

MUNI  
SCI

Ústav fyzikální  
elektroniky

# VELETRH NÁPADŮ UČITELŮ FYZIKY 26

Sborník z konference

MASARYKOVA  
UNIVERZITA

Masarykova univerzita

Přírodovědecká fakulta, Ústav fyzikální elektroniky

# Veletřh nápadů učitelů fyziky 26

Sborník z konference

onsemi.



Elixír do škol

Brno 2021

---

Editoři: Zdeněk Bochníček, Pavel Konečný,

Text neprošel recenzním ani lektorským řízením.

Nakladatelství neodpovídá za kvalitu a obsah textu. Za obsah svých příspěvků odpovídají autoři.

Publikace byla vydána pro potřeby účastníků konference Veletrh nápadů učitelů fyziky 26 a další zájemce z řad učitelů fyziky.

Vydala Masarykova univerzita, Žerotínovo nám. 9, 601 77 Brno  
1., elektronické vydání, Brno 2021



Tato práce je licencována pod licencí Creative Commons  
Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

ISBN 978-80-280-0009-7

## Úvod

Uplynulo právě čtvrtstoletí od vzniku myšlenky uspořádat setkání učitelů fyziky všech stupňů na konferenci Veletrh nápadů učitelů fyziky. Sami organizátoři prvního ročníku, MFF UK, jistě neočekávali, že vzniká akce, která si udrží životaschopnost po celá desetiletí. Původní představa, že nápady se brzy vyčerpají a Veletrh přirozeně zanikne, se naštěstí ukázala jako mylná a Veletrh stále žije a láká.

Tradičním obdobím pro pořádání „Veletrhu“ je konec srpna, těsně před začátkem nového školního roku. Letošní, již 26. ročník se konal ve dnech 27.–29. srpna na brněnské Přírodovědecké fakultě Masarykovy univerzity v areálu na Kotlářské v těsném sousedství botanické zahrady. Záštitu nad ním převzal děkan Přírodovědecké fakulty doc. Mgr. Tomáš Kašparovský, Ph.D., a moderní aula, prostory Ústřední knihovny a okolní odpočinkové exteriéry vytvořily pro Veletrh důstojné a technicky dobře vybavené zázemí. K pohodlí účastníků přispělo ubytování ve vzdálenosti do 10 minut pohodlné chůze.

Konference se účastnilo téměř 150 učitelů fyziky základních, středních i vysokých škol a studentů učitelství. Zájem byl tak veliký, že registrace musela být po dosažení kapacity ukončena několik dní před původně vyhlášeným termínem. I toto je důkazem, že Veletrh nápadů je dosud živá a atraktivní akce.

Na Veletrhu zaznělo v osmi blocích 44 příspěvků, byly prezentovány čtyři postery a dvě komerční výstavky. Pro dvě zvané přednášky oslovili organizátoři brněnské autory. Norbert Werner z Ústavu teoretické fyziky a astrofyziky PřF MU v přednášce Desat'rocie, keď sa človek vráti na Mesiac seznámil účastníky s pokrokem v kosmonautice a optimistickou předpovědí pro nejbližší léta. Jan Jíša z firmy Thermo Fisher Scientific (jinak absolvent fyziky a učitelství fyziky na PřF MU) v přednášce Elektronová mikroskopie – brána do nanosvěta prezentoval fyzikální a technické základy elektronové mikroskopie a její aplikace a také představil Brno jako světovou velmoc v elektronové mikroskopii.

Letošní Veletrh byl již čtvrtým, který se pořádal v Brně, druhý na Přírodovědecké fakultě, kam se vrátil po dvanácti letech. Pro naše malé pracoviště je organizace akce tohoto typu velkou výzvou a na tomto místě je třeba poděkovat za vstřícnou podporu vedení PřF MU, velkou administrativní pomoc Ústavu fyzikální elektroniky a zejména našim studentům učitelství fyziky pro střední školy, kteří velmi ochotně v průběhu vlastní akce zabezpečovali sice nezáživné, avšak nutné provozní činnosti.

Dvacátý šestý Veletrh nápadů jej již minulostí a věříme, že účastníci odjíždějí z Brna spokojeni a již dnes myslí na ročník s pořadovým číslem 27. Štafetu přebírá Přírodovědecká fakulta UP Olomouc v termínu 26.–28. srpna 2022. Popřejme mu zdar, bohatou účast a program naplněný zajímavými příspěvky.

**Zdeněk Bochníček**



## Obsah

Úvod .....	3
Obsah .....	4
Bochníček Zdeněk, Veronika Kolaříková: Domácí experimenty z termiky .....	5
Divišová Hana, Hrubeš Karel: LABORKY JINAK A NOVĚ, NEJEN V COVIDOVÉ DOBĚ: Teplota – kouzla s daty, tabulkami a grafy .....	14
Dupkala Daniel, Martin Vaněk: Prínos FYKOSu pre dnešných žiakov .....	19
Hejsková Pavlína: Doma s fyzikou .....	20
Houfková Jitka, Jasmína Tarakjiová: Fyzikální gamebook .....	26
Hrdý Jan: Akustické hrátky s interface PASCO 850 .....	33
Hrdý Jan: Nestandardní učebnice fyziky inspirovaná distanční výukou .....	43
Hubáček Zdeněk: Rotující soustavy .....	50
Jurmanová Jana, Zbyněk Fišer: Virtuální měření (nejen) na reálném solárním článku .....	55
Kácovský Petr: Videoanalýza – co je v Trackeru nového? .....	61
Kéhar Ota: Vtipy s astronomickou tematikou ve výuce .....	65
Kekule Tomáš: Fyzika na železnici .....	74
Konečný Pavel: S větrem o závod .....	86
Kopřiva Tomáš: Akustická levitace .....	94
Masopust Pavel, Jiří Kohout: Nové experimenty a učební úlohy k zákonu akce a reakce jako kritickému místu kurikula .....	103
Reichl Jaroslav, Zdeňka Koupilová: Několik projektů z tábora, tentokrát na téma „1 - 2 - 3 - 4 - 5“ .....	111
Reichl Jaroslav: Co přinesla (a vzala) distanční výuka .....	120
Trhlíková Hana: Znázorňování elektrického pole .....	128
Vícha Vladimír: Fyzikální bludiště a další aktivity z doby koronavirové .....	131
Vícha Vladimír: Jak dál s pixelovými detektory .....	141
Vochozka Vladimír, Pavla Wegenkittlová, Jiří Tesař, Daniel Svitič: Měření hladiny intenzity zvuku zařízeními s operačním systémem iOS .....	147
Wegenkittlová Pavla, Vladimír Vochozka: Parametry ovlivňující demonstrační pokus styku pokožky s rozpáleným olejem .....	155
Žák Vojtěch: Od bezkontaktního měření vzdálenosti k měření indexu lomu .....	161

# Domácí experimenty z termiky

Zdeněk Bochníček, Veronika Kolaříková

Přírodovědecká fakulta MU

Abstrakt

*V příspěvku jsou popsány kvantitativní experimenty z termiky, které lze realizovat s obvyklým vybavením běžné domácnosti: kuchyňskými váhami, stopkami a rychlovarnou konvicí. V příspěvku jsou komentovány podmínky, za kterých je možné dosáhnout nejlepších výsledků a nejmenší odchylku od tabulkových hodnot. Text je doplněn analýzou nejistot měření kapacity kalorimetru směšovací metodou, ze které plyne, že v domácích podmínkách nemá smysl se o toto měření vůbec pokoušet.*

## Úvod

Domácí experimenty, při kterých jsou potřeba pomůcky dostupné v prakticky každé domácnosti, mohou být doplňkem fyzikálního vzdělávání i v situacích bez epidemických opatření. Následující text obsahuje několik experimentů z termiky, které umožňují kvantitativní vyhodnocení a získání dat porovnatelných s tabulkovými hodnotami.

Lze očekávat, že ve standardním vybavení domácnosti budou stopky – jsou součástí každého moderního mobilního telefonu – a váhy, jako obvyklá výbava kuchyně. Nelze však předpokládat, že v domácnosti žáka bude k dispozici teploměr, který bude možné ponořit do vody.

Přesto je možné vybrané kvantitativní experimenty z termiky realizovat zcela bez použití teploměru. I bez teploměru máme totiž dobrou informaci o třech teplotách:

- a) Teplota tání ledu: 0°C.
- b) Teplota varu vody 100°C.
- c) Pokojová teplota. V lepším případě je známa z údaje pokojového teploměru, v horším případě je vždy možné ji odhadnout v rozmezí 20°C – 25°C.

Ve většině domácností je také k dispozici rychlovarná konvice, jako jednoduchý a bezpečný prostředek realizace elektrického kalorimetru. S výše popsaným vybavením je tak možné provést základní školské experimenty z termiky v domácích podmínkách.

## 1) Měření měrné tepelné kapacity vody

Při ohřevu vody v elektrickém kalorimetru platí známá kalorimetrická rovnice

$$P\tau = (mc + K)\Delta t, \quad (1)$$

kde  $P$  je výkon kalorimetru,  $\tau$  doba ohřevu,  $m$  hmotnost vody,  $c$  měrná tepelná kapacita vody,  $K$  kapacita kalorimetru a  $\Delta t$  změna teploty.

Na tomto místě nebudeme s kapacitou kalorimetru počítat. Ne proto, že by byla zanedbatelná, naopak v některých případech je významná, ale proto, že ji v podstatě není možné standardní směšovací metodou určit, zvláště ne v domácích podmínkách, viz odstavec 6.

Pro měrnou tepelnou kapacitu vody tak získáme rovnici:

$$c = \frac{P\tau}{m\Delta t} \quad (2)$$

### *Provedení experimentu*

Necháme delší dobu odstát potřebné množství vody, aby se její teplota vyrovnala s teplotou okolí. Pak známou hmotnost vody nalijeme do rychlovarné konvice a měříme čas, za který je v konvici uvedena do varu. Okamžik varu je možné identifikovat buď automatickým vypnutím konvice, nebo akusticky. I když je druhý způsob subjektivní, pravděpodobně lépe odpovídá okamžiku dosažení teploty varu, protože konvice obvykle vypíná s několikasekundovým zpožděním.

Měření bylo provedeno pro větší počet hmotností vody. Počáteční – pokojová teplota byla 20°C a rychlovarná konvice měla nominální výkon 2000 W. Výsledky měření jsou v tabulce 1.

Tabulka 1. Výsledky měření měrné tepelné kapacity vody.

$m$ (kg)	$\tau$ (s)	$c$ (Jkg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> )
0,14	44	7860
0,207	54	6520
0,298	72	6040
0,405	93	5740
0,517	115	5560
0,604	130	5380
0,681	140	5140
0,82	166	5060
1,033	209	5060
1,426	285	5000

Vidíme, že ve všech případech vyšla měrná tepelná kapacita vody vyšší než tabelovaná hodnota. Přičemž s rostoucí hmotností vody monotónně konverguje ke správné hodnotě. Příčin systematické odchylky směrem k větším hodnotám je několik: zanedbání tepelné

kapacity kalorimetru, tepelné ztráty, pozdní vypnutí rychlovarné konvice případně odchylka reálného výkonu konvice od výkonu udávaného výrobcem.

Z uvedeného měření současně plyne doporučení pro minimalizaci chyb: Výhodné je ohřívat velké množství vody, protože v tomto případě jsou nižší chyby způsobené nejistotou okamžiku dosažení teploty varu a vlivem nenulové kapacity kalorimetru/konvice.

## 2) Současné měření měrné tepelné kapacity vody a kapacity kalorimetru

Data z tabulky 1 lze vyhodnotit i jiným sofistikovanějším způsobem, který poskytne výrazně lepší výsledky. Vydeme z rovnice (1), která zohledňuje kapacitu kalorimetru. Vyjádříme závislost doby ohřevu na hmotnosti ohřívání vody:

$$\tau = \frac{c\Delta t}{P}m + \frac{K\Delta t}{P}. \quad (3)$$

Vidíme, že závislost je lineární se směrnici

$$A = \frac{c\Delta t}{P} \quad (4)$$

a absolutním členem

$$B = \frac{K\Delta t}{P}. \quad (5)$$

Vyneseme-li data do grafu a závislosti proložíme přímkou, viz obrázek 1, dostaneme

$$\tau = 187m + 15, \quad (6)$$

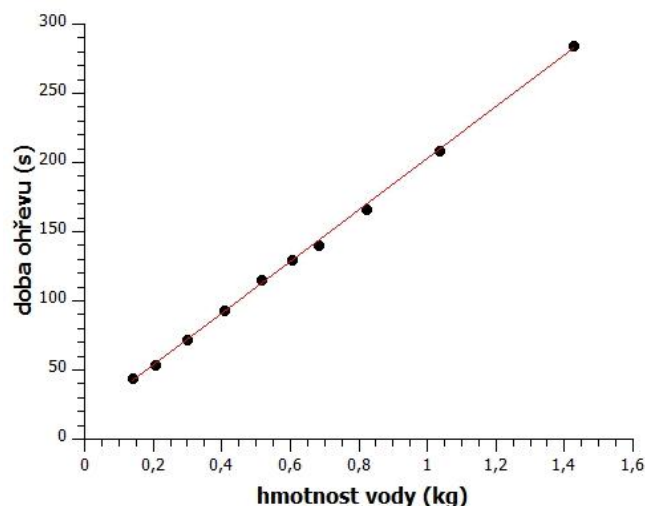
odkud

$$c = \frac{AP}{\Delta t} = \frac{187 \cdot 2000}{80} \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1} = 4680 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1} \quad (7)$$

a

$$K = \frac{BP}{\Delta t} = \frac{15 \cdot 2000}{80} \text{ JK}^{-1} = 375 \text{ JK}^{-1}. \quad (8)$$

Tímto postupem zohledníme vliv kapacity kalorimetru, jejíž určení nezávislým experimentem – směšovací metodou – je velmi problematické, viz odstavec 6. Takto získaná hodnota měrné tepelné kapacity vody je bližší tabelované hodnotě než kterákoliv z hodnot uvedených v tabulce 1.



Obrázek 1. Závislost doby ohřevu na hmotnosti vody v kalorimetru.

### 3) Měření měrného skupenského tepla varu vody

Měření vychází z jednoduché rovnice

$$\Delta m l_v = P \tau, \quad (9)$$

kde  $\Delta m$  je hmotnost vypařené vody,  $l_v$  měrné skupenské teplo výparné,  $P$  výkon kalorimetru a  $\tau$  doba varu.

#### Provedení experimentu

Jisté množství vody uvedeme v rychlovarné konvici do varu. Po krátkém varu konvici odstavíme a zvážíme. Poté konvici opět zapneme a po několik minut necháme vodu v konvici vřít. Je třeba mít otevřené víčko konvice, aby se zabránilo jejímu automatickému vypnutí. Po ukončení varu konvici s vodou opět zvážíme. Příklady měření jsou v tabulce 2.

Tabulka 2. Měření měrného skupenského tepla vypařování vody.

	$\Delta m$ (kg)	$\tau$ (s)	$l_v$ kJkg <sup>-1</sup>
1	0,080	105	2630
2	0,127	167	2630
3	0,117	148	2530
4	0,111	144	2600

Spočtený průměr z hodnot je roven  $l_v = (2590 \pm 20) \text{ kJkg}^{-1}$ . Což je asi o 15% vyšší hodnota než je hodnota tabelovaná ( $2257 \text{ kJkg}^{-1}$ ).

Vyšší hodnota měrného skupenského tepla výparného může být způsobena zanedbáním tepelných ztrát a také skutečností, že část odpařené vody zpětně kondenzuje na otevřeném víčku konvice.

#### 4) Měření měrného skupenského tepla tání ledu

Měření vychází z následující rovnice

$$P\tau = m_v c \Delta t_v + m_l c \Delta t_l + m_l l_t, \quad (10)$$

respektive

$$P\tau = (m_v c + K) \Delta t_v + m_l c \Delta t_l + m_l l_t, \quad (11)$$

pokud uvážíme kapacitu kalorimetru. Zde  $m_v$  a  $m_l$  jsou hmotnosti vody, respektive ledu,  $\Delta t_v$  a  $\Delta t_l$  rozdíl výsledné a počáteční teploty vody, resp. ledu. Ostatní symboly mají obvyklý již dříve zavedený význam.

Například z rovnice (11) získáme

$$l_t = \frac{P\tau - (m_v c + K) \Delta t_v - m_l c \Delta t_l}{m_l} \quad (12)$$

##### Provedení experimentu

Necháme delší dobu odstát potřebné množství vody, aby se její teplota vyrovnala s teplotou okolí. Odvážené množství vody nalijeme do rychlovarné konvice a vše i s konvicí zvážíme. Mezitím necháme stát kostky ledu v misce do té doby, než začnou tát (cca 15 min). Takto budeme mít jistotu, že kostky ledu mají teplotu 0°C. Roztátou vodu slijeme, kostky vhodíme do rychlovarné konvice a měříme čas, za jaký začne voda v konvici vřít. Po ukončení měření konvici opět zvážíme, a tak zjistíme množství ledu, které jsme do konvice nasypali.

Příklady výsledků měření jsou v tabulce 3, kde jsou současně uvedeny hodnoty vypočtené ze vztahu (10) a (11) (Zde použita kapacita kalorimetru/konvice z odstavce 2).

Tabulka 3. Měření měrného skupenského tepla tání ledu.

	$m_v$ (kg)	$m_l$ (kg)	$\tau$ (s)	$l_t$ (kJK <sup>-1</sup> ) (z rovnice (10))	$l_t$ (kJK <sup>-1</sup> ) (z rovnice (11))
1	0,407	0,444	260	402	332
2	0,219	0,589	280	377	325
3	1,015	0,255	277	415	297

Vidíme, že započtení kapacity kalorimetru významným způsobem zlepší výslednou hodnotu a přiblíží ji hodnotě tabelované (335kJK<sup>-1</sup>). Přestože hodnoty z posledního sloupce tabulky jsou ve velmi dobré shodě s tabelovanou hodnotou, ve skutečně domácích podmínkách nelze podobný úspěch očekávat. Je pravděpodobné, že nebude

k dispozici hodnota kapacity kalorimetru/konvice a také přesnější údaj o výkonu konvice, což, možná překvapivě, je velice důležitý parametr. Dosadíme-li například do upravené rovnice (10) číselné hodnoty z posledního řádku tabulky 3, dostaneme:

$$l_t = \frac{2000 \cdot 277 - 1,015 \cdot 4200 \cdot 80 - 0,255 \cdot 4200 \cdot 100}{0,255} \quad (13)$$

$$l_t = \frac{554000 - 448000}{0,255} \quad (14)$$

Z číselných hodnot vidíme, že např. změna výkonu konvice o deset procent (respektive jeho nejistota) způsobí změnu/nejistotu hodnoty skupenského tepla tání o 50 %! V domácích podmínkách je obvykle k dispozici pouze nominální hodnota výkonu konvice, kterou někteří výrobci udávají ve značném rozptylu. V těchto případech poskytne metoda měření skupenského tepla tání pouze orientační hodnotu.

Z uvedeného vyplývá doporučení pro realizaci tohoto experimentu: V ohřívané směsi voda-led by mělo být maximální množství ledu a minimální množství kapalné vody. Vody stačí jen tolik, aby byl led částečně zaplaven. Pak se zvětší rozdíl mezi teplem dodaným konvicí a teplem potřebným pro ohřev kapalné vody do varu. Podle zkušeností autorů se led před dosažením varu i při malém množství vody vždy rozpustí a je tedy možné použít kalorimetrickou rovnici ve tvaru (10) nebo (11).

## 5) Měření měrné tepelné kapacity pevných látek

Pomocí rychlovarné konvice lze změřit i měrnou tepelnou kapacitu pevných látek. Avšak vzhledem k tomu, že kvůli vysokému výkonu konvice je vlastní měření poměrně krátké, je nutné jako měřenou pevnou látku použít materiál, který je k dispozici v malých kouscích. Nabízí se potraviny jako rýže nebo čočka, které lze pravděpodobně najít v každé domácnosti, v domácnosti kutilů se mohou najít ocelové matky či podložky.

Zde ukážeme alternativní způsob měření, ve kterém dochází ke kompenzaci systematických chyb způsobených neznámou kapacitou kalorimetru a neurčitostí dosažení teploty varu.

Metoda je založena na dvojím měření. Nejprve ohřejeme do varu jisté množství měřené pevné látky (hmotnost  $m_n$ ) spolu s vodou o hmotnosti  $m_v$ . Tento děj popisuje kalorimetrická rovnice

$$P\tau_1 = m_n c_n \Delta t + m_v c_v \Delta t + K \Delta t, \quad (15)$$

ve které jsme započítali kapacitu kalorimetru  $K$ .

Ve druhém experimentu ohříváme pouze stejné množství vody ze stejné výchozí teploty (typicky teplota okolí).

$$P\tau_2 = m_v c_v \Delta t + K \Delta t, \quad (16)$$

Odečtením obou rovnic dostaneme

$$P(\tau_1 - \tau_2) = m_n c_n \Delta t, \quad (17)$$

odkud pro měrnou tepelnou kapacitu pevné látky platí

$$c_n = \frac{P(\tau_1 - \tau_2)}{m_n \Delta t}. \quad (18)$$

#### *Provedení experimentu*

Necháme delší dobu odstát větší množství vody, aby se vyrovnala teplota s okolím. Odvážené množství vody a zrnité pevné látky umístíme do konvice a začneme ohřívat. Je dobré směs promíchávat. Měříme čas do dosažení varu.

Před druhým měřením musíme nechat prázdnou konvici delší dobu vytemperovat, aby zejména topné těleso a jeho bezprostřední okolí se stačilo vyrovnat s pokojovou teplotou. Do konvice odvážíme stejné množství vody a opakujeme ohřev do varu. Pro tento experiment nejsou vhodné konvice, které mají topnou spirálu uvnitř nádoby v přímém kontaktu s náplní.

Jako příklad byly použity malé skleněné kuličky, protože to je materiál, kde lze alespoň přibližně zjistit tabelovanou měrnou tepelnou kapacitu. Byla opět použita rychlovarné konvice s výkonem 1950W, pokojová teplota byla 20,6°C. Výsledky jsou v tabulce 4.

Tabulka 4. Měření měrné tepelné kapacity skla.

$m_n$	$m_v$	$\tau_1$	$\tau_2$	$c_n$
0,694	0,345	90	70	710
0,721	0,322	85	66	650

Tabulkové hodnoty pro sklo se pohybují v rozmezí 670 – 840Jkg<sup>-1</sup>K<sup>-1</sup>, tedy naměřené hodnoty jsou v docela dobrém souladu.

Pro minimalizaci experimentálních chyb je vhodné volit maximální množství pevné látky a minimální množství kapalné vody. Pak je rozdíl časů v čitateli rovnice (18) velký. Na druhé straně při velkém množství pevné látky je nutné směs během ohřevu míchat a také se hůře odhaduje okamžik počátku varu. Vhodným kompromisem je situace, kdy je vody o něco málo více, než aby byla pevná látka právě zaplavena.

## **6) Analýza nejistot při měření kapacity kalorimetru směšovací metodou**

Standardní postup měření kapacity kalorimetru spočívá v dolití jistého množství teplé vody (hmotnost  $m_2$ , teplota  $t_2$ ) do kalorimetru se studenou vodou s hmotností  $m_1$ , teplota  $t_1$ . Výsledná teplota se ustálí na hodnotě  $t$ . Platí kalorimetrická rovnice



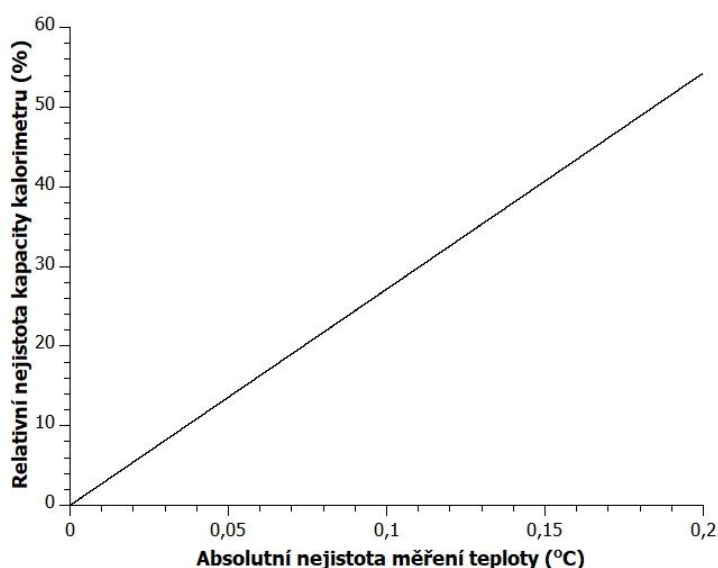
$$(m_1c + K)(t - t_1) = m_2c(t_2 - t), \quad (19)$$

odkud kapacitu kalorimetru  $K$  vyjádříme jako

$$K = \frac{m_2c(t_2 - t) - m_1c(t - t_1)}{(t - t_1)}. \quad (20)$$

S tímto měření je spojen vážný experimentální problém, který často v podstatě znemožňuje tepelnou kapacitu kalorimetru určit. Tepelná kapacita teploměrné látky – vody – je totiž násobně větší kapacita vlastního kalorimetru. V čitateli vztahu (20) se pak odečítají dvě blízka čísla, což dramaticky zvyšuje nejistotu výsledné hodnoty.

Vztah byl analyzován pomocí zákona šíření nejistot. Závislost relativní nejistoty určení kapacity kalorimetru jako funkce absolutní nejistoty měření teploty je na obrázku 2.



Obrázek 2. Vliv nejistoty měření teploty na nejistotu kapacity kalorimetru.

Z grafu vidíme, že i velmi přesná měření teploty s nejistotou desetín stupně Celsia vedou k nejistotě kapacity kalorimetru v desítkách procent.

(Graf byl počítán pro kapacitu kalorimetru  $100\text{JK}^{-1}$ , hmotnosti studené a teplé vody 0,3 kg a jejich teploty  $15^\circ\text{C}$  a  $35^\circ\text{C}$ .)

Z detailnější analýzy vyplývá, že určení kapacity kalorimetru je nejpřesnější v případě, kdy hmotnosti studené a teplé vody jsou přibližně shodné. Přesto s běžnými domácími přístroji pro měření teploty s nejistotami kolem  $1^\circ\text{C}$ , jsou-li vůbec k dispozici, nedává smysl se o měření kapacity kalorimetru směšovací metodou vůbec pokoušet.

## **Závěr**

Popsané experimenty poskytují výsledky, které se liší od tabulkových hodnot maximálně o 20 %, což lze vzhledem k jednoduchosti jejich provedení považovat za úspěch. Navíc je zjevné, jaké systematické jevy výslednou hodnotu ovlivňují: Tepelné ztráty, kapacita kalorimetru – rychlovarné konvice, nejistota určení okamžiku dosažení teploty varu, nejistota skutečného výkonu konvice. Vlastní měření může být tak snadno doplněno diskusí o vlivu těchto systematických chyb na výslednou hodnotu včetně číselných odhadů.

## **Literatura**

[1] Kolaříková V.: *Experimenty z termiky ve fyzikálním praktiku a domácích podmínkách*. Bakalářská práce, Brno 2021.

## LABORKY JINAK A NOVĚ, NEJEN V COVIDOVÉ DOBĚ: Teplota – kouzla s daty, tabulkami a grafy

Hana Divišová, Karel Hrubeš

Základní škola Příbram VII, Bratří Čapků 279

Abstrakt

*Příspěvek vychází z potřeby škol, jak řešit nejen během distanční výuky laboratorní práce tak, aby žáci doma nebyli omezováni absencí senzorů a potřebné měřící techniky. Snaží se využít získaných IT dovedností žáků i učitelů a ukázat zajímavé možnosti propojení fyziky s informatikou, v návaznosti na nový RVP.*

*Cílem aktivity LABORKY JINAK je, aby se žáci už na základních školách učili přirozeným způsobem rozumět veřejně dostupným datům, dokázali z nich vyhledat potřebné údaje a nebáli se číst v grafech. K takto vedeným laboratorním cvičením stačí Excel a pro vizualizaci výsledků pak např. on-line prostředí Teams.*

*Námětem příspěvku jsou informace – dlouhodobě měřené hodnoty teploty v jednotlivých regionech ČR z [www.chmi.cz](http://www.chmi.cz), které dostanou žáci předpřipravené formou pracovního listu pro další samostatnou práci jednotlivců či ve skupině. Z dobře připravených dat lze vysledovat spoustu zajímavostí – platnost pranostik, regionální rozdíly způsobené zásahem člověka, oteplování apod. Veškeré materiály jsou plně adaptabilní i pro výuku prezenční.*

### Úvod do laborek jinak – motivace

LABORKY JINAK jsou součástí inovativní platformy Vzdělávání 2040, která propojuje tradiční vzdělávání s moderními metodami práce.

Každá laboratorní práce vyžaduje přípravu a nutné elementární znalosti žáka spolu s pojmovou mapou. Předpokladem je, aby se žáci uměli orientovat v základní terminologii.

Období Covidové pandemie a současně diskuse kolem nového RVP ZV vedlo autory k zamyšlení nad propojením práce s daty s fyzikálními laboratorními pracemi. Škola využila možnosti zapojení IT odborníka z praxe do výuky pro přípravu dat, která jsou z hlediska času a mnoha dalších zejména technických parametrů náročnější a IT odborník tak zásadně usnadní práci učitelů.

Téma teplota je probíráno ve 3–4 vyučovacích hodinách už v šestém ročníku ZŠ, kdy se žáci primárně seznamují s fyzikální veličinou teplota, s různými druhy teploměrů a měřícími jednotkami teploty, učí se správně teplotu měřit. Je možné využít i úlohy ze Sbírkky [2].

Tato laboratorní práce je určena zejména pro žáky 7. ročníku ZŠ, kteří už používají základní terminologii a navazují na právě probírané učivo – tlak vzduchu, jenž souvisí kromě jiného i s teplotou vzduchu. Učitel nejprve sám při 1. vyučovací hodině

demonstruje možnosti práce s předpřipravenými daty v prostředí tabulkového procesoru Excel s vizualizací v MS Teams, následuje vlastní laboratorní práce – Teplota vzduchu – kouzla s daty, tabulkami a grafy, jenž žák zpracovává pomocí přesných instrukcí do laboratorního protokolu v Zadání v MS Teams. Další vyučovací hodinu dochází k celkovému shrnutí a vyhodnocení práce.

V této části je možné případně jít i do hloubky a hledat souvislosti v datech mezi regiony či v jednom daném regionu.

Laborky jinak se rozhodně nesnaží nahradit vlastní empirii a radost z poznání, z klasického měření teploty vzduchu, ale jsou více než zajímavým doplňkem právě proto, že jsou aplikovatelné jak v prezenční tak i v distanční formě vzdělávání. Reflektovanou výhodou u žáků je i to, že každý může pracovat svým vlastním tempem i v prostředí domova.

Po takto vedené laboratorní práci jsou žáci cíleně motivováni na bázi dobrovolnosti k zapojení do dlouhodobého měření teploty (případně tlaku) vzduchu ve svém bydlišti, kdy měří dvakrát denně (v 6:30 ráno a v 18:30 večer) a naměřená data posílají pomocí formuláře ve Forms do úložiště, ze kterého pak pomocí nástrojů Power BI probíhá vizualizace.

## **Laborky jinak - začínáme**

### **Pomůcky**

Počítač /notebook, školní prostředí MS Office 365 – MS Teams (splňuje bezplatná licence A1), funkční internetové připojení, běžně používaný internetový prohlížeč (MS Edge, Google Chrome apod.).

### **Příprava učitele**

IT odborník z praxe spolu s učitelem předpřipraví z otevřených dat [1] pomocí kontingenčních tabulek a základních funkcí v Excelu pro žáky data o naměřených teplotách vzduchu v různých krajích ČR, v jednotlivých dekádách a ročních obdobích demonstračně pro jednu zvolenou meteorologickou stanici za každý kraj.

Kraj			Období				
Praha	Jihočeský kraj	Karlovarský kraj	Jaro				
Liberecký kraj	Pardubický kraj	Jihomoravský kraj	Léto				
Moravskoslezský kraj	Středočeský kraj	Plzeňský kraj	Podzim				
Ústecký kraj	Královhradecký kraj	Kraj Vysočina	Zima				
Olomoucký kraj	Zlínský kraj						

Prům. teplota (°C)	Dekáda						
Popisky řádků	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2010	2011-2020	Celkem
Praha	9,5	9,8	10,5	11,0	11,4	11,8	10,7
Jihočeský kraj	7,9	8,1	8,6	9,0	9,5	9,7	8,8
Karlovarský kraj	7,3	7,7	7,9	8,5	9,0	9,0	8,2
Liberecký kraj	6,5	6,6	7,4	7,5	7,9	8,3	7,4
Pardubický kraj	6,2	7,0	7,7	7,9	8,3	8,7	7,7
Jihomoravský kraj	8,6	8,8	9,3	9,7	10,0	10,8	9,5
Moravskoslezský kraj	7,4	7,1	7,9	7,7	8,4	8,2	7,8
Středočeský kraj	8,6	8,8	9,8	9,6	9,9	10,2	9,5
Plzeňský kraj	5,3	5,4	5,9	6,5	6,9	7,3	6,2
Ústecký kraj	8,3	8,7	9,5	9,8	9,4	9,4	9,2
Královhradecký kraj	8,2	8,4	9,0	9,3	9,6	10,0	9,1
Kraj Vysočina	6,9	7,0	7,7	7,9	8,3	9,0	7,8
Olomoucký kraj	8,3	8,5	9,1	9,1	9,4	9,9	9,1
Zlínský kraj	7,4	7,6	8,2	8,1	8,4	9,1	8,2
<b>Celkem</b>	<b>7,6</b>	<b>7,8</b>	<b>8,5</b>	<b>8,7</b>	<b>9,0</b>	<b>9,4</b>	<b>8,5</b>

Obr. 1. Ukázka předpřipravených dat

Podle profilace a složení žáků ve třídě je možné vést LABORKY JINAK na bázi jednotlivce i volit práci ve dvojicích či ve skupině a učit žáky spolupracovat v týmu.

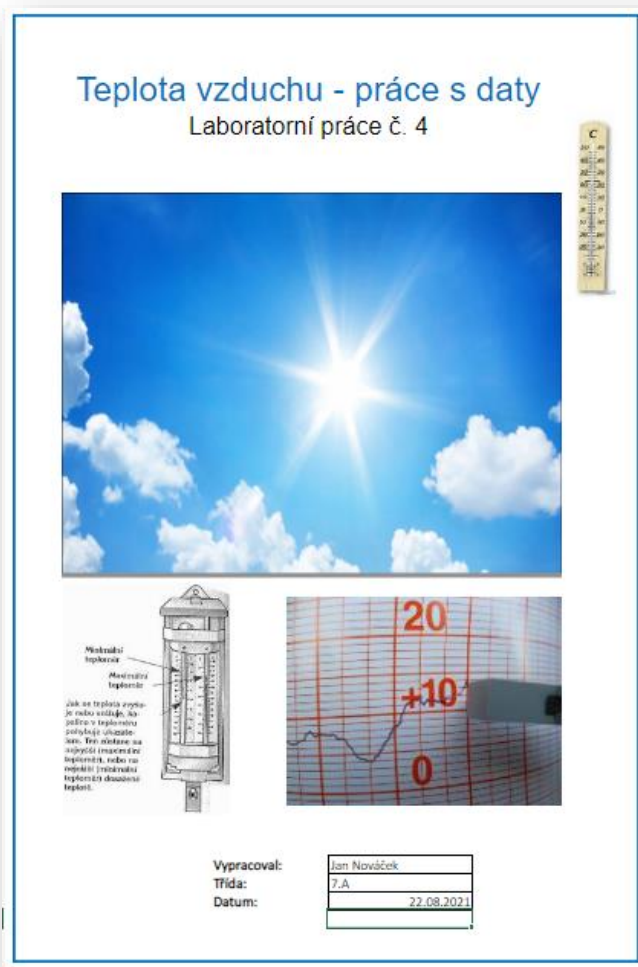
Žáci pak mohou tato data vzájemně porovnávat, odůvodňovat rozdíly, diskutovat nad problematikou oteplování, hledat souvislosti, objevovat zajímavosti, teplotní výkyvy apod.

### Vlastní práce žáka

Žák (žáci) pomocí předložených dat zjišťují potřebné informace a zaznamenávají je do laboratorního protokolu, který je součástí Zadání v prostředí MS Teams.

Laboratorní protokol je o práci s daty [4], kdy žák opravdu kouzlí s daty na základě různých parametrů. Sleduje změny v naměřených hodnotách, zamýšlí se nad důvody teplotních výkyvů vůči běžným průměrným hodnotám.

Šikovní, zvědaví či nadaní žáci mohou pracovat i s vizualizačními mapami [5] a ověřovat předložená data i z jiných zdrojů.



Obr. 2. Ukázka 1. strany (desek) laboratorního protokolu

## Teplota vzduchu - práce s daty

### Laboratorní práce č. 4

#### Zadání

*Pečlivě si přečti zadání a prázdná políčka vyplň:*

**Úkol:** Zjistit a ověřit ze souboru dat, zda jsou pravdivá následující tvrzení:  
1.) z dlouhodobého hlediska teplota vzduchu v ČR roste  
2.) z dlouhodobého hlediska se jaro v ČR jeví bez větších teplotních změn

**Cíl:**  
1.) Porovnat a vyhodnotit (za posledních 60 let) teplotní extrémy v jednotlivých ročních obdobích ve vybrané meteorologické stanici - v kraji:   
2.) Sledovat grafický záznam hodnot teploty vzduchu v závislosti na dekádách a ročních období

Obr. 3. Ukázka části 2. strany (zadání) laboratorního protokolu

- 2. Na listu "Rozbor 2" najdi a vyber 3 kraje, které odpovídají tvrzení:**
- A. Kraj s nejvyšší průměrnou teplotou v průběhu celého měřeného období**
  - B. Kraj s nejnižší průměrnou teplotou v průběhu celého měřeného období**
  - C. Kraj s největšími odchylkami v průběhu celého měřeného období**
    - při hledání využij graf a barevné zvýraznění v tabulce pod grafem
    - pro výběr zvolených krajů použij průřez "Kraj"
    - pro zvolení více krajů v průřezu použij tlačítko "Vícenásobný výběr" v průřezu
    - zjištěný výsledek zapiš do protokolu

Obr. 4. Ukázka části 3. strany (postupu) laboratorního protokolu

## Závěr

Pracovat s otevřenými daty zkouší i další školy [3]. Tento materiál slouží pro 7. ročník běžné základní školy a aktivně propojuje mezipředmětové vztahy Informatiky s fyzikou. V naší škole plánujeme vytvářet nadstavby k tomuto tématu pro další ročníky:

- 7. třída – souvislost teploty vzduchu s tlakem vzduchu jako základ meteorologie
- 8. třída – sluneční aktivita – počty tropických dnů, kde je tedy vhodné budovat solární panely atd.
- 9. třída – rychlost šíření zvukových signálů v závislosti na teplotě vzduchu.

Na tuto výše popisovanou laboratorní práci lze navázat i zajímavé projektové dny a LABORKY JINAK aplikovat nejen na další fyzikální veličiny, ale i na jevy, u nichž jsou k dispozici otevřená data a vést tak žáky i k samostatnému vyhledávání, třídění a ověřování dostupných dat.

## Literatura

- [1] Český hydrometeorologický ústav. [cit. 30. 6. 2021]. Dostupné online: <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/denni-data/Denni-data-dle-z.-123-1998-Sb#>
- [2] Mandíková D., Karásková V., Kroupová B.: *Sbírka úloh z fyziky pro základní školy a víceletá gymnázia*. Nakladatelství Prometheus, 2017. ISBN 978-80-7196-470-4. p.37.
- [3] Mráz M.: *Využití otevřených dat v mezipředmětové výuce na základní škole*. [cit. 30. 6. 2021]. Dostupné online: <https://www.pedagogicke.info/2021/06/miroslav-mraz-vyuziti-otevrenych-dat-v.html>
- [4] *Práce s daty pro 5. až 7. ročník základní školy*. [cit. 30. 6. 2021]. Dostupné online: <https://pracesdaty.zcu.cz>
- [5] *Ventusky – Wind, Rain, and Temperature Maps*. [cit. 30. 6. 2021]. Dostupné online: <https://www.ventusky.com/?p=49.8;14.0;5&l=feel>

## Prínos FYKOSu pre dnešných žiakov

Bc. Daniel Dupkala <sup>1, 2</sup>, Martin Vaněk <sup>1</sup>

*1 Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy,*

*2 SPŠ sdělovací techniky Panská*

### **FYKOS**

FYKOS (Fyzikální korespondenční seminář) a akcie ním organizované dlhodobo poskytujú žiakom stredných škôl a gymnázií priestor na rozširovanie vedomostí v oblasti fyziky, ale aj matematiky a programovania. S nástupom celosvetovej pandémie museli byť všetky prezenčné aktivity a súťaže (sústredenia pre úspešných riešiteľov, súťaže Fyzklání, Fyzikální náboj či jednoduchová akcia Den s experimentální fyzikou) organizované online formou. Tento prechod bol pomerne jednoduchý, keďže FYKOS prechádzal postupnou transformáciou už v období pred začiatkom pandémie. Dochádzalo tak ku zmene koncepcie rozvoja nadaných žiakov.

V čase pred pandemiou sme sa zamerali na rozšírenie koncepcie rozvoja nadaných žiakov. Dôraz bol kladený nielen na odbornú stránku (teoretické vzdelávanie v oblasti fyziky a príbuzných odborov) ale aj na rozvoj softskills, networking a všeobecný prehľad v oblasti vedy a techniky.

Na tieto zmeny sme nadviazali počas karantény a dištančného vzdelávania. Okrem prechodu niektorých akcií do online formy sme ich program upravili tak, aby bol pestrejší a viac zameraný na socializáciu a motiváciu účastníkov. Príkladom môže byť zaradenie študentských diskusných panelov alebo prednášok na témy s medziodborovým presahom.

Okrem zmien, ktoré majú priamy dosah na riešiteľov, sme počas posledných troch rokov rozvíjali aj organizátorov FYKOSu. Dôraz sme kládli na ich pedagogické a organizačné schopnosti, komunikáciu a tímovú prácu. Vzdelávali sme ich v didaktických metódach práce s nadanými žiakmi. Na tieto procesy sme počas pandémie nadviazali rozvojom technických zručností. Organizovali sme tiež socializačné aktivity, ktoré pomáhali organizátorom aj nad rámec FYKOSu.

Vďaka dlhoročnému „know how“, skúsenostiam z pandémie a cieľným konceptuálnym zmenám môže FYKOS aj naďalej poskytovať riešiteľom komplexnú prípravu na štúdium a následnú prácu v oblasti prírodných a technických vied. Vďaka širokému výberu aktivít je však vhodný aj pre žiakov s odlišným zameraním. To sa prejavilo aj na počte riešiteľov semináru a účastníkov FYKOSích akcií, keď ich vzostupný trend nenarušila ani celosvetová pandémia.



# Doma s fyzikou

Pavína Hejsková

Technická univerzita Liberec, Fakulta Přírodovědně-humanitní a pedagogická

Abstrakt

*Výuka fyziky distančním způsobem zaznamenala mnoho příležitostí, jak oživit výuku různými novými metodami a technikami. K využití přišly experimenty, které se do domácího použití musely přetransformovat, žákům i jejich rodičům přinesly nové poznání i radost z kreativní činnosti. Článek představuje transformaci školních pokusů do domácího prostředí.*

## Distanční výuka fyziky

Výuka fyziky zaznamenala v uplynulém školním roce zajímavé příležitosti pro učitele i žáky. Vzhledem ke značné míře distanční výuky se začaly využívat různé nové metody a postupy. Snahou bylo předat žákům znalosti a dovednosti obdobně, jako při prezenční výuce. Nikdo nic nechtěl opustit a podcenit. Na základních školách bylo standardem dělit výuku na synchronní, on-line hodiny a asynchronní domácí úkoly a cvičení. Poměr býval vyrovnaný. Na jednu hodinu on-line připadala samostatná práce bez přímého řízení učitelem v rozsahu téměř jedné vyučovací hodiny.

Ne všechna témata šla v distančním vzdělávání naplnit kvalitně, ale i tak se pomocí digitální techniky, videí a záznamů nahrazovaly reálné experimenty. Někdy se doplnily domácí pokusy.

## Využití domácích pokusů

Ne všechny laboratorní práce a pokusy, zejména ty důležité, potřebné prožít, šly pouze pouštět na videích. Navíc časté informace ze zpětných vazeb o výuce žáků přinášely zprávy o tom, jak se doma nudí. Snad každý učitel fyziky vymyslet svým žákům smysluplný, pracný a zajímavý úkol, kterým společně na dálku zaháněli nudu se zaměřením na fyziku. Vznikly tak výzvy pro zábavnou zkušenost a aktivitu.

Domácí experimenty mají být v zásadě s jednoduchými pomůckami dostupnými v domácnosti, případně ty s využitím pomůcek doma vytvořených z dostupných věcí.

## Představení několika pokusů doma zvládnutelných

### Siloměr

S velkou výhodou je využití siloměru ve výuce, začněme výrobou a kalibrací vlastního siloměru.

Siloměr představuje dvě trubky propojené pružinou a kalibrované. Na základě tohoto principu vznikají všechny podomácku vyrobené siloměry [3]. Syntézou různých námětů na

domácí výrobu siloměru se nejlépe hodil siloměr vyrobený ze dvou ruliček papíru různého průměru. S výhodou lze využít ruličku od toaletního papíru a druhou od kuchyňských utěrek, mezi nimiž se provlékne gumička, konce opatříme kovovým háčkem buď z kancelářské sponky nebo aranžovacího drátku. Konstrukci doplníme kalibrací pomocí pětikorunových mincí. Definovaná hmotnost pětikorunové mince je 4,8 g [2], což dostatečně vyhovuje pro kalibraci 0,05 N. Rozsah siloměru stačí pro naše aktivity do 0,5 N. Z toho plyne, že si musí sehnat žáci deset pětikorunových mincí. S takto zhotoveným a kalibrovaným siloměrem lze s úspěchem provádět různé pokusy.



Obr. 1. Siloměr.

### **Měření gravitační síly a ověření vzorce $F = m \cdot g$**

K ověření zjednodušeného vzorce pro gravitační sílu uváděného v učebnicích 6. ročníků použijeme námi vyrobený siloměr a různé předměty z domácnosti s hmotností do 50 g. Nejprve ověříme vztah síly a hmotnosti. Následně předvídáme ze známé hmotnosti sílu. Vrcholem pokusu je pomocí naměřené síly předmětu neznámé velikosti určit hmotnost. Návrhy předmětů z domácnosti: čokoládová tyčinka 50 g, trojúhelníček sýra cca 17 g, vejce velikosti M cca 50 g.

### **Pokusy s kladkami**

Kladky jsou známy z běžného života, jsou součástí strojů, a tak je žáci znají. Ovšem ne každému je jasné, na jakém principu pracují. V 7. ročníku se seznamují s jednoduchými stroji, mezi něž patří právě kladky.

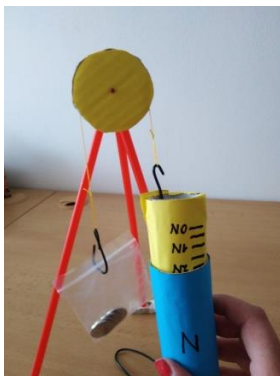
Ve škole se tyto pokusy provádí pomocí různých demonstračních i žákovských sad pro mechaniku [6]. Doma se musí tyto pokusy nejprve nachystat, součástky vyrobit a poté lze ověřovat zákonitosti psané v učebnici.

Potřeba budeme: vícevrstvý karton papíru, kružítka, pravítka, tužku, lepidlo, nůžky, špejle, modelínu, drát či kancelářské sponky, 5 kusů pětikorunových mincí, malý igelitový sáček, provázek.

K výrobě kladky použijeme vícevrstevný karton, vystříháme z něho tři kruhy, dva s poloměrem 4 cm a jeden s poloměrem 3,5 cm. Slepíme je k sobě tak, aby středy kružnic byly na sobě, menší kruh je uprostřed a vznikla tak kladka. Místo hřídele použijeme párátko, špejli nebo hřebík. Nejlépe pomocí modelíny a špejlí postavíme hrazdu pro

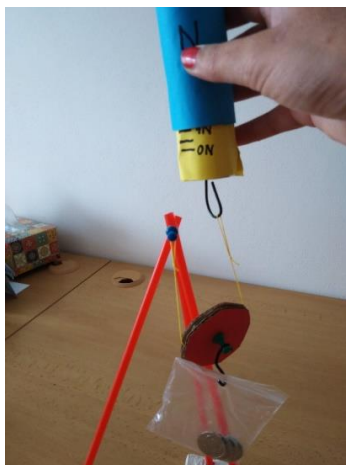
kladku (viz Obr. 2). Vezmeme provázek, který opatříme na obou stranách očky k zavěšení těles a připojení siloměru.

- a) Kladka pevná: Vytvoříme kladku pevnou nasazením na hřídel na hrazdě. Provázek provlékneme žlábkem kladky tak, že na jednu stranu pomocí háčku upevníme sáček na mince coby břemeno a na druhou stranu provázku provlečeného přes kladku upevníme siloměr. Následně použijeme mince jako břemena, která zavěšujeme sáčcích z igelitu zanedbatelné hmotnosti. Porováváme síly působící na kladce.



Obr. 2. Kladka pevná.

- b) Kladka volná: Na hřídel na hrazdě upevníme očkem provázek. Do středu kladky navlékneme háček pro připevnění břemen a následně do volného oka provázku navlékneme siloměr. Opět zatěžujeme mincemi a porováváme působící sílu břemene a sílu působící na konec provázku se siloměrem po použití kladky volné. Zapisujeme do tabulky stejně jako u kladky pevné.



Obr. 3. Kladka volná.

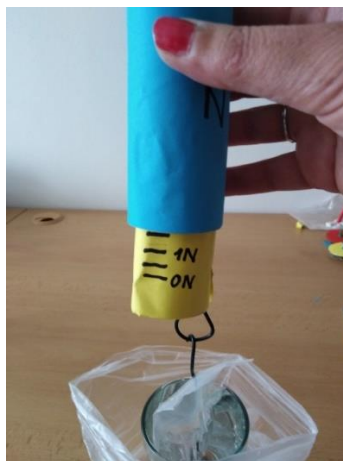
Celou přípravu kladek si lze ušetřit použitím dětské stavebnice Seva (vyráběné pro děti ve firmě Beneš & Lát a.s., Sutice 2, 51201 Slaná u Semil). Kde lze oživit kladky i pomocí figurek tzv. Seváčků. Případně stavebnice Merkur (od výrobce Merkurtoys s.r.o. Husova 363, 549 54 Police nad Metují).

Nyní si představíme obdobnou situaci se stavebnicí ve školním prostředí. Pomocí edukační pomůcky Mechanika firmy Didaktik NTL s.r.o., Revoluční 1, 69601 Rohatec předvádíme demonstrační pokusy ve škole.

### **Ověření platnosti Archimedova zákona**

Skleničku naplněnou vodou až po okraj (do roviny s hranami) dejme do suchého igelitového sáčku. Na siloměr zavěsíme pět mincí stejné hodnoty spojených gumičkami. Zjistíme gravitační sílu, následně je opatrně ponoříme do vody, určíme vztlakovou sílu.

Opatrně odstraníme vše ze sáčku s přeteklou vodou ze skleničky. Na siloměr zavěsíme sáček s vodou a zjišťujeme velikost gravitační síly, vytlačené vody.



Obr. 4. K Archimedovu zákonu.

Původní pokus s demonstrační pomůckou ve škole dokazuje platnost Archimedova zákona dolíváním vody do válce stejného objemu jako je těleso ponořené v kapalině. Námí vytvořený pokus se poněkud triviálnější. Porovnáváme pouze vztlakovou sílu a tíhu vytlačené kapaliny.

### **Porovnávání hustoty těles s hustotou vody**

Do umyvadla nebo sklenice natočíme vodu, následně do vody vkládáme různé předměty a porovnáváme experimentálně hustoty vody a daných těles. S výhodou lze používat předměty denní potřeby: klíče, korková zátka, polystyrenová kulička, lžička, skleněné štamprlátko. Zajímavé je pro děti zjištění, že pomeranč ve slupce má průměrnou hustotu menší než voda a po oloupání slupky je jeho hustota větší [1].

### **Vážení na doma vytvořených rovnoramenných vahách**

Doma vytvořit váhy znamená využít přirozenou rovnováhu dané věci. Nejlépe tak poslouží obyčejné ramínko ze skříně [5], na jehož konce navěšíme sáčky s uchy z obchodu. Do sáčků můžeme vkládat břemena i závaží. Jako závaží využijeme mince. Pětikoruna představuje zhruba 5 g a padesátikoruna 10 g.

### **Ověření rovnosti 1 litr odpovídá 1 decimetru krychlovému**

Rovnost  $1 \text{ l} = 1 \text{ dm}^3$  se předkládá ve škole přeléváním litru vody do duté krychle objemu decimetr krychlový. Tím přesvědčujeme běžně žáky o tomto vztahu. Domácí alternativu je vyrobit  $1 \text{ dm}^3$  doma z neprosákavého materiálu a pokus provést třeba v koupelně či kuchyni. Pro výrobu duté krychle je vhodné využít nenasákavý materiál, což jako velmi výhodný se po zkušenostech z cca 150 domácností jevil tetrapack od mléka oplepený izolepou.

### **Pokusy se vzduchem**

Odporová síla vzduchu se v laboratořích určuje pomocí aerodynamického tunelu [4]. K demonstraci pokusů se vzduchem slouží demonstrační sada Aerodynamika firmy Didaktik NTL s.r.o., Revoluční 1, 69601 Rohatec, kde lze pomocí vzduchového generátoru předvést závislost odporové síly vzduchu na ploše, tvaru tělesa i rychlosti vzduchu.

Domácí obdobou je využití foukání brčkem ústy místo vzduchového generátoru.

- a) Závislost na rychlosti vzduchu: brčkem foukáme na stojící autíčko proti němu, nejprve pomalým proudem vzduchu a pak rychlým. Vidíme, že velikost odporové síly závisí na rychlosti tak, že čím je větší rychlost, tím je větší odporová síla.
- b) Závislost na ploše: z kartonu si ustříhneme dva kruhy tak, že poloměr většího je dvojnásobkem poloměru menšího kruhu. Pomocí nitě je pověsíme na židli, kterou si z praktických důvodů postavíme na stůl. Pomocí brčka nejprve foukáme na menší plochu a pozorujte výchylku závěsu, pak stejně na větší plochu a pozorujte výchylku závěsu. Z pokusu lze určit, že odporová síla závisí na ploše.



Obr. 5. Odpor vzduchu.

- c) Závislost na tvaru tělesa: na dveřní rám místo kruhů zavěsíme lžici, nejprve dutě, pak vypukle, opět pozorujeme výchylku.

