiach sveta. Za zmienku určite stojí aj fakt, že existuje aj stiahnuteľná verzia vo forme aplikácie [3], ktorá má viac funkcií ako webová aplikácia.

V nasledujúcom odkaze [4] ponúkam aj vlastný návrh vyučovacej hodiny (metodiku a pracovný list aj s jeho vyplnenou verziou) s využitím Stellaria pre 2. stupeň ZŠ, ktorý nájdete aj na webe medzi ostatnými odkazmi (v časti *Materiály k výučbe* -> *Návrhy vyučovacích hodín* -> *Tajomstvá nočnej oblohy*). Ide o pripravenú a v praxi reálne odučenú vyučovaciu hodinu s názvom *Tajomstvá nočnej oblohy*. Vo výskume sa k práci so Stellariom a k vesmírnej tematike vo vyučovaní fyziky vyjadrilo aj niekoľko žiakov. Získané a spracované výsledky ako aj formulované závery sú podrobne rozpracované v mojej diplomovej práci [5].



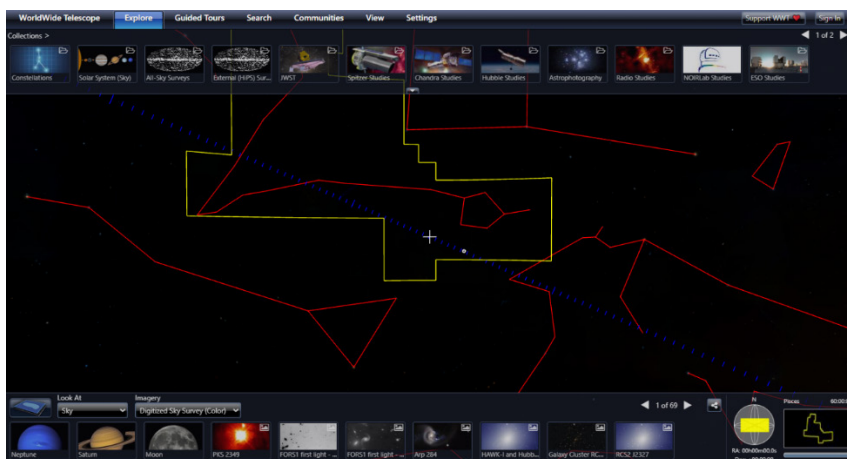
Obr. 2. Vľavo ukážka zadania aktivity s názvom Niťové súhvezdia z pracovného listu s využitím Stellaria. Vpravo fotografia samotnej aktivity v praxi.  
(Zdroj: vlastné spracovanie)

## WorldWide Telescope

**WorldWide Telescope (WWT)** [6] je bezplatný interaktívny program (v desktop verzii, ale aj ako webová aplikácia). Slúži ako **virtuálne planetárium**, kde môžete cestovať vesmírom, pozorovať planéty, hviezdy, galaxie či hmloviny vo vedeckej kvalite a prepínať medzi rôznymi pohľadmi (optické, infračervené, rádiové mapy).

Na hodine so žiakmi ho môžete využiť napríklad:

- na vizuálnu prehliadku vesmíru – od Mesiaca až po vzdialené galaxie,
- na ukážku, ako vyzerajú rôzne objekty vo viacerých spektrálnych oblastiach,
- na porovnanie rozmerov a vzdialeností vo vesmíre,
- pri samostatnej práci žiakov – môžu si pripraviť „virtuálnu cestu“ alebo krátku prehliadku vybraného súhvezdia či planéty.



Obr. 3. Screenshot z webovej aplikácie WorldWide Telescope.  
(Zdroj: vlastné spracovanie)

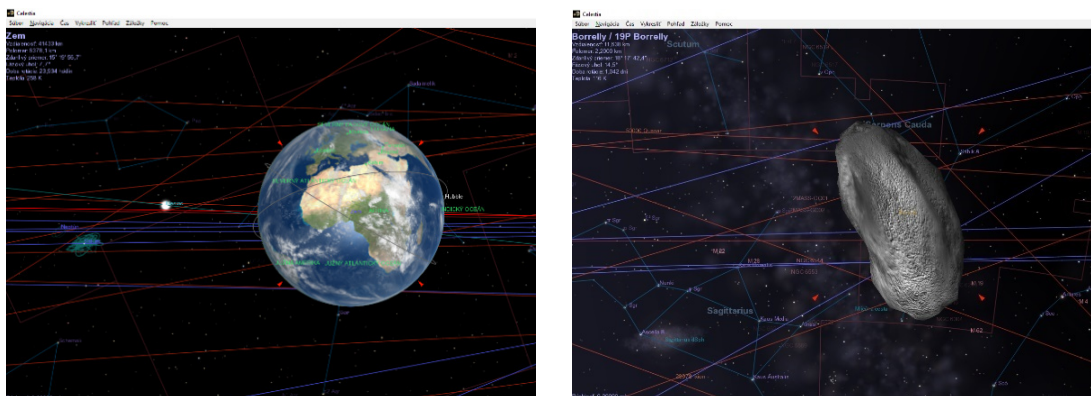
## Celestia

**Celestia** [7] je bezplatný **3D simulátor vesmíru**, ktorý umožňuje voľne presúvať pohľad vesmírom a pozorovať objekty podľa ich skutočných polôh a pohybov v čase. Na rozdiel od klasických planetárií sa nepozieráme iba zo Zeme – môžeme sa „preniesť“ k Jupiteru, k hviezdám v Mliečnej ceste či k vzdialeným galaxiám a sledovať ich dráhy, rotáciu alebo vzájomné pohyby. Program teda neumožňuje fyzické cestovanie, ale realistickú vizualizáciu vesmíru s možnosťou zrýchľovať alebo spomaľovať plynutie času. Na jeho používanie je však potrebné mať program nainštalovaný vo vlastnom zariadení.

Na hodine so žiakmi ho môžete využiť napríklad:

- na vizualizáciu pohybov planét, ich mesiacov a obežných dráh,
- na ukážku mierok vo vesmíre – vzdialenosti, rýchlosti a časové zmeny,
- na simuláciu historických aj budúcich astronomických úkazov (zatmenia, konjunkcie),
- ako motivačný prvok, keď si žiaci „zalietajú“ vesmírom a sami si vyberú, čo chcú preskúmať.

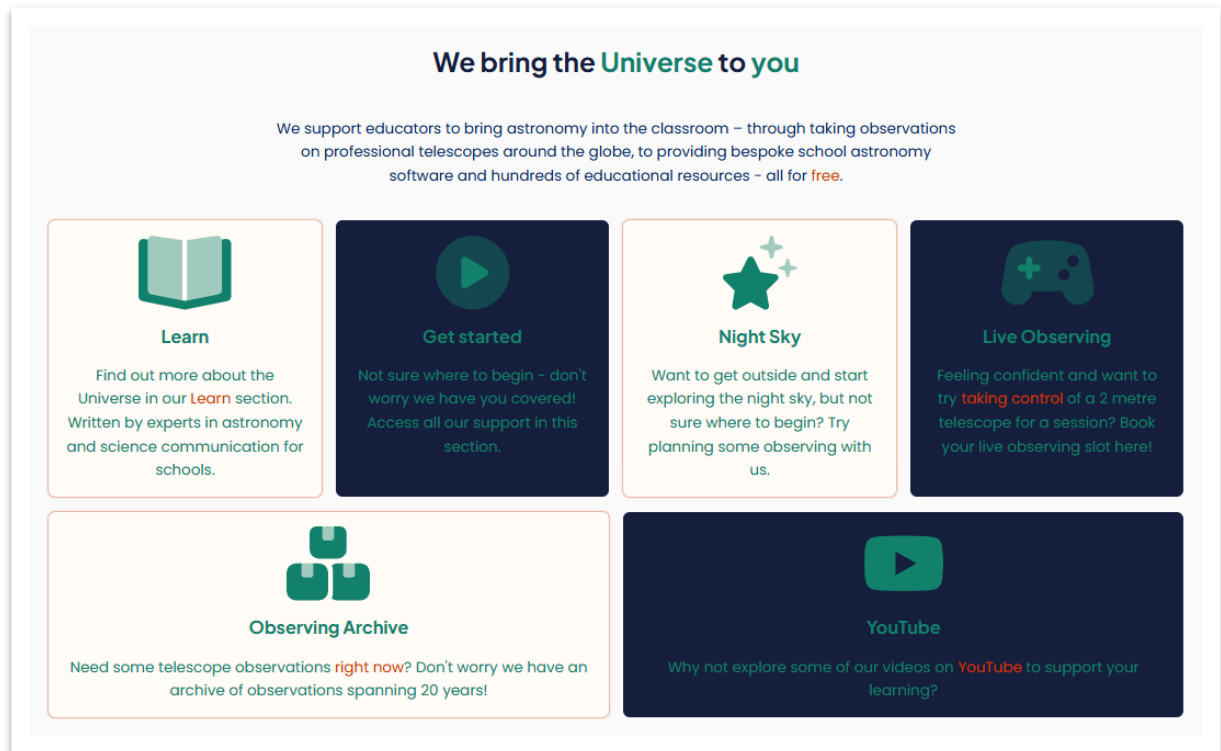
Celestia je teda ideálny nástroj na to, aby žiaci videli vesmír v pohybe a v kontexte veľkých mierok, čo je pri výučbe astrofyziky často ťažko predstaviteľné len z obrázkov v učebnici.



Obr. 4. Náhľady do programu Celestia. Vľavo zobrazenie Zeme, vpravo kométa Borrelly.  
Na pozadí oboch objektov vidíme obežné dráhy ďalších blízkych vesmírnych objektov.  
(Zdroj: vlastné spracovanie)

## The Schools' Observatory

Ide o **online platformu** [8], ktorá umožňuje školám prístup k skutočným astronomickým pozorovaniam. Žiaci a učitelia si môžu naplánovať vlastné pozorovanie pomocou profesionálneho robotického teleskopu na Havaji či v Austrálii, alebo si vybrať z už existujúcich dát a obrázkov, potrebné je sa len zaregistrovať. Okrem toho stránka ponúka edukačné materiály, návody a projekty pre triedu. Žiaci si môžu vyskúšať, aké je to byť astronómom – plánujú pozorovanie, získajú skutočné fotografie vesmíru, pracujú s reálnymi dátami a učia sa ich analyzovať.



Obr. 5. Ukážka časti webstránky The School's Observatory.  
(Zdroj: vlastné spracovanie)

## Záver

Vzdelávanie a popularizácia v oblasti vesmíru sa v posledných desaťročiach úspešne rozvíja, aj vďaka technickým vymoženostiam. Mnoho tém z astrofyziky je už v dnešnej dobe pomerne dobre spracovaných a prostredníctvom internetových stránok a portálov prístupných širokej verejnosti.

Je teda vhodné modernizovať prístupy k výučbe, a to takým spôsobom, aby žiaci mali chuť z vlastnej iniciatívy rozširovať a prehĺbovať svoje vedomosti prostredníctvom ponúkaných interaktívnych prvkov.

Je čas otvoriť deťom brány vesmíru priamo v triede.

## Literatúra

- [1] *Astrofyzika na dosah: Objavujeme vesmír digitálnymi nástrojmi*. [cit. 28. 8. 2025].  
Dostupné online: <http://bit.ly/45YljYC>
- [2] *Stellarium Web*. [cit. 5. 9. 2025]. Dostupné online: <https://stellarium-web.org/>
- [3] *Stellarium Mobile: Hviezdna mapa*. [cit. 21. 10. 2025]. Dostupné online:  
[https://play.google.com/store/apps/details?id=com.noctuasoftware.stellarium\\_free](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.noctuasoftware.stellarium_free)
- [4] *Tajomstvá nočnej oblohy*. [cit. 4. 9. 2025]. Dostupné online:  
<https://drive.google.com/drive/folders/1i-HuPV1bn-BVsVFolbJesu90zg91fVJy>
- [5] Schmögnerová, K. 2024. *Vesmír ako fyzikálne laboratórium*. Diplomová práca.  
Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach. Dostupné na:  
<https://opac.crzp.sk/?fn=detailBiblioForm&sid=0CD22148AAB768F4955C7C857C89>
- [6] *WorldWide Telescope*. [cit. 7. 9. 2025]. Dostupné online:  
<https://www.worldwidetelescope.org/webclient/>
- [7] *Celestia – real-time 3D visualization of space*. [cit. 6. 9. 2025]. Dostupné online:  
<https://celestiaproject.space/>
- [8] *The School's Observatory*. [cit. 4. 9. 2025]. Dostupné online:  
<https://www.schoolsobservatory.org/>

## PodĎakovanie

Autorka vyjadruje vďaku za podporu tejto práce univerzitnému grantu VVGS-2024-3390 s názvom *Multimediálna interaktívna astrofyzika*, financovanému PF UPJŠ v Košiciach.

## Kontakt na autorku

Mgr. Karin Schmögnerová  
ODF ÚFV PF UPJŠ v Košiciach  
Park Angelinum 9, 040 01 Košice  
karin.schmognerova@student.upjs.sk

# Interaktivní sbírka a správce fyzikálních úloh

Marek Scholz

Gymnázium Františka Palackého Neratovice

## Abstrakt

*Na internetu najdeme řadu užitečných sbírek řešených fyzikálních úloh. Zatím však chybělo takové technické řešení, které by kombinovalo interaktivitu pro studenta a zároveň plnilo roli správce/databáze úloh pro učitele, aby učitel mohl z existujících úloh snadno sestavovat seznamy, přidávat vlastní úlohy a následně efektivně sdílet studentům online či generovat pracovní listy pro tisk. Taková sbírka/správce úloh by mohla výrazně zvýšit efektivitu práce učitelů i studentů a přispět ke skutečně otevřenému a dostupnému vzdělávání pro všechny. Zde představím funkční prototyp popsaného systému, jak jsem ho navrhl a naprogramoval (dostupné na: <https://ulohy.fyzikum.cz>).*

## Motivace

Všichni jistě známe tyto situace: Ohlásili jsme písemku, studentka se přihlásí a ptá se, zda bychom mohli poskytnout příklady na procvičení. Máme mnoho možností: [reseneulohy.cz](http://reseneulohy.cz), [umime.to](http://umime.to), [realisticky.cz](http://realisticky.cz), [priklady.eu](http://priklady.eu) a řadu dalších. Ale v uvedených zdrojích je toho buď moc, nebo tam naopak něco chybí, nebo je to příliš složité/jednoduché... Prostě bychom potřebovali sestavit seznam na procvičení na míru, s možností přidat vlastní úlohy. Nebo když se připravujeme na hodinu: Rádi bychom připravili pracovní list, kde budou gradované úlohy a třeba bychom i rádi vytiskli a někam přilepili správné odpovědi či řešení, aby si studenti mohli sami své odpovědi zkontrolovat. Tvorba pracovního listu zabere spoustu času, který nemáme, a jen si říkáme: „Kdyby to tak šlo jednoduše naklikat“. Zde přichází na scénu databáze/správce fyzikálních úloh.

## Požadavky na systém

Co by měla umět popsaná online sbírka/databáze/správce řešených úloh?

- Úlohy jsou řazeny a kategorizovány podle témat, obtížnosti, typu úlohy, autora, s možností přidávat tagy.
- Efektivní filtrování podle různých parametrů výše.
- Po rozkliknutí se k úloze zobrazí nápověda, výsledek či řešení.
- Student má možnost vložit odpověď/výsledek a nechat si ho rovnou zkontrolovat.
- Učitel může naklikat vlastní výběr úloh (seznam), seřadit ho, snadno nasdílet studentům online, nebo tisknout či kopírovat do Wordu pro další editaci. Tento seznam bude dostupný jednoznačným url linkem i kdykoli v budoucnosti. Toto vše bez nutnosti jakékoli registrace nebo přihlášení.
- Učitel si může nechat zřídit editorský účet, kdy může sám do databáze přidávat vlastní úlohy a jejich řešení a vkládat je do kategorií. Úlohy si také může řadit do vícero vlastních seznamů.
- Ověření učitelé s editorským účtem mohou své vlastní přidané úlohy označovat jako veřejné, a ty pak budou viditelné i pro všechny ostatní uživatele. Systém tak umožňuje snadné a efektivní shromažďování úloh od vícero tvůrců.

- Systém umožňuje snadné kopírování a exportování úloh, na rozdíl od komerčních systémů, které se snaží kopírování a export všelijak znemožnit či znesnadnit.

## Ukázka systému

Sbírka/správce úloh je dostupná na adrese <https://ulohy.fyzikum.cz>.

Zatím jsem tam pro testovací účely přidal asi 300 vlastních úloh. Pro nepřihlášeného a neregistrovaného uživatele vypadá průchod systémem zhruba takto:

Na vstupní stránce filtrujeme podle tematického okruhu a kategorie. Dále můžeme filtrovat podle obtížnosti, typu úlohy, zda má/nemá vložené řešení, podle autora či hledat v úloze nebo jejich štítcích klíčová slova.

\*Tematický okruh:  
Mechanika

Tematická kategorie:  
Otáčení, moment síly, rovnováha, statika (19)

Úroveň obtížnosti:  
střední

Typ úlohy:  
Any

Řešení úlohy:  
úlohy s řešením

Autor:  
Marek Scholz (admin)

Hledat:  
moment

Filtrovat

Obr. 1. Filtrování úloh.

Po stisknutí tlačítka *Filtrovat* se dostaneme na stránku, kde jsou vypsány úlohy odpovídající zvolenému filtrování. Pod textovým zadáním může být obrázek, jehož velikost lze měnit tlačítky. Zatím jsou implementovány 3 typy úloh: *Textové pole* pro jednoznačnou číselnou či textovou odpověď, *multiple-choice* se čtyřmi možnostmi, nebo *otevřená*. Textové pole pro odpověď má vedle sebe uvedenou jednotku požadovaného číselného výsledku a dále tlačítko *Odeslat*, které umožňuje okamžitou kontrolu. V případě číselného výsledku je možné používat desetinnou tečku i čárku a je přednastavena tolerance 2 %. Pokud student za číslem zadá jednotku pomocí písmen, tak ta je ignorována. Tedy je zde určitá tolerance ve formátu vkládané odpovědi. *Multiple-choice* nabízí čtyři tlačítka, každé s jednou odpovědí, při stisku se pak dozvíme, zda je to odpověď správná. Hláška o správnosti/nesprávnosti má více variant, což z mé zkušenosti studenti oceňovali. Úloha typu *open* neumožňuje vložení a automatickou kontrolu odpovědi, student si však svou odpověď samozřejmě může porovnat s řešením úlohy.



**1) Složitější rovnováha tyčky #29, Marek Scholz (admin), pos:1/9, [kat](#)**

Mějme tyčku zavěšenou uprostřed na provázku. Na levé straně je závaží 2 kg ve vzdálenosti 15 cm a další závaží 3 kg ve vzdálenosti 10 cm. Napravo je první závaží 4 kg ve vzdálenosti 11 cm od středu. Jakou hmotnost má druhé závaží ve vzdálenosti 20 cm, pokud je tyčka v rovnováze?

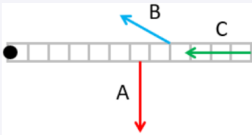


obr. [skrýt](#) | [S](#) | [M](#) | [L](#)

Vaše odpověď:  kg

**2) Úvaha o délce ramene síly #35, Marek Scholz (admin), pos:2/9, [kat](#)**

Tyčka je otočná kolem svého konce. Všechny znázorněné síly mají stejnou velikost. Která z nich bude působit největším momentem vůči ose otáčení?



obr. [skrýt](#) | [S](#) | [M](#) | [L](#)

**Složitější rovnováha tyčky #29, Marek Scholz (admin), pos:1/9, [kat](#)**

Mějme tyčku zavěšenou uprostřed na provázku. Na levé straně je závaží 2 kg ve vzdálenosti 15 cm a další závaží 3 kg ve vzdálenosti 10 cm. Napravo je první závaží 4 kg ve vzdálenosti 11 cm od středu. Jakou hmotnost má druhé závaží ve vzdálenosti 20 cm, pokud je tyčka v rovnováze?

Vaše odpověď:  kg

**Netrefils!**

**Složitější rovnováha tyčky #29, Marek Scholz (admin), pos:1/9, [kat](#)**

Mějme tyčku zavěšenou uprostřed na provázku. Na levé straně je závaží 2 kg ve vzdálenosti 15 cm a další závaží 3 kg ve vzdálenosti 10 cm. Napravo je první závaží 4 kg ve vzdálenosti 11 cm od středu. Jakou hmotnost má druhé závaží ve vzdálenosti 20 cm, pokud je tyčka v rovnováze?

Vaše odpověď:  kg

**Pašák!**

Obr. 2. Seznam úloh a kontrola odpovědi.

Všechny typy úloh jsou dále opatřeny tlačítky Řešení (pokud je pro úlohu vloženo), Nápověda (pokud je vložena) a „Do košíku“. Tlačítka Řešení a Nápověda po stisknutí rozbalí či sbalí příslušný text. Řešení úloh v databázi pro sazbu matematiky používá MathJax (webová verze LaTeXu), takže sazba matematiky v řešení úlohy může na webové stránce vypadat pěkně.

Klíčové je tlačítko „Do košíku“. To učiteli umožňuje úlohu zařadit do seznamu, který se ukládá přímo v jeho prohlížeči. Když se ve výběru učiteli líbí třeba sedm úloh, tak si každou přidá do košíku. V horním menu je pak záložka Košík, která otevře seznam a umožní jeho řazení metodou Drag&Drop, či odstranění úlohy. Když jsme s úpravami seznamu spokojeni, tak stiskneme tlačítko „Zobrazit či sdílet“.

## Váš košík úloh

Přetažením můžete měnit pořadí úloh. Až budete spokojeni, stiskněte "Zobrazit či sdílet".

Zobrazit či sdílet

Vyprázdnit košík

### Úvaha o délce ramene síly 1-easy



Tyčka je otočná kolem svého konce. Všechny znázorněné síly mají stejnou velikost. Která z nich bude působit největším momentem vůči ose otáčení?



### Síla na kotouč 1-easy



Na kruh o poloměru 50 cm otočný kolem středu působí síla svisle nahoru o velikosti 60 N. Jakou velikost má moment této síly vzhledem k ose otáčení?



Obr. 3. Košík úloh.

To nás přenese na stránku, kde je opět náš výběr úloh se všemi tlačítky a funkcemi popsanými výše. K tomu ještě můžeme zvolit způsob zobrazení z několika možností. Je zde *standardní interaktivní* zobrazení, kde student může vkládat své odpovědi, nechat si je kontrolovat, či si může rozbalit tlačítkem *Řešení*. Zobrazení *interaktivní bez řešení* pouze skryje tlačítko *Řešení*, takže student si ho nemůže zobrazit. Další režim zobrazení je *Textový*, kdy se vše zobrazí na webové stránce bez zbytečných html elementů a takovou stránku je možné snadno a dobře rovnou tisknout. Textový režim můžeme volit třeba jako „jen zadání“, tedy pro tisk pracovního listu pro práci ve třídě se studenty, nebo „zadání a výsledky na konci“, kde k pracovnímu listu budeme mít na konci i seznam výsledků, který bychom mohli vytisknout a třeba někam pověsit ve třídě ke kontrole, nebo si ho prostě nechat u sebe, abychom při obcházení lavic ve třídě mohli snadno kontrolovat výsledky studentů. Další režim zobrazení je *Textový – pro kopírování do Wordu*, kdy se stránka zobrazí s naprostým minimem webových html prvků, abychom kombinací Ctrl+A, Ctrl+C, Ctrl+V mohli snadno všechno zkopírovat a vložit do Wordu pro další editaci, aniž by se text rozsypal, jak tomu obvykle bývá u kopírování z webových stránek. Když jsme spokojeni s výběrem zobrazení, můžeme nahoře na stránce stisknout tlačítko „Kopírovat link pro studenty“, které do clipboardu zkopíruje URL adresu ve formě např.:

<https://ulohy.fyzikum.cz/view.php?problems=35-37&student=true>.

Tuto adresu můžeme sdílet studentům. Když ji otevřou, uvidí úlohy v námi zvoleném zobrazení a skryjí se jim elementy jako např. tlačítko „Do košíku“, aby pro ně nebyly rušivé. Adresu si učitel může uložit a využít kdykoli později. Úlohy jsou v adrese totiž odkázány pomocí svých ID (zde 35 a 37), takže pokud tyto úlohy nebudou z databáze smazány, tak se kdykoli v budoucnosti na odkazu zase zobrazí.

Takto jsem popsal základní funkcionalitu, která je dostupná komukoli ihned bez přihlášení či registrace.

**Seznam úloh**

Kopírovat Link pro studenty

[Exportovat do Quizizz](#)

Způsob zobrazení:

- Standardní interaktivní
- Standardní interaktivní
- Standardní interaktivní - bez řešení**
- Textový - vše
- Textový - jen zadání
- Textový - zadání a výsledky na konci
- Textový - pro snadné kopírování do Wordu

1) Složitější ro... n), pos: 1/9, kat

Mějme tyčku zavěšenou uprostřed na provázku. Na levé straně je závaží 2 kg ve vzdálenosti 15 cm a další závaží 3 kg ve vzdálenosti 10 cm. Napravo je první závaží 4 kg ve vzdálenosti 11 cm od středu. Jakou hmotnost má druhé závaží ve vzdálenosti 20 cm, pokud je tyčka v rovnováze?

obr. [skrýt](#) | [S](#) | [M](#) | [L](#)

Vaše odpověď:  kg

Odeslat Nápověda Řešení

Obr. 4. Seznam úloh s volbou zobrazení pro sdílení.

## Registrovaný uživatel

Registrovaný a přihlášený uživatel má další možnosti. Hlavně může vkládat své vlastní úlohy a jejich řešení do databáze a jím vytvořené úlohy může samozřejmě v budoucnu dále upravovat. Vloženou úlohu může označit jako soukromou nebo veřejnou, podle toho, zda chce, aby byla viditelná pro ostatní uživatele. Také má možnost vytvářet pojmenované seznamy úloh, které jsou uloženy u jeho účtu, a učitel může seznamy měnit a udržovat je aktuální. Ke každému seznamu také může vložit průvodní text, třeba s vysvětlením některých konceptů, které student bude potřebovat při řešení úloh. Průvodní text se pak studentům zobrazí na začátku stránky.

