

Pedagogická fakulta Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích  
Jednota českých matematiků a fyziků  
Fyzikální pedagogická společnost



## **Veletrh nápadů učitelů fyziky 28**

**Sborník z mezinárodní konference**

**1. 9. – 3. 9. 2023**

**České Budějovice**



**Katedra aplikované  
fyziky a techniky**

První vydání.

Editor: Ing. Michal Šerý, Ph.D.

Všechny příspěvky prošly pouze editační korekturou a za jejich obsah odpovídají autoři.

Neoprávněné užití tohoto díla je porušením autorských práv a může zakládat občanskoprávní, správněprávní, popř. trestněprávní odpovědnost.

© Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2023

ISBN: 978-80-7694-037-6 (online: PDF)

Sponzoři:



**BOSCH**



Energo



pedagogické  
nakladatelství



## OBSAH

<b>ÚVODNÍ SLOVO K VELETRHU NÁPADŮ UČITELŮ FYZIKY 28</b> .....	<b>7</b>
<b>PROGRAM KONFERENCE</b> .....	<b>9</b>
<b>RADIOAKTIVITA Z VIDA! DO ŠKOLY</b> .....	<b>22</b>
ADAM BLAHÁK	
<b>PĚTILETÉ UČITELSTVÍ NA PŘF MU</b> .....	<b>29</b>
ZDENĚK BOCHNÍČEK	
<b>NĚKOLIK PROJEKTŮ Z TÁBORA</b> .....	<b>33</b>
LYDIA CEHÁKOVÁ, ZDEŇKA KOUPILOVÁ, JAROSLAV REICHL	
<b>FYZIKLÁNÍ JAKO MEZINÁRODNÍ UDÁLOST OSLAVUJÍCÍ FYZIKU</b> .....	<b>42</b>
VOJTĚCH DAVID	
<b>DAVYHO LAMPA</b> .....	<b>47</b>
ZDENĚK DROZD	
<b>JEDNODUCHÉ POKUSY VE VÝUCE FYZIKY – PŘEŽIJÍ ROK 20XX?</b> .....	<b>51</b>
LEOŠ DVOŘÁK	
<b>TEST TOSLS – NÁSTROJ PRO HODNOCENÍ VĚDECKÉ GRAMOTNOSTI STUDENTŮ</b> .....	<b>64</b>
EVA HEJNOVÁ	
<b>OD POKUSU K ÚLOZE</b> .....	<b>74</b>
PAVLÍNA HEJSKOVÁ	
<b>SOUTĚŽ FERMIHO ÚLOHY – ANO ČI NE?</b> .....	<b>82</b>
RENATA HOLUBOVÁ	
<b>VYUŽITÍ ARDUINA VE VÝUCE FYZIKY</b> .....	<b>90</b>
JAN HRDÝ	
<b>PÍSKÁNÍ V HODINĚ FYZIKY POVOLENO</b> .....	<b>98</b>
JOSEF HUBEŇÁK	
<b>KORESPONDENČNÍ SEMINÁŘ VÝFUK</b> .....	<b>106</b>
SOŇA HUSÁKOVÁ	
<b>VOZÍČEK PRO POKUSY Z MECHANIKY S VELMI MALÝM VALIVÝM ODPOREM</b> .....	<b>109</b>
SOŇA HUSÁKOVÁ, JAN ZBOŽÍNEK, PAVEL KONEČNÝ	
<b>HMOTNOST HLAVY</b> .....	<b>113</b>
MARTIN JACKO	
<b>URČENÍ HUSTOTY ŽULY POKUSY</b> .....	<b>117</b>
FRANTIŠEK JÁCHIM	
<b>VERNIER – ZKOU MÁME SVĚTLO</b> .....	<b>122</b>
JAKUB JERMÁŘ	



<b>KRÁČÍM, KRÁČÍŠ, KRÁČÍ .....</b>	<b>124</b>
ZDEŇKA KIELBUSOVÁ	
<b>DEMONSTRAČNÍ SOUPRAVA PRO VÝUKU ELEKTRICKÝCH OBVODŮ .....</b>	<b>128</b>
VÁCLAV KOHOUT, VĚRA KOUDELKOVÁ	
<b>CO NÁM TECHNICKÝ POKROK PRO ŠKOLSKÉ POKUSY DAL A CO NÁM BERE. ....</b>	<b>136</b>
PAVEL KONEČNÝ	
<b>KAPICOVO KYVADLO .....</b>	<b>143</b>
PAVEL KONEČNÝ, JAN ZBOŽÍNEK, SOŇA HUSÁKOVÁ	
<b>DALŠÍCH 24 KONCEPTUÁLNÍCH ÚLOH ANEB DRUHÝ ROČNÍK FYZIKÁLNÍHO „KALENDÁŘE“ .....</b>	<b>153</b>
ZDEŇKA KOUPILOVÁ	
<b>RŮZNÉ? STEJNÉ! – SADY VÝUKOVÝCH KARET .....</b>	<b>157</b>
ZDEŇKA KOUPILOVÁ	
<b>VYBRANÉ MODELY KRYSTALOVÝCH STRUKTUR PŘI VÝUCE STŘEDOŠKOLSKÉ FYZIKY .....</b>	<b>160</b>
FRANTIŠEK LAUFEK	
<b>ENERGETICKÉ HLADINY ATOMU VODÍKU .....</b>	<b>168</b>
JANA LEGERSKÁ	
<b>VZDÁLENÝ EXPERIMENT MATEMATICKÉ KYVADLO NA PŘÍRODOVĚDECKÉ FAKULTĚ UJEP V ÚSTÍ NAD LABEM A NA DVACETI DALŠÍCH ŠKOLÁCH NA RŮZNÝCH ZEMĚPISNÝCH ŠÍŘKÁCH .....</b>	<b>178</b>
FRANTIŠEK LUSTIG, EVA HEJNOVÁ	
<b>CO NOVÉHO V 9. ROČNÍKU PROJEKTU „VÍM PROČ“ .....</b>	<b>185</b>
DANIELA MARTINCOVÁ, JAN PTÁČNÍK	
<b>NETRADIČNÍ ELEKTROSTATICKÉ GENERÁTORY .....</b>	<b>188</b>
PAVEL MASOPUST, JIŘÍ KOHOUT	
<b>UKÁZKY ABSOLVENTSKÝCH PRACÍ .....</b>	<b>195</b>
OTAKAR MATOUŠ, JAROSLAV REICHL	
<b>ELEKTRONICKÁ UČEBNICE FYZIKY .....</b>	<b>201</b>
TOMÁŠ NEČAS, MIROSLAV KUBERA, VOJTĚCH BENĚŠ	
<b>CO CHYBÍ ZAČÍNÁJÍCÍMU UČITELI FYZIKY .....</b>	<b>203</b>
MAREK SCHOLZ	
<b>STEM POKUSY S LASEREM .....</b>	<b>206</b>
VÁCLAV ŠEBELÍK	
<b>MĚŘENÍ RYCHLOSTI ZVUKU VE VODĚ A LIHU POMOCÍ PIEZOELEKTRICKÝCH HYDROFONŮ .....</b>	<b>211</b>
MICHAL ŠERÝ, VLADIMÍR VOCHOZKA	
<b>MĚŘENÍ NÁBOJE KULIČKY ELEKTRICKÉHO KYVADÉLKA .....</b>	<b>217</b>
VÁCLAV ŠLOUF	
<b>TERMOKAMERA JAKO PROSTŘEDNÍK MEZI FYZIKOU A BIOLOGIÍ .....</b>	<b>220</b>
JIŘÍ TESAŘ, VÁCLAV MEŠKAN	
<b>BÁDÁNÍ S NADŠENÍM III: INSPIRACE Z KLATOVSKÉHO LOGIQ KLUBU NADANÝCH DĚTÍ 2023 .....</b>	<b>224</b>
KATEŘINA VÁGNEROVÁ	

<b>FYKOS A EXPERIMENTÁLNÍ STÁŽE NA MFF UK.....</b>	<b>227</b>
MARTIN VANĚK	
<b>VÝUKOVÁ SOUPRAVA SESTRA.....</b>	<b>232</b>
VLADIMÍR VÍCHA, MICHAEL HOLÍK	
<b>2D A 3D MODEL SAMONOSNÉHO OBLOUKU .....</b>	<b>240</b>
VLADIMÍR VOCHOZKA, TOMÁŠ SOSNA	
<b>VIZUALIZACE KONDUKCE TERMOKAMEROU .....</b>	<b>245</b>
VLADIMÍR VOCHOZKA, TOMÁŠ SOSNA	

## Úvodní slovo k Veletrhu nápadů učitelů fyziky 28

Tato tradiční konference se uskutečnila ve dnech 1. 9. – 3. 9. 2023 v Českých Budějovicích. Celým průběhem v pořadí již 28. ročníku Veletrhu se neslo motto „Výuka fyziky není nudná“. Konference navázala na předchozí veletrhy v letech 2003 a 2015, které rovněž pořádala katedra aplikované fyziky a techniky Pedagogické fakulty Jihočeské univerzity. Pedagogická fakulta v Českých Budějovicích letos totiž slaví 75 let od svého vzniku a Veletrh nápadů učitelů fyziky významně přispěl k oslavám tohoto výročí. Záštitu nad konferencí převzal rektor Jihočeské univerzity prof. PhDr. Bohumil Jiroušek, Dr., který ve svém zahajovacím projevu vyzdvihl význam fyziky a technického vzdělávání pro rozvoj společnosti. Akce tohoto rozsahu se neobešla bez sponzorů, nejvýznamnějšími byly Jednota českých matematiků a fyziků, Společnost Robert Bosch, spol. s r. o., Nakladatelství SPN, a.s., I & C Energo a Nakladatelství Prometheus.

Celé jednání Veletrhu včetně ubytování a stravování proběhlo v areálu Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích. Účastníci se tak mohli naplno věnovat zajímavým a inspirujícím příspěvkům stejně jako získávat nové kontakty a spolupracovníky pro další rozvoj didaktiky fyziky, aniž by ztráceli čas přejížděním nebo hledáním vhodného stravovacího zařízení. Neodmyslitelnou součástí Veletrhu byl už tradičně společenský večer, který se rovněž uskutečnil v univerzitním kampusu. I ten přispěl k dobré pohodě účastníků a nenechal nikoho na pochybách, že komunita didaktiků a učitelů fyziky je „skvělá parta“.

Konference se zúčastnilo 120 účastníků (včetně členů organizačního výboru a studentů Mgr. a Dr. studia z jiných VŠ) a 7 studentů z PF JU z toho 1 student Dr. studia. V průběhu jednání zaznělo 46 ústních příspěvků a bylo prezentováno 9 posterů a výstavek. Ozdobou konference byly tři zvané přednášky, které se svým zaměřením nepřekrývaly, a právě naopak ukázaly profesní sílu komunity didaktiků fyziky. Největší ohlas vzbudil příspěvek Mgr. Zdeňka Michalčíka, Ph.D., absolventa Pedagogické fakulty JU. Jak z názvu příspěvku (Jak se z učitele fyziky stát operátorem na jaderném reaktoru ETE) vyplývá, autor seznámil auditorium s procesem přípravy a práce operátora na jaderném reaktoru ETE. Také obě další zvané přednášky doc. RNDr. Leoše Dvořáka, CSc. (Jednoduché pokusy ve výuce fyziky – přežijí rok 20xx) a doc. PaedDr. Lubomíry Valovičové, Ph.D. (Od hrania sa až po fyzikálne aktivity) vzbudily oprávněnou pozornost a zavdaly podnět k bohaté diskuzi.

Cílem pořadatelů bylo zaměřit pokud možno jednotlivé bloky monotematicky. Největší zastoupení měly tradičně příspěvky zaměřené na ukázky a zařazení experimentů do výuky fyziky na všech typech škol. Za velmi podnětné lze považovat příspěvky, které řešily výuku fyziky z hlediska perspektivy – jednalo se především o problematiku učebnic fyziky, zvláště pro gymnázia, možnost uceleného magisterského studia učitelství fyziky a další návrhy na inovaci výuky fyziky. V duchu současného trendu zazněly příspěvky zaměřené na mezipředmětové vztahy, resp. některé náměty na realizaci výuky STEM, včetně příspěvku o profesní přípravě ve firmě BOSCH. Silné zastoupení měly také příspěvky zabývající se aktuálním tématem „péče o talentované žáky ve fyzice“ – tato oblast se stala doménou především účastníků - studentů učitelství fyziky, kteří seznámili auditorium s mnoha akcemi, které se uskutečnily v uplynulém období.

Informace o konferenci – program, seznam účastníků a sborník – jsou dostupné na stránkách Veletrhu: <https://home.pf.jcu.cz/~vnuf28/index.php> Některé příspěvky budou dostupné i na Fyzwebu: <http://fyzweb.cuni.cz/>

Příspěvky, přednesené na 28. Veletrhu, jsou ve sborníku uvedeny v abecedním pořadí prvních autorů. Texty příspěvků byly jen technicky, popř. typograficky upraveny pro publikaci a nebyly v nich provedeny žádné věcné ani jazykové úpravy.

Konference byla akreditována MŠMT jako akce DVPP pod čj. MSMT- 8369/2023-3-319.

Za organizační výbor Jiří Tesař

## Program konference

**Pátek 1. 9. 2023**

**Moderoval: Jiří Tesař**

13:00 - zahájení (děkanka PF, rektor JU)

13:20 Leoš Dvořák

### ***Jednoduché pokusy ve výuce fyziky - přežijí i do budoucna?***

O tom, že jednoduché pokusy jsou oblíbeným kořením ve výuce fyziky, svědčí mimo jiné i řada ročníků Veletrhu nápadů. Přesto existují důvody k obavám, zda do budoucna nemohou být „ohroženým druhem“. V příspěvku se jich zastaneme, podíváme se na ně i z obecnějších a trochu netradičních pohledů, a samozřejmě si ty obecné řeči budeme demonstrovat na příkladech konkrétních pokusů...

13:45 Václav Kohout, Věra Koudelková

### ***Demonstrační souprava pro výuku elektrických obvodů***

V příspěvku představíme námi vyvinutou demonstrační soupravu pro výuku elektřiny na základní škole. Souprava obsahuje součástky pro demonstraci základních elektrických obvodů (včetně polovodičů) i pro měření proudu a napětí. Základní princip soupravy je magnetické propojování vodičů a jednotlivých součástek. Součástky jsou zároveň koncipovány tak, aby je bylo možno umístit na magnetickou tabuli.

14:05 Vladimír Vochozka, Tomáš Sosna

### ***Vizualizace kondukce termokamerou***

Příspěvek popisuje tři pokusy z oblasti vedení tepla, jejichž průběh je vizualizován pomocí termokamery. První pokus demonstruje rozdílné vedení tepla u modelu okna s jednoduchým sklem a dvojitým sklem. V druhém pokusu je pozorováno dlouhodobé ohřívání balonku s vodou nad plamenem lihového kahanu. V třetím pokusu je pozorováno různé chování nádob s vodou o vyšší teplotě, než je teplota okolí, s vrstvou pěny a bez ní nad jejich volnou hladinou.

14:20 Josef Hubeňák

### ***Pískání v hodině fyziky povoleno***

Fyzikální akustika nabízí celou řadu experimentů s různými zdroji zvuku. Snadno dostupné a relativně levné jsou zdroje vysokých frekvencí, buzené elektrickým signálem. Jsou určeny pro poplašná zařízení, přivolání obsluhy nebo odpuzování škůdců. Jde o miniaturní reproduktory, většinou piezoelektrické, případně magnetodynamické. Potřebný harmonický signál poskytnou aplikace v PC nebo v notebooku a pro měření decibelů najdeme vhodnou aplikaci pro mobil. S touto výbavou mohou studenti měřit frekvenční charakteristiku, najít vlastní rezonance daného reproduktoru, sestavit polární graf směrové charakteristiky. S dvojicí stejných reproduktorů mohou sledovat interferenci.

14: 40 Václav Pazdera

***Pár zajímavých nápadů XIII***

V příspěvku prezentuji pár zajímavých nápadů, na kterých jsem v poslední době pracoval. Většina těchto nápadů vznikla na setkáních Elixíru a Heuréky kolegů učitelů fyziky.

15: 00 Marek Scholz

***Co chybí začínajícímu učiteli a jak to napravit?***

Příspěvek představí tři rozpracované projekty, jejichž společným cílem je usnadnit práci zejména začínajícím učitelům, prospět studentům a umožnit posun k diferencované výuce: 1) výuková YouTube videa pro středoškolskou fyziku, 2) sdílené interaktivní kvízy na platformě Quizizz, 3) webové stránky pro sdílení zkušeností a materiálů mezi učiteli. Společně se také zamyslíme nad širším tématem spolupráce a sdílení v učitelské komunitě.

15: 15 Zdeněk Drozd

***Davyho lampa***

Davyho lampa je názorným příkladem praktického uplatnění fyzikálních poznatků, v tomto případě v hornictví. Byla prvním bezpečným zdrojem světla v dolech a zachránila velké množství lidských životů. V hodinách fyziky většinou ukazujeme princip Davyho lampy např. pomocí cedníku a svíčky. Autorovi příspěvku se podařilo sehnat skutečnou Davyho lampu, která byla používána v dolech v Harzu, V příspěvku na VNUF 2023 bude tato lampa předvedena účastníkům, což umožní udělat si konkrétní představu o tom, jak tato užitečná hornická pomůcka fungovala. Autor předvede hlavní fyzikální princip, který je zde využíván. Zmíní se i o modernějších modifikacích Davyho lampy.

**Pátek 1. 9. 2023**

**Moderoval: Vojtěch Žák**

16:00 Lukáš Franta, Jan Dvořák

***Bosch - jak motivovat žáky pro studium technických oborů***

V našem vývojovém centru v Českých Budějovicích využíváme fyziku denně v každodenním životě. Abychom si i v budoucnu udrželi vysokou úroveň technických znalostí, podporujeme aktivity vedoucí k rozvoji technického vzdělávání. V rámci našeho konceptu BQC (Bosch Qualification Centre) se zaměřujeme na mladé talenty, kterým ve firmě v rámci praxe ukážeme aplikaci naučené látky ze školy. Zároveň podporujeme střední školy, aby mohly lépe a zajímavějším způsobem vzdělávat žáky - a tím podpořili jejich motivaci. Naše aktivity realizujeme kvůli budoucímu rozvoji vývojového centra Bosch v ČB i s přihlédnutím k zachování zaměstnanosti v regionu tak, abychom dokázali společně vychovat další generaci inženýrů.

16:20 Vladimír Vochozka, Tomáš Sosna

***Modely „magnetického auta“ a oblouku***

V příspěvku je popsán pokus vycházející z memu „Magnet Car“, který je známý mezi žáky základních a středních škol v České republice i zahraničí. Text obsahuje popis fyzikální podstaty memu společně s jeho 3D návrhem a sadou pokusů, které vedou k jeho vysvětlení. Model oblouku je známý pokus používaný k demonstraci rozkladu sil. V příspěvku jsou nastíněny dvě situace, kdy se oblouk chová jako „samonosný“ a kdy ne. Na příkladech je vysvětleno, co souvisí se „samonosností“ a jak lze využít jednu ze základních vlastností FFF 3D tisku k demonstraci tohoto jevu.

16:35 Jan Zbožínek, Soňa Husáková

***Vozíček pro pokusy z mechaniky s velmi malým valivým odporem***

V příspěvku bude prezentována konstrukce vozíčku s velmi malým valivým odporem. V konstrukci jsou využity jak klasické postupy tak 3D tisk a hotové komponenty. Výsledkem je vozíček s relativně malou hmotností a malými valivými odpory, což umožňuje předvádět ne zcela obvyklé pokusy. Jedná se o výsledek studentské práce v rámci předmětu Mechanika vlastníma rukama.