### **Závěr**

Protože poslední rok a půl působení ve školství se mohutně přenášelo do domácností a žáci z nedostatku motivace ztrácely badatelského ducha, bylo výhodné jim nabídnout pestrou škálu nejrozmanitějších činností, které je rozvíjely a zaháněly nudu. V domácím prostředí aktivní činnost při pokusech plnohodnotně nahradila mnohé laboratorní úlohy

a aktivity činnostního rázu pomáhaly k fixaci učiva. Ovšem toto není cestou jen v rámci distančního vzdělávání, je to cesta tam, kde je třeba rozvíjet nestandartní děti nebo ve škole není tolik pomůcek či času. Cílem všech těchto aktivit je přednést fyziku v zajímavém podání.

## **Literatura**

- [1] Brno, M. S. (25. 8 2021). Plavající pomeranč. Načteno z Vida: <https://vida.cz/blog/plavajici-pomeranc>
- [2] Česká národní banka. (nedatováno). Načteno z <https://www.cnb.cz/cs/bankovky-a-mince/mince/5-kc/>
- [3] Ling, M. (nedatováno). Siloměr. Načteno z Daltonský plán: <http://daltonsky.sweb.cz/projekty/silomer/silomer.htm>
- [4] Mazáč, J., & Hlavička, A. (1965). Praktikum školních pokusů z fyziky pro pedagogické fakulty. Praha: SPN, n. p.
- [5] Ramínková váha. (9. 4 2021). Načteno z Učíme venku- ramínková váha: <https://www.youtube.com/watch?v=21wSQGk4c5s>
- [6] Voráček, M., Bejsta, J., Lampa, J., Leger, J., & Svoboda, K. (1971). Praktikum z fyziky na základní devítileté škole. Praha: SPN, n. p.

## Fyzikální gamebook

Jitka Houfková, Jasmína Tarakjiová

Katedra didaktiky fyziky, MFF UK Praha

### Abstrakt

*V obyčejném gamebooku si čtenář vybírá pokračování čteného příběhu na základě svých rozhodnutí či třeba hodů kostkou. Ve Fyzikálním gamebooku o dalším postupu rozhoduje výsledek pokusu, který čtenář může jen odhadnout, ale který si může i podle přiloženého návodu vyzkoušet. Čtenář nemá za úkol nic menšího, než zachránit svět a získat zpět ukradený klíč ke stabilitě vesmíru. Cestou se potká s celkem osmi často nevšedními a překvapivými pokusy, které se dají realizovat doma. Každý pokus je doplněn nejen seznamem pomůcek, návodem a vysvětlením, ale i průpravným pokusem či zamyšlením a v neposlední řadě i fotografiemi a k vybraným pokusům byla natočena i videa. Ke gamebooku byl vytvořen i doprovodný metodický materiál pro učitele. V příspěvku zmíníme i zpětnou vazbu od učitelů a žáků zapojených do pilotáže Fyzikálního gamebooku.*

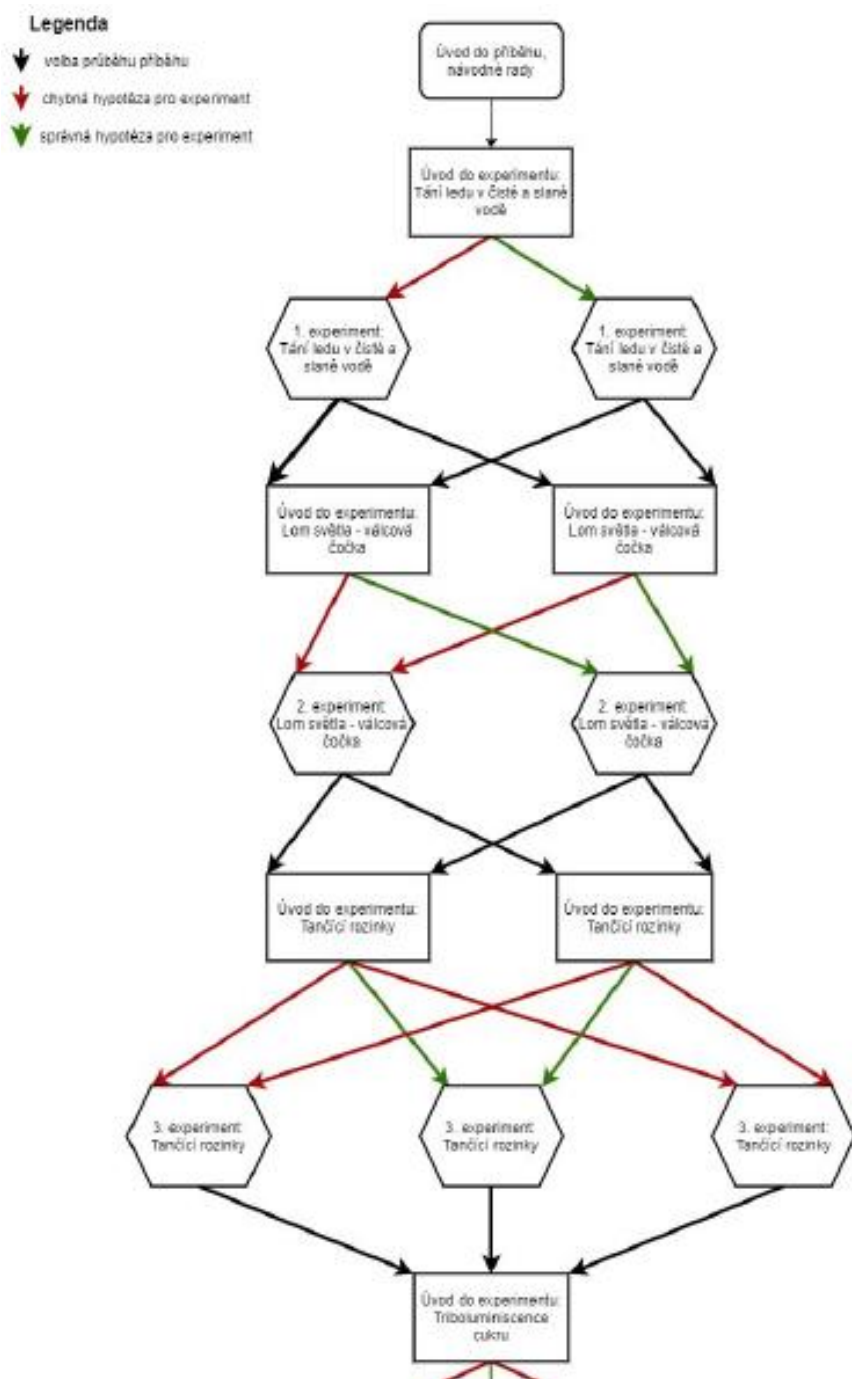
### Co je gamebook

Již řecký filozof Aristoteles zmiňoval to, že každý děj příběhu by měl mít začátek, střed a konec [1]. Pro gamebook, neboli herní knihu, platí to, že má začátek, mnoho středů a jeden nebo více konců. Děj v gamebooku není řazen lineárně, ale jednotlivé dějové části jsou řazeny zpřeházeně, protože čtenář sám, někdy za pomoci herních pomůcek jako například hrací kostka, určuje, které z nich a v jakém pořadí bude číst, čímž se stává spoluautorem příběhu.

Jednotlivé části příběhu se nazývají odkazy. Bývají seřazeny od 1 (někdy i od 0) až po konečné číslo, které příběh ukončí. V některých gameboocích jsou odkazy jednotlivé stránky, někde však může být na jedné stránce odkazů více, např. podle počtu odstavců. Na konci každého odkazu čelí čtenář volbě, která ho přesměruje k dalšímu odkazu. Může se však stát, že odkaz končí přímým přesměrováním na další část příběhu. V tuto chvíli je potřeba řídit se instrukcemi autora gamebooku.

### Co je Fyzikální gamebook

Ve Fyzikálním gamebooku [2], který vznikl v rámci bakalářské práce [3] Jasmíny Tarakjiové pod vedením Jitky Houfkové na katedře didaktiky fyziky Matematicko-fyzikální fakulty Univerzity Karlovy v Praze ve školním roce 2020/21, určuje čtenář svůj další postup na základě výsledků pokusů, které sice může jen odhadnout, ale které si může i podle přiložených návodů vyzkoušet. Pokud zvolí špatný výsledek, příběh neskončí, jen je čtenář veden oklikou přes průpravný pokus či zamyšlení, které má sloužit k lepšímu porozumění dané problematice. Mapa možných průchodů první částí Fyzikálního gamebooku je na obrázku 1.



Obr. 1. První část mapy Fyzikálního gamebooku

Vlastní Fyzikální gamebook je doplněn dvěma dalšími důležitými materiály. Jedním z nich je Cestovatelský záznamník, který slouží jako laboratorní deník, do kterého si čtenář zaznamenává své hypotézy, průběh a výsledky svého experimentování. Může se tak vracet ke svým původním myšlenkám a porovnávat je s výsledky experimentu. Druhý materiál obsahuje podrobné návody na pokusy a ilustrační videa.

Čtením gamebooku lze krátit dlouhé chvíle, ale zároveň se lze i něčemu přiučit. Naším cílem bylo spojit příjemné s užitečným a sestavit takovou didaktickou pomůcku, kterou by si mohli oblíbit nejen žáci, které fyzika baví, ale i žáci, kteří tíhnou spíše k humanitním vědám.



Cílovou skupinou, pro kterou byl Fyzikální gamebook sepsán, je 2. stupeň základních škol a odpovídající stupně gymnázií, při pilotáži ho ale s lehkou dopomocí dospělých úspěšně vyzkoušelo i několik dětí z 1. stupně.

## **Pokusy ve Fyzikálním gamebooku**

Pokusů ve Fyzikálním gamebooku je osm a byly vybrány tak, aby byly zajímavé a zároveň snadno proveditelné. Protože práce vznikala v době uzavření škol, byly pokusy vybírány tak, aby je žáci mohli dělat samostatně doma s pomůckami a surovinami, které jsou dostupné v domácnosti, především v kuchyni. Všechny pokusy jsou podrobně popsány v samostatném doplňkovém textu, kde jsou uvedeny seznamy pomůcek, návody na provedení pokusů, jejich vysvětlení a fotodokumentace jejich provedení, a u šesti z pokusů i odkazy na jejich zachycení na videích, která jsou umístěna na YouTube.

### **Pokus č. 1 – Tání kostek ledu v čisté a slané vodě**

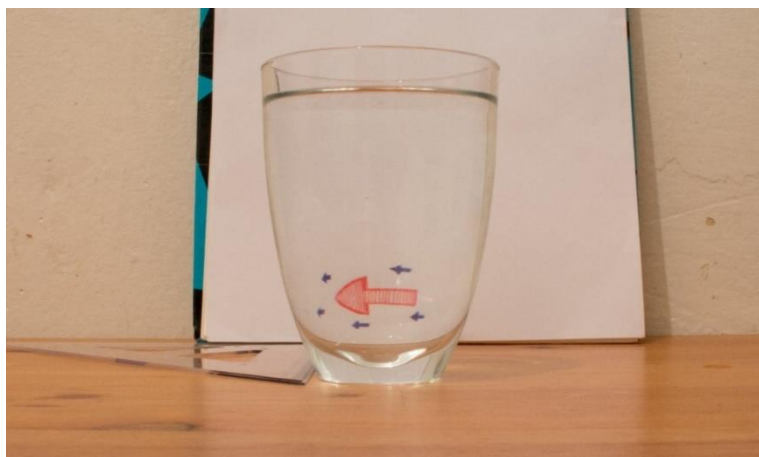
V pokusu je zkoumáno, jestli kostka ledu z čisté vody roztaje rychleji v čisté, nebo ve slané vodě. Pokus je do příběhu zařazen tak, že má čtenář co nejrychleji přejít přes jezero po ledových krách. Před sebou má však čtenář dvě jezera – jedno s čistou a druhé se slanou vodou.



Obr. 2. Pokus č. 1 – Tání kostek ledu v čisté a slané vodě

### **Pokus č. 2 – Lom světla – válcová čočka**

V pokusu jsou zkoumány vlastnosti obrazu vytvořeného průchodem světla válcovou sklenicí s vodou. V příběhu se čtenář musí rozhodnout pro volbu cesty díky pozorování mapy, před kterou však v dané vzdálenosti stojí sklenice s vodou.



Obr. 3. Pokus č. 2 – Lom světla – válcová čočka

### **Pokus č. 3 – Tančící rozinky**

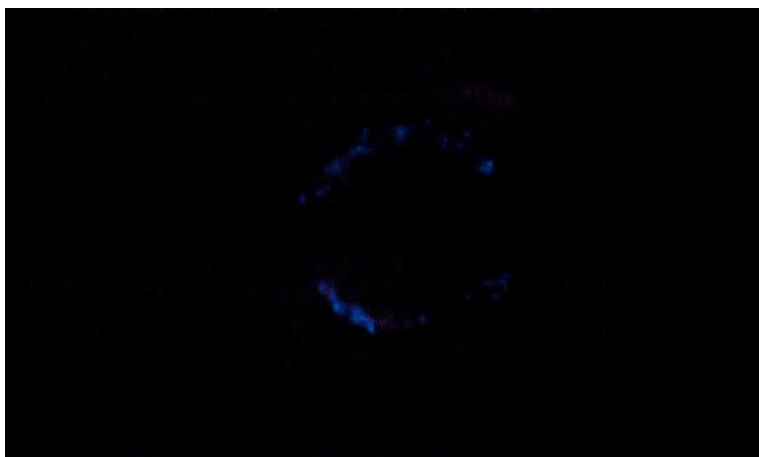
Pokus se zabývá tím, co se stane s rozinkami po vložení do perlivé vody. V příběhu jsou užívané rozinky magické a po vložení do perlivé vody z pramene ukážou, jakou cestou se vydat.



Obr. 4. Pokus č. 3 – Tančící rozinky

### **Pokus č. 4 – Triboluminiscence cukru**

V pokusu jsou pozorovány výsledky toho, co se stane, když začneme v úplné tmě drtit cukr. V příběhu se vyskytneme v temné jeskyni, ve které se čtenář snaží shledat se svým průvodcem, který se mu ztratil z dosahu.



Obr. 5. Pokus č. 4 – Triboluminiscence cukru

### **Pokus č. 5 – Valení plechovky**

V pokusu je zkoumáno, zda se na rampě ve tvaru U zastaví dříve protřepaná, nebo neprotřepaná plechovka perlivého nápoje. V příběhu jsou plechovky obměněny za sudy s limonádou, které se valí ve dvou kruhových chodbách a brání tak bezpečnému průchodu do vedlejší místnosti.



Obr. 6. Pokus č. 5 – Valení plechovky

### **Pokus č. 6 – Nenewtonská tekutina**

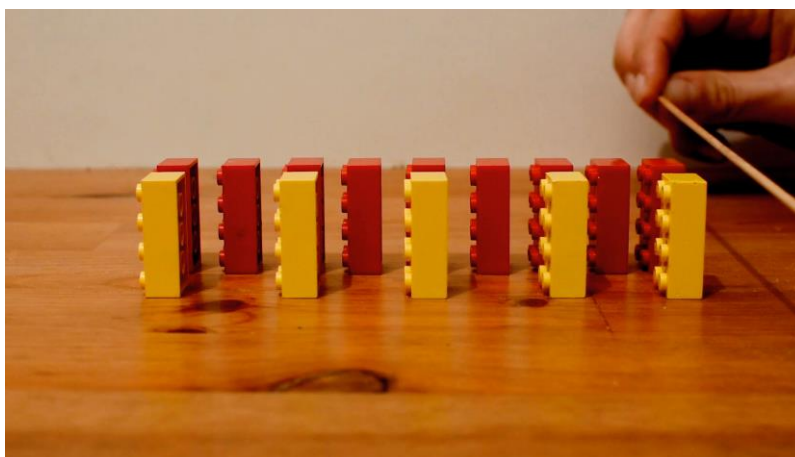
Pokus se zabývá pozorováním vlastností nenewtonské tekutiny. V příběhu se vyskytují nenewtonské podlahy, které pohltily hledaný klíč ke stabilitě vesmíru. Cílem je klíč získat, a to buď za použití hrubé síly, nebo naopak pomalejším postupem.



Obr. 7. Pokus č. 6 – Neneutonská tekutina

### **Pokus č. 7 – Závody domina**

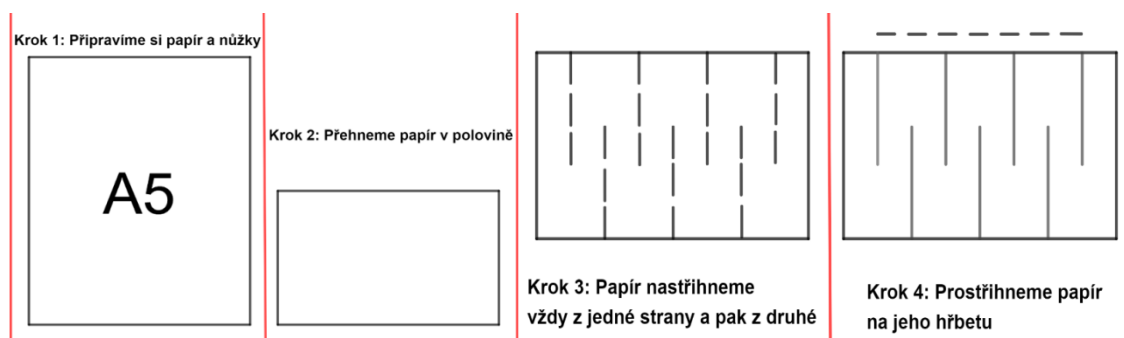
V pokusu je zkoumáno to, zda dříve popadají kostky domina, které stojí blíže u sebe, nebo popadají rychleji ty, které stojí dále od sebe. Tento pokus se v příběhu vyskytuje v závěrečném souboji se zlým čarodějem v knihovně, kde jsou regály plné knih řazeny různě daleko od sebe. Ve snaze na něj regály shodit je třeba vybrat z řad regálů tu, která se svalí nejrychleji.



Obr. 8. Pokus č. 7 – Závody domina

### **Pokus č. 8 – Průchod papírem**

Tento pokus je jako jediný výrobkového typu. Cílem tohoto pokusu je vhodně nastříhat papír tak, aby jím mohl člověk projít. Průchod papírem je v příběhu potřebný k tomu, aby se člověk přemístil na libovolně zvolené místo.



Obr. 9. Pokus č. 8 – Průchod papírem

## Pilotáž Fyzikálního gamebooku

Po vytvoření první verze byl Fyzikální gamebook se všemi doprovodnými materiály zpřístupněn na webu (viz [2]) a učitelé fyziky byli požádáni o jeho posouzení a vyzkoušení se svými žáky. Ve vyhrazeném čase se sešlo přes padesát žakovských Cestovatelských záznamníků se zpětnou vazbou a dva dotazníky učitelské. Hodnocení byla vesměs pozitivní. Na základě zpětné vazby bylo provedeno několik drobných úprav v zadání pokusů a v Cestovatelském záznamníku. Do budoucna uvažujeme o výměně pokusu č. 4 – Triboluminiscence cukru, který řada žáků hodnotila jako obtížně proveditelný. Z celkového hodnocení žáky vyplynulo, že u nich měl Fyzikální gamebook úspěch, a to nejen u těch žáků, kteří mají fyziku v oblibě, ale i u těch žáků, kteří se ve fyzice nepovažují za nejsilnější.

## Závěr

Testování Fyzikálního gamebooku potvrdilo, že zařazení této metodické pomůcky do výuky má smysl. Pro další vylepšení Fyzikálního gamebooku plánujeme vylepšit jeho grafickou podobu a finální verzi pak zveřejnit na fyzikálním serveru fyzweb.cz.

Dále plánujeme vytvořit a vyzkoušet gamebook, ve kterém by do příběhu byly zařazeny pokusy, které se týkají jednoho daného tematického okruhu, aby šel gamebook zařadit jako opakovací pomůcka.

## Literatura

- [1] Plowman M.: *A Brief History Of Gamebooks*. Games vs Play [online]. c2015 [cit. 2021-4-15]. Dostupné z: <http://gamesvsplay.com/a-brief-history-of-gamebooks/>
- [2] Houfková J., Tarakjiová J.: *Fyzikální gamebook*. [cit. 2021-8-25]. Dostupné online: <http://kdf.mff.cuni.cz/~jitka/gamebook/>
- [3] . Bakalářská práce. MFF UK, Praha 2021.

## Akustické hrátky s interface PASCO 850

Jan Hrdý

Gymnázium Jana Pivečky a SOŠ Slavičín

Abstrakt

*Tento příspěvek se stručně zabývá matematickou teorií dvoukanálových akustických a elektrických rázů i jejich generováním s využitím interface PASCO 850 a nově také s využitím chytrých telefonů nebo tabletů. Pozornost je věnována i zajímavé a dosud málo probádané problematice generování vícekanálových rázů ve školních podmínkách.*

### 1. Matematický popis akustických a elektrických rázů

**Rázy** neboli **zázněje** vznikají při skládání (superpozici) dvou nebo více kmitavých pohybů nebo vlnění, která jsou nejčastěji mechanického nebo elektrického původu. Rázy jsou nejvýraznější v případě, kdy frekvence obou pohybů nebo vlnění se jen nepatrně liší. Toho se např. využívá při *ladění* hudebních nástrojů. Jestliže skládáme dva kmity nebo dvě vlny o frekvencích  $f_1$  a  $f_2$ , je počet výsledných rázů za jednu sekundu dán vztahem

$$n = |f_2 - f_1|.$$

Protože lidské ucho je schopno běžně rozlišit maximálně 10 rázů za sekundu (trénované až 16 rázů za sekundu), nemá smysl při generování rázů skládat pohyby nebo vlnění s větším rozdílem frekvencí než 10 Hz. Daleko zajímavější situace nastane, když rozdíl frekvencí je menší než 1 Hz, protože potom jsou rázy delší než 1 sekunda a tedy hodně výrazné.

Z matematického hlediska se vlastně jedná o součet dvou harmonických funkcí – obvykle funkcí sinus. Dále předpokládáme, že amplitudy obou kmitů (vln) jsou stejně velké a mají jednotkovou velikost:

$$\begin{aligned} y_1 &= \sin(\omega_1 t) = \sin(2\pi f_1 t) \\ y_2 &= \sin(\omega_2 t) = \sin(2\pi f_2 t) \\ y &= y_1 + y_2 = \sin(\omega_1 t) + \sin(\omega_2 t) \\ y &= \sin(2\pi f_1 t) + \sin(2\pi f_2 t) \\ y &= 2 \cdot \sin \frac{2\pi f_1 t + 2\pi f_2 t}{2} \cdot \cos \frac{2\pi f_1 t - 2\pi f_2 t}{2} \\ y &= 2 \cdot \sin \left[ 2\pi \frac{f_1 + f_2}{2} t \right] \cdot \cos \left[ 2\pi \frac{f_1 - f_2}{2} t \right], \end{aligned}$$

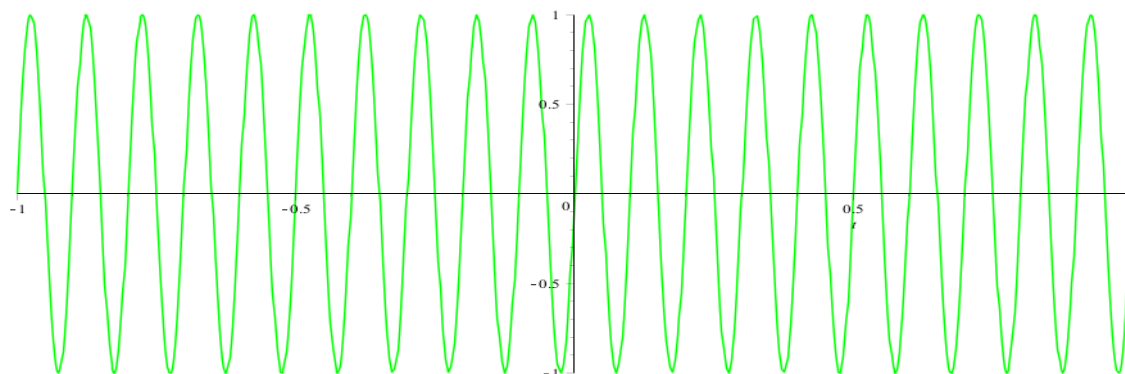
kde frekvence výsledných kmitů  $f_k$  je rovna průměru obou frekvencí

$$f_k = \frac{f_1 + f_2}{2}.$$

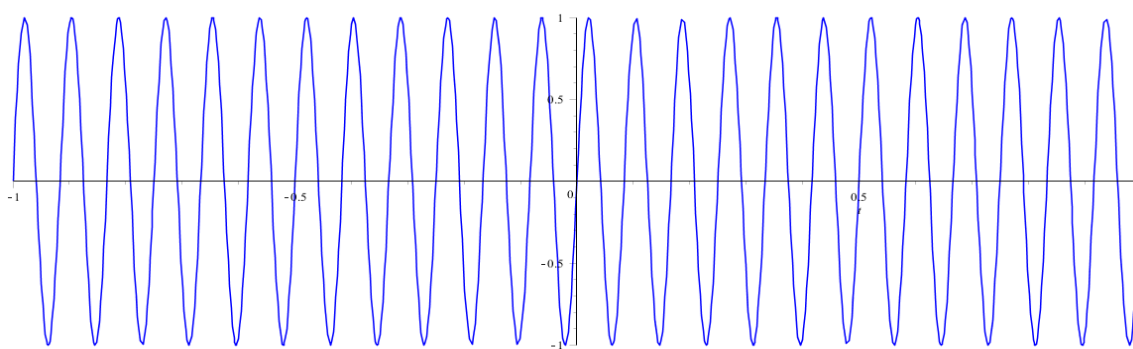
Amplituda výsledných kmitů  $A_k = 2 \cdot \cos \left[ 2\pi \frac{f_1 - f_2}{2} t \right]$  není konstantní, ale mění se

s frekvencí  $f_r = \frac{|f_1 - f_2|}{2} = \frac{n}{2}$ , která se rovná polovině počtu rázů za 1 sekundu.

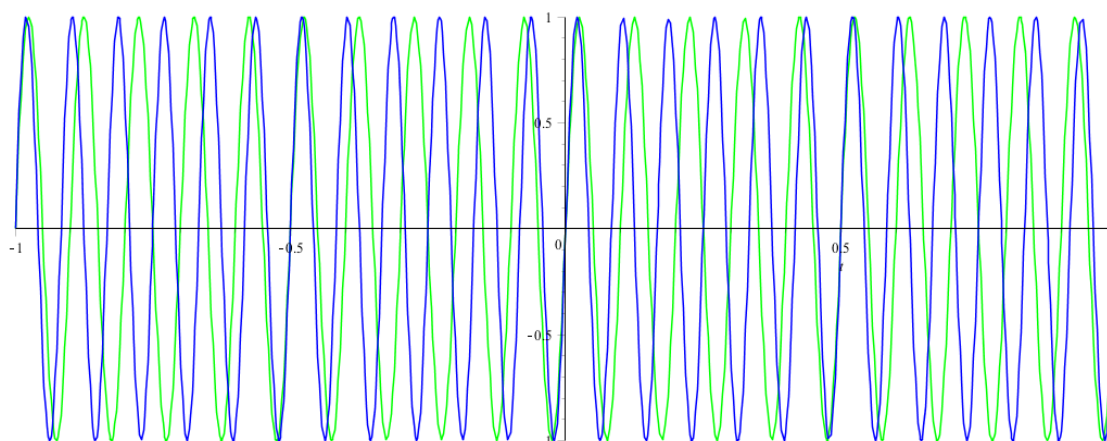
Všechny tyto vlastnosti výsledných kmitů vyplývají z uvedeného matematického rozboru jsou dobře patrné také na *modelech* vytvořených pomocí software **Maple 17** na následujících obrázcích:



Obr. 1. Časový průběh kmitavého pohybu o frekvenci  $f_1 = 10$  Hz pro  $t \in \langle -1, 1 \rangle$  sekundy.



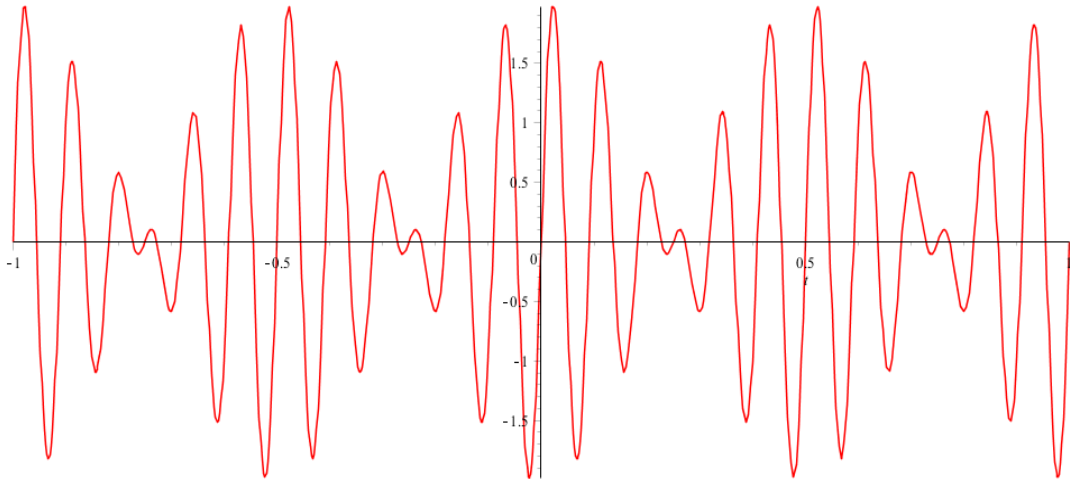
Obr. 2. Časový průběh kmitavého pohybu o frekvenci  $f_2 = 12$  Hz pro  $t \in \langle -1, 1 \rangle$  sekundy.



Obr. 3. Porovnání časového průběhu obou kmitavých pohybů pro  $t \in \langle -1, 1 \rangle$  sekundy.

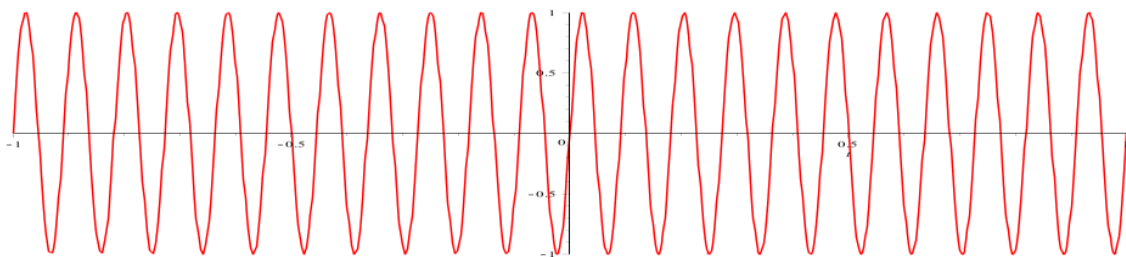
Z obrázku je patrné, že pro  $t \in \{-1; -0,5; 0; 0,5; 1\}$  sekundy jsou oba kmity prakticky ve fázi a proto zde můžeme očekávat **maximum** výsledných kmitů, na druhé straně pro časové okamžiky ležící uprostřed mezi těmito hodnotami  $t \in \{-0,75; -0,25; 0,25; 0,75\}$  sekundy

jsou oba kmity prakticky v protifázi a můžeme zde očekávat **minimum** výsledných kmitů, jak je patrné také z následujícího modelu:

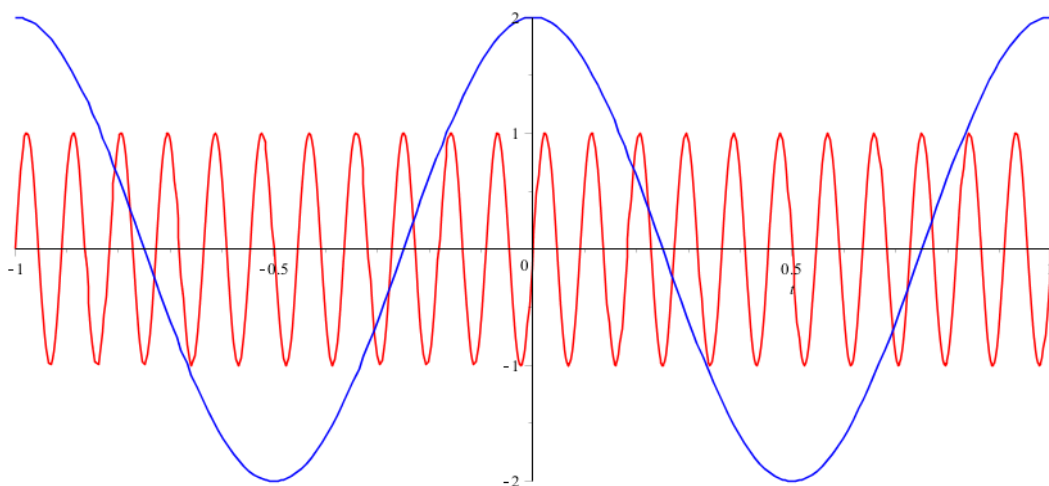


Obr. 4. Průběh složeného kmitání (rázy) pro  $t \in \langle -1, 1 \rangle$  sekundy.

Porovnáním s následujícím obrázkem se můžeme snadno přesvědčit, že výsledná frekvence složených kmitů je skutečně  $f_k = \frac{f_1 + f_2}{2} = \frac{10 + 12}{2} = 11 \text{ Hz}$ .



Obr. 5. Průběh základní složky složeného kmitání o frekvenci  $f_k = 11 \text{ Hz}$ .



Obr. 6. Průběh základních kmitů o frekvenci  $f_k = 11 \text{ Hz}$  současně s průběhem amplitudy výsledného kmitání o frekvenci  $f_r = \frac{|f_1 - f_2|}{2} = 1 \text{ Hz}$ , čemuž odpovídají 2 rázy za sekundu.

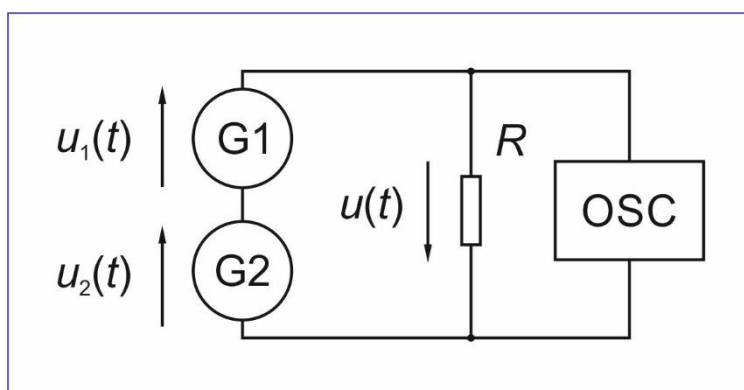


## 2. Elektrické a akustické dvoukanálové rázy

V této kapitole je proveden přehled nejběžnějších možností, kde se v praxi vyskytují elektrické nebo akustické rázy. Podkapitoly jsou řazeny od nejjednodušších možností (skládání elektrických nebo akustických kmitů) až po nejsložitější běžné případy (skládání prostorových akustických vln).

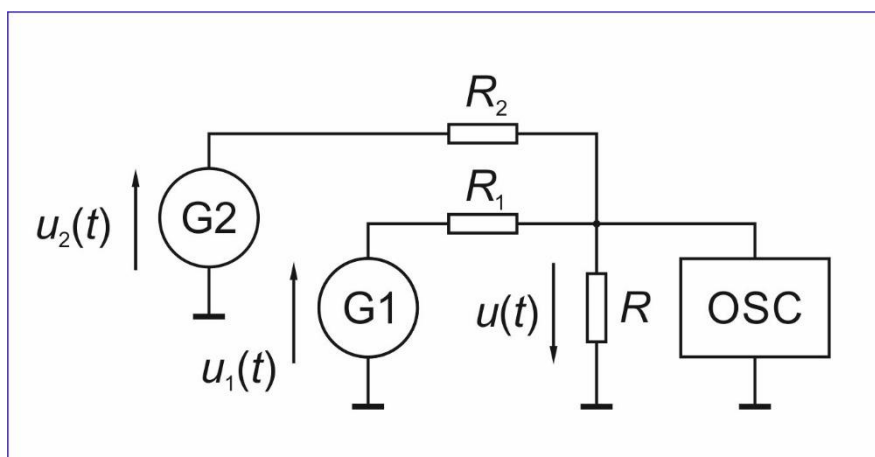
### 2.1 Skládání elektrických kmitů

Mějme k dispozici dva generátory elektrických kmitů, jejichž okamžité napětí označíme  $u_1(t)$  a  $u_2(t)$ . Pokud oba generátory zapojíme do série, získáme na sériovém odporu  $R$  součet obou okamžitých napětí  $u(t) = u_1(t) + u_2(t)$  (provádíme skládání obou kmitů). Výsledné napětí  $u(t)$  můžeme zobrazit např. pomocí osciloskopu. Podmínkou správné funkce zapojení je vhodná konstrukce generátorů i osciloskopu (žádná výstupní svorka generátorů nebo vstupní svorka osciloskopu nesmí být spojena se společnou zemí – musí jít o tzv. **plovoucí vstup** nebo **plovoucí výstup**). Schéma zapojení je na obr. 7.



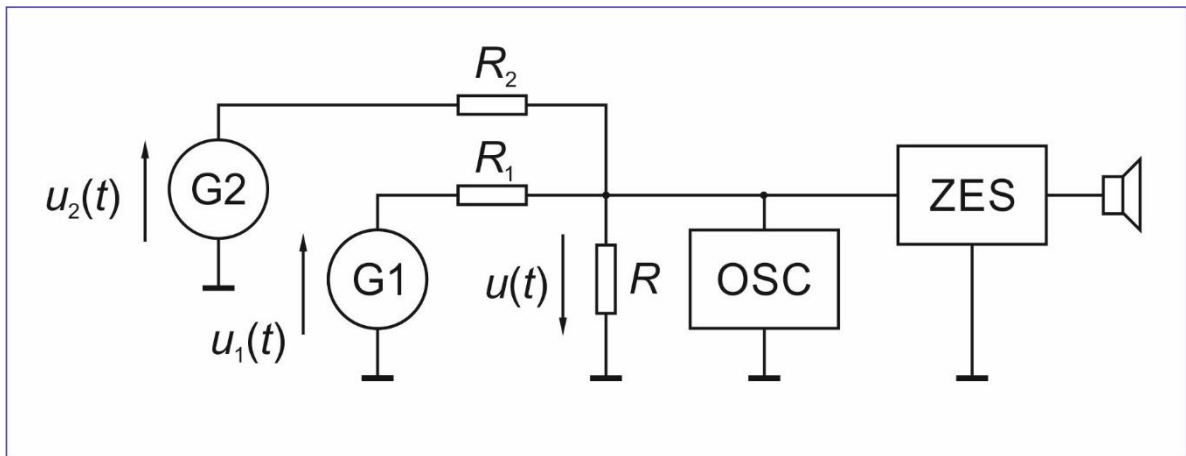
Obr. 7: Princip skládání elektrických kmitů.

Většina starších generátorů nebo osciloskopů používá z praktických důvodů společnou **přístrojovou** zem. Potom se skládání kmitů realizuje pomocí jednoduchého součtového obvodu podle obr. 8.



Obr. 8: Skládání elektrických kmitů pomocí součtového obvodu ( $R_1 = R_2 = 10 \text{ K}$ ,  $R = 470$ ).

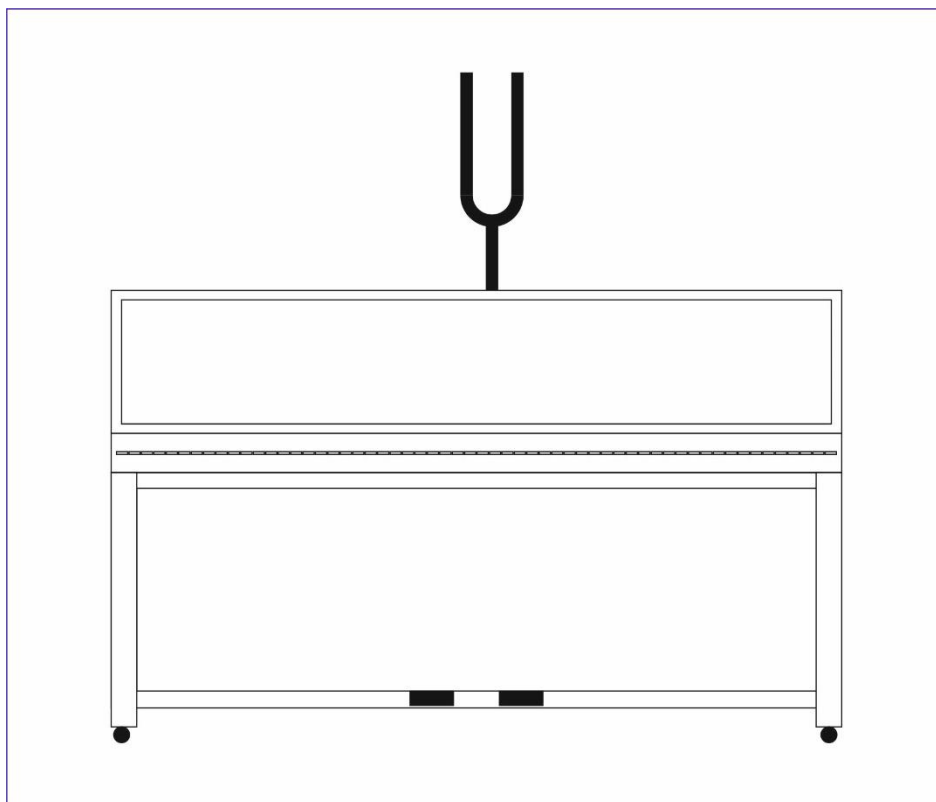
Pokud skládané elektrické kmity padnou do akustického pásma, můžeme kromě osciloskopu připojit také nízkofrekvenční zesilovač a reproduktor, a získané rázy potom můžeme sledovat také sluchem. Stále se však jedná principiálně o skládání elektrických kmitů – obr. 9.



Obr. 9: Skládání elektrických kmitů s akustickým výstupem.

## 2.1 Skládání akustických kmitů

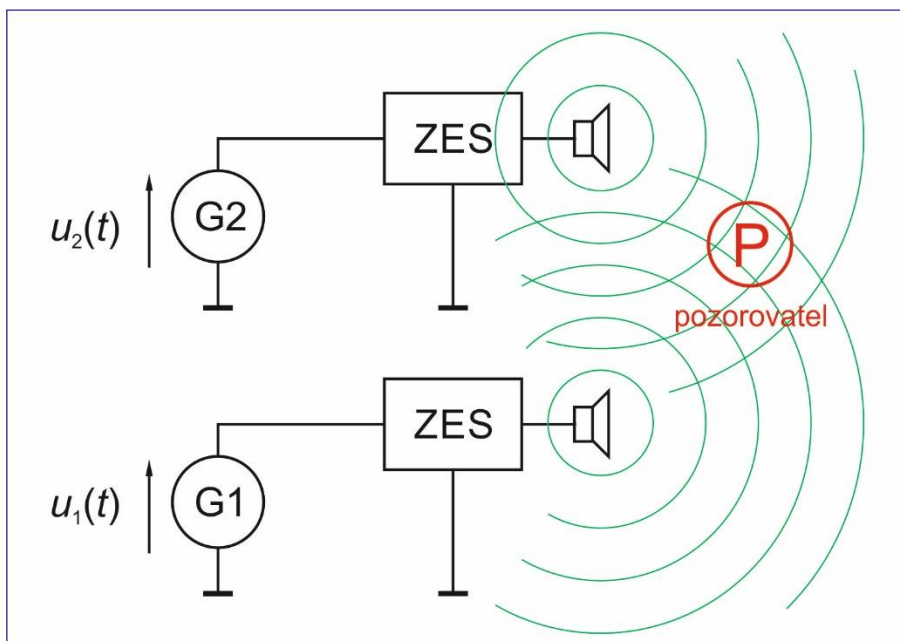
Podmínkou vzniku akustických rázů je **mechanické spojení** dvou akustických oscilátorů. Dříve se používalo často při ladění hudebních nástrojů – např. uspořádání podle obr. 10.



Obr. 10: Příklad vzniku akustických rázů při ladění klasického pianina pomocí kovové ladičky přiložené přímo k nástroji (např. komorní  $a^1 = 440$  Hz).

### 2.3 Skládání akustických vln

Pokud budeme elektrické kmity ze dvou nezávislých generátorů reprodukovat dvěma nezávislými a dostatečně od sebe vzdálenými reproduktory, bude docházet ke vzniku rázů pro každého posluchače trochu jinak. Bude se uplatňovat **dráhový rozdíl** (a tím časové zpoždění) od obou akustických zdrojů (reproduktorů) a zejména vliv různé amplitudy akustické vlny z obou zdrojů v místě konkrétního posluchače. Bude se jednat o složitý prostorově členěný jev, akusticky velmi zajímavý (zejména pro hudebníky), často ovlivněný navíc různými odrazy a dozvukem – obr. 11.



Obr. 11: Právě akustické rázy vznikající při skládání dvou různých akustických vln (ze dvou různých dostatečně vzdálených zdrojů).

### 2.4 Vliv různé amplitudy akustické vlny na průběh rázů

Amplituda akustické vlny se s rostoucí vzdáleností posluchače od zdroje zvuku rychle zmenšuje a proto tato vzdálenost může sehrát **významnou** úlohu, a to zejména tehdy, když se vzdálenosti posluchače od obou zdrojů podstatně liší:

$$y = y_1 + y_2 = A_1 \sin(\omega_1 t) + A_2 \sin(\omega_2 t)$$

$$\text{Substitute: } \omega_1 t = \alpha + \beta, \quad \omega_2 t = \alpha - \beta$$

$$y = A_1 \sin(\alpha + \beta) + A_2 \sin(\alpha - \beta)$$

$$y = A_1 [\sin \alpha \cdot \cos \beta + \cos \alpha \cdot \sin \beta] + A_2 [\sin \alpha \cdot \cos \beta - \cos \alpha \cdot \sin \beta]$$

$$y = (A_1 + A_2) \sin \alpha \cdot \cos \beta + (A_1 - A_2) \cos \alpha \cdot \sin \beta$$

$$\text{Zpětná substitute: } \alpha = \frac{\omega_1 + \omega_2}{2} t, \quad \beta = \frac{\omega_1 - \omega_2}{2} t$$

$$y = (A_1 + A_2) \sin \left[ 2\pi \frac{f_1 + f_2}{2} t \right] \cdot \cos \left[ 2\pi \frac{f_1 - f_2}{2} t \right] + (A_1 - A_2) \cos \left[ 2\pi \frac{f_1 + f_2}{2} t \right] \cdot \sin \left[ 2\pi \frac{f_1 - f_2}{2} t \right]$$

Předcházející rovnice přejde pro  $A_1 = A_2 = A$  na tvar:

$$y = (A + A) \sin \left[ 2\pi \frac{f_1 + f_2}{2} t \right] \cdot \cos \left[ 2\pi \frac{f_1 - f_2}{2} t \right] = 2A \cdot \left[ \sin 2\pi \frac{f_1 + f_2}{2} t \right] \cdot \cos \left[ 2\pi \frac{f_1 - f_2}{2} t \right]$$

a pro  $A_1 = A_2 = A = 1$  na tvar  $y = 2 \cdot \sin \left[ 2\pi \frac{f_1 + f_2}{2} t \right] \cdot \cos \left[ 2\pi \frac{f_1 - f_2}{2} t \right]$ .

Pro  $A_1 \neq A_2 \rightarrow (A_1 - A_2) \neq 0$  vystupuje v rovnici nový člen

$$(A_1 - A_2) \cos \left[ 2\pi \frac{f_1 + f_2}{2} t \right] \cdot \sin \left[ 2\pi \frac{f_1 - f_2}{2} t \right], \text{ který jednak obsahuje funkci}$$

$$\cos \left[ 2\pi \frac{f_1 + f_2}{2} t \right] \text{ popisující základní kmitání s průměrnou frekvencí } \frac{f_1 + f_2}{2} \text{ a jednak}$$

amplitudu tohoto kmitání  $(A_1 - A_2) \cdot \sin \left[ 2\pi \frac{f_1 - f_2}{2} t \right]$ , která se opět mění s frekvencí rázů

$$f_r = \frac{|f_1 - f_2|}{2} = \frac{n}{2}, \text{ kde } n \text{ je počet rázů za jednu sekundu.}$$

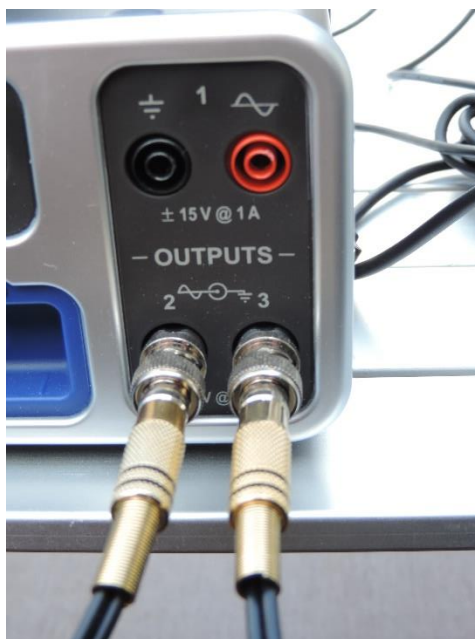
### 3. Použití interface PASCO 850

PASCO 850 je univerzální rozhraní, které lze snadno připojit přes USB port k notebooku nebo PC. Na školách je poměrně hodně rozšířené, má přehledné a snadné intuitivní ovládání. Má mnoho různých funkcí a mnoho různých vstupů a výstupů, ale obsahuje také **dva nezávislé generátory**, což umožňuje jeho použití při generování akustických rázů vznikajících superpozicí dvou různých akustických vln – podle schématu na obr. 11.



Obr. 12. Rozhraní (interface) PASCO 850 v akci.

Snadné a bezproblémové připojení zesilovačů a reproduktorů k tomuto rozhraní je podmíněno použitím speciálních **redukcí** konektorů BNC / CINCH:



Obr. 13. Použití speciálních redukci k připojení nízkofrekvenčních výstupních kabelů.

Pokusy se superpozicí akustických vln se nejlépe realizují na volném prostranství, kde neruší dozvuk nebo jiné parazitní odrazy. Je k tomu možné vybudovat např. mobilní pracoviště podle následujícího obrázku:



Obr. 14. Mobilní pracoviště na bázi interface PASCO 850.



Oba použité generátory, které jsou součástí interface PASCO, mají **výborné rozlišení** nastavené frekvence: **1 mHz** (tj. 0,001 Hz). To umožňuje generovat akustické rázy delší než 100 sekund.

#### 4. Použití chytrých telefonů a tabletů

Technický pokrok jde rychle kupředu a pokusy, které třeba ještě před 10 lety vyžadovaly specializovanou aparaturu (např. uvedené PASCO 850), si teď studenti mohou realizovat, i když ve zjednodušené podobě, sami. Stačí k tomu spolupráce několika chytrých telefonů nebo tabletů.

V internetovém obchodě s aplikacemi **Google Play** je velká nabídka různých generátorů zvuku. Stačí si pouze některý vybrat a nainstalovat. Autorovi tohoto příspěvku se třeba dobře osvědčil generátor *Frequency Sound Generator LuxDeLux* (1,4 miliónu stažení), který se obvykle objevuje hned na prvním místě nabídky (po zadání *generátor zvuku* v horním vyhledávacím políčku).



Obr. 15. Použití generátoru zvuku Frequency Sound Generator LuxDeLux



Obr. 16. Výhodné je také použití dvou tabletů.

Při těchto žákovských experimentech můžeme k telefonu či mobilu připojit zesilovač s reproduktorem pro lepší slyšitelnost. Vhodné jsou jakékoliv přídavné reproduktory k PC nebo nejrůznější bezdrátové reproduktory se systémem Bluetooth. Nevýhodou tohoto řešení je rozlišení použitých generátorů, které bývá obvykle pouze 1 Hz.

## 5. Vícekanálové rázy

Právě popsané použití chytrého telefonu nebo tabletu umožňuje ve školních podmínkách snadno realizovat velmi zajímavé **vícekanálové** rázy. Záleží jen na tom, kolik chytrých telefonů nebo tabletů budeme mít k dispozici. Obecně se dá říci, že výsledný efekt je tím **výraznější**, čím více kanálů použijeme. Můžeme **experimentovat** nejen s počtem kanálů a použitými frekvencemi, ale také s prostorovým rozložením použitých reproduktorů

## 6. Závěr

Cílem tohoto příspěvku bylo připomenout staré dobré experimenty s akustickými rázy, ale při použití **moderních** pomůcek.

# Nestandardní učebnice fyziky inspirovaná distanční výukou

Jan Hrdý

Obchodní akademie, VOŠ a JŠ Uherské Hradiště

Abstrakt

*Ve školním roce 2020-2021 se kvůli pandemii covidu-19 dlouhodobě používala distanční výuka. Její použití kladlo zvýšené nároky nejen na práci učitelů, ale také na samostatnou přípravu žáků doma. Všichni se shodují na tom, že nejen celá společnost, ale i samotné školství, se již nikdy nevrátí do před-covidové doby. Proto mohou být zkušenosti získané při distanční výuce cenné i v post-covidovém období.*

## 1. Komu je učebnice určena

Tato elektronická učebnice je určena pro střední školy **netechnického zaměření**. Učebnice shrnuje učivo fyziky a chemie probírané v předmětu **Základy přírodních věd**. Z praktických důvodů je rozdělena na tři samostatné části (první dva díly **fyzika**, třetí díl **chemie**).

Primárně je učebnice určena žákům pro podporu samostatné domácí přípravy. Aby byla zajištěna snadná **dostupnost** i možnost jednoduché další **aktualizace**, je učebnice v elektronické podobě. Pro své velké rozšíření a univerzální použití byl použit soubor PDF. Učebnici mohou používat jednotliví žáci samostatně (chytré telefony nebo tablety), v malých skupinkách (notebooky nebo klasické PC) nebo při hromadné výuce žáků ve třídě (dataprojektor). Tato učebnice může usnadnit i práci učitelům, i když obsahuje převážně pouze základní fakta, protože je důsledně členěna podle aktuálního RVP.

## 2. Základní východiska

Probíraná látka je maximálně zjednodušena. Výklad je zaměřen hlavně na **logické pojmy a vazby** mezi nimi. Doplnující faktografické údaje, které jsou dostupné na **webu**, jsou omezeny nebo vynechány úplně.

Zvláštní pozornost je věnována **doplnění** znalostí žáků přicházejících ze ZŠ a návaznosti na probírané učivo. Kvalita a rozsah výuky fyziky a chemie se na jednotlivých ZŠ někdy dosti výrazně liší.

Velká pozornost byla věnována také přehlednosti a kvalitě zpracování. Všechny použité obrázky a náčrtky jsou původní. Při jejich návrhu a pečlivém rýsování byla sledována nejen věcná správnost, ale i názornost a jednoduchost na pochopení a zapamatování.