## Výhody oproti jiným systémům

Je celá řada šikovných online sbírek úloh, namátkou [reseneulohy.cz](http://reseneulohy.cz), [umimeto.org](http://umimeto.org), [realisticky.cz](http://realisticky.cz), [e-manuel.cz](http://e-manuel.cz), [priklady.eu](http://priklady.eu) [1-5], či samozřejmě i papírové sbírky, např. [6,7].

Prezentovaný projekt má za cíl kombinovat silné stránky zavedených sbírek a přidat další inovativní funkcionalitu. Samozřejmostí je interaktivita pro studenta: vloží odpověď a nechá si zkontrolovat, může zobrazit nápovědu/řešení. Klíčová a inovativní je ale interaktivita pro učitele: možnost snadno naklikat výběr úloh, seřadit, zvolit způsob zobrazení a nasdílet studentům, to vše snadno a rychle a bez jakéhokoli přihlášení. Na rozdíl od mnoha dalších sbírek je co nejvíce usnadněno kopírování jinam. Další stěžejní prvek je architektura přizpůsobená tomu, že je v systému více editorů, kteří mohou přidávat a zveřejňovat úlohy. Může tak vznikat komunitní sbírka tvořená schválenými přispěvateli.

## Co dál, co s tím

Cílem bylo vytvořit funkční prototyp systému s celou řadou užitečných funkcí a detailů, pčičemž tento cíl byl splněn. Užitečnost systému by se ale projevila až ve chvíli, kdy by zde bylo 1000+ úloh napříč všemi tématy. Vytvořený systém je samozřejmě také přenositelný na řadu jiných školních předmětů.

Často jsem zaznamenal mírný výsměch ve smyslu, že v současnosti už je takový systém úplně zbytečný, protože všechny zmíněné funkce zastane AI. To je relevantní poznámka. Ano, AI nám velmi pomůže v tvorbě zadání úloh a zejména v sepisování jejich řešení. Zatím si ale neumím představit, že AI nastavuje standard, co žáci v našich třídách mají umět a na jaké úrovni.

Nastavení standardu je v ČR problematické. Máme závazný RVP, který svou stručností a velkou mírou obecnosti (nekonkrétnosti) dává učitelům velkou svobodu, avšak na druhou stranu je pak RVP pro učitele jen velmi slabým vodítkem a mnoho učitelů pak RVP považuje za dokument s velmi malou užitečností pro jejich každodenní práci. Velice jsem uvítal, když bylo řečeno, že obecné a stručné body v RVP budou obohaceny o ukázky jejich konkrétního naplnění ve formě zadání úloh a úkolů. V nové webové verzi skutečně jsou k jednotlivým požadovaným výsledkům učení uvedeny příklady úkolů a úloh. To velmi kvituji. Ještě lepší by ale dle mého bylo, kdyby vhodné úkoly a úlohy byly shromažďovány právě do jednotné databáze/správce úloh, kde by s nimi učitel mohl skutečně efektivně pracovat. Toto by umožňovala právě prezentovaná interaktivní databáze úloh. Zde je potřeba si uvědomit, že v databázi nemusí být zdaleka jen uzavřené úlohy s číselným výsledkem nebo multiple-choice úlohy. Již je implementován typ „otevřená úloha“, kam se de facto schová mnoho různých typů úkolů. Nebyl by také problém implementovat další typy úkolů a aktivit jako „experiment“, „domácí projekt“ a podobně.

V neposlední řadě je představená databáze úloh koncipována tak, aby komukoli usnadnila tvorbu online učebnice. Ke studijnímu textu či videu by totiž bylo možné jen odkazem připojit seznam úloh vybraných z databáze. Toto by umožňovalo tvorbu „modulárních“ učebnic, kde databáze úloh je „modulem“, který při tvorbě učebnice využijeme. Tímto směrem se ubírá i má vlastní video učebnice středoškolské fyziky, kde k jednotlivým video-kapitolám postupně připojuji právě výběry úloh z databáze. Jako drobná ukázka může sloužit kapitola učebnice o práci a energii:

<https://fyzikum.cz/ucebnice/prace-energie-vykon/>.

Koncepce databáze vychází z toho, že do ní budou přispívat učitelé při své každodenní práci, protože jim to z dlouhodobého hlediska usnadní a zpřehlední práci. Pak je samozřejmě na místě otázka, jaká bude úroveň kvality vložených úloh a zda je bude někdo recenzovat. Momentálně může registrovaný učitel při zakládání úlohy zvolit, zda bude „Private“ nebo „Public“. Privátní úloha se nebude zobrazovat nikomu jinému než autorovi a recenzování tedy není třeba. Pokud autor je sám přesvědčen o kvalitě úlohy, tak zvolí „Public“ a úlohu zveřejní i pro ostatní. Zveřejněná úloha se pak dostane k administrátorovi, který ji může vrátit zpět do stavu „Private“ a napsat k ní autorovi komentář. Plánuji ale stavy úloh rozšířit o „Approved“ (schválená adminem), „Declined“ (zamítnutá adminem) a „Draft“ (neveřejná ve stavu rozpracování). Běžný uživatel si pak bude moci zvolit, zda prohlížet jen recenzované ve stavu „Approved“, či rozšířit i na nerecenzované ve stavu „Public“. Možností je zavést i stav „Official“, kde bude udržován určitý vyvážený výběr úloh. Mohla by také vyvstát otázka, zda v uvedeném systému

nebudou primárně shromažďovány jednoduché uzavřené úlohy na úkor otevřených, komplexních či divergentních úloh. Systém nabízí typ úlohy „open“ a nijak neupřednostňuje snadné uzavřené úlohy, tedy je čistě na přispěvatelích a autorech, jakými úlohami budou systém plnit.

## Závěr

Podařilo se vytvořit funkční prototyp systému interaktivní sbírky/správce fyzikálních úloh, který umožňuje efektivní spolupráci a sdílení v učitelské komunitě. Zároveň může být užitečným studijním materiálem i pro studenty. Tento prototyp může být odrazovým můstkem pro všechny, kdo budou systémově uvažovat o efektivitě vzdělávacího systému, standardech, či online učebnicích. Projekt databáze úloh je součástí širší snahy o skutečně otevřené a efektivní vzdělávání. Vychází z myšlenky, že učitel (fyziky) je součástí komunity učitelů napříč celou zemí, kteří se mohou vzájemně podporovat a obohacovat, sdílet mezi sebou a kultivovat tak celý vzdělávací systém. Další aktivity v tomto směru jsou prezentovány na webu [fyzikum.cz](http://fyzikum.cz): videoučebnice, blog pro sdílení dobré praxe, seznam fyzikálních vztahů a další.

## Literatura

- [1] online sbírka úloh, <https://reseneulohy.cz>
- [2] online sbírka cvičení, <https://umimeto.org>
- [3] online sbírka úloh, [www.realisticky.cz](http://www.realisticky.cz)
- [4] online učebnice, <https://e-manuel.cz>
- [5] online sbírka úloh, <https://www.priklady.eu/>
- [6] Lepil O. a kolektiv: *Fyzika- sbírka úloh pro střední školy*. Prometheus.
- [7] Nahodil J.: *Sbírka úloh z fyziky kolem nás pro střední školy*. Prometheus.

# Fyzika s ethanolovou raketou – dynamika hoření pomocí siloměrné plošiny Vernier

Martin Slavík, Pavlína Hejsková

Technická univerzita v Liberci

## Abstrakt

*Experiment známý jako Whoosh bottle – ethanolová raketa – představuje atraktivní ukázkou reaktivního pohybu a spalování alkoholů. V článku ukazujeme nejen samotné provedení pokusu, ale i jeho kvantitativní vyhodnocení pomocí siloměrné plošiny Vernier. Současně reflektujeme využití moderní umělé inteligence ChatGPT jako legitimního vědeckého a didaktického prostředku při přípravě výpočtů, kontrole teoretických hodnot a tvorbě výukových materiálů. Text zdůrazňuje bezpečnostní aspekty, mezioborové přesahy i možnosti využití ve školní výuce.*

## Úvod

Pokus s ethanolovou raketou patří mezi experimenty, které u žáků i studentů vyvolávají okamžitý zájem. Atraktivní zvukový i vizuální efekt se snadno stává nezapomenutelným zážitkem, a přitom lze demonstrovat reaktivní pohyb, energetické přeměny a chemické procesy spalování. V současnosti se nabízí možnost tyto klasické pokusy obohatit o nové technologie – jak z hlediska měření, tak i z hlediska přípravy a reflexe experimentu. V naší práci využíváme senzory Vernier k zachycení dynamiky a ChatGPT jako moderní prostředek podpory vědecké práce i didaktiky.

## Role ChatGPT při přípravě experimentu

Umělá inteligence se postupně stává běžnou součástí vědecké i pedagogické praxe. V našem případě jsme ChatGPT využili k ověření hodnot mezí výbušnosti, přepočtu na konkrétní objemy ethanolu v lahvi o známém objemu, i k návrhu tabulek s přehledy. ChatGPT rovněž pomohl s formulací výukových otázek a s návrhem možných rozšíření experimentu. Přestože je nutné výsledky vždy kontrolovat, ukazuje se, že jde o legitimní a efektivní nástroj vědecké práce, který lze s jasným uvedením zdroje bez obav využít i v odborných publikacích.

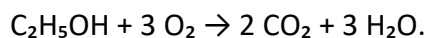
Tabulku se správnými hodnotami objemů alkoholů pro dosažení dolní a horní meze výbušnosti (zde Tabulka 1) se nám podařilo získat, až na druhý pokus. Prompt: „Vytvoř tabulku s dolními a horními mezemi výbušnosti pro methanol, ethanol, propan-2-ol, butanol a vypočti objem těchto chemikálií potřebný pro dosažení těchto mezí vypařením v láhvi o objemu 18,9 l“ poskytl nerealistické objemy dolní (LEL, Lower explosion limit) i horní meze výbušnosti (UEL, Upper explosion limit) ve stovkách mililitrů.

Teprve po promptu: „Pro mez výbušnosti a potřebné množství alkoholu ve vzduchu jsou LEL a UEL v objemových procentech, odpovídá tomu počet molů a objem kapaliny v ml? Kapalina se vypaří a její objem bude odpovídat objemu plynu.“ se ChatGPT opravil.



## Teoretické pozadí

Při spalování ethanolu probíhá exotermní reakce, při které vzniká oxid uhličitý a voda. Chemická rovnice má tvar:



Podmínkou úspěšného hoření je vhodná koncentrace ethanolu ve vzduchu. Tuto oblast vymezují dolní (LEL) a horní (UEL) mez výbušnosti. Pod LEL je směs příliš chudá na palivo, nad UEL naopak příliš bohatá, takže chybí kyslík. Pouze mezi těmito hodnotami vzniká výbušná směs, která je základem experimentu. Pro ethanol činí LEL cca 3,3 % a UEL cca 19 % objemu ve vzduchu. Přepočty na skutečné objemy paliva jsme provedli s využitím ChatGPT, který usnadnil odvození tabulek.



Obr. 1. Láhev od pitné vody použitá na pokus

Tabulka 1. Objemy alkoholů pro dosažení dolní a horní meze výbušnosti.

| Látka       | Dolní mez výbušnosti | Horní mez výbušnosti | Objem látky [ml] pro dosažení meze výbušnosti LEL nebo UEL v láhvi o daném objemu |                               |                                  |                                  |
|-------------|----------------------|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
|             | LEL [%]              | UEL [%]              | $V_{\text{LEL}; 2 \text{ l}}$                                                     | $V_{\text{UEL}; 2 \text{ l}}$ | $V_{\text{LEL}; 18,9 \text{ l}}$ | $V_{\text{UEL}; 18,9 \text{ l}}$ |
| Methanol    | 6,0                  | 36,5                 | 0,2                                                                               | 1,2                           | 1,9                              | 11,4                             |
| Ethanol     | 3,3                  | 19,0                 | 0,2                                                                               | 0,9                           | 1,5                              | 8,6                              |
| Propan-2-ol | 2,0                  | 12,0                 | 0,1                                                                               | 0,8                           | 1,2                              | 7,1                              |
| Butanol     | 1,4                  | 11,2                 | 0,1                                                                               | 0,8                           | 1,0                              | 7,9                              |

Tabulka 2. Schéma chování směsi podle koncentrace.

| Koncentrace par | Popis               | Možnost hoření? | Možnost exploze? | Bezpečné? |
|-----------------|---------------------|-----------------|------------------|-----------|
| < LEL           | Příliš málo paliva  | ✗ Ne            | ✗ Ne             | ☑ Ano     |
| LEL – UEL       | Výbušná směs        | ☑ Ano           | ☑ Ano            | ✗ Ne      |
| > UEL           | Příliš málo kyslíku | ✗ Ne            | ✗ Ne             | ⚠ Ne vždy |

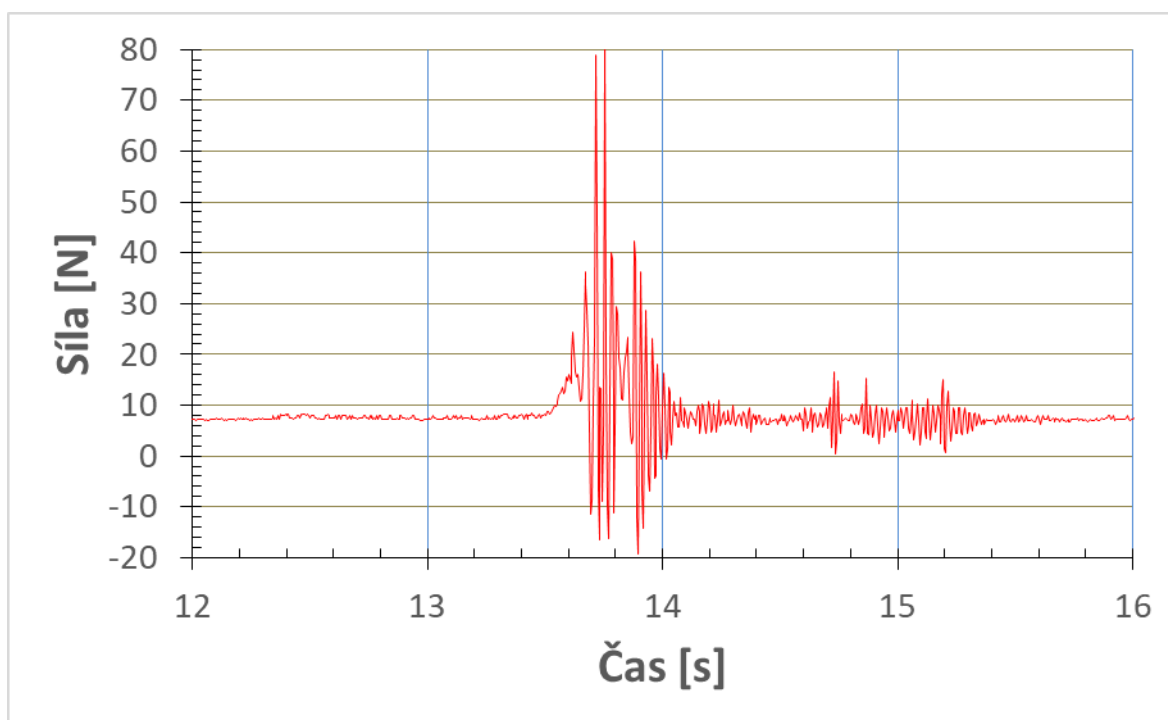
## Metodika experimentu

Pro experiment byla zvolena běžná polykarbonátová láhev na pitnou vodu o objemu 18,9 litru. Do suché láhve jsme nalili 15 ml ethanolu, láhev uzavřeli a protřepali pro usnadnění odpaření látky, neodpařenou část ethanolu jsme z bezpečnostních důvodů odlili. Následně byla láhev umístěna na siloměrnou plošinu Vernier a po spuštění měření byla zapálena směs dlouhým zapalovačem nad ústím láhve. Pro měření byla nastavena frekvence vzorkování 100 Hz a rozsah od -85 N do +850 N. Experiment byl prováděn za přísných bezpečnostních opatření: ochranné brýle, bezpečný odstup žáků 2 m, volný prostor nad láhví 2 m a tepelně odolné rukavice pro obsluhu.

Prakticky je možné úspěšně zapálit i větší objem par, než by odpovídalo horní mezi výbušnosti, protože koncentrace par nad hrdlem láhve je nižší, než uvnitř láhve. Místo odměřování objemu, lze také použít větší množství kapaliny a zbytek, který se nevypaří odlít. Pozor na zajištění bezpečnosti! Teplota spalných plynů je odhadem kolem 2 500 °C.

## Výsledky a interpretace

Naměřený průběh sil ukázal několik charakteristických fází: prudký nárůst síly při vznícení, a následné oscilace, které odpovídají reaktivnímu pohybu lahve. Objevují se dvě skupiny kmitů – první po prudkém výbuchu, druhá při postupném nasávání vzduchu do lahve. Po dohoření dochází k ustálení. Teoreticky může dojít k nárůstu hmotnosti díky kondenzaci vody. Spalováním 15 ml ethanolu vzniká přibližně 0,514 mol (22,6 g)  $\text{CO}_2$  a 0,771 mol (13,9 g)  $\text{H}_2\text{O}$ , ale tento nárůst není měřitelný.



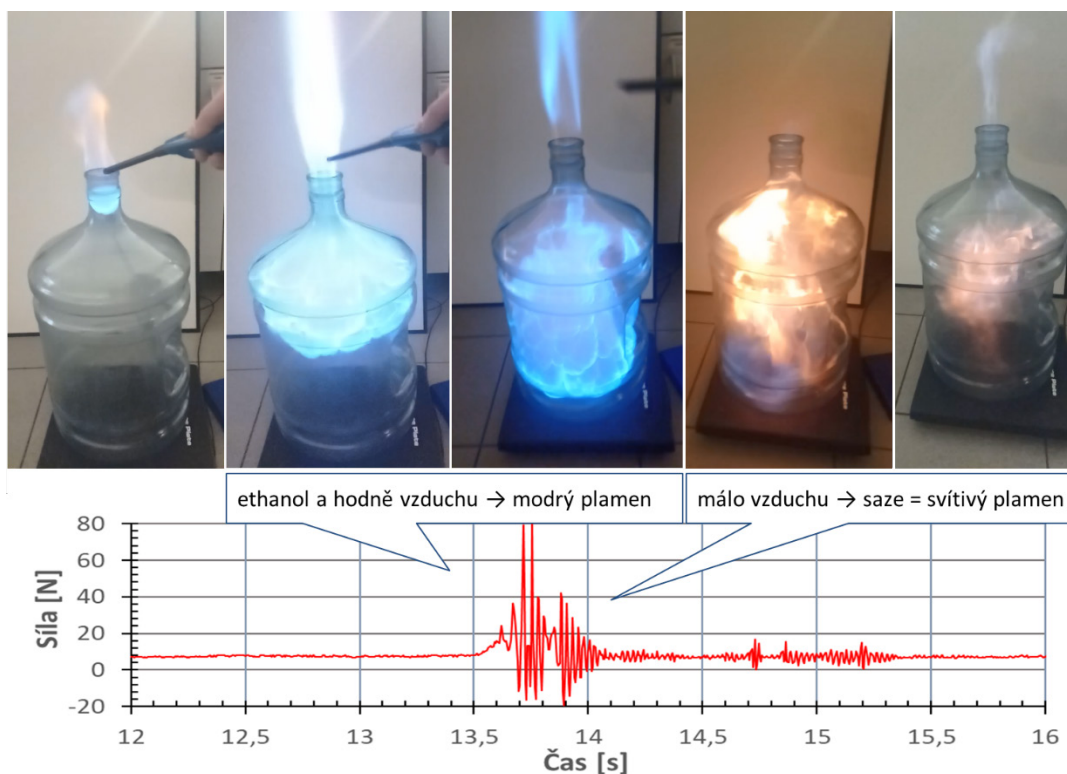
Obr. 2. Graf výsledků experimentu.

## Didaktické souvislosti a využití ve výuce

Ethanolová raketa je vhodná nejen jako demonstrační pokus, ale i jako základ pro laboratorní práci. Žáci mohou sami navrhovat hypotézy o vlivu množství ethanolu, typu láhve či obsahu vzduchu. Experiment lze propojit s chemií (struktura alkoholů a jejich spalování), biologií (vliv ethanolu na organismus), i informatikou (využití videoanalýzy a AI k interpretaci výsledků). Díky moderním technologiím se otevírá cesta k projektové výuce, kde se žáci učí pracovat s reálnými daty a kriticky je vyhodnocovat.

## Reflexe a diskuze

Na základě našich zkušeností se ukazuje, že propojení atraktivního experimentu, moderních měřicích metod a využití umělé inteligence přináší do výuky novou kvalitu. ChatGPT byl využit k podpoře výpočtů a návrhu didaktických otázek, což učitelé může ušetřit čas a umožnit se soustředit na samotnou výuku. Současně je nutné žákům vysvětlit, že AI není neomylná a že výsledky je třeba ověřovat. To je však cenná lekce o povaze vědecké práce a kritického myšlení.



Obr. 3. Barva plamene při spalování ethanolu.

## Závěr

Experiment s ethanolovou raketou je ukázkou toho, jak lze spojit tradiční fyzikální pokus s moderními technologiemi. Díky senzorům Vernier získáváme data k detailní analýze, díky zpomalenému videu vizuální přehled a díky ChatGPT rychlý přístup k doplňujícím výpočtům a návrhům. Tato synergie může být inspirací pro učitele fyziky a dalších přírodovědných předmětů. Věříme, že přiznání role AI ve výuce a vědecké práci je krokem správným směrem.

## **Literatura**

- [1] Planinšič, G., Sliško, J.: Mechanical model aids understanding of light interference. Phys. Educ. 40, No 2 (March 2005), p. 128–132.
- [2] Veletrh nápadů učitelů fyziky. [cit. 14. 9. 2025]. Dostupné online: <http://vnuf.cz/>
- [3] Walker, J. a kol.: Fyzika. Halliday–Resnick–Walker. 10. vydání. VUTIUM, Brno 2018.
- [4] OpenAI: ChatGPT – AI program. 2025. Dostupné z: <https://openai.com/blog/chatgpt> [cit. 29. 6. 2025].

# Jak vypadá soustředění FYKOSu (a další akce pro středoškoláky)

Jiří Sýkora, Vojtěch David

Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy, Praha

## Abstrakt

*Fyzikální korespondenční seminář (FYKOS) pořádá pod záštitou MFF UK nejen soutěže, ale pro nejlepší řešitele organizuje i odborné soustředění. Účastníky zde kromě bohatého edukačního programu čekají táborové hry, a především společnost dalších fyzikálních nadšenců. Soustředění je doprovázeno příběhovou legendou, kde se například na letošním jarním soustředění mohli účastníci podívat do světa starověkého Řecka a Říma. Proto je každé soustředění jiné, a to nejenom v rozmanitém výběru přednášek. V tomhle příspěvku si krátce představíme FYKOS jako spolek a pak se podíváme na soustředění od začátku organizace až po jeho průběh.*

## O FYKOSu

Fyzikální korespondenční seminář (FYKOS) již 39 let organizuje pod záštitou Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy (MFF UK) celou řadu vzdělávacích a popularizačních akcí z oblasti fyziky určených pro středoškolské studenty. Skupinu tvoří přibližně šedesát organizátorů, především studentů různých vysokých škol, zejména právě z MFF UK.

Hlavním cílem FYKOSu je inspirovat a vzdělávat středoškolské studenty v oblasti fyziky. To naplňuje především prostřednictvím pořádání rozmanitých soutěží, exkurzí a dalších vzdělávacích aktivit. Kromě samotného vzdělávání však klademe důraz také na jejich motivační a inspirační charakter – nesnažíme se pouze předávat znalosti z fyziky, ale především účastníky podněcovat k tomu, aby sami hledali další poznatky a aktivně se zajímali o fyziku i o fungování světa kolem sebe.

Nicméně kromě těchto přímočarých cílů jsou sekundárními záměry FYKOSu:

1. rozvoj dovedností organizátorů, kteří tyto akce připravují (díky široké škále a rozsahu akcí je příležitostí k učení celá řada – od prohlubování znalostí fyziky a její popularizace přes IT až po vedení lidí a projektový management), a
2. budování komunity mladých fyziků a budoucích vědců, a to jak mezi samotnými organizátory, tak i mezi účastníky.

## Fyzikální korespondenční seminář

Fyzikální korespondenční seminář je nejstarší akce FYKOSu, po které tento spolek také získal svůj název. Každý rok publikujeme šest sérií o osmi úlohách. Tyto sady obsahují pětici fyzikálních úloh (dvě jednoduché a tři složitější), které testují schopnost studentů řešit fyzikální problémy z různých disciplín. Kromě toho je zde jedna „problémová“ úloha zaměřená na diskusi, která podněcuje kritické myšlení studentů. Dále je jedna úloha spojena s tzv. „seriálem“ – výukovým textem publikovaným po částech v průběhu roku rozšiřujícím zajímavé téma (od Lagrangeovské mechaniky přes Kvantovou chemii po SI

soustavu jednotek), a nakonec jedna experimentální úloha, jejíž cílem je například provést jednoduchá měření a správně provést analýzu a interpretovat získaná data.

V rámci FYKOSu jsou úlohy pečlivě vybírány tak, aby byly pro účastníky co nejprospěšnější, byly tematicky pestré a měly širokou škálu obtížností, aby se mohli účastnit všichni žáci středních škol od úplných nováčků po ostřílené veterány fyzikálních olympiád. Za odměnu je pak řešitelům nabídnuto oblečení s fyzikální tematikou, knížky a další drobnosti či dokonce příležitost zúčastnit se vědeckých stáží na MFF UK a mj. se podívat za ostatními řešiteli na soustředění.

### Soustředění FYKOSu

Tato týdenní akce táborového charakteru, pořádaná FYKOsem, se koná dvakrát do roka – na jaře a na podzim. Přibližně čtyřicet účastníků se setkává na chatě uprostřed přírody, kde je čeká pestrý a nabitý program. Akce začíná úvodní administrativou a znalostními testy, které se skládají ze dvou částí – matematické a experimentální. Tyto testy slouží výhradně účastníkům: pomáhají jim zjistit, jaké jsou jejich dosavadní znalosti, a usnadňují jim výběr vhodných přednášek během soustředění. Díky nim si především mohou lépe zvolit přednášku jak v úvodním matematickém bloku, tak i v bloku experimentálním.