16:50 Tereza Fürstová, Tomáš Kopriva

***Fyzika všemi smysly - pokusy pro střední školy***

Příspěvek se soustředí na prezentaci projektu Fyzika všemi smysly. V rámci tohoto projektu pořádáme na objednání představení na středních školách, během kterého ve dvou vyučovacích hodinách předvedeme a necháme žáky provést několik experimentů zaměřených na jevy z optiky, akustiky, mechaniky a elektromagnetismu, ale uděláme si i přesah do biologie a chemie. Žákům jsme v minulém školním roce dali možnost zhodnotit experimenty a ty nejméně kladně hodnocené jsme nahradili novými.

17: 05 Václav Šebelík

***STEM pokusy s laserem***

V prezentaci bude předvedeno několik STEM experimentů s laserem proveditelných s vybavením dostupným na středních školách. Tyto experimenty je možné využít např. při vysvětlování difuze nebo po domluvě s učitelem/učitelkou biologie při výkladu o DNA. Studenti mohou tyto experimenty sestavit díky jejich nenáročnosti sami a v rámci různých akcí na PřF JU tak středoškolští studenti pravidelně činí.

17: 20 František Lustig, Eva Hejnová, Pavel Brom

***Vzdálený experiment matematické kyvadlo na UJEP Ústí nad Labem a na deseti dalších školách na různých zeměpisných šířkách***

Příspěvek se věnuje vzdálenému experimentu s matematickým kyvadlem. Matematické kyvadlo je klasický školní experiment, který je asi ve všech školních laboratořích na SŠ i VŠ. Jednoduchý hands-on experiment, na kterém studujeme dobu kyvu v závislosti na délce závěsu, též měříme tíhové zrychlení. My jsme tento experiment zrealizovali jako vzdálený experiment,

který je přístupný 24/7 bez hesla komukoliv odkudkoliv. Dále jsme byli účastníky mezinárodního projektu WP@Elab, který provozuje 20 identických vzdálených matematických kyvadel, která jsou provozována na vysokých školách po celém světě. Tato kyvadla jsou na různých zeměpisných šířkách, a tudíž máme možnost naměřit tíhové zrychlení v závislosti na poloze na Zeměkouli.

17:35 Michal Šerý, Vladimír Vochozka

### ***Měření rychlosti zvuku ve vodě pomocí piezoelektrických hydrofonů***

V příspěvku je popsán návrh, konstrukce dílů a realizace pokusu s měřením rychlosti zvuku ve vodě s využitím jednoduchého hydrofonu sestrojeného z piezoelektrického elementu. Rychlost zvuku je určována ze zpoždění signálu mezi dvěma hydrofony. Signál je měřen pomocí zvukové karty a programu Audacity.

17:50 Pavel Masopust, Jiří Kohout

### ***Netradiční elektrostatické generátory***

V příspěvku se budeme zabývat ne úplně známými elektrostatickými generátory. Konkrétně bude věnována pozornost Kelvinovu kapkovému generátoru a možností jeho konstrukce v prostředí školy. Bude řešen i generátor založený na rozdílu potenciálu na zemi a v určité výšce nad zemí, které bude dosaženo pomocí běžně dostupného komerčního dronu, a případné další netradiční přístupy. Pozornost bude věnována i didaktickým aspektům této problematiky.

## **Sobota 2. 9. 2023**

### **Moderoval: Leoš Dvořák**

8:30 Zdeněk Michalčík

### ***Jak se z učitele fyziky stát operátorem na jaderném reaktoru ETE***

Příspěvek ukazuje cestu absolventa PF JU od učitele fyziky k profesi operátora jaderného bloku ETE. Kromě toho podává přehled o jeho náplni práce, parametrech ETE, resp. jeho provozu a bezpečnosti včetně potřebného teoretického základu.

9:00 Jiří Tesař, Václav Meškan

### ***Termokamera jako prostředník mezi fyzikou a biologií***

Příspěvek ukáže praktické využití termokamery při vyhledávání a záchraně srnčat a jiné zvěři při senoseči pomocí dronu. Kromě praktické ukázky naznačuje i didaktické zařazení do výuky na základní škole.

9:20 Vojtěch Žák, Věra Koudelková

### ***Jak na elektřinu a magnetismus na SŠ ve 25 hodinách?***

V příspěvku představíme hlavní myšlenky toho, jak jsme uchopili elektřinu a magnetismus v nově vznikající učebnici fyziky pro SŠ (nejen gymnázia). Elektřině a magnetismu věnujeme



přibližně 25 vyučovacíh hodin, během kterých žáky vedeme zejména k přemýšlení, provádění experimentů a k pochopení základů, ale nabízíme také možnosti, co dělat navíc. Vznikající učebnice nemá být "čítankou o fyzice", ale praktickou pomůckou k tomu, aby se žáci něco naučili. V příspěvku stručně představíme jednotlivé kapitoly z elektřiny a magnetismu, klíčové fyzikální pojmy a několik konkrétních ukázek žakovských aktivit přímo do výuky, včetně experimentů.

9:35 Zdeňka Koupilová, Pavel Böhm, Jakub Jermář

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

Známkou hlubšího pochopení významu je schopnost daný jev či pojem rozpoznat v různých podobách (reprezentacích), což platí i pro fyzikální a matematické veličiny, jevy a zákony. V příspěvku budou představeny sady karet a aktivit s nimi, jejichž základem je právě uvedená myšlenka, ale hlavně se příspěvek zaměří na metodickou webovou podporu, jejímž cílem je ulehčit učitelům využití karet ve výuce.

9:45 Jakub Jermář

### ***Vernier - zkoumáme světlo***

Budeme naživo experimentovat se soupravou pro studium difrakce a zmíníme i další experimenty s různými optickými sadami Vernier (OEK, CM-OEK, M-OEK, PAK-OEK).

10:00 František Jáchim

### ***Jaká je hustota žuly***

Příspěvek popisuje práci žáků 6. ročníku ZŠ při určování hustoty žuly. Žáci navrhli získání vzorků žuly (dlažební kostka, posypová drť, nález v přírodě, železniční svršek, doplněno o vzorek z kamenictví) a postup, jak s jejich využitím určit hustotu tohoto nerostu. Ukázka práce ve skupinách a celkové zhodnocení.

## **Sobota 2. 9. 2023**

### **Moderoval: Pavel Masopust**

10:45 Martin Jacko

### ***Hmotnost hlavy***

Ukázka části hodiny na téma Archimédův zákon - lze ZŠ i SŠ. Na základě videa bude formulována problémová úloha, navrhnete jako žáci její řešení a na základě experimentu budou návrhy ověřeny případně korigovány.

11:00 Miroslav Staněk

### ***O energii a výkonu (českého fyzikáře) když se spojí stará fyzika a nová informatika***

Je současný strach "z informatiky" srovnatelný s historickým strachem "z elektriky"? Můžeme ve jménu rozvoje jedné gramotnosti rezignovat na ostatní? Jaký je rozdíl mezi skotským

inženýrem a britským vědcem? Jste ve světle kurikulárních reforem dost výkonní? A zbývá vám na ni ještě nějaká energie? Tyto otázky zvedne (a na některé i odpoví) příspěvek, jehož forma bude formou badatelského, zkušenostního a novými technologiemi podpořeného experimentu.

11:15 Vladimír Vícha

### ***Výuková souprava SESTRA***

Akronym SESTRA znamená School Education Set with Timepix for Radiation Analysis. Jde o výukovou soupravu vyvinutou na ÚTEF ČVUT určenou pro reálné experimenty s ionizujícím zářením prováděné s pixelovým detektorem MiniPIX EDU. V příspěvku budou představena všechna vylepšení z posledního roku vývoje, včetně možnosti experimentů s detekcí neutronů. Některé z doplňků mohou být užitečné i pro majitele starších souprav Edukit s detektorem MX-10.

11:35 Jan Smolek

### ***Zjišťování hustoty pevných látek pomocí měření indexu lomu kapaliny.***

Příspěvek popisuje návrh praktického zjišťování hustoty pevných látek pomocí dnes poměrně běžně dostupného ručního hranolového refraktometru. Měření sestává ze dvou částí, vyvážení tělíska v kapalině a zjištění hustoty kapaliny, přičemž každý z kroků má svá úskalí.

11:50 Pavel Konečný

### ***Co nám technický pokrok pro školské pokusy dal a co nám bere.***

Profesor Zahradníček v úvodu své knížky Základní pokusy fyzikální z roku 1945 píše, že jen pokus, k jehož přípravě a provedení je vynaložen přiměřený čas, jen pokus, jež lze vykonat přístrojem přiměřené ceny, jen takový pokus má cenu ve školním vyučování.

12:05 Soňa Husáková, Jan Zbožínek

### ***Kapicovo kyvadlo***

V rámci příspěvku budou předvedeny pokusy s Kapicovým kyvadlem. Kapicovo kyvadlo je fyzické kyvadlo s osou otáčení konající kmitavý pohyb po přímce. Při tom mohou vznikat zajímavé efekty. Vibrace závěsu kyvadla zvyšují frekvenci kývání a za určitých okolností může mít kyvadlo rovnovážnou polohu i s těžištěm nad osou otáčení. Bude popsáno, jak lze takové zařízení velmi jednoduše vyrobit. Jedná se o výsledek studentské práce v rámci předmětu Mechanika vlastníma rukama.

12:20 Václav Šlouf

### ***Měření náboje kuličky elektrického kyvadélka***

Elektrické kyvadélko je učební pomůcka určená k demonstraci práce konané silami v homogenním elektrickém poli. Pokus lze dále využít ke zjištění elektrického náboje kuličky kyvadélka. K tomuto účelu je zapotřebí změřit hodnoty několika parametrů, a to prostřednictvím tradičních i méně běžných pomůcek. Vzhledem k použití řady vztahů tento pokus zprostředkuje zajímavé propojení různých oblastí fyziky vyučovaných na střední škole.

**Sobota 2. 9. 2023**

**Moderoval: Josef Hubeňák**

13:30 Lubomíra Valovičová

***Od hrania sa až po fyzikálne aktivity***

V príspevku predstavíme prírodovedné „hranie“ s deťmi z materských škôl na Fakulte prírodných vied a informatiky UKF v Nitre cez 3 aktivity: Hráme sa na Einsteina (celoročný prírodovedný program pre predškolačkov), Malý bádateľ (deti menia na malých bádateľov a vedeckých objaviteľov – cez jednoduché experimenty a pozorovania sa učia základným prírodovedným javom a vytvárajú si tak pevný základ pre ďalšie vzdelávanie), VEDET – skok do prázdnin (25 stanovíšť, ktoré sa týkajú prírodných vied, ktoré dávajú deťom možnosť získať nové poznatky). Všetky tieto aktivity majú spoločný cieľ - podnietiť zvedavosť a lásku k prírode a vede u detí už od útleho veku. Zameriame sa na ukážku integrovania bádateľských aktivít do vzdelávania v materských školách, ktoré povzbudzujú zvedavosť detí. Na záver príspevku by sme radi predstavili náš fyzikálny tábor s názvom "FAJN - Skok do Vedy". Tento tábor je špeciálne navrhnutý pre žiakov prvého stupňa základných škôl, a hlavne pre našich škôlkarských absolventov. Chceme ich podporiť a zároveň udržať ich záujem o prírodu a vedu živým.

14:00 Zdeněk Bochníček

***Pětileté učitelství na PřF MU***

Návrat k pětiletým učitelským programům je téma, které se v poslední době objevuje stále častěji. Má své příznivce i odpůrce. Na PřF MU jsme odhodláni, se o akreditaci pětiletých programů učitelství všech přírodních věd pokusit.

14:15 Renata Holubová

***Soutěž Fermiho úlohy - ano či ne?***

Katedra experimentální fyziky PřF UP v Olomouci organizuje soutěž v řešení Fermiho úloh pro žáky a kolektivy žáků základních a středních škol. V roce 2022/23 proběhl již 17. ročník této soutěže. V příspěvku se zamyslíme nad charakteristikou tohoto typu úloh a také zejména nad tím, zda mohou přispět k motivaci žáků generace Z a Alfa ve výuce přírodovědných předmětů. Uvedeme konkrétní příklady řešení těchto úloh - v případě korespondenčních kol, kdy mají žáci přístup k nejrůznějším zdrojům informací a v případě Finále, které probíhá na fakultě. Zde jsou řešitelé odkázáni jen na své vlastní znalosti, nápady, kreativitu.

14:30 Zdeňka Kielbusová

***Kráčím, kráčíš, kráčí***

Krok je nejen stará jednotka délky, ale také základní prvek pohybu. Příspěvek představí několik jednoduchých experimentů a hraček, které tohoto prvku využívají.

14:45 Kateřina Vágnerová, Jitka Houfková

***Bádání s nadšením - nejpovedenější školkové a prvostupňové badatelské aktivity z uplynulého školního roku***

Představení nejpovedenějších badatelských aktivit pro zvědavé školkové a prvostupňové děti z letošního ročníku badatelské soutěže Pohár vědy. V příspěvku bude ukázán průběh řešení badatelských úkolů dětmi a naznačeno možné využití ve výuce fyziky u starších věkových kategorií.

15:00 František Laufek

***Vybrané modely krystalových struktur ve výuce středoškolské fyziky***

V příspěvku budou prezentovány modely krystalových struktur diamantu a grafitu, na kterých bude předveden vliv krystalové struktury na vybrané fyzikální vlastnosti (tvrdost, štěpnost, elektrická vodivost). Bude představen model nejtěsnějšího uspořádání koulí (hexagonální a kubické), který byl sestaven z polystyrénových koulí. Model lze snadno sestavit a může sloužit jako žákovský i demonstrační. Přibližuje krystalové struktury vybraných kovů. Je na něm možné ukázat tři základní typy dutin – trigonální, tetraedrickou a oktaedrickou. Z polystyrénových koulí byly také sestavené modely primitivní, plošně a tělesně centrované kubické buňky. Modely názorně ukazují uspořádání atomů v příslušných krystalových strukturách a lze je tak použít jako vhodných didaktických prostředků (názornou pomůcku) při výpočtu důležitých parametrů struktur (koeficient zaplnění, koordinační číslo, velikost dutin, hustota).

15:15 Pavlína Hejsková

***Od pokusu k úloze***

Pokus i úloha hrají významnou roli ve výuce fyziky, obojí má motivační charakter, vede ke zvýšení zájmu studentů a žáků. Vhodné propojení nabízí vazby výpočtových a experimentálních úloh. Zde dochází k nastínění několika takových konkrétních případů využitelných při výuce fyziky. Pro ilustraci jsou zde příklady pro základní i střední školy. Poukázáno je na rozdíly v přístupu i zpracování a využití matematického aparátu.

15:25 Pavel Böhm

***Kuchařky jednoduchých experimentů a další novinky***

V příspěvku stručně představím nové oborově zaměřené pojetí Kuchařek jednoduchých experimentů a ukážu i některé nové experimenty.

## 16:00 – Postery

Eva Hejnová

### ***Test TOSLS - nástroj pro hodnocení vědecké gramotnosti studentů***

Formou posteru bude představen Test vědecké gramotnosti (TOSLS - Test of Scientific Literacy Skills), který byl v zahraničí poprvé publikován v roce 2012. Test byl použit k hodnocení úrovně vědecké gramotnosti studentů již v mnoha zemích a nyní je k dispozici také v češtině. Tvoří ho 28 otázek s možností výběru jedné ze čtyř odpovědí. Testové položky vycházejí z reálných problémů, které se zaměřují na devět oblastí vědeckého uvažování (např. vyhodnocení zdroje informací, čtení a interpretace grafického znázornění dat, identifikace platného vědeckého argumentu atd.). Test je primárně určen pro testování studentů vysokých škol, ale může být dobře využit i ve vyšších ročnících středních škol. Na začátku roku 2023 byl test zadán 130 studentům ze tří českých vysokých škol a také 195 studentům 3. a 4. ročníků ze šesti gymnázií v Ústeckém kraji. V příspěvku budou prezentovány některé vybrané úlohy z testu, které studentům dělaly největší potíže.

Jan Hrdý

### ***Nová řada učebnic fyziky pro střední odborné školy***

Připravil jsem sadu učebnic pro střední odborné školy technického i netechnického zaměření. Charakteristické pro ně je, že jsou k dispozici ve dvou obsahově i formálně stejných provedeních - v elektronické i tištěné podobě. Elektronická verze je určena pro žáky a pro výuku (žáci i učitel si mohou samostatně tisknout jednotlivé partie podle vlastního uvážení), tištěná verze je plnobarevná a na křídovém papíře formátu A4. Je určena pro učitele a do školní knihovny (1-2 ks). Obsah učebnic *přesně* odpovídá aktuálnímu RVP.

Zdeňka Koupilová

### ***Dalších 24 konceptuálních úloh aneb druhý ročník fyzikálního "kalendáře"***

Konceptuální úlohy představují v Čechách trochu neznámý, a tedy i méně používaný typ úloh. Poster přinese příklady těchto úloh z různých fyzikálních oblastí i souhrn zkušeností s jejich použitím ve veřejné soutěži.

Jan Dirlbeck, Jaroslav Kočvara

### ***Výstavka bude ukazovat levitaci těles.***

Jindřiška Svobodová

### ***Fyzika a dálkový průzkum Země***

Tepelný ostrov je oblast, kde ve srovnání s okolní krajinou výrazně rozdílná teplotní dynamika. Ukážeme, jak lze využitím středoškolské fyziky a dnes běžné dostupné technologie Dálkového průzkumu Země získat řadu informací pro konkrétní lokalitu. Zadání je vhodné pro samostatný projekt středoškoláků.

Adam Blahák

***Radioaktivita z VIDA! do školy***

Představím jednoduché modely a učební pomůcky ze vzdělávacího programu „Radioaktivita kolem nás“ z brněnského science centra VIDA!, které lze využít na základní i střední škole. Zmíním i, kde lze legálně narazit na radioaktivní vzorky do výuky.

Soňa Samková, Radka Procházková

***Novinky nakladatelství SPN***

Prodejní výstava + poster

**Neděle 3. 9. 2023**

**Moderovala: Eva Hejnová**

9:00 Jan Hrdý

***Využití arduina ve výuce fyziky***

Programování mikropočítače Arduino se stává stále populárnější nejen na středních a vysokých školách se zaměřením na mikroprocesorovou techniku, ale v poslední době také na gymnáziích. Příspěvek se snaží zmapovat a usnadnit první krůčky v tomto oboru. Názorně poskytuje teoretické i praktické informace. Příspěvek je doplněn také praktickými ukázkami. Vzhledem k tomu, že mikroprocesorová stavebnice Arduino je kompatibilní s velkým počtem nejrůznějších fyzikálních čidel, navíc cenově velmi dostupných, nabízí se přímo její využití ve výukovém fyzikálním experimentu.

9:15 Jana Legerská

***Energetické hladiny atomu vodíku***

Kvantování energie v atomech a energetické hladiny atomu vodíku nechybí v žádné učebnici fyziky mikrosvěta. Jak je ale představit studentům prakticky? Příspěvek popisuje, jak lze emisní spektrum vodíku ve výbojové trubici zobrazit na stínítko a jak pomocí spektrometru a dřevěných špalíčků nechat studenty objevit systém energetických hladin v atomu vlastníma rukama.

9:30 Jaroslav Reichl, Otakar Matouš

***Ukázky absolventských prací***

V příspěvku budou popsány vybrané absolventské práce žáků 4. ročníku SPŠST Panská v Praze, které žáci obhájili v rámci maturitní zkoušky. Práce se mohou stát inspirací pro různé aktivity žáků nad rámec běžné výuky (kroužky, projektové dny, ...)

9:45 Martin Vaněk

***FYKOS a experimentální stáže na MFF UK***

Jeden z nejdůležitějších způsobů, kterým Fyzikální korespondenční seminář MFF UK (FYKOS) přispívá ke vzdělávání středoškoláků a podněcování jejich zájmu o fyziku, je přibližování reálné vědecké praxe, ať už v rámci akcí jako Den s experimentální fyzikou nebo, tento rok poprvé, organizací stáží na MFF UK pro nejlepší řešitele experimentálních úloh FYKOSu, avizovaných v příspěvku z minulého roku. Na ten letos volně navážeme, a povíme si o průběhu prvního ročníku stáží – jak se připravovaly, probíhaly, co si z nich účastníci odnesli a plány do budoucna – a zároveň krátce připomeneme ostatní fyzikálně-vzdělávací a popularizační aktivity FYKOSu.