Protože tato učebnice je primárně určena pro domácí samostatnou přípravu žáků, je možné zapojit i **domácí zdroje**. Rodiče většinou nemají čas, ale pokud mají žáci babičky a dědečky, kteří pracovali v technických nebo jiných příbuzných oborech, mohou pak pomocí tohoto textu snadno svým vnukům probíranou problematiku **vysvětlit** bez toho, že by si museli dělat nějaké další přípravy. Přenos informací a zkušeností z prarodičů na vnuky je z psychologického hlediska **velmi účinný**. Učebnici však mohou využít jako základ výuky ve škole **také učitelé**. Ušetří tak spoustu času na přípravu, který mohou potom věnovat rozvíjení nadstavbové činnosti. Učebnice je napsána přesně podle časového a věcného plánu typického aktuálního ŠVP.



### 3. Celkový přehled probíraného učiva

#### První díl:

1. Úvod do fyziky	5 hodin
2. Mechanika	22 hodin
3. Termika	6 hodin

#### Druhý díl:

4. Elektřina a magnetismus	16 hodin
5. Vlnění a optika	10 hodin
6. Fyzika mikrosvětla	5 hodin
7. Vesmír	4 hodiny

#### Třetí díl:

8. Obecná chemie	8 hodin
9. Anorganická chemie	10 hodin
10. Organická chemie	10 hodin
11. Biochemie	6 hodin

**Celkový počet vyučovacích hodin za rok: 102 hodin**

#### 4. Podrobný obsah 1. dílu učebnice

Předmluva	str. 2
Přehled učiva	str. 4
Podrobný obsah	str. 5

#### ÚVOD DO FYZIKY

001. Obsah a význam fyziky	str. 8
002. Fyzikální veličiny	str. 9
003. Mezinárodní soustava jednotek SI	str. 11
004. Odvozené jednotky soustavy SI	str. 14
005. Násobky a díly jednotek	str. 15

#### MECHANIKA

##### Kinematika

006. Rozdělení mechaniky	str. 17
007. Základní pojmy mechaniky	str. 18
008. Vztažná soustava	str. 19
009. Různé druhy pohybů tělesa	str. 20
010. Rovnoměrný přímočarý pohyb	str. 22

011. Rovnoměrně zrychlený pohyb	str. 25
012. Volný pád	str. 27
013. Rovnoměrně zpomalený pohyb	str. 30
014. Rovnoměrný pohyb po kružnici	str. 33

### **Dynamika**

015. Síla a skládání sil	str. 36
016. Newtonovy pohybové zákony	str. 38
017. Síly v přírodě	str. 41
018. Třecí síla	str. 45
019. Valivý odpor	str. 47

### **Mechanická práce a energie**

020. Mechanická práce	str. 49
021. Mechanická energie	str. 51
022. Zákon zachování mechanické energie	str. 53
023. Mechanický výkon a účinnost	str. 55

### **Mechanika kapalin a plynů**

024. Hydrostatický tlak	str. 58
025. Atmosférický tlak	str. 62
026. Pascalův zákon	str. 63
027. Archimedův zákon	str. 66

## **TERMIKA**

028. Teplota a teplotní stupnice	str. 69
029. Délková teplotní roztažnost	str. 72
030. Měrná tepelná kapacita	str. 75
031. Teplo a vnitřní energie	str. 78
032. Tepelné motory	str. 79
033. Změna skupenství látek	str. 81

**DOPORUČENÍ PRO TISK** str. 87

**LICENČNÍ UJEDNÁNÍ** str. 88

**PŘIPRAVUJEME** str. 89

**První díl** učebnice obsahuje 44 vzorově vyřešených původních příkladů a má **celkový rozsah 89 stran** formátu A4.

## 5. Praktická ukázka zpracování učebnice

Celá učebnice je z důvodu dobré čitelnosti při promítání dataprojektorem nebo při použití v chytrém telefonu napsána fontem o velikost 24 pt. Tabulky jsou pro větší kvalitu nakresleny v programu CorelDRAW a do textu jsou vloženy jako obrázek.

Jako ukázka zpracování učebnice byly vybrány následující kapitoly:

### 003. SOUSTAVA JEDNOTEK SI

Celý systém fyzikálních jednotek je založen na skutečnosti, že některé jednotky považujeme za nezávislé (základní) a ostatní za odvozené. V minulosti byly zkoušeny různé systémy, každý z nich měl své přednosti i nedostatky. Za optimální řešení je v současnosti považována Mezinárodní soustava jednotek SI, která byla přijata na XI. generální konferenci pro míry a váhy v Paříži v roce 1960.

#### Základní jednotky soustavy SI

Fyzikální veličina	Značka veličiny	Základní jednotka	Značka jednotky
Délka	$l$	metr	m
Hmotnost	$m$	kilogram	kg
Čas	$t$	sekunda	s
Elektrický proud	$I$	ampér	A
Termodynamická teplota	$T$	kelvin	K
Látkové množství	$n$	mol	mol
Svítivost	$I$	kandela	cd

Kromě základních a odvozených jednotek, kterým bude věnována příští kapitola, je povoleno používání také tzv. vedlejších jednotek, které sice nepatří do soustavy SI, ale jejich používání je povoleno zejména z praktických důvodů (jsou již dlouhodobě používané v běžném životě a jsou v lidech hluboce zakořeněny):

#### Nejběžnější povolené vedlejší jednotky

Vedlejší jednotka	Označení jednotky	Definice jednotky
Minuta	min	1 min = 60 s
Hodina	h	1 h = 3600 s
Den	d	1 d = 86400 s
Rok	r	1 r = 365,25 d
Úhlový stupeň	°	360° je plný úhel
Litr	l	1 l = 1 dm <sup>3</sup>
Tuna	t	1 t = 1000 kg
Hektar	ha	1 ha = 10000 m <sup>2</sup>

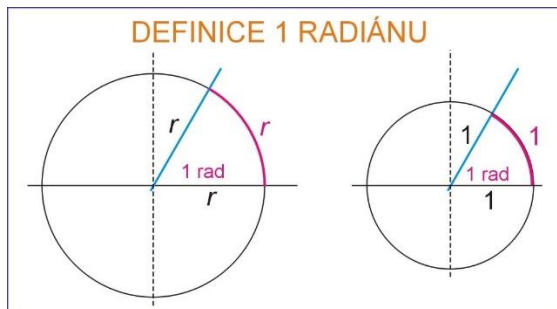
Další **vedlejší jednotky** se používají také v astronomii, atomové fyzice a elektrotechnice.

Doplňkovou jednotkou k soustavě SI je bezrozměrná jednotka rovinného úhlu:

$$1 \text{ radián} = 1 \text{ rad} \approx 57,3^\circ.$$

#### Řešený příklad:

Odvoďte vztah pro přepočítání úhlového stupně na radiány a naopak. Jeden radián je úhel, který vytíná na kružnici o poloměru  $r$  oblouk o stejné délce  $r$ . Obvykle ale mluvíme o jednotkové kružnici: Jeden radián je potom úhel, který na jednotkové kružnici vytíná oblouk o jednotkové délce.



Plnému úhlu  $\alpha = 360^\circ$  odpovídá úhel v radiánech

$$\varphi = \frac{2\pi r}{r} = 2\pi \approx 6,283184 \rightarrow$$

$$1^\circ \approx \frac{6,283184}{360} \approx 0,0174532 \text{ rad},$$

$$1 \text{ rad} \approx \frac{360}{6,283184} \approx 57,295791^\circ.$$

#### 004. ODVOZENÉ JEDNOTKY SI

Odvozené jednotky Mezinárodní soustavy jednotek SI jsou jednotky, které jsou odvozené ze základních jednotek této soustavy na základě tzv. definičních vztahů. Odvozených jednotek je velké množství. S těmito jednotkami se budeme při dalším studiu setkávat velmi často. Některé z těchto jednotek mají i své vlastní názvy (obvykle jsou použita jména významných fyziků):

##### Některé odvozené jednotky soustavy SI

Fyzikální veličina	Značka veličiny	Odvozená jednotka	Značka jednotky
Síla	$F$	newton	m
Práce Energie	$W$ $E$	joule	J, Ws*
Výkon	$P$	watt	W
Elektrický náboj	$Q$	coulomb	C
Elektrické napětí	$U$	volt	V
Elektrický odpor	$R$	ohm	$\Omega$
Tlak	$p$	pascal	Pa

\*Poznámka: 1 Ws (wattsekunda) = 1 J.

## 005. NÁSOBKY A DÍLY JEDNOTEK SI

Násobky a díly základních nebo odvozených jednotek soustavy SI se z nich odvozují pomocí násobků čísla 10 (dekadické násobky a díly). Název a značka výchozí jednotky je potom doplněna příslušnou předponou podle následující tabulky:

### Nejdůležitější násobky a díly jednotek

Předpona	Označení předpony	Poměr $1 : 10^n$	Praktický příklad
giga	G	$1 : 10^9$	1 GW = $10^9$ W
mega	M	$1 : 10^6$	1 MW = $10^6$ W
kilo	k	$1 : 10^3$	1 kW = 1000 W
hekto	h	$1 : 10^2$	1 hPa = 100 Pa
deka	da	$1 : 10^1$	1 dam* = 10 m
deci	d	$1 : 10^{-1}$	1 dm = 0,1 m
centi	c	$1 : 10^{-2}$	1 cm = 0,01 m
mili	m	$1 : 10^{-3}$	1 mm = 0,001 m
mikro	μ	$1 : 10^{-6}$	1 μm = $10^{-6}$ m
nano	n	$1 : 10^{-9}$	1 nm = $10^{-9}$ m

\* Jednotka 1 dam = 1 dekametr = 10 m se v praxi příliš často nevyužívá.

Podobně tvořená jednotka: 1 dekagram = 10 gramů, populární především ve starších kuchařkách, se často zapisovala 1 dkg místo správného 1 dag. Nyní se dává přednost vyjádření hmotnosti pomocí gramů.

U vedlejších jednotek s výjimkou 1 litru se dekadické násobky a díly nepoužívají vůbec:

$$1 \text{ hektolitr} = 1 \text{ hl} = 100 \text{ litrů}$$

$$1 \text{ decilitr} = 1 \text{ dl} = 0,1 \text{ litru}$$

$$1 \text{ centilitr} = 1 \text{ cl} = 0,01 \text{ litru}$$

$$1 \text{ mililitr} = 1 \text{ ml} = 0,001 \text{ litru}$$

V **meteorologii** se přednostně používá jednotka 1 hPa = 100 Pa, v technické praxi zase

$$1 \text{ kPa} = 1000 \text{ Pa} \text{ a } 1 \text{ MPa} = 10^6 \text{ Pa.}$$

## 6. Doporučení pro případný tisk učebnice na tiskárně

Při tisku učebnice na tiskárně je vhodné dodržovat následující doporučení a konvence:

Přednostně používáme oboustranný barevný tisk.

Obálku učebnice – 2 listy A4 – tiskneme oboustranně na papír s vyšší gramáží (120 g/m<sup>2</sup>). Je umístěna ve zvláštním souboru.

První stránku (str. 1) vlastní učebnice tiskneme samostatně barevně jednostranně ve formátu A4 na standardní papír (80 g/m<sup>2</sup>).

Zbývající stránky učebnice (str. 2–89) tiskneme oboustranně na standardní papír (80 g/m<sup>2</sup>) obvykle tak, že na jednu tiskovou stránku A4 umístíme 2–4 stránky z učebnice.

Při zachování tohoto postupu je dodržena základní **typografická zásada**, že v knize jsou sudé stránky vlevo a liché vpravo.

Do kroužkové vazby učebnice používáme dopředu i dozadu průhlednou fólii.

## 7. Závěr

Elektronická podoba učebnice umožňuje její snadnou aktualizaci či případné změny. Tato učebnice se svým provedením liší nejen od klasických papírových učebnic, ale také od celé řady elektronických učebnic (nebo učebních textů), které jsou v současné době na trhu k dispozici. Liší se svou kompaktností a tím, že se při psaní této učebnice již od počátku důsledně vycházelo z platného ŠVP a RVP.

Dotazy, připomínky a podněty na adrese

[info.fysika@email.cz](mailto:info.fysika@email.cz)

Díličí informace také na

[www.fysika-ucebnice.eu](http://www.fysika-ucebnice.eu)

## Připravujeme

**Fyzika 1** (pro střední školy **technického** zaměření)

(První ročník, 2 hodiny týdně, 68 hodin za rok)

Úvod do studia fyziky – Mechanika – Molekulová fyzika a termika – Mechanické kmitání a vlnění – Astrofyzika.

**Fyzika 2** (pro střední školy **technického** zaměření)

(Druhý ročník, 2 hodiny týdně, 68 hodin za rok)

Elektřina a magnetismus – Optika – Fyzika mikrosvěta – Speciální teorie relativity.

**Chemie** (pro střední školy **technického** zaměření)

(Třetí ročník, 1 hodina týdně, 34 hodin za rok)

Obecná chemie – Anorganická chemie – Organická chemie – Biochemie.

50 řešených maturitních příkladů z fyziky (pro gymnázia)

Mechanika – Termika – Molekulová fyzika – Kmity a vlny – Elektřina a magnetismus – Optika – Atomová fyzika – Teorie relativity.

# Rotující soustavy

Zdeněk Hubáček

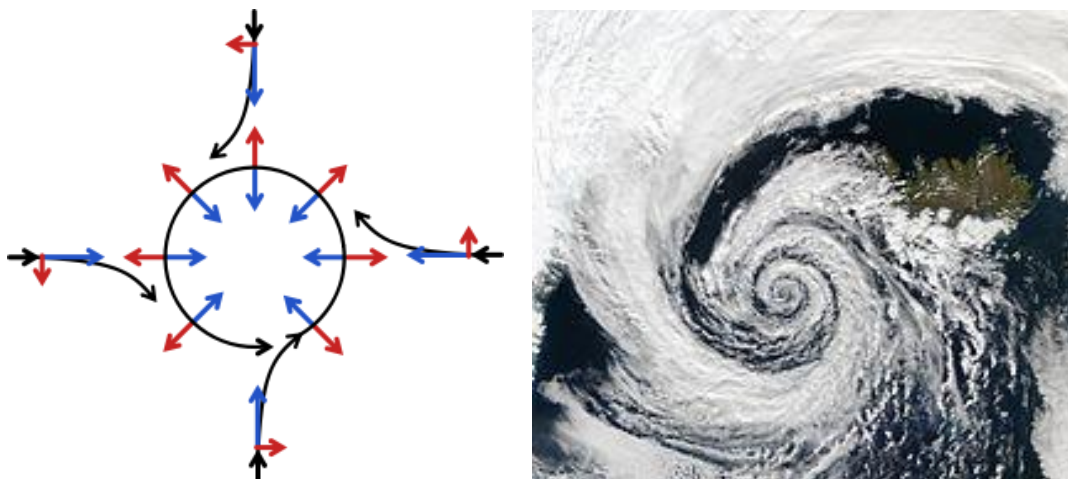
Gymnázium Kroměříž

Abstrakt

*Příspěvek byl věnován možnostem vizualizace zdánlivých sil působících v otáčejících se soustavách. Předvedeny byly pomůcky, na kterých lze pozorovat stáčení proudů, jež by bez současné rotace soustavy směřovaly od okraje k ose uspořádání, a vznik vírů. Konkrétně to byly pomůcky ohnivé, vodní tornádo a vodní točna.*

## Zdánlivé síly v rotujících soustavách

Všeobecně známá a často žáky různě zmiňovaná je **síla odstředivá**, která vzniká jako důsledek snahy tělesa setrvat v pohybu po tečně k trajektorii. Oblíbený experiment s vodou, která se „udrží“ v kelímku obráceném dnem vzhůru, bychom samozřejmě neměli zapomenout provést. Pro žáky bude určitě zajímavé i video [1]. Zajímavé aplikace jsou i odstředivé ventilátory, rozmetače soli, odstředivé spojky.

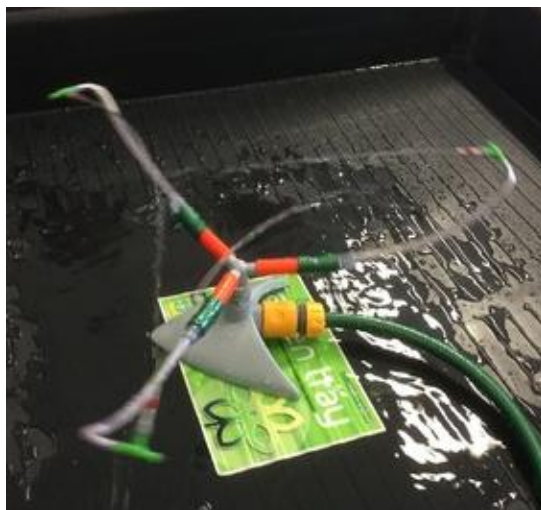


Obr. 1. Vlevo schematické znázornění proudění vzduchu okolo tlakové níže na severní polokouli. Sílu způsobenou rozdílem tlaku znázorňují modré šipky, Coriolisovu sílu (vždy kolmou k rychlosti) červené šipky. Vpravo tlaková níže nad Islandem [2]

**Coriolisova síla**, která je zodpovědná za stáčení velkých a dlouho trvajících vzdušných a mořských proudů se v malém provedení demonstruje obtížně, pokud vše ponecháme na malé úhlové rychlosti, se kterou se otáčí Země. Stačí se, alespoň myšlenkově, přemístit na desku kolotoče, na kterém přecházíme od středu k okraji, nebo od okraje ke středu a hned ucítíme, že nám něco podráží nohy. Přemísťujeme se totiž mezi místy s různou obvodovou rychlostí a musíme tedy obvodově zrychlit, nebo zpomalit, abychom byli vůči desce v klidu. Těleso, které není na desku kolotoče vázáno, jako třeba vržený míč, se pak z hlediska kolotoče zdánlivě pohybuje po velmi zajímavých křivkách, avšak jeho pohyb je vzhledem k okolí kolotoče přímočarý.



Méně rozměrnou variantou, na které lze předvést stáčení proudů vody je točna s tryskami v radiálním směru, které lze namířit k ose, nebo od ní. Zejména předpověď směru odklonu vodního paprsku v případě, kdy tryska směřuje k ose, bývá často chybná.



Obr. 2. Uspořádání točny s rotujícími vodními paprsky, otáčí se proti směru hodinových ručiček, točna právě vykonává asi 1/4otáčky za sekundu



Obr. 3 Detail ramene – uspořádání prvků postupně od zahradní rotační zavlažovací stříčky: hadice 0,5 palce, uřezaná inj. stříkačka 5 ml, PVC trubička 6/4 délky 120 mm, hliníková tubička 4 mm ohnutá do L, PVC trubička 6/4, T kus akvaristika vzduchování, tryska – dvě lisovací kabelové dutinky 4 mm, 2 mm

Nejjednodušší však je pozorování stáčení proudů ve vírech, které vznikají v menších, dobře roztočených objemech vzduchu a vody. Jevy jako tornádo, firenado či obyčejný vodní vír, se totiž dají poměrně dobře předvést v malém provedení.

Pro studenty bude možná zajímavé zařízení využívající Coriolisovu sílu, které dává smartphonu informaci o tom, že s ním otáčíte. Je to MEMS gyro (MicroElectroMechanical System) popis funkce je například zde [3].

Poznamenejme ještě, že někteří šarlatáni pomocí víru ve výlevce dokazují, na které polokouli se vyskytují, ale je to jen jejich trik, vír totiž umějí na obě strany a někdy si i špatně pamatují, jaký smysl rotace víru udělit.



## Ohnivě tornádo

Video ničivého úkazu zvaného „firenado“ najdete snadno na webu. Jeho neškodnou variantu lze vyrobit s využitím ložiska spinneru a koše na papír, zjednodušený popis a provedení ukazuje následující obrázek 4. Velikosti drátěného koše mohou být rozmanité. Jako hořák slouží miska s vatičkou namočenou v lihu. Bez vatičky by mohlo dojít k vylití. Plamen „saje“ vzduch směrem k ose rotace. Vzduch je zároveň strháván rotujícím košem. Důsledkem je spirálovitý plamen. Je vidět, že spirálovitý plamen je významně vyšší než plamen klidný. Změna je pravděpodobně způsobena lepším přísunem vzduchu, detailní vysvětlení však bude asi komplikovanější. Potřebné otáčky košíku jsou v řádu jednotek Hz. Vyšší otáčky způsobí „sfouknutí“ plamene, košík začne působit jako odstředivý ventilátor.



Obr. 4. Spinner je nasunut na bukovém kolíku vetknutém do překližkové destičky. Osazení košíku na spinner je provedeno plastovými vršky od mléka.



Obr. 5. Vlevo v klidu, vpravo se točí

### **Tornádo v lahvi**

Experiment je klasický a na jeho provedení se lze podívat například v [4]. Zajímavý je postup svařování PE vršků na teflonové pánvi. Postup jsem okopíroval od precizního Slatera Harrisona. Návod uvedený v [4] je natolik detailní, že se omezím pouze na stručné okomentování obrázků a zkrácený návod. Dovolím si tvrdit, že jde s jistotou o jednodušší, a pro žáky zajímavější variantu, než 3D tisk dvojvršku.

Postup svařování PE vršků:

Z PET lahve odřízneme hrdlo, které tvoří svařovací držák (vyrobíme dva kusy), vršky na držácích přitiskneme na rozehřátou pánev (teplotu nutno vyzkoušet) a počkáme, až se PE nataví. Přitiskneme vršky a komplet vhodíme do studené vody, aby se PE zchladil a ztuhl. Otvor 10–15 mm vrtáme vrtákem na dřevo. Pánev již raději nepoužívejte na vaření.



Obr. 6. Ukazuje vybavení pro svařování PE vršků



Obr. 7. Hotová dvojláhev, stačí nalít vodu a roztočit.

## Zajímavé odkazy na závěr

Web [www.ventusky.com](http://www.ventusky.com) po kliknutí na „Tlak vzduchu“, krásně barevně ukazuje tlakové výše a níže a šipkami směr větru. Je zde vidět, že na jižní polokouli má vítr kolem výší a níží opačný směr.

Experimenty k rotujícím soustavám můžete se svými studenty vyzkoušet i v Interaktivní fyzikální laboratoři [https://kdf.mff.cuni.cz/ifl/rotujici\\_soustavy.zip](https://kdf.mff.cuni.cz/ifl/rotujici_soustavy.zip).

Zájemcům o problematiku doporučuji ještě další dostupnou literaturu [5], [6], [7], [8], [9].

## Literatura

- [1] [https://www.youtube.com/watch?v=OTcdutlcEJ4&list=PLQbD4tOMETThNL4H5HmbY7sY\\_u3gAkwcw&index=27&t=93s](https://www.youtube.com/watch?v=OTcdutlcEJ4&list=PLQbD4tOMETThNL4H5HmbY7sY_u3gAkwcw&index=27&t=93s)
- [2] [https://cs.wikipedia.org/wiki/Coriolisova\\_s%C3%ADla](https://cs.wikipedia.org/wiki/Coriolisova_s%C3%ADla)
- [3] <https://www.youtube.com/watch?v=eqZgxR6eRjo>
- [4] <https://sciencetoymaker.org/vortex/how-to-make-the-vortex/>
- [5] Dvořák L.: Inerciální a neinerciální systémy názorně. In: Dílny Heuréky 2013. Ed.: V. Koudelková, L. Dvořák. P3K, Praha, 2014. s. 14-34. Dostupné online: [https://kdf.mff.cuni.cz/heureka/sborniky/DilnyHeureky\\_2013.pdf](https://kdf.mff.cuni.cz/heureka/sborniky/DilnyHeureky_2013.pdf)
- [6] Bezděk A., Kovařík F.: Coriolisova síla. Torricelliho pokus. Brnkačka. In: Veletrh nápadů učitelů fyziky 3. Ed. K. Rauner. PedF ZČU Plzeň, 1998. s. 40-41. Dostupné online: <http://vnuf.cz/sbornik/prispevky/03-04-Bezdek.html> .
- [7] Jílek M.: Kroužek fyziky pro středoškolské studenty. In: Veletrh nápadů učitelů fyziky 7. Ed. E. Svoboda, L. Dvořák. Prometheus, Praha 2002. s.164-167. Dostupné online: <http://vnuf.cz/sbornik/prispevky/07-08-Jilek.html> .
- [8] Konečný P.: Proudění tekutiny v rotující soustavě, aneb prozradí nám vír ve výlevce, na které polokouli se nacházíme? In: Veletrh nápadů učitelů fyziky 10. Ed. L. Dvořák. Prometheus, Praha 2006. s.148-153. Dostupné online: <http://vnuf.cz/sbornik/prispevky/10-21-Konecny.html> .
- [9] Zacharov P.: Oblačnost. In: Dílny Heuréky 2016. Ed. V. Koudelková. Matfyzpress, Praga, 2017. s. 143- 149. Dostupné online: [https://kdf.mff.cuni.cz/heureka/sborniky/DilnyHeureky\\_2016.pdf](https://kdf.mff.cuni.cz/heureka/sborniky/DilnyHeureky_2016.pdf)

# Virtuální měření (nejen) na reálném solárním článku

Jana Jurmanová, Zbyněk Fišer

Oddělení didaktiky fyziky ÚFE PŘF MU

Abstrakt

*Příspěvek ukáže způsob, jak naučit žáky zapojovat elektrické obvody a provádět na nich měření, i když nemají fyzicky k dispozici patřičné vybavení. Porovnáme výsledky simulovaného elektrického měření na fotodiodě s reálnými naměřenými charakteristikami solárního článku (voltampérová charakteristika, nalezení pracovního bodu článku).*

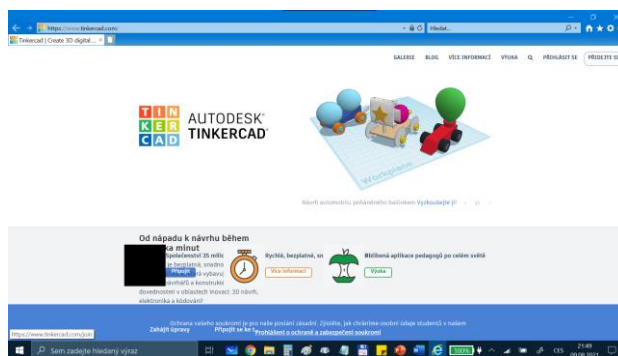
## Úvod

V rámci výuky předmětu F2210 Fyzikální praktikum pro nefyzikální obory jsme hledali způsob, jak studentům distančně přiblížit tři úlohy tohoto praktika – Měření proudu a napětí, Automatizace měření a Fotovoltaika. Program Tinkercad se v těchto případech velmi osvědčil – frekventanti se snadno naučili pracovat s připravenými simulovanými obvody, samostatně stavěli obvody vlastní a prováděli na nich virtuální měření. Protože si myslíme, že tento postup je přenositelný i na jiné úlohy a jiné typy škol, rozhodli jsme se zde o naše zkušenosti podělit. Následující text vychází z distanční verze úlohy Fotovoltaika, jak byla realizována v jarním semestru 2021.

## Program Tinkercad a jeho použití ve výuce

Program Autodesk Tinkercad (viz Obr. 1 - [1]) je volně dostupný software a je primárně zaměřen na tvorbu modelů pro 3D tiskárny. Mimo to je ale také rozšířen o možnost blokového programování, a hlavně o zapojování a simulování elektrických obvodů.

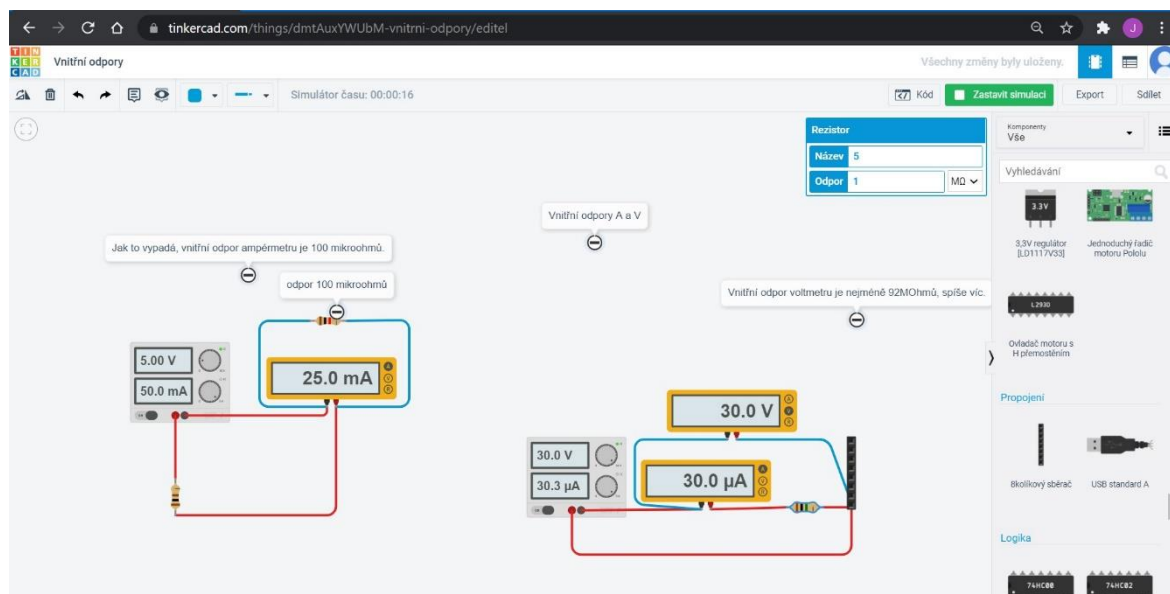
V tomto programu je tedy možné si nejen virtuálně sestavit elektrický obvod a získat tak seznam potřebných součástek pro jeho skutečnou realizaci, ale i simulovat, jak se daný obvod bude skutečně chovat při změně vstupních parametrů.



Obr. 1. Titulní stránka programu Autodesk Tinkercad [1]

Důsledkem toho, že simulace pracuje se skutečnými prvky elektrických zapojení, je i velká reálnost jejího chování. Například měřicí přístroje mají své vnitřní odpory, které lze jednoduše změřit substitučními metodami (viz Obr. 2).





Obr. 2. Určení vnitřního odporu ampérmetru a voltmetru užívaných v programu Tinkercad

Program je určen nejen pro vlastní technickou práci, ale i pro její výuku. Autoři primárně pomýšeli na propojení programu s výukovým systémem Google Classroom (přihlášení učitele Google účtem a přímý import úloh do Google Classroom), ale software lze používat i nezávisle na tomto systému. Učitel se na výše uvedené stránce [1] zaregistruje, čímž si vytvoří účet. Pak může založit jednotlivé třídy, což spočívá v zapsání jmen žáků a vygenerování jejich přezdivek. Třídám pak zadává úlohy (jím vytvořené nebo může využít databázi již hotových projektů) a u jednotlivých studentů snadno zkontroluje jejich práci.

Žák získá od učitele svou přezdívku a odkaz, na který se má s její pomocí přihlásit. Tím obdrží přístup do programu bez registrace – může jak plnit učitelovo zadání, tak pracovat s programem samostatně a zkusit si vytvářet vlastní simulace.

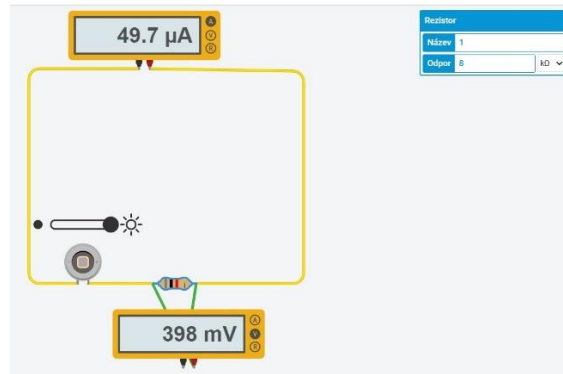
Výhodou Tinkercadu je tedy velká realističnost a jeho zaměření přímo na výuku sestavování obvodů. Nevýhody jsme během prvního roku používání objevili dvě. Možná je lepší používat anglickou verzi, protože české názvy některých součástek neodpovídají obvyklé terminologii. Navíc uzly v obvodu musíte tvořit buď na jednotlivých přístrojích nebo na propojovacích deskách. Tento přístup je sice naprosto v pořádku při skutečné stavbě obvodu, ale některým žákům může dělat problémy to, že schéma pak nevypadá jako na obrázku v učebnici. Protože se však program neustále vyvíjí a přibývají nové funkce a prvky, můžeme doufat, že tyto nevýhody budou časem odstraněny.

## Fotodioda a solární článek

V rámci distanční verze úlohy Fotovoltaika [2] jsme přemýšleli, jak studentům umožnit naměřit voltampérovou charakteristiku a najít pracovní bod solárního článku. Samozřejmě, je možné poměrně snadno získat skutečné solární články, způsoby jsou uvedeny například v příspěvcích na Veletrhu nápadů [3] a [4], ale voltmetr a ampérmetr k běžnému vybavení většiny domácností nepatří. Ve chvíli, kdy jsme zjistili, že v Tinkercadu je možné použít jako jeden z prvků fotodiodu s nastavitelným osvětlením, byl tento program jasná volba.

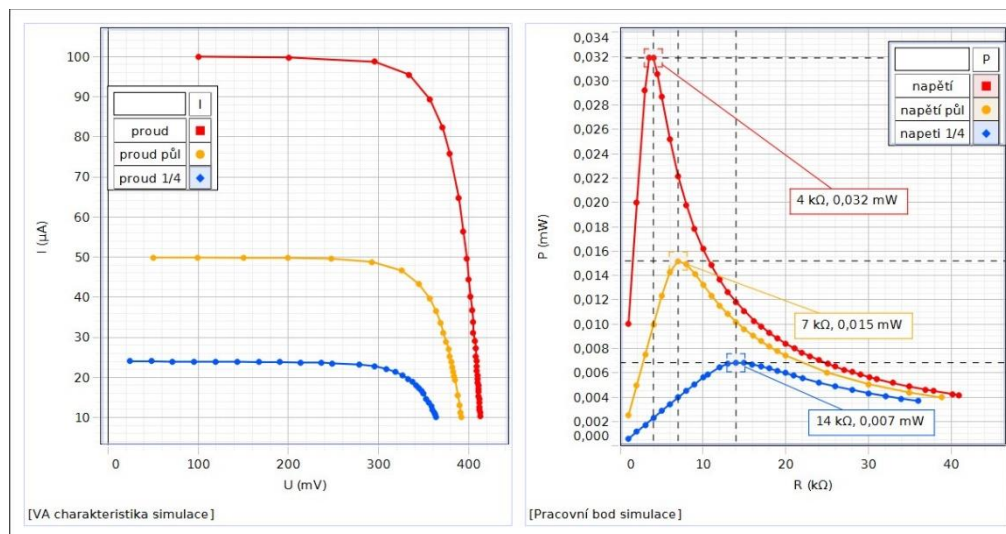
## Simulované měření na fotodiodě

Protože studenti již v programu Tinkercad obvody sestavovali v rámci předchozích úloh, nebylo pro ně obtížné realizovat zapojení fotodiody jako zdroje do obvodu se zátěží – viz Obr. 3.



Obr. 3 – obvod pro měření VA charakteristiky fotodiody

Změnou této zátěže pak simulovali měření VA charakteristiky diody. Hodnoty napětí a proudu zapisovali do programu QtiPlot (ale je možné použít libovolný program pro konstrukci grafů ze zadaných hodnot) a současně počítali jejich podíl (odpor fotodiody) a součin (výkon měřený na fotodiodě). Grafy získané pro tři různé hodnoty osvětlení fotodiody jsou na Obr. 4.



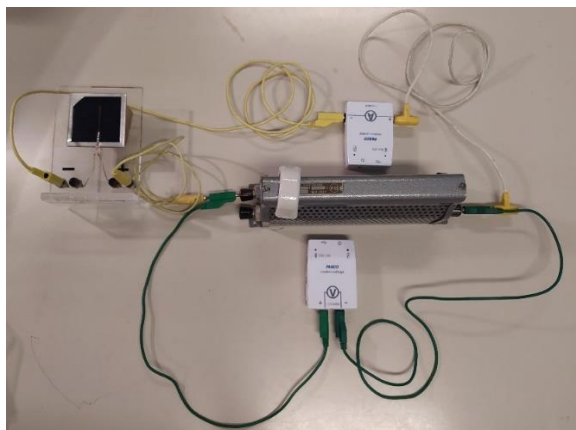
Obr. 4 – VA charakteristiky a závislosti výkonu na odporu pro tři různá osvětlení fotodiody – simulovaná měření. Grafy vytvořeny v programu PASCO Capstone.

VA charakteristika naznačuje, že se jedná o nelineární prvek – hodnoty proudu pro rostoucí napětí jsou nejprve konstantní, pak klesají. Zajímavější je závislost výkonu na odporu. Pro všechna osvětlení má tento průběh společný rys – výkon má pro určitou hodnotu odporu maximum. Toto nastavení obvodu se nazývá optimální pracovní bod fotodiody. Jak je vidět z Obr. 4, je hodnota optimálního pracovního bodu závislá na osvětlení diody, čemuž odpovídá i velikost získaného výkonu v tomto bodě.

## Reálné měření na solárním článku

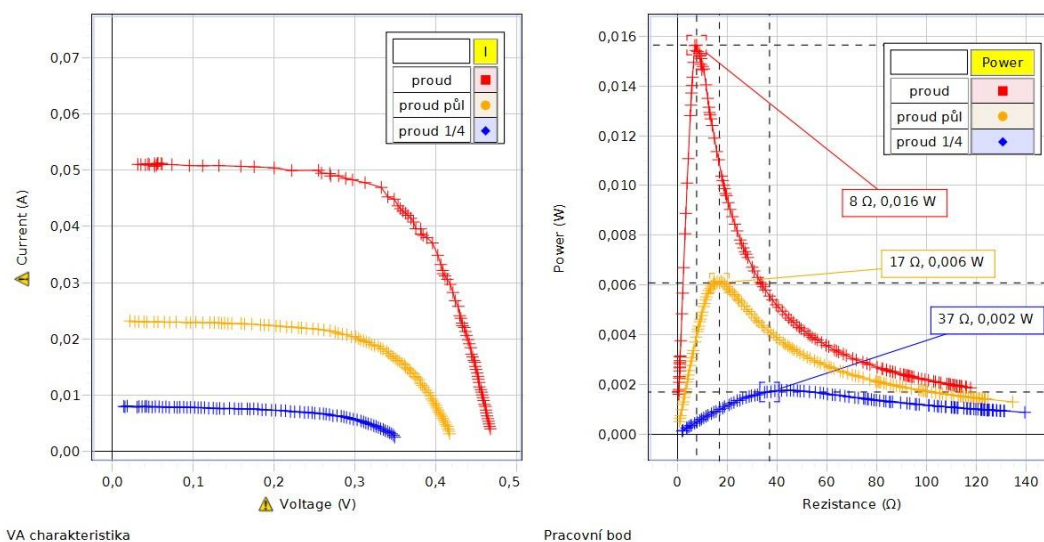
Otázka, která v tuto chvíli čtenáře napadá, přišla na mysl vyučujícím ještě před zadáním úlohy a studentům poté, co se mohli fyzicky dostavit do laboratoře. Zní: Jak přesně simulace souhlasí s měřeními na konkrétním solárním článku?

Není samozřejmě nic lehčího než tuto otázku zodpovědět. Solární článek byl zapojen podle schématu zakresleného na Obr. 3 spolu s reostatem a multimetry – bezdrátovým ampérmetrem a voltmetrem od firmy Pasco. Pomocí změny odporu reostatu byly nastaveny různé hodnoty proudu a napětí (viz Obr. 5).



Obr. 5 – obvod pro měření VA charakteristiky solárního článku

Software Capstone dokáže jak zaznamenávat měřené hodnoty napětí a proudu, tak i počítat z nich výkon a odpor. Naměřené VA charakteristiky a závislost výkonu na odporu ukazují Obr. 6.



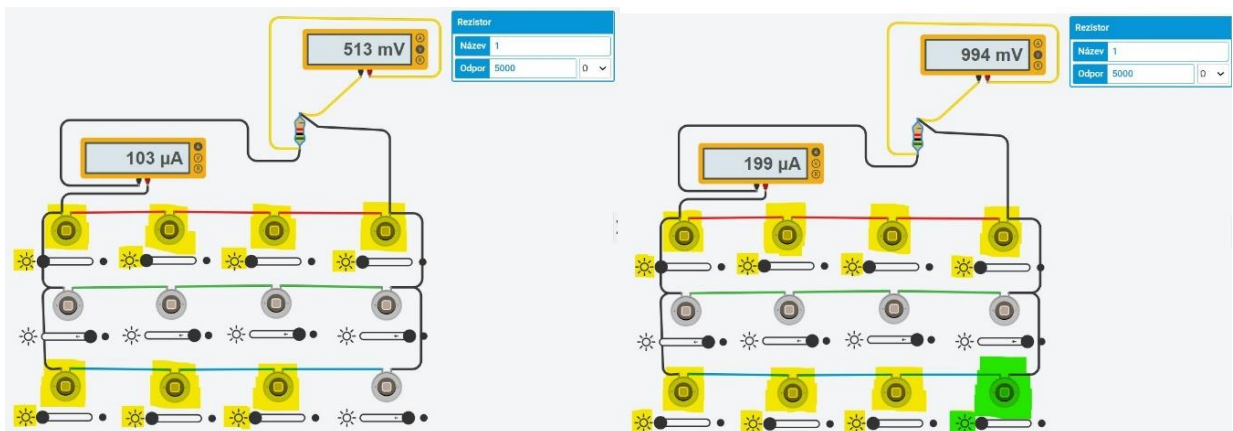
Obr. 6 – VA charakteristiky a závislosti výkonu na odporu pro tři různá osvětlení solárního článku – skutečná měření. Grafy vytvořeny v programu PASCO Capstone.

Na první pohled je tedy patrné, že simulace funguje správně – grafy simulované (Obr. 4) i měřené (Obr. 6) mají stejné průběhy. Podíváme-li se však na škály na stupnicích, vidíme,

že při stejném napětí, např. 300 mV, je proud tekoucí fotodiodou více než tisíckrát menší než solárním článkem. Tento výsledek je předvídatelný, uvědomíme-li si, že solární článek je složen z mnoha fotodiod.

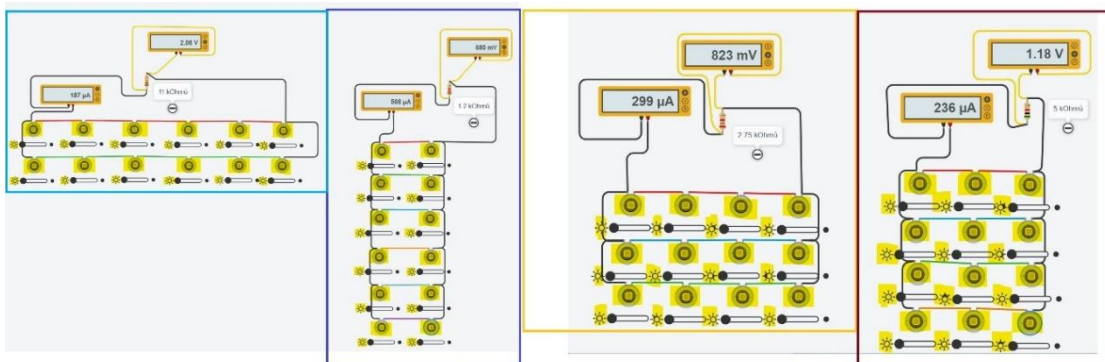
### Zapojování fotodiod – sérioparalelní zapojení

Pokud si studenti tuto skutečnost uvědomí, mohou si klást další otázku, a to, jak zapojit jednotlivé fotodiody, aby takto sestavený solární článek dával co největší výkon. Použití programu Tinkercad k zodpovězení této otázky je opravdu výhodné, protože je rychlejší a jednodušší než skutečné propojování fotodiod. Nejprve je možné například vyzkoušet, jak se změní napětí a proud na článku, pokud osvítime jen některé diody – viz Obr. 7. Výsledky získané pomocí simulace je možné ověřit pomocí skutečného solárního článku a kartičky tvrdého papíru, kterou zakrýváme solární článek stejným způsobem, kterým zatmíváme jednotlivé fotodiody v simulaci.



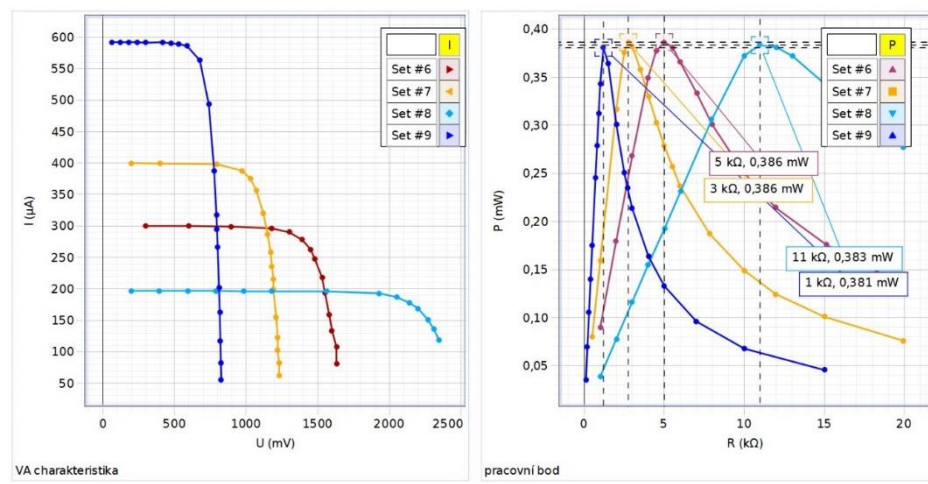
Obr. 7 – Sérioparalelní zapojení dvanácti fotodiod – hledání maximálního výkonu v daném zapojení.

V druhém kroku můžeme zadat studentům sestavit určitý počet fotodiod tak, aby ve svém optimálním pracovním bodě dávaly maximální proud, maximální napětí anebo maximální výkon. Příklady čtyř takovýchto sestav s dvanácti diodami jsou na Obr. 8, naměřené charakteristiky a nalezené pracovní body na Obr. 9.



Obr. 8 – Čtyři způsoby zapojení dvanácti diod s odpory pro optimální pracovní body.





Obr. 9 – ... a jejich voltampérové charakteristiky a závislosti výkonu na odporu zátěže.

Studenti tak získají informace o vlastnostech sérioparalelních zapojení, které jsou pro ně o to cennější, že si je vlastně vyzkoušejí a zdůvodní sami.

## Závěr

Program Tinkercad umožňuje provést velmi realistické simulace skutečných elektrických zapojení, výsledky získané s jeho pomocí jsou srovnatelné s výsledky získanými skutečnými měřeními. Práce s ním je jednoduchá a intuitivní. Studenti, kteří nejprve pracovali s Tinkercadem, následně zapojovali reálné elektrické obvody s větší jistotou a celkově se lépe v této problematice orientovali. Je použitelný na všech typech škol – tato úloha byla v rozsáhlejší modifikaci použita ve výuce Fyzikálního praktika pro nefyzikální obory v prvním ročníku vysoké školy, ale je realizovatelná i na škole střední, pro nadané nebo dobře motivované děti i na základní.

## Literatura

- [1] Autodesk Tinkercad [cit. 24. 8. 2021]. Dostupné online: <https://www.tinkercad.com/>
- [2] F2210 – Fyzikální praktikum pro nefyzikální obory, úloha 9: Fotovoltaické a palivové články, využití vodíku pro akumulaci energie, [cit. 24. 8. 2021]. Dostupné online: [https://is.muni.cz/el/1431/jaro2013/F2210/um/31178596/FPNO\\_09](https://is.muni.cz/el/1431/jaro2013/F2210/um/31178596/FPNO_09)
- [3] Müllerová E.: *Žákovské práce z fyziky – využití solární energie*. Veletrh 10, Praha 2005. In: Souhrnný sborník Veletrhu nápadů učitelů fyziky, [cit. 24. 8. 2021]. Dostupné online: <https://vnuf.cz/sbornik/prispevky/10-22-Mullerova.html>
- [4] Šutová M., Novák P., Válek J.: *Solární hračky ve výuce fyziky na ZŠ*. Veletrh 19, Cheb 2014. In: Souhrnný sborník Veletrhu nápadů učitelů fyziky, [cit. 24. 8. 2021]. Dostupné online: <https://vnuf.cz/sbornik/prispevky/19-20-Sutova.html>

## Videoanalýza – co je v Trackeru nového?

Petr Kácovský

Katedra didaktiky fyziky MFF UK

Abstrakt

*V návaznosti na loňský veletržní příspěvek se tento text opět věnuje analýze videozáznamu fyzikálních situací. Představena je online verze softwaru Tracker 6 a také materiály, které byly autorem příspěvku připraveny pro gymnaziální výuku.*

### Videoanalýza a jak na ni

Technika videoanalýzy zahrnuje zachycení daného děje v podobě krátkého videozáznamu a jeho následné vyhodnocení. Během tohoto vyhodnocení se ve fyzice zpravidla zaměřujeme na pohyb konkrétního předmětu či bodu a na jednotlivých snímcích videa označujeme jeho polohu. Výstupem této procedury jsou závislosti souřadnic na čase, ze kterých lze s pomocí vhodného softwaru získat numerickým derivováním průběh rychlostí a zrychlení. Interpretace těchto závislostí může pomáhat při rozvoji porozumění kinematickým grafům i kinematice jako takové.

Videoanalytické měření je svou povahou a časovou náročností vhodným námětem nejen pro domácí žákovský projekt, ale i běžné laboratorní cvičení, kdy žáci pracují ve skupinkách. S masivním rozšířením chytrých telefonů se v posledních letech stalo (dříve technicky náročné) pořízení videozáznamů snadným úkonem, který ve výuce zabere minimum času.

Přesto je vhodné mu věnovat pozornost, protože na vhodně natočeném videu stojí a padá úspěšnost celé aktivity. Je výhodné telefon s fotoaparátem nehybně zafixovat a zajistit, aby mířil kolmo na rovinu pohybu; sledovaný objekt by měl být dostatečně kontrastní vůči pozadí a scéna by měla obsahovat předmět o známé délce, který umožní vnést do analýzy skutečné rozměry. Kompletní přehled doporučení, kterými je vhodné se při pořizování videozáznamu řídit, je uveden v [1].

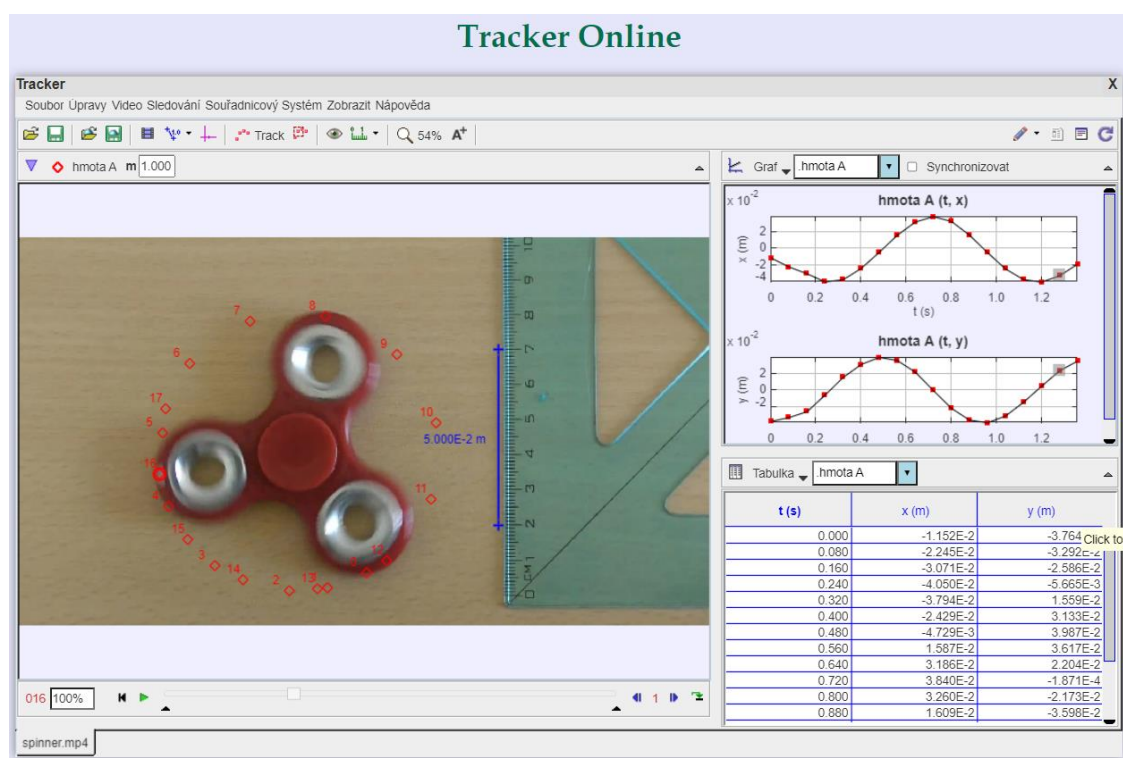
### Program Tracker 6

V komunitě tuzemských fyzikářů je zřejmě nejznámějším softwarem pro provádění videoanalýzy program Tracker, který je volně ke stažení na stránkách [2] a nabízí i českou jazykovou mutaci. Při instalaci se společně s Trackerem automaticky nainstaluje i Java Virtual Machine a knihovna Xuggle pro práci s videi. Krátký český videonávod na použití Trackeru je dostupný prostřednictvím odkazu [3].

V červnu 2021 vyšla nová verze Tracker 6.0.0, ve které jsou opraveny některé starší chyby (bohužel, zůstala v něm chyba, která v některých situacích neumožňuje fitovat naměřenými daty sinusovku). Mnohem větší novinkou ale je, že Tracker 6.0.0 má také svoji online verzi [4], čímž se jeho použitelnost rozšiřuje z desktopových zařízení také na chytré telefony a tablety. Odpadá tedy nutnost video, které bylo natočeno pomocí telefonu, přenášet do PC/notebooku, na kterém běží Tracker – online verze programu umožňuje provést analýzu na stejném mobilním zařízení, na kterém bylo video pořízeno.

Rovnou poznamenejme, že mobilní verze Trackeru (obr. 1) má své limity – koneckonců je zatím autory označena jako betaverze. Předně je velmi náročná na rychlost internetového připojení – při méně kvalitním připojení je práce se stránkou trhaná a velmi pomalá. K analýze lze doporučit především tablety, výhodou je dotykové pero (stylus). Displej chytrých telefonů je pro trackování poloh objektu obvykle přece jen příliš malý a nepřesnost, která tak při označování jednotlivých poloh vzniká, je poměrně značná. Shrnutí – desktopová verze Trackeru je zatím stále významně příjemnější na obsluhu, ale existující online betaverze dává příslib, že bude časem zdokonalována a umožní plnohodnotnou videoanalýzu na mobilních zařízeních.

Od verze 6 se během spouštění Trackeru (při použití tradiční desktopové i nové online verze) objevuje upozornění na nekompletní český překlad. Společně s kolegou Vladimírem Vochozkou, autorem prvotního překladu z roku 2013, se v tomto roce pokusíme překlad aktualizovat a toto obtěžující upozornění tím odstranit.