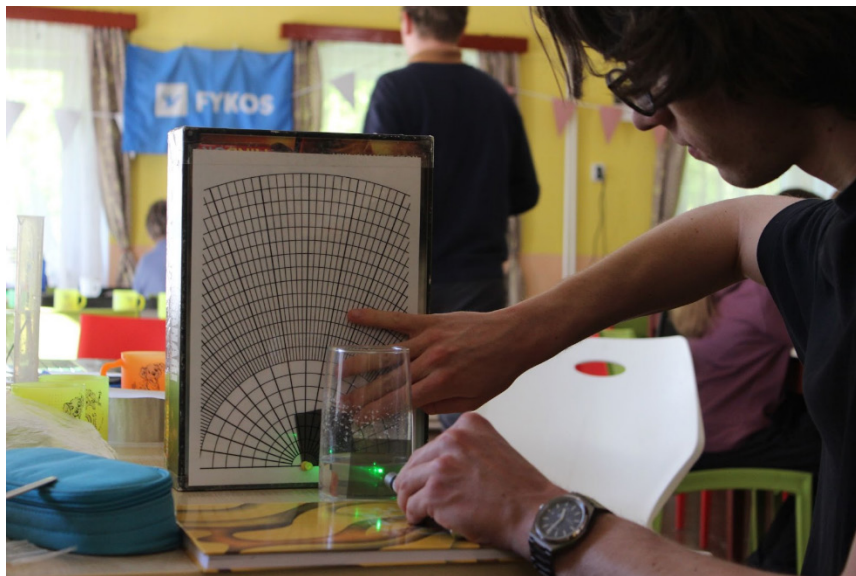
Jelikož se fyzika neobejde bez matematiky, začíná celotýdenní odborný program soustředění FYKOSu matematickým blokem. Paralelně zde probíhá několik přednášek různé obtížnosti, aby se nikdo nenudil ani neztrácel. Jejich cílem je naučit účastníky něco navíc – zpravidla základy matematické analýzy, tedy seznámit je s pojmy jako derivace, limita, integrál atd. Podobnou roli hrají i experimentální přednášky, které se zaměřují na metody zpracování dat, význam chyby měření a její přenos, a především na rozvoj obecné fyzikální intuice. Po absolvování těchto vstupních bloků se již další dny přednáší o rozmanitých tématech – od rozšířené středoškolské fyziky přes vysvětlení významu Maxwellových rovnic až po témata z informatiky a matematiky. Často si mohou účastníci vyslechnout i populární přednášky, například o jachtingu či japonštině.



Obr. 1. Přednáška profesora Pavla Krtouše na soustředění.



Jeden ze dnů soustředění je vyhrazen pro experimenty, které během rána účastníci provedou a následně naměřená data zpracují s pomocí určeného organizátora. Výběr experimentů probíhá tak, že každý účastník vyplní, o které pokusy má největší zájem, a na základě těchto preferencí jsou pak sestaveny dvou až tříčlenné týmy. Snažíme se vybírat pokusy, které jsou zajímavé, naučné a netradiční – ať už jde o určování rychlosti zvuku foukáním do PET lahve, nebo třeba o měření rychlosti střely z airsoftové zbraně. Pokusy jsou zakončeny komorní konferencí, jejímž cílem je zdůraznit, že fyziku nestačí pouze dělat, ale je důležité ji umět i předávat dál. Účastníci zde prezentují výsledky svých měření a dostávají na ně zpětnou vazbu, čímž si rozvíjejí nejen odborné znalosti, ale i tzv. soft skills, jako jsou prezentační a komunikační dovednosti.



Obr. 2. Měření experimentů na soustředění.

Velikou a důležitou částí soustředění je také neodborný program. Každé soustředění má svou tematickou legendu – příběh, který účastníky provází po celý týden. Ať už jde o magický svět Pána prstenů nebo futuristický korporát ze světa Cyberpunk, každý si díky tomu může odnést spoustu nezapomenutelných vzpomínek. Z táborové legendy totiž vycházejí i hry – od malého soustředkového Fyziklání přes noční hry až po různé běhací hry. Na některých zapojí účastníci své mozky, na jiných zase nohy.



Obr. 3. Ukázka legendy na soustředění.

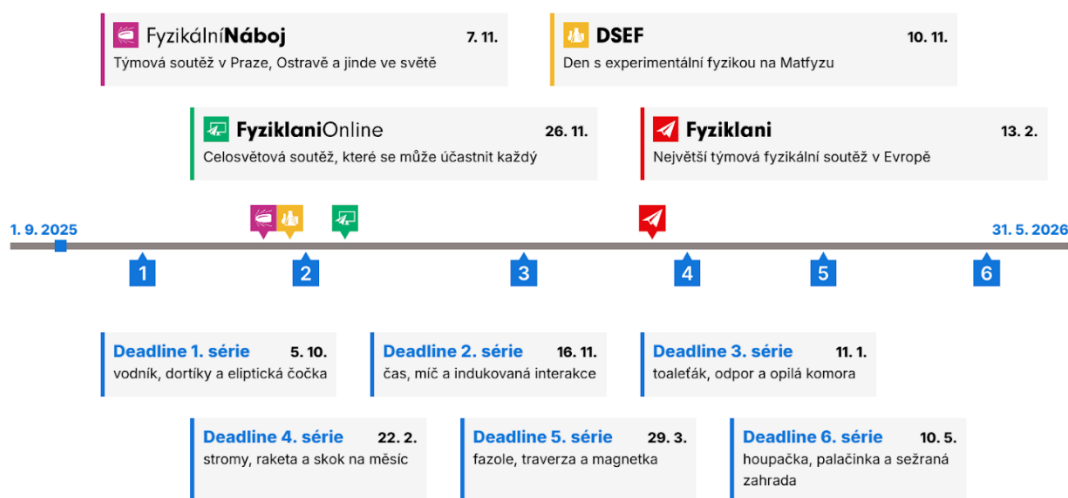
Srdeční záležitostí je však pro většinu účastníků komunita, která na soustředění vzniká. Ať už při společenských večerech nebo během dlouhých diskusí při nočních hrách zde vznikají přátelství, která – jak ukazují zkušenosti – často přetrvávají po celý život. Díky podmínce účasti se navíc na soustředění setkávají lidé s podobnými zájmy, což vytváří uvolněnou a přátelskou atmosféru. Velkou výhodou je i to, že se tito lidé později často znovu potkávají na vysokých školách – například při nástupu do prvního ročníku bakalářského studia fyziky na Matematicko-fyzikální fakultě Univerzity Karlovy jsem už osobně znal desítky svých spolužáků. Nejkrásnější pak je, když se z bývalých účastníků stávají organizátoři a sami dále předávají krásy fyziky svým mladším následovníkům.



Obr. 4. Ukázka neoborného programu na soustředění.

## FYKOSí akce

Kromě soustředění ale FYKOS organizuje i další akce – významnou roli hrají soutěže jako Fyziklání, Fyziklání Online či Fyzikální Náboj. Vedle toho organizujeme exkurze a speciální dny věnované experimentální fyzice, jako je Den s experimentální fyzikou či Týden s aplikovanou fyzikou. Rozložení těchto akcí během roku můžete vidět na obrázku 5.



Obr. 5. Časová osa FYKOSích akcí.

### Fyziklání (a Fyziklání Online)

Fyziklání je mezinárodní týmová soutěž pro středoškoláky, při níž pětičlenné týmy během tří hodin řeší co nejvíce originálních fyzikálních úloh. Kromě samotné soutěže nabízí i doprovodný program plný přednášek, exkurzí a společenských akcí, který propojuje studenty se zájmem o fyziku z mnoha zemí světa.

Soutěž vznikla v roce 2006 jako česká obdoba Fyzikálního Náboje, týmové mezinárodní soutěže, v níž studenti řeší fyzikální úlohy (viz sekce Fyzikální Náboj). Tehdy se v jediné posluchárně na Karlově účastnilo 104 žáků ve 21 týmech. Od té doby vyrostla do akce, která se od roku 2022 koná v prostorách PVA Expo Praha a pravidelně přiláká více než tisíc soutěžících z desítek zemí. Každoročně vzniká více než padesát nových úloh, jejichž princip – týmové řešení netradičních fyzikálních problémů pod časovým tlakem – zůstává od počátku nezměněný.

Velký důraz je kladen také na mezinárodní rozměr. Od roku 2018 se soutěž koná i v angličtině, v roce 2022 proběhl projekt Fyziklání International v rámci programu Erasmus+, a na něj navázal stipendijní program Fyziklání Scholarship. Tyto iniciativy usnadnily účast desítkám týmů z Evropy, Asie i Jižní Ameriky.

Nejbližší ročník proběhne 13. února 2026 a bude symbolicky věnován dvacátému výročí soutěže. Více informací naleznete na [1]

Fyziklání má také svoji internetovou verzi, Fyziklání Online, která každoročně vítá tisíce účastníků z desítek zemí světa. Letos přivítala 6324 účastníků z 81 zemí, což z ní dělá největší soutěž svého druhu na světě. Tu pak najdete na [2]

## Den s experimentální fyzikou

Další akcí FYKOSu je „Den s experimentální fyzikou“ (DSEF), který se koná každoročně v říjnu nebo listopadu ve spolupráci s MFF UK. Během tohoto dne mají středoškoláci možnost navštívit různé fyzikální laboratoře a výzkumná pracoviště, kde se seznámí s reálnými experimenty a moderními přístroji.

Zájemci se registrují online a vybírají si z několika nabízených exkurzí. Kapacita akce je omezená na přibližně sto účastníků, kteří jsou přijímáni podle pořadí přihlášení. Menší skupiny umožňují osobní přístup a přímý kontakt s odborníky z daných laboratoří, což studentům poskytuje autentický vhled do každodenní práce experimentálních fyziků. Více se můžete dočíst na [3].

## Fyzikální Náboj

Fyzikální Náboj je mezinárodní týmová fyzikální soutěž pořádaná slovenským FKS (Fyzikálny korespondenčný seminár). Je určena pro středoškolské studenty. Soutěžící tvoří pětičlenné týmy, které se v omezeném čase snaží vyřešit co nejvíce zadaných problémů.

Do soutěže se kromě Slovenska zapojují také Polsko, Maďarsko, Česko, Španělsko a Rakousko, přičemž jednotlivé země pořádají vlastní národní kola ve stejný den a se stejnými úlohami. FYKOS zajišťuje organizaci české části Náboje, která probíhá současně v Praze a v Ostravě. Cílem soutěže je nejen prověřit fyzikální znalosti a týmovou spolupráci studentů, ale také podpořit jejich zájem o fyziku a vzájemné mezinárodní propojení. Více se můžete dočíst na [4].

## Kontakt

O všech našich akcích se můžete dočíst na našem webu [5], kde také naleznete zadání Fyzikálního korespondenčního semináře. V případě dotazů nás neváhejte kontaktovat na [fykos@fykos.cz](mailto:fykos@fykos.cz).

## Literatura

- [1] Fyziklání. Dostupné online: <https://fyziklani.cz/>
- [2] Fyziklání Online. Dostupné online: <https://online.fyziklani.cz/>
- [3] DSEF (Den s experimentální fyzikou). Dostupné online: <https://dsef.cz/>
- [4] Fyzikální Náboj. Dostupné online: <https://physics.naboj.org/>
- [5] FYKOS (Fyzikální korespondenční seminář). Dostupné online: <https://www.fykos.cz/>

# Výzvy Fyziklání Online ve věku umělé inteligence

Jiří Sýkora

Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy, Praha

## Abstrakt

*V uplynulém ročníku Fyziklání Online znovu potvrdilo svou pozici největší týmové fyzikální soutěže na světě, a to s rekordní účastí přesahující 6 300 řešitelů z více než 80 zemí. S rostoucím zájmem však narůstají i organizační výzvy — nejzásadnější z nich představuje detekce a prevence podvádění. Vzhledem k jeho nárůstu a rychlému rozvoji generativní umělé inteligence, jejíž zkušený uživatel již dnes zvládá úlohy vyřešit lépe než průměrný tým středoškoláků, bylo nutné zavést nová opatření, která pomohou zachovat férovost soutěže i její vzdělávací hodnotu. V našem příspěvku si stručně představíme formát akce a následně se podíváme na aktuální potíže, které ji doprovázejí, jak z pohledu organizátorů, tak i účastníků.*

## O akci

Fyziklání Online je mezinárodní týmová fyzikální soutěž, která pomyslně představuje internetovou obdobu své prezenční varianty Fyziklání. Za její organizací stojí studentský spolek FYKOS a v letošním roce se chystá již 15. ročník. Samotná soutěž pak probíhá následovně: ve tříhodinovém limitu se až pětičlenné týmy složené zpravidla ze středoškolských žáků (ovšem i učitelů či jiných fyzikálních nadšenců v dedikované kategorii) snaží vyřešit co nejvíce úloh.

Z původní akce, jejíž účastníci by se kdysi bez obtíží vešli do jednoho přednáškového sálu, se během let stala soutěž světového formátu. Každý rok přitahuje rostoucí počet účastníků z různých koutů světa. V loňském ročníku se zapojilo 6324 soutěžících z více než 80 zemí, čímž Fyziklání Online potvrdilo svůj status největší týmové fyzikální soutěže svého druhu na světě.

## Úlohy

Od své prezenční varianty se Fyziklání Online liší zejména formátem – soutěž probíhá kompletně na internetu. Díky tomu nejsou účastníci omezeni pouze na své dosavadní znalosti, ale mohou plně rozvíjet práci se zdroji a obecné dovednosti vyhledávání kreativních postupů při řešení nečekaných problémů. Úlohy jsou proto vybírány tak, aby soutěžící někdy museli sáhnout i po netradičních nástrojích či se museli zamyslet více do šířky. Je jim umožněno využít libovolné tištěné i online zdroje, různé počítačové programy nebo dokonce vytvořit vlastní algoritmus či skript, pokud jim to připadá jako vhodná cesta k řešení.

Charakter soutěžních úloh lze ilustrovat na příkladu z minulého ročníku. 42. Úloha, viz obr. 1, by při klasickém postupu vyžadovala znalost Lagrangeových multiplikátorů – matematické metody, se kterou se většina studentů setkává až během vysokoškolského studia. Přesto ji bylo možné elegantně vyřešit pouhým překreslením zadání do programu GeoGebra, viz obr. 2 (či obdobného softwaru), jehož ovládání zvládnou během krátké



chvíle i žáci základní školy. Tento přístup jasně ukazuje hlavní myšlenku Fyziklání Online – pěstovat schopnost přemýšlet tvořivě a hledat cesty k řešení i v nezvyklých situacích.

Fyziklání Online 2024

14. ročník

20. listopadu 2024

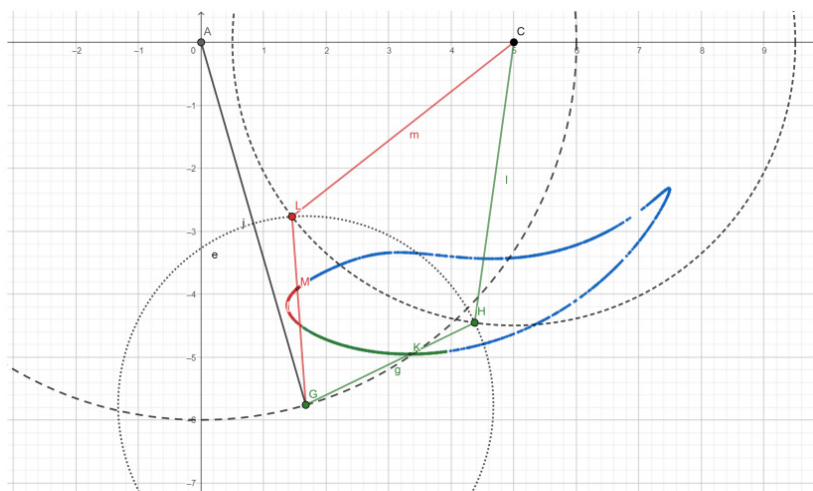
**Úloha 42 ... zavěšená**

6 bodů

Mějme dva body závěsu ve stejné výšce ve vzdálenosti  $d = 50,0$  cm od sebe. Na jeden zavěsíme závaží o hmotnosti  $m_1 = 1,30$  kg na závěse délky  $l_1 = 60,0$  cm. Na druhý zavěsíme závaží o hmotnosti  $m_2 = 2,10$  kg na závěse délky  $l_2 = 45,0$  cm. Obě závaží následně spojíme lankem o délce  $l = 30,0$  cm. V jaké hloubce pod rovinou závěsu se bude nacházet lehčí závaží?

*Dodo věšel prádlo.*

Obr. 1. Zadání 42. úlohy 14. ročníku Fyziklání Online viz [1].



Obr. 2. Překreslení 42. úlohy 14. ročníku v programu GeoGebra [1].

Abychom mohli u účastníků systematicky rozvíjet výše popsané dovednosti, je nezbytné, aby týmy nad úlohami přemýšlely zcela samostatně. Z tohoto důvodu pravidla výslovně zakazují jakoukoli externí komunikaci, stejně jako využívání nástrojů generativní umělé inteligence. Právě otázka generativní AI představuje v současnosti významnou výzvu, kterou jsme byli nuceni v posledních letech podrobně řešit. V následující části se proto zaměříme na konkrétní problémy spojené s jejím používáním i na způsoby, jimiž se snažíme zajistit férový a tvůrčí průběh soutěže.

**Umělá inteligence**

Jak ukázaly i některé další příspěvky tohoto ročníku Veletrhu nápadů učitelů fyziky, používání umělé inteligence začalo zasahovat do procesu vzdělávání v mnoha rovinách. Je nejen nepravděpodobné, že by byla v budoucnu od vzdělávání zcela vyloučena – naopak by její vynechání ochudilo žáky o nástroj, který je již dnes ve společnosti běžnou záležitostí. Navíc by její využití mohlo vzdělávání v mnoha místech obohatit – ať už se jedná o prostou podporu při učení (vysvětlování, procvičování či generování příkladů) nebo o možnost individuálnějšího přístupu a personalizaci tempa pro každého žáka. Důležité ovšem je pochopit a především dále předat, že by neměla řešit naše problémy místo nás a jedná se o pouhý nástroj. Nakonec, v budoucnu bude umět AI používat každý a o konkurenceschopnosti žáků (nejen) na pracovním trhu rozhodne vše ostatní.



Ve Fyziklání Online jsme na rychlý rozvoj nástrojů umělé inteligence zareagovali již před dvěma lety, kdy jsme se rozhodli jejich používání v soutěži zakázat. V minulém ročníku jsme si nicméně všimli, že se některé naše úlohy začaly objevovat na AI fórech zaměřených na pomoc s domácími úkoly. Zároveň jsme zaznamenali případy, kdy některé týmy odevzdávaly řešení nápadně rychle. Takový způsob práce ovšem neprověřuje fyzikální znalosti, dovednosti ani kreativitu soutěžících. Navíc, vzhledem k tomu, že dnešní nástroje umělé inteligence již v mnoha ohledech překonávají průměrný tým středoškoláků, podkopává jejich využívání samotný smysl a poslání celé soutěže.

Výše popsané zkušenosti lze ukázat na 42. příkladu 14. ročníku. Po překopírování zadání do modelu GPT 5.0, viz obr. 3, jsme během 52 sekund dostali správnou odpověď na jednu z nejtěžších otázek v soutěži.

Přemýšlení po dobu 52s

Krátká odpověď:

Lehčí závaží ( $m_1 = 1,30$  kg) bude  $\approx 57,7$  cm pod rovinou závěsu.

Postup v kostce: zvolil jsem souřadnice se závěsnými body v  $(0, 0)$  a  $(d, 0)$ , polohy závaží  $(x_1, -y_1)$ ,  $(x_2, -y_2)$ . Splnil jsem geometrické podmínky

$$x_1^2 + y_1^2 = l_1^2, \quad (d - x_2)^2 + y_2^2 = l_2^2, \quad (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 = l^2$$

a statickou rovnováhu každého závaží (s tíhou  $mg$  a napětím ve třech lankách). Numerickým řešením vyšlo

$$y_1 \approx 0,5767 \text{ m},$$

tedy  $\approx 57,7$  cm pod rovinou závěsu.



Obr. 3. Odpověď modelu GPT 5.0 při dotazu na vyřešení 42. úlohy 14. ročníku Fyziklání Online [1].

## Nápady řešení

Jednou z uvažovaných možností, jak tento problém řešit, byla tvorba obtížnějších či specificky upravených úloh, s nimiž by si nástroje umělé inteligence nedokázaly poradit. Tento přístup však naráží na několik zásadních úskalí spojených s rychlým vývojem těchto technologií. Úlohy, které by dnes mohly být pro AI nezvládnutelné, by už v blízké budoucnosti toto kritérium pravděpodobně nesplňovaly. Současně by se rychle staly příliš složitými pro většinu žáků, což by odporovalo cíli soutěže. Navíc by tvorba takových úloh byla mimořádně časově i organizačně náročná.

Mnohem perspektivnějším nápadem byla tvorba kontrolních otázek, které by zkoušely vnitřní porozumění dané úloze. Zjistili jsme ale, že pro náš formát nejsou vhodné kvůli různorodosti, s jakou účastníci problémy řeší. V důsledku pak nejsme schopni určit parametry takových otázek, aby plnily zadaný účel. Ačkoli tedy tato strategie není použitelná v našem kontextu, stojí za zmínku, že by mohla najít uplatnění jinde. Například zatímco u domácích úkolů nelze účinně zabránit využívání umělé inteligence při jejich

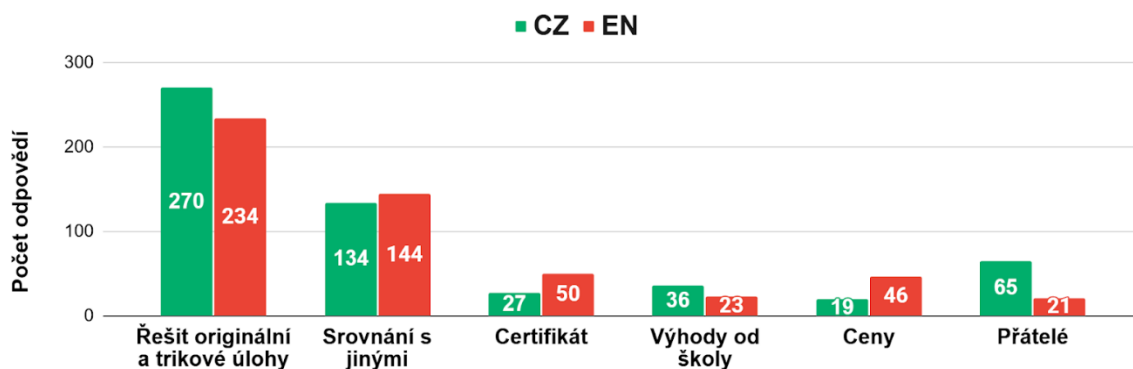
vypracování, ve školní třídě by již bylo možné navázat na domácí úkol právě takovými kontrolními otázkami, které by ověřily, zda žáci obsahu skutečně porozuměli.

Dalším z uvažovaných návrhů bylo vytvořit zvláštní kategorii určenou přímo pro účastníky, kteří by při řešení mohli využívat nástroje umělé inteligence. Myšlenkou bylo, že by se takto mohlo vyhovět oběma stranám. Při bližším zhodnocení se však ukázalo, že tento přístup by byl problematický. Již před půl rokem dokázala umělá inteligence vyřešit přibližně polovinu našich úloh na první či druhý pokus, a od té doby byly vydány ještě výkonnější a přesnější modely. Soutěž by tak postupně přestala ověřovat fyzikální dovednosti a stala by se spíše soutěží v „promptování“ umělé inteligence. Navíc by účastníci s přístupem k placeným, výkonnějším modelům měli výraznou výhodu oproti ostatním, což by bylo v přímém rozporu s naší zásadou rovného přístupu.

Samozřejmě jedno z možných řešení je změnit formát soutěže, tj. odstranit pořadí atp. Nicméně v konečném důsledku nám záleží na účastnících a na tom, co je pro ně důležité. Z tohoto důvodu jsme vytvořili dotazník, který obsahoval sadu otázek týkajících se formátu soutěže či motivace k účasti. O něm bude následující stať.

## Dotazník

Dotazník jsme rozeslali účastníkům předchozího ročníku soutěže a zpátky jsme dostali dohromady odpovědi od 301 českých a 264 zahraničních soutěžících. Dohromady jsme měli tedy data z 565 odevzdaných dotazníků.

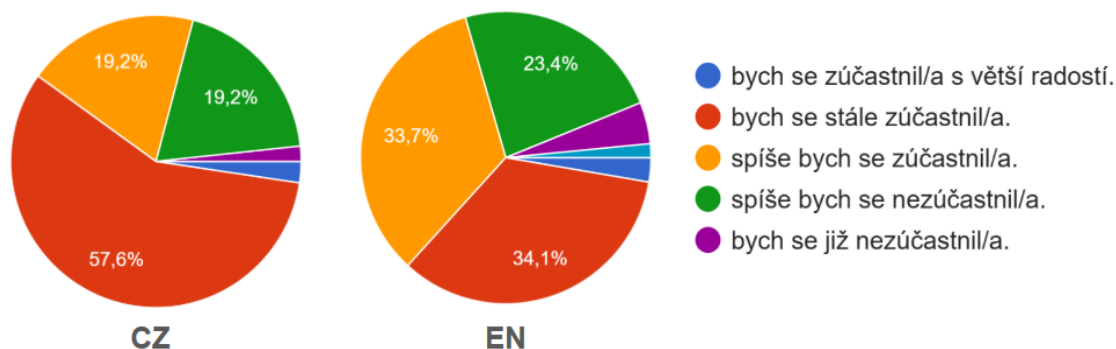


Obr. 4. odpovědi na otázku: „Jaká byla Tvoje motivace účastnit se Fyziklání Online?“.