**Neděle 3. 9. 2023**

**Moderovala: Zdeňka Kielbusová**

10:30 Tomáš Nečas, Vojtěch Beneš, Miroslav Kubera

***E-manuel - online učebnice fyziky pro gymnázia***

V minulém roce jsme v Brně dokončili práci na elektronické učebnici fyziky. Tato učebnice pro tříletý gymnaziální kurz je dostupná na webu: <https://e-manuel.cz/>. Rádi bychom vám ji v našem příspěvku blíže představili.

10:45 Karel Kolář

***Novinky z nakladatelství PROMETHEUS v roce 2023***

V roce 2023 slavíme již 30 let našeho nakladatelství. V příspěvku přineseme pár novinek ohledně postupně realizovaného převodu CD na elektronický doplněk (ED) a s tím souvisejících nových vydání učebnic Fyziky pro gymnázia. Tuto řadu se chystáme doplnit o společný ED pro učebnice Fyzika mikrosvěta a STR.

11:55 Soňa Husáková

***Korespondenční seminář Výfuk***

Příspěvek představí korespondenční seminář Výfuk (Výpočty fyzikálních úkolů) pořádaný již několik let pro žáky druhého stupně základních škol. Posluchači budou seznámeni s průběhem semináře, co zájemcům může nabídnout oproti ostatním soutěžím a jaké jsou možnosti zapojení.

11:05 Vojtěch David

***Fyziklání jako mezinárodní událost oslavující fyziku***

Soutěž Fyziklání pořádaná studentským spolkem FYKOS na MFF UK, která svým příštím 18. ročníkem oslaví pomyslnou dospělost, se v průběhu let významně rozrostla nejen v počtu účastníků (jichž letos přivítala asi 1200 z 21 zemí světa), ale také v možnostech, které svým účastníkům nabízí. Od skromných počátků jednodenní soutěže na půdě fakulty se program Fyziklání posunul k několika pestrým dnům plným přednášek, exkurzí, a dalších vzdělávacích i socializačních aktivit pro všechny středoškoláky se zájmem. V rámci příspěvku přiblížíme celkovou koncepci programu a adresujeme její návaznost na mezinárodní význam akce, to vše s ohledem na přínos pro zúčastněné žáky.

11:20 Daniela Martincová, Jan Ptáčník

***Co nového v 9. ročníku projektu "Vím proč"***

Příspěvek pojednává o problematice výuky fyziky, nadaných žáků, jako žáků se specifickými vzdělávacími potřebami a seznamuje s průběhem i výsledky 9. ročníku soutěže projektu „Vím proč“. Klíčová slova: nadání, talent, vysoké nadání, mimořádné nadání, promyšlené cvičení,



vysoký výkon, dvojí nadání, efektivita učení, akcelerace, obohacování, IVP, mentoring, e-learning, soutěž a projekt „Vím proč“, ročníkové práce z fyziky, SOČ.

11:35 Jaroslav Reichl, Zdeňka Koupilová, Lýdie Ceháková

***Několik projektů z tábora***

V příspěvku budou popsány vybrané projekty, na kterých pracovali účastníci letního Soustředění mladých fyziků a matematiků, které pořádá MFF UK Praha pro žáky se zájmem o matematiku, fyziku a informatiku. Představené projekty lze použít jako inspiraci na různé projektové dny, samostatnou práci, náplň kroužků a podobně.

## Radioaktivita z VIDA! do školy

ADAM BLAHÁK

Moravian Science Centre Brno, příspěvková organizace (VIDA! science centrum), Gymnázium J. G. Mendela

Ze zkušeností z výuky na základních a středních školách vím, že obecně o tématu radioaktivity koluje mnoho chybných prekonceptů, a to nejen z řad studentů, ale i některých pedagogů. Celá tato oblast fyziky je často zahalena hávem strachu a obav. Učitelé téma probírají jen velmi okrajově a často ani není obsaženo v ŠVP. [1]

Ve VIDA! jsme minulý rok připravili vzdělávací program zaměřený právě na téma radioaktivita a ionizující záření s názvem: „Radioaktivita kolem nás.“ V tomto příspěvku se podělím o poznatky, které jsem zjistil během přípravy programu. Dozvíte se, kde jednoduše hledat vhodné vzorky a seznámím vás s pomůckou na vizualizaci radioaktivních přeměn.

### Radioaktivní vzorky vhodné pro ZŠ a SŠ

Na obou školách, kde jsem zatím působil, nebyly k dispozici jakékoli vzorky vhodné do výuky. Měřicí zařízení byla k dispozici, ale bez vzorků ionizujícího záření nelze provádět zajímavé laboratorní práce (např.: závislost  $\dot{H}$  na vzdálenosti, absorpce záření různými materiály, porovnání  $\dot{H}$  různých vzorků a určení potenciálního nebezpečí, poločas přeměny atd.).

Z toho důvodu bych v rámci tohoto příspěvku představil předměty, které používáme ve vzdělávacím programu a lze je využít pro výuku. Při práci ale musíme dbát bezpečnostních pravidel podle Atomového zákona [2] a hlavně Vyhlášky o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje. [3] Návrh, jak pracovat se vzorky na ZŠ a SŠ, jsem již rozpracoval ve své diplomové práci. [1]

### Zcela legální vzorky s radionuklidy

Pokud pomineme, že minoritní množství radionuklidů můžeme najít téměř ve všech předmětech, zaměříme se pouze na ty, které lze legálně vlastnit na území ČR a vykazují vyšší aktivitu než většina předmětů kolem nás. Z tohoto důvodu opomeneme například i přítomnost známého draslíku  $^{40}\text{K}$  v banánech a para ořeších.

Ideálním řešením je pořídit vzorky, u nichž již výrobce certifikuje, že aktivita nepřesáhne požadovanou zprošťovací úroveň. Vzorky jsou často velmi čisté. U určitých vzorků (např.  $^{210}\text{Po}$ ) lze tak pozorovat jen jeden typ radioaktivní přeměny.

Certifikované vzorky lze pořídit v různých typech zapouzdření podle potřeby. Nevýhodou může být celkem vysoká pořizovací cena. [1][4]



Obrázek 1. Laboratorní vzorky

V určitých přívěscích nebo i hodinkách můžeme najít malé ampulky s **tritiem**  $^3\text{H}$ . Díky  $\beta$  přeměně a radioluminiscenci pak z ampulky vychází slabé světlo.  $\dot{H}$  přívěsku bývá velmi nízké. Z bezprostřední vzdálenosti jsem přístrojem GQ GMC-500 naměřil  $0,19 \mu\text{Sv/h}$ . [1] [5]



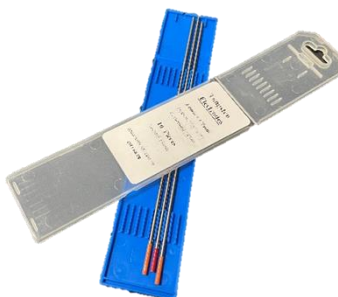
Obrázek 2. Přívěsek s  $^3\text{H}$

Často se můžeme v zahradnictví setkat i s draselným **hnojivem**  $\text{K}_2\text{O}$  s koncentrací 60 %. Zde u 200 g vzorku můžeme naměřit  $\dot{H}$  až  $0,24 \mu\text{Sv/h}$ . [1] U specializovaných prodejců je k dostání i čistší draselná sůl. [1]



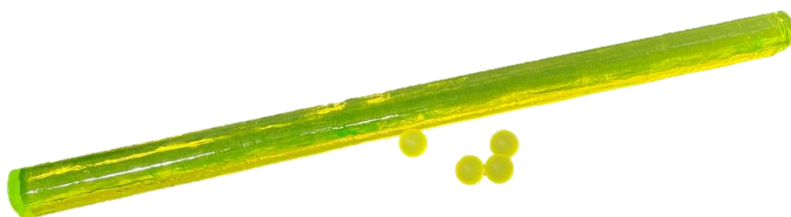
Obrázek 3. Draselné hnojivo

**Elektrody** pro svařování metodou TIG mohou obsahovat radionuklidy thoria. Zde se jedná pouze o elektrody s technickým označením WT. U 4 kusů elektrod WT40 s průměrem 2 mm jsem naměřil až  $0,9 \mu\text{Sv/h}$ . Aktivnější jsou ale ty s větším průměrem. [1]



Obrázek 4. Elektrody s příměsí Th

Pro některé může být překvapením, že i v dnešní době můžeme koupit **sklo** obarvené oxidy uranu. Mimo aktivitu je sklo zajímavé i tím, že je fotoluminiscenční. Sklo můžeme pořídit ve formě sklářských polotovarů (tyčí, kuliček, kostek...). Lze však najít historické předměty z uranového skla, jako jsou vázy, sošky, misky, skleničky atd. U polotovarů z uranového skla, které jsem měl k dispozici, jsem naměřil  $\dot{H} = 1,33 \mu\text{Sv/h}$ . [1]



Obrázek 5. Uranové sklo

## Geologické vzorky

Nemusíme hledat jen uměle vytvořené předměty, protože v ČR je velké množství nerostů, které v sobě mají větší koncentraci radionuklidů. Nemusíme hledat jen u uranových dolů. I v zástavbě měst můžeme najít dlažbu, obložení domů, schody, sloupy, sochy a další předměty, které vykazují zvýšenou aktivitu. Na lokalizaci takových míst se zaměřuje projekt [zhavamista.cz](http://zhavamista.cz). [1]

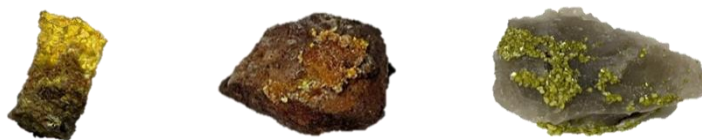
S geologickými vzorky je třeba pracovat velmi obezřetně. Často se drolí. Proto je nutné nosit vhodné bezpečnostní ochranné pomůcky (oděv, rukavice, brýle a respirátor). [1]

**Uraninit** (lidově řečený smolinec) lze najít na mnoha místech ČR. Nejznámější lokalitou je beze sporu okolí Jáchymova a Příbrami. Uraninit je nejtypičtější zástupce uranových rud u nás. Tento minerál má černou barvu a typické ledvinkové agregáty. V jeho blízkosti můžeme naměřit i dost vysoké hodnoty  $\dot{H}$ , a to až několik stovek  $\mu\text{Sv/h}$ . Menší vzorky mohou mít  $\dot{H}$  řádově menší. [6]



Obrázek 6. Uraninit (smolinec)

Vzácněji můžeme mimo uraninit narazit i na různé uranové minerály, které se nachází v blízkosti uranových dolů. Může se například jednat o **kasolit**, **uranopilit**, **autunit**, **torbernit**, **uranicircit**, **zeunerit** a mnoho dalších. Většina těchto minerálů má oranžovou, žlutou nebo zelenou barvu a krystalickou strukturu. U vzorků na fotografiích jsme naměřili  $\dot{H}$  do 20  $\mu\text{Sv/h}$ . [6]



Obrázek 7. Uranové minerály (kasolit, uranopilit, autunit)

Na Teplicku můžeme narazit na **radiobaryt**. Ten má nahnědlou až tmavě hnědou barvu. Jedná se o klasický baryt ( $\text{BaSO}_4$ ), kde je místo barya v určitých případech radium. [7]



Obrázek 8. Radiobaryt

Minerálů s vyšší aktivitou lze nalézt celou řadu. V ČR můžeme narazit na **thorit** nebo **monazit**. Velmi slabou, ale častou horninou, je hlavně na Třebíčsku **durbachit**. Ze zahraničí je asi nejzajímavějším umělým minerálem **trinitit**, který vznikl při výbuchu atomové bomby Trinity. [1]

### Ostatní předměty

Kolem nás můžeme narazit na mnoho předmětů s obsahem radionuklidů. Problém je ten, že často nespĺňují legislativní podmínky pro nevýznamné zdroje záření. Z toho důvodu jsou většinou nevhodné pro práci žáků a studentů.

Mimo už zmiňovaného se může jednat o uranové glazury na keramice. Ty pak můžeme najít v různých barvách (žlutá, zelená, béžová, oranžová, červená, černá). Může se jednat o kachličky, misky, talíře atd. [1]



Obrázek 9. Část kachličky s uranovou glazurou

Historicky bylo velmi významné využití radia v předmětech, které měly svítit ve tmě. Radium tak můžeme velice často nalézt v hodinkách, budících nebo měřácích. [1]



Obrázek 10. Přístroje s barvou s příměsí Ra

Pro tepelnou odolnost materiálů se dříve využívalo thorium. Můžeme se s ním setkat ve spoustě starých elektronek, bleskojistkách a plynových punčoškách. [1]



Obrázek 11. Digitron a plynová punčoška s Th

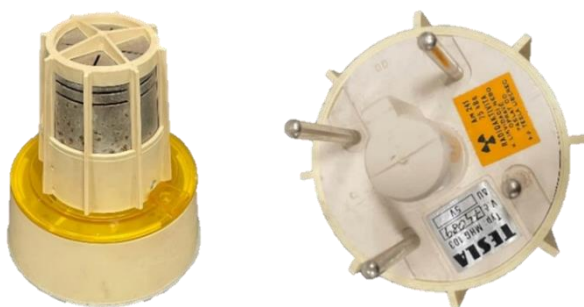
Thorium rovněž můžeme najít i v předmětech, které jsou naší legislativou striktně zakázány. Mám na mysli předměty spíše ezoterické povahy. V současnosti se občas prodávají předměty,

kteří slibují ochranu proti 5G a wifi záření, zdravotní benefity, psychickou pohodu atd. Často se ohání pojmy jako: „negative ions“, „quantum energy“ apod. Může se jednat o vložky do bot, náramky, karty, přívěsky, samolepky, pera, klíčenky atd. Ve skutečnosti se v nich vyskytuje radioaktivní thorium. Žáků se ptám, proč výrobci radioaktivní thorium do těchto výrobků přidávají. Přece by mohli fabulovat i bez radioizotopů obsažených ve výrobcích. [1]



Obrázek 12. Zázračné předměty s Th

Známé jsou i kouřové detektory s  $^{241}\text{Am}$ . U nás je tak velmi rozšířený typ TESLA MHG 103. Vzácně můžeme narazit na detektory, které obsahují  $^{239}\text{Pu}$ . Konkrétněji se jedná o detektory z bývalého Sovětského svazu. [1]



Obrázek 13. Kouřový detektor TESLA MHG 103 s  $^{241}\text{Am}$

Neradioaktivní zajímavostí může být i model zapalovacích svíček Firestone. Ty se vyráběly v 50. letech minulého století v USA. Do hrotů svíčky se tehdy přidával radioizotop  $^{210}\text{Po}$ . V dnešní době už žádnou aktivitu neměříme kvůli krátkému (asi 130 dní) poločasu přeměny  $^{210}\text{Po}$ . Na žáky pak můžeme mít otázku, proč u svíčky nic neměříme. Výrobce má přímo na obalu napsáno: „...with polonium (radioactive) electrodes.“ [1] [8]



Obrázek 14. Zapalovací svíčka Firestone

## Model jádra a radioaktivita

Pro názornou vizualizaci jádra atomu využívám stavebnici **Thorn Balls**. Jedná se o plastové kuličky různých barev, které svým tvarem i velikostí připomínají plody lopuchu. Z kuliček jsem vybral pouze dvě barvy. Jedna představuje protony a druhá neutrony. Následně jsem jich vybral



konkrétní počet, aby odpovídaly jádru  $^{238}\text{U}$ . Žáci pak do skupiny dostanou takové „jádro“ a jejich úkolem je určit, o jádro kterého prvku se jedná. K dispozici mají mimo samotného jádra i periodickou tabulku prvků. Žáci se při této aktivitě dozví, jak je definovaný prvek. Seznámí se tak s protonovým číslem a porozumí řazení prvků v periodické tabulce. [1]



Obrázek 15. Model jádra

Následně lze na modelu ukázat velmi názorně přeměnu alfa. Stačí jen odtrhnout skupinu 2 protonů a 2 neutronů. Další přeměny se už ukazují trochu náročněji. K přeměně beta ještě používám kuličku další barvy, která pak představuje elektron. Následně odeberu z modelu jeden neutron a přidám jeden proton. Při této přeměně pak ukáži letící elektron (reprezentovaný kuličkou stavebnice).



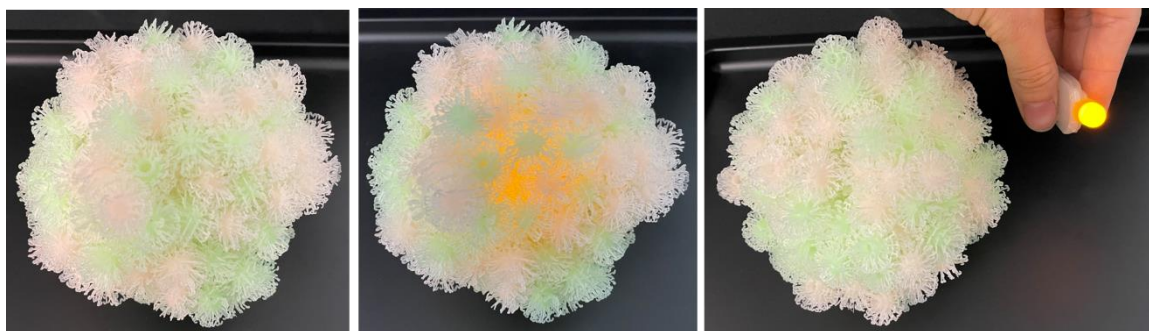
Obrázek 16. Přeměna beta

Gama přeměna už potřebuje další pomůcku mimo koupěnou stavebnici. K reprezentaci gama fotonu jsem použil LED s vypínačem.



Obrázek 17. Model gama-fotonu

Tuto LED jsem pak umístil přímo do modelu jádra. Když jsem LED rozsvítil, prozařující světlo modelem znázorňovalo jádro v excitovaném stavu. Jádro se zbaví své energie vyzářením gama fotonu. To ukazují prostým vyjmutím LED z modelu jádra.



Obrázek 18. Model jádra (deexcitovaný, excitovaný, s vylétajícím gama-fotonem)

Stavebnice jde použít i k vícero aktivitám, které ale už v programu nedělám. Žáci mohou například vytvářet vlastní izotopy nebo si ukazovat jaderné reakce. Ze zpětných vazeb pedagogů vím, že model je velmi oblíbený a učitelé si často název stavebnice hned zapisují.

## Závěr

Aktivity, které jsou popsány v článku (model atomového jádra a představení radioaktivních předmětů), se u žáků i učitelů těší velké oblibě. Mimo popsány aktivity v programu „Radioaktivita kolem nás“ ve VIDA! studenti například pozorují záření v DIY mlžné komoře, měří radioaktivní předměty nebo prezentují vybranou praktickou aplikaci radioaktivity nebo ionizujícího záření spolužákům. Program je vystavěn na konstruktivistickém přístupu E-U-R.

V článku jsem představil vzorky, které lze snadno získat pro potřeby ZŠ a SŠ. Po splnění všech bezpečnostních parametrů podle legislativy s nimi lze pracovat. Žáci pak budou mít radioaktivitu spojenou s reálnými předměty. Na představeném modelu atomového jádra navíc žáci získají představu, co se s jádrem atomu děje a jak se přeměňuje.