Obr. 1. Pracovní okno online verze Trackeru 6, analýza pohybu bodu na obvodu spinneru.

## Fyzikální situace vhodné k videoanalýze

Ne každá kinematická situace je pro videoanalýzu vhodná – a i v případě těch vhodných je třeba dobře rozmyslet, jak uspořádat scénu, jak zadat její rozměry, jak volit souřadné osy apod. Pokud učitel s videoanalýzou začíná, mohou ho různé nástrahy připravit o mnoho času a energie, než je jeho snažení úspěšné.

To je důvod, proč na webových stránkách autora tohoto příspěvku vznikla jakási malá „galerie“ materiálů vztahujících se k videoanalýze [5]. Jejím cílem je poskytnout komunitě fyzikářů sadu zpracovaných nebo ke zpracování připravených videí, která mají učitelům se zájmem o techniku videoanalýzy usnadnit jejich začátky. Vhodným startovním bodem je

vyzkoušet si v Trackeru analýzu jednoho ze vzorově předtočených videí a poté vlastní výsledky porovnat se vzorově analyzovaným souborem, který je také volně dostupný.

Seznam materiálů, které dává autor tohoto článku volně ke stažení, zachycuje tabulka 1. V případě libovolných potíží při práci s Trackerem mě neváhejte kontaktovat.

Tabulka 1. Přehled volně dostupných materiálů pro analýzu. Zkratky udávají, jaké soubory jsou k dispozici ke stažení: **MET** = metodika pro učitele, **PRL** = pracovní list pro žáky, **VID** = vzorově předtočené video určené k analýze, **TRK** = již analyzované video zpracované v Trackeru, **YT** = videonávod na práci s Trackerem na YouTube.

experiment	cíl experimentu	MET	PRL	VID	TRK	YT
volný pád	určit tíhové zrychlení	✓	✓	✓	✓	✓
svislý vrh vzhůru	získat a interpretovat průběh souřadnice a rychlosti ve svislém směru	✓	✓	✓	✓	✓
zrychlení dvou závaží na kladce	určit zrychlení soustavy dvou závaží a porovnat ho s teorií	✓	✓	✓	✓	✓
valení míčku po nakloněné rovině	určit z Königovy věty a zákona zach. energie zrychlení míčku a sklon nakloněné roviny	✓	✓	✓	✓	✓
určení součinitele smykového tření	určit zrychlení tělesa sjíždějícího po nakloněné rovině a z Newtonových zákonů stanovit součinitel smykového tření	✓	✓	✓	✓	✓
kmitání na pružině	získat časový průběh polohy kmitajícího závaží a z rovnice kmitání určit jeho periodu	✓	✓	✓	✓	✓
otáčení spinneru	získat časový průběh souřadnic $x(t)$ a $y(t)$ a určit z jejich předpisů periodu otáčení	✓	✓	✓	✓	✓
pád kuličky ve viskózní kapalině	určit ustálenou rychlost kuličky a porovnat ji s teoretickou předpovědí	✓	✓	✓	✓	✓
šikmý vrh vzhůru	získat a interpretovat průběh souřadnic $x(t)$ a $y(t)$ a rychlostí $v_x(t)$ a $v_y(t)$	✓	✓			
pohyb kyvadla	určit z předpisu kmitání jeho periodu			✓	✓	
pohyb bodu na obvodu kola	získat a interpretovat trajektorii bodu (tj. cykloidu)			✓	✓	

## **Literatura**

- [1] Kácovský P.: *Videoanalýza v době chytrých telefonů*. In: Veletrh nápadů učitelů fyziky 25. Sborník z konference. Eds.: V. Koudelková, P. Kácovský. Matfyzpress, Praha 2020. ISBN 978-80-7378-432-4. Dostupné online: <https://vnuf.cz/2020/cz/sbornik.html>
- [2] *Tracker*. [cit. 26. 8. 2021]. Dostupné online: <https://physlets.org/tracker/>
- [3] *Jak na Tracker* (YouTube). [cit. 26. 8. 2021]. Dostupné online: [https://www.youtube.com/watch?v=\\_xax61uJCao](https://www.youtube.com/watch?v=_xax61uJCao)
- [4] *Tracker Online*. [cit. 26. 8. 2021]. Dostupné online: <https://tracker.physlets.org/trackerJS/>
- [5] *Materiály pro učitele – VIDEOANALÝZA*. [cit. 26. 8. 2021]. Dostupné online: <http://kdf.mff.cuni.cz/~kacovsky/videoanalyza.php>

## Vtipy s astronomickou tematikou ve výuce

Ota Kéhar

Fakulta pedagogická Západočeské univerzity v Plzni

Abstrakt

*V příspěvku se podíváme na několik obrázků znázorňující vtipným způsobem astronomické téma a obecně se zaměřím na vhodnost těchto materiálů pro didaktické účely. Ukazuje se, že efektivní využití humoru ve výuce znamená od učitele promyšlenou přípravu, ať již z pohledu vhodného dávkování, tak i návaznosti na probíranou látku. Samotnou kapitolou je i vyloučení nevhodných a negativních forem humoru. Humor obecně do výuky patří. Udrží pozornost žáků, a pokud se vtip podaří, lépe si zapamatují probíranou látku.*

### Astronomické vtipy

Přítomnost humoru, který je reprodukován učitelem, ve vyučování může mít řadu funkcí – posílení sociálních kontaktů ve třídě, demonstrace převahy a moci, uvolňující mechanismus ke snížení napětí, ale může i zvýšit efektivitu vyučování a učení. Za humor považujeme specifický typ zážitku, který pochází z vnímání (reakce) či vyvolání (akce) směšné či zábavné události. Ve většině případů jde o současný výskyt prvků, které spolu nesouvisí nebo jejichž spojení je překvapivé. Ve výuce je klíčové, aby si jednotlivec těchto nesouvisejících elementů všiml, rozpoznal hravý rámec sdělení a dokázal vše správně interpretovat. K tomu mu samozřejmě může pomoci učitel. S humorem bývají spojeny spíše pozitivní emoce, je nutné si na to dát pozor, aby se nejednalo o negativní emoční odezvu, která je vnímána jako výsměch vůči adresátovi. Pozitivní emoce mohou zvyšovat motivaci k učení, přitahují žákovskou pozornost a usnadňují ukládání informací do dlouhodobé paměti. [1]



Obr. 1. Obrázky, které byly motivací k sepsání tohoto tématu. Vlevo [2]: Mezi obvyklé prostředky, jak zlikvidovat upíra, patří sluneční světlo. Ne jinak je tomu u světla Měsíce, ten také odráží sluneční záření. Proč upírům nevadí sluneční světlo odražené Měsícem? A proč bývají neaktivnější za úplňku, kdy je na Zemi odražené slunečního světla

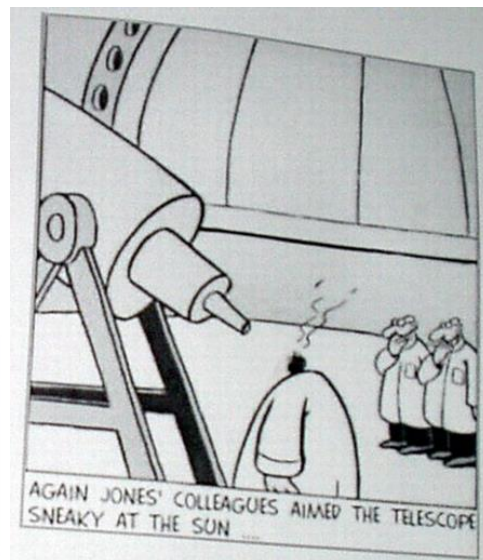


nejvíce? Vpravo [3]: Často se uvádí, že se upír neodráží v zrcadle. Podle konstrukce objektivu se optické dalekohledy dělí na refraktory (objektiv = čočka) a reflektory (objektiv = zrcadlo). Postavička vlevo pozoruje skrz čočkový dalekohled, pravděpodobně Keplerův dalekohled. Postavička vpravo hledí skrz Cassegrainův zrcadlový dalekohled, který obsahuje několik zrcadel, proto nevidí chlápka ve věži, který se podobá upírovi. Na obrázku je ještě vhodné upozornit na nesprávně znázorněný Měsíc, taková měsíční fáze se nevyskytuje, ani při obzoru, kde dochází ke zkreslení vlivem atmosférické refrakce.

U dalekohledů ještě zůstaneme, podíváme se na několik vtipů, které se týkají nebezpečného pozorování Slunce dalekohledem, který nemá vhodný filtr.

**TIL You can watch the sun through a telescope without any filters.**

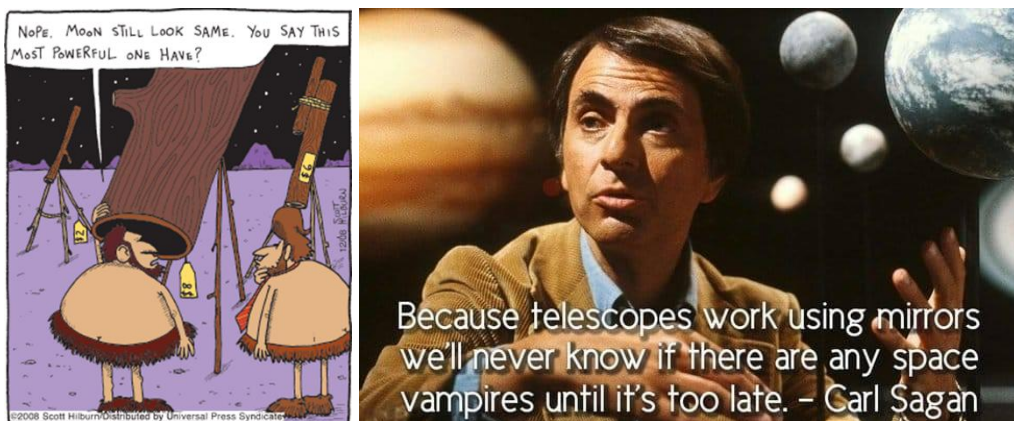
**Only twice though...**



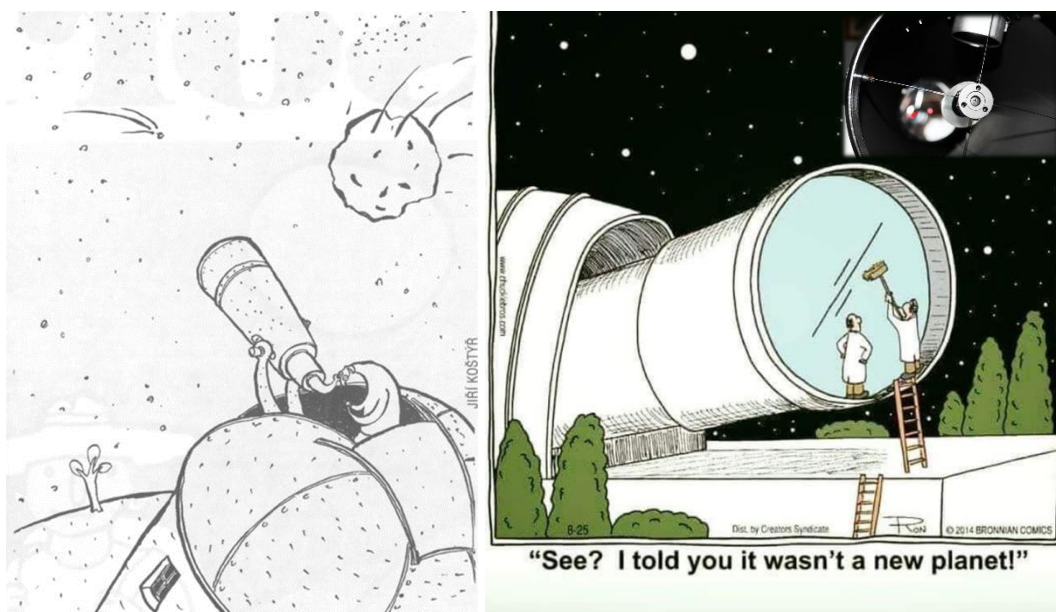
Obr. 2. Jsou ponechány původní anglické texty, lze tím využít mezipředmětové vztahy anglický jazyk – fyzika, uveden je volný překlad. Vlevo: „Slunce můžeme pozorovat dalekohledem bez jakéhokoli filtru. Ačkoliv pouze dvakrát...“ Vpravo [4]: „Jonesovi kolegové opět zálučně namířili dalekohled na Slunce.“



Obr. 3. Vlevo [5]: Při převozu astronomické techniky, v tomto případě zrcadlového objektivu, je dobré nezapomenout na fyzikální principy. Soustředěné sluneční záření může při nevhodném uložení způsobit nemalé škody, při rozměrech objektivu by mohly být následky ještě výraznější, určitě by mohl vzniknout požár. Vpravo: Jestliže se zabýváte astronomií, můžete vidět dalekohled prakticky všude.



Obr. 4. Vlevo [6]: U dalekohledů je jedním z důležitých parametrů průměr objektivu, se kterým souvisí i rozměry tubusu. Pravděpodobně toto ovšem pravěcí lidé nevěděli, dalekohled byl objeven až začátkem 17. století. Překlad: „*Nic. Měsíc vypadá stále stejně. Říkal jste, že tento je nevykonnější.*“ Obchodník bude mít asi hodně práce, aby zákazníka přesvědčil o koupi „největšího dalekohledu“. Vpravo [7]: známý americký astronom a popularizátor vědy Carl Sagan (1934–1996) prohlásil: „*Protože dalekohledy používají zrcadla, nikdy se nedozvíme, zda jsou vesmírní upíři, dokud nebude příliš pozdě.*“



Obr. 5. Vlevo [8]: Velmi častá situace u astronomických pozorování. S ohledem na malé zorné pole si některých úkazů nemusíme hned všimnout, případně jsou skryty např. v záři Slunce. Toto se děje při hledání potenciálně nebezpečných planetek, které mohou ohrožovat život na Zemi, nicméně můžeme je objevit pozdě, protože přichází od Slunce. Vpravo [9]: Některé vtipy nemusí být úplně správné. Ne každé znečištění objektivu musí mít vliv na pozorování, však sekundární zrcátko (v pravém horním rohu) u zrcadlového dalekohledu zabírá nezanedbatelnou část plochy, přesto se při správném použití na výsledném pozorování neprojevuje. Překlad: „*Podívej. Říkal jsem ti, že to není nová planeta.*“



Dnes od 16:00 bude k dispozici na internetu. Ostatní brzy ve vybraných hvězdárnách a nová s Michalem Malátným ve výrobě...

YOUTUBE.COM  
Indiánská pohádka / Pohádky z hvězd  
Malý indiánský kluk Bystrý svišť objevuje přímo na noční obloze zví...

10 2 komentáře

To se mi líbí Okomentovat Sdílet

Ota Kéhar  
Na pohádku jsem zvědavý, rád si ji poslechnu. Jen je škoda, že ilustrační obrázek je z astronomického pohledu nevhodný (přímo by se nabízel, že je špatně), protože na měsíčním kotouči (ani na oblaku) se nemohou z principu objevovat hvězdy. Je to bohuž... Zobrazit víc

Obr. 6. Pozor, zde se bohužel nejedná o vtipy. Vlevo: Reklama na noční brikety jedné plzeňské firmy, kde je v levém rohu Měsíc s hvězdami. Hvězdy by samozřejmě neměly být v kotouči Měsíce. Vpravo: Upoutávka z Facebooku na indiánskou pohádku z produkce jedné české hvězdárny. Stejný nešvar, kdy se hvězdy objevují v místě, kde nemají, co dělat. Dokonce jsem na toto autory pohádky upozorňoval.

Tluanga Ralte Kawlni  
How it is possible to take a picture our galaxy.

You are Here

20 h Haha Odpovědět 2

Richard Branson 8:19 AM · Public  
Sunrise on Mars. Quite an amazing photo <http://vieg.in/mas/#space>

500 comments

Dont'a Green 1:53 PM +1  
... lolz what is it

Julia Stacks 4:07 PM +28  
so pretty  
i never knew mars had a sun

WAT?

Obr. 7. Bez astronomického vzdělávání se mohou objevovat podobné příspěvky na sociálních sítích. Vlevo [10]: Nad obrázkem: „Jak je možné vyfotografovat naši Galaxii?“ V obrázku je: „Jsi tady.“ Vpravo [10]: Nadpis obrázku: „Východ Slunce na Marsu. Celkem úžasná fotografie.“ Poslední řádek diskuze: „Krásné. Nevěděl jsem, že Mars má Slunce.“



Obr. 8. Komety na eliptických drahách dělíme na krátkoperiodické (do 200 let) dlouhoperiodické. Vlevo [11]: Kometa Neowise objevená začátkem roku 2020 má oběžnou dobu 5 000 let. Jak to asi mohlo vypadat v době bronzové, vypadalo v letošním roce a může vypadat v budoucnosti, je uvedeno na ilustračním obrázku. Vpravo [12]: Halleyova kometa má oběžnou dobu 75 let. Dotaz žáka může proto vyznít pro paní učitelku nepříznivě: „Kolikrát jste ji viděla, slečno Jonesová?“



Obr. 9. Vlevo [13]: Pokud jste uneseni krásou, kvalitou a rozlišením snímků nově objevených exoplanet, je nutné upozornit, že sledujete spodní strany pánviček na smažení. Vpravo [14]: Při zdravotních potížích je vyvarování se některých nevhodných potravin nezbytné, nicméně přílišná korektnost při nesprávném pochopení významu slovního na místě: „Jak to myslíš? To se nemohu podívat na Mléčnou dráhu, protože trpím intolerancí laktózy?“



Obr. 10. Některé obrázkové vtipy asi ani nepotřebují žádný další komentář. [15] [16]

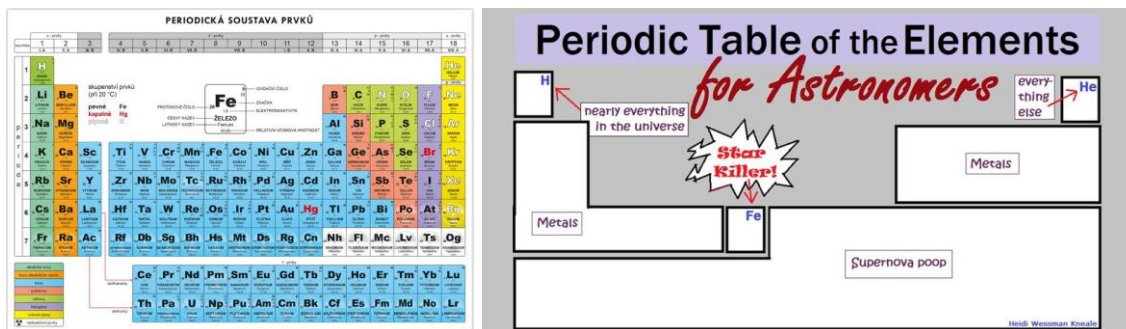


Obr. 11. Vlevo: Noční svítící oblak je úkaz v horní části atmosféry viditelný při soumraku nebo rozbřesku. Je tvořen krystalky zmrzlé vody v mezoféře ve výšce okolo 90 km. Pozorovatelné v letních měsících v našich zeměpisných šířkách. Spodní vrstvy atmosféry jsou v zemském stínu, mezoféra je osvětlena zpoza horizontu slunečním zářením. Vpravo: Světelné znečištění je člověkem vytvořené světlo s nežádoucími vedlejšími účinky. Jde o rozptyl světla v rozsáhlých městských aglomeracích ze svítidel veřejného osvětlení, intenzivního nasvícení reklamních ploch, nešetrného architektonického osvětlení apod. Může mít nepříznivý vliv na zdraví člověka a výrazně ovlivňuje či omezuje některá astronomická pozorování.



Obr. 12. Žertovné až aprílové obrázky. Vlevo [17]: Unikátní záběr Mléčné dráhy z Marsu. Vpravo [18]: Voda na Marsu. (tento obrázek se objevil jako Astronomický snímek dne neboli APOD dne 1. dubna 2005)





Obr. 13. Vlevo [20]: Známá periodická tabulka prvků z hodin chemie. Vpravo [19]: Periodická tabulka prvků pro astronomy. H, vodík – téměř všechno ve vesmíru; He, helium – všechno ostatní; Metals – kovy, Fe, železo – hvězdný zabiják; Supernova poop – doslovný překlad není vhodný do psaného příspěvku z konference, proto použijí spíše opis: odpad supernov



Obr. 14. Pokud zbudou brýle po pozorování zatmění Slunce, lze je s trochou zručnosti předělat na brýle vhodné k pozorování zatmění Měsíce. [21] Volný překlad: Bezpečné pozorování zatmění. Brýle na pozorování zatmění Slunce lze přebudovat na brýle pro pozorování zatmění Měsíce. Použitím ostrého nože a nůžek opatrně ze speciálních bezpečnostních brýlí pro zatmění vyřízněte plastovou část, buďte opatrní, abyste nepoškrábali kartón. Upozornění: před úpravou si sundejte brýle z obličeje. Nyní jste připraveni k bezpečnému pozorování super úplňku, modrého úplňku, zatmění Měsíce.

Následují textové vtipy [22], které nemusejí být doprovázeny grafickým materiálem.

- Do třídy přijde inspektor a zeptá se jednoho žáka, proč je osa globusu šikmá. „*Já jsem to neudělal,*“ brání se žák. Inspektor pokyne učiteli, aby to žákům vysvětlil. „*My jsme vážně dostali ten glóbus takhle z obchodu,*“ brání své žáky učitel. Inspektor se tedy vypraví za ředitelem školy a celou příhodu mu vylíčí. Ředitel se rozzlobí: „*Promiňte, pane inspektore, ale už mnohokrát jsem tomu učiteli říkal, aby nekupoval školní pomůcky na* (doplňte si některý známý nebo běžně používaný obchod)!“
- Nebyl by to v dnešní době příspěvek, pokud by se alespoň v krátkosti nezmínil o probíhající celosvětové pandemii koronaviru. I k tomuto tématu se objevily astronomicky zaměřené vtipy: Baví se při opozici Mars se Zemí. Mars říká: „*Hele, nevypadáš vůbec dobře. Co ti je?*“ Země odpovídá: „*Ale nic, chytila jsem lidi.*“ Mars na to: „*Neboj, to zase přejde.*“

- Dne 12. dubna 1961 vyrazil Jurij Gagarin do vesmíru. My 12. dubna 2021 vyrazíme za hranice okresu.
- Kohn přicestuje do Brna, prochází se večerními ulicemi. Když tu ho osloví neznámý muž: „Prosím vás, pane, nevíte, kdy dnes vychází Měsíc?“ „Bohužel ne, já nejsem odtud...“
- „Děti, vymyslete větu, která obsahuje slovo úplněk.“ „V létě jsou sáňky úplně k ničemu.“
- „Pane doktore, nevidím do dálky.“ Lékař vezme pacienta za ruku, přivede ho k oknu, ukáže na bezoblačnou oblohu a zeptá se: „Co vidíte?“ Pacient odpoví: „Slunce.“ Lékař na to: „Výborně. A teď mi povězte, jak daleko byste chtěl ještě vidět?“
- „Chceš být moje sluníčko?“ „Jo.“ „Tak se ode mě drž 150 000 000 km daleko!“
- Žena provádí před zrcadlem zvláštní cviky. Manžel se jí ptá: „Co to, prosím tě, vyvádíš?“ „Cvičím sebeobranu. Co kdyby mě ve tmě přepadl sexuální maniak?“ „To cvičíš zbytečně. Taková tma nikdy nebude.“
- V Tatrách jdou Matematik, Fyzik a Astronom. Jdou, jdou a jdou, když vtom uvidí černého kamzíka. První se vzpomene Astronom a říká: „V Tatrách žijí černí kamzíci.“ Fyzik dodá: „Vážení kolegové, jediné, co můžeme tvrdit, je, že v Tatrách žije JEDEN černý kamzík.“ Ozve se Matematik: „Kolegové, kolegové, jediné, co můžeme s určitostí tvrdit, je, že v Tatrách žije JEDEN kamzík, který je z jedné strany černý!“

## Závěr

Použití humoru ve výuce je vhodné. Je ovšem nutné jej mít plně pod kontrolou, zejména s ohledem na vhodné dávkování a návaznost na probíranou látku, ale také na vyloučení nevhodných a negativních forem. [1]

## Literatura

- [1] ŠEĎOVÁ, Klára. Pedagogické efekty humoru ve výukové komunikaci. Pedagogika. Praha: Pedagogická fakulta Univerzity Karlovy, 2012, roč. 62, č. 4, s. 426-441. ISSN 0031-3815.
- [2] [www.i-divadlo.cz/blogy/jiri-koula/draculovo-kouzlo](http://www.i-divadlo.cz/blogy/jiri-koula/draculovo-kouzlo)
- [3] [ifunny.co/picture/6Qos929W6](http://ifunny.co/picture/6Qos929W6)
- [4] [www.sternwarte-aalen.de/exkursionen.html](http://www.sternwarte-aalen.de/exkursionen.html)
- [5] [phyzblog.blogspot.com/2018/07/be-careful-with-your-parabolic-mirror.html](http://phyzblog.blogspot.com/2018/07/be-careful-with-your-parabolic-mirror.html)
- [6] [cz.pinterest.com/starlogborg/astronomy-cartoons/](http://cz.pinterest.com/starlogborg/astronomy-cartoons/)
- [7] [steemit.com/funny/@adambalm/lesser-known-carl-sagan-quotes](http://steemit.com/funny/@adambalm/lesser-known-carl-sagan-quotes)
- [8] [www.astro.cz/galerie/v/uzivatele/dvader/astro/astronom.jpg.html](http://www.astro.cz/galerie/v/uzivatele/dvader/astro/astronom.jpg.html)
- [9] [cz.pinterest.com/pin/524387950335657026/](http://cz.pinterest.com/pin/524387950335657026/)

- [10] [facebook.com](https://facebook.com)
- [11] [vedator.org/2020/07/kometa-neowise-je-nejlepe-viditelna-vrati-se-za-7-tisic-let/](https://vedator.org/2020/07/kometa-neowise-je-nejlepe-viditelna-vrati-se-za-7-tisic-let/)
- [12] [www.astb.se/cassiopeiabloggen/](https://www.astb.se/cassiopeiabloggen/)
- [13] [www.npr.org/sections/kruhwich/2011/10/18/141435549/celestial-camouflage](https://www.npr.org/sections/kruhwich/2011/10/18/141435549/celestial-camouflage)
- [14] [cz.pinterest.com/sciencehumor/space-science/](https://cz.pinterest.com/sciencehumor/space-science/)
- [15] [komentare.sme.sk/c/20879933/zatmenie-mesiaca-bez-reklamy-sliacky.html](https://komentare.sme.sk/c/20879933/zatmenie-mesiaca-bez-reklamy-sliacky.html)
- [16] [twitter.com/DeltaBlues990/status/1391024804636016642](https://twitter.com/DeltaBlues990/status/1391024804636016642)
- [17] [cz.pinterest.com/pin/350154939750905049/](https://cz.pinterest.com/pin/350154939750905049/)
- [18] [www.astro.cz/apod/ap050401.html](https://www.astro.cz/apod/ap050401.html)
- [19] [mobile.twitter.com/melanie\\_l\\_good/status/1030818841272754177](https://mobile.twitter.com/melanie_l_good/status/1030818841272754177)
- [20] [www.zbozi.cz/vyrobek/mfp-periodicka-soustava-prvku/fotogalerie/](https://www.zbozi.cz/vyrobek/mfp-periodicka-soustava-prvku/fotogalerie/)
- [21] [www.infiniteatrodelsosmo.it/2018/01/30/super-luna-luna-blu-attenzione-agli-occhi/](https://www.infiniteatrodelsosmo.it/2018/01/30/super-luna-luna-blu-attenzione-agli-occhi/)
- [22] [www.astro-forum.cz/viewtopic.php?t=1914](https://www.astro-forum.cz/viewtopic.php?t=1914)

# Fyzika na železnici

Tomáš Kekule

Matematicko-fyzikální fakulta UK, Praha

Abstrakt

*Praktickou fyziku je vhodné nejen demonstrovat školními experimenty, ale také ukazovat na přírodě i technice okolo nás. Příspěvek stručně přibližuje některá technická zařízení, která mohou studenti pozorovat při cestování vlakem nebo při procházce kolem železniční tratě a jejichž fyzikální základ je obsahem středoškolské výuky.*

## Úvod

Každý učitel fyziky se jistě nejednou setkal s otázkami „k čemu je to dobré“, či „kde se to používá, kde se s tím mohu setkat“. Přesvědčivé odpovědi na tyto typy otázek dokážou (alespoň někdy a u některých) překonat nechuť ke studiu právě tím, že vidí praktické využití jevů nebo použití zařízení, o kterých ve škole slyší. Příspěvek popisuje některá zařízení používaná na elektrifikovaných železničních tratích, které lze vidět z veřejně přístupných míst. (Nejen) student dojíždějící do školy vlakem (po elektrifikované trati) si může cestou připomínat mnoho fyzikálních jevů z (nejen) elektřiny a magnetismu pozorováním technických zařízení kolem kolejí.

## Pozorujeme na nádraží nebo u trati

### Elektrické napětí

Základní pojem, u kterého studentům zdůrazňujeme, že je vždy mezi dvěma místy. V případě napájení železničních vozidel je to mezi trolejovým drátem a kolejnici. V troleji je kladný pól (resp. trolej je fázový vodič), kolejnice je uzemněna. Ač se toto zdá být triviální, mnoha studentům to jasné není a nezdá se jim, že i kolejnice jsou součástí „obvodu“, kudy protéká proud. Zde je dobré srovnat trolejové vedení kolejových vozidel a trolejbusů.



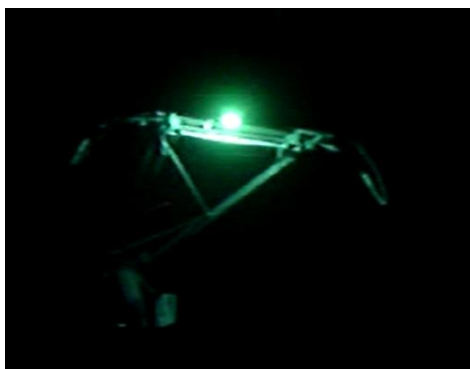
Obr. 1. Jednovodičové napájecí vedení nad železniční tratí a dvouvodičové trolejbusové vedení.



Zatímco železniční (tramvajová) trolej je tvořena jen jedním vodičem (sběrač proudu vozidla se dotýká jen jednoho vodiče), trolejbusovou trolej tvoří vodiče dva a trolejbus má dva samostatné (tyčové) sběrače, které se smýkají každý po jednom vodiči, mezi kterými je napětí (Obr. 1). Trolejbus totiž není uzemněn.

### **Elektrický výboj**

To, že mezi kolejnicemi a trolejí skutečně je napětí, je možné i pozorovat při zdvihání sběračů – před dotykem sběrače a troleje je slyšet prasknutí, někdy (především, je-li vlhko) je vidět i obloukový výboj – to v okamžiku, kdy už je (uzemněný) sběrač tak blízko troleje, že dojde k elektrickému průrazu vzduchu. Velmi intenzivní výboje lze pozorovat nad projíždějícím vlakem v brzkém mrazivém ránu (Obr. 2). Mrazivém proto, že sběrač se nemůže dotknout troleje kvůli námraze, ta je navíc v různých místech trolejového drátu různě silná, takže při jízdě vlaku dochází k odsakování sběrače od troleje. A po ránu proto, že s přibývajícím počtem projíždějících vlaků námraza na troleji mizí – jak teplem, tak mechanickým třením (obrušováním).



Obr. 2. Výboj mezi namrzlou trolejí a sběračem lokomotivy.

Na mnoha místech můžeme vidět na stožáru růžkové bleskojistky (Obr. 3). Přímo na bleskojistce asi výboj nevidíme, ale můžeme si všimnout, že jeden růžek je vodivě spojen



Obr. 3. Bleskojistka na stožáru nesoucím trolejové vedení. Levý růžek je uzemněn, vodič uchycený na pravý růžek vede k troleji. Oba růžky jsou odděleny izolátorem.

s trolejí a druhý se zemí. Bleskojistka slouží k ochraně vedení před náhlou napětovou špičkou vzniklou typicky úderem blesku. Výboj vznikne v místě, kde jsou růžky nejbližší a postupuje nahoru až zhasne.

A jaké je vůbec napětí mezi trolejí a kolejnicemi? V České republice a na Slovensku se používá stejnosměrné napětí 3 kV v severní části země a střídavé napětí o efektivní hodnotě 25 kV a frekvenci 50 Hz v jižní části. Dielektrická pevnost vzduchu je asi 3 kV/mm, v případě suchého vzduchu bychom tedy mohli výboj pozorovat u stejnosměrného systému při vzdálenosti 1 mm, u střídavého asi 12 mm (špičková hodnota střídavého napětí je přibližně 35 kV). Vzduch však není nikdy suchý, vlhkost tuto vzdálenost pochopitelně zvyšuje.

### Izolování prvků pod napětím

Protože mezi trolejí a zemí je (poměrně vysoké) napětí, musí být trolej izolována od nosných stožárů. Keramické nebo plastové izolátory jsou obvykle vloženy mezi konstrukci nesoucí trolej a samotný stožár (Obr. 4).



Obr. 4. Izolátory na stožáru nesoucím trolej. Samotná trolej je vodivě propojena s nosným lanem i tzv. výložníkem (trubková konstrukce, ke které jsou nosné lano a trolej upevněny). Výložník je k nosnému stožáru upevněn pomocí izolátorů. Na vršku stožáru je na izolátoru zavěšeno přidavné vedení.

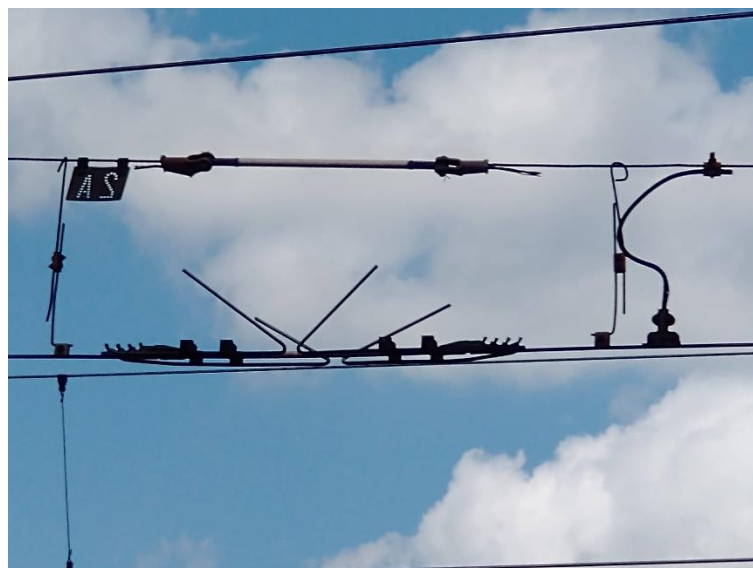
### Spád potenciálu, ztráty ve vedení

Probíráme-li se studenty základy energetiky, přicházejí úvahy o tom, proč se elektrická energie rozvádí při vysokých napětích, zmiňujeme ztráty ve vedení a spád potenciálu podél vedení, když se vzdalujeme od zdroje. Toto samozřejmě platí i pro napájení železničních tratí. Celá železniční síť není napájena jedním zdrojem, ale podél tratí jsou rozmístěny tzv. trakční měnirny (na stejnosměrném systému) a trakční transformovny (na střídavém systému). Ty jsou připojeny ke státní distribuční soustavě (zpravidla 110 kV). V měnirně dochází k transformaci dolů a následnému usměrnění, v transformovně se pouze snižuje napětí na zmíněných cca 25 kV. Obvyklé řešení je takové, že každá měnirna

napájí dva přilehlé traťové úseky, které jsou od sebe odděleny, tzn. každý úsek je napájen na obou koncích. Protože stejnosměrné napětí je nižší než střídavé, stejnosměrnou trolejí protékají větší proudy a měnírny jsou potřeba po kratších vzdálenostech, obvykle do 20 km. Střídavě elektrifikované tratě jsou napájeny po 40–60 km, a to jeden úsek jednou transformovnou. Zhruba v těchto vzdálenostech můžeme měnírny či transformovny vidět podél trati (Obr. 5). Jednotlivé úseky jsou od sebe izolovány tzv. úsekovými děliči. (Obr. 6).

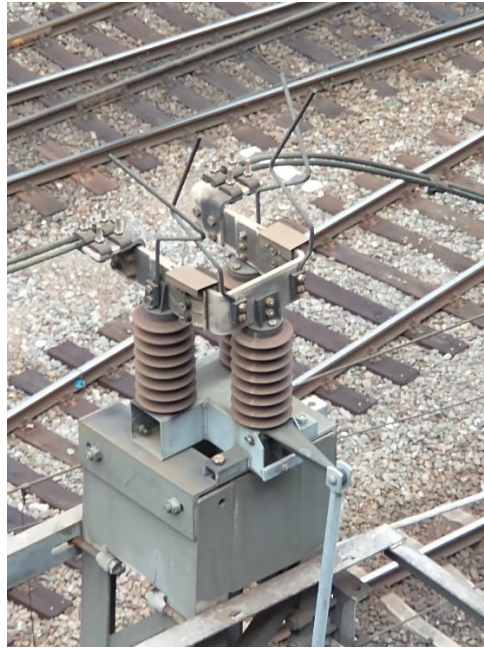


Obr. 5. Trakční měnírna (převzato z [1]).



Obr. 6. Úsekový dělič. Trolejový drát je přerušen izolační tyčí, po které lze smýkat sběrač. Nosné lano (které je na stejném potenciálu jako trolej) je také přerušeno izolantem. Na obrázku je vidět, že trolejový drát je přerušen po obou stranách izolační tyče v různých místech. Tak je zajištěno, že vozidlo je stále napájeno. Případný elektrický oblouk je zhasen na růžcích.

Ony cca 20 km (resp. 40–60 km) úseky však také netvoří vodivě nepřerušitelný úsek. Z důvodu údržby, poruch apod. je úsek rozdělen na mnohem kratší části – typicky úseky mezi dvěma stanicemi, jednotlivé koleje nebo skupiny kolejí v jedné stanici, atd. Tyto části jsou opět v úrovni troleje odděleny úsekovými děliči, ale v normálním stavu propojeny tzv. úsekovými odpojovači (obr. 7, 8). Úsekové děliče (a odpojovače) lze tedy vidět nejen kolem měníren, ale prakticky v každé stanici. Odpojovač se ovládá pomocí páky s táhlem upevněné na stožár s odpojovačem (Obr. 9), v poslední době v modernizovaných úsecích se používají i dálkově ovládané odpojovače. Na dvoukolejných tratích jsou taktéž od sebe izolovány obě traťové koleje. Na obr. 10 je schéma uspořádání trolejí nad stanicí na dvoukolejně trati.



Obr. 7. Úsekový odpojovač v sepnutém stavu. Vodič zleva je propojen s vodičem vpravo přes spínač, jehož pohyblivá část je umístěna na izolátoru vpravo vpředu. Po zatažení za tyč vedoucí od izolátoru dolů dojde k odklopení izolátoru s vodivým můstkem a rozpojení obou vodičů. Elektrický oblouk je zhášen na růžcích.



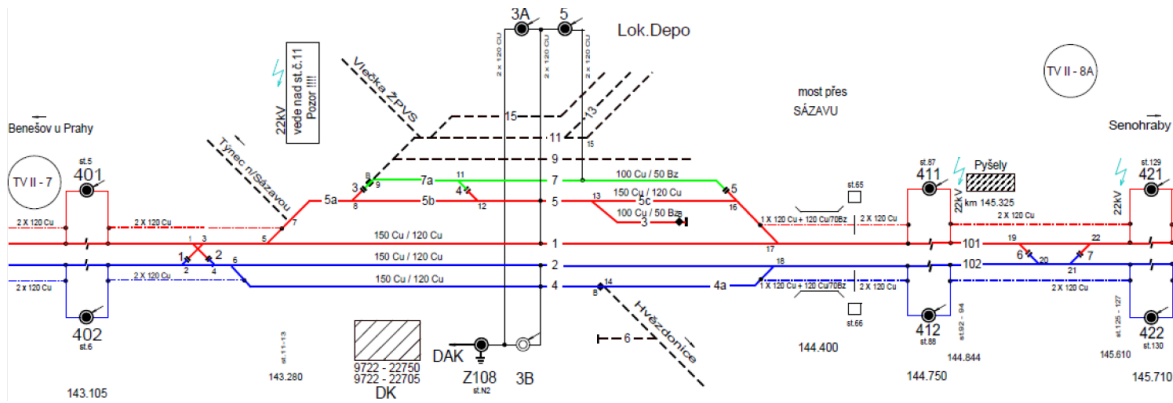


Obr. 8. Tři odpojovače na jednom stožáru. Pravý je rozepnut, levé dva jsou sepnuty.



Obr. 9. Ovládání odpojovačů ze země pomocí páky a táhla.

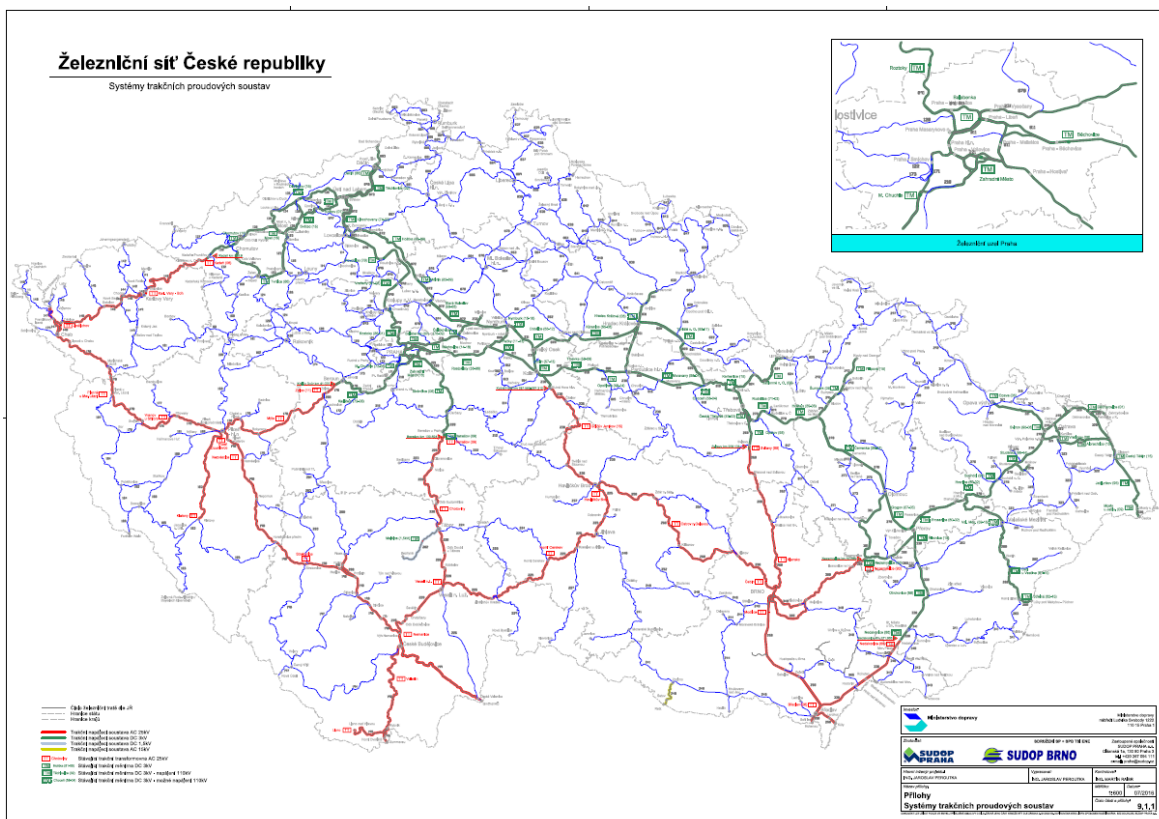
Studenty učíme, že odpor vodiče (a tedy i ztráty ve vedení) závisí také na jeho fyzických parametrech – délce a průřezu. Odpor klesá s rostoucím průřezem, bylo by tedy žádoucí dělat trolejové dráty silnější. Avšak čím silnější drát, tím větší hmotnost a tím obtížnější by bylo zavěsit drát tak, aby se jen minimálně prohýbal. Proto můžeme nad tratí často spatřit nejen trolejové vedení, ale i přídatné vedení, které je umístěné na samostatných izolátorech a v pravidelných vzdálenostech vodivě propojené s trolejí. Tím se vlastně docílí většího průřezu vodiče (Obr. 11).



Obr. 10. Schéma zatrolejování železniční stanice Čerčany, převzato z [2]. Modře a červeně jsou znázorněny navzájem izolované části trolejí. Nad kolejovými spojkami mezi oběma traťovými kolejemi (v levé a pravé části obrázku) jsou děliče, které se pojíždí se staženým sběračem. Spínače označené 401, 402, 411, 412, 421, 422 jsou odpojovače, v normálním stavu sepnuté.



Obr. 11. Přídavné vedení je umístěné na izolátorech na vodorovném břevnu nad každou z obou kolejí. Vlevo a uprostřed snímku je patrné propojení přídavného vedení s trolejí. Přídavné vedení je vidět i na Obr. 4.



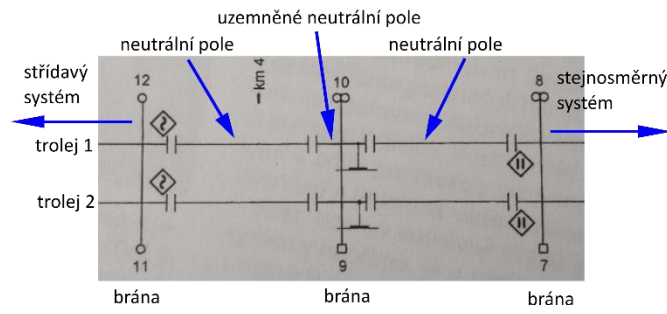
Obr. 12: Elektrifikované tratě v ČR a styková místa mezi napěťovými soustavami. Zeleně stejnosměrné napětí 3 kV, červeně střídavé 25 kV, 50 Hz. Jsou vyznačeny trakční měnirny (TM) a trakční transformovny (TT). Kromě hlavních napájecích systémů jsou na krátkých úsecích použita i jiná napětí – 1,5 kV DC na trati Tábor – Bechyně a 15 kV, 16,7 Hz na trati Znojmo – Šatov st. hr. Převzato z [3].

### Styková místa různých napěťových systémů

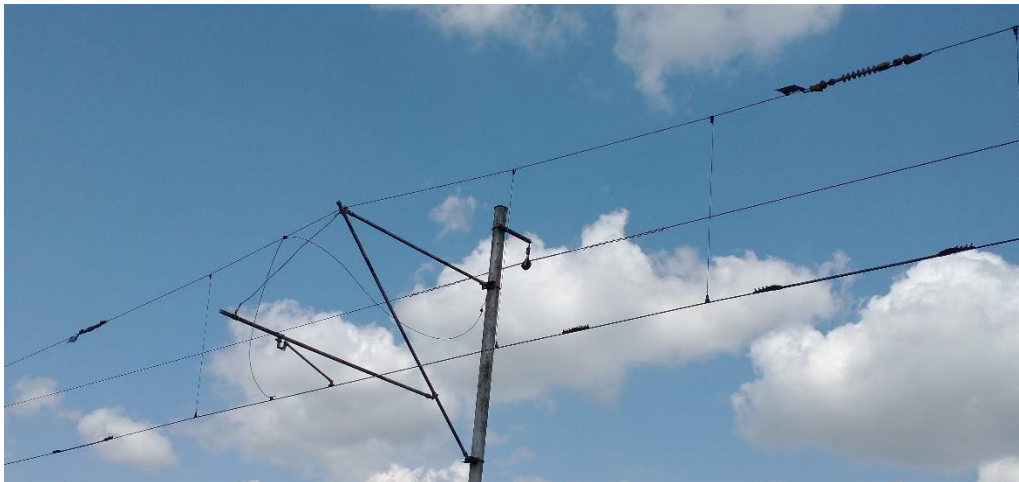
Protože v ČR existuje více napájecích systémů, je potřeba řešit styková místa mezi nimi. I řešení tohoto problému si lze prohlédnout z veřejně přístupných míst – přímo ve stanici to lze v Kutné Hoře hl. n. a v Nedakonicích (na trati Břeclav – Přerov). V těchto stanicích se nachází styk obou napěťových soustav u osobních nástupišť. Styk proudových soustav lze pozorovat nejen ve výše uvedených dvou stanicích, ale na dalších 5 místech v ČR (Obr. 12), kde však jsou tyto styky na širé trati.

Technické provedení není všude úplně stejné, ale většinou vypadá tak, jak je znázorněno na Obr. 13. Lze si všimnout, že mezi trolejovými dráty připojenými ke stejnosměrnému a střídavému napětí jsou tři úseky neutrálního drátu, z nichž prostřední je uzemněn. Každé dva úseky jsou od sebe vodivě odděleny.





Obr. 13. Schéma styku stejnosměrné a střídavé soustavy (převzato z [4]).





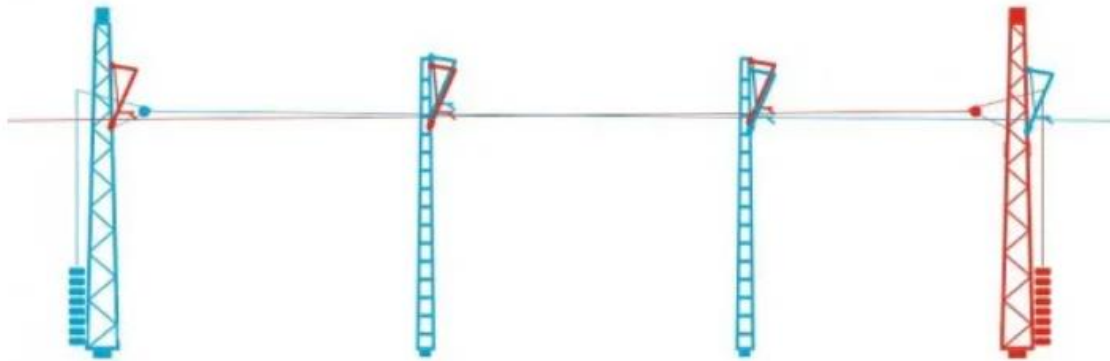
Obr. 14. Styk stejnosměrné a střídavé soustavy ve stanici Kutná Hora hl. n. Horní obr.: Stejnoseměrná trolej zleva je spojena s neutrálním polem izolační tyčí, nosné lano izolátorem. V levé části snímku je patrná bleskojistka, jeden růžek připojen k troleji, druhý uzemněn. Prostřední obr.: Neutrální a uzemněná část troleje je oddělena od obou okolních neutrálních polí izolačními tyčemi (v levé a pravé části snímku). Je patrné, že výložník nesoucí trolej je upevněn na stožár bez izolátorů. Je vidět i uzemňovací vodič spojující trolejový drát se stožárem (a po něm se zemí). Dolní obr.: Vlevo izolační tyč, doprava pokračuje střídavá trolej. Na stožáru patrná bleskojistka s výrazně vzdálenějšími růžky. Špičkové napětí mezi trolejí a zemí je zde cca 12 krát větší než na stejnosměrném systému.



Obr. 15. Napínání troleje pomocí kladek nebo navijáku. V případě navijáku je trolej (resp. nosné lano) navinuta na menším kole navijáku, lano nesoucí závaží na větším kole. Větší kolo je navíc opatřeno zuby, které zapadnou do západky v případě, že by došlo k náhlému odlehčení lana (např. při prasknutí). V takovém případě je zabráněno pádu závaží.

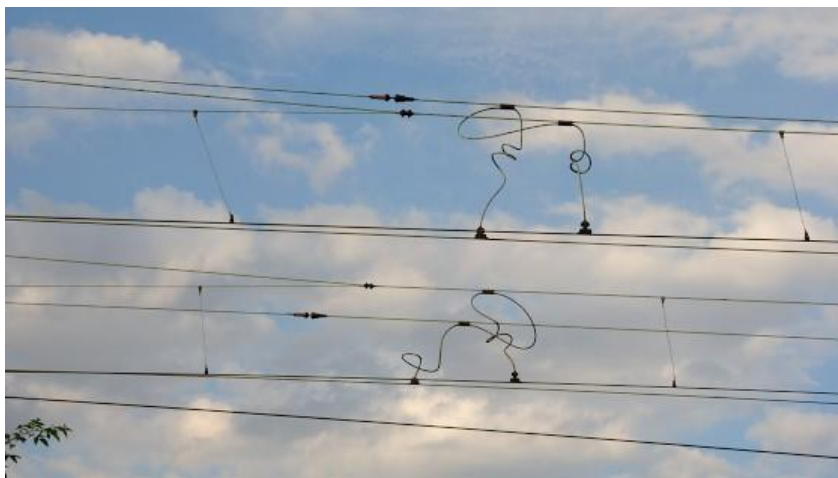
## Teplotní roztáhnost

Na tramvajové trati ve městě je obvykle trolejový drát zavěšen tzv. prostě, pro relativně nízkou rychlost tramvají toto řešení postačuje. Trolej je samozřejmě mezi stožáry prověšena, velikost prověšení závisí i na teplotě. Pro vyšší rychlosti na železnici by toto řešení nebylo vhodné, docházelo by k odskakování sběrače od troleje. Proto se používá tzv. řetězovkové vedení, kdy je trolejový drát zavěšen pomocí laníček na nosném laně (patrně na předcházejících obrázcích). Aby byla zajištěna co nejvíce konstantní vzdálenost troleje od kolejí za různých teplot, jsou troleje i nosná lana napínány pomocí kladek. Obvyklé řešení je takové, že trolejový drát (do délky kolem 1500 m) je na obou koncích přes kladky zatížen závažími a uprostřed úseku je ukotven (tj. pevně připevněn), aby nemohlo dojít k posunu celého drátu na jednu nebo druhou stranu. U kratších úseků (např. ve stanicích) bývá na jednom konci lano uchyceno napevno. Napínání nosného i trolejové lana je tak k vidění na mnoha místech na trati a ve všech stanicích s kolejovým rozvětvením (Obr. 15).



Obr. 16. Schéma přechodu z jednoho trolejového drátu na druhý. Červeně označené konstrukce nesou drát vedoucí zleva a končící vpravo, modře značené konstrukce nesou drát začínající vlevo a vedoucí doprava. Mezi dvěma prostředními stožáry, které nesou oba dráty, se dráty výškově překříží a zde sběrač plynule přejíždí z jednoho na druhý.

U tohoto místa jsou dráty vodivě propojeny. Převzato z [5].



Obr. 17. Vodivé propojení na sebe navazujících úseků. Převzato z [5].

## **Závěr**

Nastínili jsme jen několik příkladů, kde můžeme na elektrifikované železnici vidět uplatnění fyzikálních poznatků, které předkládáme studentům. Problematika napájení železnic je samozřejmě mnohem složitější, ale tato složitost patří do odborných tematických publikací a její postihnoutí nebylo ambicí tohoto článku. Tou bylo ukázat další z mnoha příkladů toho, čeho si mohou studenti všimnout v běžném životě (třeba cestou do a ze školy) a na čem je vidět využití fyziky v praxi.