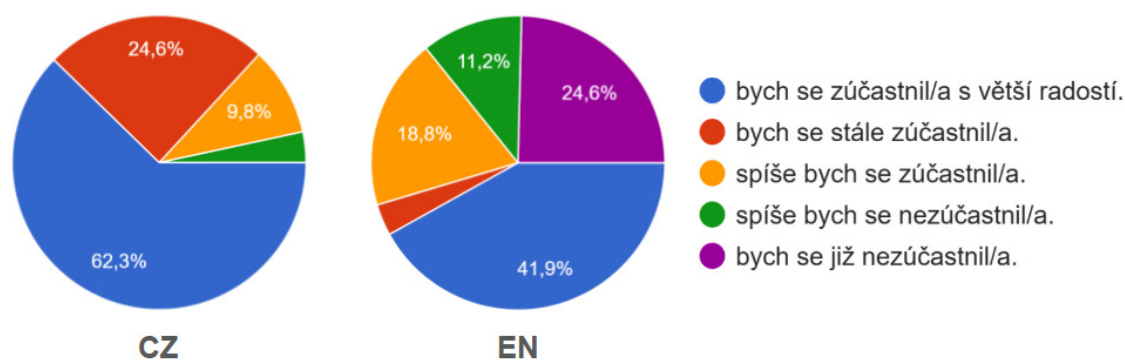
Jedna z otázek, kterou jsme soutěžícím položili, zněla: „Jaká byla Tvoje motivace účastnit se Fyziklání Online?“ Valná většina respondentů jako hlavní motivaci uvedla možnost řešit originální a trikové úlohy, přičemž téměř polovina ocenila i možnost porovnat své schopnosti s ostatními týmy. Zajímavý je také rozdíl mezi českými a zahraničními účastníky: zatímco čeští studenti soutěž vnímají především jako zábavnou výzvu, zahraniční účastníci ji často uvádějí i ve svých přihláškách na vysoké školy. Za pozornost stojí i odpověď „přátelé“, která nebyla defaultní možností a soutěžící ji sami doplňovali. Vidíme tak, že se nejedná jen o soutěž, ale je to i příležitost k budování fyzikální komunity.

Na obrázcích 5, 6 a 7 lze dále vidět odpovědi na otázky: *Kdyby výsledky soutěže a pořadí nebyly veřejné, tak ...*, *Kdyby účastníci nedostávali certifikáty o účasti, tak...*, *V příštích letech budou nástroje AI čím dál tím lepší a bude jednodušší podvádět. Máš v plánu se*

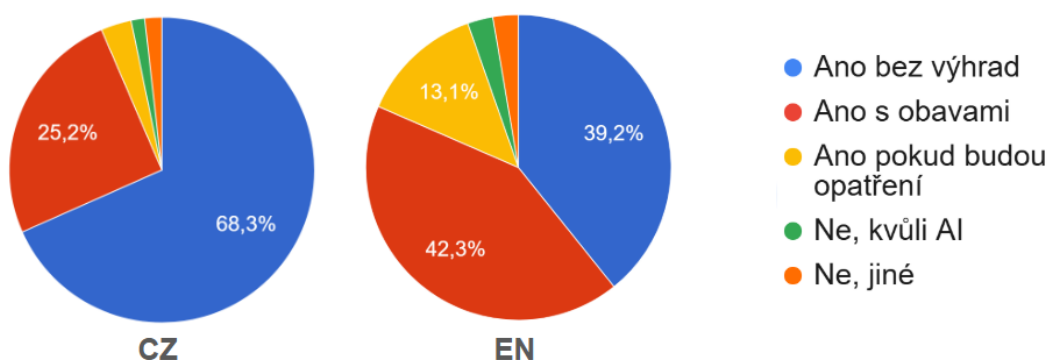
*účastnit i nadále?* Výsledky pak naznačují, že pořadí je u nás podstatné pro přibližně pětinu účastníků a v cizině dokonce pro cca čtvrtinu. Co se týče certifikátů, pak ty jsou pro většinu českých účastníků nepodstatné, ovšem pro více jak třetinu zahraničních účastníků jsou velmi důležité. Nicméně i přes problémy s AI se chce valná většina soutěžících znovu zúčastnit.



Obr. 5. Odpovědi na otázku: „Kdyby výsledky soutěže a pořadí nebyly veřejné, tak...”



Obr. 6. Odpovědi na otázku: „V příštích letech budou nástroje AI čím dál tím lepší a bude jednodušší podvádět. Máš v plánu se účastnit i nadále?”



Obr. 7. Odpovědi na otázku: „V příštích letech budou nástroje AI čím dál tím lepší a bude jednodušší podvádět. Máš v plánu se účastnit i nadále?”

## Naše opatření

Absolutní eliminace podvádění je nereálná. Místo toho se ho tedy snažíme udělat co nejnáročnější a nejméně výhodné. Přijali jsme tedy pravidlo, že můžeme vyžadovat postup řešení úloh a žáci si ho musí uschovat. Zde zmíníme, že samozřejmě též přihlížíme k faktu, že účastníci mohli řešení úlohy například najít někde na internetu bez použití AI; i tato informace je pro nás ale důležitá. Kromě toho jsme se rozhodli do programu zařadit též videohovory po soutěži, kdy budou vybrané týmy vyzvány na online setkání, kde se společně podíváme na řešení některých úloh. Jsme si ale vědomi, že nic z toho nelze brát za jednoznačné důkazy a pokud bude v naší kapacitě, budeme vše individuálně důsledně prošetřovat.

## Transparentnost

Umělá inteligence je dnes všudypřítomnou součástí společnosti a její používání se stává běžnou každodenní záležitostí. Ačkoli přináší řadu výzev, jak bylo v tomto článku zmíněno, nabízí zároveň i značné výhody. Stejně jako u většiny technologií však platí, že jejich přínos závisí především na tom, jakým způsobem je sami využíváme. Je proto důležité s žáky o umělé inteligenci otevřeně mluvit a nedělat z ní tabu. Učme je jejímu smysluplnému a odpovědnému používání a zároveň jim vysvětlujme možné důsledky jejího zneužití.

## Kontakt

Pokud Vás soutěž zaujala, můžete se více dočíst na našem webu <https://online.fyziklani.cz/>, nebo pokud máte jakýkoliv dotaz, můžete se obrátit na emailovou adresu [online@fyziklani.cz](mailto:online@fyziklani.cz).

## Literatura

[1] FYKOS, Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy, Praha, Úloha 42. 14. ročníku fyziklání online, <https://online.fyziklani.cz/download/2024/reseni.pdf>

# Výuka fyziky s aplikací Phyphox

Václav Šebelík

Přírodovědecká fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

## Abstrakt

*Aplikace Phyphox promění běžný chytrý telefon v kapesní vědeckou laboratoř. Umožní studentům i učitelům provádět experimenty z mechaniky, akustiky, optiky či elektromagnetismu s pomocí senzorů v mobilu. V příspěvku budou předvedeny praktické ukázky měření z výše jmenovaných oblastí fyziky.*

## Úvod

Poznámka na úvod: celý text je velmi zkrácenou verzí návodů, které se nacházejí na webové stránce [silozpyt.cz](http://silozpyt.cz). Na té je možné najít i další pokusy, které lze s Phyphoxem provést.

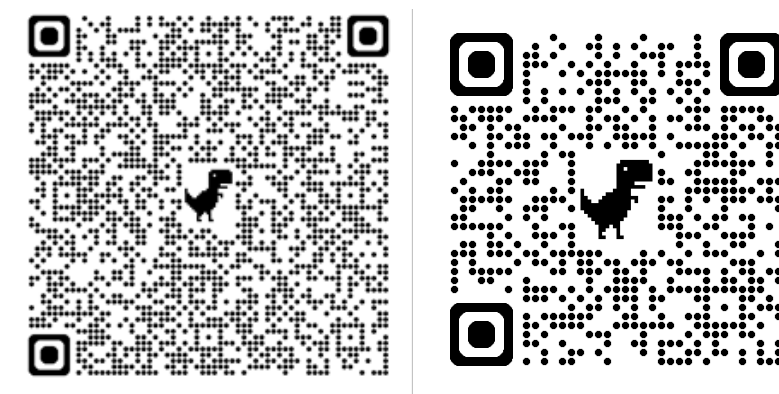
Phyphox (více informací v angličtině a němčině najdete na [1]) je uživatelsky přívětivá aplikace, která umožňuje využívat senzory mobilního telefonu pro fyzikální experimenty (a nejen ty, najde uplatnění i v dalších oborech). Vyvinuta byla na RWTH Aachen University (Univerzita v Cáchách) v Německu a její rozhraní je k dispozici i v češtině. Název Phyphox je zkratkou „PHYSical PHOne eXperiments“, což přesně vystihuje její hlavní cíl – proměnit váš telefon v kapesní vědeckou laboratoř, kterou máte vždy po ruce.

Aplikace Phyphox umožňuje využívat senzory chytrého telefonu – například akcelerometr, gyroskop, magnetometr nebo mikrofon – k provádění fyzikálních experimentů, zejména v oblastech jako je mechanika, akustika, optika či magnetismus. Možnosti experimentů závisí na dostupných senzorech ve vašem zařízení a na vaší kreativitě. Informace o senzorech v různých modelech telefonů jsou dostupné na [1].

Phyphox nabízí řadu přednastavených experimentů, ale umožňuje i tvorbu vlastních. Data lze nejen snadno sbírat, ale také analyzovat přímo v aplikaci a exportovat pro další zpracování. Kromě interních senzorů telefonu lze přes Bluetooth připojit i externí senzory. Jako open-source projekt umožňuje Phyphox zapojení širší komunity uživatelů a vývojářů.

Mezi oblíbené experimenty patří například akustické stopky pro měření času pomocí zvuku, analýza neelastických srážek, měření zrychlení při pohybu nebo zkoumání kmitů a jejich frekvence.

Aplikaci Phyphox si můžete zdarma stáhnout z Google Play (pro Android) nebo App Store (pro iOS). Instalace je snadná – stačí zadat název „Phyphox“ do vyhledávání, aplikaci stáhnout a nainstalovat (případně využít QR kód z Obr. 1). Po instalaci je aplikace ihned připravena k použití, bez nutnosti složitého nastavování. Pouze v některých případech může být potřeba kalibrace senzorů, například při měření hluku. Důležité je také zkontrolovat, zda má aplikace přístup k potřebným senzorům, jako je akcelerometr, mikrofon nebo gyroskop – na Androidu je možné tato oprávnění nastavit podržením ikony aplikace, volbou „O aplikaci“ a úpravou oprávnění v sekci „Oprávnění“.



Obr. 1. QR kódy pro stažení aplikace Phyphox (vlevo pro Google Play, vpravo pro App Store).

Aplikace Phyphox je navržena tak, aby byla snadno ovladatelná – každý experiment obsahuje popis s instrukcemi a vysvětlením principu měření. V nabídce „tří teček“ najdete doplňkové možnosti, jako jsou videonávody, export dat (např. ve formátu CSV přes e-mail nebo cloud), sdílení snímků obrazovky, nastavení délky měření, vzdálený přístup nebo uložení výsledků.

Vzdálený přístup umožňuje ovládat experiment z jiného zařízení, například z počítače nebo tabletu. Stačí tuto funkci aktivovat v nastavení experimentu, zapsat do prohlížeče zobrazenou adresu a mít obě zařízení připojená ke stejné Wi-Fi. Pokud to školní síť neumožňuje, můžete použít mobilní hotspot.

Data lze uložit přímo do aplikace pomocí funkce „Uložit stav experimentu“. Uložené experimenty pak najdete v sekci „Uložené experimenty“. Pokud však ukládáte větší množství měření, může to zpomalit chod aplikace – proto je vhodnější data exportovat nebo sdílet s jinými aplikacemi.

Velkou výhodou Phyphoxu je, že jde o open-source projekt. Uživatelé si tak mohou tvořit vlastní experimenty nebo upravovat stávající podle svých potřeb. Aplikaci lze navíc propojit s Arduinem [2]. Tomuto pokročilejšímu využití se však tento text nevěnuje.

Pro správné vyhodnocení některých experimentů je důležité znát souřadnicový systém. V aplikaci platí, že osa  $z$  míří kolmo ven z obrazovky, osa  $x$  směřuje doprava a osa  $y$  vzhůru. U tabletů se ve výchozím nastavení může orientace os lišit v závislosti na tom, zda je zařízení drženo na výšku nebo na šířku.

V následující části je popsáno několik pokusů z mnoha, které je možné s Phyphoxem a dostupnými pomůckami udělat.

### Pro ukázkou citlivosti senzorů – měření tepové frekvence

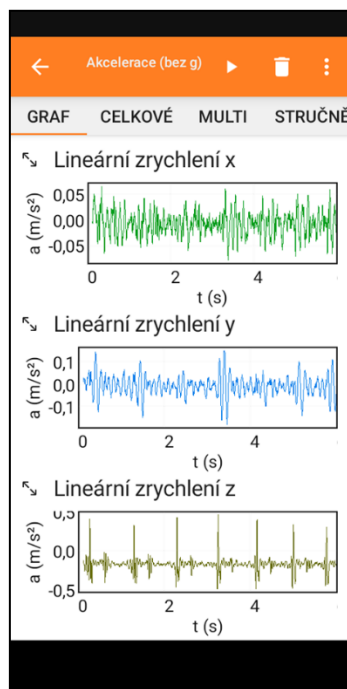
Srdeční tep způsobuje jemné vibrace těla, které lze překvapivě zachytit i akcelerometrem v mobilním telefonu [3]. Nejlépe je signál patrný v ose  $z$  – kolmé na displej – když telefon leží na hrudníku. Měření je nejpřesnější při zadržení dechu, protože se sníží rušení pohyby při dýchání.



## Postup měření

V aplikaci Phyphox spusťte experiment „Akcelerace (bez g)“. V nastavení zvolte „Časované měření“, nastavte zpoždění 3 sekundy a délku měření 6 sekund. Lehněte si na záda na tvrdou podložku, položte telefon displejem nahoru na hrudník v úrovni srdce. Zadržte dech a spusťte měření. Po dobu šesti sekund se nehýbejte.

Po měření se podívejte na graf osy z – pravidelný vzorec odpovídá srdečním úderům, z něhož lze určit tepovou frekvenci (Obr. 2). Pokud je signál nečitelný, upravte polohu telefonu nebo těla a opakujte.



Obr. 2. Tepová frekvence změřená pomocí aplikace Phyphox (poslední graf ukazuje pohyby v ose z).

## Měření otáček motoru a vibrací

Otáčky motoru (RPM – otáčky za minutu) lze odhadnout pomocí vibrací, které motor při běhu vytváří. Akcelerometr v telefonu tyto vibrace zachytí a pomocí spektrální analýzy (Fourierovy transformace) lze určit jejich frekvence [4]. Dominantní frekvence odpovídá otáčkám motoru a její hodnota závisí na konstrukci motoru, například počtu válců.

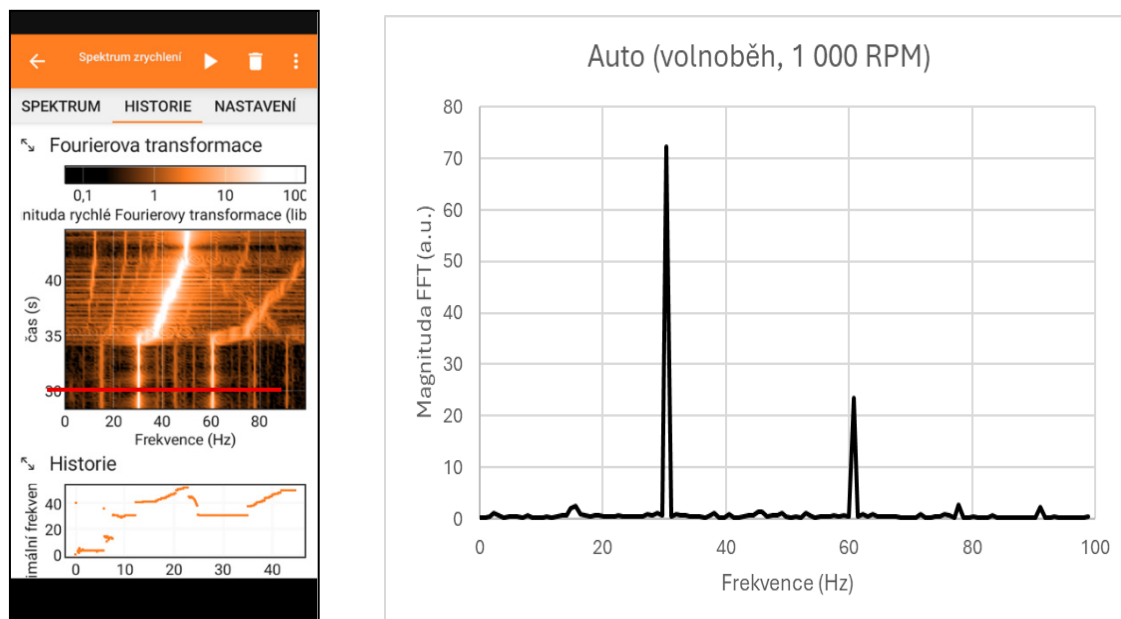
## Postup měření

V aplikaci Phyphox otevřete experiment „Spektrum zrychlení“ a přejděte na záložku „Historie“. Stiskněte „Play“ a položte telefon na palubní desku auta tak, aby dobře přenášela vibrace. Nastartujte motor a sledujte spektrum při různých otáčkách (Obr. 3 a 4). Zaznamenejte frekvence při známých hodnotách RPM z otáčkoměru. Frekvence se s rostoucími otáčkami zvyšuje.

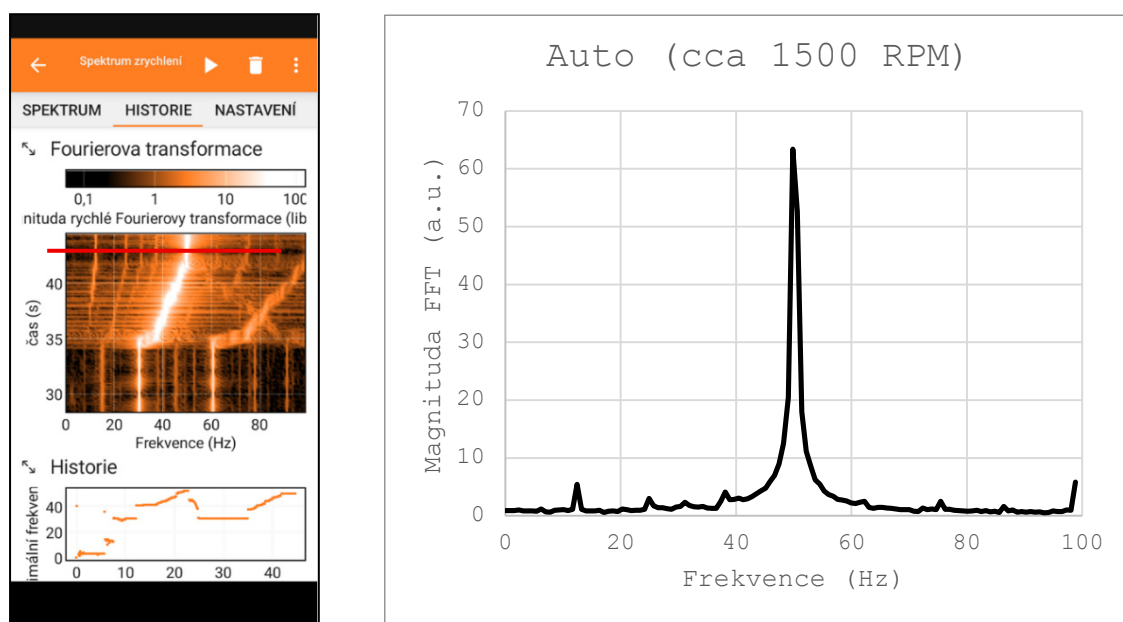
Při analýze mějte na paměti, že u některých motorů je frekvence vibrací dvojnásobná oproti otáčkám (např. když se dva válce pohybují proti sobě). Příklad: otáčky 1 000 RPM odpovídají 16,7 Hz, ale měřená frekvence může být 33 Hz.

### Poznámky

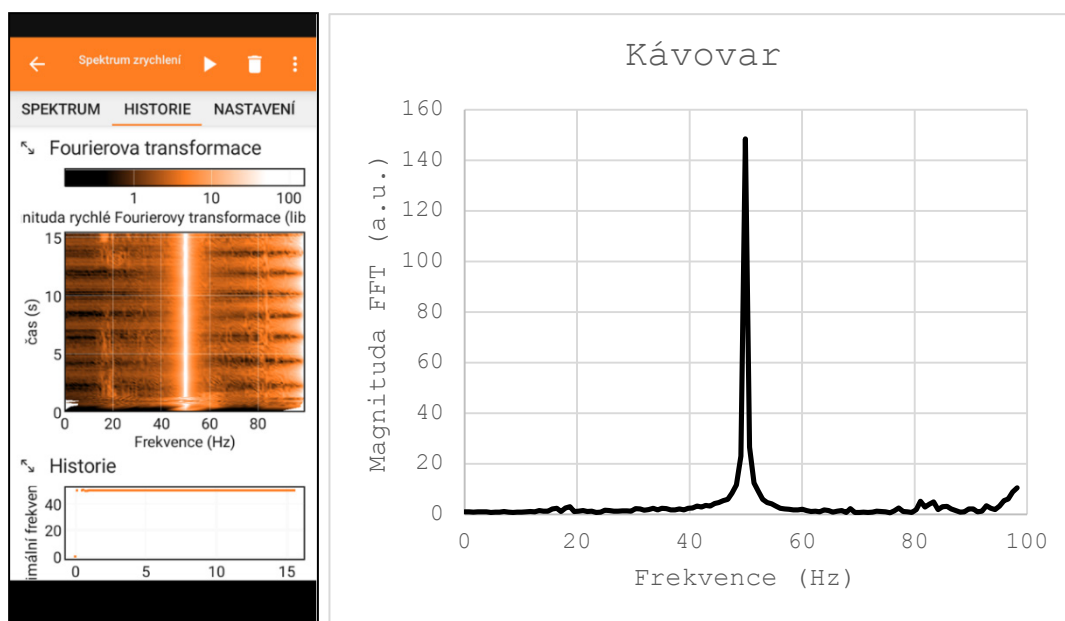
Měřte v klidném prostředí bez rušivých vibrací. Výsledky závisí na vzorkovací frekvenci telefonu – pokud je příliš nízká, nelze zachytit vyšší frekvence. Měřit lze i jiné vibrující objekty, například kávovar. Pokud kmitá na 50 Hz, odpovídá to frekvenci střídavého proudu (Obr. 5).



Obr. 3. 2D graf spekter akcelerací motoru auta (vlevo), konkrétní příklad spektra v čase 30 s (vpravo, ve 2D grafu nalevo vyznačeno červenou čarou) při 1 000 RPM.



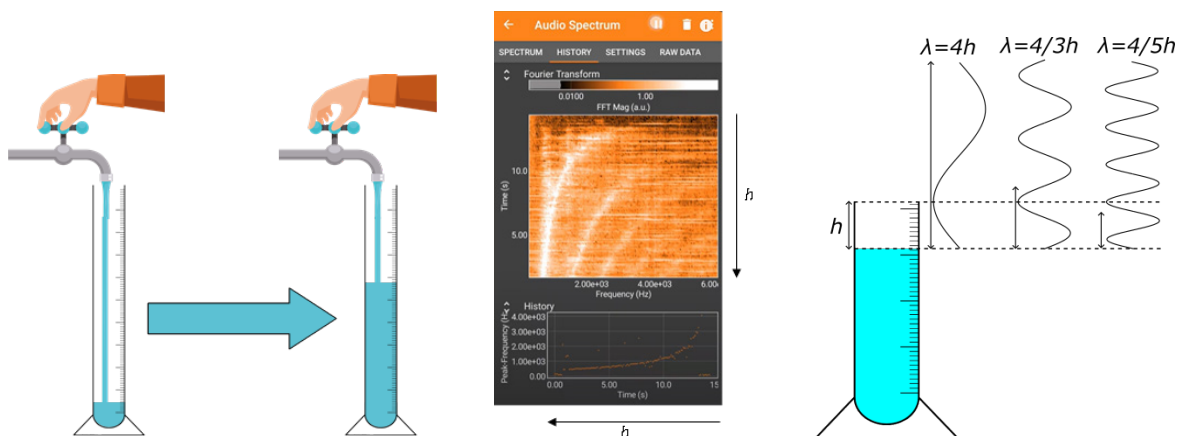
Obr. 4. 2D graf spekter akcelerací motoru auta (vlevo), konkrétní příklad spektra v čase 44,3 s (vpravo, ve 2D grafu nalevo vyznačeno červenou čarou) při 1 500 RPM.



Obr. 5. 2D graf spekter akcelerací kávovaru (vlevo), konkrétní příklad spektra v čase 6,6 s (vpravo).

### Frekvence zvuku v odměrném válci

Známý jev, kdy se při napouštění nádoby mění frekvence vznikajícího zvuku v závislosti na výšce hladiny vody, lze také změřit a naměřená data vizualizovat pomocí mobilní aplikace Phyphox [5]. Pro provedení experimentu postavíme odměrný válec pod vodovodní kohoutek (Obr. 6 vlevo). Pokud není kohoutek dostatečně vysoko, můžeme válec umístit na stůl a vodu nalévat z konvice. V mobilní aplikaci Phyphox zvolíme experiment „Zvukové spektrum“ a připravíme telefon tak, aby jeho mikrofon směřoval k hrdlu válce a co nejlépe snímal vznikající zvuk. Pro eliminaci rušivých vlivů je vhodné minimalizovat okolní hluk. V aplikaci přepneme na záložku „Historie“, která zobrazuje vývoj frekvenčního spektra v čase, a spustíme měření pomocí tlačítka „Play“ v pravém horním rohu obrazovky.



Obr. 6. Schéma experimentu (vlevo), výsledný graf (uprostřed) a schematické zobrazení vznikajícího stojatého vlnění (vpravo).