## Literatura

- [1] Blahák A.: *Radioaktivita pro žáky druhého stupně v prostředí science centra*. Brno, Pedagogická fakulta MU, 2022
- [2] *Zákon č. 263/2016 Sb.: Atomový zákon*
- [3] *Vyhláška č. 422/2016 Sb.: Vyhláška o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje*
- [4] <https://www.spectrumtechniques.com/products/sources/>
- [5] [https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/radiacni-ochrana/OOP\\_spotrebni\\_vyroby-navrh.pdf](https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/radiacni-ochrana/OOP_spotrebni_vyroby-navrh.pdf)
- [6] Pauliš, P., K. Babka, J. Sejkora a Pavel Škácha. *Uranové minerály ČR a jejich nejvýznamnější naleziště: Uranium minerals and their the most important occurrences in the Czech Republic*. Kutná Hora: Kuttna, 2016.
- [7] Němec, Stanislav. *Radioaktivní baryt od Teplic. Minerál: svět nerostů a drahých kamenů*. Brno: Jihočeský mineralogický klub, 1996, 4(3), 174-174.
- [8] Spark plug and method of making same. srpen 1941. USA. United States Patent 2254169 313/54.



## Pětileté učitelství na PřF MU

ZDENĚK BOCHNÍČEK

Přírodovědecká fakulta MU, Brno

*Po více než dvaceti letech děleného učitelského studia se i na celostátní úrovni začíná stále více hovořit o možnosti koncipovat studium učitelství jako nedělený pětiletý magisterský program. Na Přírodovědecké fakultě MU o tom již delší dobu uvažujeme. V článku jsou shrnuty výhody i nevýhody pětiletého studia a navrženo řešení, které by hlavní nevýhody eliminovalo. Je také prezentován názor studentů fakulty získaný nedávným dotazníkovým šetřením.*

### Úvod

Na základě Boloňského procesu [1] došlo počátkem tohoto století k rozdělení většiny (typicky pětiletých) magisterských oborů/programů na dvě části: tříleté bakalářské a dvouleté navazující magisterské.

Na Masarykově univerzitě bylo započato s třístupňovým studiem v akademickém roce 2002/2003. Na Přírodovědecké fakultě MU byly takto rozděleny všechny magisterské programy. V přechodném období si studenti mohli zvolit, zda dostudují původní pětiletý program, a nebo přestoupí do programů nové struktury.

Již v okamžiku tvorby rozděleného studia se ukázaly problémy, které nová struktura přinesla. Konkrétně v učitelství fyziky bylo nutné více překrýt kurzy obecné fyziky a teoretické fyziky, což ztížilo v některých semestrech studium. Vyvrcholení kurzu teoretické fyziky, předmět Struktura a vlastnosti látek, se do Bc studia už nevešel a dosti neorganicky byl umístěn v NMgr studiu. Bakalářská práce a bakalářská státní zkouška velmi znesnadnily šestý semestr studia a snížily počet disponibilních kreditů na úkor odborných předmětů.

### Pětileté učitelství

Na dělené studium však nepřešly všechny programy na MU a ani v celé ČR. Konkrétně na MU si původní magisterské studium ponechaly studia lékařství, práv a učitelství pro první stupeň ZŠ. Lze pochopit příčinu, proč se to stalo. Všechny tyto programy připravují studenty na zcela specifické povolání, kdy uměle dělit vzdělání na dvě části postrádá smysl. Ale ve stejné pozici je vzdělávání učitelů pro druhý stupeň ZŠ a SŠ. Podle zákona o pedagogických pracovnících [2], je pro kvalifikaci učitele na ZŠ i SŠ nutné magisterské vzdělání. V tomto kontextu proto nedává dobrý smysl ani dělení těchto programů.

Dělení programů na 3+2 má však jednu nezpochybnitelnou výhodu: Student při ztrátě motivace může ukončit vysokoškolské studium už po bakalářském stupni, případně v NMgr. studiu změnit zaměření svého studijního programu. Ve skutečnosti, alespoň na Přírodovědecké fakultě MU, této možnosti využívá minimum studentů. Naši studenti jsou velmi motivovaní ke studiu učitelství, viz dále, a ve zcela dominantní většině po Bc. studiu pokračují v NMgr. učitelství. Ojedinelé případy by se tak mohly řešit legislativním usnadněním přestupu na jiný studijní program, místo lpění na děleném studiu.

Oproti dělenému programu má nedělné pětileté studium některé zřejmé výhody:

- Přírodovědecká fakulta nebude produkovat absolventy (Bc. studia), pro které není ve společnosti relevantní uplatnění.
- Zmizí násilný předěl ve fakticky jednolitěm studiu (SZZ Bc.) a ve studijním plánu bude možné snadno prolnout odbornou a učitelskou přípravu v celém pětiletém období.
- Studenti budou mít jistou studijní cestu vedoucí k profesní kvalifikaci, na které nebude žádný riskantní předěl (přijímací řízení do NMgr studia, ve kterém nerozhoduje pouze schopnost studenta, ale také výsledek soutěže s ostatními uchazeči).
- V pětiletém plánu se mnohem snáze najde okno pro zahraniční pobyt, než v současném dvouletém NMgr. studiu.
- Bude možné snáze zařadit „klinický semestr“ nebo „klinický rok“.

Realizace pětiletého studia učitelství byla před několika lety stěží myslitelná, ani MŠMT nebylo k této možnosti příznivě nakloněno. Situace se však změnila. V posledním návrhu inovovaných, dosud neschválených *Rámcových požadavků na studijní programy, jejichž absolvováním se získává odborná kvalifikace k výkonu regulovaných povolání pedagogických pracovníků* je nedělené magisterské studium **jednou z navrhovaných možností** získání učitelské kvalifikace.

Navíc MŠMT bude posuzovat splnění rámcových **požadavků pouze v NMgr. nebo neděleném Mgr. studiu**, tedy nikoliv dle současné praxe, kdy se posuzuje sjednocení Bc. a NMgr. programů. Tedy v modelu 3+2 budou muset být všechny předměty společného pedagogicko-psychologického základu, oborové didaktiky a praxe v NMgr. stupni! To by v podstatě znamenalo, že dělené 3+2 studium realizuje tzv. konsekutivní model, kdy první tři roky studenti studují pouze obor a veškerá učitelská příprava je soustředěna do navazujícího magisterského studia.

Přejít v děleném studiu na konsekutivní model, tedy časové oddělení odborné a učitelské přípravy, je směr, kterým se nechceme vydat. Právě naopak! Současné úvahy o změnách učitelského studia na PřF jdou směrem většího prolnutí odborných a učitelských témat do celého pětiletého studia, tedy zejména posílení učitelské složky v prvních třech letech studia, nyní umístěných do bakalářského stupně.

Pokud se záměr MŠMT s posuzováním splnění *Rámcových požadavků* uskuteční, bude pětileté učitelství jedinou možností, jak realizovat naše představy o vzdělávání učitelů.

Vedení MU a Rada pro vnitřní hodnocení zatím není pětiletému studiu příliš nakloněna. Hlavní námitky jsou dvě

- 1) Nemožnost ukončit/změnit VŠ vzdělání po získání Bc. titulu (již dříve zmíněno).
- 2) V případě, že nedojde ke změně na celé MU, nemožnost realizovat mezifakultní kombinace (MaČj, FyTv .....).

Na oba problémy jsme však našli řešení.

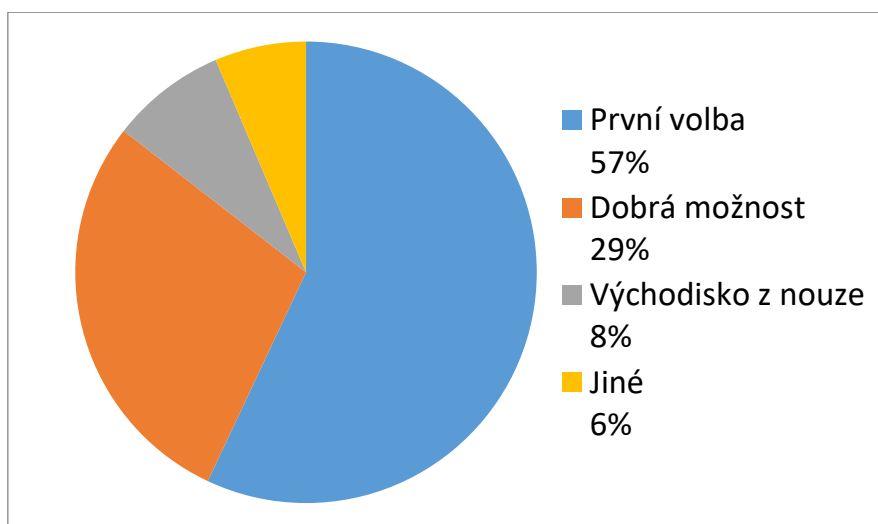
Ad 1): Současný vznik bakalářského studijního programu *Přírodní vědy se zaměřením na vzdělávání*, který by vedle pedagogicko-psychologických předmětů obsahoval povinně volitelné přírodovědné bloky. Význam programu by byl následující:

- Student zapsaný do prvního ročníku by mohl studovat učitelství ještě bez definitivní volby budoucí aprobace. K té by se rozhodnul až při případném přestupu na pětiletý magisterský učitelství program. Takto by byla přirozeně uskutečněna tzv. **odložená volba**.
- Po jeho absolvování by student získal bakalářský titul, mohl ukončit vysokoškolské studium, případně pokračovat v neučitelském NMgr. programu blízkého zaměření.
- Studenti, kteří by během pětiletého učitelství ztratili motivaci k dalšímu studiu či profesi učitele, by přestupem na bakalářský program mohli ukončit VŠ studium s bakalářským titulem.

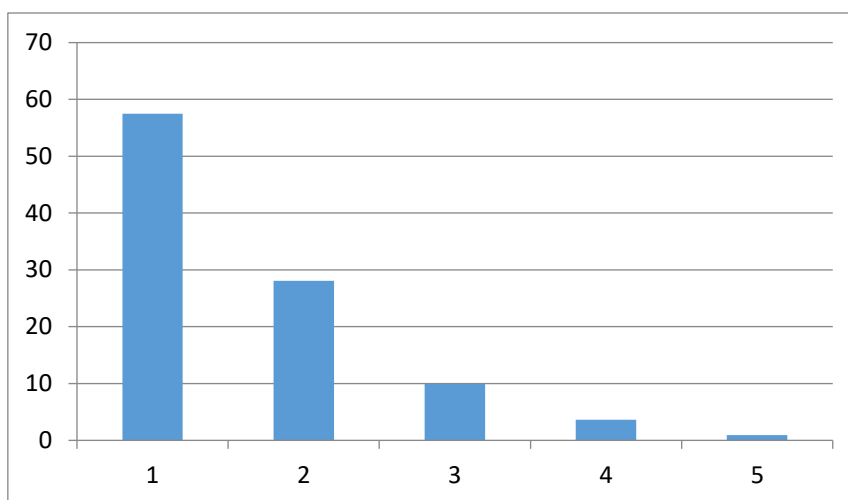
Ad 2): Pětiletý učitelství program bude mít formu „program se specializacemi“, kterými budou jednotlivé dvojkombinace oborů, BiCh, MaFy, MaČj apod. Program bude akreditován na Přírodovědecké fakultě a jiné fakulty budou za úplatu poskytovat výuku předmětů nepřírodovědných oborů. Tato praxe v současnosti již v jisté podobě probíhá, kdy Pedagogická a Přírodovědecká fakulta zajišťují výuku většiny předmětů společného pedagogicko-psychologického základu pro studenty PřF.

## Jak to vidí studenti?

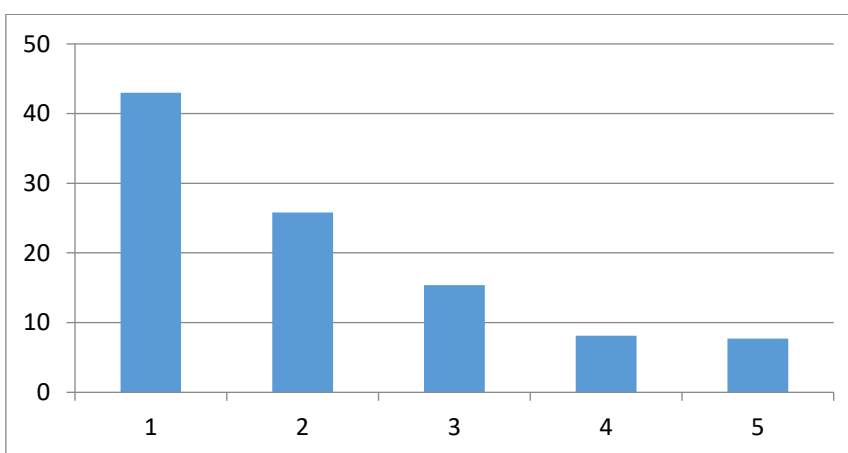
V březnu roku 2023 proběhlo rozsáhlé dotazníkové šetření mezi studenty učitelství programů PřF MU. Z oslovených 355 studentů reagovalo 221, tedy návratnost dosáhla 62 %. Mezi otázky týkající se podoby studia byly také zařazeny otázky na motivaci studentů, jejich plánů do budoucna a pětileté učitelství. Vybrané výsledky jsou na obrázcích 1 – 3. Na obrázcích 2 a 3 vyjadřuje číselná škála odpovědi: „1“ – zcela souhlasím ..... „5“ – zcela nesouhlasím



Obrázek 1. Proč jste se rozhodli studovat učitelství?



Obrázek 2. Po absolvování studia chci pracovat jako učitel.



Obrázek 3. Stál(a) byste o možnost absolvovat učitelské studium jako pětiletý magisterský program?.

Z výsledků ankety je zřejmé, že naši současní studenti jsou silně motivovaní ke studiu učitelství a k učitelské profesi. Jen pro 8 % uchazečů bylo učitelství východisko z nouze, zatímco pro 86 % je učitelství první volbou nebo dobrou možností. Také 86 % studentů chce po absolvování pracovat jako učitel. Konečně 69 % upřednostňuje pětileté učitelství oproti současnému dělenému studiu.

## Závěr

Studium učitelství je v podstatě pětileté, ať je formálně rozděleno jakkoliv. Pětiletý celek umožňuje soustavnější a smysluplnější prolnutí odborného a pedagogického vzdělání, větší variabilitu průběhu studia a je pro studenty (alespoň na PřF MU) atraktivnější. Má tedy smysl se o něj pokusit.

## Literatura

- [1] <https://www.msmt.cz/vzdelavani/vysoke-skolstvi/bolonsky-proces-2>
- [2] <https://www.msmt.cz/dokumenty/zakon-o-pedagogickych-pracovnicich-ve-zneni-ucinnem-ode-dne>

## Několik projektů z tábora

LYDIA CEHÁKOVÁ<sup>1</sup>, ZDEŇKA KOUPILOVÁ<sup>1</sup>, JAROSLAV REICHL<sup>2</sup>

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

*Príspevek popisuje 29. ročník Soustředění mladých fyziků a matematiků, které pořádá Katedra didaktiky fyziky MFF UK Praha. Hlavní částí příspěvku je popis projektů, na kterých pracovali účastníci soustředění a které mohou být inspirací učitelům fyziky pro jejich práci se žáky.*

### Další ročník Soustředění

Po roce se konal další ročník Soustředění mladých fyziků a matematiků, které pořádá Katedra didaktiky fyziky MFF UK Praha. Letos se soustředění, které má kromě odborného programu zaměřeného na matematiku, fyziku a informatiku také velmi bohatý a propracovaný mimoodborný (táborový) program, konalo v Rekreačním středisku Lorien v Nekoři (nedaleko Pastvinské přehrady). Do tohoto objektu se soustředění po letech vrátilo, takže vedoucí soustředění i personál objektu dobře věděli, co od sebe navzájem čekat. Prvních 14 dní v červenci tak strávilo 42 účastníků studiem nejen matematiky a fyziky, ale také dobrodružnou cestou a výzkumem dinosaurů; ty jsme studovali v rámci mimoodborného programu inspirovaného knihou A. C. Doylea *Ztracený svět*.

Skupina vedoucích zůstala téměř stejná jako loni, takže byli všichni dobře sešraní a připravili skvělé dva týdny pro účastníky většinou z řad středoškoláků, i když se zúčastnilo i několik žáků z posledních ročníků základních škol. Na konci soustředění jsme se pak museli, byť neradi, rozloučit se sedmi maturanty, kteří další rok již nemohou jet. Účastníci na soustředění rádi jezdí opakovaně, což je pro nás vedoucí známkou toho, že soustředění je každoročně kvalitně připraveno.

Soustředění, jak bylo již uvedeno, má dvě části: mimoodborný a odborný program.

### Mimoodborný program

Mimoodborný program je nedílnou součástí soustředění a má každý rok své téma. Letos to byla výprava, která měla podat důkaz existence života dinosaurů v odlehlé části světa. Tuto táborovou legendu posouvaly v ději zejména hry, které se hrály každý den odpoledne. Tyto hry byly částečně propojené s celotáborovou hrou, která měla letos formu „nástěnné deskové hry“. Celotáborová hra byla inspirovaná hrou Carcassonne a zástupci všech týmů stihli většinu večerů odehrát dvě kola.

Tím, že se soustředění zúčastňují účastníci se zájmem o matematiku a fyziku, lze táborové hry tímto směrem cílit. Proto účastníci v rámci her luštili řadu šifer (genetický kód dinosaurů, dílčí cíle v rámci závěrečného putování, ...), rýsovali na základě postupu konstrukce obraz „tajemného tvora“ a řadu dalších. Při všech hrách museli účastníci uplatnit schopnost komunikovat v rámci svého týmu, ale i s týmy dalšími, dělit si zadané úkoly a navzájem spolupracovat. Tyto dovednosti potom jistě využijí i v mnoha dalších situacích.

Kromě toho si účastníci užívali i typické táborové aktivity jako táborák, zpěv za doprovodu kytar a dalších hudebních nástrojů, celodenní výlet, koupání apod. – a to vše ve velmi přátelské atmosféře, která prolínala celým programem soustředění.

## Odborný program

Odborný program začal i letos tzv. miniprojektem – přibližně dvouhodinovou aktivitou, v rámci které se mají účastníci poznat a naladit se na styl práce, která je bude provázet celé soustředění. Letos měli dvojice účastníků za úkol sestrojít ze zadaných pomůcek objekt, který bude po vyhození z balkonu ve druhém patře padat co nejdelší dobu. Nejednalo se pochopitelně o soutěž, ale bylo nutné účastníky vhodně motivovat. Létající objekty byly různé a bylo vidět, že si všechny dvojice daly při stavbě záležet. Časy letu se pohybovaly v rozmezí od cca 2 s až po úctyhodných 5 s.

Další součástí odborného programu byly každodenní kurzy, které vedli někteří vedoucí soustředění. Letos byly v rámci fyziky připraveny kurzy věnující se silám, analýze signálů, popisu elektrotechnických součástí a teoretické mechanice. V rámci matematiky si mohli účastníci vybrat mezi kombinatorikou, zavedením integrálů a využitím diferenciálního a integrálního počtu v praxi. V závěrečné anketě účastníci ocenili, že se během devíti lekcí naučili něco nového z konkrétní oblasti a byl čas i nové poznatky prakticky aplikovat.

Proběhly také tři přednášky zvaných lektorů; v letošním roce za námi na soustředění přijeli:

- doc. RNDr. Stanislav Daniš, Ph.D. (KFKL MFF UK Praha): Budiž světlo!
- doc. RNDr. Antonín Slavík, Ph.D. (KDM MFF UK Praha): Kombinatorická geometrie
- Mgr. Martin Rybář, Ph.D. (ÚČJF MFF UK Praha): Mikrosvět

Všichni přednášející se přednášek zhostili na výbornou! Jednak jsou skvělými řečníky a dokázali udržet pozornost účastníků i po noční hře, která jedné z přednášek předcházela, ale také úroveň přednášek byla zvolena velmi dobře – jak nejmladší účastníci, tak i maturanti si v přednáškách našli pro ně zajímavé části, jak vyplynulo ze závěrečné ankety. Děkujeme lektorům za vstřícnost a ochotu přijet ve svém volném čase mezi účastníky soustředění.