## **Literatura**

- [1] K-report, český dopravní server, online <https://www.k-report.net/>, [cit. 20. 6. 2021].
- [2] Czagan J.: *Analýza jevů ovlivňujících napětí na úsekových děličích na soustavě 3 kV DC. Diplomová práce.* DFJP Univerzita Pardubice 2018.
- [3] Ministerstvo dopravy ČR, dostupné online [https://www.mdcr.cz/getattachment/Dokumenty/Drazni-doprava/Zeleznicni-infrastruktura/Koncepce-prechodu-na-jednotnou-napajeci-soustavu-n/mapa\\_system.pdf.aspx](https://www.mdcr.cz/getattachment/Dokumenty/Drazni-doprava/Zeleznicni-infrastruktura/Koncepce-prechodu-na-jednotnou-napajeci-soustavu-n/mapa_system.pdf.aspx) [cit. 20. 7. 2021].
- [4] Šrámek M.: *Střední Evropa a trakční proudové soustavy.* Dráha 7/99, s. 10 – 16.
- [5] <https://www.mojett.cz/>, [cit. 20. 7. 2021].

# S větrem o závod

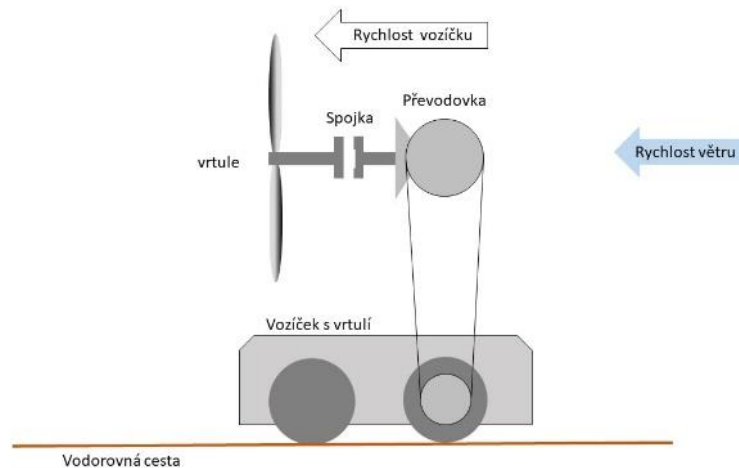
Pavel Konečný

Oddělení didaktiky fyziky ÚFE PŘF MU

Abstrakt

*Je možné, aby vozíček bez motoru s větrem v zádech jel po rovině rychleji, než vítr fouká? Ano je. Tento problém není nijak nový a kompletní experimentální i teoretické vysvětlení lze nalézt v řadě pramenů, názorně např. [1]. V následujícím textu je popsán experiment, který by měl být proveditelný v interiéru a přispět k pochopení, proč to je možné.*

## Úvod



Obr. 1. vozíček s vrtulí.

Předpokládejme, že máme vozíček bez motoru s vrtulí s osou ve směru jízdy, která je převody spojena s koly vozíčku viz obr. 1. Předpokládejme, že převod a vrtule má realisticky dosažitelnou účinnost a převodový poměr a stoupání vrtule jsou nastavitelné tak, aby v každém jízdním režimu byla hnací síla maximální. Může jet vozíček po rovině s větrem v zádech trvale rychleji než vítr, aniž by ho poháněl motor nebo jel s kopce?

Odpověď je kladná. Problém to není nový a už je dávno vyřešen. Názorně vysvětleno včetně experimentu je to například na videu [1] a už k tomu v podstatě nejde nic přidat.

Autor tohoto článku se ale opakovaně setkává s tím, že fakt, že to jde a zdůvodnění proč, bývá často odmítáno, a to i osobami s určitou fyzikální erudicí. Je otázka, proč tak v zásadě jednoduchý problém, vozíček se pohybuje horizontálně rovnoměrně přímočaře, vítr fouká ve stejném směru konstantní rychlostí, činí takové potíže. Najít na to odpověď by mohlo být užitečné pro didaktiku fyziky. Tento úkol vyžaduje erudovaného didaktika a pravděpodobně i psychologa.

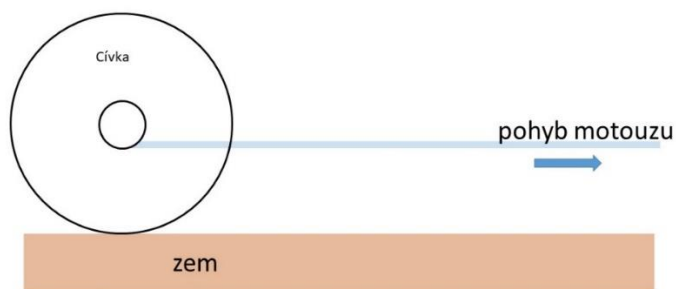


Cílem práce bylo připravit technicky přístupné pokusy. Vyrovnat se po technické stránce tomu, co je prezentováno na videu [1], kde se experimentuje „ve skutečné velikosti“ s vozíkem s lidskou posádkou, dost dobře nejde. Byl by k tomu potřeba aerodynamický tunel s pohyblivým pásem pro jízdu vozíčku, a to už je experiment jiné úrovně.

## Příbuzné experimenty

### Cívka s nití.

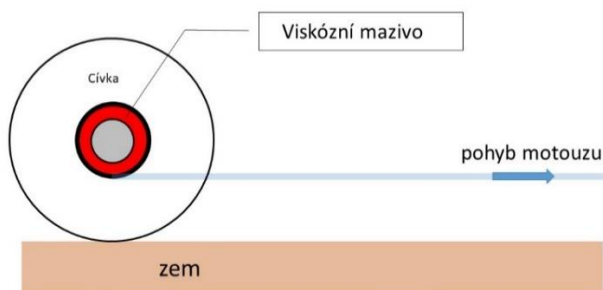
Existuje jeden běžný školní pokus s cívkou, na jejímž středu je namotán motouz a sleduje se, kterým směrem se cívka po rovině kutálí v závislosti na úhlu, pod kterým za motouz táhneme. Pokud táhneme za motouz horizontálně podle obr. 2., cívka se pohybuje ve směru tahu motouzu a i bez experimentu nebo výpočtů je z názoru zřejmé, že se bude pohybovat tak, že se na ni bude motouz navíjet. To znamená, že se pohybuje rychleji než motouz. Když bychom považovali motouz za „vitr“, není to analogie našeho pokusu s vozíčkem ve větru?



Cívka se odvaluje po zemi (prostředí 1) a je tažena motouzkem (prostředí 2)

Obr. 2.

Úplně není, protože vrtule se ve vzduchu nešroubuje jak matice po závitové hřídeli, ale „prokluzuje“. K bližší analogii by bylo potřeba pokus modifikovat tak, že se středový váleček, na který se motouz navíjí, vůči cívce protáčí s vhodným (třeba viskózním) třením, viz obr. 3.



Cívka se odvaluje po zemi (prostředí 1) a je tažena motouzkem (prostředí 2)

Obr. 3.

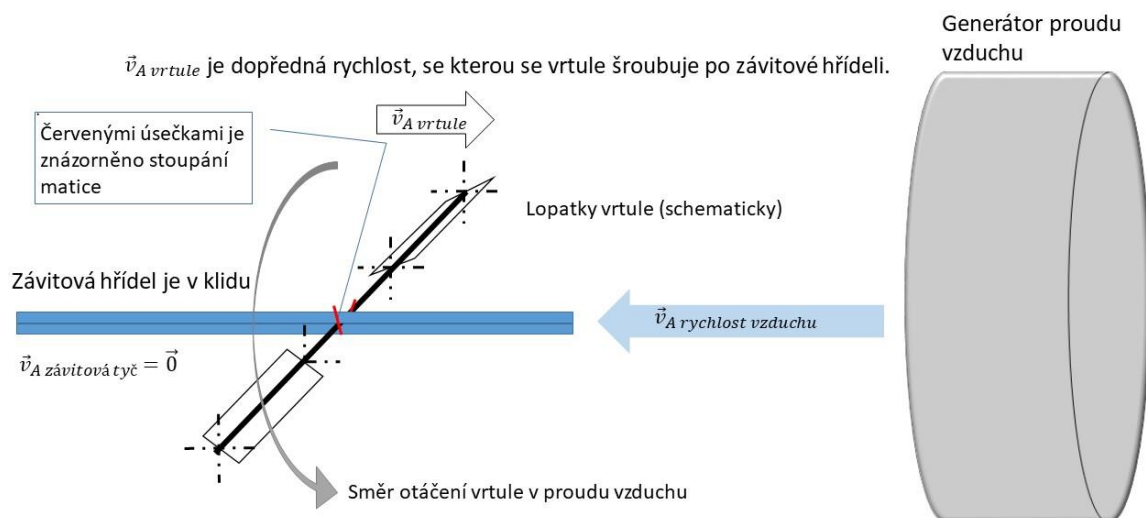
V tomto případě už nepojede cívka rychleji než motouz automaticky, ale jedině při splnění určitých podmínek.

Výsledkem uvedených experimentů není podle zkušenosti autora nikdo příliš překvapen a nevnímá je jako paradoxy. Přitom je to dost podobný jev, jako případ vozíčku s větrem v zádech.

### Vrtule na závitové tyči.

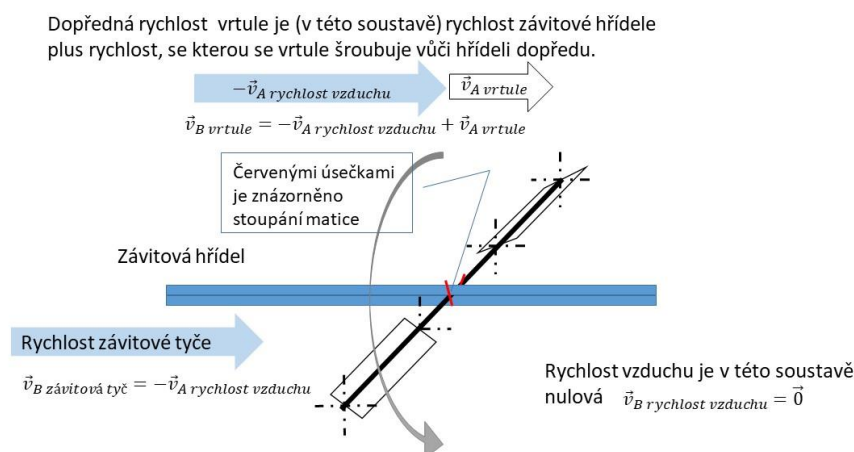
Že se vrtule s maticí na závitové hřídeli může šroubovat proti větru, je experimentálně snadno ověřitelné a rovněž intuitivně přijatelné. Vrtule v proudu vzduchu funguje jako větrná turbína a získaný výkon při dostatečně malém stoupání a tření může být dostačující k tomu, aby se vrtule po závitové tyči pohybovala proti větru.

Pozorujme tuto situaci ze dvou vztažných soustav. Se soustavy A spojené se závitovou tyčí obr. 4 a se soustavy B spojené s nabíhajícím proudem vzduchu obr. 5. Vyznačené rychlosti jsou indexovány A nebo B.



Obr. 4. Pozorováno ze vztažné soustavy A spojené se závitovou hřídelí



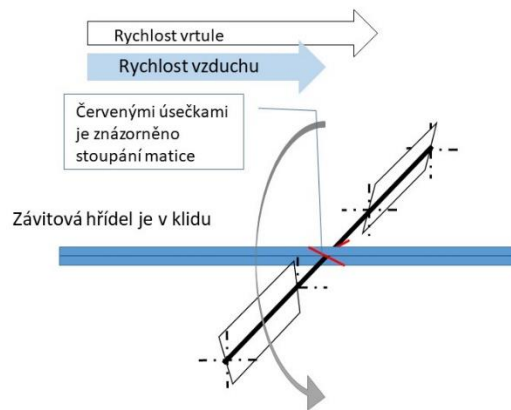


Obr. 5 Pozorováno ze vztažné soustavy B spojené se vzduchem

V soustavě B, tedy v soustavě spojené se vzduchem, je to závitová hřídel, co žene vrtuli vzduchem. Protože se jedná o tutéž situaci, vrtule se šroubuje po závitové hřídeli dopředu, je výsledná rychlost vrtule větší, než to, co ji posunuje, tedy ta závitová hřídel. V tomto smyslu jsme svědky situaci analogické cívice tažené motouzem, viz obr. 3, obr. 4.

### Přeznačení vzduch za závitovou hřídel a závitovou hřídel za vzduch

V principu je pohyb matice po závitové hřídeli podobný šroubování vrtule vzduchem (s tím rozdílem, že vzduch není rigidní, takže šroubování se děje s nějakým prokluzem). Provedme následující myšlenkový experiment. Zkusme „proměnit“ vzduch na „závitovou hřídel“ a závitovou hřídel za „vzduch“. V předchozím případě byl děj pozorován ze soustavy spojené se vzduchem, který se v našem myšlenkovém experimentu proměnil v „závitovou hřídel“, takže vztažná soustava bude teď spojena se „závitovou hřídelí“ (dříve vzduchem). Viz obr. 6. Ještě zapotřebí upravit (zmenšit) stoupání vrtule, protože ta po transformaci hraje roli matice, a naopak zvětšit stoupání matice, protože ta je teď v roli vrtule. Konkrétní hodnoty by vyplynuly z výpočtu, který by zahrnoval aerodynamické parametry vrtule, tření atd.

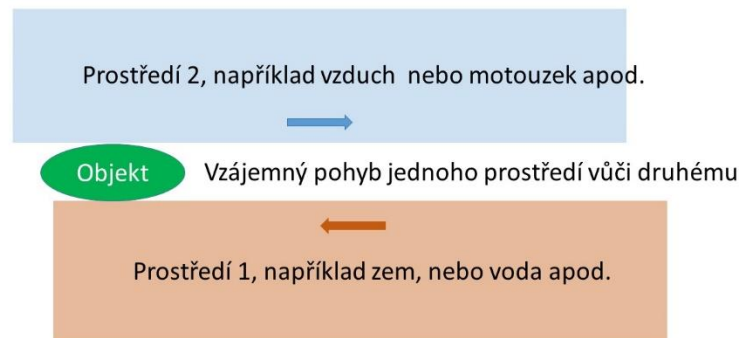


Obr. 6

Po této transformaci máme přesně tu situaci, na jejíž principiální možnost se ptáme. Tedy vrtule jede dopředu rychleji, než jí fouká vítr „do zad“. Vidíme tedy, že minimálně principiálně to možné je. Ale experiment podle obr. 6 je jenom myšlenkovým experimentem. Z řady důvodů je obtížně prakticky proveditelný a hlavně pozorovatelný. Jak bychom poznali, že se vrtule pohybuje rychleji než vítr, který se do ní zezadu opírá?

### Zobecnění

Z předchozích příkladů vidíme, že v obecnosti máme situaci podle obr. 7



Obr. 7.

### Vozíček s vrtulí

Aby bylo možné na položenou otázku odpovědět technicky jednoduchým pokusem, je potřeba zvolit vztažnou soustavu spojenou s klidným vzduchem v místnosti, tj. s místností, kde nefouká. Aby bylo možné uskutečnit ustálený stav, musí se vozíček pohybovat po otáčející se točně jako kolotoč. Alternativou by byl běžící pás, což je technicky obtížněji realizovatelné. Zvolme osu otáčení  $z$ . Úhlové rychlosti točny a vozíčku mají směr osy  $z$ ,

momenty sil působící na vozíček jsou rovněž vztahovány k ose  $z$ . Vektory rychlostí mají nenulovou složku pouze  $\vec{e}_\varphi$  (v cylindrické soustavě s osou  $z$ ). Všechny symboly pro rychlosti a vektorové veličiny mající směr  $\vec{e}_\varphi$  budou v dalším textu bez indexů a rozumí se jimi složka ve výše zavedeném souřadnicovém systému.

V této soustavě platí, čím větší rychlost větru, tím rychleji se musí točna otáčet úhlovou rychlostí  $\omega$ . Rychlost větru je

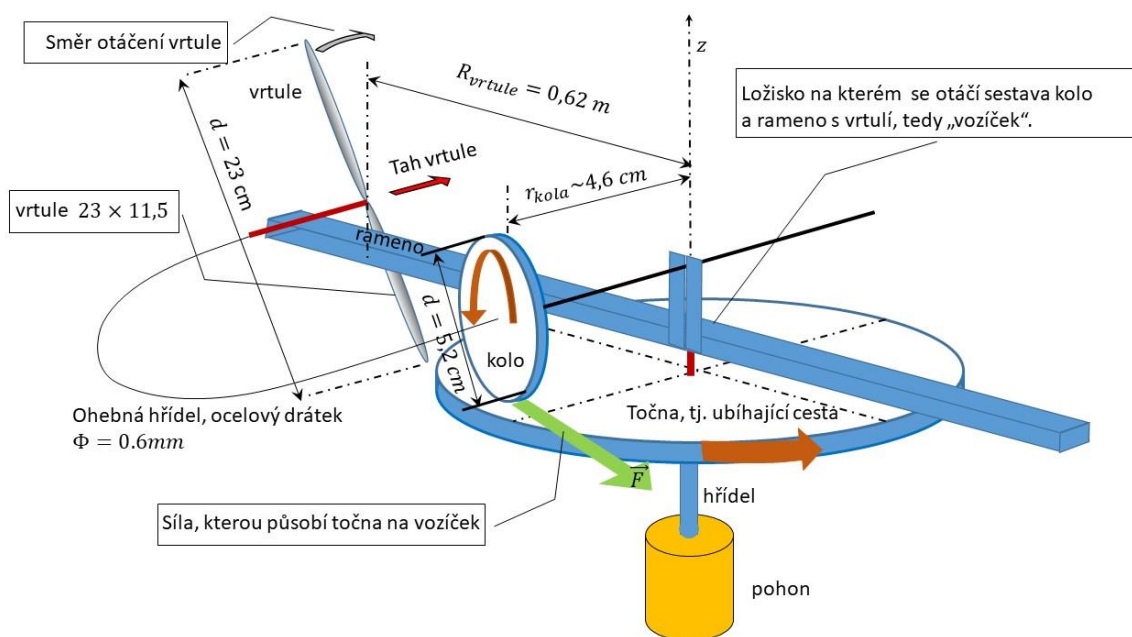
$$v = -\omega R$$

Kde  $R$ , je délka ramene, na kterém je umístěna vrtule.

Rychlost vozíčku na poloměru umístění vrtule  $R$  **vůči točně** označme  $V$

Ve vzdálenosti  $r$  od osy otáčení se po točně odvaluje kolečko vozíčku o průměru  $d$ . Kolečko pohání vrtuli ohebným hřídelem, viz obr. 8. Kolečko nejde umístit na poloměru  $R$ , protože točna by byla příliš velká. Mezi rychlostí jízdy vozíčku  $V$  a otáčkami  $n$  vrtule platí vztah

$$n = V \frac{r}{R} * \frac{1}{\pi d}$$



Obr. 8

### Experiment

Vhodným zařízením (dobře regulovatelná vrtačka) uvedeme točnu do ustálené rotace a ručně urychlíme vozíček tak, aby se pohyboval spolu s točnou. To odpovídá startovací situaci, kdy vozíček stojí ve větru vůči cestě nehybně, vrtule se neotáčí. Na vozíček a zejména na vrtuli na delším rameni působí aerodynamický odpor vzduchu. Vzhledem k soustavě spojené s točnou máme vozíček s větrem v zádech, který ho vůči točně urychluje jako vítr plachetnici. To ovšem znamená, že se kolo vozíčku začne po točně odvalovat a přes ohebný hřídel roztáčet vrtuli. Pokud je všechno dobře nastaveno, vrtule

táhne vozíček ve směru větru. Proti tomu v opačném směru působí na vozíček síly od rotující točny. Jsou to síly spojené s třením a hlavně síla  $\vec{F}$  vznikající tím, že z odvalujícího se kolečka je získáván výkon  $P$  k pohonu vrtule.

$$P = \text{účinnost} * |V| * F$$

$V$  je rychlost vozíčku vůči točně. Vůči soustavě spojené se vzduchem (tj. místnosti) se vozíček s rostoucím tahem vrtule zpomaluje, tj. ve vztažné soustavě spojené s točnou se jeho rychlost blíží rychlosti větru

$$V = -\omega R$$

Při vhodných převodových poměrech rychlosti a aerodynamických parametrech vrtule budou existovat takové otáčky točny  $\omega$  (tj. rychlost větru  $v$ ), kdy vozíček bude vůči místnosti stát. To znamená, že jede rychlostí větru.

V této situaci je součet momentu sil statického tahu vrtule a momentu sil, kterými působí rotující točna na vozíček vzhledem k ose z nulový.

Momenty sil, kterými působí rotující točna na vozíček, jsou jednak síly třecí, jednak síla související s tím, že výkon pro pohon vrtule vzniká odvalováním kolečka po točně. Pro stejný výkon  $P$  bude tato síla tím menší, čím větší bude rychlost  $V$ .

Z toho plyne, že dalším malým zvýšením rychlosti otáčení točny  $\omega$  (zvýšení rychlosti větru  $v$ ) se sníží síla  $\vec{F}$  a vozíček se může začít pohybovat vůči posluchárně opačně, než se točí točna (což je ekvivalentní tomu, že pojedou rychleji, než vítr fouká).



Vozíček s vrtulí

### Technická poznámka

Popsaná situace nastane jen při vhodných mechanických a aerodynamických poměrech. Naštěstí je délkou  $R$  ramene možno systém doladit v širokém rozsahu. Čím větší bude  $R$ , tím menší bude výkon potřebný k dané hodnotě statického momentu tahu vrtule. Tedy pravidlo zní: když to nefunguje, prodlužte rameno  $R$ . Zařízení bylo vyzkoušeno se dvěma dost různými modelářskými vrtulemi pro gumový pohon. S oběma vrtulemi to fungovalo na první pokus. Zařízení nemusí fungovat pro žádné  $R$  při mimořádně strmém nárůstu třecích sil s rychlostí  $V$ .

## **Závěr**

K popsanému problému existuje analogický, velmi jednoduchý experiment s cívkou taženou motouzem, popřípadě v úpravě s prokluzujícím středem.

Experiment s vozíčkem a vrtulí je možné uskutečnit v místnosti, pokud vhodně vybereme vztažnou soustavu. Snadněji se uvede do pohybu cesta, po které se má vozíček pohybovat, než vzduch a také se z této soustavy lépe pozoruje, co jede rychleji.

Návod jak uvažovat o tomto problému

1. Zkusme přejít k jiné inerciální soustavě, může to usnadnit pochopení situace.
2. Nenechme se příliš ovlivnit sugestivním zadáním. To, co po čem jede, je v tomto konkrétním případě relativní.
3. Hledejme analogické situace, může se ukázat, že problém je už v jiné podobné situaci vyřešen.

## **Poznámka na závěr**

Experiment i argumentace je pojata kvůli přehlednosti a hlavně jednoduchosti kvalitativně. Tedy jestli to může fungovat v principu, nikoliv jak to udělat, aby se to v definovaných podmínkách chovalo kvantitativně určeným způsobem.

## **Literatura**

[1] [Risking My Life To Settle A Physics Debate - YouTube](#) dostupné on line

<https://www.youtube.com/watch?v=jyQwgBAaBag&t=77s>

# Akustická levitace

Tomáš Kopřiva

Gymnázium Matyáše Lercha

Abstrakt

*Příspěvek se věnuje levitaci objektů s nízkou hustotou pomocí ultrazvukového senzoru. Autor provádí levitaci pomocí akustických vln (zvuku), které produkují ultrazvukové senzory s určitou frekvencí. Cílem je vytvoření stojatých vln, které budou působit proti gravitační síle Země působící směrem dolů, což umožňuje objektu levitovat ve vzduchu. Pomocí tohoto experimentu lze změřit vlnovou délku a následně i rychlost zvuku. Levitující objekt názorně zviditelní to, co běžný pozorovatel nemůžeme pouhým okem vidět, ani sluchem slyšet.*

## Úvod

Poprvé jsem se setkal s akustickou levitací v roce 2015 v pořadu SmarterEveryDay od amerického youtubera Destina Sandlina. Úžasný pořad, který rád používám při hodinách fyziky. Díl, ve kterém je tato problematika probrána se jmenuje: Acoustic Levitation in ULTRA SLOW MOTION – Smarter Every Day 134 [1]. Úžasná podívaná na levitující objekty se zpomalenými záběry praskajících kapek. V tu chvíli jsem si říkal, že jde o moc pěkný jev, ale pro mne, jakožto učitele fyziky, nepoužitelné, neboť jistě používaly výkonné vysokofrekvenční reproduktory, které jsou finančně značně nákladné. Tuto problematiku jsem proto opustil a video používal pouze pro zpestření hodin fyziky.

O pár let později se začali objevovat videa s malými reproduktory od Arduina. Stále jsem se ale domníval, že bude zapotřebí příliš složitý obvod a programování v Arduinu jsem neovládal. Zvědavost mi však nedala a zkusil jsem použít ultrazvukové senzory, kterými ve škole disponujeme pro účely měření rychlosti zvuku při výuce fyzikálních praktik. Vše jsem propojil a po pár hodinách trápení s nastavováním vzdáleností se dostavila radost z levitujícího objektu.

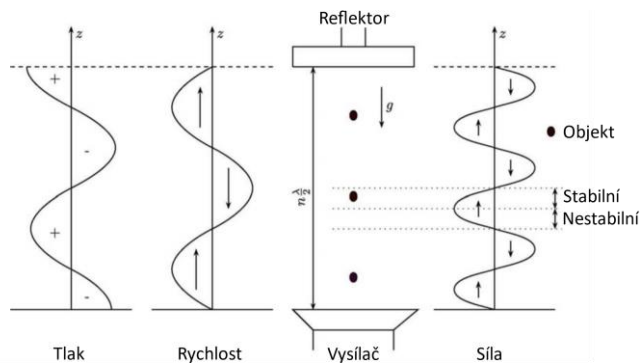
V tomto textu chci předložit návod, jak provést akustickou levitaci, přičemž předestřu dvě možnosti jejího provedení, a to pomocí vysokofrekvenčního generátoru napětí a součástek od Arduina. Rovněž uvedu některá možná vylepšení a ukázkou využití při laboratorních pracích na středoškolské úrovni.

## Teorie

Akustických levitací je vícero druhů. V tomto článku bych se rád zaměřil na ultrazvukovou levitaci pomocí stojatého vlnění. Dané téma je podrobně teoreticky rozebráno v odborném článku [2], různé způsoby levitace a jejich využití můžeme nalézt na webu Aldebaran [3], případně v bakalářské práci [4], kde lze nalézt popis jednotlivých akustických levitací, včetně návrhu zařízení na provedení akustické levitace, které umí pohybovat předměty.

Nastavení pro levitaci pomocí stojatých vln je znázorněno na Obr. 1. Aby vznikla stojatá vlna, tak vzdálenost vysílače a reflektoru musí být v násobcích  $\frac{\lambda}{2}$ . V důsledku

vícenásobných odrazů mezi ultrazvukovým vysílačem a pevným, plochým nebo konkávním reflektorem vznikne stojatá vlna se stejně rozmístěnými uzly a kmitnami akustického tlaku a rychlosti. Pevné nebo kapalné vzorky s průměrem menším než vlnová délka, mohou levitovat pod tlakovými uzly. Stojaté vlny můžeme rovněž dosáhnout tím, že použijeme dva vysílače proti sobě.



Obr. 1. Distribuce akustického tlaku, rychlosti částic vzduchu a levitační síly ve stojatých vlnách levitačního systému [5].

## Zapojení aparatury

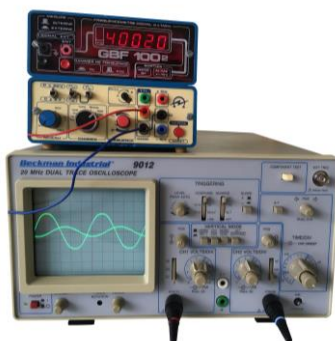
V této části popíši dva způsoby zapojení pro úspěšnou akustickou levitaci. V rámci škol disponují učitelé různým vybavením, nicméně věřím, že nebude problém si potřebné pomůcky sehnat. Vstupní investice do Arduina je velmi malá a je vhodné ji na škole mít i pro použití v jiných projektech a pro propojení s dalšími předměty (například informačními technologiemi).

## Vysokofrekvenční generátor

Bude potřeba:

- generátor napětí
- osciloskop
- ultrazvukové senzory

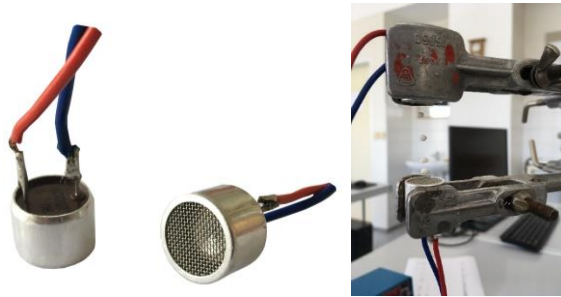
Je nutné, aby generátor napětí byl schopen generovat napětí o frekvenci 40 kHz a amplitudě 10 V. Osciloskop musí být dvoukanálový. Příklad takové sestavy můžete vidět na Obr. 2.



Obr. 2. Generátor napětí GBF 100 a dvoukanálový osciloskop.

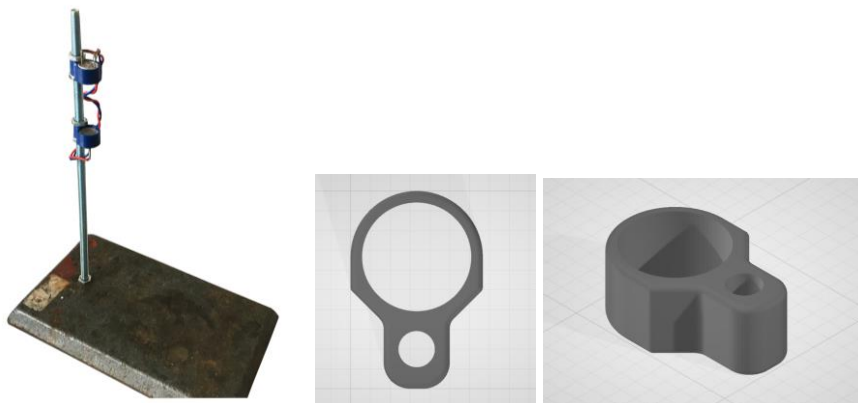


Ultrazvukové senzory je možné koupit samostatně (viz obr. 3) nebo lze použít odpájené senzory z ultrazvukového senzoru vzdálenosti od Arduina, viz dále v textu.



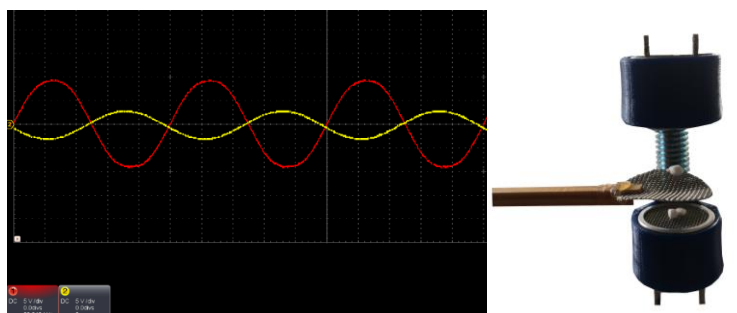
Obr. 3. Použité ultrazvukové senzory.

Pro uchopení senzorů je možné použít jakýkoliv držák, viz Obr. 3. Problém však může nastat při citlivém nastavení vzdáleností, neboť při utahování šroubu držák změní svou pozici. Z tohoto důvodu jsem si vytvořil držáky senzorů na 3D tiskárně a přichytil je pomocí matek na závitovou tyč o průměru 8 mm (Obr. 4). Navržený model držáčků můžete nalézt v souboru s příponou .stl na cloudu [6].



Obr. 4. Konstrukce a držáky na senzory.

Nyní je potřeba jen nastavit senzory do správné vzdálenosti. K tomu poslouží osciloskop. Oba senzory je třeba připojit k osciloskopu, každý na svůj kanál. Jeden senzor se použije jako vysílač. Připojí se ke generátoru napětí, na kterém nastavíme 40 kHz a 10 V. Druhý senzor se použije jako přijímač (je připojen pouze k osciloskopu). Mezi vysílačem a přijímačem nastavíme takovou vzdálenost, aby osciloskop ukázal, že vlny jsou v protifázi (Obr. 5).



Obr. 5. Správné nastavení na osciloskopu.

Vysílač i přijímač se zafixuje v požadované vzdálenosti a následně se připojí senzor, který jsme použili jako přijímač ke stejnému zdroji napětí jako vysílač. Vznikne tížená stojatá vlna, kterou lze využít k levitaci malých objektů.

Pro stabilní levitaci je lepší mít senzory blíže u sebe. V takovém případě je možné nechat levitovat více objektů. Při hledání limitů jsem byl schopen dát senzory až do vzdálenosti 8 cm. Objekty lze poté umístit pouze ke spodnímu senzoru, ne však po celé délce.

### Arduino

Na internetu je k nalezení mnoho návodů, jak je možné za pomoci ultrazvukového senzoru vzdálenosti od Arduina sestavit obvod pro ultrazvukovou levitaci. Já zde uvedu základní postup, ke kterému není třeba dokupovat další součástky. Pokud bych však chtěl sestavit výkonnější aparaturu, bylo by nutné popřemýšlet o dalších investicích do zesílení výstupního napětí z Arduino modulu.

Bude potřeba:

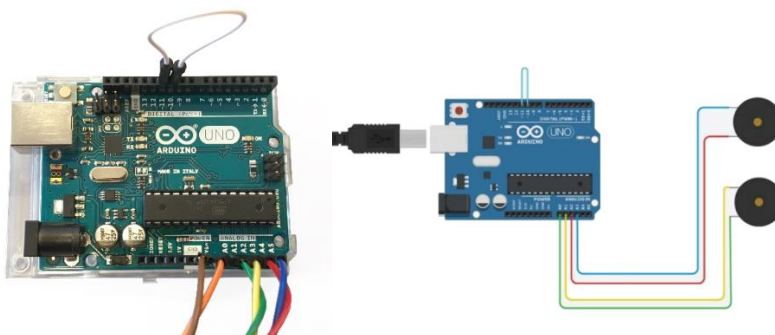
- Arduino UNO (nebo jiné alternativy)
- Ultrazvukový senzor HC-SR04 (nebo jiné alternativy)
- Propojovací kabely k Arduinu
- 9 V Baterie

Nejdříve je nutné odpájet senzory (transmitter a receiver), viz Obr. 6. Je třeba postupovat velmi opatrně, aby se nepřepálily kabely uvnitř repráčeků.



Obr. 6. Ultrazvukový senzor HC-SR04.

Zepředu na desce nebo zezadu na repráčkách nalezneme označení T (transmitter) a R (receiver). Do Arduino UNO se připojí transmitter do zdířek A0 a A1, receiver do A2 a A3. Následně je třeba propojit piny D10 a D11. Na Obr. 7 je možné vidět schéma zapojení a reálné připojení (zde jsou již přivedené i kabely od baterie, což je blíže popsáno níže v textu).

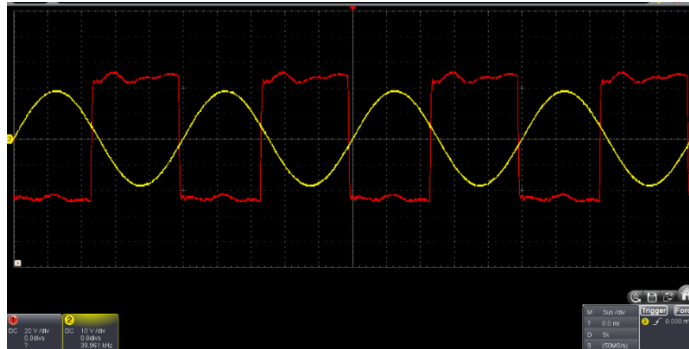


Obr. 7. Zapojení Arduino UNO.

Připojíme UNO k PC a nahrajeme program. Z důvodu rozsahu kódu uvádím odkaz na cloud [6], kde je možné si kód stáhnout.

Po nahrání programu je třeba odpojit Arduino UNO od počítače a připojit 9 V baterii. Kladný pól baterie do zdířky s nápisem Vin a záporný s GND. Celkové zapojení všech drátů je vidět na Obr. 7.

K nastavení správné vzdálenosti dobře poslouží dvoukanálový osciloskop. Jeden kanál se připojí k vysílači a druhý se připojí k druhému senzoru, jakožto přijímači. Přijímač se v této fázi prozatím odpojí od Arduino desky. Oba senzory se nastaví do takové vzdálenosti, aby byly na osciloskopu vidět dvě vlny posunuté o  $\frac{\lambda}{2}$  (Obr. 8).



Obr. 8. Osciloskop. Červená vysílač a žlutá přijímač.

Signál, který je na Obr. 8. označen červeně, vychází z Arduino desky. Co ve skutečnosti potom vychází z reproduktoru je možné vidět na přijímači (žlutá sinusoida na Obr. 8).

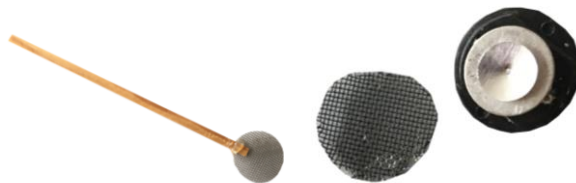
Poté zafixujeme senzory v požadované vzdálenosti, následně připojíme přijímač do správných zdířek na Arduino desce a můžeme levitovat.

### Vylepšení

Jak jsem psal již výše Arduino zapojení je málo výkonné, tudíž senzory musí být blízko u sebe, maximálně 3 cm. Nejjednodušší vylepšení je pomocí H-můstku L298N, který umožní zesílit výstupní napětí.

Další vylepšení můžete nalézt v otevřeném projektu Ultraino, který využívá podobného přístupu k ultrazvukové levitaci, je ale výkonnější. Tento projekt, vedený Dr. Asierem Marzem na univerzitě v Bristolu, využívá Arduino Mega a vlastního zesilovače k řízení 64 senzorů uložených do navrženého pouzdra z 3D tiskárny a mimo jiné je schopen levitovat kapaliny, počítačové čipy a hmyz. Na webových stránkách [7] lze dohledat podrobný postup.

Pro snadnější umístění polystyrenových kuliček na místo je vhodné použít sítko do vodovodní baterie (perlátor) nebo přímo sítko z ultrazvukového senzoru (Obr. 9). Problém může nastat, pokud byste místo toho použili prsty nebo pinzetu. V takovém případě totiž dojde k odklonění nebo zkreslení zvuku z reproduktorů a stojatá vlna se nemusí vůbec vytvořit nebo bude příliš nestabilní.



Obr. 9. Vlevo perlátor přilepený k dřevěné tyčce. Vpravo sítko z reproduktoru.

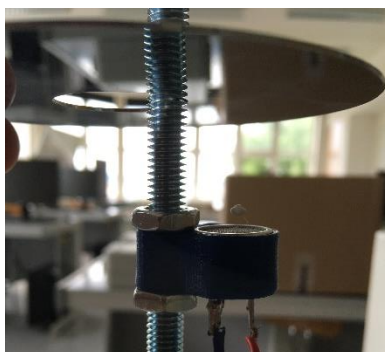
Než vaše první objekty začnou levitovat, budete potřebovat notnou dávku trpělivosti. Pro lepší výsledky mohu ale poskytnout ještě několik poznatků. Pokud budete spatřovat náznaky toho, že by se kuličky chtěly vznášet, ale pak spadnou, zkuste použít menší kousky polystyrenu. Ani nutně nemusí být kulaté. Při pokusech jsem navíc zjistil, že kusy nepravidelného tvaru vypadaly, že se totiž vznášejí snadněji. Pokud vaše objekty „tančí“ divoce, zkuste snížit napájecí napětí. Jakmile se první polystyrenový objekt vznášejí, můžete se pokusit umístit další objekty do ostatních uzlů stojaté vlny.

Pokud disponujete 3D tiskárnou, můžete si na různých webových stránkách najít i další navržené držáky senzorů. Jsou volně ke stažení a lze si je upravit dle vlastní libosti. Na Obr. 10 můžete vidět mnou vytištěný držák senzorů (návrh převzatý z Thingiverse).



Obr. 10. Mnou vytištěný držák na 3D tiskárně dle vzoru [8].

Pokud disponujete pouze jedním vysílačem, tak lze stojatou vlnu vytvořit pouhým odrazem. U tohoto postupu je poněkud náročné přesné nastavení, nicméně to možné je, což můžete vidět na Obr. 11.



Obr. 11. Levitace s pomocí odrazu.

## Možnosti využití ve škole

Akustickou levitaci lze využít v hodinách fyziky.

- Ultrazvuk není již slyšet, a tudíž jej můžeme takto znázornit.
- Stojaté vlnění se ve škole demonstruje pomocí gumy nebo pružiny. Tento způsob představuje další možnost znázornění.
- Praktické využití fyzikálního vzorečku  $\lambda = \frac{v}{f}$
- Práce s osciloskopem

V následující části se zaměřím na detailní rozbor některých úloh.

### Nastavení vzdálenosti

Vzdálenost mezi vysílači je potřeba nastavit přesně, aby se vytvořila stojatá vlna s dostatečně silnými oblastmi vysokého a nízkého tlaku vzduchu. K tomuto nastavení, jak jsem popisoval výše, využíváme osciloskopu.

Nemáme-li k dispozici osciloskop nebo k úloze chceme přistupovat jinak, můžeme vzdálenost nejdříve odhadnout pomocí vzorce na základě rychlosti zvuku  $v$  a frekvenci  $f$ . Například při pokojové teplotě 20°C činí rychlost zvuku  $343 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  [9]. Mnou použité ultrazvukové senzory pracují nejlépe při frekvenci 40 kHz.

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{343 \cdot 10^3 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}}{40 \cdot 10^3 \text{ Hz}} = 8,575 \text{ mm}$$

Na základě výpočtu bychom tedy očekávali stojatou vlnu o vlnové délce  $\lambda = 8,575 \text{ mm}$  nebo násobku této hodnoty. Okraj vysílače však neodpovídá začátku zvukové vlny, takže nastavení nebude zcela správné. Je třeba počítat s následným manuálním doladěním.

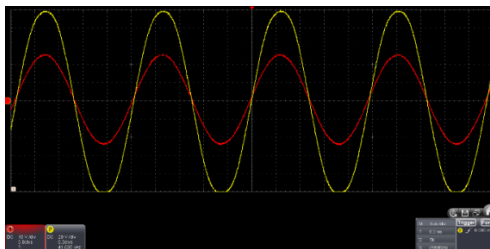
### Měření rychlosti zvuku

Akustickou levitaci můžeme také zařadit na závěr praktického cvičení, ve kterém studenti měří rychlost zvuku. Tuto úlohu zařazuji na začátek předmaturitního ročníku. Je probrána akustika a začínáme elektřinu. Měření rychlosti zvuku pomocí osciloskopu tedy vidím jako ideální způsob tyto dva obory propojit.

Na začátku tohoto praktika studenty seznámím s osciloskopem. Jak jej používat a jak z něj odečítat hodnoty. Následně připojíme ultrazvukový senzor ke generátoru napětí, na kterém nastavíme sinusové napětí o frekvenci 40 kHz a amplitudě 10 V (příklad takového generátoru na Obr. 2).

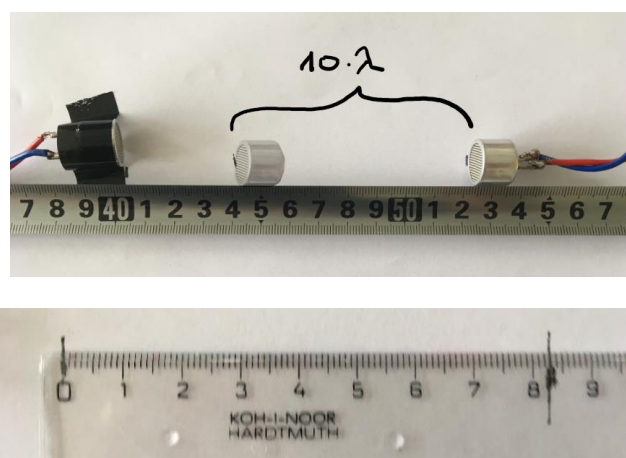
Toto napětí zobrazíme na vstupu CH1 osciloskopu a druhý senzor použijeme jako přijímač ultrazvuku (připojíme ke vstupu CH2 osciloskopu). Přijímač umístíme před zdroj do takové vzdálenosti vůči zdroji, aby křivky byly ve fázi, viz obr. 12.





Obr. 12. Vysílač a přijímač ve vzdálenosti kdy jsou ve fázi.

Se zdrojem se hýbat nebude, pouze přijímač se posune na takovou vzdálenost, aby byly křivky opět ve fázi. Tento postup opakujeme do chvíle, kdy jsou křivky podesáté ve fázi. Znovu označíme polohu přijímače. Vzdálenost mezi dvěma polohami přijímačů odpovídá  $10 \lambda$ . Situace je znázorněna na Obr. 13.



Obr. 13. Přijímač posunutý o deset vlnových délek při frekvenci 41 kHz.

Za použití vztahu mezi rychlostí šíření vlnění  $v$ , vlnovou délkou  $\lambda$  a frekvencí  $f$  vypočítáme rychlost šíření ultrazvuku ve vzduchu.

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

V našem případě se  $10 \lambda = 8,3 \text{ cm} = 8,3 \cdot 10^{-2}$ , viz Obr. 13.

$$v = \lambda \cdot f = 8,3 \cdot 10^{-3} \cdot 4,1 \cdot 10^4 = 340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Výsledek můžeme porovnat s tabulkami. Při pokojové teplotě  $20^\circ\text{C}$  činí rychlost zvuku dle tabulek  $343 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  [9].

Rychlost zvuku lze ověřit i pomocí akustické levitace. Měření však není přesné, protože je měřena pouze jedna vlnová délka. Musíme vzít také v potaz, že levitující objekty mají různé a nenulové rozměry. Na Obr. 14 je ale vidět, že vlnová délka odpovídá přibližně 1 cm, což nám umožní alespoň řádový odhad rychlosti zvuku.





Obr. 14. Měření vlnové délky pomocí akustické levitace.

## **Závěr**

Ve svém článku jsem nastínil možnosti akustické levitace včetně názorné dokumentace. Zabýval jsem se otázkou, jak danou aparaturu sestrojít, a jak ji využít v hodinách fyziky, aby dané téma studenty zaujalo.

## **Literatura a odkazy**

- [1] <https://www.youtube.com/watch?v=0K8zs-KSitc&t>
- [2] (PDF) A standing wave acoustic levitation system for large planar objects. ResearchGate | Find and share research [online]. Copyright © 2008 [cit. 25.08.2021]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/225697264\\_A\\_standing\\_wave\\_acoustic\\_levitation\\_system\\_for\\_large\\_planar\\_objects](https://www.researchgate.net/publication/225697264_A_standing_wave_acoustic_levitation_system_for_large_planar_objects)
- [3] Ondřej Penc: Akustická levitace vrací úder. Aldebaran homepage [online]. Copyright © Copyright Aldebaran Group for Astrophysics [cit. 25.08.2021]. Dostupné z: [https://www.aldebaran.cz/bulletin/2014\\_07\\_lev.php](https://www.aldebaran.cz/bulletin/2014_07_lev.php)
- [4] ČECH, Josef. Akustická levitace [online]. Praha, 2019 [cit. 2021-08-25]. Dostupné z: [https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/85070/F2-BP-2019-Cech-Josef-Bakalarska\\_prace-Ultrazvukova\\_levitace.pdf?sequence=-1&isAllowed=y](https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/85070/F2-BP-2019-Cech-Josef-Bakalarska_prace-Ultrazvukova_levitace.pdf?sequence=-1&isAllowed=y). Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze, Strojní fakulta. Doc. Ing. Martin Novák Ph.D.
- [5] Vandaele V, Lambert P, Delchambre A (2005) Non-contact handling in microassembly: Acoustical levitation. Precision Engineering 29:491–505
- [6] Cloudové uložení <https://drive.google.com/drive/folders/1B9OnkX3j2ulDkCdEM2IENjwuh0eVfFce?usp=sharing>
- [7] <https://www.instructables.com/Ultrasonic-Array/>
- [8] <https://www.thingiverse.com/thing:3913290>
- [9] Mikulčák a kolektiv. Matematické, fyzikální a chemické tabulky pro střední školy. Praha: SPN Praha, 1988.

## Nové experimenty a učební úlohy k zákonu akce a reakce jako kritickému místu kurikula

Pavel Masopust, Jiří Kohout

Oddělení fyziky, Fakulta pedagogická Západočeské univerzity v Plzni

Abstrakt

*Zákon akce a reakce byl v našem předchozím výzkumu identifikován jako tzv. kritické místo kurikula ve výuce fyziky na středních školách. V tomto příspěvku představíme sérii originálních experimentů a učebních úloh, které mají potenciál přispět k překonání jeho kritičnosti. Rovněž budeme prezentovat návrh testových otázek sloužících k ověření toho, do jaké hloubky žáci tomuto tématu rozumí, a jdoucích z hlediska zachycených miskoncepí nad rámec klasických konceptuálních testů jako je např. známý Force Concept Inventory. Stručně rovněž představíme zjištění z pilotního ověření nově vytvořených materiálů v praxi.*

### Úvod – zákon akce a reakce jako kritické místo kurikula

V našem předchozím výzkumu jsme zavedli do didaktiky fyziky konstrukt tzv. kritického místa kurikula, na základě multikriteriálního přístupu jsme určili kritická místa v 6. a 7. ročníku ZŠ a rovněž jsme připravili a rámcově ověřili moduly sloužící k jejich překonání. Podrobnosti včetně detailních informací k teoretickému ukotvení, metodologii i samotným modulům jsou uvedeny mimo jiné v monografii [1]. Uvedený konstrukt jsme následně rozšířili na první ročník střední školy a na základě rozhovorů s vybranými učiteli fyziky a dalších faktorů jsme jako relevantní kritické místo vytypovali 3. Newtonův zákon, tedy zákon akce a reakce.

Tento výběr by mohl být na první pohled brán s ohledem na aktuální poznatky z literatury jako nepříliš logický, protože například v práci [2] bylo demonstrováno, že tzv. normalizovaný zisk v testu Force Concept Inventory s různými reprezentacemi (R-FCI) byl po realizaci výuky dynamiky na různých středních školách u úloh zaměřených na zákon akce a reakce stabilně vyšší, než třeba u úloh cílených na ostatní Newtonovy zákony či na gravitační působení. Naše podrobnější analýza však ukázala, že problém s 3. Newtonovým zákonem spočívá v tom, že s ním související závažné miskoncepce nejsou klasicky užívanými učebními úlohami (např. právě na bázi testu FCI) zachyceny, což vnímáme jako zvláště rizikové. Na problematičnost 3. Newtonova zákona i z tohoto pohledu upozornili autoři některých předchozích studií [3,4], v časopise Physics Teacher poté vyšla v roce 2012 studie [5], kde autoři dokonce navrhují změnu pořadí výuky Newtonových zákonů s tím, aby zákon akce a reakce byl vyučován jako první. Uvádějí přitom, že s pomocí uvedené změny pořadí dosáhli u studentů určitého zlepšení. Za nejvíce problematický z hlediska porozumění ze všech Newtonových zákonů označil zákon akce a reakce i zakladatel tzv. konceptuální fyziky Paul Hewitt [6].

S ohledem na výše uvedené jsme připravili sérii učebních úloh a experimentů majících za cíl přispět k lepšímu zachycení miskoncepí spojených s 3. Newtonovým zákonem a následně k jejich překonání. Uvedené úlohy, resp. experimenty, přitom vycházejí

z kategorizace miskoncepcí spojených se 3. Newtonovým zákonem, jež je uvedena v další podkapitole tohoto příspěvku.

### **Miskoncepce spojené s 3. Newtonovým zákonem**

Na základě studia literatury, analýzy dostupných učebních úloh, rozhovorů s učiteli a vlastních zkušeností jsme identifikovali čtyři základní miskoncepce (či spíše skupiny miskoncepcí) spojené se zákonem akce a reakce:

- 1) Miskoncepce týkající se (ne)symetrie silového působení vycházející typicky z intuitivní představy, že hmotnější objekt působí na méně hmotný větší silou než opačně. Tato jediná skupina miskoncepcí je zachycena testem FCI [7] a to ve čtyřech položkách v různých kontextech (srážka velkého a malého auta, odtlačování dvou jedinců různých hmotností na kolečkových židlích, a tlačení velkého auta malým jednou přímočaře a jednou rovnoměrně zrychleně). Dle [7] vychází tyto miskoncepce z metafory silové interakce jako souboje, v němž jednoduše vítězí ten silnější.
- 2) Miskoncepce ohledně toho, co je a co není vlastně dvojicí sil akce a reakce. Žáci si (částečně i díky klasickým úlohám) mohou vytvořit zjednodušenou představu, že když máme dvě stejně velké a opačně orientované síly, jsou to automaticky síly akce a reakce. Přitom již neberou do úvahy, zda síly působí mezi stejnými tělesy. Klasickým projevem je silně rozšířená představa, že tíhová síla na objekt na stole a síla, kterou na tento objekt působí stůl (někdy nešťastně přímo nazývaná reakce podložky), jsou silami akce a reakce. Autoři studie [3] uvádějí, že tuto nesprávnou představu měla po výuce příslušného tematického celku většina VŠ studentů prvního ročníku fyziky na univerzitě v Canbeře v Austrálii.
- 3) Miskoncepce vycházející z toho, že zákon akce a reakce je chápán jako otázka příčiny a následku místo toho, že jde o simultánní proces, kdy síly působí v párech, a nelze hovořit o tom, že akce je první a reakce druhá. K rozvoji této miskoncepce může přispívat i lidové úsloví, že akce vyvolává reakci. Uvedená miskoncepce není (pokud je nám známo) pokryta žádnými klasickými učebními úlohami a na první pohled nemusí být vnímána jako příliš závažná. Svědčí však o absenci skutečného konceptuálního porozumění zákonu akce a reakce, což může hrát roli například v oblasti chemických rovnováh, které byly historicky vykládány (nesprávně) právě na základě zákona akce a reakce [8].
- 4) Miskoncepce týkající se mezí platnosti zákona akce a reakce. Ta souvisí s tím, že tento zákon je probírán v mechanice, a proto někteří žáci mohou nabýt přesvědčení, že je využitelný pouze u sil, jež jsou diskutovány v této části fyziky. Nevztahují jej tak již třeba na elektrické či magnetické síly. V ještě výraznější formě dokonce žáci mohou nabýt dojmu, že zákon akce a reakce platí pouze pro síly působící dotykem a nikoliv prostřednictvím pole. Například pomocí výše uvedených učebních úloh z testu FCI tato miskoncepce nemůže být odhalena, protože se tam vždy jedná o přímé silové působení dotykem.