Po spuštění měření začneme pomalu a plynule přilévát vodu do válce. Ideální je použití tenkého, rovnoměrného proudu vody z kohoutku, který umožňuje snadněji zachovat konstantní tok. Pokud místo kohoutku použijeme konvici, je třeba se co nejvíce snažit o stabilní nalévání. Během přilévání vody aplikace zobrazuje časově závislá frekvenční spektra a je možné sledovat, jak se mění nejvýraznější frekvence – tzv. rezonanční frekvence – v závislosti na výšce hladiny vody (Obr. 6 uprostřed).

Princip experimentu spočívá v rezonanci vzduchového sloupce nad hladinou vody v odměrném válci. Tento sloupec funguje jako trubice s jedním uzavřeným koncem – uzavřený je v místě hladiny, otevřený na horním okraji válce. Při rezonanci se ve vzduchovém sloupci vytváří stojaté vlnění. Na uzavřeném konci vzniká uzel (místo s minimální amplitudou), zatímco na otevřeném konci je kmitna (místo s maximální amplitudou). Z těchto podmínek vyplývá, že základní rezonanční vlnová délka je čtyřikrát větší než výška vzduchového sloupce. Vyšší harmonické odpovídají kratším vlnovým délkám, například  $4/3$  nebo  $4/5$  této výšky (Obr. 6 vpravo).

Frekvenci lze spočítat ze vztahu

$$f = c / \lambda,$$

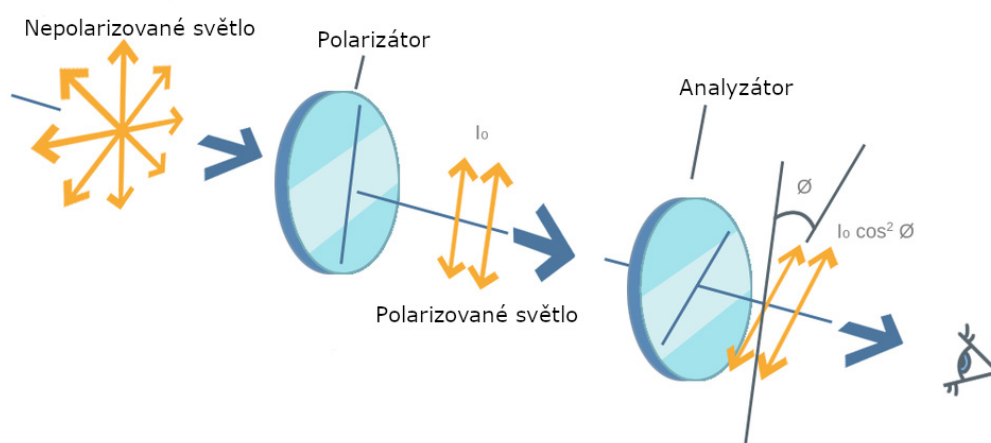
kde  $f$  je frekvence,  $c$  rychlost zvuku a  $\lambda$  vlnová délka. Se zvyšující se hladinou vody klesá výška vzduchového sloupce, a tím se zkracuje vlnová délka. V důsledku toho roste frekvence rezonujícího zvuku.

## Malusův zákon

Malusův zákon popisuje, jak se intenzita lineárně polarizovaného světla (které má intenzitu  $I_0$ ) mění při průchodu druhým polarizačním filtrem (analyzátozem) v závislosti na úhlu mezi jejich osami:

$$I = I_0 \cos^2 \Phi,$$

kde  $\Phi$  je úhel mezi rovinou polarizace a osou analyzátoru (Obr. 7).



Obr. 7. Malusův zákon (upravené z [6]).

## Postup měření

Pro jednoduché ověření tohoto zákona lze využít běžný LCD monitor, který vyzařuje lineárně polarizované světlo [7]. Postup experimentu je velmi snadný a nevyžaduje žádné speciální zdroje světla ani dva polarizační filtry. Stačí jeden polarizační filtr a chytrý telefon s aplikací Phyphox, která umožňuje měřit intenzitu světla pomocí senzoru osvětlení na přední straně telefonu (Obr. 8 vpravo).

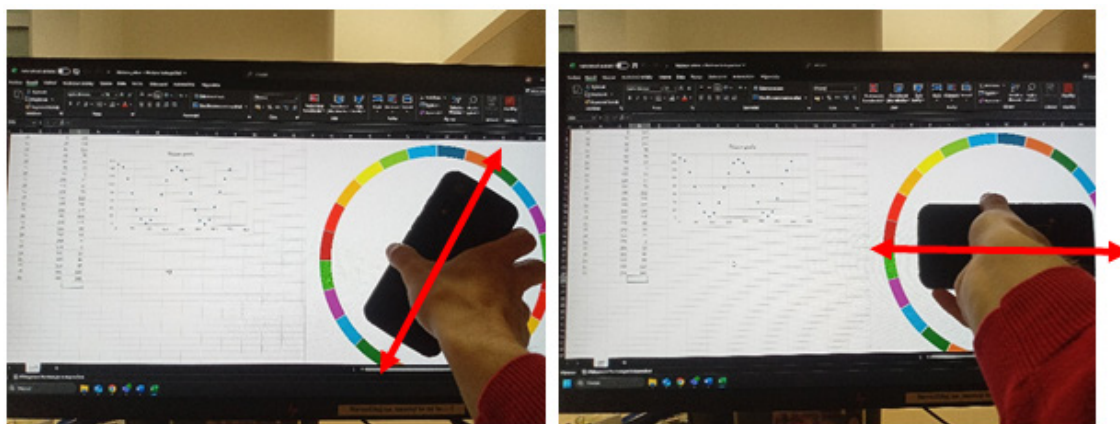
Na monitoru zobrazíte bílé pozadí (např. otevřený textový dokument nebo webovou stránku s bílou plochou). Před světelný senzor telefonu umístíme polarizační filtr a celý telefon (se stále zakrytým senzorem) otáčíme před obrazovkou v rozsahu  $0^\circ$  až  $90^\circ$ . Je dobré si vytvořit nástroj, který nám pomůže určovat úhel, o který jsme s mobilem otočili. To je možné např. pomocí kruhového grafu, zobrazeného na Obr. 8 vlevo. Při otáčení (Obr. 9) se mění úhel mezi osou filtru a polarizací světla z monitoru, čímž se mění propouštěná intenzita. Tuto změnu v čase ručně zaznamenáváme do předem připravené tabulky. Abychom mohli současně měřit a telefon mít natočený displejem směrem k monitoru, je nutné využít funkci vzdáleného přístupu (např. přes jiný mobil nebo počítač). Vzhledem k tomu, že senzor osvětlení je přiložen přímo k monitoru, není třeba místnost nijak zatemňovat.

## Poznámky

Můžete si ověřit, že jeden polarizační filtr propustí přibližně polovinu nepolarizovaného světla.



Obr. 8. Kruhový graf zjednodušující polohování mobilního telefonu (otáčení o  $15^\circ$  v jednotlivých krocích) (vlevo), umístění polarizačního filtru na mobilní telefon (vpravo).



Obr. 9. Postupné otáčení mobilním telefonem před monitorem.

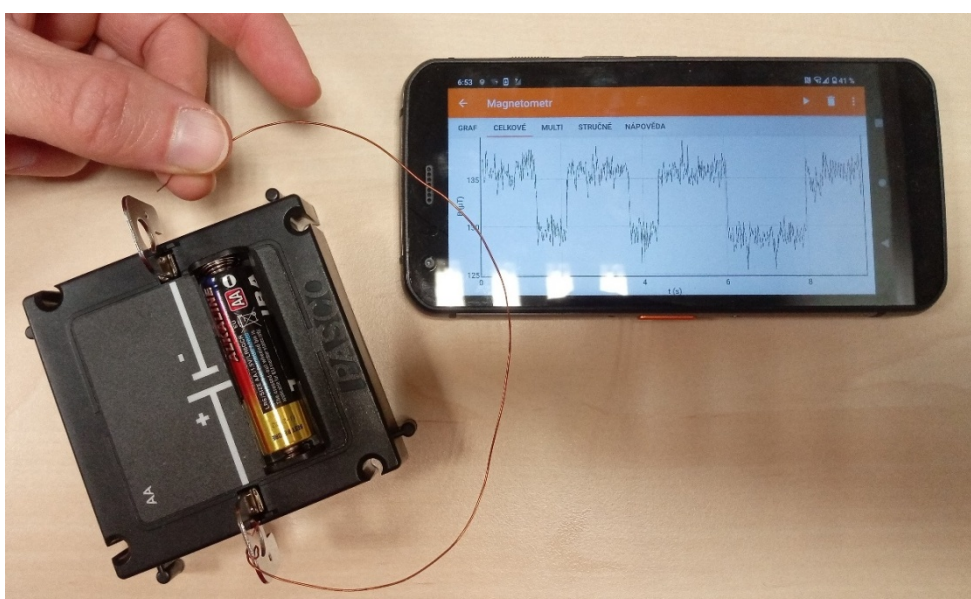
### Oerstedův experiment (elektromagnetismus)

Chytré telefony obsahují tři na sebe kolmé magnetické senzory, které detekují směr a velikost magnetického pole – nejčastěji zemského. Využívají se například při navigaci, ale lze je použít i pro fyzikální experimenty. Oerstedův experiment ukázal, že elektrický proud procházející vodičem vytváří magnetické pole, což je základní princip elektromagnetismu, který lze demonstrovat i s využitím senzorů v mobilních telefonech [8].

#### Postup měření

V aplikaci Phyphox spusťte experiment „Magnetometr“ a pomocí malého magnetu určete polohu senzoru (tam, kde je naměřená velikost pole nejsilnější). Pak nad tento bod umístěte vodič a na krátkou dobu připojte ke koncům vodiče baterii. Sledujte změny magnetického pole v aplikaci (Obr. 10). Vyzkoušejte různé směry proudu a typy baterií.

Pozor: Vodič se při zkratu zahřívá – baterii nedržte v ruce, případně zapojte do obvodu odpor (např. žárovku).



Obr. 10. Uspořádání pokusu.



## Poznámky

Experiment je kvalitativní – cílem je porozumění vztahu mezi proudem a magnetickým polem, nikoliv přesné měření. Díky jednoduchému provedení je vhodný pro výuku i demonstrace.

## Závěr

Aplikace Phyphox představuje dostupný a efektivní nástroj pro výuku fyziky s využitím běžných chytrých telefonů. Její uživatelsky přívětivé rozhraní, široká škála experimentů a možnost využití integrovaných senzorů umožňují studentům zkoumat fyzikální jevy přímo v terénu, ve třídě ale (a pro mě hlavně) i doma. V rámci představených experimentů bylo ukázáno, jak lze s pomocí telefonu měřit tepovou frekvenci, analyzovat vibrace motoru, ověřit Malusův zákon či demonstrovat vznik magnetického pole proudem ve vodiči. Díky své otevřenosti a jednoduchosti je ideálním prostředkem pro praktické zapojení studentů do fyzikálního bádání a podporuje rozvoj badatelsky orientované výuky. Jeho využití ve výuce zároveň rozvíjí digitální dovednosti žáků, ale i učitelů.

## Literatura

- [1] RWTH Aachen University, “Phyphox,” <https://phyphox.org/>.
- [2] RWTH Aachen University, “Arduino library,” <https://phyphox.org/arduino/>.
- [3] Kramer D.: *Teaching physics with phones: A game changer?* Physics Today 77, No 2 (2024), p. 23–25.
- [4] *Frequency spectrum on your phone | Part 3: Acceleration (en)*. [cit. 9. 9. 2025]. Dostupné online: <https://www.youtube.com/watch?v=PZf9p7iggyk>
- [5] #homelabchallenge: Resonance (en). [cit. 9. 9. 2025]. Dostupné online: <https://www.youtube.com/watch?v=M-FRbteXmyk>
- [6] Labster, “Malus’s law,” <https://theory.labster.com/malus-law/>.
- [7] Monteiro M., Stari C., Cabeza C., Martí A. C.: *The Polarization of Light and Malus’ Law Using Smartphones*. Phys. Teach. 55, (2017), p. 264–266
- [8] Sans J. A., Manjon F. J., Cuenca-Gotor V., & Giménez-Valentín M., Salinas I., Barreiro J., Monsoriu J., Gómez-Tejedor J. A.: *Smartphone: a new device for teaching Physics*. HEAd’15. Conference on Higher Education Advances (2015), p.415-422, 10.4995/HEAd15.2015.332.

# Vesmírná mise – ESA projekty

Hana Trhlíková

Základní škola Sokolov, Křižíkova 1916

Abstrakt

*Tento příspěvek popisuje aktivity, které jsme realizovali během školního roku 2024/25 v rámci kroužku Hrátky s fyzikou na naší škole. Kroužek navštěvovalo 8 žáků ve věku 12 až 15 let.*

*Najdete zde stručný popis aktivit, odkazy na návody, videa a pracovní listy (vše jsou materiály ESA).*

## Vesmírná mise – ESA projekty

### Cíl všech našich aktivit

- Vytvořit nadšený tým žáků, kteří se budou pomocí různých aktivit připravovat na svoji Vesmírnou misi,
- zapojit se do badatelských aktivit projektu Mise X,
- vytvořit 3D model měsíční základny v rámci projektu Moon Camp.

**Mise X**

Trénuj jako astronaut



Obr. 1. Loga ESA projektů.

### Start Vesmírné mise

Inspiraci na výrobu jednoduchých raket na stlačovaný vzduch jsem našla na eshopu Temu. Rakety jsme ale vyráběli sami. K výrobě jsme použili PET lahve různých velikostí, elektroinstalátorskou ohebnou trubku, kousky pevné instalační trubky, lepicí pásku a papír k výrobě rakety. Úkolem dvojic bylo vytvořit odpalovací systém pomocí lahve, na kterou upevnili ohebnou trubku a na její konec upevnili asi 15 cm dlouhou pevnou trubku. Podle tloušťky pevné trubky pak vyrobili raketu, kterou na trubku navlékli. Odpal pak prováděli dopadem obounož na láhev, která pak tlakem vzduchu vystřelovala raketu.



Obr. 2. Start Vesmírné mise.



Obr. 3. Příprava na odpal rakety.

## Dobývání vody ze zmrzlé horniny

**Předpoklad** – v hlubokých kráterech u pólů Měsíce by se měla nacházet voda ve zmrzlé hornině.

Naším úkolem bylo odhadnout, kolik takové horniny musíme vytěžit, abychom z ní získali vodu, která pokryje denní spotřebu naší mise.

Vzorky – hroudy zmrzlého mokrého písku

### Průběh aktivity:

- Odhady minimální spotřeby vody na osobu a naší celkové spotřeby
- Vážení vzorků
- Filtrace
- Vysoušení filtrátu a opětovné vážení
- Výpočet obsahu vody a výpočet potřebného množství horniny na den.

Poznámka: Aktivitu jsme rozdělili na dvě setkání, mezi kterými probíhalo vypařování vody ze vzorků.

## ASTRO FARMER

Několikatýdenní projekt pěstování rostlin a sledování vlivu podmínek na jejich růst.



Obr. 4. Klíčení a růst fazolek a hrášků.

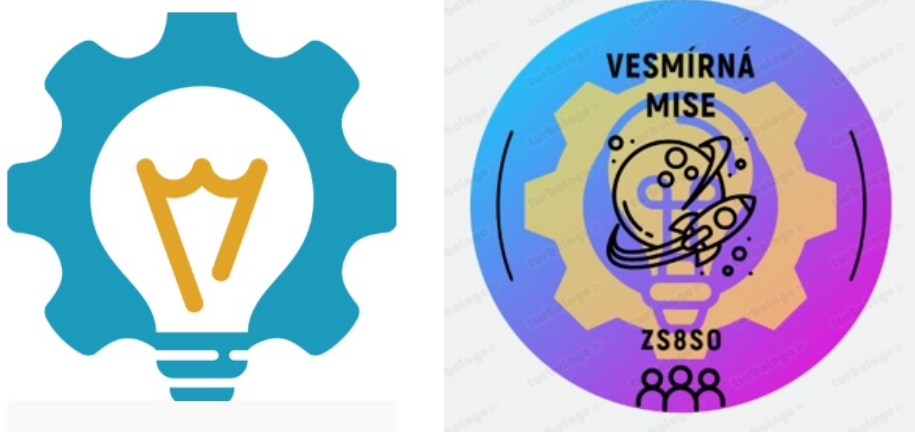
V rámci tohoto projektu jsme se zabývali podmínkami na povrchu Měsíce, nutností pěstování rostlin ve sklenících z důvodu vytvoření umělé atmosféry, rozebrali si úlohy procesu fotosyntézy a dýchání rostlin. Sledovali vliv dostatečného množství vody a světla na růst rostlin. Náměty na aktivity najdete v materiálu:

<https://www.eserocz.cz/materialy-pro-vyuku/astro-farmer.>

## Logo Vesmírné mise

[https://www.eserocz.cz/files/ugd/355a29\\_183adea06f104e2bbb3c513310905eb0.pdf](https://www.eserocz.cz/files/ugd/355a29_183adea06f104e2bbb3c513310905eb0.pdf)

Tato aktivita byla zaměřena na grafické dovednosti starších žáků. Vše probíhalo tak, že kolem jednoho osmáka, který se pustil do tvoření, byl celý houf poradců, kteří chtěli, aby se to podobalo logu školy, aby tam byla raketa a bylo to pěkně barevné. Obrázky jsme pak natiskli na nálepkový papír a nalepili si na sešity.



Obr. 5. Srovnání loga naší školy (vlevo) s logem naší Vesmírné mise.

## Život astronauta – seznamování se se životem na ISS

Jde o několikátýdenní aktivitu, kterou jsme střídali s výukou základů modelování v OpenScadu (3D tisk). Pracovali jsme s videi na youtube, která pro propagaci ISS vytvořila

italská astronautka Samantha Cristoforetti. Video jsou v angličtině. Pro lepší pochopení jsem nastavila nižší rychlost přehrávání a titulky.

- Samantha Cristoforetti – její představení na ISS: <https://www.youtube.com/watch?v=Z2jmXqxllJE>
- Příprava jídla na ISS: <https://www.youtube.com/watch?v=4exaXdPKS3Y>
- Udržování fyzické kondice: [https://www.youtube.com/watch?v=nNYL\\_PhUnTw](https://www.youtube.com/watch?v=nNYL_PhUnTw)
- Co s volným časem – koníčky: [https://www.youtube.com/watch?v=Lzjz7pDfS\\_4](https://www.youtube.com/watch?v=Lzjz7pDfS_4)

Po shlédnutí videa následovala diskuze o tom, co jsme viděli, a práce s Deníkem astronauta – několikastránkovým pracovním materiálem, který najdete na odkazu:

[https://www.stem.org.uk/system/files/elibrary-resources/2022/10/PR57-Astronaut\\_logbook.pdf](https://www.stem.org.uk/system/files/elibrary-resources/2022/10/PR57-Astronaut_logbook.pdf)



Obr. 6. Obálka deníku astronauta.

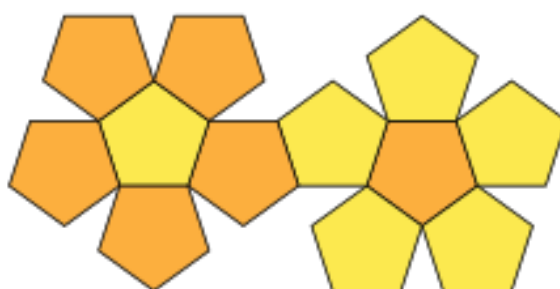
## Měsíční základna v papírové podobě

Po tom, co jsme zjistili, že podmínky na Měsíci nejsou moc vhodné pro běžný život člověka ani rostlin, jsme začali plánovat stavbu budov, skleníků, solárních elektráren a tunelů, které mají všechny stavby propojovat. Pro vytváření budov jsme použili Platónská tělesa – 12stěn a 20stěn. Žáci pracovali rozdělení do dvou týmu.

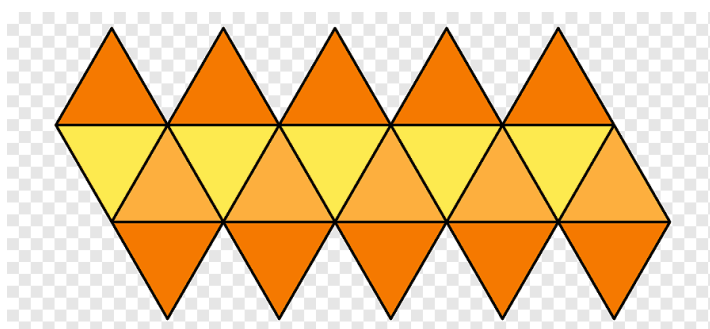




Obr. 7, 8. Papírové modely měsíční základny.



Obr. 9. Síť dvanáctistěnu.



Obr. 10. Síť dvacetistěnu.

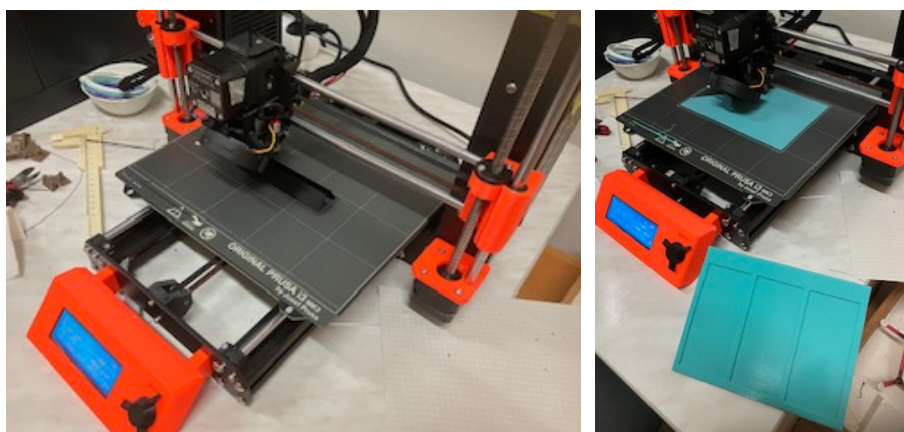
## Modelování měsíční základny

Po zvládnutí prvních krůčků 3D modelování u začátečníků (do kroužku chodili i žáci, kteří modelovali již předchozí rok), jsme si rozdělili části základny na jednotlivé prvky. Méně zkušení členové týmu modelovali jednoduché tunely, zkušenější se pustili do budov a solárních elektráren. První prototypy jsme vytiskli a pak opět upravovali, abychom dostali jednotlivé části vhodných velikostí. Když jsme byli spokojeni se vzhledem základny, děvčata vyrobila z překližky a písku podklad, který má připomínat povrch na Měsíci.





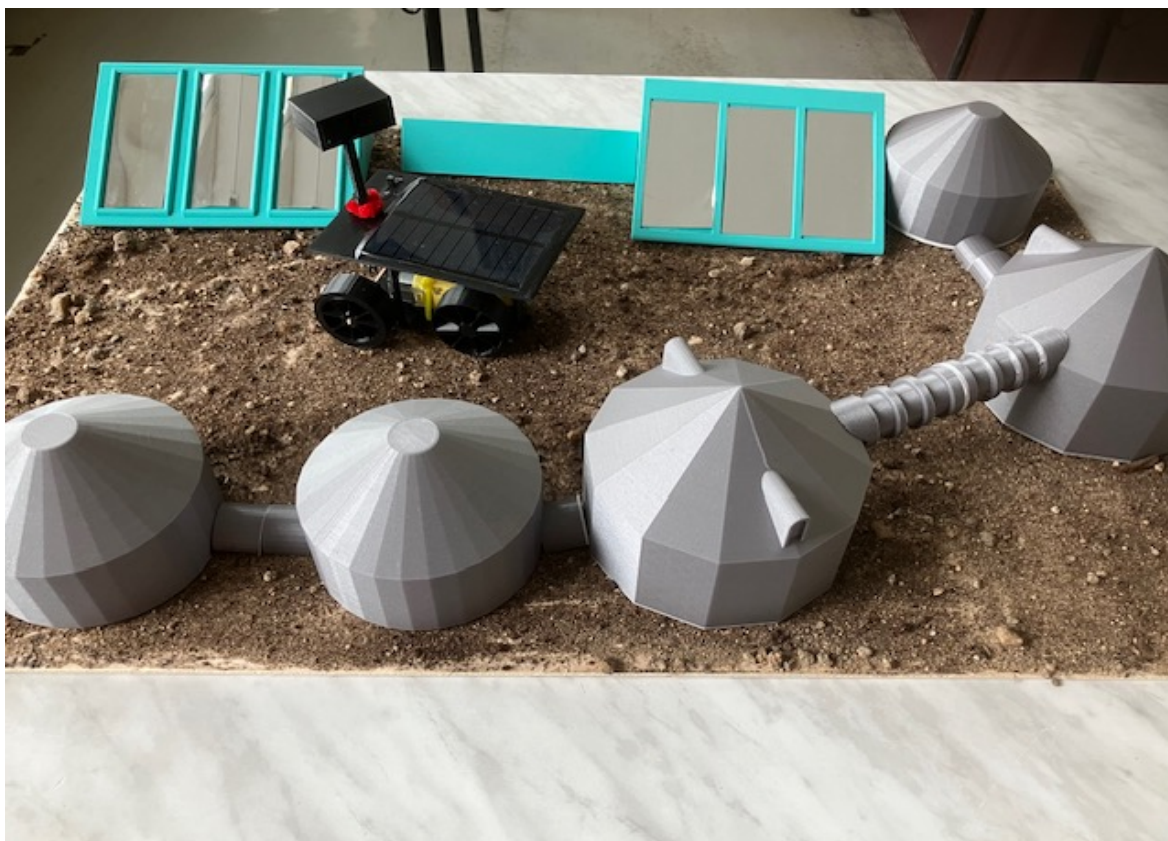
Obr. 11, 12. Modelování částí měsíční základny.



Obr. 13, 14. 3D tisk.



Obr. 15. Příprava kamenného podkladu měsíční základny.



Obr. 16. Konečná verze měsíční základny doplněná o měsíční vozítko.