Hlavní částí odborného programu byla stejně jako v letech minulých práce na projektech, které si účastníci vybírali z cca 40 témat připravených vedoucími odborného programu. Na výběr byly projekty zaměřené na konstrukci určitého zařízení, na měření fyzikálních parametrů či na studium matematických vlastností zadaného problému. U všech projektů byli vedoucí připraveni zvolit takovou úroveň obtížnosti, která vyhovovala konkrétní skupině účastníků. A nutno sdělit, že letos se valná většina účastníků opravdu pro svůj projekt nadchla a odvedla za 10 dní skutečně výbornou práci, která dokazovala posun znalostí a dovedností účastníků bez ohledu na jejich věk.

Součástí projektu je i dokumentace popisující postup práce, neúspěšné cesty řešení, dosažené výsledky (funkční zařízení, fungující program či simulace, naměřená data fyzikálních experimentů, ...) a další popis projektu. Výsledek své práce pak prezentují účastníci ostatním na závěrečné konferenci. Všechny skupiny řešící vybraný projekt si pro ten účel připravily i prezentaci. A psaní odborné dokumentace, příprava prezentace i samotný výstup před kamarády na závěrečné konferenci jsou zkušenosti, které budou účastníkům užitečné i v dalším studijním i osobním životě.

Dokumentace vybraných projektů, fotografie sestrojených zařízení, grafy naměřených dat, ale i fotografie z průběhu celého soustředění lze shlédnout na webových stránkách [1].

Seznam projektů, které letos účastníci soustředění řešili (tučně jsou zvýrazněny ty, které jsou popsány v další části příspěvku):

- Vzduchovka
- Elektromagnetické dělo
- Metamorfóza aneb „jiná“ geometrie
- Laserová harfa
- Balanční kostka
- Helicone
- Dálkový optický snímač
- Mosty
- Simulace v Excelu
- Papírová videohra
- Vzorník funkcí
- RC letadlo
- Logaritme, logaritme
- Useless machine
- Udělátory
- Hravá geometrie
- Hrátky s arduinem I.
- **Hrátky s arduinem II.**
- Lokalizace v místnosti
- **Hrátky s geometrií**
- Gramofon
- Generátor cukrové vaty

## Popis vybraných projektů

### Vzduchovka

Petra Mrázková, Richard Dobíšek a Vojtěch Procházka měřili velikost úst'ové rychlosti projektilu vystřeleného ze vzduchovky Crosman Benjamin Trail Mark II NP s ráží 4,5 mm.



Obr. 1 Měření velikosti úst'ové rychlosti projektilu – střelba do vozíku

Všechny čtyři použité metody měření (střelba do vozíku s plastelínou – viz obr. 1, střelba do balistického kyvadla na bifilárním závěsu, střelba do dvou rotujících terčů a měření s rychloběžnou kamerou) nejdříve teoreticky fyzikálně odvodili. Přitom zjistili, které parametry mohou zanedbat a proč (např. odporovou sílu vzduchu působící na projektil) a které musejí naopak naměřit a vzít v úvahu. Následně provedli opakovaně příslušná měření za dodržení bezpečnostních pravidel a tato měření vyhodnotili. Na závěr práce pak jednotlivé metody

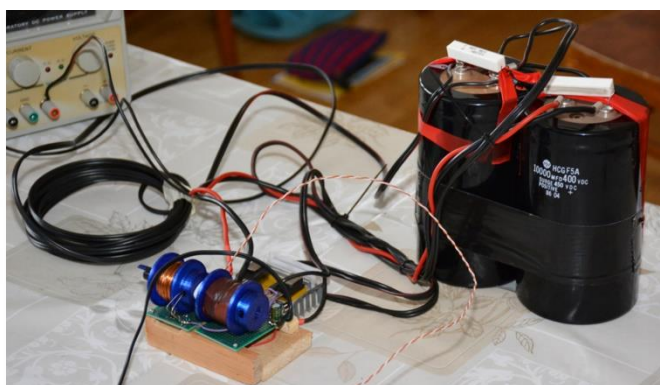
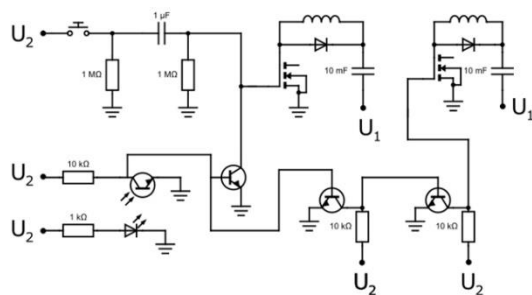


porovnali. Jako nejpřesnější metoda se ukázala střelba do kyvadla (velikost rychlosti vyšla nejbližší hodnotě deklarované výrobcem zbraně), jako nerealizovatelná se ukázalo použití rychloběžné kamery. Snímkovací frekvence 1200 snímků za sekundu se ukázala pro pohyb projektilu jako malá; projektil musel být snímán z relativně malé vzdálenosti, aby byl na záznamu vidět, a přitom urazil relativně dlouhou vzdálenost za velmi krátký čas.

Zpracování měření bylo velmi zdařilé, diskuse, které vedli autoři projektu s vedoucím, svědčila o velké míře zájmu i fyzikálních znalostí, které si museli dát do souvislosti.

### Elektromagnetické dělo

Ondřej Budil, Lukáš Kalina a Jaroslav Rozmuš pracovali na výrobě elektromagnetického děla tvořeného cívkou, kterou prolétal feromagnetický projektil. Ten byl k cívce přitahován magnetickým polem, které v cívce vznikalo průchodem elektrického proudu. Práce prošla několika fázemi od návrhu a konstrukce prvního prototypu, až po finální výrobek. V průběhu času autoři zdokonalovali nejen elektrické zapojení (schéma finálního obvodu je zobrazeno na obr. 2), ale také experimentálně zjišťovali optimální délku projektilu. Jeho pohyb cívkou byl snímán fototranzistory, aby se v okamžiku dosažení kritické polohy projektilu v cívce automaticky vypnul přívod elektrického proudu do této cívky; jinak by magnetické pole cívky projektil začalo opět zpomalovat.



Obr. 2 Schéma zapojení elektrické části a hotový model děla

### Metamorfóza aneb „jiná“ geometrie

Alexandra Marie Gauchet a Stela Ožanová ve svém projektu zkoumaly teselace, tedy pokrytí roviny různými geometrickými útvary bez jejich vzájemného překrytí.



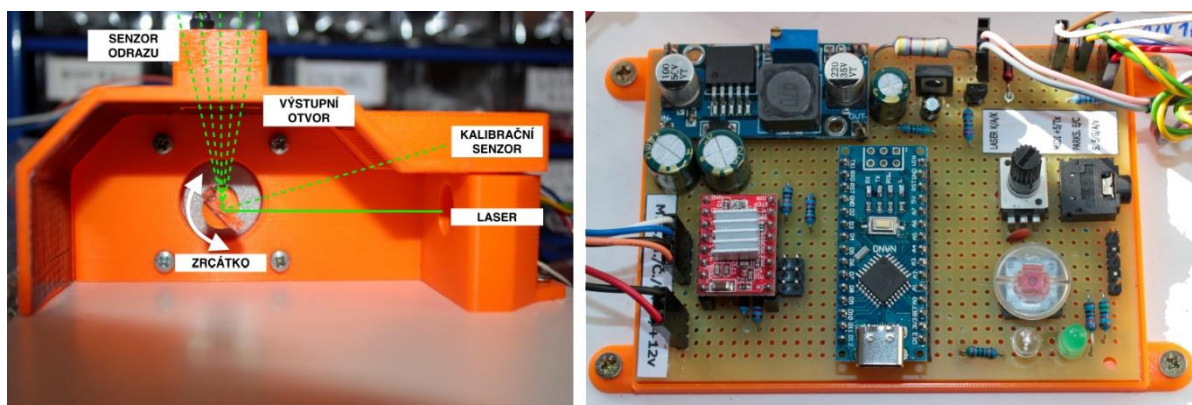
Obr. 3 Ukázka vytvořené teselace a originální metamorfózy



V rámci řešeršní části práce prozkoumaly typy teselací a jejich geometrické vlastnosti. Poté si začaly teselací všimnout ve svém okolí (dláždění chodníku, cihly ve zdi, okvětní plátky rostlin, ...) a nakonec vytvořily několik vlastních teselací (viz ukázka na obr. 3). Poté dívky zkoumaly metamorfózu geometrických útvarů, kterou zpopularizoval nizozemský umělec M. C. Escher. Po prostudování základních vlastností metamorfóz pak vytvořily svou vlastní.

### Laserová harfa

Vojtěch Mazanec a Matěj Neumann navrhli a vyrobili funkční model laserové harfy. V rámci bezpečnosti se rozhodli vytvořit bezrámový typ harfy využívající jediný laserový paprsek a jeden senzor. Tento paprsek je rozmítán otočným zrcátkem (tj. laser ve správný okamžik vždy blikne), a tak vytváří zdánlivě několik strun – uživatel tedy vidí několik laserových paprsků. Autoři se rozhodli pro pět paprsků (viz obr. 4). Pokud „hudebník“ přeruší světelný paprsek, část světla se od ruky odrazí zpět k senzoru. A protože v každý okamžik svítí jen jeden paprsek, lze snadno určit, který paprsek (tj. při jakém natočení zrcátka) byl takto přerušen. Na základě toho lze vyvolat adekvátní reakci – např. zahrát ton dané frekvence.



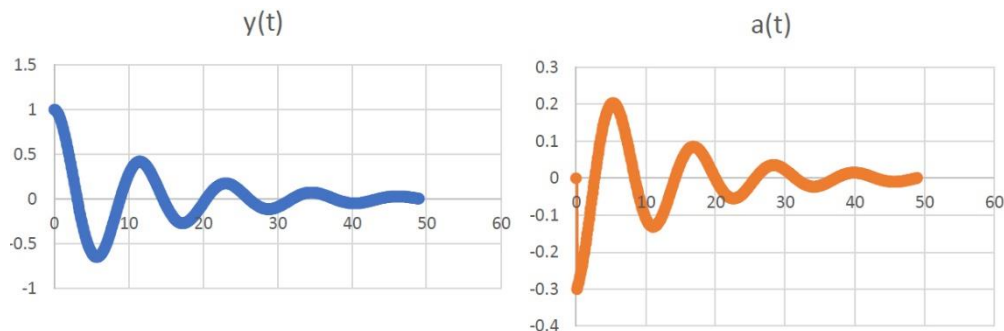
Obr. 4 Princip rozmítání laserového paprsku a ukázka mikropočítače

Ovládání je zajištěno pomocí desky Arduino NANO (viz obr. 4). Software řídící činnost celého zařízení je napsán v prostředí CLion a je strukturovaný do několika modulů. Zařízení obsahuje ochranné prvky, které zabraňují průniku laserového světla mimo zařízení, protože kvůli rozmítání paprsku musel být použit laser vyššího výkonu, aby byly jednotlivé paprsky dobře vidět.

### Simulace v Excelu

Alexandra Sedřová se zabývala simulacemi různých typů pohybů v tabulkovém procesoru Excel. Základem její práce bylo modelování numerickými metodami, které vycházejí z fyzikálního popisu a z řešení příslušných diferenciálních pohybových rovnic. Pro simulaci v tabulkovém procesoru je nutné diferenciální rovnici, jejímž řešením jsou spojité fyzikální závislosti, nahradit diferenční rovnicí, jejímž řešením je posloupnost hodnot. Důležité je například správně zvolit časový krok v diferenční rovnici. Příliš velký krok povede k řešení, které bude nepřesné („řidké“) a nemusí vůbec odpovídat studovanému reálnému ději. Příliš malý krok sice poskytne přesnější popis, který se může blížit spojitému popisu zkoumaného problému, ale výpočet bude trvat déle. Dále je nutné si uvědomit, že se zcela jistě vyskytnou nepřesnosti způsobené zvolenou numerickou metodou či zaokrouhlením jednotlivých mezikroků výpočtu. Postup řešení diferenčních rovnic autorka s mírnou nápovědou vedoucího projektu odvodila, následně odvozené vztahy použila k řešení úloh a prakticky si vyzkoušela výše zmíněná problematická místa numerických metod.

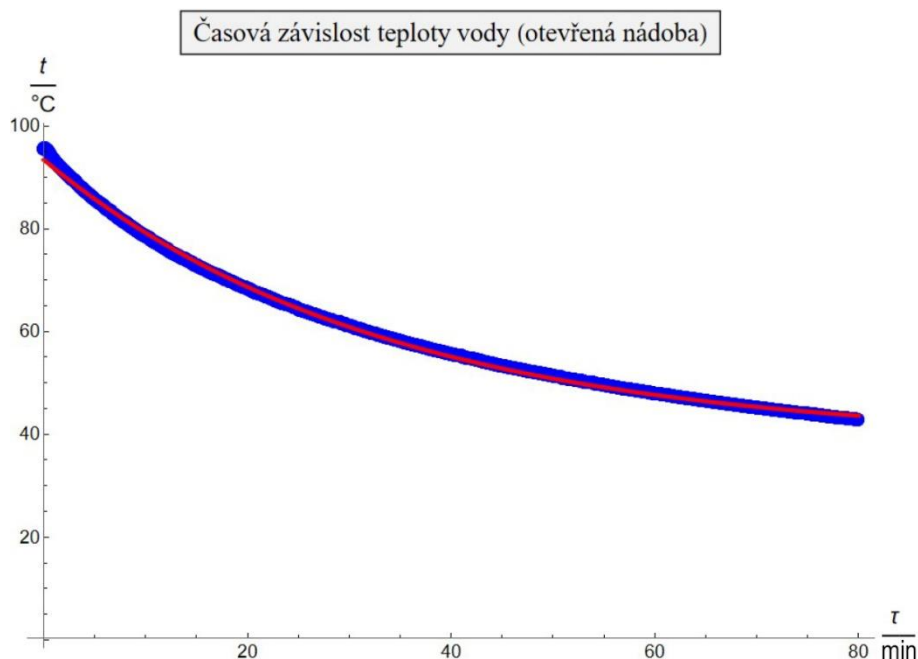
Autorka začala simulovat nejprve jednoduché úlohy (rovnoměrný přímočarý pohyb, rovnoměrně zrychlený přímočarý pohyb), které zobrazila jak klasicky (tj. s využitím fyzikálního popisu běžně používaného ve škole), tak s využitím numerických metod. Tím se přesvědčila, že numerické metody “fungují”. Poté přistoupila k vrhům těles v homogenním tíhovém poli, kmitavému pohybu a pohybu hmotného bodu po kružnici. Na závěr pak do svých simulací zahrnuje vliv odporové síly (viz grafy na obr. 5). A sama byla překvapena, jak jednoduše (poté, co na projektu strávila několik hodin) lze vliv odporové síly zahrnout do výpočtu, což se běžně na středních školách nedělá.



Obr. 5 Časové závislosti výchylky a zrychlení kmitajícího tělesa v odporujícím prostředí

### Vzorník funkcí

Jindřich Kaplický a Rozárka Michálková proměřovali různé fyzikální závislosti s cílem sestavit „vzorník funkcí“, které se běžně probírají v hodinách matematiky a které přitom odpovídají i určité fyzikální závislosti.



Obr. 6 Závislost teploty chladnoucí vody na čase – modře naměřené body, červeně proložená teoreticky odvozená exponenciální závislost

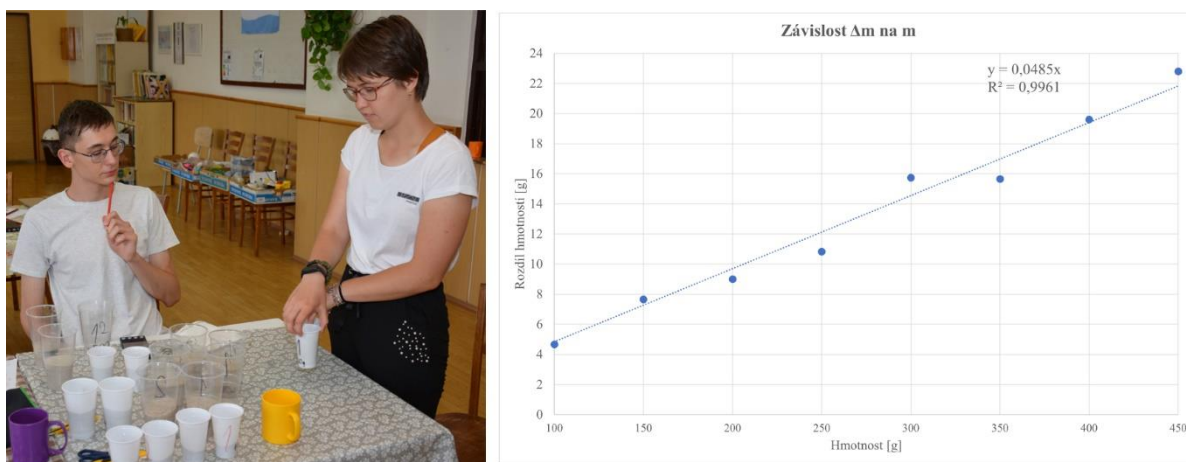
Měření prováděli jak s využitím stopek a délkových měřidel, tak s využitím senzorů firmy Vernier. Postupně proměřili různé typy pohybů popsané lineární a kvadratickou funkcí, závislost periody kmitání matematického kyvadla na jeho délce (resp. odmocnině z délky) popsané funkcí druhá odmocnina (resp. lineární funkcí), kmitání tělesa zavěšeného na pružině

popsaného funkcí sinus a chladnutí vody za různých podmínek popsané exponenciální funkcí (viz obr. 6).

K naměřeným průběhům autoři příslušné funkční závislosti i teoreticky odvodili a naměřená data jimi proložili; tam, kde studovaná problematika překračovala jejich fyzikální a matematické znalosti, využili konzultace s vedoucím projektu.

### Logaritme, logaritme

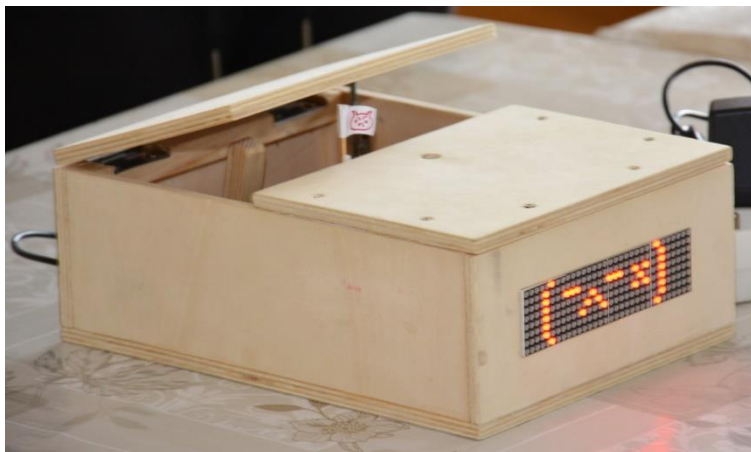
Jindřich Dvořáček zkoumal logaritmy: důvody a způsoby zavedení, vlastnosti, využití logaritmů ve fyzice, ... Součástí jeho projektu bylo i proměření Weberova-Fechnerova psychofyzikálního zákona: dobrovolníky nechával potěžkat kelímky naplněné pískem a zapisoval, při jakém přivažku navíc k dané hmotnosti dobrovolník pozná citem rozdíl (na váhu ani na kelímky dobrovolník neviděl). Závislost změny hmotnosti (tedy změny vjemu) na skutečné hmotnosti kelímku (tj. podnět) vyšla v souladu se zákonem lineárně (viz obr. 7).