Uvedená kategorizace se týká fundamentálních miskoncepcí spojených se zákonem akce a reakce, nikoliv problémů souvisejících s jeho využitím v konkrétních aplikačních úlohách, kde může sehrát podstatnou roli např. geometrie úlohy, předchozí praktická zkušenost s daným zařízením apod. Z hlediska námi dříve provedené hierarchizace konceptů [1] zde

tak cílíme na koncepty organizační (popř. vyšší), nikoliv na koncepty aplikační ovlivněné významně právě těmito faktory.

## **Příprava a prvotní ověření modulu**

Na základě výše uvedené kategorizace jsme připravili modul, který zahrnoval jednak učební úlohy pokrývající svým obsahem formulované miskoncepce (plus vybrané úlohy na technické aplikace zákona akce a reakce tak, aby byla pokryta i tato oblast), jednak návody k pěti originálním experimentům vystihujícím tuto problematiku, a to včetně příslušných videonahrávek. Dále jsme vytvořili test zahrnující celkem šest úloh (dělených ovšem na podúlohy tak, že z něj celkově bylo možné získat až 32 bodů) pokrývajících komplexně problematiku zákona akce a reakce. Vedle správnosti odpovědí jsme zjišťovali i to, do jaké míry jsou si jimi žáci jisti (u každé z úloh byla v tomto kritériu stupnice 1-5 bodů, tj. souhrnně až 30 bodů). Test jsme pilotovali na šesti studentech 1. ročníku oboru Fyzika na FPE ZČU a následně jej upravili podle jejich připomínek. Pracovní verze modulu byla poskytnuta pěti spolupracujícím učitelům fyziky na středních školách a materiál byl upraven dle jejich připomínek.

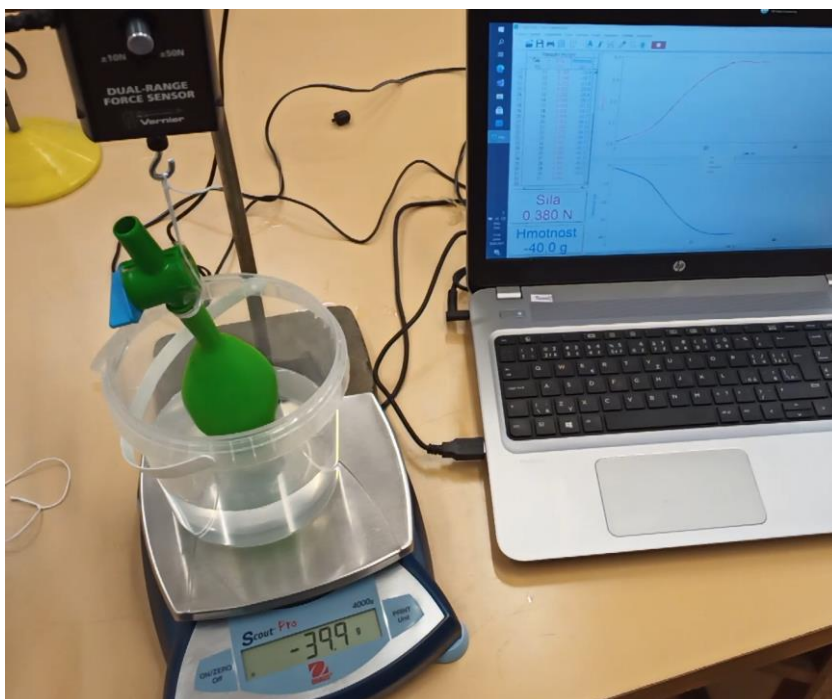
Následně byl realizován pedagogický experiment ve dvou třídách (sekunda osmiletého a 1. ročník čtyřletého gymnázia v Plzeňském kraji). V první fázi byl zadán žákům uvedený test. Po cca 14 dnech následovala hodina věnovaná zákonu akce a reakce, kde učitelé uplatnili učební úlohy a experimenty z modulu dle vlastního výběru. Z hodiny byl pořizován se souhlasem všech zúčastněných záznam. Po cca týdnu následovalo opětovné zadání stejného testu. Vzhledem k pandemii proběhlo testování i výuka online. Výsledky byly vyhodnoceny a následně byly ještě realizovány fokusní skupiny, jichž se zúčastnili žáci, u nichž byl mezi pre a posttestem zaznamenán největší pozitivní či negativní posun (z hlediska úspěšnosti se zohledněním deklarované míry jistoty s odpověďmi). Poznatky z výuky byly rovněž diskutovány s učiteli uvedených tříd.

## **Obsah modulu**

Modul zahrnoval celkem pět námětů na experimenty obsahujících vždy příslušný návod, otázky pro žáky, didaktické poznámky a odkaz na videozáznam experimentu. Dále je v modulu zahrnuto 10 komplexních učebních úloh pokrývajících miskoncepce dle výše uvedené hierarchizace. Zde uvedeme jako ukázkou zpracování dvou experimentů a dvou úloh.

### **Experiment – vyfukování balónku na siloměru a vahách**

Uvažujeme balónek zatížený uvnitř závažím, nafouknutý a ponořený částečně do nádoby s vodou, která stojí na vahách. Balónek je zavěšen na siloměru (viz obr. 1). Podstatou experimentu je, co se bude dít s údajem vah a siloměru, když začneme pozvolna upouštět vzduch z balónku, v důsledku čehož se bude objem ponořené části zmenšovat.



Obr. 1. Uspořádání experimentu s vyfukováním balónku

Otázky pro žáky:

- Jakou sílu vlastně měří digitální váhy před tím, než začne být vypouštěn vzduch z balónku?
- Jakou sílu měří siloměr před tím, než začne být vypouštěn vzduch z balónku?
- Poté, co začne vypouštění vzduchu, se bude údaj vah *zvětšovat* – *zmenšovat* – *neměnit*?
- Poté, co začne vypouštění vzduchu, se bude údaj siloměru *zvětšovat* – *zmenšovat* – *neměnit*?
- Změna na vahách bude ve srovnání se změnou na siloměru (po přepočtení tíhové síly na hmotnost) *větší* – *menší* – *stejná*
- Při rychlejším vypouštění vzduchu z balónku bude změna na vahách *rychlejší* – *stejně rychlá* – *pomalejší*
- Při vysvětlení pokusu se zákon akce a reakce využije u které z následujících sil: *tíhová* – *vztlaková* – *odstředivá*

Didaktické poznámky: Pokus je zaměřen na existence reakce ke vztlakové síle, na kterou se často zapomíná. Po ponoření balónku do vody se síla na siloměru zmenší o hodnotu vztlakové síly a v důsledku reakce ke vztlakové síle se o stejnou hodnotu zvětší údaj vah. Při vypouštění balónku se zmenšuje ponořený objem, tím i vztlaková síla a údaj siloměru tak roste, zatímco údaj vah stejným způsobem klesá. V konečné fázi experimentu obvykle dojde k mírné korekci spočívající v navýšení údaje vah a analogickém poklesu u siloměru (viz videoexperiment). To souvisí se změnami uspořádání zátěže uvnitř balónku. Žáků se je možné v této souvislosti zeptat na to, proč balónek musí být zatížen zevnitř. Experiment je uvažován pro případ, že bude vypouštění balónku pozvolné. Při rychlém vypouštění by se

krátkodobě mohla projevít reakce k síle, kterou působí balónek na unikající vzduch, což by naopak vedlo ke zvýšení údaje vah. Záznam experimentu je dostupný na [https://drive.google.com/file/d/1vld8W4m\\_kcViPuMKKeQIJ1VsDVvx6TD6K/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1vld8W4m_kcViPuMKKeQIJ1VsDVvx6TD6K/view?usp=sharing)

### **Experiment – pád magnetu trubkou**

Uvažujme malý magnet, který pustíme dolů dlouhou měděnou trubkou tak, aby proletěl bez nárazů do okrajů trubky. Z elektřiny a magnetismu je známo, že doba průletu magnetu je v důsledku elektromagnetické indukce mnohem delší než v případě, že bychom jí pustili nezmagnetovaný materiál. Cílem experimentu je zaměřit se na tento známý pokus z hlediska akce a reakce. Trubka je tudíž zavěšena na citlivý siloměr (viz obr. 2) vyvedený do počítače a jsou sledovány změny údaje siloměru.



Obr. 2. Uspořádání experimentu s magnetem padajícím trubcí

#### Otázky a úkoly pro žáky:

- Údaj siloměru se po vpuštění magnetu do trubky: *zvětší – zmenší – nezmění*
- Jaký typ pohybu koná magnet během průletu prostřední částí trubky, jaké síly tam na něj působí a jaká je výsledná síla?
- Z grafu závislosti údaje siloměru na čase určete, jak dlouho trval magnetu průlet trubkou
- Z grafu závislosti údaje siloměru na čase určete přibližně, jaká je hmotnost magnetu
- Co by se s údajem siloměru stalo, kdybychom užili místo měděné skleněnou trubku? Co, kdybychom užili ocelovou trubku?

Didaktické poznámky: Jde o klasický experiment z jiné oblasti fyziky, zaměřený ovšem na zákon akce a reakce. Z časového průběhu je jasně patrný nárůst hodnoty siloměru během



průletu o cca 20 mN, což je v souladu s tím, že užitý malý magnet má hmotnost 2 g. Se žáky je možné procvičit vedle práce s grafy i 1. Newtonův zákon, měli by si uvědomit, že magnet se po naprostou většinu času v trubce pohybuje rovnoměrně, což odpovídá tomu, že výsledná síla je nula a magnetická a tíhová síla působící na magnet se tudíž vykompenzují. Je dobré, aby si žáci uvědomili, že tento experiment má smysl v uspořádání magnet+nemagnetická kovová trubka. Pokud bude užitá magnetická trubka, magnet jí vůbec neproletí, pokud neužijeme magnet nebo vezme nevodivou trubku, tak bude průlet probíhat naprosto stejně jako mimo trubku, protože v trubce nevznikne elektrický proud, který by byl příčinou magnetické síly brzdící pád magnetu. Záznam experimentu je dostupný na [https://drive.google.com/file/d/1B5pi120IXdkAPF\\_th9Gr4e0mUG2r-0zw/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1B5pi120IXdkAPF_th9Gr4e0mUG2r-0zw/view?usp=sharing)

### Učební úloha – meteorit blížící se k Zemi

Meteorit se přibližuje k Zemi, která na něj působí gravitační silou. Stejně tak meteorit působí gravitační silou na Zemi.

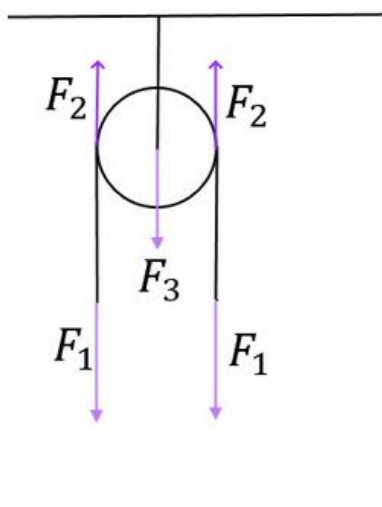
- Platí v této situaci 3. Newtonův zákon ANO – NE

Kdy se vyrovnají velikosti sil?

- Ve chvíli, kdy vletí do zemské atmosféry
- Ve chvíli, kdy začne v zemské atmosféře hořet.
- Ve chvíli, kdy dopadne na zem.
- Jsou vyrovnané od začátku
- Nevyrovnají se nikdy, síla od Země na meteorit je stále větší, než meteoritu na Zemi
- Nevyrovnají se nikdy, síla od Země na meteorit je stále menší, než meteoritu na Zemi

### Učební úloha – kladka

Uvažujme soustavu v klidu podle obrázku.  $F_1$  jsou síly, kterými někdo natahuje nehmotné lano,  $F_2$  jsou síly, kterými působí nehmotná kladka na lano a  $F_3$  síla, kterou působí kladka na horní lano (závěs). Délky šipek nemusí odpovídat velikosti sil. O následujících tvrzeních rozhodněte, zda jsou pravdivá či nepravdivá.



Obr. 3. Uspořádání učební úlohy s kladkou

- |  |                   |
|--|-------------------|
| 1) Síly $F_1$ a $F_2$ jsou stejně velké.                                   | PRAVDA – NEPRAVDA |
| 2) Síly $F_1$ a $F_2$ jsou silami akce a reakce                            | PRAVDA – NEPRAVDA |
| 3) Síly $F_2$ a $F_3$ jsou silami akce a reakce.                           | PRAVDA – NEPRAVDA |
| 4) Pro velikosti sil platí $F_3 = 2 \cdot F_1$                             | PRAVDA – NEPRAVDA |
| 5) Na člověka tahajícího lano působí od něj síla o velikosti $F_1$ .       | PRAVDA – NEPRAVDA |
| 6) Na stojánek působí horní lano silou o velikosti $F_3$                   | PRAVDA – NEPRAVDA |
| 7) Na nehmotnou kladku nepůsobí žádné síly.                                | PRAVDA – NEPRAVDA |
| 8) Výsledná síla působící na kladku je rovna nule.                         | PRAVDA – NEPRAVDA |
| 9) Lano se přetrhne, jestliže vydrží napínací sílu nejvýše $1,5 \cdot F_1$ | PRAVDA – NEPRAVDA |

### **Prvotní poznatky z ověření modulu**

Detailní výsledky ověřování efektivity modulu včetně podrobné kvantitativní analýzy a poznatků z fokusních skupin se žáky budou prezentovány v samostatné publikaci. Celkově můžeme konstatovat, že v obou třídách, kde ověřování proběhlo, došlo k určitému mírnému zlepšení v posttestu oproti pretestu, když v 1. ročníku SŠ se průměrný výsledek v testu zvýšil ze 17,5 na 18,7 bodu, a v sekundě z 17,4 na 18,4 bodu. Podobná situace nastala i u míry jistoty s odpověďmi, kde byla změna z 16,2 na 17,4 bodu v případě 1. ročníku a z 16,7 na 18,2 bodu u sekundy. Všechny uvedené změny jsou malé, statisticky neprůkazné a u části žáků v obou třídách došlo mezi pretestem a posttestem ke zhoršení (jež však mohlo být dáno vysokým podílem tipovaných odpovědí). Roli zde mohla sehrát skutečnost, že výuka byla realizována vzhledem k okolnostem distančně, zmínit je třeba i to, že šlo o jednu hodinu vedenou s odstupem několika měsíců poté, co bylo toto téma v daném ročníku probráno standardně. Při fokusních skupinách byla prokázána přetrvávající existence některých významných miskoncepcí (např. představy, že zákon akce a reakce platí pouze pro síly působící dotykem), projevila se rovněž tendence postupně se vracet k prvotním nesprávným představám vyvráceným vhodně zvoleným experimentem či úlohou. Relativně výraznější pozitivní posun byl zaznamenán u 1. a 3. skupiny miskoncepcí, naopak nejhorší výsledky byly zaznamenány u položek spadajících ke 2. skupině miskoncepcí.

### **Závěr**

Prezentovaný modul vytvořený na základě kategorizace miskoncepcí spojených se zákonem akce a reakce přináší netradiční učební úlohy a experimenty týkající se této oblasti fyziky, jež mohou být využity v praxi. Modul bude dále vyvíjen na základě zkušeností z ověření v dalších třídách a podnětů spolupracujících učitelů. V dalším výzkumu budeme rovněž pracovat na využití moderních technologií (speciálně virtuální reality) k překonávání uvedených miskoncepcí a obecně zákona akce a reakce jako kritického místa kurikula.

## **Literatura**

- [1] Kohout J., et al. Kritická místa kurikula fyziky na 2. stupni základní školy I. ZČU, Plzeň 2019. ISBN 978-80-261-0933-4. Dostupné online:  
[https://didaktika.zcu.cz/export/sites/didaktika/cz/dokumenty/Monografie/Fyzika\\_monografie.pdf](https://didaktika.zcu.cz/export/sites/didaktika/cz/dokumenty/Monografie/Fyzika_monografie.pdf)
- [2] Paclt J. Varianta testu Force Concept Inventory s různými reprezentacemi. MFF UK, Praha 2019. Bakalářská práce. Dostupné online:  
<https://dspace.cuni.cz/handle/20.500.11956/109594>
- [3] Low, D., Wilson, K. (2017). Weight, the normal force and Newton's third law: Dislodging a deeply embedded misconception. *Teaching Science* 63, No 2, p. 17-26.
- [4] Hellingmann, C. Newton's third law revisited. *Physics Education* 27, No 2 (1992), p. 112.
- [5] Stocklmayer, S., Rayner, J. P., Gore, M. M. Changing the order of Newton's laws—Why & how the third law should be first. *The Physics Teacher* 50, No 7 (2012), p. 406–409.
- [6] Hewitt, P. G. Newton's (Often Misunderstood) Third Law of Motion. *The Science Teacher* 84, No 2 (February 2017), p. 12–14.
- [7] Hestenes D., Wells M., Swackhamer G. Force concept inventory. *The physics teacher* 30, No 3 (1992), p. 141–158.
- [8] Niaz, M. Chemical equilibrium and Newton's third law of motion: Ontogeny/phylogeny revisited. *Interchange* 26, No 1 (1995), p. 19–32.

## Několik projektů z tábora, tentokrát na téma „1 – 2 – 3 – 4 – 5“

Jaroslav Reichl<sup>1</sup>, Zdeňka Koupilová<sup>2</sup>

<sup>1</sup>SPŠST Panská, Praha, <sup>2</sup>Katedra didaktiky fyziky MFF UK, Praha

Abstrakt

*Příspěvek popisuje průběh dalšího ročníku Soustředění mladých fyziků a matematiků pořádaného KDF MFF UK Praha. Hlavní důraz je kladen na vybrané projekty, na kterých účastníci soustředění pracovali a které mohou být inspirací do výuky fyziky a matematiky (pro studentské samostatné práce, seminární práce, projektové dny, ...).*

### Soustředění po nucené pauze

Soustředění mladých fyziků a matematiků se v roce 2021 konalo v krásném Penzionu Savoy v Dolním Maxově (Josefův Důl) v Jizerských horách v komornějším obsazení v porovnání s předchozími roky – účastníků z řad žáků základních a středních škol bylo jen 31. Valná většina z nich přitom absolvovala maximálně druhý ročník střední školy.

Vedoucí soustředění se zpočátku obávali, jaká bude atmosféra soustředění po roce, kdy se soustředění vlivem omezení vlády v souvislosti s nemocí COVID-19 nekonalo. V roce 2019 se totiž soustředění účastnila značná část účastníků, kteří ten rok složili maturitní zkoušku a přirozeně se dalších soustředění již zúčastnit nemohli. Další z bývalých účastníků složili maturitní zkoušku v roce 2020, čímž soustředění mezi léty 2019 a 2021 ztratilo převážnou většinu účastníků, kteří by mohli jet opakovaně. V roce 2021 tak mezi účastníky bylo pouze pět účastníků některého z předcházejících ročníků soustředění. Hrozilo tedy, že soustředění přijde o kontinuity danou např. „přenosem legend“, které se mezi jednotlivými ročníky předávaly a které nové účastníky lákaly na tradiční akce soustředění (Labyrint, šifrovací závěr, závěrečná konference, ...). Ač bylo soustředění o toto sdílení zkušeností ochuzeno, vedoucím se podařilo hned na začátku vytvořit atmosféru, která dokázala zachovat duch soustředění z předchozích let.

Stejně jako v minulých letech i letos mělo soustředění 2 části programu — mimoodborný a odborný, na jejichž přípravě se podílelo 13 vedoucích.

### Mimoodborný program

Mimoodborný program byl zastřešen legendou, která vycházela z Foglarových *Rychlých šípů*. Příběhy pětice kamarádů tak inspirovaly odpolední, večerní, noční ranní hry. Všechny tyto aktivity byly sice nepovinné, ale přesto se jich zúčastnili všichni účastníci. Před mnohými tak stály výzvy, které nikdy dříve nezažili: projít se nočním lesem a odpovídat na záludné otázky, přespat ve spacáku pod širákem a užít si tematicky laděnou hru, ujít po okolí 35 km podle správně vylustěných šifer, ... Kromě toho se do programu vešly i klasické táborové aktivity jako společná hra na kytary (a letos i akordeon) doprovázená zpěvem známých písní, táborák či celodenní výlet.

Tato část programu slouží nejen jako odpočinek od fyziky, matematiky či informatiky, kterými se účastníci zabývají v odborném programu, ale také jako netradiční forma

navázání přátelství, z nichž většina trvá i po skončení soustředění, i dalšímu rozvíjení osobnosti účastníků (smysl pro férový přístup, týmovou spolupráci, respektování autorit, ale i schopnost obhájit a prosadit vlastní názor, ...).

## **Odborný program**

Odborný program začal tradičně tzv. miniprojektem – aktivitou, která má ukázat způsob práce během celého soustředění, pomoci překonat počáteční ostych v seznamování, ale také poznat vedoucí i dovezené vybavení. Letos měli účastníci za úkol změřit výšku budovy, v níž jsme byli ubytováni, a (nebo) určit hmotnost pětikoruny za pomoci kancelářského papíru. Výsledky svého cca 90minutového bádání pak jednotlivé dvojice neformálně prezentovali před ostatními účastníky.

Další aktivitou odborného programu jsou každodenní kurzy matematiky (3 různá témata a úrovně), fyziky (3 různá témata a úrovně) a informatiky (jedna úroveň), které si účastníci zvolili dle svého zájmu (každý účastník si vybral právě dva kurzy).

Na přednášky, které jsou další částí odborného programu, jsme letos v roli lektorů pozvali bývalé vedoucí soustředění, kteří mají vazbu na MFF UK Praha. Jejich přednášky (o statistice, průsaku moderní fyziky do techniky a práci s termokamerou) byly v závěrečné anketě hodnoceny příznivě.

Hlavní náplní odborného programu je práce na projektech. Těch jsme připravili na výběr celkem 34, přičemž jsme se snažili brát v úvahu obecně nižší věk účastníků. Jak se ale ukázalo v průběhu soustředění, většina účastníků si s vybraným projektem poradila velmi dobře a dokázala skvěle využít svůj potenciál. Účastníci pracovali na těchto projektech (tučně zvýrazněné budou dále v příspěvku popsány):

<b>Magické čtverce</b>	Kreslič křivek
Geometrické řešení (resp. znázornění) rovnic	Čerpadlo
<b>Matematika COVID-19</b>	Hudební nástroje 1
<b>Metody linearizace</b>	Hudební nástroje A
<b>Hrátky s Arduinem</b>	Fyzika Minecraftu
<b>Válcový BB8</b>	Mechanická kalkulačka
Plotter	Měření okamžité rychlosti
Udělátorý	<b>Analogová kalkulačka</b>

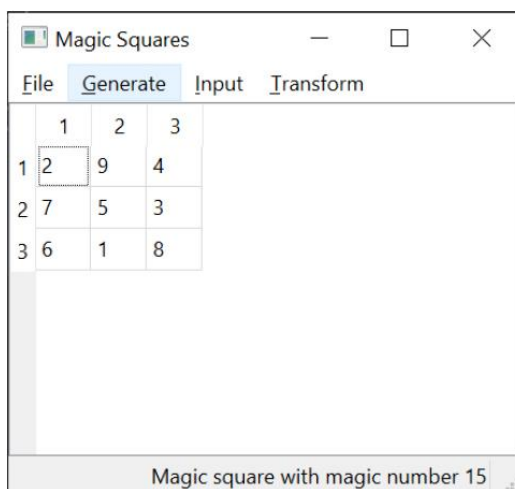
## **Popis vybraných projektů**

Detaily lze nalézt v dokumentacích na stránkách soustředění [2].

### **Magické čtverce**

Petr Velychko (konzultant Jaroslav Reichl) studoval magické čtverce, s nimiž se lze setkat jak v matematice, tak v umění. V teoretické části práce popsal vlastnosti a historii magických čtverců. Věnoval se také principům jejich postupného zaplňování tak, aby ve

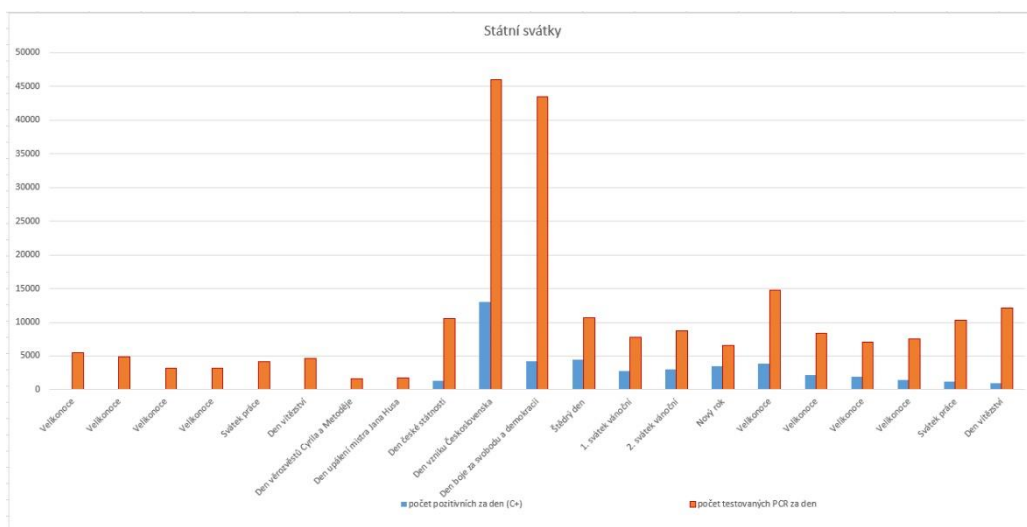
všech řádcích, sloupcích, úhlopříčkách, ... měla vložená čísla požadovaný součet. Uvedl také podmínky, za nichž je magický čtverec řešitelný. Praktickou část práce věnovat tvorbě vlastního programu (viz obr. 1), který po zadání stupně čtverce (tj. počet políček podél jedné strany čtverce) tento čtverec správně vyplní.



Obr. 1. Okno programu pro tvorbu magických čtverců

### Matematika COVID-19

Lída Kačenková a Adam (Sandra) Šesták (konzultant Jaroslav Reichl) si vybrali projekt s aktuálním tématem. Hlavní cíle projektu byly dva: seznámit se základními statistickými metodami používanými při zpracování velkých datových souborů a na základě dat (viz [1]) vytvořit grafy (přesnější, než byly ty publikované v průběhu posledního roku a půl v médiích) popisující průběh nemoci. V zobrazených grafech pak byly nalezeny různé zajímavosti: nárůst počtu nových případů v jednotlivých pracovních dnech, nárůst počtu nových případů během státních svátků (viz obr. 2), různé metody výpočtu čísla, které má relativně blízko k číslu  $R$ , a další. V rámci projektu se podařilo najít a prezentovat řadu zajímavých závislostí.



Obr. 2. Počty nově pozitivních a počty nově testovaných během státních svátků (jeden z výsledných grafů projektu Matematika COVID-19)



## Metody linearizace

Vít Borovský (konzultant Jaroslav Reichl) v rámci práce na tomto projektu musel nejdříve pochopit význam derivace funkce a poté manuálně spočítal parametry lineární regrese, tj. předpisu lineární funkce, která nejlépe aproximuje lineární závislost mezi oběma souřadnicemi bodů, které jsou zadány svými souřadnicemi v rovině. Poté, co ověřil správnost svého odvození na konkrétní sadě dat a získal předpis aproximační funkce i pomocí software, zopakoval totéž pro případ exponenciální funkce.

Ve srovnání s ostatními projekty by se mohlo zdát, že se jedná o „podřadný“ projekt, protože jen opakuje něco, co si lze velmi rychle vyhledat. Ale cílem všech projektů je v první řadě to, aby se účastník dozvěděl něco nového, naučil se nové dovednosti, postupy, ... A to se v tomto případě více než naplnilo! Navíc i při používání různých programů, které umějí danou problematiku vyřešit automaticky, a to nejen v tomto případě, je vhodné dobře rozumět principu používaných metod.

## Hrátky s Arduinem

Alžběta Štollová a Barbora Vosáhlová (konzultant Václav Kohout) se postupně seznamovaly s Arduinem: připojení k počítači, psaní programového kódu a sestavování jednoduchých obvodů. Projekt byl takto koncipován a děvčata svůj potenciál, čas i vybavení využila opravdu efektivně.

Arduino jako elektronická platforma vznikla v roce 2005; jedná se vlastně o jednodeskový počítač, k němuž lze připojovat LED, tlačítka, displeje z kapalných krystalů a různé senzory (ultrazvukový senzor vzdálenosti, teploměr, ...). V rámci projektu byly použity Arduino Uno a Arduino Nano.

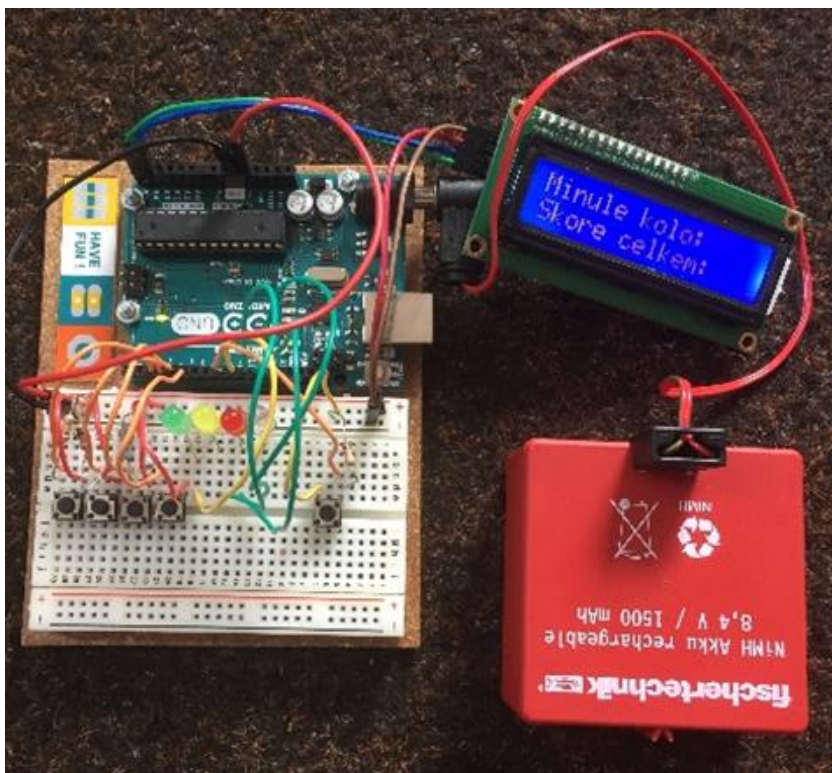
Dívky postupně vytvořily tři různé aplikace, pomocí nichž se současně s Arduinem a jeho ovládním učily pracovat. Všechny aplikace zapojovaly na nepájivém poli. Kromě postupně získávaných dovedností psát programový kód bylo nutné také porozumět elektrickým obvodům (např. proto, aby byly k LED zapojeny i ochranné rezistory, které snížily hodnotu elektrického proudu na bezpečnou hodnotu).

První aplikací, kterou se autorky projektu zabývaly, byl semafor, který simuloval standardní semafor pro chodce: po stisknutí tlačítka se rozsvítila na určitou dobu zelená LED; dokud tlačítko nebylo stisknuté, svítila červená LED.

Druhou aplikací, s jejímž vývojem pomáhali i další účastníci a vedoucí testující aplikaci na výzvu děvčat, byla hra *Simon Says*. Ta je inspirována hrou *Simon*, se kterou v roce 1978 přišel německo-americký technik Ralph Baer. Hra sestávala ze čtyř různobarevných tlačítek, která se postupně v náhodném pořadí rozsvěcovala, a hráč musel poté daná tlačítka stisknout ve stejném pořadí. Pokud uspěl, rozsvěcovalo se v každé sérii postupně více tlačítek; hra se tak stávala náročnější.

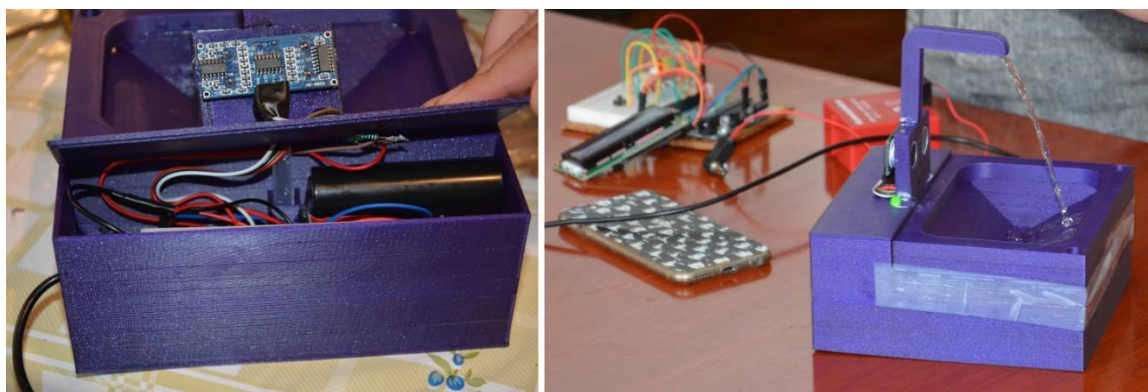
Děvčata tuto hru zrekonstruovala pomocí LED, které se rozsvěcovaly náhodně (zde se např. musela vyrovnat s problémem, že vestavěná funkce generující pseudonáhodné číslo vracela při každém začátku hry tutéž sekvenci a hra tak neustále opakovala tytéž kombinace). Pomocí tlačítek pak hráč musel rozsvícenou sekvenci bezchybně zopakovat (i tady bylo nutné vyřešit problém, aby se žádná LED nerozsvítila dvakrát po sobě a aby případný vícenásobný stisk jednoho tlačítka byl počítán jako jeden). Po správné sekvenci

zmáčknutí tlačítek se rozsvítilo v dalším kole o jednu LED víc (maximálně však šest). Poté se sekvence blikání LED začínala zrychlovat. Hra končila chybou hráče nebo dosažením skóre 100 bodů (každé správně stisknuté tlačítko znamená jeden bod). Vše se zobrazovalo na připojeném displeji (viz obr. 3).



Obr. 3. Hotová aplikace *Simon Says* v rámci projektu *Hrátky s Arduinem*

Třetí aplikací využívající Arduino byl automatický vodovodní kohoutek, který byl inspirován veřejnými toaletami: z kohoutku začne téct voda po přiblížení ruky k čidlu. Problém byl, jak zajistit tok vody (případně její cirkulaci) bez rizika namočení elektroniky. Nakonec děvčata navrhla a na 3D tiskárně vytiskla vhodný tvar nádoby. Voda tekla do vytvořené kádinky a z ní se následně čerpala zpět. Pohled na uložení elektroniky v nádobě a funkční kohoutek je zobrazen na obr. 4.



Obr. 4. Nádoba s elektronikou a funkční automatický vodovodní kohoutek ovládaný Arduinem

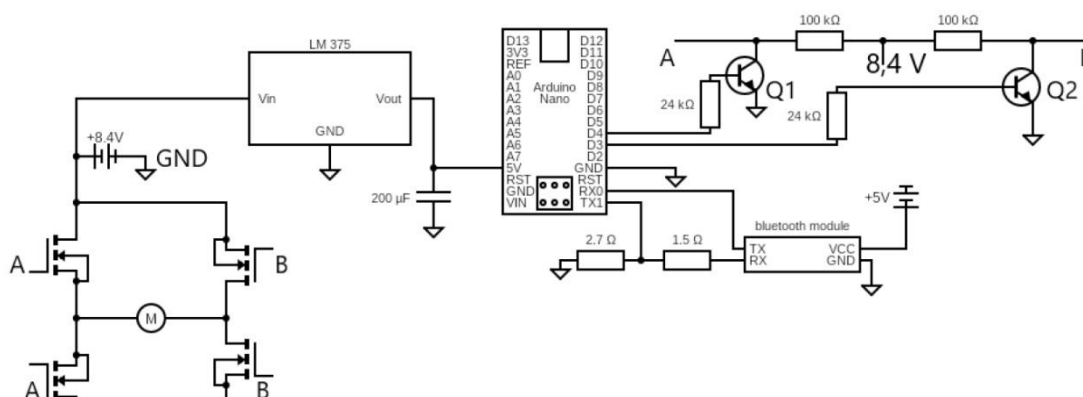
## Válcový BB8

Matěj Dvořák a Vojtěch Lančarič (konzultant Jiří Budil) se při svém projektu inspirovali robotem BB-8 ze ságy *Star Wars*. Jejich robot nemá vnější pohyblivé části, má tvar válce a pohybuje se tedy pouze po úsečce. Pohonem robota byl motor, který sloužil také jako excentricky (vůči ose rotace) umístěné závaží i setrvačnick.

V geometrické ose válce je umístěná mechanická osa pevně spojená s válcem. Ve středu válce je umístěno kolečko, které je řemenem spojeno s excentricky umístěným motorem připevněným k jedné z podstav válce (viz obr. 5). Po zapnutí motoru se tedy bude motor (a s ním i celý válec) pohybovat kolem středového kolečka. To ve výsledku bude znamenat, že se celý válec (představující robota) bude pohybovat jedním nebo druhým směrem.



Obr. 5. Rozložení součástek uvnitř modelu robota BB8 a výsledný robot

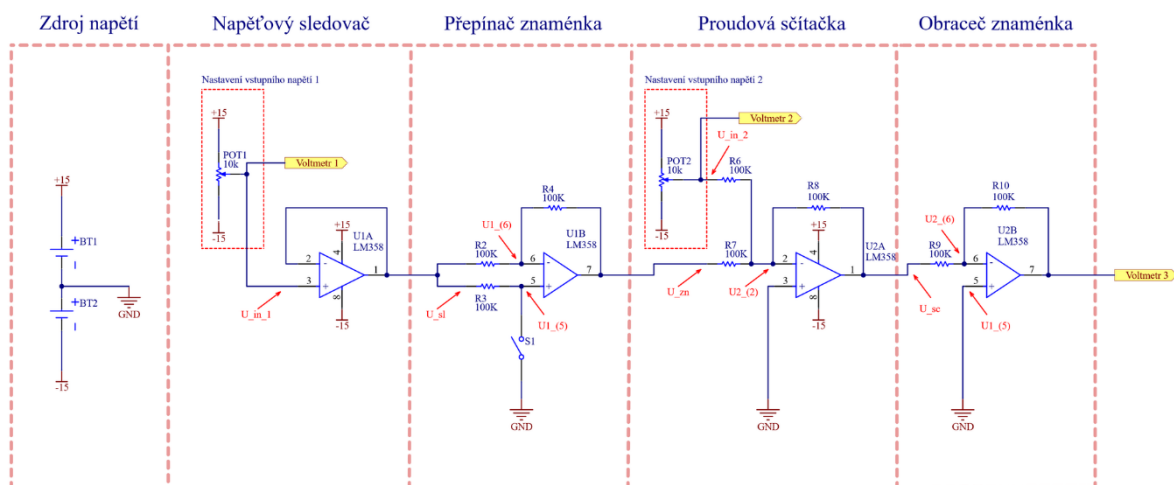


Obr. 6. Schéma zapojení elektrické části robota BB8

Schéma zapojení elektroniky robota je zobrazeno na obr. 6. Chod motoru se ovládá pomocí signálu Bluetooth (např. z mobilního telefonu). Jakmile modul zachytí tento signál, je vyslán signál přes UART rozhraní pinem TX na Bluetooth modulu do pinu RX0 na Arduino. Arduino signál vyhodnotí a zvýší napětí na pinu D3, nebo D4, které sepnou MOSFET tranzistory na H-můstku. Elektrický proud ze zdroje napětí tak začne procházet motorem, který se roztočí. Samotný obvod byl realizován na nepájivém poli Breadboard (viz obr. 5).

### Analogová kalkulačka

Tomáš Růžička využil svůj potenciál i možnosti získat cenné rady od konzultanta projektu Jakuba Dvořáka dokonale. Během 10 dní, kdy na projektu pracoval, pochopil základy elektrotechniky a porozuměl operačním zesilovačům tak, že je mohl začít aktivně používat ve své práci (viz schéma zapojení na obr. 7).



Obr. 7. Schéma zapojení analogové kalkulačky

Analogová kalkulačka funguje na principu sčítání (resp. odečítání) hodnot elektrického proudu tekoucích do (resp. z) uzlu u neinvertujícího vstupu operačního zesilovače. Vstupní napětí je nastavováno potenciometry POT1 a POT2. Celý obvod je tvořen čtyřmi základními zapojeními s operačním zesilovačem (dále OZ). Operační zesilovače mají zavedenou zápornou zpětnou vazbu, a tedy na neinvertujícím vstupu je stejné napětí jako na vstupu invertujícím, který si koriguje OZ výstupním napětím právě skrze zpětnou vazbu. Všechna napětí jsou přitom měřena vůči zemnímu potenciálu.

Za prvním potenciometrem se nachází zapojení OZ U1A jako napětového sledovače, díky čemuž nezatěžujeme potenciometr odběrem proudu (proud tekoucí do vstupu OZ je zanedbatelný). Stabilní (tvrdé) napětí  $U_{s1}$  z výstupu U1A je poté přivedeno do obvodu, kterým můžeme přepínat znaménka.

Přepínač znaménka má dva stavy. V případě, že je spínač S1 rozepnutý, na neinvertujícím vstupu OZ je výstupní napětí předchozího stádia — sledovače  $U_{s1}$ . Díky zavedené zpětné vazbě je na invertujícím vstupu stejné napětí jako na neinvertujícím. Úbytek na rezistoru R2 je tedy 0 V což znamená, že rezistorem neprotéká proud. Proud tedy neprotéká ani rezistorem R4 — úbytek napětí na rezistoru R4 je tedy také 0 V, a proto je výstupní napětí OZ U1B opět  $U_{s1}$ . Znaménko napětí se tedy nezmění. V případě, že uzemníme neinvertující vstup sepnutím spínače S1, vznikne zapojení invertujícího zesilovače se zesílením



$A = -\frac{R4}{R2} = -1$ . Jedná se tedy o zápornou hodnotu vstupního napětí  $U_{s1}$ . Převrácením znaménka docílíme odčítání nastavených hodnot.

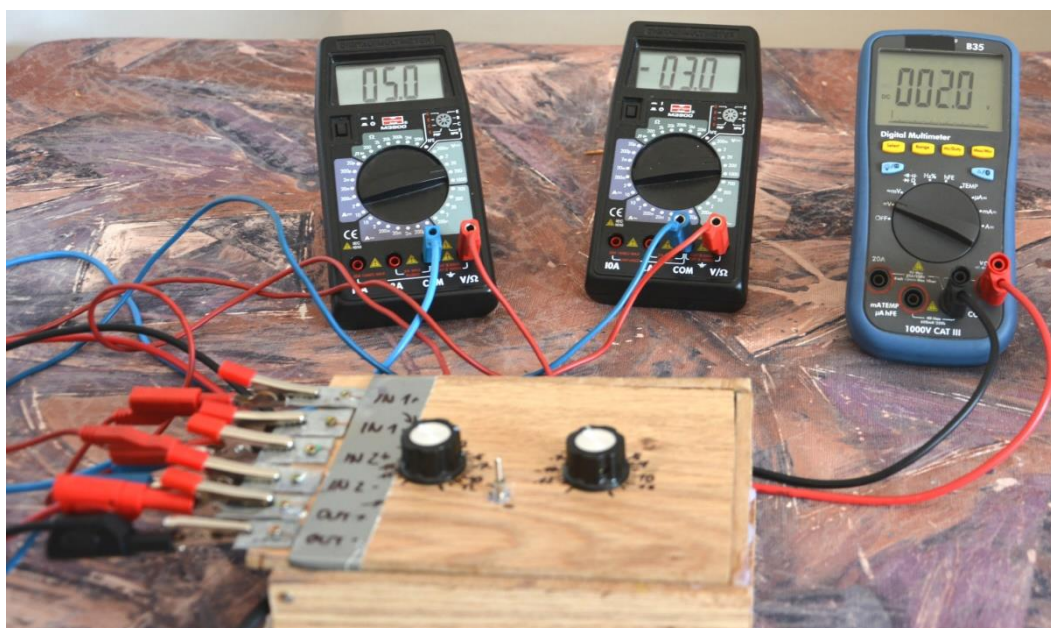
V následující fázi se děje samotné sčítání. Neinvertující vstup je uzemněn, a tedy je na něm napětí 0 V. Díky přítomnosti záporné zpětné vazby je také na invertujícím vstupu napětí 0 V. Takovémuto uzlu říkáme virtuální zem. Vůči zemi na něm není žádné napětí, ale přitom není nijak připojen na zem. Proud tekoucí do uzlu u invertujícího vstupu zesilovače je řízen napětím na rezistorech R6 a R7, díky čemuž vzniká proud, tekoucí do uzlu. Součet těchto proudů musí z uzlu také odtéct, a to pouze zpětnovazebním rezistorem R8. Napětí na něm bude:  $U_{R8} = -R8 \cdot I_{R8} = -R8 \cdot (I_{R6} + I_{R7}) = -R8 \cdot \left( \frac{U_{R6}}{R6} + \frac{U_{R7}}{R7} \right)$ .

V našem případě jsou hodnoty všech rezistorů stejné, a tedy se uvedený výraz zjednoduší na tvar:  $U_{R8} = -(U_{R6} + U_{R7})$ .

Jelikož rezistory R6 a R7 jsou na jedné straně připojeny na virtuální zem, napětí na nich je vstupní napětí do sčítačky. Tedy napětí  $U_{zn}$  z přepínače znamének a napětí na POT2  $U_{in2}$ .

Posledním stádiem je invertující zesilovač se zesílením  $-1$ , který odstraní záporné znaménko z předchozího stádia.

Ukázka činnosti analogové kalkulačky, která je sestavená v dřevěné krabici, je zobrazena na obr. 8.



Obr. 8. Ukázka činnosti analogové kalkulačky

## Závěr

Soustředění proběhlo stejně dobře a hladce jako v minulých letech. Nevadila ani roční vynucená pauza. I závěrečné setkání, závěrečné ankety a neformální rozhovory poslední večer přinesly vedoucím ujištění, že se soustředění (opět) vydařilo!

Pokud bude politicko-epidemiologická situace příznivá, bude se soustředění konat i v roce 2022 a to v termínu od 2. do 16. července; místo konání bude včas oznámeno na webových stránkách soustředění [2]). Mladé zájemce (od skončení osmého ročníku základní školy po maturanty v roce 2022) o fyziku, matematiku, ale i o výzvy zažít nové dosud nepoznané moc rádi v roce 2022 uvítáme!

Více informací o soustředění lze nalézt na webových stránkách soustředění [2] a v příspěvcích minulých ročníků Veletrhu nápadů učitelů fyziky či v příspěvku z mezinárodní konference ICPE-EPEC 2013 v Praze (anglicky, [3]).

## **Literatura**

- [1] COVID-19: Přehled aktuální situace v ČR [online]. Dostupné z: <https://onemocneni-aktualne.mzcr.cz/covid-19>; [citováno 17. 8. 2021].
- [2] Soustředění mladých fyziků a matematiků [online]. Dostupné z: <http://kdf.mff.cuni.cz/tabor> [citováno 17. 8. 2021].
- [3] Kácovský, P. et al.: The Summer Maths and Physics Camp. In: ICPE-EPEC 2013 Conference Proceedings, Praha, 2014. Dostupné z: <http://www.icpe2013.org/> [citováno 17. 8. 2021]

## Co přinesla (a vzala) distanční výuka

Jaroslav Reichl

Střední průmyslová škola sdělovací techniky, Panská 3, Praha

Abstrakt

*Příspěvek popisuje několik námětů na experimenty spojených s vedením elektrického proudu v kovech a Ohmovým zákonem. Dále jsou popsány náměty na různé aktivity, které lze využít jak v hodinách fyziky, tak v rámci projektových dnů či volnočasových aktivit na školách v přírodě, sportovních kurzech a podobně.*

### Distanční výuka

Školní rok 2020/2021 byl velmi podivný. Po tříměsíční distanční výuce ve druhém pololetí minulého školního roku jsem doufal, že už nic horšího jako učitel nemohu zažít. To jsem se dost mýlil! Téměř osmiměsíční distanční výuka, která v říjnu 2020 odstartovala, byla opravdu dlouhá. Na jednu stranu rozumím některým opatřením vlády, která si vynutila i uzavření škol, ale na druhou stranu jsem velmi nemile překvapen, že školy vychovávající budoucí generaci, zůstaly zavřené tak dlouho! A v porovnání s ostatními evropskými státy zdaleka nejdéle. Celou tu dobu jsem sledoval data o průběhu nemoci COVID-19 a na základě čtyř každodenně zveřejňovaných veličin (počet nakažených, počet testovaných, počet uzdravených a počet zemřelých – viz [1]) jsem si v software *Mathematica* vytvářel vlastní grafy. A ty se v některých případech velmi lišily od grafů prezentovaných v médiích. Grafy prezentované v médiích vyznívaly vesměs negativněji ve srovnání s mými. Proto si o nemoci COVID-19 a všech opatřeních (která stejně nebyla a nejsou dodržována tak, jak měla být) myslím své. Velkým zklamáním byla ale absence jakéhokoliv protestu proti uzavření škol ze strany organizací, které se vzděláváním zabývají. Nikdo neřešil sociální izolovanost žáků, nikdo se nepozastavil nad efektivitou distanční výuky! Na druhou stranu rad (ať už užitečných či zcela nesmyslných), jak vést distanční výuku najednou bylo na internetových stránkách plno.

Já osobně jsem se celé období distanční výuky snažil vést, pokud možno, běžný život. Po domluvě s vedením školy jsem učil ze školy z učebny fyziky. Tím jsem mohl žákům i nadále předvádět fyzikální experimenty, mohl se během výuky pohybovat, jak jsem zvyklý, a mohl si alespoň představovat místo obrázků v aplikaci žáky na svých místech v učebně. Náročná byla zejména příprava hodin: připravit kameru tak, aby zabírala podstatnou část experimentu, bylo snadné. Ale dodržet pak připravený průběh hodiny (v závislosti na připravených experimentech, umístění stativu kamery, ...) byl poměrně problém. Mám rád, když se žáci ptají, interagují a občas i posunou mnou připravenou hodinu mírně jinam. To ale v případě připraveného záběru kamery byl problém. Ale i s tím jsem se nakonec vyrovnal a žáci prostě minutku počkali, než jsem záběr kamery opravil. Malou odměnou mi byla odpověď žáka třetího ročníku (učil jsem je třetí rok, znali jsme se tedy více jak rok a půl z běžné výuky): „Nemít na sobě jen spodní prádlo a na stole hrnek s kafem, tak si připadám jako ve škole!“

Během přípravy záběrů na snímání experimentů kamerou jsem ale objevil i několik experimentů, které výrazně lépe vynikly při snímání kamerou, než tomu je při přímém



pozorování téhož experimentu z učebny; za všechny takové experimenty lze jmenovat pohled do neinerciální vztažné soustavy, kdy se kamera mohla stát součástí této soustavy.

Vzhledem k tomu, že jsem měl více volného času než jiné školní roky, připravoval jsem i další materiály, které jsem improvizovaně využíval i v rámci distanční výuky, ale které plánuji využít v plném rozsahu v běžné výuce. Pevně totiž věřím, že distanční výuka v takovém rozsahu, v jakém byla nařízena ve školním roce 2020/2021, již nařízena nebude!

Některé z připravených materiálů jsou popsány níže.

## **Vedení elektrického proudu**

Na téma vedení elektrického proudu vodičem bylo vymyšleno, publikováno a předvedeno mnoho experimentů. Náměty uvedené níže nejsou v žádném případě nové. Ale mohou být pro někoho inspirativní tím, že je lze provést se snad běžně dostupnými pomůckami (viz obr. 1). Jedině snad měřicí přístroje určené pro kvantitativní měření mohou (v některých případech) bránit masovému využití níže popsaných experimentů; cenově jsou přitom v současné době již velmi dostupné. Žárovičku, zdroj napětí a vodiče patrně nebude problém ve škole sehnat. Možná je ale na některé škole problém se sadami rezistorů a reostatů, zejména pro samostatné žákovské experimenty. Oba zmíněné přístroje lze nahradit v níže popsaných experimentech tuhou do verzatílek.

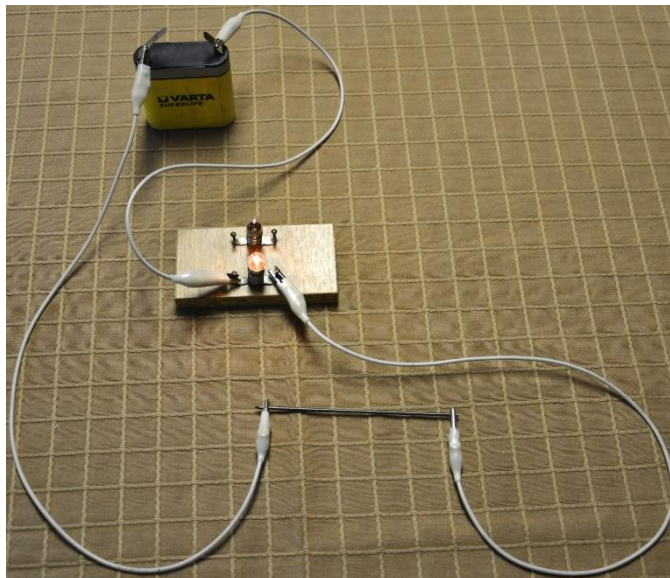


Obr. 1: Pomůcky pro níže popsané experimenty

Popsané experimenty lze přitom provádět na různých úrovních vzdělání – od prvního seznamování se s vedením elektrického proudu, přes první jednoduchá měření až k sofistikovanému proměřování charakteristik vodiče (v tomto případě tuhy). O úrovni experimentu přitom musí rozhodnout učitel na základě typu školy, kde učí, cíli hodiny a dovednosti svých žáků.

### **Tuha jako vodič**

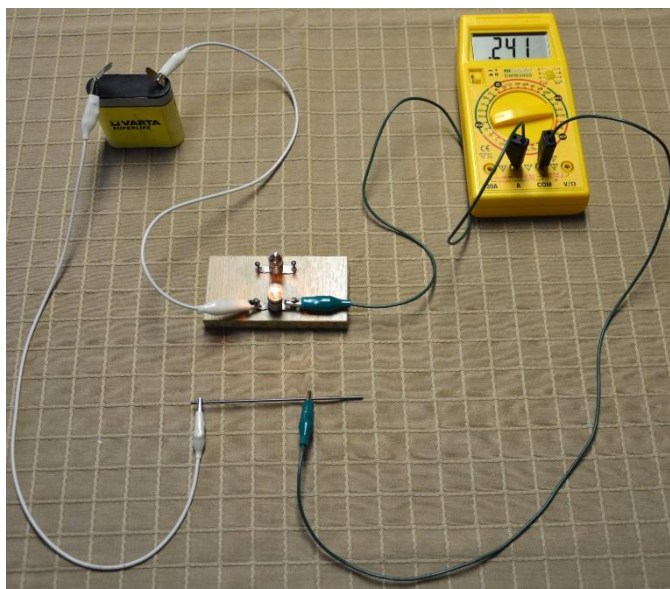
První experiment je snadný: do obvodu zapojíme sériově se zdrojem napětí žárovku a tuhu (viz obr. 2). Pro někoho může být překvapením, že běžná tuha vede elektrický proud. Žárovka je zde použita jako detektor průchodu elektrického proudu, ale může být pochopitelně použit i ampérmetr. Konkrétní provedení experimentu musí odpovídat úrovni fyzikálního poznání žáků a cíli experimentu.