## Měsíční vozítko na solární pohon

Měsíční vozítko bylo naší poslední vesmírnou výzvou. Obsahuje dva druhy masivních koleček, podvozek s upevněným motůrkem (<https://www.hadex.cz/l754b-motorek-3-6v017a-s-prevodovkou-prevod-148/>), horní desku se spínačem a solárním panelem (<https://www.hadex.cz/g970d-fotovoltaicky-solarni-panel-mini-5v185ma-90x70mm/>) a něco jako kameru umístěnou v „hlavě“ vozítka. Chtěli jsme, aby vozítko vzhledově připomínalo americké rovery, vyslané jako průzkumná vozítka na Mars (2003–2004), která měla taky solární panel ([https://cs.wikipedia.org/wiki/Mars\\_Exploration\\_Rover](https://cs.wikipedia.org/wiki/Mars_Exploration_Rover)). Na tomto projektu vynikl opravdu týmový duch členů kroužku, ale taky posun v modelářských dovednostech. Po dvojicích si rozdělili modelované části, domlouvali se na rozměrech, se šuplérou v ruce a součástkami na lavici navrhovali všechny detaily. Po několika hodinách a taky úpravách jsme součástky vytiskli, autíčka sestavili a spájeli elektrické obvody. Autíčko jezdí při osvětlení 500W reflektorem nebo za slunečního počasí. Kolečka na motůrku je nutné pokaždé pootočením uvést do chodu.

## Závěr

Tento příspěvek byl vytvořen především pro inspiraci učitelům základních škol a nižších ročníků víceletých gymnázií. Některé aktivity se dají zařadit do hodin informatiky, přírodopisu nebo přírodovědy, práce s videi do hodin fyziky ale taky anglického jazyka. Téma Vesmíru je pro žáky hodně přitažlivé, proto se dá dobře využít k motivaci k technickému vzdělávání.

## Výukové materiály o jaderné fúzi (překlad)

Petr Vetiška

GMVV Klamovka Praha 5

### Abstrakt

*FuseNet zpracoval 5 modulů výukových materiálů pro středoškolské studenty (úroveň ISCED 3-4) o Jaderné fúzi. Jsou to Základy fúze, Cesta k fúzi, Ovládání plazmy, Materiály pro fúzi a Nasazení fúze. Přeložené jsou zatím 4, na pátém se pracuje.*

*V tomto článku je podrobně uveden obsah všech modulů.*

### Skladba výukových materiálů

Kompletní moduly obsahují:

- Příručku pro studenty, včetně úloh ve třídě
- Rozšiřující úlohy
- PowerPointovou prezentaci, včetně úloh ve třídě
- Příručku pro učitele včetně následujících doplňků:
  - Tabulka konstant a převodních koeficientů
  - Řešení úloh ve třídě
  - Řešení rozšiřujících úloh

Klíčová je u všech modulů PowerPointová prezentace. Jsou v ní vždy uvedena veškerá fakta o daném tématu a příklady pro samostatnou práci studentů, včetně jejich řešení – vždy až na následujících snímcích.

Příručka pro studenty obsahuje podrobnější vysvětlení některých pojmů a texty příkladů z prezentací – bez řešení. Většinou neobsahuje obrázky, jsou v ní však uvedeny odkazy na další informační zdroje

Příručka pro učitele je rovněž většinou textová, obsahuje více odkazů na další informační zdroje. Obsahuje i schémata výukových lekcí. Jsou v ní uvedena řešení standardních i rozšiřujících úloh.

Rozšiřující úlohy nejsou v současné době u modulů 4 a 5.

Jednotlivé moduly vysvětlují:

### Základy fúze

Je úvodním modulem, bez jeho znalosti je velmi obtížné porozumět látce dalších modulů.

Přistupuje k problematice fúze v souvislostech s celosvětovou potřebou energie a jejími zdroji. Vede k zamyšlení nad udržitelností i v souvislosti s celosvětovým růstem populace. Charakterizuje jednotlivé zdroje energie s ohledem na životní prostředí a třídí je i podle jejich škodlivosti. Vysvětluje rozdíly mezi jednotlivými kategoriemi zdrojů.

Z uvedených faktů jednoznačně vyplývá nutnost ovládnout jadernou fúzi pro zajištění dostatku energie v budoucnosti – 22. a následující století. Jako dočasné řešení je doporučen rozvoj současné jaderné energetiky, protože neprodukuje CO<sub>2</sub> a je proto nejšetrnější k Zemi.

Je zde zopakována stavba atomů, izotopů a iontů a uveden základní rozdíl mezi štěpnou a fúzní reakcí. Jsou uvedeny základní podmínky pro fúzi na Zemi.

Další část je věnována plazmatu a jeho ionizaci, jsou zopakovány základní vlastnosti elektrických a magnetických polí a chování nabitých částic v nich. Je vysvětlen princip magnetického uvěznění plazmatu, aby nedošlo k jeho dotyku se stěnami tokamaku. (Plazma bude mít teplotu 150 milionů °C.)

Je vysvětlena konstrukce tokamaku a umístění jednotlivých magnetických systémů i jejich funkce.

Dále jsou připomenuty magnetická indukce, magnetický indukční tok, elektromotorická síla a transformátory v souvislosti s cívkami magnetických systémů.

Následující moduly je možno vybírat dle potřeby výuky.

## Cesta k fúzi

Byla ovlivněna i celkovou politickou situací ve světě, takže spolupráce východ – západ se začala plně rozvíjet až po konci studené války.

Arthur Eddington jako první vysvětlil ve 20. letech XX. století, že zdrojem energie Slunce je jaderná fúze.

Do 2. světové války se konaly vesměs neúspěšné pokusy o fúzi.

V padesátých a šedesátých letech se intenzivně začalo pracovat na výzkumu fúze ve Velké Británii, Spojených státech a Sovětském svazu. Vznikla různá zařízení – Pinch (UK), Stelarátory (USA) a Tokamak (SSSR). Jsou vysvětleny principy jejich činnosti a doplněny obrázky. Postupně se k výzkumu přidaly i další země. Jsou uvedeny některé dosažené rekordní hodnoty.

Bylo zjištěno, že s velikostí zařízení roste i podíl získané energie ku energii dodané, i když dosud získaná energie nikde nepřevážila. Zároveň se i zvyšuje počet nestabilit, hrozících poškozením zařízení.

Z dosavadních výsledků pokusů vyplynula nutnost stavět větší zařízení, která jsou též finančně značně náročná. K celosvětové spolupráci otevřela cestu r. 1985 Ženevská dohoda USA a SSSR (Gorbačov a Reagan).

V Cadarache (Francie) se v současnosti buduje celosvětový projekt tokamak ITER, jehož odhadované náklady jsou 22 miliard euro a měl být dokončen v prosinci 2025. Zpoždění způsobené Covidem posunulo termín dokončení na léto 2027. V něm proběhnou experimenty s vodíkovým plazmatem 2027–2035; v l. 2035–2050 experimenty s plazmatem z reakce Deuterium–Tritium. Na financování se podílejí: EU, USA, Rusko, Japonsko, Indie, Čína a Jižní Korea – všichni dodávkami dílů.

Předpokládaný tepelný výkon by měl být desetinásobkem spotřebované energie.

## Ovládání plazmy

Se zabývá konkrétními úkoly při řízení provozu.

Jsou uvedeny základy automatických řídicích okruhů, možné metody ohřevu plazmatu a jejich užití. K technologickým výzvám patří i metody měření těchto extrémních teplot, které se kombinují.

Na konci jsou uvedeny odkazy na další informační zdroje.

## Materiály pro fúzi

Uvádí zdůvodnění použití různých materiálů při konstrukci ITERu a nejružnější konstrukční detaily s ohledem na vysokou tepelnou zátěž.

Plazma o extrémní teplotě (150 milionů K), musí být bezpečně odděleno od supravodivých magnetů pracujících při teplotě jen 4 K. To musí zajistit „pokrývka“ jejíž konstrukce je podrobně popsána. Má 2 hlavní úkoly, odvést veškeré teplo nesené neutrony a atomy helia a zároveň zajistit produkci tritia pro fúzní reakce. Vše je ilustrováno množstvím schématických obrázků.

Jsou rozebrány kladné (přenos tepla) i záporné (křehnutí, zvýšení objemu) účinky neutronů na celé zařízení.

## Nasazení fúze

Je závěrečný modul.

Je probrána role obnovitelné a další energie v celkovém energetickém mixu s výhledem na rok 2040.

První fúzní elektrárny (DEMO) by se měly uvádět do provozu v r. 2050, s předpokládaným výkonem 1 GW. Předpokládá se, že budou prvně vznikat právě v zemích financujících ITER. V nákladech na elektrárny budou tvořit investice 73 %, opravy 16 % a provoz s údržbou 9 %. Zbývající 2 % jsou určena na likvidaci dosloužilého zařízení.

Předpokládá se, že se při každém zdvojnásobení počtu elektráren budou náklady na ně o 10 % nižší.

Zároveň bude postaveno ještě jedno zkušební zařízení, v němž se bude zkoumat dlouhodobý vliv neutronového záření na možné použité materiály „International Fusion Materials Irradiation Facility – DEMO Oriented Nuclear Source (IFMIF-DONES)“.

Plné využití energie z jaderné fúze se předpokládá v příštím století.

## Celkový rozsah materiálů

| Modul                    | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  |
|--------------------------|----|----|----|----|----|
| PowerPointová prezentace | 50 | 37 | 22 | 38 | 51 |
| Příručka pro učitele     | 29 | 17 | 15 | 15 | 17 |
| Příručka pro studenty    | 43 | 29 | 14 | 32 | 36 |
| Rozšiřující úlohy        | 4  | 3  | 2  | -  | -  |

## Kde lze úplné materiály nalézt?

Po kontrole odborným českým lektorem budou oficiálně zveřejněny na adrese:

<https://fusenet.eu/education/materials>



# Digitální kompetence ve fyzice nižšího gymnázia

Vladimír Vícha

Gymnázium, Pardubice, Dašická 1083; ÚTEF ČVUT Praha

## Abstrakt

*V souvislosti s revizí RVP došlo ke změnám ŠVP, a řadu témat, která se vyučovala v informatice, přebírají další předměty. Třeba fyzika. Můj příspěvek představuje několik konkrétních aktivit, které vůbec nejsou nové, ale naplňují požadavky na využití informatických dovedností jako je zpracování dat v Excelu, tvorba a analýza grafů, ovládání měřicích systémů, a to i vzdáleného experimentu, stažení naměřených dat. Zkušenosti s projektem Czech Rad, vzdálenou laboratoří nebo scintigrafickým lékařským vyšetřením by mohly být zajímavé nejen pro učitele nižšího stupně gymnázia, ale i základních škol.*

## Změny v RVP a ŠVP

V roce 2021 vyšel nový RVP pro základní vzdělávání. V něm se ruší předmět INFORMAČNÍ A KOMUNIKAČNÍ TECHNOLOGIE a zavádí se předmět INFORMATIKA. V novém předmětu má být učivo: data, informace, kódování a přenos dat, modelování, algoritmizace, programování, tvorba digitálního obsahu. Úkolem informatiky tedy již není učit žáky práci s Wordem, Excelem či PowerPointem a tyto dovednosti musejí žáci získat v jiných vyučovacích předmětech tak, jak si to jednotlivé školy zakotví ve svých ŠVP. Na našem gymnáziu jsme již dávno před touto reformou využívali Excel ve fyzice k zápisu naměřených dat, tvorbě tabulek a grafů a k zautomatizování výpočtů v těchto tabulkách. PowerPoint využívají žáci při tvorbě prezentací a ve Wordu tvoří laboratorní protokoly. Takže logicky v těchto činnostech pokračujeme a naplňujeme tak výše zmíněné změny v informatice.

## Jaké dovednosti v práci s Excelem potřebujeme studenty naučit?

Po dlouholetých zkušenostech z výuky především laboratorních a dalších experimentálních prací ve fyzice jsme si stanovili, co budou studenti nižšího gymnázia při práci s Excelem potřebovat: Vytvořit tabulku a zapisovat do ní údaje a vzorce, použití čísla  $\pi$ , zaokrouhlení číselné hodnoty na daný počet desetinných míst, funkce součet a funkce průměr, relativní a absolutní odkaz na buňku, automatické vyplnění tabulky např. s diferencí 5. Ze všech možných grafů preferujeme graf bodový z izolovaných bodů, název grafu, popis os, legenda, dva a více grafů do jednoho obrázku, proložit spojnicí trendu (především lineární), zobrazit rovnici trendu a pracovat s ní (např. určit rychlost rovnoměrného pohybu). Většina studentů si tyto dovednosti zapamatuje již po prvním seznámení. A když ne, tak vypomůže spolužák, protože pracujeme ve dvou či tříčlenných týmech.



## Některé naše aktivity

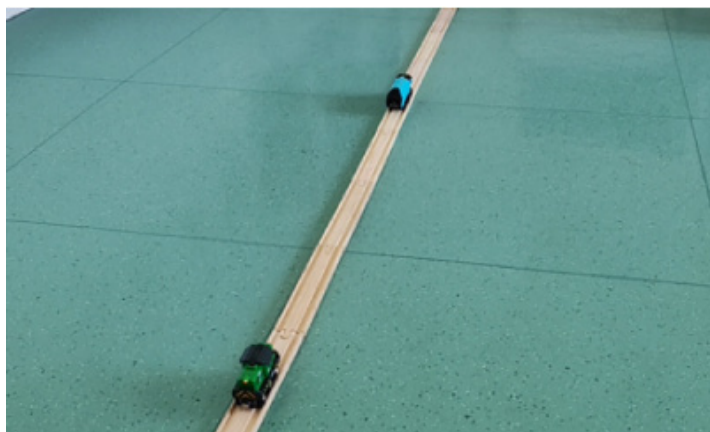
Nyní se zmíním o několika našich fyzikálních aktivitách podrobněji. Ve zkratce uvedu jejich názvy: Mašinky, Transformátor, Elektromagnetická indukce, Radiofarmakum, Radioaktivita s CzechRad.

### Mašinky

Je to laboratorní práce ve cvičení z fyziky v tercii osmiletého gymnázia (45 min) a na vyšší úrovni pak v 1. ročníku čtyřletého gymnázia, resp. kvintě osmiletého gymnázia (90 min).

Smyslem práce je analyzovat pohyb dvou mašinek na elektrický pohon, nakreslit v Excelu grafy závislosti dráhy na čase, určit druh pohybu, rychlosti a další úkoly.

Mašinky jedou po dřevěných kolejkách na podlaze polepené čtverci z linolea a straně 0,6 m. Studenti na svých mobilech měří mezičasy v okamžicích, kdy mašinka vjíždí na strany čtverců.

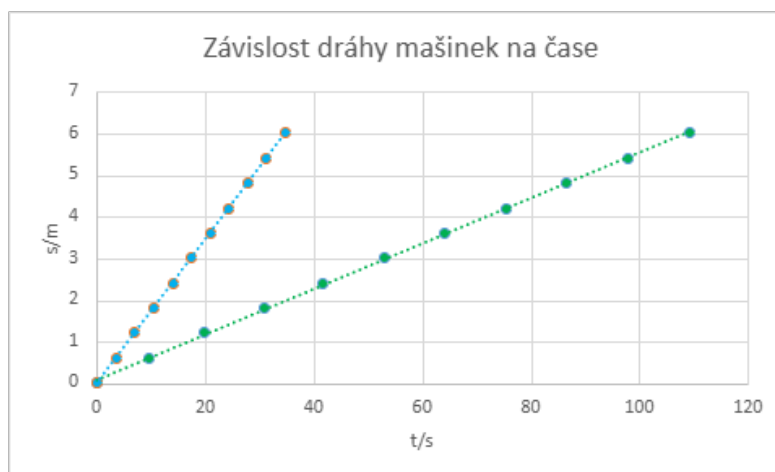


Obr. 1. Pohyb mašinek po dřevěných kolejkách a přes čtverce na podlaze.

V Excelu studenti vytvoří tabulku (Tabulka 1), grafy, spojnice trendu (obr. 2) a určí průměrné rychlosti.

Tabulka 1. Závislost dráhy mašinek na čase.

|                     |   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |        |
|---------------------|---|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Mezičasy zelená (s) | 0 | 9,58 | 19,85 | 30,76 | 41,57 | 52,90 | 64,09 | 75,51 | 86,52 | 97,80 | 109,29 |
| Mezičasy modrá (s)  | 0 | 3,63 | 6,98  | 10,61 | 13,95 | 17,40 | 20,79 | 24,27 | 27,76 | 31,20 | 34,61  |
| Dráha (m)           | 0 | 0,6  | 1,2   | 1,8   | 2,4   | 3,0   | 3,6   | 4,2   | 4,8   | 5,4   | 6,0    |



Obr. 2. Grafy pohybu mašinek s proloženými spojnicemi trendu.

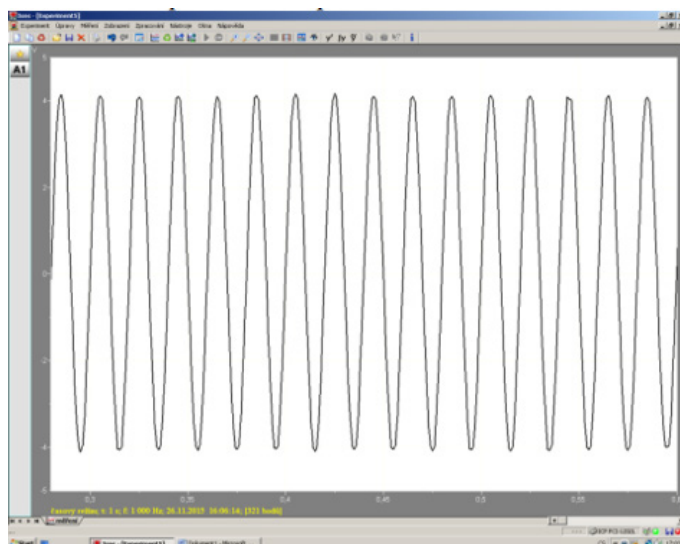
Modrá mašinka je přibližně třikrát rychlejší než zelená, což student určí výpočtem průměrné rychlosti a spojí si to s analýzou grafů – modrá přímka „roste rychleji“ než zelená.

Jako doplňkové úkoly určí studenti vzdálenost mezi železničními stanicemi Pardubice hl. nádraží a Praha hl. nádraží (digitální kompetence hledání v elektronickém jízdním řádu) a vypočítají, za jak dlouho by mašinky dojely po kolejích z Pardubic do Prahy. Samozřejmě za předpokladu, že se baterie nevybijí a rychlost mašinek bude stále stejná. Výsledek je jistě zajímavý, protože rychlejší mašinka by dojela přibližně za týden. Pokud je skupina šikovná, lze si nechat zobrazit rovnici trendu  $y = ax + b$  a z ní určit rychlost jako koeficient  $a$ .

## Transformátor

Je to laboratorní práce v kvartě osmiletého studia (45 min).

Hlavním cílem práce je ověřit známou rovnici pro transformaci napětí  $\frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1}$ , kde napětí měříme digitálními multimetry. Nejprve ale používáme voltmetry ISES, abychom vizualizovali, že zdroj generuje střídavé napětí (obr. 3). Analýzou grafu na monitoru počítače mají studenti určit periodu, frekvenci a amplitudu střídavého napětí. Poprvé si tak vlastnoručně změří, že frekvence napětí v elektrorozvodné síti je 50 Hz.



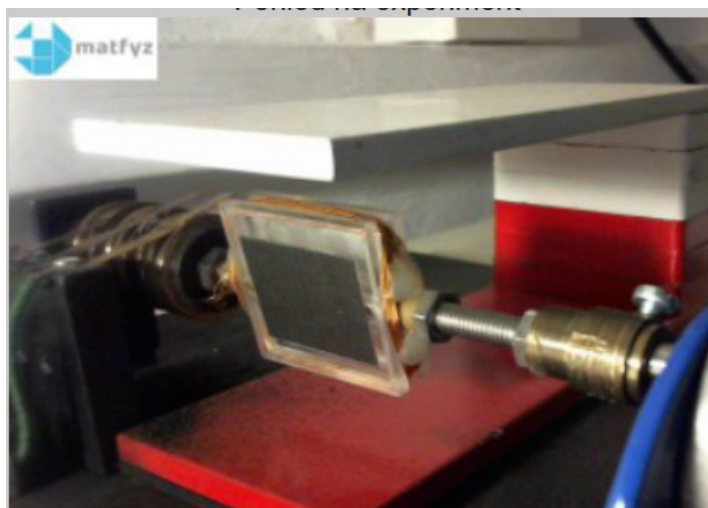
Obr. 3. Vizualizace střídavého napětí voltmetrem ISES.

### Elektromagnetická indukce

Je to domácí práce v kvartě osmiletého gymnázia. Studenti pracují samostatně, nikoli v týmech (asi 10 dní).

Smyslem práce je studovat vznik střídavého napětí na principu elektromagnetické indukce a to tak, že student řídí přes svůj počítač vzdálený experiment.

Při výuce elektromagnetické indukce ukazujeme ve škole demonstrační experimenty s otáčením cívky v magnetickém poli a vznikem střídavého napětí. Na závěr této kapitoly ukazujeme také připojení na vzdálený experiment na MFF UK a ovládání tohoto experimentu popsán v [1]. Otáčení cívky můžeme sledovat přímo na kameře, obr. 4.



Obr. 4. Fotografie z kamery sledující experiment Elektromagnetická indukce.

K experimentu se v daném okamžiku může samozřejmě připojit jen jeden uživatel, který volbou napětí na motorku mění frekvenci otáčení cívky a zapíná časový záznam napětí. Na rotoru jsou 2 cívky (o 18 a 36 závitů) a uživatel může přepínat záznam napětí z každé

z nich. Časový graf lze sledovat přímo na monitoru počítače, ale je také možné si data stáhnout a pracovat s nimi, např. v Excelu. To je také úkol našich studentů.

**Úkol:** Na adrese <http://kdt-39.karlov.mff.cuni.cz/index.html> si otevřete vzdálený experiment, spusťte měření a proveďte záznam dat.

Data načtete do Excelu a vytvořte bodový graf – musí mít název a popis os. Z grafu určete požadované veličiny.

**Postup měření:**

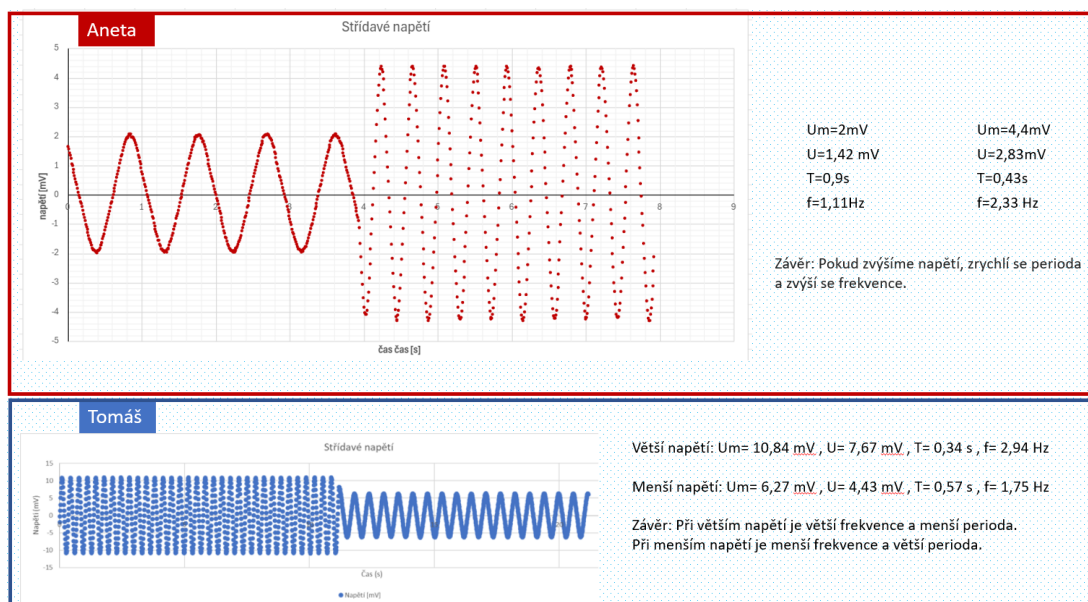
- Děvčata si zvolí cívku s 18 závitů a chlapci cívku s 36 závitů.
- Každý si podle sebe zvolte nějaké napětí (2 V až 10 V) pro motor, který otáčí cívku. Vyšší napětí způsobí vyšší frekvenci otáčení. Zapněte start záznamu.
- Nechte proběhnout několik period a pak napětí, tedy i otáčky motoru, změňte. Opět nechte proběhnout několik period a stiskněte konec záznamu.
- Data budou ve stažených datech (downloads). Načtete je do Excelu a vytvořte bodový graf.

Z grafu pro obě frekvence otáčení cívky určete:

|                  |         |
|------------------|---------|
| amplitudu napětí | $U_m =$ |
| efektivní napětí | $U =$   |
| periodu          | $T =$   |
| frekvenci        | $f =$   |

**Závěr:** Zhodnoťte, co jste při svém měření zjistili, ověřili.

Pro zdárný průběh celé aktivity je dobré dát studentům několik dní, aby si vyzkoušeli připojení a ovládání experimentu a mohli se zeptat na nejasnosti. Poté mají asi týden na změření, vypracování a odevzdání úkolu do Teams. Je dobré upozornit, aby si nenechávali měření na dobu těsně před deadline, protože připojení může být v danou chvíli jen jeden uživatel. Na obr. 5 je ukázka domácí práce Anety a Tomáše.



Obr. 5. Ukázky odevzdaných domácích prací – vzdálený experiment.

## Radiofarmakum

Je to domácí týmová práce (tým = 2 studenti) v kvartě osmiletého gymnázia (týden).

Práce je zařazena do tématu Radioaktivita a jejím cílem je ukázat, jak se radioaktivní záření využívá v medicíně a jak intenzita záření (aktivita) radiofarmaka s časem klesá. Studenti se naučí sestavit a analyzovat graf.

*Teorie:* Radioaktivní látky se využívají také v medicíně při vyšetření, kterému se říká scintigrafie. Pacientovi se podá malé množství radiofarmaka, jež vznikne smísením látky, kterou organismus běžně přijímá (třeba glukóza) s prvkem s radioaktivními atomy (radionuklidem). Říká se jim také značené atomy. Vyzařují většinou záření gama a dají se tak v těle vystopovat. Vyčká se, až se radiofarmakum po těle rozšíří a může se tak nahromadit v místech, kde jsou rakovinné buňky (hromadí třeba glukózu). Záření gama, které zachytí gamakamera, vytvoří scintigrafický snímek rozložení radioaktivních atomů v těle. Ze snímků lze vyčíst informace o struktuře i funkci orgánů a tkání. Radioaktivní atomy se používají takové, aby intenzita jejich záření brzy klesla a nezatěžovalo tak pacienta příliš dlouho.