Obr. 7 Průběh měření a naměřená data

### Useless machine

František Roh a Barbora Vosáhlová sestrojovali „zbytečný stroj“ – krabice, jejíž hlavní částí je přepínač, po jehož přepnutí se z krabičky vynoří ručka vracející přepínač do původní polohy. Během práce na tomto projektu si oba účastníci vyzkoušeli řadu činností: návrh krabice a víka pro ručku (pohyb ručky musí víko bez problémů zvednout), konstrukci této krabice, umístění senzorů dovnitř krabice, návrh a elektrickou realizaci displeje (krabička hlásí během experimentování své „pocity“) a programování vloženého arduina řídicí činnost ručky a displeje (ručka se při opakovaném přepínání přepínače chová náhodně, při velkém počtu přepnutí pak „mává vlaječkou“ – viz obr. 8).

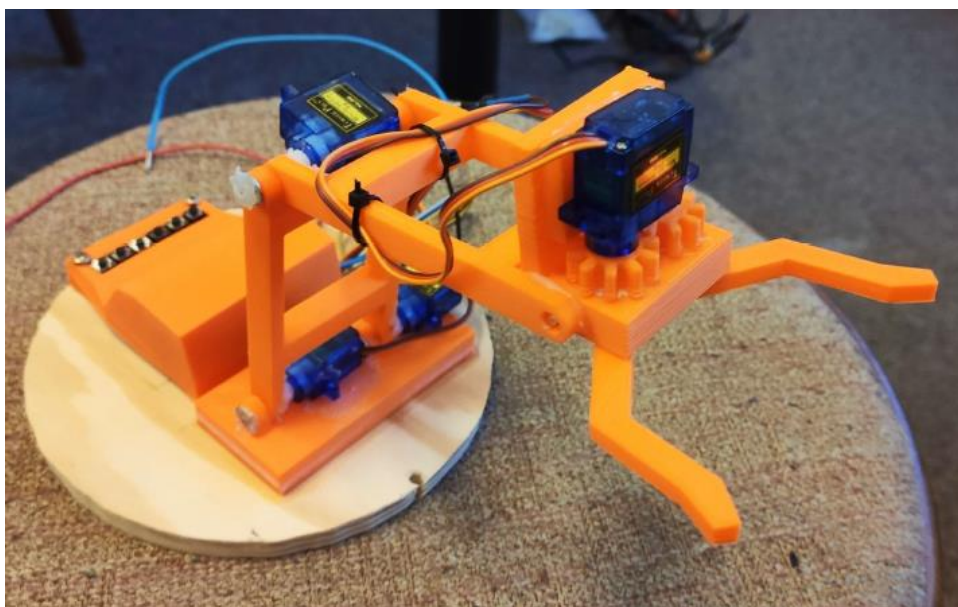


Obr. 8 Jedna z možných poloh useless machine

### Hrátky s arduinem II.

Beáta Janíčková a Martin Klačer se v rámci projektu seznamovali s programováním a využitím arduina, se kterým neměli žádné předchozí zkušenosti. Začali rozsvěcováním a zhasínáním LED, poté naprogramovali její blikání, které v další verzi bylo možné ovládat spínačem. Další aplikací bylo vytvoření semaforu ze tří LED příslušné barvy; semafor blikal stejně jako blikají semaforey na křižovatkách. Blikání poté autoři projektu ovládali přidáním spínačů. Příslušné obvody sestavovali na nepájivém poli.

Finálním výrobkem bylo vytvoření robotické ruky, jejíž komponenty byly vytištěny na 3D tiskárně a jejíž pohyby je možné ovládat pomocí šesti tlačítek. Návrh prošel několika vývojovými stadii, a to jak postupným vylepšováním, tak i zavrhováním vylepšení, které nebylo možné ve vyhrazeném čase realizovat. Na obr. 9 je zobrazena finální verze tohoto výrobku.



Obr. 9 Finální podoba vyrobené robotické ruky

### Hrátky s geometrií

Ian Moura de Andrade zkoumal zejména Pythagorovu větu a možnosti jejího důkazu. Odvodil, že Pythagorova věta platí i pro šestiúhelníky a osmiúhelníky sestrojené nad stranami



pravoúhlého trojúhelníka. Poté si chtěl vyzkoušet i manuální práci v dílně. Proto mu vedoucí projektu navrhl, aby sestrojil zařízení, kterým by bylo možné platnost studované věty ukázat na konkrétním modelu. Ian takové zařízení sestrojil (viz obr. 10), ač dosud v dílně sám nikdy nepracoval. Zařízení se skládá ze tří kvádrů se čtvercovou podstavou a jednoho trojbokého hranolu stejné výšky, které při pohledu shora ilustrují pravoúhlý trojúhelník a čtverce sestrojené nad jeho stranami. Na počátku demonstrace je největší kvádr naplněný pískem. Při naklonění pomůcky se písek přesype tak, že zaplní oba menší kvádry. Opětovným překlopením pomůcky lze písek opět přesypat z obou menších kvádrů zpět do největšího. Tím je ukázka platnosti Pythagorovy věty dokončena.



Obr. 10 Autor projektu s vytvořenou pomůckou

## Závěr

Také letošní ročník Soustředění utekl v příjemné a přátelské atmosféře velmi rychle. Na řadu zážitků budou jak vedoucí, tak účastníci vzpomínat dlouhou dobu. Vodítkem mohou být fotografie, které účastníci dostali po skončení soustředění od vedoucích; výběr z nich je zveřejněn na webových stránkách Soustředění [1] a facebookové stránce soustředění [2]. Podle zpětné vazby získané ze závěrečné ankety byl i letos program vyvážený (někomu chyběl spánek, jiný by rád více nočních her, někdo by rád přidal odbornému programu, jiný mimoodbornému, ...).

Soustředění v roce 2024 proběhne opět během prvních 14 dní července – tentokrát v Chatě Radost v Plasnici (nedaleko Deštného v Orlických horách). Žáky se zájmem o fyziku, matematiku a informatiku, ale i s chutí zažít nové a netradiční či s chutí posouvat své hranice (první přeříznuté prkno či zatlučený hřebík v dílně, první zderivovaná funkce, první noc pod širákem, ...) rádi uvítáme mezi účastníky.

## Literatura

- [1] Soustředění mladých fyziků a matematiků [online]. Dostupné z: <http://kdf.mff.cuni.cz/tabor> [citováno 3. 8. 2023].
- [2] Facebooková stránka SMFM [online]. Dostupné z: <https://www.facebook.com/matfyztabor> [citováno 3. 8. 2023].

## Fyziklání jako mezinárodní událost oslavující fyziku

VOJTĚCH DAVID

Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy, Praha

### Abstrakt

*Soutěž Fyziklání pořádaná studentským spolkem FYKOS na MFF UK, která svým příštím 18. ročníkem oslaví pomyslnou dospělost, se v průběhu let významně rozrostla nejen v počtu účastníků (jichž letos přivítala asi 1200 z 21 zemí světa), ale také v možnostech, které svým účastníkům nabízí. Od skromných počátků jednodenní soutěže na půdě fakulty se program Fyziklání posunul k několika pestrým dnům plným přednášek, exkurzí, a dalších vzdělávacích i socializačních aktivit pro všechny středoškoláky se zájmem. V rámci příspěvku přiblížíme celkovou koncepci programu a adresujeme její návaznost na mezinárodní význam akce, to vše s ohledem na přínos pro zúčastněné žáky.*

### O akci

Fyziklání je největší prezenční týmová fyzikální soutěž ve střední Evropě určená pro žáky středních škol. Fyziklání 2023, které proběhlo ve dnech 6. – 12. 2. v Praze, bylo již 17. ročníkem této akce. Samotná soutěž proběhla dne 10. 2. na výstavišti PVA Expo Praha v Letňanech, před soutěží i po ní ale probíhal bohatý doprovodný program zaměřený především na prohlubování fyzikálních znalostí účastníků. Ten se konal převážně v areálech Matematicko-fyzikální fakulty, Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy a na vědeckých pracovištích v Praze a její blízkosti.

Letošního ročníku Fyziklání se zúčastnilo 1167 žáků z 21 zemí Evropy, Asie a Jižní Ameriky, což je nejvyšší počet účastníků a zúčastněných zemí v historii této akce. Dvanáct zahraničních týmů bylo na soutěž pozváno v rámci programu Fyziklání Scholarship, který mohl vzniknout díky podpoře generálního partnera Fyziklání – European Summer Program on Rationality. V dalších odstavcích následuje popis letošního ročníku soutěže samotné a podrobný přehled celého programu, to vše bude nakonec zasazeno do kontextu příštího ročníku, který se bude konat 16. 2. 2024.

### Soutěž Fyziklání

Soutěž Fyziklání, která je středobodem celé akce, proběhla v pátek 10. 2. Jedná se o týmovou soutěž pro až pětičlenné týmy, které během časového limitu 3 hodin řeší větší množství fyzikálních úloh různé obtížnosti z mnoha odvětví fyziky. Na počátku soutěžního času účastníci obdrží 7 úloh. Po vyřešení některé z nich se dostaví k centrálnímu stanovišti, kde jim správnost výsledku ověří organizátoři. Pokud je jejich výsledek správný, obdrží novou úlohu, která je zpravidla náročnější než úlohy předchozí. V opačném případě mají možnost výsledek úlohy opravit, ale za správné řešení získají již nižší počet bodů. Celkem se účastníci mohli setkat s 51 úlohami. Jako příklad uvádíme úlohu dlouholetého organizátora a autora úloh Šimona Pajgera; v případě zájmu naleznete více úloh na webu [fyziklani.cz/archiv](http://fyziklani.cz/archiv)

### Úloha BF ... kladka, co se posune

Mějme nehmotnou volnou kladku. Jeden konec nehmotného lana, které přes ni prochází, je připevněn ke stropu přímo, druhý je spojen s pružinou o tuhosti  $k = 80 \text{ N}\cdot\text{m}^{-1}$ , která je upevněna k téměř stropu. Na kladku zavěsíme závaží o hmotnosti  $m = 1,0 \text{ kg}$ . O jakou vzdálenost se kladka posune směrem dolů?  
*Legá napadlo, když psal jinou úlohu...*

Sily sa vyrovnajú, keď oba konce lana budú kladku ťahať silou  $mg/2$ . Vtedy bude pružina vzhľadom na svoju pokojovú dĺžku predĺžená o  $mg/(2k)$ . Tento dĺžkový rozdiel sa rovnomerne rozdelí medzi obe strany lana idúceho z kladky, takže kladka vo výsledku klesne len o  $mg/(4k) = 3,1 \text{ cm}$ .

*Šimon Pajger*  
legolas@fykos.cz

Celá soutěž probíhá v prostorech letňanského výstaviště PVA Expo Praha, které umožňují všem účastníkům soutěžit spolu na jednom místě a také vytvářejí unikátní atmosféru. Níže přikládáme několik fotografií zachycujících průběh soutěže.



### Doprovodný program

Oproti minulým ročníkům, kdy byl doprovodný program soutěže limitován jen na víkend po ní, měli účastníci letos možnost zúčastnit se různých vzdělávacích i socializačních aktivit počínaje úterkem 7. 2. Tento program je uzpůsoben pro účastníky ze zahraničí, kteří tak mohli v Praze strávit delší dobu než jeden den, je ale přístupný všem zájemcům.

První dny byl program zaměřen především na seznámení zahraničních účastníků, přiblížení jejich kultur a poznání České republiky a Prahy. Za zmínku stojí například Večer národů, kde

účastníci představili svou domovinu pomocí prezentací, ukázek jídel, tradičních předmětů, krojů apod.

Ve čtvrtek 9. 2. proběhla série přednášek a exkurzí do vědeckých pracovišť na Matematicko-fyzikální fakultě Univerzity Karlovy. Program probíhal jak v českém, tak i v anglickém jazyce. Českou část pořádala sama fakulta jako akci pod názvem Jeden den s fyzikou, zatímco anglická alternativa byla pořádána organizátory Fyziklání. Čtvrtek byl zakončen večerní panelovou diskuzí s vědci, ve které účastníkům doc. Mgr. Tomáš Mančal, Ph.D., Mgr. Anna Fučíková, Ph.D, RNDr. Antonín Fejfar, CSc., RNDr. Martin Kozák, Ph.D. a Mgr. Aleš Podolník, Ph.D. přiblížili práci a život ve vědě.

V pátek probíhala od 10:30 do 13:30 samotná soutěž. Během ní byly pro učitele a doprovody účastníků připraveny dvě přednášky od Ing. Petra Dvořáka, Ph.D., s tématy: Elektronová mikroskopie: vstupenka do nanosvěta? a Optické metapovrchy: optické komponenty budoucnosti?

Odpoledne po soutěži probíhal rozbor řešení soutěžních úloh v českém i anglickém jazyce prezentovaný organizátory, kteří úlohy připravovali. Večer proběhla neformální párty pro účastníky a organizátory pro odreagování po náročném dni.

V sobotu 11. 2. dopoledne proběhlo 6 přednášek ve dvou blocích. V prvním bloku si účastníci vybírali mezi přednáškami: *prof. Dr. Christian Bressler: Introduction to Femtosecond X-ray science*, *prof. RNDr. Jiří Spousta Ph.D.: Fyzikální kabaret* a *Mgr. Miroslav Klož Ph.D.: Historie světla*. Druhý blok pak nabídl přednášky: *Zdeněk Jakub, Dr. Techn.: Seeing atoms as they move: a surface science approach to catalysis*, *prof. RNDr. Jiří Podolský, CSc., DSc.: Génieus Einstein a jeho teorie gravitace* a *Ing. Jan Kaufman: Špatná fyzika ve filmu*.



Odpoledne byly pro účastníky připravené exkurze do vědeckých pracovišť a výzkumných center v Praze a jejím okolí. Účastníci tak mohli navštívit například ELI Beamlines v Dolních Břežanech, tokamaky GOLEM a Compass, biotechnologické centrum BIOCEV ve Vestci a mnoho dalších míst.

Večer byla oficiální část programu zakončena slavnostním rautem, při kterém se účastníci mohli nad jídlem podělit s ostatními týmy o své zážitky.



Celý program byl pak uzavřen v neděli městskou hrou, kde díky plnění zajímavých úkolů poznávali známá i méně známá místa v Praze.

Zmiňme, že ačkoliv je program hutný a rozsáhlý, účastníci se na jeho části přihlašují dobrovolně a individuálně dle vlastních preferencí. Je tedy možné se zúčastnit například jedné vybrané aktivity nebo jen soutěže samotné. Program si zakládá na různorodosti a rozmanitosti, aby každému nabídl něco z jeho oblasti zájmu.

### Stanovené a dosažené cíle akce

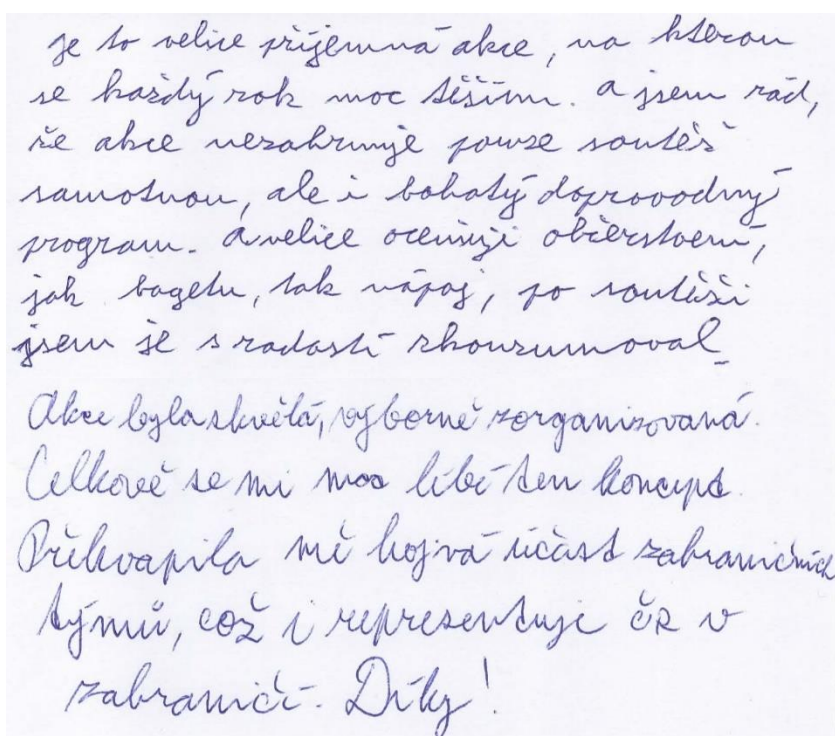
Mezi primární cíle projektu patří inspirace a vzdělávání žáků středních škol. Toho je dosahováno nejen prostřednictvím soutěže samotné, ale rovněž pestrým doprovodným programem, který byl v porovnání s minulými lety rozsáhlejší jak svou délkou, tak obsahem.

Dalším, neméně důležitým cílem je zajištění společenského a socializačního aspektu celé akce. Za účelem dosažení tohoto cíle bylo do doprovodného programu zařazeno vícero aktivit, při kterých se účastníci mohli setkávat (párty, raut), či například poznávat nové kultury (Večer národů).

O naplnění těchto cílů svědčí veskrze pozitivní reakce účastníků, níže je uvedených několik ukázek zpětné vazby:

Pro nás tím to byla první ale rozhodně ne poslední účast. Moc jsme si to všichni užili a moc se mi líbilo, jak to tu bylo naplánované. Díky moc!!

Our team came across this competition very spontaneously but we all are extremely delighted that we found it. Most of the problems require in-depth analysis of the phenomenon and combine knowledge from different fields. The organisation is well achieved and there is also rival-friendly environment attained. Looking forward to meeting the contestants again!



Je to velice příjemná akce, na kterou se každý rok moc těším. a jsem rád, že akce nezahrnuje pouze soutěže samotnou, ale i bohatý doprovodný program. A velice oceňuji občerstvení, jak bagetu, tak nápoj, po soutěži jsem se s radostí rozhovořoval.

Akce byla skvělá, vyberně zorganizovaná. Celkově se mi moc líbí ten koncept. Přivítala mě bojná účast zahraničních týmů, což i reprezentuje ČR v zahraničí. Díky!

Dalším z cílů bylo navýšení počtu účastníků při současném zachování vysoké kvality předešlých ročníků. Letos jsme přivítali rekordní počet téměř 1200 soutěžících, což spolu se zmiňovanou pozitivní zpětnou vazbou svědčí o naplnění tohoto cíle. Organizace soutěže se však podstatně dotkla současná ekonomická situace, a realizace akce v této podobě by tedy nebyla možná bez podpory našich partnerů, mezi které patří kromě již zmíněného ESPR taktéž Nadace ČEZ nebo Nadace Neuron

## Plány pro příští rok a závěr

Vzhledem k obecně pozitivní zpětné vazbě, která opětovně poukazuje na smysluplnost konání celé akce je pro příští rok v plánu zorganizovat Fyziklání v podobném rozsahu jako letos. Fyziklání 2024, na které Vás všechny srdečně zveme, proběhne 16. 2. s doprovodným programem od úterý do neděle. Lze očekávat, že bude struktura programu velmi podobná a žákům nabídne mnoho příležitostí, jak si užít fyziku i společnost podobně naladěných vrstevníků nad rámec soutěžního klání. Veškeré podrobnosti budou časem zveřejňovány na webových stránkách fyziklani.cz, kde bude také 22. listopadu – po skončení internetové varianty soutěže, Fyziklání Online – spuštěna registrace.

V průběhu let se Fyziklání svým rozsahem, jak po stránce počtu účastníků, tak po stránce možností v podobě doprovodného programu, stalo s trochou nadsázky mezinárodní oslavou fyziky a jako organizátoři doufáme, že v tomto trendu bude nadále pokračovat a umožní svým účastníkům zažívat tuto rozmanitou vědu i nadále.