Obr. 2: Tuha vede elektrický proud

### **Tuha jako reostat**

Tuhu můžeme do obvodu zapojit také jako reostat (viz obr. 3). Jednu svorku vodiče postupně posunujeme po délce tuhy a pozorujeme měnící se jas žárovky (resp. údaj na ampérmetru).

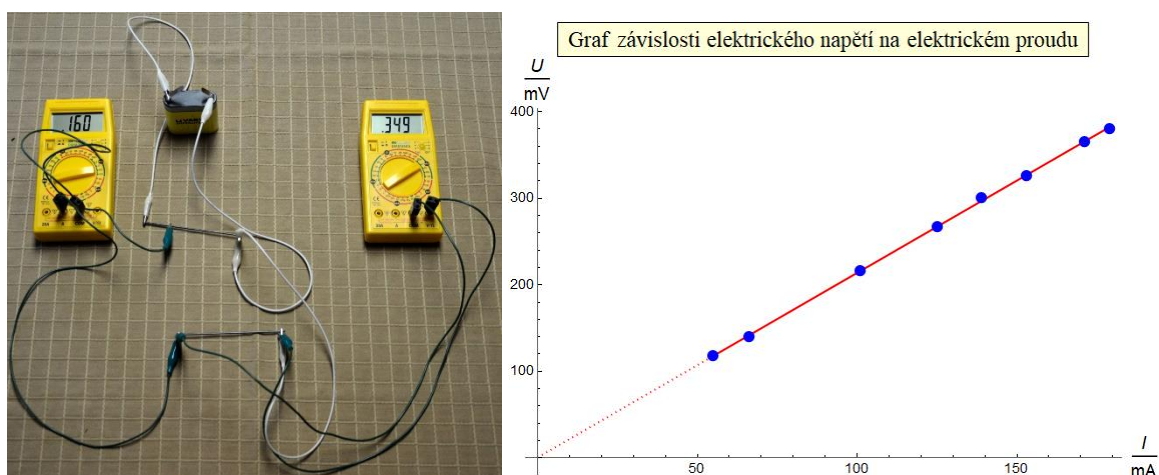


Obr. 3: Zapojení tuhy ve funkci reostatu

## Ohmův zákon pro tuhu

Nyní můžeme obě výše popsaná použití tuhy zkombinovat. Jednu tuhu použijeme jako reostat, který můžeme zapojit jako potenciometr a zrealizovat tak dělič napětí, druhou tuhu pak zapojíme jako vodič, u něhož budeme proměřovat elektrické napětí mezi jeho konci a elektrický proud jím procházející (viz obr. 4).

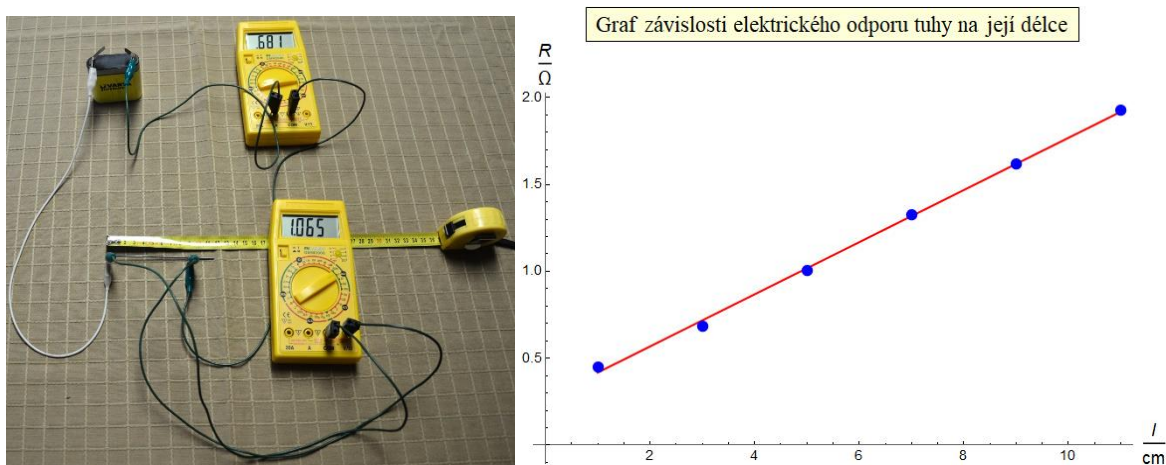
Na základě několika měření realizovaných změnou polohy pohyblivého vodiče zapojeného k tuze ve funkci děliče napětí můžeme následně sestavit i závislost elektrického napětí na elektrickém proudu (viz obr. 5). V uvedeném grafu je navíc zobrazena i přímka, kterou byla naměřená data v software *Mathematica* proložena. Je tedy zřejmé, že závislost elektrického napětí na elektrickém proudu je lineární, a pro tuhu tedy platí Ohmův zákon.



Obr. 4, obr. 5: Proměření Ohmova zákona pro tuhu a grafické zobrazení

## Závislost odporu na délce a průřezu

S využitím délkového měřidla, ampérmetru a voltmetru lze proměřit závislost odporu tuhy na její délce (viz obr. 6). Postupně zapojujeme delší část tuhy a měříme elektrický proud, který jí prochází, a elektrické napětí mezi zapojenými konci tuhy.



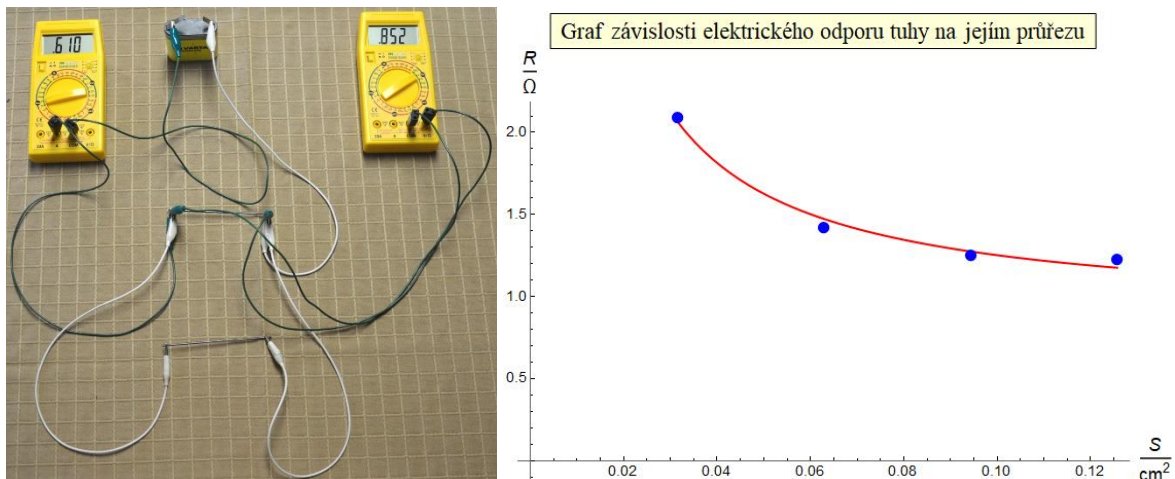
Obr. 6, obr. 7: Proměření závislosti odporu tuhy na její délce a grafické zobrazení



Graf závislosti elektrického odporu, počítaného pro jednotlivá měření jako podíl naměřeného napětí a proudu, na délce do obvodu zapojené části tuhy je zobrazen na obr. 7. Závislost je lineární (což dokazuje i přímka proložená naměřenými daty), což je v souladu s teoretickým vztahem pro odpor  $R$  vodiče délky  $l$ , průřezu  $S$  a měrného odporu  $\rho$ :  $R = \rho \cdot \frac{l}{S}$ . Při konstantním měrném odporu a průřezu tuhy je závislost odporu na délce skutečně lineární.

Závislost odporu tuhy na jejím průřezu vypadá na první pohled nerealizovatelně, ale můžeme si pomoci tím, že zapojíme postupně více tuh paralelně (na obr. 8 je zobrazena situace pro dvě paralelně zapojené tuhy). Tak získáme vlastně vodič, který bude mít větší průřez. Stejně dlouhé stejné tuhy mají stejný průřez, a tedy i stejný elektrický odpor, proto se elektrický proud rozdělí rovnoměrně do všech paralelních větví. Stačí tedy měřit elektrický proud tekoucí obvodem a elektrické napětí na paralelním zapojení tuh. Z těchto údajů vypočteme elektrický odpor daného zapojení. Průřez vypočítáme na základě znalosti průměru tuhy; průměr přitom zjistíme z obalu tuh nebo jej proměříme posuvným měřidlem. Tuhy použité v tomto experimentu měly průměr 2 mm.

Závislost odporu tuhy na jejím průřezu je zobrazena na obr. 9. V grafu je též zobrazena funkce  $R = S^{-1}$ , kterou jsou naměřená data proložena a jejíž tvar plyne z teorie. Jak je patrné, křivka velmi dobře naměřenými body prochází.



Obr. 8, obr. 9: Proměřování závislosti odporu tuhy na jejím průřezu a grafické zobrazení

### Náměty na další práci

Výše popsané experimenty jsou pouze náměty pro práci učitele fyziky případně pro samostatnou práci žáků. Měření, která byla pro účely tohoto článku zpracována, proběhla v improvizovaných podmínkách. Při pečlivějším měření by bylo nutné měření provést více – zejména v případě závislosti odporu tuhy na jejím průřezu, která je nelineární.

Dalším možným krokem může být z naměřených dat určit hodnotu měrného odporu tuhy. Dále lze studovat různé typy tuh, které se liší tvrdostí či chemickým složením přísad. Lze zkoumat též závislost odporu tuhy na teplotě. Zajímavé srovnání by mohly přinést i barevné tuhy, v nichž bude zcela jistě výrazně jiné zastoupení přísad. Neméně zajímavé by mohlo být proměřování i tuh do mikrotužek.

Pro přesná měření by bylo nutné také vyřešit stabilní připojení tuhy do elektrického obvodu. V experimentech použité vodiče s krokosvorkami mohou vykazovat relativně velký přechodový odpor při nepřesném uchycení tuhy.

## **Fyzikální a matematické aktivity**

Kromě fyzikálních experimentů jsem pro své žáky přichystal i další fyzikální a matematické aktivity, které mohou pomoci k další motivaci ke studiu, k nenásilnému opakování probrané látky či upevnění získaných poznatků.

### **Advent s fyzikou**

Na každý den prosince 2020 jsem připravil pro žáky dobrovolnou aktivitu: každý den večer bylo na webové stránce [2] zveřejněno zadání jednoho úkolu z fyziky (výroba jednoduché pomůcky a vysvětlení principu činnosti, provedení jednoduchého experimentu a jeho vysvětlení, vysvětlení předloženého experimentu, ...). Na jeho vyřešení měli žáci přesně 24 hodin. Svá řešení zasílali pomocí e-mailu.

Ačkoliv se zapojilo méně žáků (jen 12), než jsem původně očekával, podle reakcí si 24 fyzikálních úkolů v předvánočním čase všichni užili. Zadání byla volena tak, aby se mohli zúčastnit bez větších problémů i žáci prvního ročníku. Současně jsem se snažil zadávat na případnou výrobu takové pomůcky či hračky, na něž byl snadno dostupný materiál i při zavřených obchodech v rámci proticovidových opatření vlády. Při hodnocení odpovědí žáků jsem byl shovívavější, než při hodnocení úloh v písemných pracích či při zkoušení.

Žák Matěj Bláha ze třídy 19D naší školy velmi překvapil – všechny odpovědi zveřejňoval formou videozáznamu, na jehož vymyšlení, natočení a následnou postprodukcí měl oněch 24 hodin. Vídea jsou zveřejněna na webové stránce [3].

Při tvorbě zadání jsem sice čerpal i z velmi známých fyzikálních experimentů, ale i tak mohou být zveřejněné otázky a experimenty pro někoho inspirací na podobné akce.

### **Mezinárodní den matematiky**

Podobnou aktivitu, jakou byl *Advent s fyzikou*, byla i aktivita oslavující *Mezinárodní den matematiky*. Na webové stránce [4] jsem každý den večer v týdnu před 14. 3. 2021, kdy se *Mezinárodní den matematiky* slavil, zveřejnil zadání matematické úlohy, na jejíž vyřešení měli žáci opět 24 hodin. Vybíral jsem úlohy jak sofistikované a početní, tak i různé matematické hrátky a hříčky; opět s cílem, aby se mohli zúčastnit i žáci prvního ročníku.

Akce se zúčastnilo 18 soutěžících (včetně jednoho žáka mimo naši školu a jedné bývalé žákyně) a jejich odpovědi byly vesměs správné (nebo jim ke správnosti chybělo jen několik detailů).

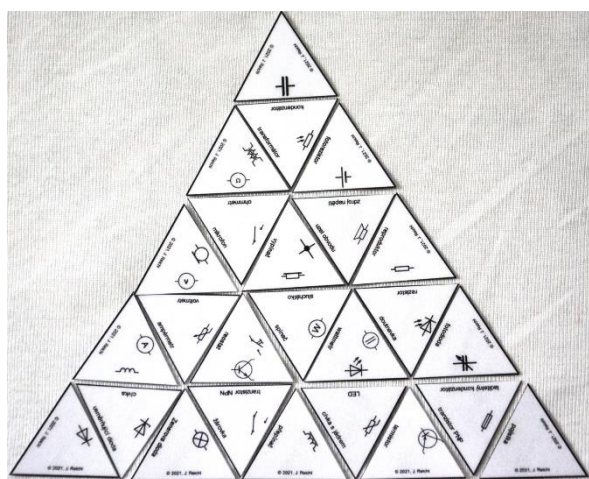
### **Pexesa**

U žáků jsou oblíbená různá pexesa, skládačky a další podobné aktivity. Žáci při jejich kompletování mají pocit, že mají od učení pauzu, ale přitom se mohou tímto způsobem řadu poznatků naučit, mohou si již probrané učivo zopakovat a upevnit. Navíc v rámci pexes může být učivo i „maskováno“ do obrázků, schémat a podobně.

Během uplynulého roku sice nebylo možné pexesa využívat ke skupinové práci, tak jako v jiných letech, ale částečně použit tato metoda opakování šla. Stejně tak bylo možné připravovat pexesa nová.



Obr. 10: Ukázka termopexesa



7 poloměr Měsíce 1737 km	7 Přířivá rozchledna 64 m	7 délka poříčka kinofilmu 138 m	7 Nusetský most (výška) 42 m	7 oběh stop DVD 740 mm	7 Žukovská věž 216 m
7 Eiffelova věž 300 m	7 vysílák na Ještědu 91 m	7 Země - Měsíc 384 km	7 LHC v CERN (délka) 27 km	7 délka vln rozchledny FM 3 m	7 poloměr Slunce 696,34 km
7 Praž - Píseň 90 km	7 rozchod kolejnic 1435 mm	7 atomové jádro 1 m	7 Země - Slunce 149,6 Gm	7 bakterie 10 μm	7 odstup stop CD 1,6 μm
7 virus chřipky 90 nm	7 stop stop Blu-ray 120 nm	7 maratonský běh 42,2 km	7 poloměr Země 6378 km	7 Praž - Brno 200 km	7 poloměr fullerenu C <sub>60</sub> 355 pm
7 koronavirový 120 nm	7 atom 100 pm	7 buňka 1 mm	7 vlnová délka světla 500 nm	7 poloměr Slunce 696,34 km	7 poloměr Slunce 696,34 km

Obr. 11, obr. 12: Pexesa  $n$ -úhelníkové struktury

Jedním z nových pexes je termopexeso, které je tvořeno kartičkami dvou typů (viz obr. 10): s fotografií pořízenou v běžném světle a fotografií pořízenou v infračerveném záření. Oba typy fotografií jsem pořizoval termokamerou Flir, kterou škola vlastní a která oba snímky pořídí současně při stisku spouště. Při párování odpovídajících si kartiček k sobě si



žáci nejen uvědomí, jak se liší běžný pohled na okolní předměty od toho „infračerveného“, ale také mohou zjistit některé zajímavé vlastnosti infračerveného záření (např. jak se liší obě výše popsané fotografie, které pořídí člověk stojící před běžným oknem).

Pro generování pexesa  $n$ -úhelníkové struktury jsem si vytvořil příslušný script v software *Mathematica*. Script vytvoří požadované pexeso jako jeden celek, kde jsou odpovídající si dvojice u sebe. Po rozstříhání předlohy je cílem složit pexeso tak, aby odpovídající si dvojice byly u jedné strany společné dvěma  $n$ -úhelníkům. Komplikací je, že jednotlivé dvojice nejsou izolované, ale jsou součástí trojúhelníkové či čtyřúhelníkové struktury. V trojúhelníkové struktuře mám zpracovány elektrotechnické značky součástek (viz obr. 11), což může být vhodná forma procvičení pro žáky po probrání tematického celku věnovaného vedení elektrického proudu různými materiály.

Ve čtyřúhelníkové struktuře mám připraveny hodnoty fyzikálních veličin (viz obr. 12). Jedná se o přiřazení délky, hmotnosti, velikosti rychlosti, energie či výkonu konkrétnímu tělesu či zvířeti (fén, tiskárna, TGV, kůň, ...). Tento typ pexes může být velmi vhodný pro žáky, kteří s fyzikou začínají a kteří by si měli natrénovat jistý odhad hodnot fyzikálních veličin.

## Závěr

Náměty na fyzikální experimenty i různé fyzikální či matematické zpestření výuky popsané v tomto příspěvku byly v rámci distanční výuky částečně vyzkoušeny. Ovšem ne v takové míře, jaké umožňuje běžná výuka.

V žádném případě výuku fyziky a matematiky nedegraduji pouze na zařazování těchto aktivit. Ale tyto aktivity jsou přínosné ke zpestření hodin či k odpočinku danému změnou soustředění se na jiný typ problému.

Doufám, že některým učitelům poslouží popsané aktivity v rámci jejich výuky a práce s jejich žáky.

## Literatura

- [1] COVID-19: Přehled aktuální situace v ČR [online]. Dostupné z: <https://onemocneni-aktualne.mzcr.cz/covid-19>; [citováno 17. 8. 2021].
- [2] Advent 2020 s fyzikou [online]. Dostupné z: [http://jreichl.com/fyzika/show/2020\\_advent/2020\\_advent.htm](http://jreichl.com/fyzika/show/2020_advent/2020_advent.htm); [cit. 17. 8. 2021].
- [3] Advent 2020 s fyzikou — videa Matěje Bláhy [online]. Dostupné z: [http://jreichl.com/fyzika/show/2020\\_advent/19dblaha\\_video.htm](http://jreichl.com/fyzika/show/2020_advent/19dblaha_video.htm); [cit. 17. 8. 2021].
- [4] Mezinárodní den matematiky 2021 [online]. Dostupné z: [http://jreichl.com/matematika/show/2021\\_mdm/2021\\_mdm.htm](http://jreichl.com/matematika/show/2021_mdm/2021_mdm.htm); [cit. 17. 8. 2021].

## Znázorňování elektrického pole

Hana Trhliková

Základní škola Sokolov, Křižíkova 1916

Abstrakt

*Ukázka znázorňování elektrického pole mezi dvěma elektrodami s opačným nábojem v oleji pomocí kuskusu a zajímavosti, se kterými se můžeme u toho setkat.*

*Návod, jak si pomůcky vyrobit svépomocí.*

### Výroba demonstrační pomůcky

Popisovaná pomůcka pro tento pokus se dá dnes na trhu učebních pomůcek koupit, neobsahuje ale všechno, na co jsme zvyklí ze staršího vybavení kabinetů fyziky. Proto jsem se rozhodla si pomůcku sama vyrobit.

Jako materiál jsem použila mosazné trubičky (průměr 2 mm) a měděný plech. S troškou šikovnosti si člověk vše, co potřebuje, vystříhne z plechu a napájí na mosazné trubičky.



Obr. 1. Vyrobené různé elektrody na demonstraci elektrického pole.

Upevnění elektrod do stojánku jsem vyřešila plastovým nástavcem na nízkou kádinku (3D tisk).



Obr. 2. Nízká kádinka a plastový nástavec s elektrodami.

### **Provedení demonstračního pokusu**

Pro vytvoření náboje na elektrodách používáme Wimshurstovu indukční elektriku. Na elektrody přivádíme opačné náboje.

Pokud jde o samotné znázorňování, má se použít ricinový olej a hrubá mouka nebo krupice. Já používám kuskus, který má o něco větší zrna než krupice a dá se u něj současně ukázat i další zajímavý jev. Pokud máme v oleji málo zrníček a ještě se nespojují do řetízků, dochází k efektu pingpongového míčku mezi nabitými elektrodami – zrníčko se přitáhne k bližší elektrodě, získá od ní náboj a následně putuje k opačné elektrodě. A toto se opět opakuje na druhé elektrodě. Žáci bývají z tohoto jevu unešeni.

Při samotném znázorňování elektrických siločar potřebujeme dostatečné množství zrníček, aby vznikly řetízky, jejichž tvar přibližuje tvar siločar elektrického pole. Můžeme takto ukázat tvar elektrického pole mezi dvěma opačnými náboji kulového tvaru, mezi dvěma deskami kondenzátoru (homogenní pole), v okolí nabitého tělesa kulového tvaru (radiální pole). Třetí uváděná varianta je trošku podfuk – jde o pole mezi kladným tělesem kruhového tvaru a soustředným prstencem s opačným nábojem. Pro demonstraci je ale velmi dobrý.



Obr. 3. Elektrické pole mezi dvěma nabitými tělesy kulového tvaru.



Obr. 4. Elektrické pole mezi deskami kondenzátoru.



Obr. 5. Elektrické pole v okolí nabitého tělesa kulového tvaru.

Další jev, který můžeme žákům ještě ukázat, je změna hustoty elektrických siločar vycházejících z povrchu tělesa s ostrými hroty (pokus s věží kostela).



Obr. 6. Elektrické pole v okolí tělesa s hrotem (věž kostela).

## Závěr

Pokud učitel fyziky nemá k demonstračnímu pokusu pomůcky, může si je vyrobit. Při volbě oleje máme variantu levnou – běžný olej, nebo dražší – ricinový olej. Při výběru zrníček, máme víc možností (hrubá mouka, krupice, kuskus). Pokud chceme pozorovat pouze tvar siločar – postačí menší velikost zrníček. Pokud chceme pozorovat taky chování zrníček, můžeme volit větší. Nejobtížnější částí pokusu je asi úklid pomůcek. Zjistila jsem, že je dobré si elektrody stavět po použití do druhé kádinky a nakonec je vyutírat papírovou utěrkou.

## Fyzikální bludiště a další aktivity z doby koronavirové

Vladimír Vícha

Gymnázium, Pardubice, Dašická 1083; ÚTEF ČVUT Praha

Abstrakt

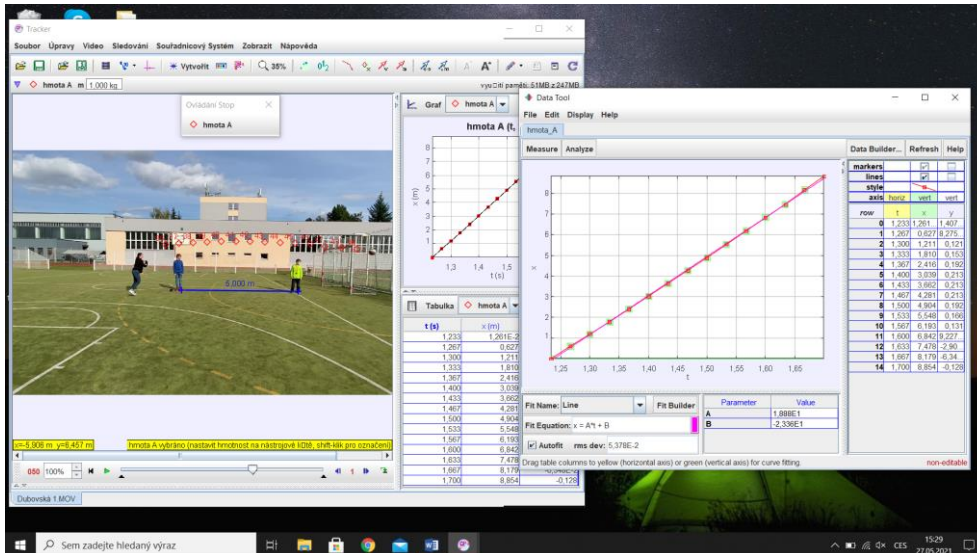
*Příspěvek pojednává o aktivitách určených pro cvičení z fyziky v sekundě osmiletého gymnázia v době, kdy probíhala distanční výuka, nebo prezenční výuka s respirátory povinnými uvnitř budov. Jako domácí práci dostali žáci úkol splnit řadu fyzikálních úkolů, aby prošli třemi cestami Fyzikálního bludiště. Pro prezenční výuku jsem se snažil vymyslet takové fyzikální aktivity, abychom je mohli plnit pod širým nebem, a tudíž bez dusících respirátorů. Patří mezi ně měření rychlosti vozidel, videoměření, fyzikální vycházka, model Sluneční soustavy či měření výšek a délek.*

### Proč fyzika pod širým nebem?

Na našem gymnáziu si studenti během primy osmiletého studia volí mezi dvěma předměty, na které budou docházet v sekundě. Jsou jimi cvičení z fyziky a cvičení z biologie. Volitelný předmět se učí jako dvouhodinový jednou za 2 týdny. Cvičení z fyziky máme zaměřené na praktické a laboratorní práce a výuka je proto umístěna do laboratoře fyziky. Já jsem tento předmět v koronavirovém roce 2020-2021 měl v rozvrhu od 14 h do 15:30 h. Žáci byli většinou na distanční výuce, někdy na prezenční výuce, ale měli již za sebou 6 hodin výuky v respirátorech. Přemýšlel jsem, jak jim od respirátorů ulehčit, což bylo možné při výuce mimo budovy. A tak vzniklo několik nových aktivit, které jsme uskutečnili v září a prosinci 2020 a pak v květnu a červnu 2021.

### Videoměření

Každý student si na školním hřišti mobilem zaznamenal tři pohyby: hozený míč, kopnutý míč a běh (házel student, natáčel kamarád). Videozáznamy si studenti uložili do školních notebooků a tím se naplnil čas jednoho cvičení. V následujícím cvičení se studenti naučili pracovat s programem Tracker – záznam stop pohybu, vytvoření grafu závislosti souřadnice  $x$  na čase, proložení grafu přímkou a určení rychlosti (ve směru  $x$ ) z grafu. Do MS Teams odevzdávali printscreen obrazovky se zápisem rychlosti v jednotkách m/s a km/h (obr. 1).



Obr. 1. Videoměření programem Tracker. Dva chlapci vyznačují úsečku 5 m (kalibrační tyč), červené kroužky kopírují trajektorii míče a z rovnice v grafu lze vyčíst, že rychlost míče ve směru osy x byla 18,88 m/s.

## Rychlost vozidel

Měřili jsme průměrnou rychlost dopravních prostředků, které projížděly kolem naší sportovní haly, tedy v obci kde povolená rychlost je 50 km/h. Studenti si na živém plotě dvěma barevnými fáborky vytýčili vzdálenost 60 m a na stopkách svých mobilů měřili čas, během něhož vozidlo tuto vzdálenost urazilo. Průměrnou rychlost v jednotkách m/s vypočítávali podle vztahu  $v = \frac{s}{t}$  a převáděli ji na km/h. Vozidlo, které překonalo o 10 % povolenou rychlost (chyba měření) „dostalo pokutu“.

127

Měření rychlosti dopravních prostředků u haly Dašická

Co jelo	Dráha (m)	Čas (s)	v (m/s)	v (km/h)	
osobní	60	4,02	14,9	53,64	
autobus	60	4,98	12	43,2	
škoda osobní	60	5,73	10,5	37,8	
dodávka	60	3,45	17,4	62,64	Pokuta
osobní	60	4,89	12,3	44,28	
osobní	60	3,07	19,9	71,64	Pokuta
moped	60	4,71	12,7	45,72	
cyklista	60	11,05	5,4	19,44	
malovka	60	3,50	17,1	61,56	Pokuta
autobus	60	4,64	12,9	46,44	
autobus	60	5,46	10,9	39,24	
autobus	60	4,65	12,9	46,44	Pokuta

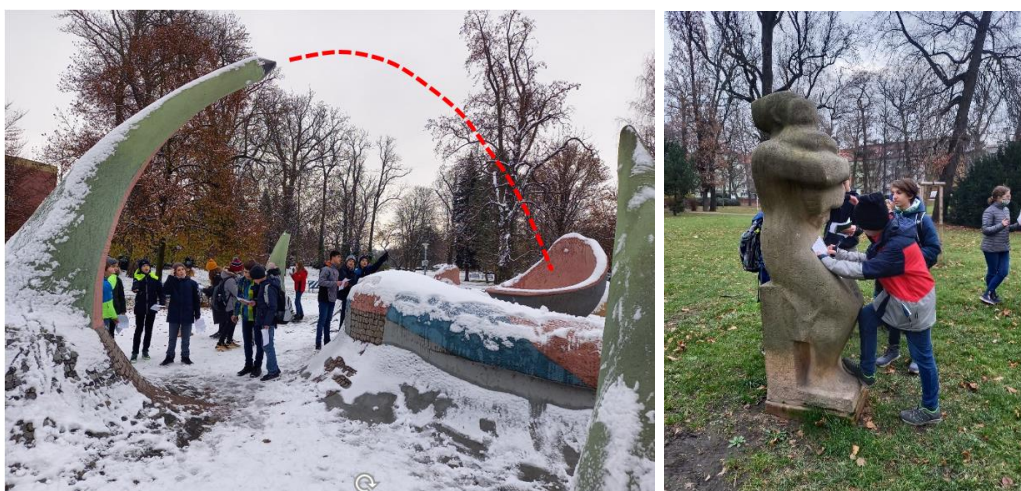
Obr. 2. Vyplněný pracovní list k měření rychlosti dopravních prostředků. Vidíme, že třetina vozidel překročila povolenou rychlost 50 km/h o více než 10 %.



## Fyzikální vycházka

Každý student dostal pracovní list s 18 otázkami, jež se vázaly ke konkrétním stanovištím v bližším i vzdálenějšímu okolí školy, a které tematicky spadaly do fyziky, resp. techniky. Při vycházce jsme se postupně zastavili na všech stanovištích a každý student sám za sebe písemně odpovídal. Když byli všichni s odpovědí hotovi, řekli jsme si hned řešení a student si sám zapsal bod, či nikoli. Studenti dopředu věděli, že podle dosažených bodů známkování nebudou. Zde je seznam otázek:

1. Odhadněte výšku gymnázia. Tolerance 5 m. Stanoviště: před školou
2. Jakou rychlostí by dopadl na zem kámen volně puštěný ze střechy gymnázia?  
A) 22 km/h    B) 47 km/h    C) 68 km/h    Stanoviště: před školou
3. Jaká je plocha asfaltu před gymnáziem? Vyjádřete v arech. Jeden čtverec o rozměrech 10 m × 10 m má obsah 1 ar. Tolerance 3 ary. Stanoviště: před školou
4. V běžné zásuvce je napětí 230 V. Jaké napětí je mezi dráty, které používá trolejbus?  
A) 100 V    B) 600 V    C) 3000 V    Stanoviště: Pod trolejbusovým vedením
5. Kolik kilometrů trolejbusových tratí je nataženo v Pardubicích? Tolerance 10 km. Stanoviště: Pod trolejbusovým vedením
6. Jak je dlouhý chodník v Bubeníkových sadech od zídky až ke schodům? Tolerance 20 m    Stanoviště: Bubeníkovy sady
7. Za jak dlouho by uběhl nejrychlejší běžec na atletické dráze vzdálenost stejnou jako je délka chodníku? Tolerance 3 s.    Stanoviště: Bubeníkovy sady
8. Jakou přibližně rychlostí musí tryskat voda z fontány, aby dopadala do mušle (obr. 3 vlevo)?  
A) 20 km/h    B) 40 km/h    C) 60 km/h    Stanoviště: Bubeníkovy sady – fontána




Obr. 3. Stanoviště Bubeníkovy sady. Vlevo fontána, vpravo socha.

9. Odhadněte hmotnost této sochy  
A) 50 kg    B) 200 kg    C) 600 kg    Stanoviště: Bubeníkovy sady – socha

10. Dětskou pružinovou houpačku (obr. 4), na které nikdo nesedí, rozkmitáme. Změřte dobu jednoho kmitu (periodu). Tolerance je 0,2 s. Stanoviště: Bubeníkovy sady



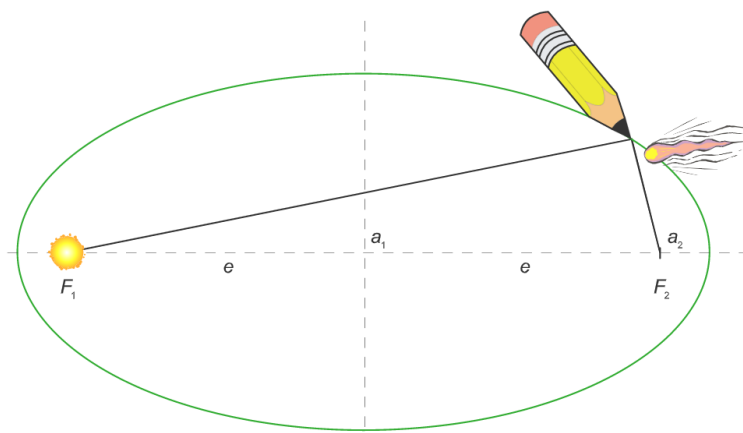
Obr. 4. Pružinová houpačka (vlevo) a nakloněná rovina (vpravo)

11. Jak se změní doba kmitu (perioda), když si na houpačku sedne člověk a my je rozkmitáme?  
A) Doba kmitu se zkrátí    B) Doba kmitu se prodlouží    Stanoviště: Bubeníkovy sady
12. Kdyby chlapec o hmotnosti 40 kg visel na svislém laně, napínal by jej silou 400 N. Jakou přibližně silou by napínal lano na naší nakloněné rovině (obr. 4 vpravo), kdyby mu nepomáhalo tření.  
A) 580 N    B) 280 N    C) 80 N    Stanoviště: Bubeníkovy sady
13. Jakou největší silou smí zatížit jedno auto Prokopův most? Stanoviště:  

- U Prokopova mostu, kde ještě není vidět značka
14. Jak vysoko nad mostem je trolejové vedení? Tolerance je 1 m.    Stanoviště: Prokopův most
15. Jak široká je Chrudimka pod železným mostem?    Stanoviště: Nábřeží Chrudimky
16. Odhadněte průtok Chrudimky pod železným mostem v metrech krychlových za sekundu.    Stanoviště: Nábřeží Chrudimky
17. U železného mostu postavili vodní elektrárnu, která konečně zajistila elektrické osvětlení Pardubic. Odhadněte, dokdy se ještě v Pardubicích svítilo jen petrolejkami? Tolerance 20 let.    Nábřeží Chrudimky
18. Najděte v automatických mlýnech kladku pevnou.    Stanoviště: Automatické mlýny

## Sluneční soustava na chodníku

V učebně jsme si nejprve pomocí dataprojektoru a appletu [1] ukázali, že planety se pohybují kolem Slunce po trajektoriích, které jsou téměř kruhové. Komety se ale pohybují po protáhlých trajektoriích, které nazýváme elipsami. Konstrukci elipsy jsme si ukázali

nejprve na appletu [2] (obr. 5) a pak také pomocí provázku na tabuli. Studenti se rozdělili na skupinky nejčastěji po třech a každá dostala pomůcky: pracovní list, křídly, kružítko na tabuli, provázek, svinovací metr. Úkoly popsané v pracovním listu prováděli studenti na asfaltové ploše před gymnáziem. Každá skupina potřebovala plochu nejméně 6 m × 6 m.



Obr. 5. Konstrukce elipsy pomocí provázku, který je uchycený ve dvou ohniskách [2].

### Pracovní list – Trajektorie planet

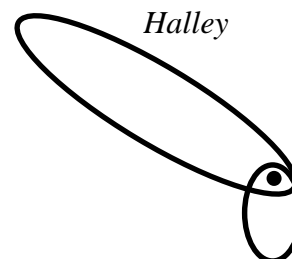
Nakreslete si Slunce (žlutý bod) a okolo něj kruhové trajektorie planet Země, Marsu, Jupiteru, Saturnu, Uranu a Neptunu. Menší kružnice sestrojte kružítkem, větší pomocí provázku. Měřítko: 10 au ≈ 1 m

Planeta	Poloměr trajektorie
Země	1,0 au
Mars	1,5 au
Jupiter	5,2 au
Saturn	9,5 au
Uran	19,2 au
Neptun	30,1 au

### Pracovní list – Trajektorie komet

Ve stejném měřítku jako trajektorie planet budete kreslit trajektorie dvou komet. Potřebná délka provázku a vzdálenost ohnisek elipsy je v tabulce (již v metrech). Elipsy orientujte podobně jako na obrázku vpravo.

Kometa	Délka provázku	Vzdálenost ohnisek
Halley	3,56 m	3,44 m
Borrelly	0,72 m	0,45 m





Velikost celého modelu Sluneční soustavy můžeme vidět na obr. 6



Obr. 6. Velikost modelu Sluneční soustavy můžeme porovnat s velikostí studentů. Průměr trajektorie Neptunu je přibližně 6 m.

### Pracovní list – Výpočty a měření

Do tabulek zapište odpovědi na následující otázky.

- Jaká je nejmenší vzdálenost komet od Slunce (perihelium) a jaká je jejich největší vzdálenost od Slunce (afelium)? Výsledky uveďte v astronomických jednotkách.
- Jaká je nejmenší a největší vzdálenost Země od Marsu? Uveďte v astronomických jednotkách.
- Seřadte oběžné dráhy všech osmi těles podle délky. Od nejkratší dráhy po nejdelší.

### Měření výšky

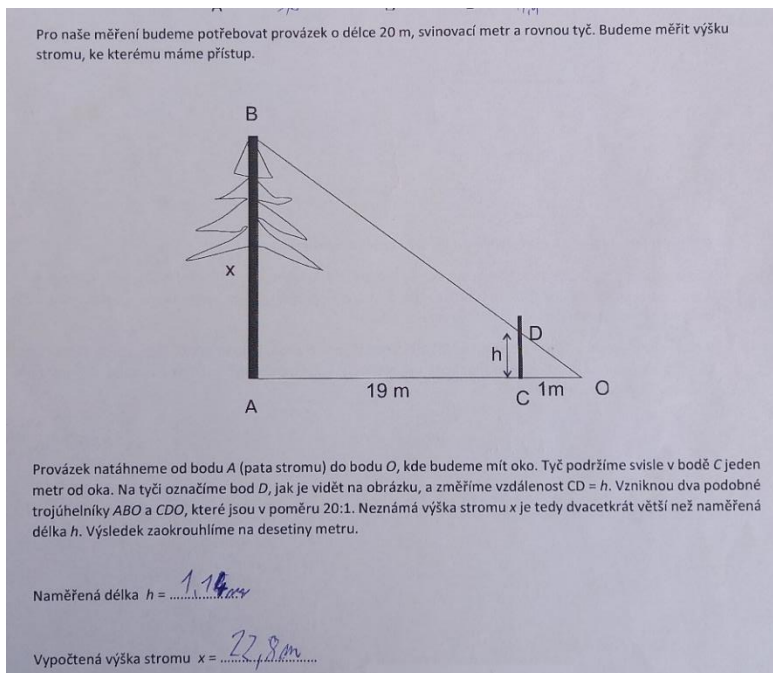
Jak určit výšku stromu, věže či jiného objektu? Na to lze využít podobnost trojúhelníků, což ale studenti v sekundě ještě neznají. Rychle však podobnost pochopí na obrázcích např. vánočních stromků, které jsou na obr. 7.



A B C

Obr. 7. Stromky A a B jsou podobné, protože B vznikl proporčním zmenšením A. Stromek C s nimi podobný není, protože je protažený ve vodorovném směru.

Podobnost jsme si ještě ukázali na dvou pravoúhlých trojúhelnících, kde si studenti změřili, že poměr každých dvou příslušných stran je 2:1. Postup pro určení výšky stromu pak mají na obr. 8.



Obr. 8. Návod pro určení výšky stromu i s údaji vyplněnými jedním týmem.

Tentýž strom měřilo 5 týmů a dosáhly výsledků, které jsou v tab. 1. Vidíme velmi dobrou shodu výsledků.

Tabulka 1. Určení výšky stromu pěti týmy studentů.

22,8 m	21,2 m	20,5 m	22,0 m	21,6 m
--------	--------	--------	--------	--------

Pokud bychom na soubor pěti hodnot použili standardní zpracování fyzikálních měření, mohli bychom zapsat výšku

$$h = (21,6 \pm 0,9) \text{ m}, \delta h = 4 \%$$

## Měření vzdálenosti v terénu a na obloze

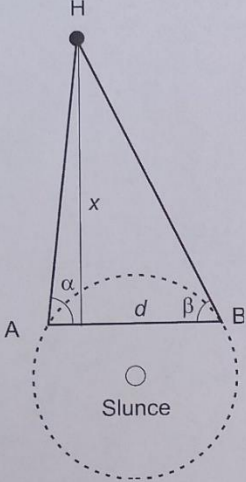
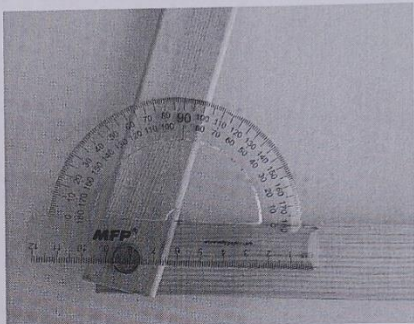
Trigonometrickou (trojúhelníkovou) metodu používají astronomové k určení vzdáleností např. planet ve Sluneční soustavě, nebo blízkých hvězd. Metoda je založena na tom, že se změří dva úhly ze dvou různých míst A, B ve vesmíru. Vzdálenost A a B potřebujeme znát. Situace je znázorněna na obr. 9.

Měření jsme prováděli na školním hřišti. Délku úsečky AB jsme zvolili 10 m a úhly jsme měřili vyrobenými dřevěnými „teodolity“ a úhlooměry. Úhly si studenti zapsali a ve škole pak na pás papíru sestrojili trojúhelník podobný tomu skutečnému a změřili v něm výšku

x. Úsečka AB měla na papíře délku 10 cm, a tak skutečná výška byla stonásobkem výšky naměřené.

2. Měření vzdálenosti hvězdy

Astronomové pro měření vzdálenosti hvězd používají trigonometrickou metodu. Ta je založena na změření dvou úhlů ze dvou různých míst ve vesmíru. Princip vysvětluje následující obrázek

Ze změřených úhlů  $\alpha$ ,  $\beta$  a znalosti délky  $d$  lze pak vypočítat vzdálenost  $x$ .

V našem případě nebudeme měřit vzdálenost ke hvězdě, ale vzdálenosti na školním hřišti. Vzdálenost bodů  $A$ ,  $B$  odměříme provázkem a bude 10 m. Úhly se měří přístrojem zvaným teodolit, my budeme mít dřevěnou náhradu teodolitu. Dokážete určit úhel na obrázku vpravo?

Výpočet vzdálenosti  $x$  je pro sekundu ještě příliš obtížný, proto zvolíme jinou cestu. Trojúhelník  $ABH$  nakreslíme zmenšený v poměru 1:100 na papír (podobné trojúhelníky), vzdálenost  $x$  pak změříme na papíře a přepočítáme na skutečnou vzdálenost v terénu.

Měření:

Byla měřena vzdálenost k .....  
 $d = 10 \text{ m}$ ,  $\alpha = 85^\circ$ ,  $\beta = 86^\circ$

$x$  (měřené na papíře) ..... 72,2 cm

$x$  (ve skutečnosti) ..... 72,2 m

Obr. 9. Návod pro určení vzdálenosti planety či hvězdy – princip paralaxy.





Obr. 10. Na leteckém snímku je trojúhelník pro určení vzdálenosti okna na budově tělocvičny od obrubníku běžecké dráhy. Vzdálenost je 54 m

Na obr. 10 vidíme jeden z možných trojúhelníků vhodných pro určení vzdálenosti okna na budově tělocvičny od obrubníku běžecké dráhy. Vzdálenost změřená z [3] byla 54 m. Tuto vzdálenost měřily 3 týmy s výsledky:

Tabulka 2. Určení vzdálenosti  $x$  okna na budově tělocvičny od obrubníku běžecké dráhy.

$x$	34,2 m	48,0 m	72,2 m
rel. odchylka	37 %	34 %	11 %

Relativní odchylky vycházely poměrně velké, a tak mě zajímalo, zda studenti nepřesně měřili nebo nepřesně rýsovali. Ve dvou případech byly dosti přesně změřené úhly a chyba vznikla při rýsování na papíře, v jednom případě to bylo obráceně. Nepřesnosti v rýsování se lze vyhnout využitím programu Geogebra, pokud jej studenti již znají. Když si připravíme v Geogebře soubor pro sestavení trojúhelníků při zadání úhlů a vzdálenosti AB, můžeme studentům dynamicky demonstrovat, jak změna úhlu o  $1^\circ$  může znamenat změnu výšky trojúhelníku např. o 8 m. Metoda je velmi citlivá na přesné měření úhlů, s čímž se odedávna museli potýkat i astronomové.

## Fyzikální bludiště

Výše zmíněné aktivity jsme mohli využít jen při prezenční výuce. Při výuce distanční museli studenti pracovat doma. Na to jsem jim připravil např. Fyzikální bludiště.

**Vítejte ve fyzikálním bludišti**

Vypráví se, že jednou se sešli Archimedes, Pascal a Newton, a že budou hrát na schovávanou. První šel píkat Archimedes. Pascal nevěděl, kam se schovat, a tak utíkal až za nejbližší kopečky. Newton nikam nespěchal. Nakreslil do písku metrový čtverec a do něj se postavil. Archimedes odkryl oči a hned volá: „Deset, dvacet Newton!“ Newton se lišácky usmál, zavrtěl hlavou a povídá: „Kdepak...“

ARCHIMEDES

PASCAL

NEWTON

V PowerPointu jsem připravil bludiště obsahující rozcestník s úvodní historkou o těchto již v sekundě známých fyzicích a tři cesty: nejkratší Archimedovu, středně dlouhou Pascalovu a nejdelší Newtonovu. Soubor jsem vyexportoval ve formátu ppsx, který studentům neumožňuje editaci a musejí postupovat tak, že vstoupí na slide, vyřeší úkol a kliknou na odpověď. Pokud je odpověď správná, čeká je další slide s úkolem, pokud nesprávná,

narazí do zdi či na něco jiného. Úkoly na slidech byly někdy jako křížovka, vyřešení úlohy, provedení experimentu, pozorování videa s fyzikální tematikou apod. Při přípravě úkolů byla mimo jiné využívána elektronická učebnice [4].

Studenti měli doma za úkol projít během tří týdnů všechny tři cesty bludiště a zapsat čísla slidů, jak jdou za sebou. Kromě toho měli zaslat kompletní řešení některého příkladu, na který narazili. A ještě měli natočit videozáznam nějakého pokusu, na který narazili a vlastnoručně jej předvedli. Několikrát jsem jim kladl na srdce, že mi nejde o to, aby mechanicky bludiště proklikali, ale aby všechny úkoly poctivě a v klidu vyřešili, protože tak fyzice nejlépe porozumí.

Bludiště obsahuje přes 40 slidů a mohu jej zájemcům zaslat. Můj mail: vladimir.vicha@gypce.cz

## **Závěr**

Zmíněné fyzikální aktivity jsem připravil pod vlivem epidemiologické situace ve školním roce 2020-2021. Mohou snad být inspirací pro učitele v případě, že by se složité podmínky právě uplynulého roku opakovaly, ale myslím, že mohou dobře posloužit i v době výuky standardní.

## **Literatura**

- [1] Fyzika ve škole [cit. 27.8.2021] Dostupné online: [https://www.vacak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?f=gp\\_vnitri\\_pla\\_nety&l=cz](https://www.vacak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?f=gp_vnitri_pla_nety&l=cz)
- [2] Fyzika ve škole [cit. 27.8.2021] Dostupné online: [https://www.vacak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?f=gp\\_trajektorie&l=cz](https://www.vacak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?f=gp_trajektorie&l=cz)
- [3] Seznam mapy [cit. 27.8.2021] Dostupné online: <https://mapy.cz/>
- [4] Hravá fyzika 6, pracovní sešit. Nakladatelství Taktik.

## Jak dál s pixelovými detektory?

Vladimír Vícha

Gymnázium, Pardubice, Dašická 1083; ÚTEF ČVUT Praha

Abstrakt

*Na řadě škol, v centrech Elixíru do škol a v dalších institucích se již několik let používají digitální částicové kamery MX-10 vyráběné společností Jablotron. V ÚTEF ČVUT jsme od roku 2013 proškolili v používání MX-10 několik desítek učitelů všech typů škol. Jablotron však v tomto roce ukončil výrobu kamer. Příspěvek pojednává o částicové kameře MiniPIX EDU a výukové sadě S E S T<sup>1</sup>R A.*

### **MX-10 Edukit**

V roce 2013 začala společnost Jablotron ve spolupráci s ÚTEF ČVUT vyrábět školní sadu MX-10 Edukit pro detekci ionizujícího záření. Jejím srdcem je špičkový pixelový detektor Timepix1, který se používá např. na urychlovači LHC, ale také např. ve vesmíru na ISS. Detektor MX-10 s Timepix1 umožňuje mimo jiné vizualizaci záření a chová se tak jako digitální částicová kamera.

Cena soupravy byla ovšem natolik vysoká, že se prodávala především do zahraničí. Pořídily si ji ale i některé české školy a instituce. Jablotron se posléze rozhodl darovat MX-10 Edukit několika českým školám a asi 20 kusů do center Elixíru do škol.

V ÚTEF jsme se snažili popularizovat tuto pomůcku na domácích i zahraničních konferencích pro učitele a také mezinárodních školách organizovaných pro vysokoškolské studenty IEEE. Každoročně jsme v ÚTEF pořádali dvoudenní školení učitelů, při kterém si zkoušeli učitelé měřit laboratorní úlohy s ionizujícím zářením. Proškolili jsme přes 50 pedagogů, kterým jsme nabídli krátkodobé zapůjčení souprav. Některé školy to využily. Pro podporu učitelů byla napsána skripta [1], jejich anglická verze se prodává na Amazonu.

Když Jablotron v roce 2021 výrobu částicové kamery ukončil, hledali jsme v ÚTEF způsob, jak školám nabídnout náhradu za MX-10 Edukit.

### **Detektor MiniPIX EDU a MX-10**

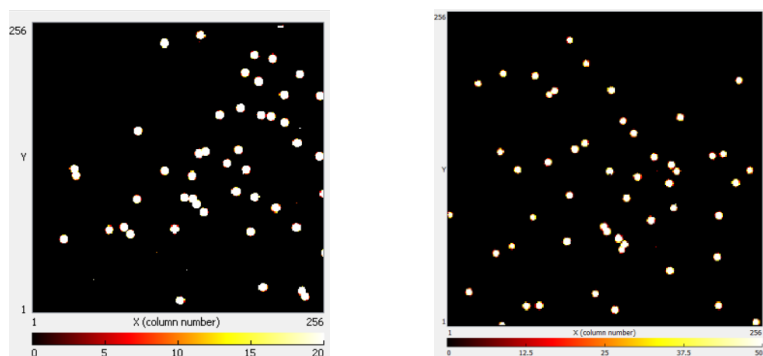
Česko-finská firma Advacam vyrábí v současné době řadu kamer pro detekci ionizujícího záření založených na pixelovém detektoru typu Timepix, a mezi nimi také kameru MiniPIX EDU s čipem Timepix1 určenou pro výukové účely.



Obr. 1. Vlevo digitální částicová kamera MX-10 a vpravo MiniPIX EDU.

Na obr. 1 vpravo je vidět, že kamera MiniPIX EDU je výrazně menší než MX-10 (má velikost flash disku) a má hmotnost jen 30 g. Je možné ji připojit buď přímo do USB konektoru počítače, nebo nepřímo pomocí propojovacího kabelu. Kameru MX-10 lze připojit k USB jen přes propojovací kabel. Obě kamery pracují se stejným pixelovým detektorem o rozměrech 14 mm x 14 mm o tloušťce 300  $\mu\text{m}$ , rozděleným na 256 x 256 pixelů. MiniPIX EDU se dodává vždy již s energetickou kalibrací.

Ovládací software je jiný, ale obrazy z obou kamer jsou si velmi podobné (obr. 2).



Obr. 2. Vizualizace radioaktivního záření alfa. Vlevo kamerou MX-10, vpravo MiniPIX EDU.

Ovládací software k MX-10 se nazývá Pixelman Simple Preview a dlouhodobým testováním je již dobře odladěný. Software k MiniPIX EDU se nazývá Pixet Basic a procesem podrobného testování musí ještě projít. Určitě budou nutné jeho úpravy.

## Porovnání výukových sad

Na obr. 3 a 4 vidíme kameru MX-10 a MiniPIX EDU se zdrojem ionizujícího záření uchycené v posuvné lavici. Obě výukové sady si jsou podobné, i když rozdíly najít můžeme. Posuvná lavice z MX-10 Edukit je kovová, posun se provádí smýkáním a poloha se zajistí šroubem. Posuvná lavice Radiation Education Kit je plastová a má posun závitem. Obě sady obsahují jako zářič elektrodu s příměsí thoria, stínící plechy, kolimátor svazku záření. Sada s MX-10 obsahuje jako další zdroje záření uranové sklo a školní zdroj záření ŠZZ alfa. Ten obsahuje americium  $^{241}\text{Am}$ , má aktivitu 9,5 kBq a je zdrojem záření alfa,

gama (60 keV) a RTG fotonů (okolo 15 keV). Poločas přeměny americia je 432,6 roků, proto aktivita v porovnání s dobou používání ve škole klesá nevýznamně.



Obr. 3. Detektor a americiový zářič ŠZZ alfa v posuvné lavici MX-10 Edukit.



Obr. 4. Detektor MiniPIX EDU a zářič v posuvné lavici Radiation Education Kit. Zdroj [2].

Radiation Education Kit obsahuje další zdroje záření [2]:

- Kobalt  $^{60}\text{Co}$  o aktivitě 18,5 kBq, který je zdrojem záření gama (1332 keV) a beta (max. 317 keV). Poločas přeměny kobaltu je 5,27 roku. Za tuto dobu klesne aktivita na 9,25 kBq, což není zanedbatelné. Navíc pravděpodobnost detekce fotonů o tak vysoké energii v křemíkovém senzoru o tloušťce jen 300  $\mu\text{m}$  je hluboko pod 1 %.
- Stroncium  $^{90}\text{Sr}$  o aktivitě 3,7 kBq, které je zdrojem záření beta (max. 546 keV). Poločas přeměny stroncia je 28,8 roků.