*Popis vyšetření:* Naše pacientka byla ve fakultní nemocnici v Hradci Králové na oddělení radiologie na celotělovém scanu. Šlo o vyšetření po odstranění rakovinného nádoru a chemoterapii. Scintigrafický snímek měl prokázat, zda byla léčba rakoviny úspěšná. Injekcí jí bylo do těla vstříknuto radiofarmakum a pak musela asi dvě hodiny čekat v čekárně. Následně jí byl pomocí gamakamery proveden celotělový scan a mohla odejít domů. Bylo jí doporučeno, aby jeden den nechodila do blízkosti malých dětí ani těhotných žen. Vyhodnocení snímku ukázalo, že léčba byla úspěšná.

*Měření:* S pacientkou bylo předem domluveno, že bude pomocí Geiger-Müllerova čítače (souprava Gamabeta obr. 6) dlouhodobě měřit, jak intenzita radioaktivní záření jejího těla s časem klesá. Detektor přiložila vždy na stejné místo a provedla desetisekundové měření. Připojený čítač ukázal číslo – počet impulzů za 10 sekund. Po příjezdu domů z nemocnice byly počty impulzů ještě tak vysoké, že nešly měřit. Musela s měřením několik hodin počkat, až záření klesne, a pak již měřila přibližně vždy po 30 minutách. Když spala, tak samozřejmě neměřila. Naměřená data jsou v tabulce 2. Čas 0 minut odpovídá okamžiku, když již detektor „stíhal“ měřit.

Tabulka 2. Závislost intenzity záření radiofarmaka na čase.

|                       |      |      |     |     |      |      |      |      |      |      |      |     |
|-----------------------|------|------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| Čas (min)             | 0    | 30   | 60  | 90  | 128  | 150  | 183  | 210  | 249  | 270  | 300  | 330 |
| Počet impulzů za 10 s | 1119 | 1044 | 990 | 954 | 820  | 729  | 691  | 617  | 723  | 665  | 540  | 578 |
| Čas (min)             | 840  | 870  | 930 | 995 | 1133 | 1216 | 1288 | 1456 | 1590 | 1680 | 2420 |     |
| Počet impulzů za 10 s | 159  | 203  | 151 | 154 | 132  | 128  | 96   | 65   | 67   | 52   | 13   |     |



Obr. 6. Geiger-Müllerův čítač ze soupravy Gamabeta.

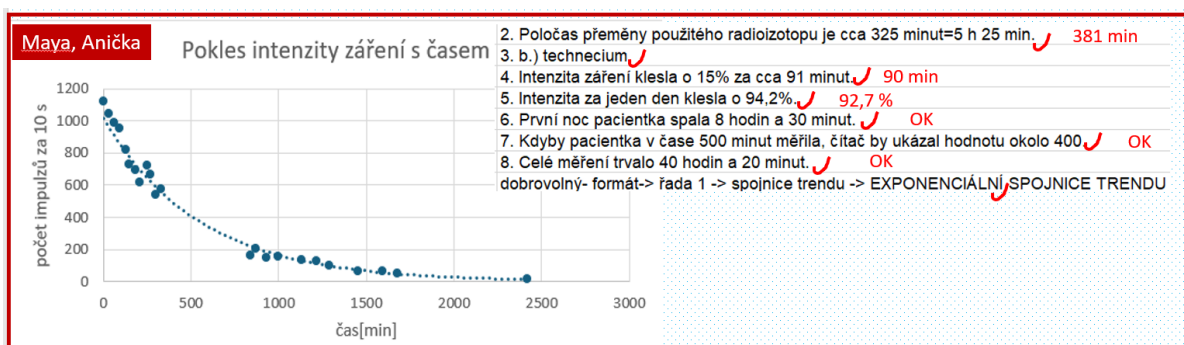
Úkoly:

1. Přepište data do tabulky v Excelu a sestrojte graf s názvem: Pokles intenzity záření s časem. Graf bude bodový bez spojování bodů. Správně popište obě osy.
2. Poločas přeměny (říká se i poločas rozpadu) je doba, za kterou klesne počet radioaktivních atomů na polovinu, resp. klesne intenzita záření na polovinu. Zkuste z vašeho grafu či tabulky odhadnout poločas přeměny použitého radionuklidu.
3. Na základě řešení úkolu 2 rozhodněte, jaký radionuklid byl pacientce vstříknut. Máte na výběr z následujících možností:
  - a) jód  $^{131}\text{I}$  s poločasem přeměny 8 dní
  - b) technecium  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  s poločasem přeměny 6 hodin
  - c) fluor  $^{18}\text{F}$  s poločasem přeměny 1,8 h
4. Za jak dlouho od začátku měření klesla intenzita záření o 15 %?
5. O kolik procent klesla intenzita záření za 1 den?
6. Určete, jak dlouho pacientka první noc spala.
7. V čase 500 minut pacientka spala. Kdyby ale měřila, kolik impulzů by asi ukázal čítač? Odhadněte z grafu.
8. Kolik hodin a minut trvalo celé měření? Uvedte ve formátu např. 11 h 30 min.

*Dobrovolný úkol:* Do grafu by šla proložit spojnice trendu. Jak se jmenuje funkce, která by pro to byla vhodná? Umíte ji proložit?

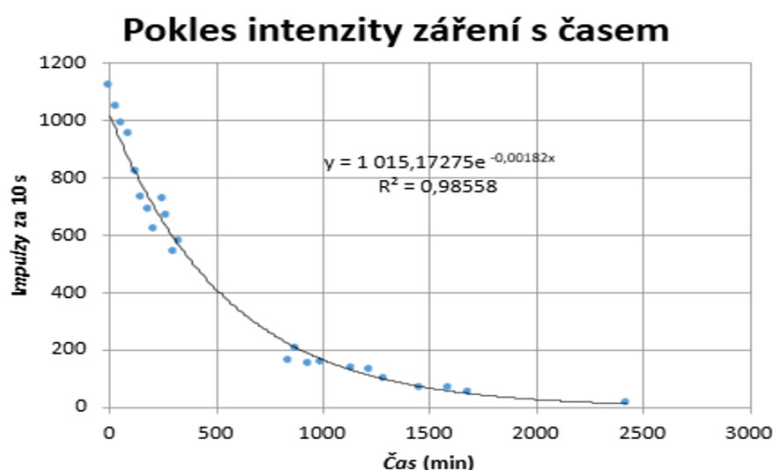
Odevzdaná řešení bývají téměř vždy v pořádku. Např. technecium odhalili všichni. Ukázku řešení jednoho týmu vidíme na obr. 7. Červeně jsou doplněny poznámky učitele. Jen poločas přeměny se od správné hodnoty poněkud liší, ale ostatní odpovědi jsou správně, protože radioaktivní rozpad je náhodný proces a přesná čísla nelze předpovědět.





Obr. 7. Pokles intenzity záření s časem.

Je zřejmé, že z experimentu lze vytěžit ještě více, pokud jej zařadíme do tématu radioaktivita na vyšším gymnáziu. Pak lze do naměřených dat fitovat exponenciální funkci (obr. 8), z jejího předpisu určit přeměnovou konstantu  $\lambda = 0,00182 \text{ min}^{-1}$  a z ní poločas přeměny  $T = 381 \text{ min} = 6,34 \text{ h}$  a provést i další výpočty.



Obr. 8. Pokles intenzity záření s časem s fitovanou exponenciální funkcí.

## Radioaktivita s CzechRad

Jde to projektový den mimo školu ve vzdělávacím centru Sféra v Pardubicích (180 min).

Detektory CzechRad vyrobené v ČR v rámci projektu IMPAKT a Jeden den s CzechRad jsem představil na VNUF 2024 a zájemci najdou podrobný popis v [2]. Zrekapitulujme jen, že celá tříhodinová aktivita je určena pro 5 tříčlenných týmů a zahrnuje

- Přednášku: Co je radioaktivita, detektory, fyzikální jednotky
- Film CzechRad
- Měření radiačního pozadí v učebně s detektorem CzechRad
- Podezřelé kanystry
- Stínění záření vzduchem, papírem, plexisklem, železem
- Měření v terénu, přenos dat do mapy

Smyslem loňského vystoupení bylo ukázat zkušenosti z realizace projektu na šesti českých školách a nabídka projektu pro další zájemce, kteří chtějí realizovat projekt pro školy ve

svém okolí. Obrátili jsme se na science centra, na vysoké, ale i další školy. Protože jsem z Pardubic, začali jsme projekt realizovat nejprve ve Sféře Pardubice. V uplynulém roce navštívilo projekt několik tříd, ale také učitelé z Elixíru do škol. Pro učitele, kteří by se chtěli se svou třídou projektu zúčastnit, jsou již možnosti nejen v Pardubicích. Zde je nabídka těch, kteří již aktivně s CzechRady pracují, nebo svoje programy rozjíždějí, a nebo zavedou v blízké době.

- Pardubice: SFÉRA
- České Budějovice: ScienceLab
- Praha: MFF UK
- Liberec: Technická univerzita Liberec
- Ústí nad Labem: Univerzita J. E. Purkyně
- Žďár nad Sázavou: SPŠ
- Brno: VIDA
- Olomouc: Pevnost poznání + Univerzita Palackého
- Jihlava: Gymnázium
- Ostrava: Vysoká škola báňská
- Sokolov: Gymnázium Sokolov + krajská organizace pro DVPP

Zároveň stále nabízíme možnost spolupráce i dalším subjektům, které se přihlásí. V rámci projektu IMPAKT ještě můžeme dlouhodobě zapůjčit detektory CzechRad a další vybavení: kanystry se solí, stínící materiály a know-how. Prezентaci s přednáškou, pracovní listy pro žáky, zaškolení pro práci s detektory i s QGIS. Centra nemusí nutně dodržet formát, který jsme prezentovali, ani čas 180 min. Vlastní tvořivosti se meze nekladou. Zájemci se mohou obrátit na pracovníci ÚTEF ČVUT Jitku Svobodovou, která je manažerkou projektu, email: [jitka.svobodova@utef.cvut.cz](mailto:jitka.svobodova@utef.cvut.cz).

## Literatura, zdroje

[1] Projekt e-laboratoř, Remote laboratory. Dostupné online:

<https://www.ises.info/index.php/cs/>

[2] Vícha V.: *Jeden den s CzechRad*. Sborník Veletrhu nápadů učitelů fyziky 29, Západočeská univerzita v Plzni, 2024. ISBN 978-80-261-1273-0, strana 256-279.

Dostupný online: <http://hdl.handle.net/11025/58063>

# Vizualizace teplotního pole pomocí modelu evapografu

Vladimír Vochozka

Katedra fyziky, techniky a chemie, Pedagogická fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Abstrakt

*Článek představuje dva jednoduché pokusy, při kterých dochází k vizualizaci teplotních polí pomocí modelů evapografů založených na kondenzaci a odpařování vodní páry. Tyto postupy jsou finančně nenáročné, opakovatelné a vhodné pro demonstraci přenosu tepla a skupenských změn ve výuce fyziky.*

## Úvod

Evaporograf je zařízení, které využívá odpařování kapaliny k vytvoření viditelného obrazu [2]. Text popisuje, jak jednoduše demonstrovat jeho princip, a navrhuje dva různé pokusy. První z nich demonstruje samotný princip kondenzace na rozhraní dvou prostředí o různých teplotách; ačkoli je vizuálně atraktivnější, méně se přibližuje skutečnému využití přístroje. Druhý pokus je naopak koncipován tak, aby se více blížil funkci evapografu pro zobrazení tepelného obrazu, který funguje na základě tepelného záření.

## Tvorba a práce s modelem evapografu

K tvorbě modelu evapografu lze využít jednoduché pomůcky a spotřební materiál běžně dostupný v domácím prostředí (Tabulka 1).

Tabulka 1. Přehled pomůcek a materiálu.

| Položka             | Množství | Celková cena (Kč) |
|---------------------|----------|-------------------|
| Plastová nádoba     | 1 ks     | 2                 |
| Potravinářská fólie | 1 ks     | 30                |
| Gumička             | 1 ks     | 1                 |
| Peltierův článek    | 1 ks     | 79                |
| Hliníkový chladič   | 1 ks     | -                 |
| Malířská páska      | 1 ks     | 12                |
| Krokosvorky         | 2 ks     | 6                 |
| Plochá 4,5V baterie | 1 ks     | 35                |
| Černý matný papír   | 1 ks     | 4                 |
| Celkem              |          | 145               |

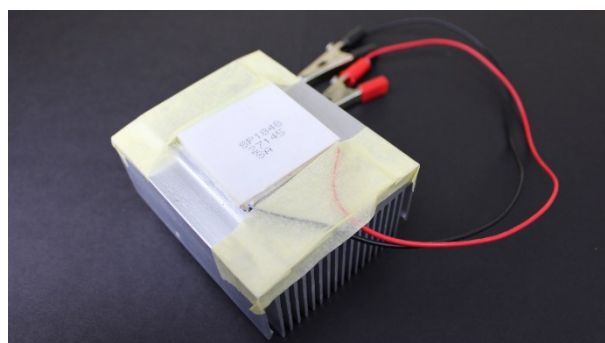
## Pomůcky a jejich příprava

Základní konstrukci modelu evapografu tvoří plastová nádoba o objemu například 20 ml, do níž je nalita voda – ideálně odstátá, tedy v termodynamické rovnováze s okolním prostředím. Horní podstava nádoby (komolého kuželu) je překryta potravinářskou fólií, která je pomocí gumiček upevněna tak, aby vytvářela rovný povrch (Obrázek 1).



Obr. 1. Potravinářská fólie na plastové nádobě uchycená pomocí gumičky.

Na fólii se pokládá mince s nižší teplotou, než je teplota okolí. Minci lze předem ochladit v lednici, avšak tento postup je vzhledem k časové náročnosti obtížně realizovatelný při výuce, kde je vyžadována opakovatelnost pokusů. Efektivnější alternativu představuje využití Peltierova článku. Mince se pokládá na jeho chladnou stranu, zatímco teplá strana článku je pro zvýšení účinnosti přiložena k hliníkovému chladiči (např. ze staršího procesorového chladiče). Pro spojení obou komponent postačuje malířská páska. Vývody Peltierova článku jsou doplněny krokosvorkami (Obrázek 2), které umožňují snadné připojení ke zdroji napětí.

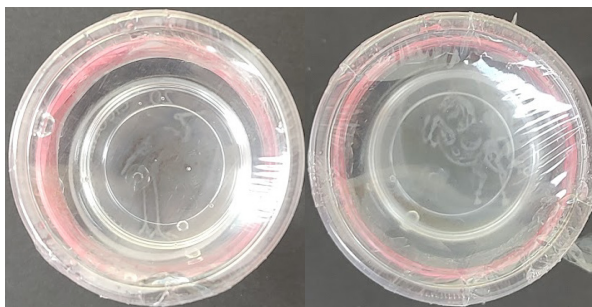


Obr. 2. Sestava chladiče s připevněným Peltierovým článkem s vývody osazenými krokosvorkami.

## Evapograf tvořený tělesem o nižší teplotě – postup:

1. Položte minci na chladnou stranu Peltierova článku (například typ SP 1848).
2. Krokosvorky připojte k ploché 4,5V baterii na 60 sekund, poté obvod rozpojte.
3. Minci uchopte za okraj a přesuňte ji na potravinářskou fólii. Nechte ji zde po dobu 60 sekund a poté ji sejměte.

4. Pozorujte vzniklý evapograf (Obrázek 3) – otisk strany mince.



Obr. 3. Evapograf mince.

Díky nižší teplotě povrchu mince dochází v místě styku s potravinářskou fólií k přenosu tepla. V důsledku toho nastává kondenzace vodní páry v okolí kontur mince na vnitřní straně potravinářské fólie.

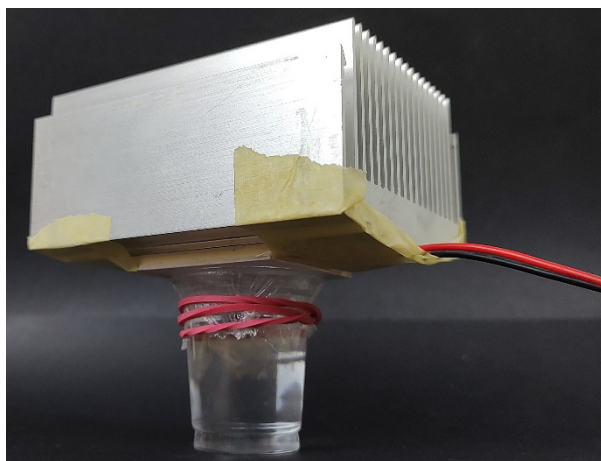
**Evapograf tvořený ochlazením fólie – postup:**

1. Z černého matného papíru vystříhnete libovolný tvar (Obrázek 4).



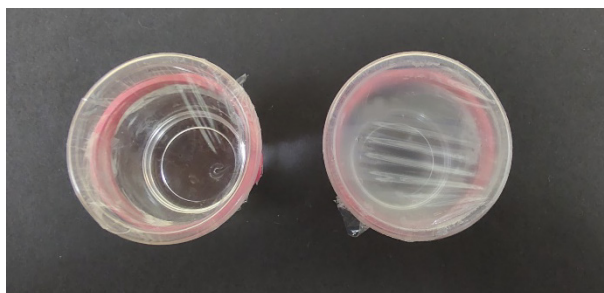
Obr. 4. Výstřižek tvaru písmene „V“ z černého matného papíru.

2. Chladnou stranu Peltierova článku položte na potravinářskou fólii (Obrázek 5).



Obr. 5. Chladná strana Peltierova stránku položená na vrchní podstavu nádoby.

3. Krokosvorky připojte k ploché 4,5V baterii na 60 sekund, poté obvod rozpojte.
4. Peltierův článek odstraňte. Na vnitřní straně potravinářské fólie by se mělo objevit „zamlžení“ v místě kontaktu s chladicí plochou (Obrázek 6).



Obr. 6. Vlevo nádoba před ochlazením. Vpravo zkondenzovaná vlhkost na vnitřní straně potravinářské fólie.

5. Na fólii položte vystřižený tvar z černého papíru.
6. Ozařujte povrch fólie světelným/tepelným zdrojem po dobu několika sekund.
7. Světelný zdroj vypněte a vystřižený tvar opatrně odstraňte (např. odfouknutím).
8. Pozorujte vzniklý evapograf (Obrázek 7) – tepelný otisk vystřiženého tvaru.



Obr. 7. Evapograf tvaru výstřižku, který byl ozářen světelným/tepelným zdrojem.

Oblast fólie zakrytá vystřiženým tvarem z černého papíru pohlcuje více světelného a tepelného záření. V důsledku toho dochází k intenzivnějšímu ohřevu této části a k přenosu tepla na rozhraní mezi papírem a potravinářskou fólií. Tepelný tok způsobí odpaření zkondenzované vodní páry na vnitřní straně fólie právě v místech zakrytých výstřižkem. Jelikož je fólie tepelný izolant, nedochází k vedení tepla po celé její ploše, ale pouze v místě kontaktu s tmavým výstřižkem.

## Závěr

Popsané pokusy umožňují jednoduchou a názornou demonstraci přenosu tepla a změn skupenství pomocí běžně dostupných pomůcek. Obě varianty – s ochlazeným tělesem i s ohřevem přes výstřižek – jsou finančně nenáročné (Tabulka 1), snadno proveditelné a opakovatelné. Díky těmto vlastnostem se dobře hodí pro frontální výuku fyziky.

## Literatura

- [1] GENE W. McDaniel and David Z. ROBINSON, Thermal Imaging by Means of the Evaporograph, *Applied Optics* 1, 311-324 (1962)



# DIY rádio a reproduktor

Jitka Vysloužilová, Václav Šebelík

Přírodovědecká fakulta Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích

## Abstrakt

*Příspěvek popisuje výrobu funkčního krystalového rádia bez použití baterií, inspirovanou instruktážním videem „3D Printed Radio“ dostupným na YouTube [1]. Projekt slouží jako názorná učební pomůcka pro výuku fyziky – demonstruje principy elektromagnetického vlnění, rezonance v obvodu a detekce signálu bez vnějšího napájení. Přijímač umožňuje příjem AM stanic a díky jednoduché konstrukci jej lze snadno realizovat i ve školních podmínkách.*

*Ve druhé části se věnujeme výrobě vlastního jednoduchého reproduktoru opět za pomoci 3D tisku. V tomto případě se jedná o praktickou ukázkou funkce reproduktoru a využití elektromagnetické indukce v praxi.*

## Úvod

Krystalové rádio je jednoduchý přijímač, který ke svému chodu nepotřebuje žádné napájení – energii získává přímo z elektromagnetických vln zachycených anténou. Přestože princip pochází už z počátku 20. století, má dodnes velký didaktický potenciál. Umožňuje žákům prakticky pochopit, že rádiový signál přenáší energii, že laděný obvod vybírá konkrétní frekvence, a že dioda slouží k detekci amplitudově modulovaného signálu. V projektu byl podle videa *3D Printed Radio* [1] sestaven funkční model z cívky, diody, sluchátek a antény.

Druhý projekt – 3D tištěný reproduktor [2] – ukazuje opačný proces: přeměnu elektrického signálu na zvuk pomocí kmitání membrány v magnetickém poli. Cívka s proudem se nachází mezi neodymovými magnety a pohybuje lehkou membránou, čímž vzniká slyšitelná zvuková vlna. Reproduktor názorně propojuje témata elektromagnetismu, mechanických kmitů a akustiky. Oba přístroje jsou snadno realizovatelné a ideální pro výuku fyziky formou praktických a badatelských činností.

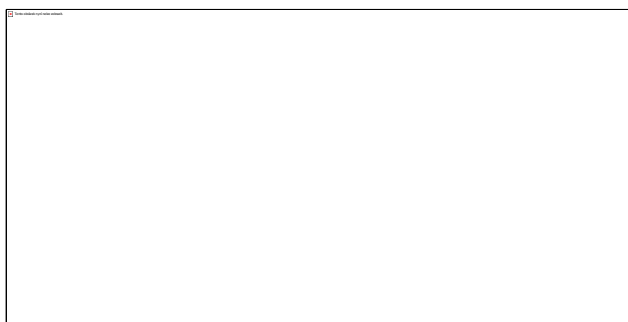
## Konstrukce rádia

Držák cívky a základnu rádia jsem vytiskla pomocí 3D tiskárny [3]. Ostatní komponenty byly běžně dostupné ve školní laboratoři.

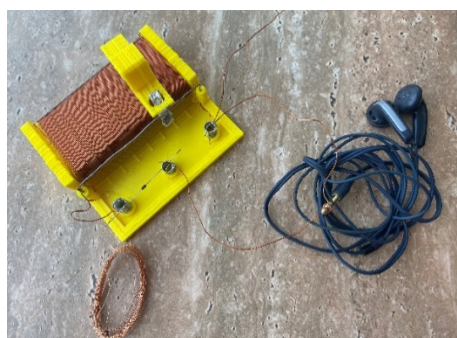
## Použité komponenty

- Cívka: Měděný drát (průměr 0,5 mm), navinuto na 3D tištěném držáku
- Dioda: Germaniová dioda 1N60P
- Reproduktor
- Anténa: Měděný drát, délka cca 5 m
- Zemnění: Vodovodní potrubí

## Schéma zapojení



Obr. 1. Schéma zapojení rádia.



Obr. 2. Fotografie reálného rádia.

- Jeden konec antény je připojen na začátek cívky, druhý konec jde do prostoru.
- Druhý konec cívky je spojen s germaniovou diodou, jejíž výstup je propojen s jedním vývodem sluchátek.
- Vše je uzavřeno přes zemní spojení.

Při připojení antény a země se v cívce indukuje vysokofrekvenční střídavé napětí. Rezonanční obvod vybere určitou frekvenci a dioda zajišťuje detekci (demodulaci) amplitudově modulovaného signálu.

## Princip rádia

Krystalové rádio využívá energii obsaženou přímo v rádiových vlnách. Dlouhá anténa zachytává elektromagnetické vlnění vysílané rozhlasovou stanicí, čímž se na ní vytváří vysokofrekvenční střídavé napětí. Toto napětí je přivedeno do cívky, která spolu s kapacitou obvodu tvoří laděný rezonanční obvod. Ten propustí pouze úzké pásmo frekvencí – tedy konkrétní stanici. Germaniová dioda pak slouží k usměrnění střídavého signálu a oddělení nízkofrekvenční složky nesoucí zvukovou informaci. Sluchátka tuto nízkofrekvenční složku přeměňují na slyšitelný zvuk. Díky tomu přijímač funguje bez vnějšího napájení, protože energii pro chod odebírá přímo z přijatého signálu.

## Možné problémy

I přes pečlivou stavbu může krystalové rádio selhávat z několika zásadních důvodů. Především jeho citlivost je velmi nízká, protože chybí elektronické zesílení – přijímač spoléhá výhradně na energii zachycenou anténou – což vyžaduje silný vysílací signál, kvalitně provedené uzemnění a anténu s vysokým přívodem energie. Nedostatečně navržená anténa (například příliš krátká, nízko zavěšená nebo umístěná v blízkosti vodivých objektů) může výrazně omezit příjem signálu, protože anténa je v podstatě jediným zdrojem napájení tohoto zařízení.

Dalším faktorem, který může bránit funkci rádia, je nevhodné zapojení laděného obvodu – pokud není správně sladěna indukčnost cívky s kapacitou, rezonance se posune mimo požadovanou frekvenci a nelze naladit konkrétní stanici. Ladění konkrétní frekvence se u tohoto typu přijímače provádí pomocí posuvného jezdcy, který mění počet závitů cívky zapojených do obvodu, a tím upravuje jeho indukčnost.

Selektivita přijímače je navíc omezená, takže pokud vysílá několik stanic na blízkých frekvencích, může docházet k rušení více kanály současně, což ztěžuje srozumitelnost i kvalitu příjmu.