## Davyho lampa

ZDENĚK DROZD

Katedra didaktiky fyziky MFF UK, V Holešovičkách 2, 180 00 Praha 8

### Abstrakt

*V článku je popsán princip Davyho lampy, která je příkladem aplikace fyziky, která zachránila stovky, možná tisíce životů horníků v době, kdy ještě neexistovalo elektrické osvětlení a v dolech bylo nutné používat svítidla na principu kahanu. Je zde námět jak demonstrovat princip Davyho lampy jednoduchým pokusem, je uvedena stručná historie vynálezu Davyho lampy a je popsána skutečná Davyho lampa používaná svého času v dolech v německém Harzu.*

### Úvod

Výuku fyziky je vhodné doplňovat příklady aplikací probíraných principů. Pokud poukážeme na zajímavou aplikaci, vzroste pravděpodobně zájem žáků o probírané téma. Je tedy dobré mít ke každé probírané partii fyziky v zásobě několik zajímavých příkladů jejího využití v praxi. Davyho lampa je právě takovou ukázkou užitečnosti fyziky pro praktický život. Její vynález a zavedení do hornické praxe znamenaly výrazné zvýšení bezpečnosti horníků na počátku 19. století. V literatuře, která se zabývá dějinami hornictví, se dočteme, že Davyho lampa zachránila tisíce životů horníků. Její princip je přitom geniálně jednoduchý a snadno pochopitelný už i pro žáky na základní škole. Kromě toho, že žáky seznámíme s původním Davyho vynálezem, můžeme společně přicházet na to, jaké byly jeho nedostatky a jak je odstraňovat. Zruční žáci se mohou pokusit o vlastnoruční výrobu funkčního modelu této lampy.

### Stručná historie Davyho lampy

Přelom 18. a 19. století byl spjat s velkým rozvojem hornictví. V té době se přesouval zájem těžebních společností od dobývání kovů a jejich rud k těžbě uhlí, které se brzy mělo stát hlavní těžbou surovinou. S rozšiřováním důlní činnosti byl ale spojen také velký nárůst důlních neštěstí. Podstatnou část z nich tvořily tragédie způsobené výbuchem metanu, na který horníci často narazili. Tato situace vedla hornické společnosti k tomu, aby nabízely vysoké částky za vyřešení tohoto problému – za vynález bezpečného svítidla a spolehlivého detektoru nebezpečného plynu v důlních prostorách.

První úspěšná řešení se objevila v druhém desetiletí 19. století. Roku 1813 přišel s návrhem bezpečné lampy William Reid Clanny. Nedlouho po něm se do řešení problému zapojili George Stephenson, který proslul hlavně konstrukcí lokomotivy a slavný experimentátor Humphry Davy. Oba přišli s téměř stejným nápadem, což vedlo ke sporu o prvenství. Davy si na rozdíl od Stephensona nenechal svou lampu patentovat. Přesto to byl on, kdo za její vynález obdržel od Royal Society Rumfordovu medaili a nemalou finanční odměnu (ta společně s odměnou důlní společnosti činila 3000 Liber, což byl tehdy značný obnos). Davy svou lampu poprvé předvedl na zasedání Royal Society v Newcastleu v listopadu 1815 a už v příštím roce byla v blízkém dole Hebburn Colliery Davyho lampa použita (dnes v tomto místě můžete navštívit muzeum hornictví). Podrobněji se o historii vynálezu lze dočíst např. v [1,2]. Můžete se také seznámit s původním Davyho článkem [3].

## Princip Davyho lampy

Na počátku 19. století bylo samozřejmě důlní osvětlení založeno na svitu plamene kahanů různého typu. Právě otevřený oheň byl zdrojem mnoha neštěstí. Horníci často narazili na ložisko metanu, ten začal pronikat do důlních prostor, a kombinace s otevřeným ohněm se stala horníkům osudnou. Davyho řešení problému bylo velmi elegantní a geniálně jednoduché. Hornický kahan obalil kovovou sítkou. Síťka, jakožto dobrý vodič tepla, odvádí teplo z místa poblíž plamene do celého svého rozsahu. Teplota vně sítky není dostatečně vysoká na to, aby kahan zapálil okolní hořlavý plyn. Pokud se ale takový plyn v okolí lampy objeví, pronikne sítkou dovnitř, kahan se rozhoří jasnějším plamenem a horník ví, že má důl ihned opustit.

Princip Davyho lampy si můžete snadno vyzkoušet. Nad plamen zapálené svíčky přiblížte kovový cedník. Přibližujte jej ke svíčce – plamínek končí u sítky, a když rukou vyzkoušíte teplotu nad cedníkem, zjistíte, že není nijak vysoká. Ilustrační fotografie tohoto známého pokusu je na obrázku 1.



Obrázek 19. Princip Davyho lampy lze demonstrovat pokusem s cedníkem a svíčkou.

Humphry Davy našel vhodnou velikost ok sítky a svou lampu nakonec obalil dvojitou kovovou sítkou. (V rámci historické spravedlnosti je vhodné připomenout, že stejnou lampu ve stejnou dobu sestrojil také George Stephenson.) Fotografie skutečné Davyho lampy je na obrázku 2. Vlevo je vidět samotný kahan, vedle něj je síťka. Ta se po zapálení kahanu našroubuje a zajistí. Na obrázku vpravo je sešroubovaná, zapálená lampa. Lampa na fotografii byla vyrobena ve Walesu (Velká Británie) a byla používána v dolech v německém Harzu. Všimněte si, že plamínek není nijak veliký. Vzhledem k tomu, že byl obalen hustou kovovou sítkou, často dvojitou, mnoho světla z lampy nevycházelo. Nasazení tohoto typu lamp v dolech sice snížilo množství výbuchů, ale vzhledem ke snížené intenzitě poskytovaného světla narostlo množství úrazů způsobených pádem horníků, kteří při použití Davyho lampy příliš dobře neviděli. Lampu proto vylepšil William Reid Clanny, který nad těleso kahanu umístil nízký skleněný válec a teprve na něj navazovala kovová síťka. Takto vylepšená Davyho lampa dodávala více světla a práce s ní byla pohodlnější.





Obrázek 20. Vlevo je rozložená Davyho lampa - kahan a síťka, vpravo je zapálená Davyho lampa.

Simulace Davyho lampy v dole bez přítomnosti metanu a po odkrytí ložiska metanu je ukázána na obrázku 3. Vlevo je vidět lampa vložená do kádinky, v níž je vzduch. Všimněte si velikosti plamínku. Vpravo je do stejné kádinky s lampou přiléván hořlavý plyn (směs propanu a butanu, kterou lze snadno zakoupit např. jako náplň do zapalovačů). Je vidět, že tento vysoce hořlavý plyn není v okolí lampy zapálen. Zvětšil se ale plamen lampy.



Obrázek 21. Simulace použití Davyho lampy v dole s bezpečnou atmosférou (vlevo) a po odkrytí ložiska hořlavého plynu (vpravo) - k lampě je přilévána směs propanu a butanu.

Postupem času docházelo k dalším vylepšením Davyho lampy. V dolech je většinou poměrně velký průvan. Ten způsoboval časté zhasínání hornických kahanů, nejinak tomu bylo u Davyho lampy. Kdyby horník chtěl zhasnutou lampu znovu zapálit, odšrouboval by ochrannou síťku a

škrtl, hrozil by výbuch. Aby byla takováto manipulace vyloučena, byla lampa opatřena speciálním zámkem. Horník nastupoval do dolu se zapálenou lampou a v dole ji nebylo možné otevřít. Pokud zhasla, musel si vzít jinou, zapálenou. Zařízení k otevření lampy bylo k dispozici pouze v bezpečném prostředí mimo důl. Pokročilejší typy lamp měly kryt proti průvanu a poslední používané typy byly vybaveny stupnicí, která pomocí velikosti plamene umožňovala zjistit koncentraci metanu v okolním ovzduší.

## **Závěr**

Davyho lampa je krásnou ukázkou užitečné aplikace fyzikálních poznatků. Sám Davy obhajoval své prvenství ve sporu se Stephensonem tím, že mu k vynalezení lampy pomohla důkladná znalost fyzikálních principů, zatímco Stephenson pracoval pouze náhodnou metodou pokus – omyl. Stovky, možná tisíce horníků, kterým tento vynález zachránil život, by ale nejspíše odměnu za vynález bezpečné lampy přičkly jak Davymu, tak Stephensonovi – ostatně londýnská Royal Society udělala totéž.

## **Literatura**

- [1] Pohn, H.A.: *The Miner's Flame Light Book*. Flame Publishing Company, Denver, 1995.
- [2] Knight, D.: *Humphry Davy*. Cambridge University Press, UK, 1998.
- [3] Davy, H.: *On the fire-damp of coal mines, and on methods of lighting the mines so as to prevent its explosion*. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, 1816, 1-22.

## Jednoduché pokusy ve výuce fyziky – přežijí rok 20xx?

LEOŠ DVOŘÁK

Katedra didaktiky fyziky, Matematicko-fyzikální fakulta UK

### Abstrakt

*Jednoduché pokusy se ve výuce fyziky využívají prakticky od nepaměti. Mohou ale dnes soupeřit s atraktivními nabídkami, které se na žáky valí z webu, sociálních sítí a dalších zdrojů – nebo jsou „ohroženými druhy“? Cílem příspěvku je ukázat a shrnout důvody, proč je rozumné věřit, že jednoduché pokusy přežijí i do budoucna. Pokusy, které to ilustrují, jsou většinou už známé – příspěvek se ale pokouší nabídnout na danou problematiku někdy trochu nové úhly pohledu.*

### Úvod

Úvodem přiznávám, že tento příspěvek je upravenou (zkrácenou, ale v něčem i doplněnou) verzí příspěvku, který již zazněl v roce 2016 na jedné mezinárodní konferenci a je publikován v [1]. Doufám ale, že některé pohledy, které přináší, snad budou zajímavé i pro české fyzikáře a fyzikářky.

Typ pokusů, o které nám půjde, bývá nazýván různě: *jednoduché pokusy*, *pokusy s jednoduchými pomůckami*, *pokusy s levnými pomůckami* a podobně; v angličtině *low-cost experiments*, *hands-on experiments*, často také *hands-on*, *mind-on experiments*. (To odpovídá kdysi vymyšlenému českému vyjádření, že jde o fyziku, resp. pokusy, které děláme „*vlastníma rukama a hlavou*“.) Navzdory různým názvům všichni víme, o čem jde.

Otázka v titulku může působit nepatřičně – proč by jednoduché pokusy ve výuce fyziky neměly přežít? Už jen pohled na to, kolik pro ně máme k dispozici návodů a zdrojů, může navodit představu, že dnes je jejich zlatý věk. Na dotaz *jednoduché pokusy z fyziky* vrátí Google asi 80 tisíc zdrojů, na dotaz *jednoduché pokusy fyzika* dokonce asi 230 tisíc. V angličtině je to ještě o tři řády víc: na dotaz *hands-on experiments physics* hlásil Google 204 miliónů odkazů, na *simple experiments physics* pak dokonce 442 miliónů.

Při pohledu na tato čísla by se mohlo zdát, že jednoduché pokusy jen vzkvétají. Co když jsou ale přesto v ohrožení?

### Mohou být jednoduché pokusy „ohroženým druhem“?

Pro organismy v přírodě je často ohrožením změna prostředí. Když připustíme vzdálenou analogii, jak je to s prostředím, v němž „žijí“ jednoduché pokusy?<sup>1</sup> A jak se toto prostředí mění?

První změna se týká **přístrojů kolem nás**. Dříve byly jednoduché, daly se snadno rozebrat a jejich činnost šla většinou názorně pochopit. Dnes to jsou často „černé skříňky“, uzavřené, složité, záhadné... Srovnejte třeba klasickou a „ledkovou“ žárovku, starý zvonek, v němž elektromagnet přitahoval paličku a dnešní bezdrátový tónový zvonek. Nebo starý uhlíkový mikrofon (jeho fungující verzi si člověk mohl vyrobit z uhlíkových tyčinek z ploché baterie

---

<sup>1</sup> Samozřejmě jde o prostředí, v němž pokusy ve výuce provádíme a využíváme. Netvrdím, že pokusy jsou opravdu živé, dosud jsem se nezbláznil... Ale biologické analogie, možná někdy spíš metafory, nám občas umožní nový a neotřelý pohled, slíbený už v abstraktu.

přilepených na napnutý papír sloužící jako membrána) a dnešní elektretový mikrofon. Příkladů bychom jistě našli mnohem víc.

Druhá změna se týká **nástrojů**, které používáme. Dříve šlo o nástroje, které něco dělají s věcmi v reálném světě (šroubovák, kladivo, vrtačka, páječka, ...). Dnes jde zhusta o nástroje, které něco dělají s daty (počítač, tablet, smartphone, ...).

Další změna se týká **vědeckých pokusů**. V minulosti (minimálně do 19. století včetně) byly i pokusy ve fyzice jako vědě často jednoduché, vzpomeňme třeba na Faradaye. Dnešní hadronový urychlovač LHC nebo detektory gravitačních vln LIGO v kuchyni nebo ve školní laboratoři nepostavíte...<sup>2</sup>

A konečně je zde ještě jeden nový faktor: **všechno je na webu**. Všechny informace a odpovědi jsou tam na pár kliknutí, na dosah ruky. Tak proč se obtěžovat nějakými vlastnoručně prováděnými pokusy? Jednoduché pokusy také mají mocné soupeře v zápase o přivábení a udržení pozornosti žáků: počítačové hry, virtuální realitu, klipy na YouTube... a u lidí se zájmem o vědu třeba aplety a simulace nebo informace o „velké vědě“ na webu.

Mohou tomu všemu jednoduché pokusy konkurovat a přežít?

Nebo jsou skutečně „ohroženým druhem“ a hrozí, že nepřežijí následující léta a desetiletí? Navzdory všemu uvedenému si dovolím tvrdit, že:

## Jednoduché pokusy nejsou mrtvé!

Nejsou mrtvé, protože **mají své silné stránky**. Můžeme je shrnout do čtyř obecných bodů:<sup>3</sup>

1. Jednoduché neznamena hloupé
2. Jednoduché pokusy jsou přizpůsobivé
3. Mohou nás hodně naučit
4. ....<sup>4</sup>

Pojďme si jednotlivé body poněkud rozvést a ilustrovat je na příkladech konkrétních pokusů.

## Jednoduché neznamena hloupé<sup>5</sup>

Konstatováním, že jednoduché pokusy nejsou hloupé, míníme několik aspektů:

- Jednoduché pokusy lze využít na různých úrovních (doslova od mateřské školy po vysokou)
- Může jít i o pokusy kvantitativní.

---

<sup>2</sup> Tohle ovšem platí už pro velké (i ne úplně velké) fyzikální experimenty ve 20. století. Ale přece jen se vzdálenost mezi přesnými vědeckými experimenty a jednoduchými pokusy, které provádíme ve výuce, zvětšuje a zvětšuje.

<sup>3</sup> S vědomím, že nejde o výčet vyčerpávající, který by aspiroval na to, aby se dostal mezi „učebnicové pravdy“.

<sup>4</sup> Tento bod zde záměrně nemá popis. Týká se účelu jednoduchých pokusů – jeho poněkud provokativní formulace bude uvedena níže.

<sup>5</sup> Údernější by bylo „Jednoduché neznamena pitomé“, ale to by se asi do stylu tohoto příspěvku nehodilo. O něco lépe by to ale vystihovalo anglickou podobu tohoto bodu: “Simple does not mean stupid”.



- Může jít o pokusy „mnohvrstvé“. Vrstvami zde přitom myslíme různě náročný teoretický popis a různě hluboká vysvětlení.

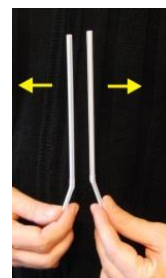
Ilustrujme uvedené aspekty na konkrétních pokusech.

### Plastová brčka zeлектроvaná třením: různé úrovně vysvětlení

Plastová brčka zeлектроvaná třením (látkovým nebo papírovým kapesníkem), která přiložíme k nějakému předmětu nebo ke stěně, se k němu přitáhnou a drží, leckdy dost dlouho. Brčka také přitahují drobné předměty, například papírky. Jde o analogii toho, co pozorovali už staří Řekové: že jantar po tření přitahuje drobné předměty.<sup>6</sup>

Držíme-li blízko sebe dvě nabitá brčka, odpuzují se, viz obr. 1. Oba pokusy mohou sloužit jako úvod do elektrostatiky; ukazují přitahování a odpuzování nábojů. Kvalitativně ukazují i to, jak síla závisí na vzdálenosti: když jsou brčka od sebe dál, síla je slabší, s přibližováním síla roste. Podrobněji jsou tyto a další pokusy popsány v [2] – [4].

Závislost síly na náboji a na vzdálenosti jde dokonce s brčky proměřit i přesněji. Jednoduchá pomůcka pro toto měření byla už demonstrována na Veletrhu nápadů, viz [5], fotografie ukazující měření s ní jsou v článku [1]. Opravdu lze takto „badatelsky“ dojít ke Coulombovu zákonu.



Obr. 1. Odpuzování dvou nabitých brček lze cítit v prstech

Pokud už známe Coulombův zákon i s příslušnou konstantou, můžeme z odpuzování brček určit jejich náboj. Výpočet a výsledný odhad náboje je uveden např. v [4]. (Vychází nižší desítky nanocoulombů, např. 20 nC.)



Obr. 2. Ze „vznášení“ jednoho brčka nad druhým díky odpuzování lze přibližně určit náboj brčka.

Odhad pomocí Coulombova zákona je ovšem nepochybně velmi hrubý: Coulombův zákon platí pro bodové náboje a brčka zjevně nejsou hmotné body!

Na úrovni střední školy většinou asi u Coulombova zákona zůstaneme. Na úvodní vysokoškolské úrovni může dát tento pokus motivaci k odvození pole nabitě tyče. Nejjednodušší je to pro nekonečně dlouhou tyč.<sup>7</sup> Reálná brčka ovšem mají do nekonečných tyčí také daleko.<sup>8</sup> Přesto kupodivu jak odhad z Coulombova zákona, tak z pole nekonečné tyče dávají řádově správné hodnoty. Spočítat sílu mezi brčky teoreticky „pořádně“ znamená počítat ji pomocí integrálů (navíc za předpokladu, že náboj je na brčkách rozložen rovnoměrně) – na VŠ to může být dobrá motivační úloha... Středoškolsky by šla síla vypočítat jako odpuzování mnoha bodových nábojů na horním brčku od mnoha nábojů na spodním. („Mnoho“ může být třeba dvacet.) Lze to udělat třeba v Excelu.

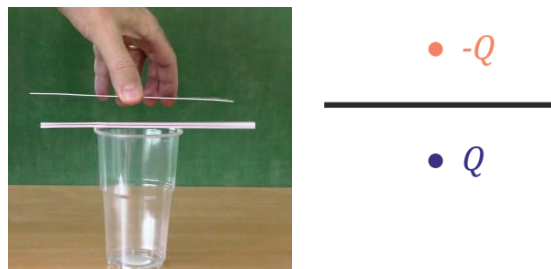
Vidíme, že v teoretickém popisu a výpočtech můžeme opravdu jít do různě hlubokých vrstev.

<sup>6</sup> I když jde asi o nejjednodušší pokus z elektrostatiky, a tudíž se často používá jako úvodní, s jeho vysvětlením je nutno počkat, protože k němu je nutno něco vědět o polarizaci nebo o přerozdělování nábojů, pokud jde o přitažení k vodivému předmětu.

<sup>7</sup> Odvození je pak krásnou ukázkou užitečnosti Gaussovy věty elektrostatiky, ale to opravdu nejsme na středoškolské úrovni, možná leda v nějakém pokročilém semináři pro zájemce a řešitele fyzikální olympiády. Ovšem v úvodním VŠ kurzu elektřiny a magnetismu je to lahůdka...