- Polonium  $^{210}\text{Po}$  o aktivitě 3,7 kBq, které je zdrojem záření alfa. Poločas přeměny polonia je 138 dní, což je i z pohledu školy velmi krátká doba. Po roce klesne aktivita zářiče na 16 % aktivity počáteční.

Zatímco samotná kamera MiniPIX EDU je již poměrně cenově dostupná (v době psaní tohoto článku stála 1650 euro bez DPH) a dala by se pořídit z neinvestičních prostředků, cena celé sady Radiation Education Kit je dražší, než byla MX-10 Edukit (vyrábí ji zahraniční firma) a z neinvestičních prostředků ji koupit nelze. Proto ÚTEF přišel s nápadem vyrobit českou výukovou sadu s výrazně nižší cenou.

## **S E S T<sup>1</sup> R A**

Jde o výukovou sadu s kamerou MiniPIX EDU, která vznikla v ÚTEF. V tomto názvu mohou Češi poznat, že jde o mladší sestru sady MX-10 Edukit a anglicky mluvící budou chápat, že jde o akronym názvu **School Education Set with Timepix1 for Radiation Analysis**.

Sada bude v kompaktním kufříku, jak vidíme na obr. 5.



Obr. 5. S E S T<sup>1</sup> R A

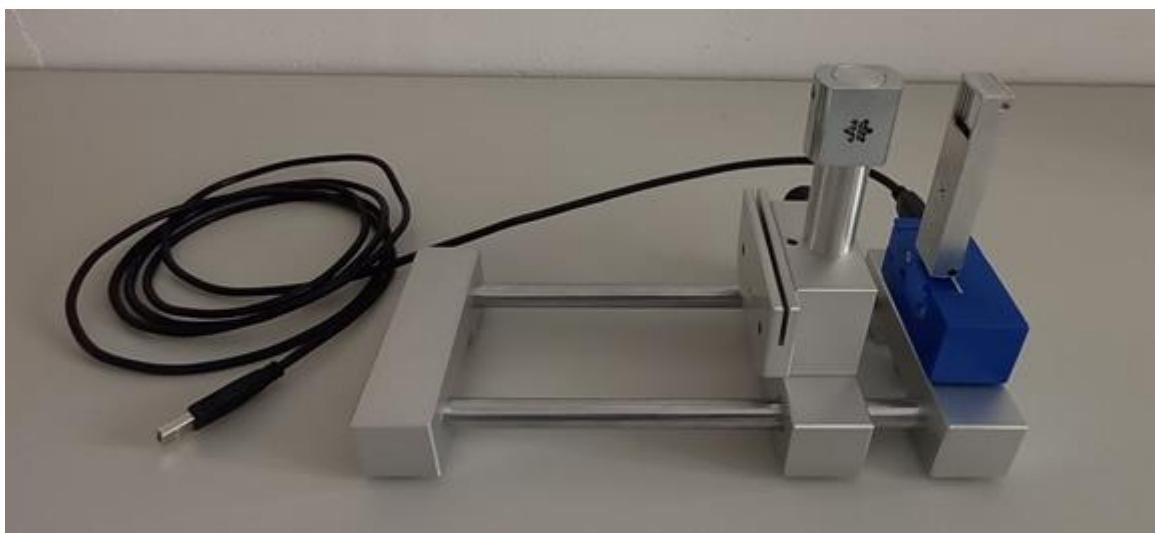
Předností sady bude především cena, protože půjde koupit z neinvestičních prostředků, (hranice je 80 000 Kč). Posuvná lavice, stínící plechy a držák uranového sklíčka budou stejné jako u MX-10 Edukit, protože Jablotron nám poskytl výrobní dokumentaci. Pro uchycení detektoru MiniPIX EDU bude k lavici šroubem přichycen adaptér (modrý blok) vytištěný na 3D tiskárně. S E S T<sup>1</sup> R A bude obsahovat zářiče: uranové sklo, thoriovou elektrodu a ŠZZ alfa (9,5 kBq) s možností dokoupení DZZ gama (300 kBq). Navíc bude obsahovat vzorek KCl pro detekci radioaktivity beta z rozpadu draslíku  $^{40}\text{K}$ .

Oproti starší sestře přidáme do sady také mřížku pro experiment s filtrací vzduchu a detekcí radionuklidů z rozpadu radonu (obr. 6 vlevo).





Obr. 6. Mřížka pro filtraci vzduchu (vlevo) a ukázka radiografického snímku (vpravo).  
Pro demonstraci radiografie budou v sadě vzorky s ukrytými kovovými předměty, které bude možné zobrazit nejlépe pomocí DZZ gama tak, jako to vidíme na obr. 6 vpravo.



Obr. 7. Posuvná lavice s detektorem MiniPIX EDU a zářičem ŠZZ alfa.

Na obr. 7 vidíme kameru MiniPIX EDU zasunutou v USB konektoru adaptéru (modrý blok) a před ní americiový zářič ŠZZ alfa o aktivitě 9,5 kBq.

Pokud bude mít škola zájem detekovat termální neutrony, můžeme k detektoru dodat také konvertor LiF.

Sada se v současné době dokončuje a kompletně hotová by měla být do konce roku 2021. Zájemci se mohou obrátit na ÚTEF ČVUT, nejlépe na mailovou adresu vlada.vicha@seznam.cz.

## Plán podpory

Pokud bude o S E S T<sup>1</sup>R A zájem, plánujeme v ÚTEF proškolit učitele, kteří si sadu zakoupí. Zároveň ale chceme nadále podporovat školy a organizace, které vlastní MX-10 Edukit. Na konci listopadu 2021 chystáme dvoudenní seminář s praktickým měřením. Účastníkům semináře budeme nadále MX-10 Edukit půjčovat. Na stránkách ÚTEF [3] publikujeme

videonávody k experimentům s MX-10 (aktuálně 9 videonávodů). Píší skripta navazující na [1] o detekci neutronů pixelovými detektory (také kamerou MX-10).

## **Závěr**

Přestože Jablotron ukončil výrobu digitální částicové kamery MX-10, nabízí se školám možnost opatřit si podobnou pixelovou kameru buď se zahraniční sadou Radiation Education Kit nebo českou sadou S E S T<sup>1</sup>R A produkovanou v ÚTEF.

## **Literatura**

- [1] Vícha V.: *Experimenty s pixelovým detektorem pro výuku jaderné a částicové fyziky*, ČVUT Praha 2017. ISBN 978-80-01-05888-6.
- [2] Hawkeye Spectral Imaging [cit. 31. 8. 2021]. Dostupné online: <https://hawkeyesi.com/radiation-educational-kit/>
- [3] Ústav technické a experimentální fyziky [cit. 31. 8. 2021]. Dostupné online: <http://www.utef.cvut.cz/vzdelavani-a-popularizace>

## Měření hladiny intenzity zvuku zařízeními s operačním systémem iOS

Vladimír Vochozka, Pavla Wegenkittlová, Jiří Tesař a Daniel Svitič

Pedagogická fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

### Abstrakt

*Příspěvek se zabývá využitím mobilních zařízení jako didaktické pomůcky pro měření hladiny intenzity zvuku. Pojednává o přesnosti měření zařízení s operačním systémem iOS a testuje konkrétní zařízení a aplikace, zda jsou vhodné k výukovým účelům.*

Problematika měření hladiny intenzity zvuku byla již diskutována v rámci *Veletrhu nápadů učitelů fyziky 19* v Chebu [1]. Obsah textu byl zaměřen na zařízení s operačním systémem Android. Nepříliš pozitivní výsledky vedly k úvahám, jestli je celá problematika přenositelná na zařízení konkurenčního operačního systému. iOS má zásadní výhodu pro programátory aplikací spočívající v menším počtu hardwarových konfigurací. U Androidu se udává přes 24 000 typů oproti 22 druhům zařízení pro iOS [2]. V příspěvku jsou řešeny dvě otázky:

- *Měří různé zařízení stejné hardwarové konfigurace shodně?*
- *Jaké kalibrační hodnoty je potřeba dosadit pro konkrétní aplikaci a zařízení, aby bylo měření přesné ( $\pm 1$  dB)?*

### Hardware iOS zařízení

Do měření byly zařazené modely podle jejich zastoupení na trhu v rámci značky Apple. Hranice pro zařazení do měření byla stanovena na hodnotu 5 %. Tedy kolik procent trhu ze všech mobilů, respektive tabletů, značky Apple má dané zařízení. Tabulka 1 ukazuje procentuální zastoupení modelů v rámci značky Apple. [3]

Tabulka 1. Zastoupení trhu iPhone a iPad [4].

Model	Zastoupení iPhoneů (%)	Model	Zastoupení iPadů (%)
iPhone 6S	16,9	iPad Air 2	15,3
iPhone 6	13,9	iPad Air	13,5
iPhone 7	11,7	iPad Mini 4	11,0
iPhone 7 Plus	9,0	iPad 5	10,1
iPhone SE	8,5	iPad 6	7,2
iPhone 6S Plus	8,3		
iPhone 8	5,9		
iPhone 8 Plus	5,3		
iPhone X	5,3		

Apple u svých zařízení využívá mikrofony s vyrovnanou frekvenční charakteristikou a dostatečným dynamickým rozsahem pro měření hluku v běžných podmínkách [5].

Jsou postavené na technologii MEMS (MikroElectroMechanical System – Mikroelektromechanický systém). Mikrofony MEMS bylo již v roce 2010 možné vyrobit s plochou frekvenční charakteristikou od 20 do 20 000 Hz při rozměrech, které lze integrovat i do moderních mobilních zařízení. [6]

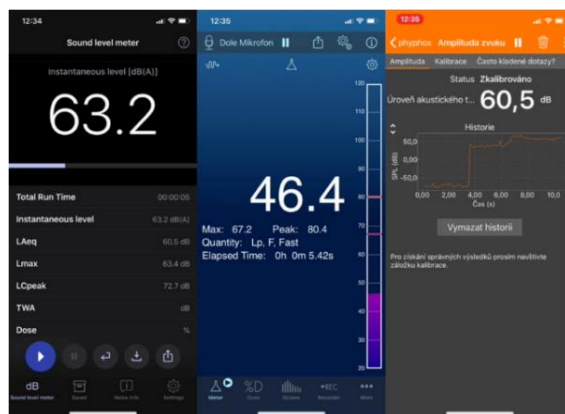
V novějších iPhonech a iPadech je využíváno většího počtu mikrofonů na rozdílných místech zařízení. Všechny iPady od páté generace, iPady Mini od druhé generace a všechny modely Pro a Air mají až dodnes (2021) dva mikrofony. Předchozí modely měly jen jeden. [7]

Více mikrofonů používá Apple u svých zařízení především pro potlačení okolního hluku a k dalším úpravám. Změnu počtu mikrofonů u jednotlivých zařízení uvádí Tabulka 2.

Tabulka 2. Počty mikrofonů – iPhone [7].

Model	Počet mikrofonů
iPhone, 3, 3G	1
4, 4S	2
5, 5S, SE, 6, 6S, 7, 8	3
X, XS, 11 Pro	4

Z App Store bylo vybráno 140 aplikací umožňující měřit hladinu intenzity zvuku. Z toho 48 aplikací bylo zdarma, tedy vhodných pro nasazení do školních prostředí, vzhledem k tomu, že v akustice se tato problematika řeší přibližně jednu až dvě vyučovací jednotky. Po nainstalování a vyzkoušení byly vybrány tři nejlepší aplikace, které umožňovaly kalibraci a v jejich zpracování nebyly zásadní odborné či formální nepřesnosti a chyby. Jde o NIOSH Sound Level Meter od EA Lab, SoundMeter X od Faber Acoustical, a phyphox od RTWH University v Aachenu (Obr. 1.).



Obr. 1. Vlevo aplikace NIOSH, uprostřed SoundMeter X, vpravo phyphox.

## Testování přesnosti měření hluku na iPhonech a iPadech

Metodický návod pro měření hluku na pracovišti, který vydává Ministerstvo zdravotnictví České republiky, udává předepsanou přesnost zvukoměrů třídami 1 a 2, tedy že možná odchylka je až  $\pm 1$  dB [8]. Tato přesnost je vhodná i pro použití ve výuce, jelikož rozlišovací schopnost lidského ucha je právě 1 dB.

Všechna měření probíhala v bezodrazové komoře Českého rozhlasu v Českých Budějovicích v období od března do června 2019. V ní byla zajištěna teplota 22 °C

a relativní vlhkost vzduchu 45 %. Takové podmínky prostředí byly zvoleny proto, aby získané měření nebylo ovlivněné okolními podmínkami, měnící se teplotou a vlhkostí, změnou pozice měřicího a měřeného zařízení, odrazy místnosti a okolním hlukem.

### **Referenční měřidlo**

Pro měření referenčních hodnot by mohl být použit jakýkoliv kalibrovaný zvukoměr. Jako referenční měřidlo byl zvolen měřicí systém složený z následujícího hardwaru a softwaru: MacBook Pro 13 2015, měřicí software SMAART v8, zvuková karta Steinberg UR24, měřicí mikrofon iSEMcon GmbH EMX-7150 a kalibrátor iSEMcon GmbH SC-1. [3]

SMAART neboli Sound Measurement Acoustical Analysis Real Time tool (Nástroj pro akustická měření a analýzu v reálném čase) od Rational Acoustics je měřicí software pro akustická měření a měření zvukového vybavení. Díky němu bylo možné ověřit nejen hladinu akustického tlaku, ale zároveň frekvenční odezvu zdroje signálu. [3]

Pro měření byl použit profesionální měřicí mikrofon iSEMcon EMX-7150, jehož frekvenční charakteristika splňuje normu ČSN EN 61672 třídy 1. Tato norma předepisuje povolenou odchylku pro referenční frekvenci  $1\ 000\ \text{Hz} \pm 0,7\ \text{dB}$  [9]. Mikrofon má téměř ideální kulovou charakteristiku až do frekvence 8 000 Hz a výrobcem udávaný maximální akustický tlak je 145 dB. Vlastní šum mikrofonu je pod 30 dB [10].

Ke kalibraci měřicího systému byl použit kalibrátor pro měřicí mikrofon iSEMcon SC-1. Ten generuje referenční tón 1 000 Hz při hladině akustického tlaku 90 nebo 110 dB. Kalibrace probíhala před každým novým dnem měření s využitím 90 dB hladiny akustického tlaku. [10]

Připojení mikrofonu k počítači bylo zajištěno pomocí externí zvukové karty Steinberg UR24. Díky použití úrovně kalibrace pomocí kalibrátoru před každým měřením nebylo nutné kontrolovat, zda se změnilo nastavení citlivosti vstupu. [3]

### **Přípravná fáze měření**

Obrázek 2 ukazuje průběh měření při prvních nastavovacích testech, které měly za cíl najít vhodnou pozici pro měření a zároveň kontrolu vlivu jiné polohy referenčního měřidla a měřeného zařízení na výsledek měření.



Obr. 2. Měření v bezodrazové komoře.

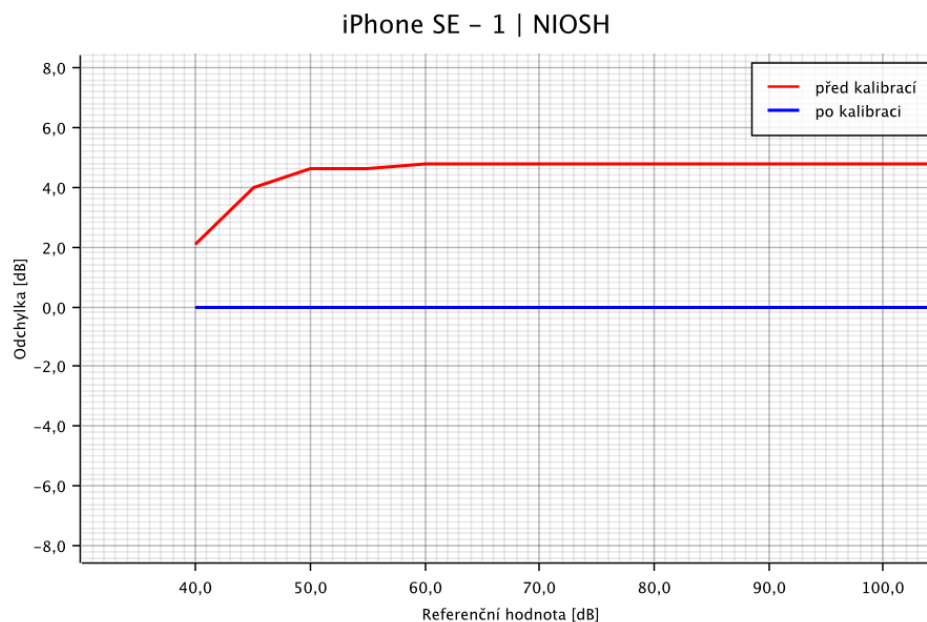
Bylo nutné najít vhodnou vzdálenost měřeného zařízení od reproboxu, aby mohlo být dosaženo hladiny akustického tlaku minimálně 105 dB. Hledání vhodné vzdálenosti bylo provedeno tak, že byl měřicí mikrofón posouván po ose kolmé k přední hraně reproboxu za současných kontrol hladiny akustického tlaku. Počáteční vzdálenost mikrofónu byla 1 m od reproboxu. Finální vzdálenost, při které probíhala následně všechna další měření, byla nastavena na 0,5 m. V této vzdálenosti bylo vybraným reproboxem možné dosáhnout hladiny akustického tlaku 107 dB na generované frekvenci 1 000 Hz.

Vliv rozdílné polohy měřeného zařízení a referenčního měřidla byl testován při hladině akustického tlaku 60 dB. Poloha měřicího zařízení byla nastavena tak, aby byla v ose reproboxu. Měření bylo nejprve provedeno na referenčním zařízení, které bylo poté nahrazeno za měřené zařízení (iPhone X) tak, aby bylo ve stejné poloze. Následně proběhlo měření, kdy byla zařízení umístěna nad sebou a měřila současně.

Protože pro měření byl zvolen generovaný referenční signál 1 000 Hz, bylo vhodné zvolit pro reprodukci zvuku takový reprobox, který nemá dělicí frekvenci stejnou jako referenční signál. Pro reprodukci zvuku posloužil reprobox JBL SRX812. Ten má dělicí frekvenci nastavenou na 1 900 Hz a výrobce udává maximální hladinu akustického tlaku 136 dB ve vzdálenosti 1 m od přední hrany reproboxu.

### Testování aplikací z pohledu přesnosti měření

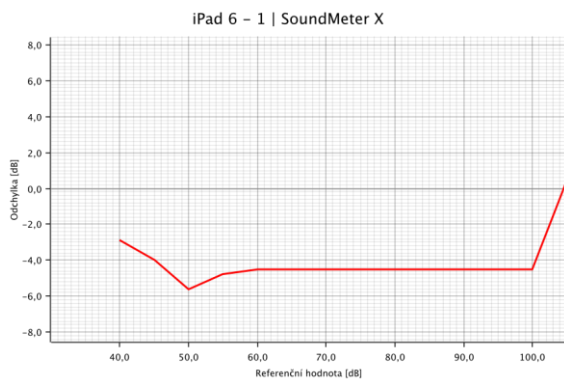
Aplikace byly podrobeny zkoušce přesnosti měření hladiny akustického tlaku. Ta probíhala s využitím iPhone X jako měřeného zařízení, na kterém byly aplikace nainstalované a spuštěné. U každé aplikace probíhalo porovnávání naměřených hodnot s referenčním měřidlem v rozsahu 40 až 105 dB po 5 dB krocích. U aplikací, které nabízely kalibraci, byla provedena kalibrace a opětovné měření (Obr. 3.). [3]



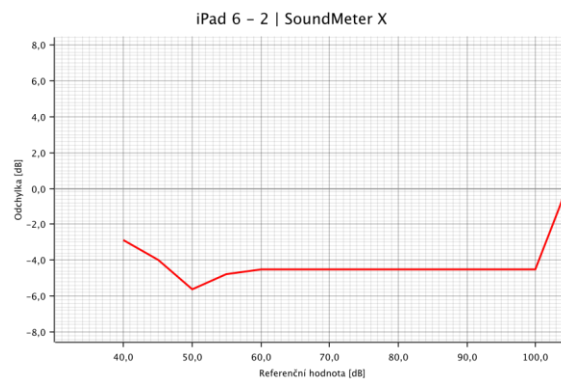
Obr. 3. iPhone SE, aplikace NIOSH, před a po provedené kalibraci.

Po provedení kalibrace měří aplikace ve shodě s referenčním měřidlem. Že je kalibrace přenositelná dokazují naměřené hodnoty a z nich vytvořené grafy (Obr. 4., 5., 6. a 7.).



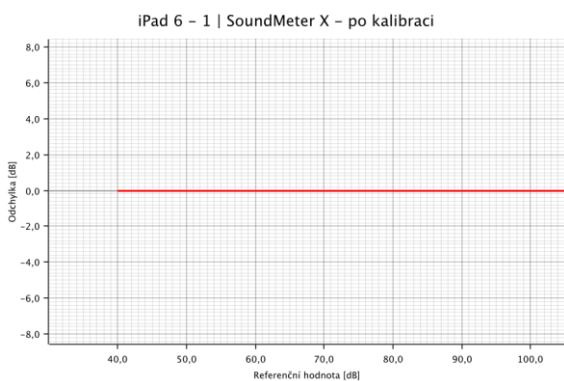


Obr. 4. iPad 6, zařízení 1, aplikace SoundMeter X, před kalibrací.

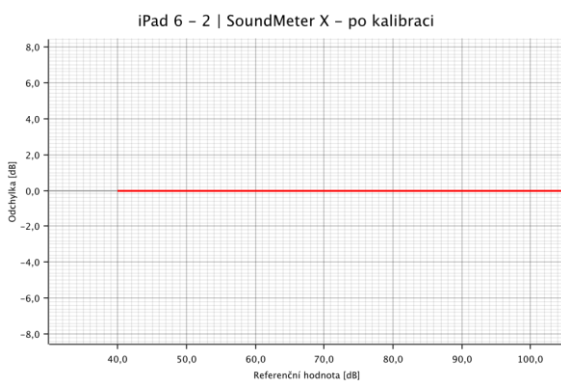


Obr. 5. iPad 6, zařízení 2, aplikace SoundMeter X, před kalibrací.

Před kalibrací pozorujeme stejné odchytky u obou zařízení, stejného výsledku bylo dosaženo i u jiných druhů hardwaru. Po provedení kalibrace vykazují obě zařízení stejný výsledek, nulové odchytky (Obr. 6. a 7.).



Obr. 6. iPad 6, zařízení 1, aplikace SoundMeter X, po kalibraci.



Obr. 7. iPad 6, zařízení 2, aplikace SoundMeter X, po kalibraci.

Obdobných pozitivních výsledků bylo dosaženo i při porovnávání samotných aplikací v rámci jednoho typu zařízení. Při použití kalibrace, vykazovaly aplikace stejné výsledky (Tab. 3.). [3]

Tabulka 3. Aplikace splňující kritéria – hodnoty před kalibrací a po kalibraci.

Reference (dB)	phyphox		SoundMeter X		NIOSH	
	před kalibrací	po kalibraci	před kalibrací	po kalibraci	před kalibrací	po kalibraci
40		40	41,0	40	42,1	40
45		45	47,0	45	47,1	45
50		50	51,9	50	52,1	50
55		55	57,0	55	57,1	55
60		60	62,0	60	62,1	60

Reference (dB)	phyphox		SoundMeter X		NIOSH	
	před kalibrací	po kalibraci	před kalibrací	po kalibraci	před kalibrací	po kalibraci
70		70	72,2	70	72,1	70
75		75	77,2	75	77,1	75
80		80	82,2	80	82,1	80
85		85	87,2	85	87,1	85
90		90	92,2	90	92,1	90
95		95	97,2	95	97,1	95
100		100	102,2	100	102,1	100
105		105	107,2	105	107,1	105

Žádná z aplikací, která byla otestována, nenabízí jiný druh kalibrace než kalibraci úrovnovou. Celý následující text se proto věnuje úrovnové kalibraci (dále jen „kalibrace“). U všech třech aplikací, které splnily kritéria, lze provést kalibraci dvěma způsoby. [3]

**Automatická kalibrace:** Tuto možnost lze využít za předpokladu, že je měřen zvuk s konstantní známou hladinou akustického tlaku (u některých aplikací je pevně určeno, jaká to musí být). Aplikace pak sama zvolí nejlepší dorovnání odchylky. [3]

**Manuální kalibrace:** Tuto možnost lze využít za předpokladu, že je známá hodnota kalibračního posuvu pro dané zařízení a ručně se zadá do aplikace. [3]

V následujících dvou tabulkách (Tab. 4. a 5.) je možné najít kalibrační posuvy pro měřená zařízení.

Tabulka 4. Kalibrační posuvy pro iPhone.

Model zařízení	NIOSH	phyphox	Soundmeter X
iPhone 5S	5,10	110,51	8,20
iPhone SE	-4,80	110,80	9,60
iPhone 6	-1,30	112,00	11,60
iPhone 6S	-1,30	112,00	11,60
iPhone 7	-3,70	111,24	10,10
iPhone 7 Plus	-3,70	111,24	10,10
iPhone 8	-3,70	111,24	10,10
iPhone 8 Plus	-3,70	111,24	10,10
iPhone X	-1,60	111,40	10,45
iPhone XS	-3,20	110,90	10,00

Tabulka 5. Kalibrační posuvy pro iPady.

Model zařízení	NIOSH	phyphox	Soundmeter X
iPad 5	-0,10	119,35	5,94
iPad 6	4,20	126,96	4,10
iPad Air	7,90	123,00	6,90
iPad Air 2	7,90	123,00	7,00
iPad Mini 4	2,50	121,09	7,20

## Závěr

Testováním zařízení a aplikací bylo zjištěno, že z celkem 48 testovaných aplikací jsou vhodné pro měření hladiny intenzity zvuku tři bezplatné aplikace, a to po provedení kalibrace.

Jednalo se o aplikace NIOSH Sound Level Meter od EA Lab, SoundMeter X od Faber Acoustical a phyphox od RTWH University v Aachenu. Přesnosti na desetinu decibelu se povedlo dosáhnout v rozmezí 40-105 dB.

Ověřováním na více exemplářích stejných modelů zařízení se povedlo zjistit, že se kalibrační hodnoty pro daný model shodují. Díky tomu mohla vzniknout tabulka kalibračních hodnot. Tabulku lze využít k velmi rychlé kalibraci zařízení pouze zadáním kalibračních hodnot, to ušetří čas při přípravě zařízení na výuku.

## Literatura

- [1] VOCHOZKA, Vladimír, BEDNÁŘ, Vít a TESAŘ, Jiří. *Zvukoměry v mobile při výuce akustiky*. In: Veletrh nápadů učitelů fyziky 19: Sborník z konference. Vydání první. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2015, s. 192-196. ISBN 978-80-261-0439
- [2] Timeline of Apple Inc. products. *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001 [cit. 2021-8-30]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Timeline\\_of\\_Apple\\_Inc\\_products](https://en.wikipedia.org/wiki/Timeline_of_Apple_Inc_products)
- [3] SVITIČ, Daniel. *Měření hladiny intenzity zvuku zařízeními s operačním systémem iOS* [online]. České Budějovice, 2020 [cit. 2021-08-30]. Dostupné z: <https://theses.cz/id/7ldawp/>. Diplomová práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Pedagogická fakulta. Vedoucí práce Mgr. Vladimír Vochozka, Ph.D.
- [4] Smith, David. iOS version statistics. <https://david-smith.org>. [Online] David Smith. [Citace: 1. únor 2019.] <https://david-smith.org/iosversionstats/>.
- [5] *Acoustical measurements with smartphones: Possibilities and limitations*. Faber, Benjamin M. 2, Hyannis: Acoustical society of America, 2017, Acoustics Today, Sv. 13.
- [6] Rose, Bruce. MEMS versus ECM: Comparing Microphone Technologies. <https://www.digikey.com>. [Online] Digi-Key Electronics, 21. únor 2019. [Citace: 26. říjen 2020.] <https://www.digikey.com/en/articles/mems-vs-ecm-comparing-microphone-technologies>.

- [7] How many microphones have iPhone. *quora.com*. [Online] Quora Inc. [Citace: 7. únor 2020.] <https://www.quora.com/How-many-microphones-does-an-iPhone-have>.
- [8] ČR, Ministerstvo zdravotnictví. Metodický návod měření hluku. *www.szu.cz*. [Online] [Citace: 11. červenec 2020.] [http://www.szu.cz/uploads/documents/ska/autorizace/metodicky\\_navod\\_mereni\\_hluku\\_vibraci.pdf](http://www.szu.cz/uploads/documents/ska/autorizace/metodicky_navod_mereni_hluku_vibraci.pdf).
- [9] ČSN EN 61672-1. *Elektroakustika – Zvukoměry – Část 1: Technické požadavky*. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014. Třídící znak 368813.
- [10] Datasheets. *www.isemcon.com*. [Online] [Citace: 4. září 2020.] <http://www.isemcon.com/datasheets/EMX7150-US-r04.pdf>.

## Parametry ovlivňující demonstrační pokus styku pokožky s rozpáleným olejem

Pavla Wegenkittlová, Vladimír Vochozka

Pedagogická fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Abstrakt

*Ponořit ruku do kapalného dusíku či olova zvládne díky Leidenfrostovu jevu kde kdo. Co se ale stane, ponoříme-li prst do oleje rozpáleného na teplotu vhodnou na smažení? Při jaké teplotě vznikají popáleniny prvního a druhého stupně, jaká je kontaktní doba nutná k vytvoření popáleniny, jak určit průměrnou dobu k otočení koblížku a jak tuto situaci simulovat?*

Pokusy s kapalným dusíkem patří mezi velmi oblíbené, setkáváme se s nimi například při demonstracích v science centrech. Jedním z nich bývá i ponoření (nebo polití) ruky, které je zcela bezpečné díky Leidenfrostovu jevu. Pavel Konečný na dvacátém prvním veletrhu předvedl, že právě díky Leidenfrostovu jevu je bezpečné ponořit prsty i do roztaveného olova [1]. Avšak s oběma pokusy se žáci v běžném životě nemají šanci setkat. Navíc oba pokusy jsou jako demonstrační pokusy do školního prostředí finančně náročnější. Proto se nabízí možnost využití pokusu s rozpáleným olejem. Pokus už není čistě demonstrací Leidenfrostova jevu, ale také se řadí mezi ty „bláznivé“ pokusy, co žáky či studenty zaujmou.

Pokus s rozpáleným olejem může být stavěn na zážitcích žáků z dovolených. V některých zemích je možné se setkat s pouličními kuchaři, kteří při přípravě smažených jídel nepoužívají na otáčení běžné kuchyňské náčiní (např. kleště), ale pouze svou ruku. Jako ilustrační video může být použito [2]. Dále se se stykem rozpáleného oleje s kůží mohli žáci setkat v komentářích na internetu, kde zaměstnanci rychlých občerstvení popisují své pracovní nehody, při nichž omylem sáhli rukou do oleje, ale naštěstí se jim nic nestalo. A přesně toho bychom chtěli dosáhnout i v naší sérii demonstračních pokusů. Před samotným provedením pokusu je však třeba se podívat na bezpečnostní stránku pokusu.

### Vznik popálenin

Teplo v určité míře a množstvím má na tělo blahodárné účinky. Překročí-li se však určitá mez snesitelnosti, může vyvolat poškození buněk, či celých tkání. V případě demonstračního pokusu bude část ruky, jeden prst, vystavena rozpálenému oleji. Mohlo by se tedy jednat o termický úraz, povrchovou popáleninu, který spadá do popálenin prvního a druhého stupně. Při prvním stupni popálenin je lehce poškozen epidermis, zarudnutí většinou do 48 hodin ustupuje. Druhý stupeň je dále dělen na typ 2a a 2b. Mezi povrchové popáleniny spadá pouze stupeň 2a. V jeho případě dochází k reverzibilnímu poškození epidermis doprovázeném tvorbou puchýřů vyplněných čirou serózní tekutinou. Jako první pomoc je u obou stupňů doporučováno chlazení poškozeného místa a odstranění šperků. Dále mohou být na poškozené místo použity spreje či krémy na popáleniny. [3]

Mez snesitelnosti je ovlivněna teplotou a dobou kontaktu. Například u vody se jedná o hodnoty uvedené v Tabulce 1.

Tabulka 1. Kontaktní teplota a doba vzniku popálenin. [4]

Teplota vody	Doba kontaktu pro vznik popálenin prvního stupně	Doba kontaktu pro vznik popálenin druhého stupně
43 °C	5 hodin	7 hodin
47 °C	35 minut	45 minut
50 °C	1 minuta	5 minut
55 °C	5 sekund	25 sekund
60 °C	2 sekundy	5 sekund
65 °C	1 sekunda	2 sekundy
68 °C	-	1 sekunda

Bezpečnou kontaktní dobu pro vyšší hodnoty teploty uvádí článek [5], hypoteticky se pro 132 °C jedná o 0,3 sekundy. Teplota vhodně rozpáleného oleje ke smažení je 155 °C [6].

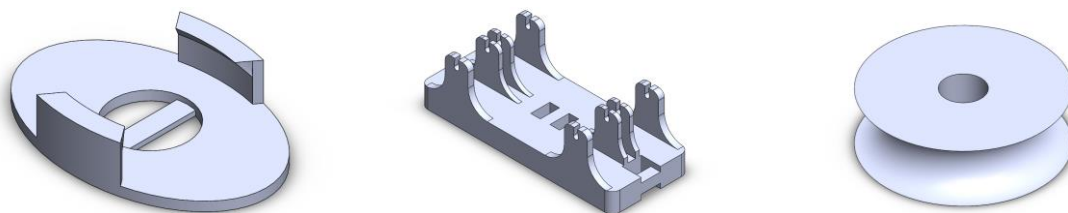
Zásadním parametrem je, mimo samotné teploty, kontaktní doba prstů ruky s olejem potřebná k otočení smaženého pokrmu.

### **Simulace otáčení smaženého pokrmu**

Pro bezpečnou simulaci otáčení smaženého pokrmu byla použita skleněná miska s vodou a polystyrénový tácek. Celá situace byla zaznamenána na kameru GoPro HERO 6 a analyzována v programu Tracker. Celkem bylo vyhodnoceno 26 otočení tácku od 4 dobrovolníků. Průměrná doba kontaktu prstů s vodou v průběhu otáčení byla 0,23 sekundy.

### **Konstrukce soupravy simulující vložení prstu do oleje**

V CAD programu SolidWorks byly vymodelovány všechny plastové díly (Obr. 1.).



Obr. 1. Vymodelované díly pro 3D tisk: vlevo držák bodového teplotního čidla Vernier Go Direct, uprostřed pohled na spodní část konstrukce vozíku, vpravo kolo pevné kladky.

Ve sliceru PrusaSlicer byla nastavena výška vrstvy tisku 0,30 mm, 20% hustota výplně a PLA jako typ filamentu. Díly byly vytištěny na 3D tiskárně Original Prusa i3 MK3S+. Z drátu o průměru 2 mm byly vytvořeny hřídele pro kolečka vozíku a tři pevné kladky (Obr. 2.).





Obr. 2. Vytištěné části konstrukce: vlevo vozík, uprostřed pevná kladka na konci dráhy, vpravo pevné kladky ve středu dráhy.

Dráha vznikla vložením dvou tyčí o průměru 8 mm do třech plastových výtisků. Dva výtisky byly umístěny na laboratorní stojany o průměru 12 mm (Obr. 2. uprostřed a vpravo). Jeden konec niti byl přivázán do středového otvoru vozíku, následně provlečen kladkami ve středu dráhy a druhý konec upevněn k držáku teploměru. Do otvoru na jedné straně vozíku (Obr. 2. vlevo) byl navázán další provázek, který byl veden přes pevnou kladku (Obr. 2. uprostřed) na konci dráhy k 10g závaží. Při měření byl vozík umístěn na začátek dráhy, teploměr se nacházel v nejvyšší poloze (Obr. 3. vlevo).



Obr. 3. Poloha vozíku, teploměru a závaží: vlevo na začátku pohybu, uprostřed v polovině pohybu, vpravo na konci pohybu.

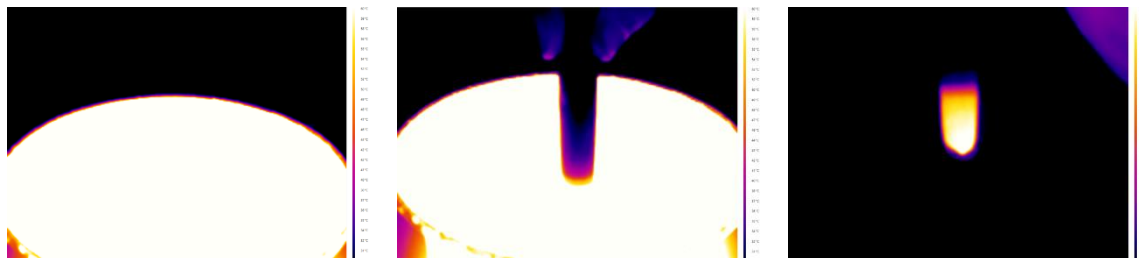
Po uvolnění se vozík pohyboval se zrychlením, které mu udávala tíhová síla závaží, přenesená přes pevnou kladku. Teploměr se pohyboval svisle dolů, kde dosáhl olejové lázně (Obr. 3. uprostřed – na obrázku není olejová lázeň). V okamžiku, kdy se vozík dostal přes středovou část, se začal teploměr pohybovat svisle vzhůru až dostáhl výchozí polohy. Na konci pohybu zůstal vozík na konci dráhy (Obr. 3. vpravo). Doba kontaktu bodového čidla a olejové lázně byla regulována délkou provázku, na kterém byl zavěšen teploměr, a hmotností závaží na konci pevné kladky.

### **Výsledky měření se soupravou simulující vložení prstu do oleje**

Průměrná kontaktní doba prstu s kapalinou byla 0,23 sekundy. Souprava na měření teploty proto byla nastavena tak, aby čidlo teploměru bylo vystaveno rozpálenému oleji o teplotě 155 °C na 0,3 sekundy. Jak již bylo napsáno výše, je to doba, při které je hypoteticky bezpečná teplota až 132 °C. Z dvaceti ponorů teploměru vyšla průměrná hodnota teploty 94,6 °C. Tato hodnota je nižší než limitní teplota 132 °C, tudíž lze vyslovit tvrzení, že experiment je bezpečný. Navíc čidlo teploměru je poměrně ke kůži dobrý tepelný vodič. Prst by se tedy v průběhu experimentu měl ohřát na nižší teplotu než 94,6 °C a popáleniny na něm nevzniknou.

### Termografické vyhodnocení vložení párku do olejové lázně

Pro další ověření bezpečnosti pokusu byl zvolen párek jako alternativa lidského prstu. Povrchová teplota olejové lázně (Obr. 4. vlevo), ponoření do rozpáleného oleje (Obr. 4. uprostřed) a koncová teplota párku (Obr. 4. vpravo) byla zaznamenaná termokamerou.



Obr. 4. vlevo pohled na rozložení povrchové teploty hladiny oleje; teplota oleje 137 °C; teplota okolí 27 °C.

Uprostřed pohled na rozložení povrchové teploty ruky držící část párku v oleji; teplota prstů 32 °C; teplota párku 27 °C; teplota okolí 27 °C.

Vpravo pohled na rozložení povrchové teploty ruky držící část párku po ohřevu v oleji; teplota ruky 35 °C (objekt v pravém rohu); teplota špičky párku 66 °C; teplota ohřáté části párku 56 °C; teplota okolí 27 °C.

Termogramy byly analyzovány v softwaru LabIR. Povrch párku se při pokusu ohřál na teplotu 56 °C.

### Vložení prstu obaleného v těstu do olejové lázně

Pro bezpečnější ponoření prstu do rozpáleného oleje byl použit trik, který používají i kuchaři na videích. Ruce mají obalené těstíčkem na smažení, které je před teplem chrání. Hodně husté těstíčko obalilo prst velkou vrstvou, která ho izolovala od oleje. Díky tomu mohl být prst dán do rozpáleného oleje na mnohem delší dobu bez rizika popálenin (Obr. 5.).



Obr. 5. Ponoření obaleného prstu do rozpáleného oleje.

Řidší těstíčko sice neobalilo prst v tak velké vrstvě, ale i tak ho ochránilo.

### Vložení navlhčeného prstu do olejové lázně

Při ponoření namočeného prstu do rozpáleného oleje byl prst ochráněn díky Leidenfrostovu jevu (Obr. 6.).



Obr. 6. Ponoření namočeného prstu do rozpáleného oleje.

### Vložení prstu do olejové lázně

Vrcholem pokusů bylo ponoření prstu do rozpáleného oleje bez ochrany v podobě těstíčka či vody. Prst byl vložen a ihned vytažen. Následně byl okamžitě otřen od naneseného oleje (Obr. 7.).



Obr. 7. Ponoření samotného prstu do rozpáleného oleje.

Prst po vytažení nejevil žádné známky popálenin díky krátké kontaktní době a relativně nízké kontaktní teplotě. Olej má ve srovnání s vodou nižší tepelnou vodivost a měrnou tepelnou kapacitu (Tab. 2.), tudíž popáleniny by vznikly až po delší době, než uvádí Tabulka 1 pro vodu.

Tabulka 2. Vybrané tepelné vlastnosti vody a oleje. [7]

Látka	Tepelná vodivost ( $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ )	Měrná tepelná kapacita ( $J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$ )
Voda	0,598	4 180
Olej	0,124	1 700

### Závěr

Sérií pokusů jsme ověřili, že použití rozpáleného oleje je zajímavou alternativou nejen k demonstraci Leidenfrostovu jevu pomocí dusíku. Potřebné pomůcky jsou pro běžnou základní školu lépe dostupné a finančně nenáročné.

### Literatura

- [1] KONEČNÝ, Pavel. Leidenfrostův jev. In: *VELETRH NÁPADŮ UČITELŮ FYZIKY 21: Sborník z konference* [online]. Brno: Masarykova univerzita, 2016, s. 123-127 [cit. 2021-7-20]. ISBN 978-80-210-8465-0. Dostupné z: <https://bit.ly/3eyfad6>
- [2] Hands In Boiling Oil: Indian Chef Fries Fish With Bare Hands. *YouTube* [online]. [cit. 2021-8-24]. Dostupné z: <https://bit.ly/3zcMAG9>

- [3] ČELKO, Alexander Martin. *Dětské úrazy a popáleniny: nemocniční studie případů dětských pacientů hospitalizovaných s popáleninovým úrazem*. Praha: Galén, 2002. Alma mater. ISBN 80-726-2189-0.
- [4] U.S. Government Memorandum, C.P.S.C., Peter L. Armstrong, Sept. 15, 1978
- [5] STOLL, Alice M. Thermal Properties of Human Skin Related to Nondestructive Measurement of Epidermal Thickness. *The Journal of Investigative Dermatology*. Williams & Wilkins Co., 1977, **69**(3), 328-332.
- [6] Vochozková, Veronika, specialistka kvality firmy Intersnack [ústní sdělení]. Tábor, 16. 6. 2021.
- [7] KOTLÍK, Bohumír. *Matematické, fyzikální a chemické tabulky pro SŠ a nižší ročníky víceletých gymnázií*. 2. vyd. Praha: Fragment, 2011. ISBN 978-80-253-1227-8.

## Od bezkontaktního měření vzdálenosti k měření indexu lomu

Vojtěch Žák

Katedra didaktiky fyziky MFF UK

Abstrakt

*V tomto článku je představeno měření indexu lomu několika kapalin a jedné pevné látky pomocí bezkontaktního měřiče vzdálenosti, který se k měření vzdáleností běžně používá v praxi. Je zde odvozeno, že index lomu se rovná podílu délky, kterou měřič vyhodnotí při měření v daném prostředí, a skutečné délky (ve vzduchu). Měření indexu lomu touto metodou jsou poměrně přesná. Ve výuce fyziky je možné se dále zabývat měřením indexu lomu dalších látek, zpřesňováním měření a jejich diskuzí.*

### Úvodem

Měřením indexu lomu optických prostředí se zabývá mnoho příspěvků zaměřených na fyzikální vzdělávání, a to jak domácích, tak mezinárodních. Z domácích můžeme uvést např. příspěvky [1], [2], [3] a [4] uvedené v *Souhrnném sborníku Veletrhu nápadů učitelů fyziky* [5].

Tento článek se zabývá metodou měření indexu lomu pomocí bezkontaktního měřiče vzdálenosti (viz Obr. 1), který lze pod názvy *laserový dálkoměr*, *měřič vzdálenosti*, *měřič délky* apod. koupit v obchodech s měřicí technikou, nářadím atd. (včetně e-shopů). Tato metoda není v českém prostředí zcela neznámá (viz např. [6]), nicméně ve výuce fyziky není příliš rozšířená, a proto jí chceme věnovat pozornost.



Obr. 1. Bezkontaktní měřič vzdálenosti (délky) použitý při měření uvedených v tomto článku (vlevo – měřič, v pozadí – krabička).

Základem použité metody měření délky (viz Obr. 2) je, že měřič vyšle laserový signál, který se odrazí od překážky, a měřič dále zaznamená návrat odraženého signálu, vyhodnotí dobu, která uplynula, a dopočítá příslušnou délku (vzdálenost, dráhu). Délka je určena jako součin rychlosti světla ve vzduchu (vakuu) a příslušné doby ( $s = ct$ ). Měřič tedy při vyhodnocování délky předpokládá rovnoměrné šíření světla (signálu) ve vzduchu. Pokud umístíme signálu do cesty jinou látku, ve které se světlo pohybuje jinou rychlostí, vyhodnotí měřič délku chybně. Toho využijeme v našich experimentech (Obr. 2).



Obr. 2. Základní uspořádání experimentu pro měření indexu lomu kapaliny – měřič je umístěn těsně u stěny nádoby (zvnějšku), v nádobě je měřená kapalina, těsně u protější stěny nádoby je překážka (zvnějšku, např. krabička), od které se signál odrazí zpět.

### Odvození vztahu pro index lomu na základě měření délky

Pro index lomu  $n$  daného optického prostředí platí, že  $n = \frac{c}{v}$ , kde  $c$  je rychlost světla ve vakuu (dostatečně přesně také ve vzduchu) a  $v$  je rychlost světla v daném prostředí.

- Pro délku (dráhu), kterou měřič ukáže při měření ve vzduchu, platí:  $s_1 = ct_1$ , kde  $t_1$  je čas, za který světlo urazí dráhu  $s_1$  ve vzduchu.
- Délka, kterou měřič chybně ukáže při měření v jiném prostředí, jehož skutečná délka je  $s_1$ , je:  $s_2 = ct_2$ , kde  $t_2$  je čas, za který světlo urazí dráhu  $s_1$  (nikoli  $s_2$ ) v daném (jiném) prostředí. Měřič totiž předpokládá, že světlo při měření prochází jen vzduchem, a proto správný čas  $t_2$  násobí chybnou rychlostí  $c$ .
- Skutečná délka je tedy stále  $s_1$  a platí pro ni:  $s_1 = vt_2$ , kde  $v$  je rychlost světla v daném (jiném) prostředí.

Na základě posledních dvou uvedených vztahů tudíž můžeme pro index lomu napsat:

$$n = \frac{c}{v} = \frac{\frac{s_2}{t_2}}{\frac{s_1}{t_2}} = \frac{s_2}{s_1}.$$

Index lomu daného prostředí je tedy roven podílu délky naměřené chybně v daném prostředí a délky naměřené správně ve vzduchu.

K uvedenému vztahu lze dojít také *následující úvahou*: Index lomu daného prostředí nám říká, kolikrát je světlo rychlejší ve vakuu (vzduchu) než v daném prostředí. Pokud se světlo v daném prostředí pohybuje pomaleji, registruje měřič delší čas, a tudíž ukáže větší délku



(přímá úměrnost pro rovnoměrný pohyb). Zobrazená délka je tolikrát větší, kolikrát je rychlost světla v daném prostředí menší. Index lomu tak bude roven podílu délky změřené chybně v daném prostředí („větší délka“) a délky změřené správně ve vzduchu („menší délka“).

### Index lomu různých prostředí na základě měření délky

V následující Tab. 1 jsou uvedeny naměřené délky a dopočítané indexy lomu různých prostředí. Pro představu o rozptylu naměřených hodnot je u každého prostředí uvedena nejmenší změřená délka  $s_{\min}$  a největší změřená délka  $s_{\max}$ . Dále je uvedena průměrná hodnota  $s_{\text{prum}}$ , která je typicky počítána ze šesti naměřených hodnot. Ta tedy obecně není přesně aritmetickým průměrem  $s_{\min}$  a  $s_{\max}$ . Z minimální, maximální a průměrné hodnoty délky jsou dopočítány indexy lomu  $n_{\min}$ ,  $n_{\max}$  a  $n_{\text{prum}}$ . Pokud je to možné, je také uvedena tabulková hodnota indexu lomu daného prostředí  $n_{\text{tab}}$  (viz [7], [8]). Délku nádoby jsme pomocí pravítka změřili jako 27,1 cm (použito u kapalin), délku tyčky z plexiskla jako 24,9 cm.

Tabulka 1. Naměřené délky použité k výpočtu indexu lomu různých prostředí a indexy lomu těchto prostředí.

Prostředí (látka)	$\frac{s_{\min}}{\text{cm}}$	$\frac{s_{\max}}{\text{cm}}$	$\frac{s_{\text{prum}}}{\text{cm}}$	$n_{\min}$	$n_{\max}$	$n_{\text{prum}}$	$n_{\text{tab}}$
slunečnicový olej	40,7	41,0	40,85	1,502	1,513	1,51	1,47
voda (kohoutková)	37,0	37,2	37,08	1,365	1,373	1,37	1,33
cukerný roztok I (250 ml vody + 50 g cukru)	37,4	37,7	37,53	1,380	1,391	1,38	---
cukerný roztok II (250 ml vody + 100 g cukru)	38,0	38,2	38,08	1,402	1,410	1,41	---
cukerný roztok III (250 ml vody + 150 g cukru)	38,7	39,1	38,90	1,428	1,443	1,44	---
limonáda (Kubík–jahoda)	37,0	37,3	37,15	1,365	1,376	1,37	---
plexisklo (tyčka)	37,6	37,9	37,72	1,510	1,522	1,51	1,49

- Z případů, kdy je možné porovnat index lomu určený na základě našich měření s indexem lomu uvedeným v tabulkách (olej, voda, plexisklo) vyplývá, že změřené hodnoty se od tabulkových liší maximálně o 3 %. (U slunečnicového oleje bylo provedeno porovnání s tabulkovou hodnotou pro rostlinný olej, u kohoutkové vody bylo provedeno porovnání s tabulkovou hodnotou pro vodu.)
- Index lomu obecně závisí také na vlnové délce použitého světla, takže tabulkové hodnoty indexu lomu bývají uvedeny jen pro určitou vlnovou délku světla.
- U cukerných roztoků (použit byl „bílý krystal“ z kuchyně) je na základě měření a výpočtů zřejmé, že s rostoucím podílem cukru roste index lomu roztoku. Tento trend koresponduje s tabulkovými hodnotami pro cukerný roztok uvedenými v [8].
- Limonáda (Kubík–jahoda) má na základě našich měření index lomu velmi podobný jako kohoutková voda, i když je tato limonáda sladká. Není to ovšem překvapením, protože podle informací na láhvi tohoto nápoje připadá na 100 ml nápoje „jen“ 4,9 g cukru, tj. jde o relativně malý podíl cukru (oproti našim roztokům I, II a III).

- Z naměřených hodnot, které vedou k určení indexu lomu vody a slunečnicového oleje, je zřejmé, že *být hustší* a *být opticky hustší* je skutečně něco jiného. Zatímco slunečnicový olej má menší hustotu (přesněji: objemovou hustotu hmotnosti) než voda, což víme z běžného života z kuchyně, má olej podle našich měření větší index lomu než voda, a tudíž je slunečnicový olej opticky hustší.
- Do měření a výpočtu indexu lomu kapalin nebyl zahrnut vliv nádoby, přesněji odlišný index lomu materiálu jejích stěn. S touto korekcí je možné se seznámit v [6].

## Závěrem

V tomto článku bylo představeno měření indexu lomu několika kapalin a jedné pevné látky pomocí bezkontaktního měřiče vzdálenosti, který se k měření vzdálenosti běžně používá v praxi. Bylo odvozeno, že index lomu se rovná podílu délky, kterou měřič ukáže při měření v daném prostředí, a skutečné délky (ve vzduchu). Měření indexu lomu jsou poměrně přesná, přestože v úvahách zanedbáváme stěny nádoby (při proměřování kapalin). Odchytky od hodnot uvedených v tabulkách jsou do 3 %. Při měření se ukázalo, že index lomu vodného roztoku cukru roste s rostoucím množstvím rozpuštěného cukru (což také odpovídá tabulkovým hodnotám). Ve výuce fyziky je možné se mimo jiné dále zabývat měřením indexu lomu dalších látek a zpřesňováním měření.

## Literatura

- [1] Baník I., Baník R.: *Tri triky z optiky*. In: Souhrnný sborník Veletrhu nápadů učitelů fyziky. [cit. 25. 8. 2021]. Dostupné online: <http://vnuf.cz/sbornik/prispevky/06-01-Banik.html>
- [2] Baník I., Chovancová M.: *Trochu optiky na domácej pôde*. In: Souhrnný sborník Veletrhu nápadů učitelů fyziky. [cit. 25. 8. 2021]. Dostupné online: <http://vnuf.cz/sbornik/prispevky/10-08-Banik.html>
- [3] Horváth P.: *Meranie indexu lomu svetla vo vode pomocou CD*. In: Souhrnný sborník Veletrhu nápadů učitelů fyziky. [cit. 25. 8. 2021]. Dostupné online: <http://vnuf.cz/sbornik/prispevky/18-06-Horvath.html>
- [4] Onderová Ľ.: *Jednoduché pokusy z optiky*. In: Souhrnný sborník Veletrhu nápadů učitelů fyziky. [cit. 25. 8. 2021]. Dostupné online: <http://vnuf.cz/sbornik/prispevky/11-18-Onderova.html>
- [5] *Souhrnný sborník Veletrhu nápadů učitelů fyziky*. [cit. 25. 8. 2021]. Dostupné online: <http://vnuf.cz/sbornik/>
- [6] *Měření indexu lomu pomocí digitálního dálkoměru*. [cit. 24. 8. 2021]. Dostupné online: <http://fyzikalnipokusy.cz/2184/mereni-indexu-lomu-pomoci-digitalniho-dalkomeru>
- [7] Kotlík B., Lank V., Růžičková K., Vondra M., Vošický Z.: *Matematické, fyzikální a chemické tabulky*. Fragment, Praha 2003. ISBN 978-80-7200-521-5.
- [8] *List of refractive indices*. [cit. 24. 8. 2021]. Dostupné online: [https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_refractive\\_indices](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_refractive_indices)

MUNI  
PRESS

MUNI  
SCI