Dalším kritickým prvkem je germaniová dioda, která slouží k detekci signálu – díky svému nízkému prahovému napětí dokáže usměrnit velmi slabé vysokofrekvenční napětí. Právě tento „krystal“ z germania dal přijímači název krystalové rádio neboli krystalka.

Na funkci má vliv také impedance sluchátek – krystalové rádio vyžaduje vysokoimpedanční sluchátka, aby nedocházelo k příliš velkému zatížení obvodu. Se sluchátky zobrazenými na fotografii se nám zařízení nepodařilo zprovoznit, a nefungovalo ani po připojení jednoduchého zesilovače.

Technicky je možné ladit krystalové rádio nejen na dlouhé, ale i na střední vlny (AM pásmo 530–1700 kHz), kde díky kratší potřebné anténě může být příjem ve školních podmínkách snazší. Navíc v Česku ještě fungují některé AM vysílače – například Český Impuls (981 kHz) a Rádio Dechovka (1260 kHz), oba z lokality Líbeznice poblíž Prahy, každý s výkonem 10 kW; dále Country Radio na 954 kHz (České Budějovice, 5 kW) či na 639 kHz (Liblice, 20 kW) – i tak je však příjem limitovaný, zejména kvůli jejich orientaci na místní pokrytí, šumu a vzdálenosti od posluchače, což činí příjem krystalem přinejmenším náročný.

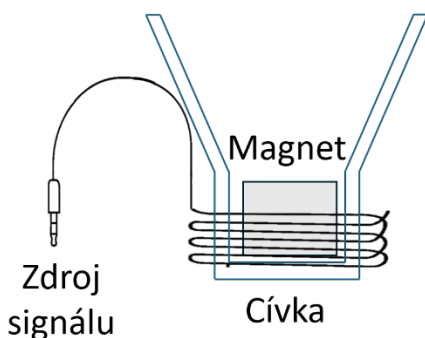
## Konstrukce reproduktoru

Základní rám celého reproduktoru byl opět vytisknut pomocí 3D tisku [4].

### Použité komponenty

- 3D tištěný rám
- Neodymové magnety:  $3 \times 18$  mm, umístěné u vinutí
- Magnetický vodič: tenký měděný drát navinutý do cívky kolem otvoru
- Připojení na audio zdroj: stereojack kabel 3,5 mm

### Schéma zapojení reproduktoru



Obr.3. Náčrso zapojení reproduktoru.



Obr. 4. Fotografie reálného reproduktoru.

## Princip reproduktoru

Reproduktor na krystalové rádio přirozeně navazuje – převádí elektrický signál z detekovaného vysílání zpět na zvuk. Elektrický proud z audio zdroje protéká cívkou umístěnou v magnetickém poli neodymových magnetů. Podle Flemingova pravidla levé ruky na cívku působí síla, jejíž směr a velikost se mění podle okamžité polaritě a velikosti proudu. Cívka je pevně spojena s lehkou membránou, která se tímto pohybem rozkmitá. Tyto kmity se přenášejí na okolní vzduch a vytvářejí akustické vlny odpovídající původnímu elektrickému signálu. Tvar a tuhost membrány i hmotnost cívky mají zásadní vliv na kvalitu a hlasitost výsledného zvuku.

## Možnosti pro školní výuku

### Krystalové rádio

Krystalové rádio lze ve školní výuce využít k probírání témat, jako je elektromagnetické vlnění, rezonance, laděné obvody, usměrnění signálu či přenos energie. Slouží k demonstraci příjmu signálu bez napájení, ke srovnání různých antén a k ladění na různé stanice. Žáci mohou řešit badatelské úkoly, například zkoumat, jak délka antény ovlivňuje kvalitu příjmu, co se stane při změně počtu závitů cívky nebo jaký vliv má typ použité diody.

### Reproduktor

Reproduktor se hodí pro výuku elektromagnetické indukce, působení magnetického pole, akustiky a přeměny energie. Umožňuje demonstrovat přeměnu elektrického signálu na zvuk a testovat různé typy cívek a membrán. Žáci mohou zkoumat, jak počet závitů ovlivňuje hlasitost, zda lze kvalitu zvuku zlepšit změnou tvaru membrány, a co se stane při změně polohy magnetu.

## Literatura

- [1] D Sage: *3D Printed Radio*, YouTube, 10. 1. 2018 [cit. 30.7.2025]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=KGhe3OrNIII>
- [2] 3D Sage: *3D Printed Speaker Tutorial*, YouTube, 28. 2. 2016 [cit. 30.7.2025]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=bmT21EHKQuM>
- [3] 3D Sage: *AM Radio That Works!*, Thingiverse, 2018 [cit. 30.7.2025]. Dostupné z: <https://www.thingiverse.com/thing:2752141>
- [4] 3D Sage: *3D Printed Speaker*, Thingiverse, 2018 [cit. 30.7.2025]. Dostupné z: <https://www.thingiverse.com/thing:1378399>

## Ze science centra do výuky

Pavla Wegenkittlová, Šárka Votrubcová

iQLANDIA, o.p.s.

### Abstrakt

*V science centru dlouhodobě hledáme způsoby, jak udělat fyziku (a jiné přírodní vědy) názornější, dostupnější a atraktivní pro všechny věkové kategorie. Mnohé experimentální pomůcky lze vyrobit levně, a přitom velmi funkčně, pokud využijeme moderní technologie (3D tisk, laserové řezání) nebo je jednoduše vyrobíme podomácku z běžně dostupných materiálů.*

*Příspěvek shrnuje tyto tři metody vyrábění pomůcek s doplněním o ukázky vyrobených pomůcek. Ty mohou být inspirací učitelům pro jejich vlastní výrobu obdobných pomůcek.*

### 3D tisk

3D tisk je technologie aditivní výroby, při níž vzniká objekt postupným nanášením vrstev materiálu podle digitálního modelu. Nejčastěji se používají plasty, jako je PLA (kyselina polymléčná) nebo PETG, které jsou zdravotně nezávadné, snadno tisknutelné a cenově dostupné.

Využití 3D tisku má několik výhod, např. není finančně náročný, je flexibilní (rozměry pomůcek se dají upravit podle aktuální potřeby) a jednoduše se vyrobí několik identických pomůcek. Navíc je tu možnost zapojení žáků do návrhu pomůcky a tím propojení fyziky s informatikou či technickým kreslením. Nevýhodou může být nižší odolnost plastu oproti kovu nebo dřevu nebo limitace velikosti pomůcky rozměrem tisknutelné plochy 3D tiskárny.

Příkladem využití 3D tisku jsou „kuličky“ pro archimédovskou úlohu v programu Věřte-nevěřte (Obrázek 1).



Obr. 1. Dvacetistěny.

Ve skutečnosti se jedná o čtyři dvacetistěny, přičemž každý má jinou hustotu. Úkolem žáků je odhadnout jejich plování (nebo potopení), které následně otestují v nádobě s vodou. Aby výsledek nebyl na první pohled jasný, má vždy dvojice dvacetistěnou stejnou velikost. Žák tedy musí vzít pomůcku do ruky a usoudit, že pouze velikost (objem) tělesa mu ke správnému výsledku stačit nebude. Hmotnosti jsou ovlivněny zvolenou výplní. Stejně veliké dvojice mají dost podobnou hmotnost (v rukou téměř nerozpoznatelnou),

avšak jeden dvacetistěn má hustotu větší než voda a druhý menší. Vytvořené modely připravené k tisku naleznete na <https://1url.cz/BJkYT>.

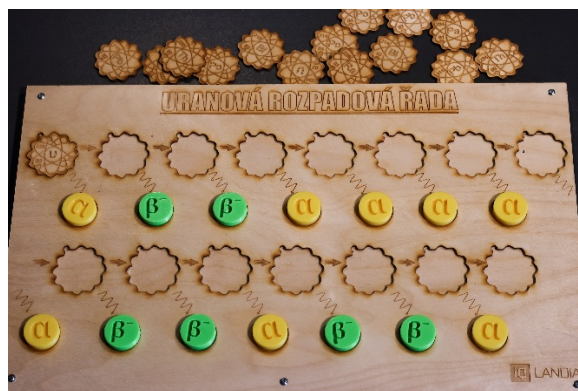
## Laserové řezání a gravírování

Laserové technologie umožňují přesné řezání a povrchové značení materiálů pomocí zaostřeného paprsku světla. V našem případě se jedná o CO<sub>2</sub> laser, který zvládá překližku, karton, plexisklo, a samozřejmě i obyčejný papír či čtvertku.

Výhodami využití laseru jsou jeho přesnost a rychlost. Největší výhodou je však možnost gravírování, kdy povrch pomůcky může být doplněn o popisky, stupnice či schémata. Pokud je navíc k výrobě využita kombinace překližky a plexiskla, může vzniknout i vícevrstvá rozkládací pomůcka. Nevýhodou je opět křehkost materiálu, plexisklo se může při pádu rozbít.

Z překližky se dají vyrobit i tzv. vkládačky. Jedná se o pomůcky slepené z jednoho celistvého plátu překližky a dalšího, do kterého jsou vyřezané prohlubně určitého tvaru. Stejné tvary, které však mají různé gravírování, jsou pak položeny vedle pomůcky a žáci mají za úkol vložit je do správné prohlubně.

Právě vkládačkou jsou pomůcky na rozpadové řady, využívané při programu Radioaktivita pro SŠ. První z nich je na uranovou rozpadovou řadu. Studenti mají za úkol ji doplnit, přičemž znají první prvek včetně protonového a nukleonového čísla ( $^{238}_{92}\text{U}$ ) a dále už jen, jaké záření se vyzáří (Obrázek 2).



Obr. 2. Uranová rozpadová řada.

Druhá rozpadová řada je thoriová. Tentokrát studenti znají všechny prvky, ale doplňují druh záření (Obrázek 3).



Obr. 3. Thoriová rozpadová řada.



## **Domácí výroba**

I bez moderních technologií se dají vyrábět originální pomůcky. Obvykle stačí i běžně dostupné materiály koupené v hobby marketech nebo nalezené doma (případně třeba v kovošrotu nebo u kontejnerů s tříděným odpadem). Takové pomůcky poté mohou být vytvořené kombinací materiálů s různými vlastnostmi, přesně, jak je potřeba.

Ukázkou „na koleně“ vyrobené pomůcky je sušák na prádlo, na kterém visí bílé a černé tričko. Využívá se na aktuálním workshopu Slunce a návštěvníci na něm zkoušejí, jestli je v létě vhodnější chodit v černém oblečení, nebo v bílém. Na pomůcku svítí infralampou (která reprezentuje Slunce) a termokamerou sledují změnu teploty povrchu obou těles (Obrázek 4).



Obr.4. Sušák na prádlo.

Samotný sušák je vyrobený z dřevěné desky, ke které jsou přivrtané dvě větvičky s provázkem nataženým mezi nimi. Na šňůře jsou pomocí malých kolíčků zavěšena malá ručně šitá trička.

## **Závěr**

Vlastní výroba fyzikálních pomůcek otevírá učitelům možnost přizpůsobit si experimenty přesně podle potřeb výuky, a přitom zaujmout žáky netradičním provedením. Moderní technologie i jednoduchá řešení podomácku vyrobených pomůcek mohou vést k větší aktivitě žáků a hlubšímu porozumění nejen fyzikálním principům.

# Odhaľte fyziku cez displej: Experimenty v každom vrecku

Jakub Žoldák

Oddelenie didaktiky fyziky, Ústav fyzikálnych vied, Prírodovedecká fakulta,  
Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach

## Abstrakt

*Ako často upozorníte svojich žiakov, aby sa nehrali s mobilom na hodine? V príspevku ukážeme ako sa dá smartfón využiť na poznávanie sveta okolo nás. Predstavíme súbor jednoduchých aktivít s využitím aplikácie phyphox, ktoré boli overené na žiakoch základnej školy. Navrhnuté aktivity zahŕňajú zisťovanie aké senzory obsahuje konkrétny smartfón, skúmanie fungovania krokometru, používanie smartfónu ako volantu pre pretekárske hry a využitie jazdy výťahom pre meranie rozličných fyzikálnych veličín. Okrem toho predstavíme aj dve aktivity, vhodné ako jednoduché laboratórne cvičenia zamerané na meranie frekvencie otáčok magnetu a meranie intenzity osvetlenia.*

## Úvod

Smartphone, ako jedno z najrozšírenejších zariadení medzi žiakmi ukrýva mnoho senzorov, ktoré je možné využiť na meranie rozličných fyzikálnych veličín. Vďaka tomu sa môže stať užitočným nástrojom aj pre vyučovanie fyziky. Žiaci majú vo vrecku zariadenie používané v každodennom živote, ktoré môžu premeniť na merací prístroj a objavovať jeho nové možnosti.

Aktivity popísané v tomto príspevku vznikli ako súčasť fyzikálneho programu letného tábora pre žiakov základnej školy (ZŠ), ktorý sa konal na pôde UPJŠ v júli 2025. Aktivít sa zúčastnili žiaci dvoch vekových skupín 5. – 7. ročníka a 8.-9. ročníka ZŠ. Žiaci pracovali so svojimi vlastnými smartfónmi, pričom žiaci aj rodičia boli vopred požiadaní, aby si smartfón priniesli so sebou. V aktivitách, ktorých inšpiráciou boli mnohé experimenty predstavené v [1], sme využívali voľne dostupnú aplikáciu phyphox [2].

Samotné aktivity žiaci realizovali v skupinách s podporou pracovného listu. Prvá aktivita prebiehala spoločne pod vedením učiteľa, zatiaľ čo pri plnení nasledujúcich úloh žiaci pracovali samostatne na základe inštrukcií v pracovnom liste, pričom učiteľ vystupoval v pozícii poradcu. V ďalšom postupne popíšeme jednotlivé aktivity s ich krátkym popisom ako aj výberom úloh a inštrukcií z pracovného listu.

## Zoznám sa so svojím smartfónom

Žiaci si pod vedením učiteľa nainštalujú aplikáciu phyphox (Obr. 1.), identifikujú senzory dostupné v smartfóne a odmerajú niekoľko vybraných veličín.



Obr. 1. Logo phyphox-u a QR kód na stiahnutie aplikácie.

### Úlohy:

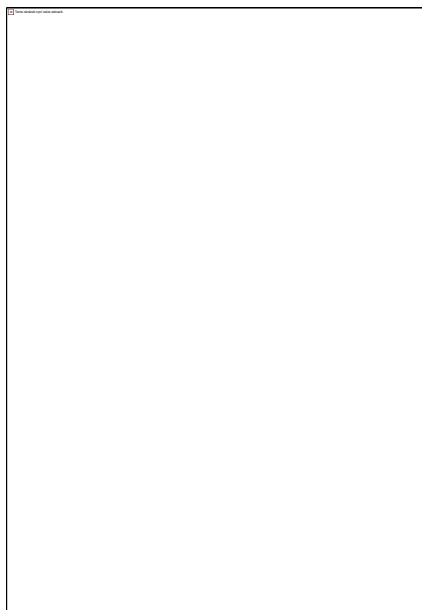
1. Nainštaluj si aplikáciu phyphox.
2. Odmeraj osvetlenie a tlak vzduchu v laboratóriu. Použi senzor osvetlenia (Light) a tlakový senzor (Pressure). Meraj 10 sekúnd a zapíš hodnotu osvetlenia a tlaku v laboratóriu.
3. Identifikuj aspoň 4 senzory, ktoré máš vo svojom smartfóne.
4. Sleduj, ako učiteľ nechá svoj telefón voľne padať. Počas pádu rýchlosť telefónu narastá. Senzorom zrýchlenia v smartfóne odmeriame ako veľmi telefón zrýchľuje. Nakresli graf a zapíš hodnotu zrýchlenia.

### 1. Krokomer

V tejto aktivite žiaci objavia, ako funguje krokomer aj ktorý senzor sa pri meraní prejdeného počtu krokov využíva. Následne analyzujú namerané dáta a učia sa ako rozpoznať kroky v grafe z nameraných dát (Obr. 2.).

### Úlohy:

1. Použi senzor zrýchlenia (Acceleration without g), spusti meranie a vlož si telefón do vrečka. Urob niekoľko krokov.
2. Analyzuj získaný graf zrýchlenia od času a urč, ktorá časť grafu predstavuje 1 krok. Zisti ako dlho trvá urobiť 1 krok.
3. Urč na základe grafu, koľko krokov si urobil počas 10-sekundovej chôdze. Vysvetli ako inteligentné hodinky rozpoznávajú, či kráčame alebo bežíme. Vykonaj 2 merania, počas behu a počas chôdze a porovnaj namerané údaje.
4. Predstav si, že si programátorom novej aplikácie pre inteligentné zariadenia. Aké dôležité momenty vo výsledkoch merania musí tvoj kód rozpoznať, aby používateľovi poskytol informácie o počte krokov?



Obr. 2. Grafy zrýchlenia pri vykonaní série dvoch pomalých a dvoch rýchlych krokov. Kroky sú najlepšie rozpoznateľné na grafe zrýchlenia pre os y.

## 2. Volant vo vašom telefóne

Žiaci v tejto aktivite objavujú fungovanie gyroskopu (Gyroscope) a nástroja na meranie sklonu telefónu (Inclination). Využitie gyroskopu vyskúšajú na modeli pretekárskeho autíčka a príslušnej aplikácie.

### Úlohy:

1. Použi senzor gyroskop (Gyroscope), spusti meranie a otáčaj telefón okolo troch navzájom kolmých osí telefónu. Sleduj získané grafy a urč graf, ktorý odpovedá otáčaniu okolo zvolenej osi.
2. Popíš čo meria gyroskop a ako sa menia výsledky pri pomalšom alebo rýchlejšom otáčaní okolo zvolenej osi.
3. Teraz použi nástroj na meranie sklonu (Inclination). Zisti, čo vieme pomocou tohto nástroja odmerať.
4. Vyskúšaj ako sa dá ovládať pohyb modelu pretekárskeho autíčka F1-75 pomocou aplikácie v smartfóne [3].

## 3. Analýza výťahu

Žiaci v skupinách nastúpia do výťahu a prejdú z jedného poschodia na druhé smerom nahor aj nadol, pričom pracujú vo vopred pripravenom experimente Výťah (Elevator) [4] aplikácie phyphox. V tomto experimente sa počas jazdy výťahom súčasne meria zrýchlenie akcelerometrom a tlak vzduchu barometrom. Na základe merania tlaku vzduchu sa prepočítava vzdialenosť od počiatočnej polohy telefónu a rýchlosť jeho pohybu. Žiaci z nameraných dát (Obr. 3.) určujú kedy výťah zrýchľuje, spomaľuje a kedy sa pohybuje rovnomerným pohybom ako aj vzdialenosť medzi poschodiami

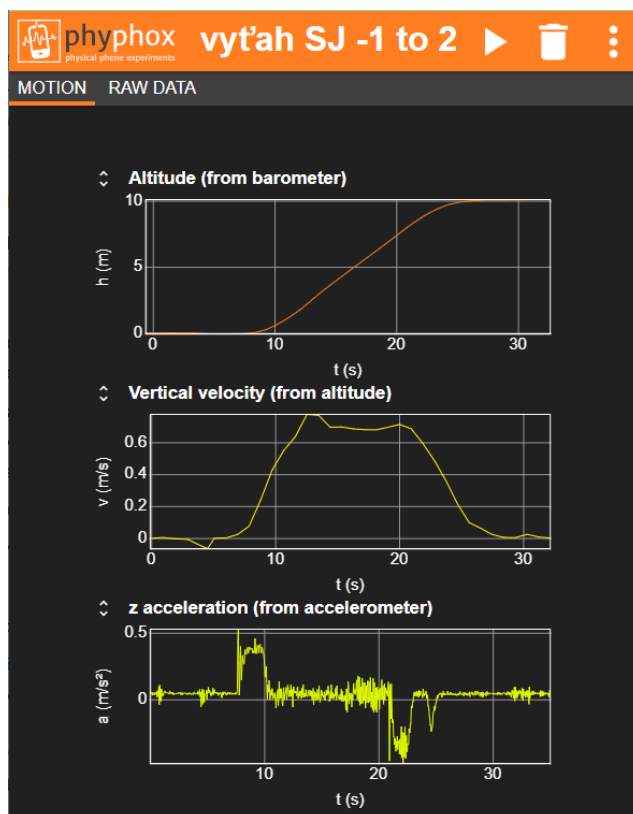
### Úlohy:

#### Postup merania:

1. Otvor experiment Výťah (Elevator) vo phyphoxe.
2. Nastúp do výťahu a polož telefón na podlahu výťahu. Spuť meranie.
3. Stlač tlačidlo s číslom poschodia vo výťahu, na ktoré chceš ísť. Keď výťah dôjde na zvolené poschodie, meranie ukonči.
4. Ulož meranie pre ďalšiu analýzu.
5. Meranie opakuj pre opačný smer pohybu výťahu ako aj pre druhý výťah.

#### Analýza výsledkov merania:

1. Pomocou grafu zrýchlenia vysvetli smer, ktorým si sa pohyboval.
2. Urč výšku jedného poschodia pre obe budovy.
3. Z grafu odčítaj maximálne zrýchlenie.
4. Urč, ktorý výťah je rýchlejší.



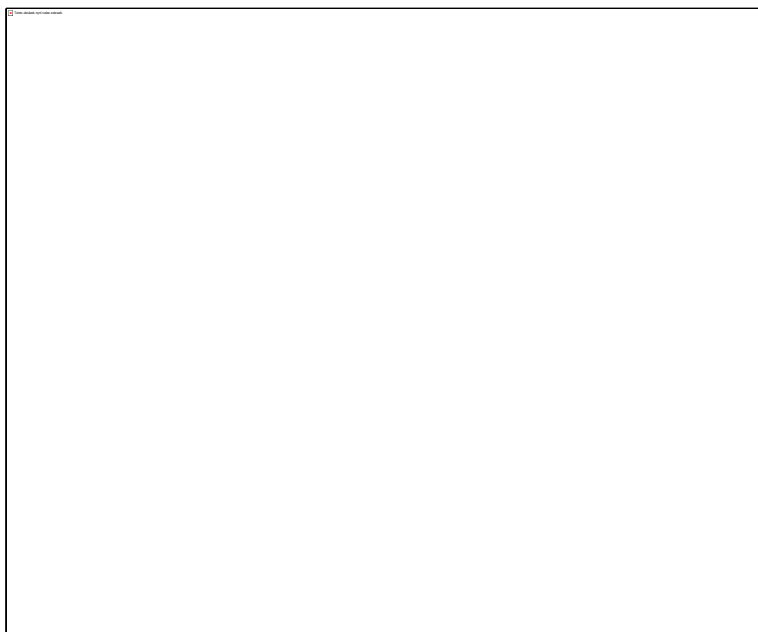
Obr. 3. Grafy nameraných dát v aplikácii phyphox pri jazde výťahom nahor. Zobrazené sú závislosti výšky, rýchlosti a zrýchlenia od času.

#### 4. Otáčajúci sa magnet

Žiaci skúmajú ako ovplyvňuje magnetické pole permanentného magnetu výsledky namerané magnetometrom smartfónu. Následne využívajú magnetometer na popis rotačného pohybu magnetu okolo vlastnej osi.

##### Úlohy:

1. Nájdí vo svojom smartfóne kompas a urč, kde je sever.
2. Ku smartfónu opatrne približuj permanentný magnet a sleduj zmenu správania sa kompasu.
3. Použi Magnetometer vo phyphoxe a urč aké hodnoty nameria smartfón, keď v jeho okolí budeš pohybovať permanentným magnetom.
4. Umiestni magnet do stojana v ktorom môže rotovať a roztoč ho. Priblíž smartfón ku rotujúcemu magnetu a urč frekvenciu jeho otáčania (Obr. 4.). Pokus opakuj pre rôzne otáčky magnetu.



Obr. 4. Aparatúra: magnetometer phyphoxu a magnet rotujúci okolo vlastnej osi.

## 5. Meranie osvetlenia

Žiaci pracujú so senzorom osvetlenia, ktorý smartfón využíva na prispôsobovanie jasu displeja. Objavujú pritom umiestnenia senzora, hodnoty intenzity osvetlenia v rozličných miestach laboratória a v okolí lampy s regulovateľnou intenzitou a farbou svetla.

### Úlohy:

1. Otvor meranie osvetlenia (Light) a zistite aké osvetlenie je na 4 rôznych miestach v laboratóriu, napríklad na stole, pri okne, ...
2. Urč presnú polohu senzoru v tvojom smartfóne. Prstom zakrývaj rôzne časti telefónu až kým nameraná hodnota osvetlenia neklesne na 0.
3. Odmeraj intenzitu osvetlenia, ktoré produkuje lampa s regulovateľnou intenzitou svetla.
4. Urob 10 meraní pre rôzne farby a rôznu intenzitu svetla nastavenú na lampe.

### Záver

Predstavené aktivity ukazujú, že smartfón možno jednoducho využiť ako nástroj na experimentovanie vo vyučovaní fyziky. Umožňuje realizovať merania, ktoré by inak vyžadovali špeciálne prístroje a pritom prirodzene zapája žiakov do skúmania javov okolo nich. Skúsenosti z letného tábora ukázali, že tieto aktivity sú pre žiakov atraktívne a zrozumiteľné, a môžu byť prínosné aj pre bežnú vyučovaciu prax na základných školách, najmä preto, lebo nástroj na experimentovanie má každý žiak doslova vo svojom vrecku. Pracovný list pre študentov je možné nájsť na adrese [5].



## Literatúra

- [1] J. Kuhn and P. Vogt, *Smartphones as Mobile Minilabs in Physics*, Springer Nature, 2022.
- [2] S. Staacks et al., Advanced tools for smartphone-based experiments: phyphox, *Phys. Educ.* 53 (2018) 045009.
- [3] Shell Racing Legends. [cit. 10. 4. 2025]. Dostupné online:  
<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.TDF.ShellRacingLegends>
- [4] Phyphopx experiments: Elevator. [cit. 9. 4. 2025]. Dostupné online:  
<https://phyphox.org/experiment/elevator/>
- [5] Materiál pre učiteľa: <https://hackkosice.notion.site/Odha-te-fyziku-cez-displej-Experimenty-v-ka-dom-vrecku-25def60c7e1980ae9c68d4f59ffe9008>