<sup>8</sup> Chybí jim asi tak nekonečno mínus dvacet centimetrů. ☺

Podobně je tomu i u pokusu, kdy nabité brčko přiskočí k vodivému předmětu. Může jít o vodivou desku, jak ukazuje obrázek 3. Pokus můžeme provést jen kvalitativně, nebo přejít i ke kvantitativním úvahám. Deska přitahuje brčko, protože se v ní rozloží náboje opačného znaménka, než má brčko. V elektrostatiice se (na VŠ úrovni) ukazuje, že pole buzené deskou je stejné, jako by měl náboj zrcadlově umístěný na druhé straně desky, jako by šlo o „zrcadlový obraz“ náboje, viz schematický obrázek. Této metodě (jak spočítat pole buzené deskou) se říká *metoda obrazů*; umožňuje jednoduše spočítat sílu mezi brčkem a deskou. Pokus ukáže, že brčko opravdu přiskočí ze vzdálenosti, z níž by přiskočilo, kdyby tam deska nebyla, ale ve dvojnásobné vzdálenosti by byla tyč nabitá nábojem stejné velikosti, ale opačného znaménka, než má brčko.<sup>9</sup>



Obr. 3. Nabité brčko přiskočí k vodivé desce

Analogicky je tomu ve známém pokusu, kdy nabitou plastovou tyčí přitahujeme a po stole koulíme plechovku, jen by tam uplatnění metody obrazů bylo složitější. (To už by byla vysokoškolská záležitost; jako kvalitativní zajímavý pokus se přitom může užít už od úrovně prvního stupně ZŠ.)

## Jednoduché pokusy jsou přizpůsobivé

Podívejme se na druhý bod v našem seznamu silných stránek jednoduchých pokusů. Co si představit pod tvrzením, že jednoduché pokusy jsou *přizpůsobivé*? Opět si pomůžeme biologickou analogií.

Z biologie víme, že zvířata a další druhy organismů obsadí v biosféře každou niku. Podobně je tomu s jednoduchými pokusy: Jsou „všude“: ve všech částech fyziky, pro každý věk, pro každou úroveň škol.

Trochu metaforicky tedy můžeme říci, že obsadí každou niku v „experiment-sféře“<sup>10</sup> nebo, chcete-li, ve „vesmíru pokusů“. To znamená, že musí být „životaschopné“, přizpůsobivé, že se adaptují.<sup>11</sup> Pojdme se podívat, jak se umí adaptovat na nové technologie.

---

<sup>9</sup> Na podrobnější vysvětlení zde bohužel není místo, ale v úvodním VŠ kurzu elektřiny a magnetismu, kam metoda obrazů patří, si s interpretací pokusu přednášející jistě poradí. Na střední či základní škole postačí kvalitativní představa, kvantitativně sílu počítat nemusíme.

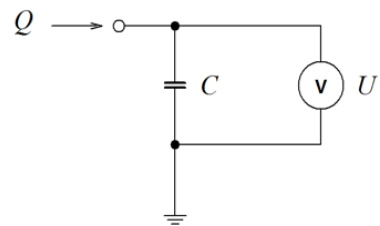
<sup>10</sup> Tenhle termín se určitě nebude používat, možná je trochu nadnesený, ale v analogii s biosférou jsem si ho tu dovolil použít.

<sup>11</sup> Samozřejmě, že je adaptujeme my, kdo ty pokusy děláme a upravujeme. Ale, opět trochu metaforicky řečeno, my jsme při té adaptaci vlastně takoví pomocníci... ☺

### Adaptace na nové technologie: princip měřiče náboje

Měřiče náboje i pro pokusy ve výuce nabízejí různé firmy. Ale aby to pro nás nebyla jen nepochopitelná černá skříňka – jak vlastně tyto měřiče fungují?

Jak ukazuje obr. 4, princip je jednoduchý. Náboj přivedeme do kondenzátoru o známé kapacitě  $C$ . Kondenzátor (předem vybitý) se nabije na napětí  $U$ . Pro náboj pak platí  $Q = C \cdot U$ .



Obr. 4. Princip měřiče náboje

Pro kondenzátor o kapacitě 1 mikrofarad, tedy  $C = 10^{-6}$  F, pak platí, že každý milivolt naměřeného napětí ( $U = 10^{-3}$  V) odpovídá přivedenému náboji  $Q = 10^{-6} \cdot 10^{-3}$  C, tedy 1 nanocoulombu. Napětí lze přitom měřit běžným multimetrem.<sup>12</sup>

Příklad reálného měření ukazuje obr. 5. Jeden pól kondenzátoru je spojen s plechovkou umístěnou na izolačním podstavci (kousku polystyrenové destičky). Druhý pól kondenzátoru je uzemněn spojením s kolíkem zásuvky. Před měřením kondenzátor vybijeme. Po vložení nabitého brčka do plechovky přitáhne záporný náboj brčka kladné náboje na vnitřní stranu plechovky, stejný záporný náboj odečte do kondenzátoru.<sup>13</sup> Údaj na multimetru ukazuje náboj brčka v nanocoulombech, v daném případě asi -30 nC (včetně záporného znaménka).



Obr. 5. Měření náboje kondenzátorem a multimetrem

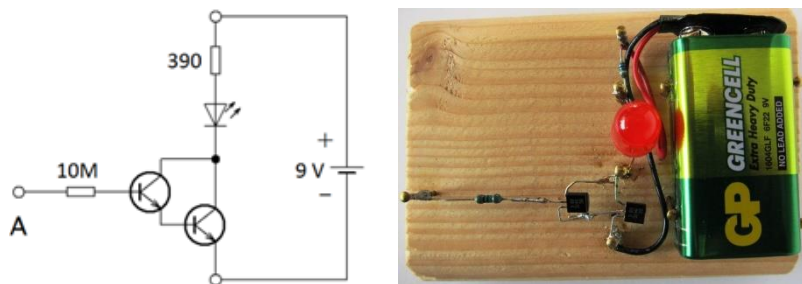
Ze vzorce  $Q = C \cdot U$  lze ze známého napětí a náboje naopak určit kapacitu. Trochu netradiční aplikací je nabít člověka stojícího na izolační podložce pomocí školního zdroje vysokého napětí například na 10 kV a pak ho (poté, co přeruší kontakt se zdrojem napětí) nechat vybit do kondenzátoru a změřit tak jeho náboj. Výpočtem pak určíme kapacitu člověka coby izolovaného vodivého tělesa. Blíže je tento pokus popsán v [6]. (Pro informaci: kapacita vychází zhruba 100 pF, spíše o něco méně)

### Další využití nových technologií: indikátor náboje s bipolárními tranzistory

Polovodiče jsou základem řady moderních přístrojů, a tak i pomůcky využívající tranzistory a svítivé diody můžeme považovat za reprezentanty moderních technologií. Příkladem je pomůcka, kterou si už řada učitelů vyrobila na seminářích Heuréky. Indikátor dle obr. 6 umožňuje detekovat velmi malé proudy řádu jednotek nanoampérů.

<sup>12</sup> Já častěji používám kondenzátor o kapacitě 10  $\mu$ F, náboji 1 nC pak odpovídá napětí 0,1 mV. Desetiny milivoltu jdou měřit multimetrem na rozsahu 200 mV. Výhodou je, že napětí měřené na kondenzátoru klesá s časem pomaleji. (Klesá díky tomu, že se kondenzátor vybíjí do multimetru.) Upozornění: Použitý kondenzátor nesmí být elektrolytický. Vyhoví kondenzátor označovaný jako fóliový.

<sup>13</sup> Pro upřesnění: abychom změřili náboj celého brčka, musela by být plechovka tak velká, aby se do ní brčko vešlo celé. V pokusu ukázaném na obr. 5 fakticky změříme náboj převážné části brčka.



Obr. 6. Indikátor s bipolárními tranzistory využitelný i v pokusech z elektrostatiky

Umožňuje například detekovat proud procházející lidským tělem: spojíme-li svorku A s kladným pólem baterie, LED se rozsvítí.<sup>14</sup> Ale reaguje i na nepatrné proudy vznikající v případě, že nabitým brčkem pohybujeme v okolí svorky A (nebo ještě lépe: v okolí plechovky, kterou spojíme se svorkou A): při vzdalování brčka LED svítí. Indikátor funguje i v různých variantách zapojení, viz např. [7]. Původní varianta obsahovala tři tranzistory a žárovičku místo LED, viz [8]. Článek [9] ukazuje řadu možných pokusů s tímto indikátorem; samozřejmě v nich lze užít i variantu dle obr. 6.

## Výhody a nevýhody jednoduchých pokusů

Není pochyb, že jednoduché pokusy mají řadu **výhod**. Určitě nás napadne například, že:

- Nejde o „černé skříňky“. Do pokusů „je vidět“, což napomáhá porozumění.
- Využívají jednoduché a levné pomůcky.
- Některé jednoduché pokusy nezaberou moc času.
- Fungují i mimo školní laboratoře, v reálném světě.
- Studenti je mohou dělat doma.
- Jsou atraktivní, mohou motivovat.
- Lze je využít pro aktivní činnost studentů.

Podstatné je, že je mohou provádět sami žáci a studenti. Často se v této souvislosti uvádí rčení: „Co slyším, to zapomenu, co vidím, to si pamatuji, co dělám, tomu rozumím.“<sup>15</sup>

---

<sup>14</sup> Svítí i v případě, kdy prsty držíme kladný pól baterie a vodičem spojeným se svorkou A se dotkneme třeba čela – já přitom obvykle dodávám, že je to demonstrace, že „nikdo nejsme nekonečně odporový“. ☺

<sup>15</sup> Odkazy z Googlu nám sdělí, že se tento citát připisuje Konfuciovi. Viz třeba [10], kde je ve variantě končící „co si vyzkouším, tomu rozumím“. Ovšem zdroj [11] upozorňuje, že Konfucius toto nejspíš nikdy neřekl. A že se tento výrok (v angličtině : “I hear and I forget. I see and I remember. I do and I understand.”) objevuje až v šedesátých letech minulého století právě v souvislosti se vzděláváním. Tak už to asi s leckterými slavnými citáty bývá...

Je ovšem nutno upozornit, že **výhody nejsou zaručené a automatické!** Je třeba uvědomit si i možné **nevýhody** jednoduchých pokusů:

- Někdy se příliš zdůrazňuje zábavná stránka pokusů, pak pokus nemusí přispět k pochopení příslušné fyziky.
- Někdy je vysvětlení pokusů příliš povrchní; či dokonce fyzikálně sporné.<sup>16</sup>
- Někdy se stane, že pokus nefunguje.<sup>17</sup>

Navíc, **lepší pochopení není zaručeno**. Známa světová didaktička fyziky R. Driverová toto riziko vystihla modifikací výše uvedeného citátu do tvaru (viz [13]):

“I hear it, I forget, I see it, I remember, I do it, I am even more confused.”

### Nejde jen o samotný pokus

V této souvislosti bychom se opět mohli inspirovat biologií. Richard Dawkins, autor termínu „sobecký gen“, zavedl i termín „rozšířený fenotyp“<sup>18</sup>.

Ve volné analogii bychom mohli zavést termín **rozšířený pokus**. Ten by kromě vlastního pokusu zahrnoval i jeho „okolí“, tedy například:

- vysvětlení,
- příslušnou teorii,
- didaktické aspekty,
- kontext,
- Souvislost s aplikacemi
- další úvahy týkající se pokusu,
- možné diskuse ve třídě.

Tyto věci ve výuce k pokusu nepochybně patří. A je dobře uvědomit si, že mnoho výhod i možných nevýhod jednoduchých pokusů se vlastně týká právě *rozšířených* pokusů.<sup>19</sup>

### Pokusy nás mohou hodně naučit

Podívejme se na další silnou stránku jednoduchých pokusů: mohou nás hodně naučit. Samozřejmě například fakta, tedy to, jak se příroda chová.

---

<sup>16</sup> Příkladem může být nesprávné běžné vysvětlení některých pokusů z hydrodynamiky pomocí Bernoulliovy rovnice, jak už na to na Veletrhu nápadů upozorňoval např. příspěvek [12].

<sup>17</sup> Bývalý vedoucí naší katedry Milan Rojko k tomu trefně poznamenával „Pokus vždycky vyjde, jen někdy jinak, než učitel očekával...“.

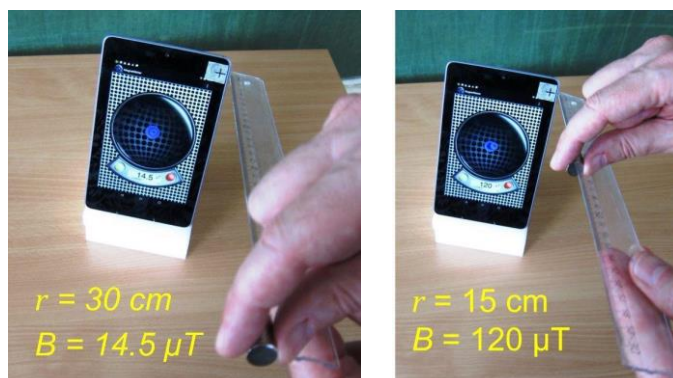
<sup>18</sup> *Fenotyp* je soubor všech pozorovatelných vlastností a znaků živého organismu. *Rozšířený fenotyp* zahrnuje i veškerý vliv organismu na okolní prostředí, včetně jiných organismů. (O tom nás poučí příslušná hesla Wikipedie nebo Dawkinsova kniha *Rozšířený fenotyp*. Nebudeme zde řešit fakt, že – alespoň dle Wikipedie – je to koncept poněkud kontroverzní, opravdu se jím necháme jen volně inspirovat.)

<sup>19</sup> Poznamenejme, že nejde o to, abychom termín *rozšířený pokus* v didaktice fyziky formálně zavedli a používali. Neformálně by nám ale mohl pomoci připomínat si, s čím všim pokus ve výuce souvisí.



### Příklad: pole malého magnetu

Pokud chceme vědět, jak se vzdáleností slábne magnetické pole malého magnetu, nemusíme k tomu používat speciální měřič magnetické indukce. Stačí využít běžný smartphon, jak to ukazuje obr. 7.



Obr. 7. Měření magnetické indukce buzené malým magnetem pomocí smartphonu

Pro měření se smartphony či tablety se systémem Android se osvědčila aplikace [14]. Před měřením je třeba najít, kde je ve smartphonu umístěna sonda magnetického pole. To můžeme udělat pomocí zmagnetovaného špendlíku (nebo „rozehnuté“ kancelářské sponky): přibližujeme jeho hrot ke smartphonu z různých stran, šipka v aplikaci nám ukazuje směr magnetické indukce; místo, kde je senzor, tak najdeme velmi rychle.<sup>20</sup>

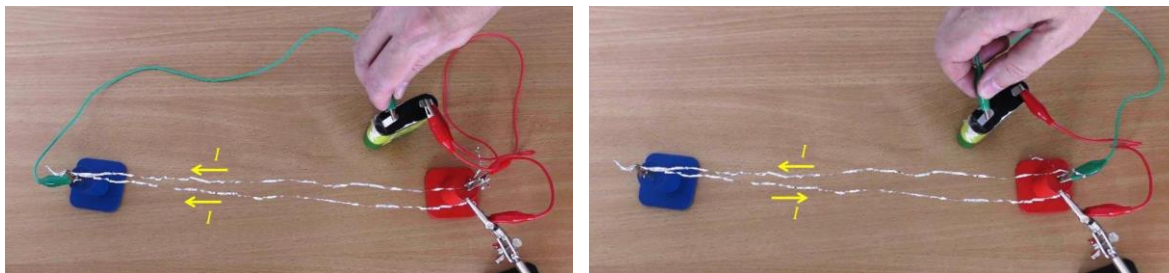
Před vlastním měřením vynulujeme údaj magnetometru (v dané aplikaci klepáním na malý červený kroužek) a s mobilem už dál nehýbeme. Malý neodymový magnet dáme do vzdálenosti např. 30 cm a pak do poloviční vzdálenosti. Jak ukazuje obr. 7, v poloviční vzdálenosti je magnetická indukce asi osmkrát vyšší. Z toho můžeme usoudit, že magnetická indukce závisí na vzdálenosti jako  $B \sim 1/r^3$ . (To je v souladu s teorií, když magnet bereme jako elementární dipól.<sup>21</sup>)

### Jednoduché pokusy nás někdy naučí nebýt moc pyšní...

Následující příklad ukáže, jak nás může jednoduchý pokus přimět k přesnějšímu fyzikálnímu myšlení, a zároveň také učit pokoře. Na přednášce z elektřiny a magnetismu jsem před několika lety chtěl předvést pokus demonstrující, že vodiče s proudem ve stejném směru se přitahují, a při proudtech v opačném směru se odpuzují. Místo specializované pomůcky a zdroje velkých proudů jsem si pokus připravil s proužky hliníkové fólie, zdrojem byla plochá baterie, viz obr. 8.

<sup>20</sup> Přibližovat těsně ke smartphonu samotný magnet, zejména neodymový, osobně nedoporučuji, mohli bychom si snadno nějakou vnitřní část mobilu zmagnetovat, a tomu je lépe se vyhnout.

<sup>21</sup> Samozřejmě, abychom zjištění, že pole klesá s třetí mocninou vzdálenosti ověřili, bylo by třeba provést více měření. A ve vzdálenostech srovnatelných s rozměry magnetu bude závislost pole na poloze složitější. Ale to už je mimo záběr tohoto příspěvku.



Obr. 8. Demontrace vzájemného přitahování a odpuzování vodičů s proudem, která může vyústit v „záhadné“ chování

Pokus jsem si připravil a v pracovně mi fungoval. V posluchárně se při proudech ve stejném směru vodiče opravdu trochu přitáhly – ale při proudech v opačném směru (dle obr. 8 vpravo) se po zapnutí proudu překvapivě k sobě také přiblížily!

Něco takového není nejlepší moment v kariéře vyučujícího fyziky... Zejména když jeden student prohlásil „Tak budeme předstírat, že se odpuzují.“ ☹️ V daný moment to vypadalo naprosto záhadně, takže jsem pokorně prohlásil, že tomu budu muset přijít na kloub, a pokračovali jsme v přednášce. Po ní jsem se tím zabýval v pracovně, a naštěstí jsem pak byl schopen studentům po jejich následném cvičení, pokus předvést znovu a vysvětlit a ukázat, proč to předtím tak „záhadně“ nevyšlo.

Na první pohled to opravdu byla záhada. Přece tam byly jen vodiče s proudem a jejich magnetické pole. Jaký další vliv se tam mohl projevit?

Inu, byl tam. Šlo o magnetické pole Země, přesněji řečeno o svislou složku magnetické indukce tohoto pole. Magnetická indukce od druhého vodiče ve vzdálenosti 2 cm (což zhruba odpovídá danému pokusu někde uprostřed vodičů) má při proudu asi 2 A (což může být proud v tomto uspořádání) hodnotu asi  $B \doteq \mu_0 I / (2\pi R) \doteq 2 \cdot 10^{-7} \cdot 2 / 0,02 \text{ T}$ , tedy asi 20  $\mu\text{T}$ .<sup>22</sup> Ovšem svislá složka magnetické indukce zemského magnetického pole má u nás hodnotu přibližně 45  $\mu\text{T}$ . Takže vliv magnetického pole Země převládá. A při vodičích zapojených tak, jak to ukazuje pravá fotografie na obr. 8, záleží na tom, s jakou polaritou připojíme baterii. Proto to v pracovně mohlo fungovat zdánlivě dobře a na přednášce spektakulárně selhat. Inu, člověk se pořád učí, a to i pomocí jednoduchých pokusů.

## Účel jednoduchých pokusů

Dostáváme se k poslední ze silných stránek jednoduchých pokusů, kterou zde budeme diskutovat. Týká se toho, co je jejich účelem.

Když se nás někdo zeptá, k jakým účelům slouží ve výuce fyziky jednoduché pokusy, můžeme uvést například, že:

- upoutají pozornost,
- motivují,
- demonstrují fyzikální zákony,
- pomáhají učit koncepty,
- rozvíjejí dovednosti,

<sup>22</sup> Přibližně je to proto, že vzoreček platí pro nekonečně dlouhý přímý vodič. Náš alobalový proužek není úplně přímý, a už vůbec ne nekonečný...

- podporují badatelsky orientované učení
- ... a možná i leccos dalšího (různí autoři uvádějí různé položky).

Plnění těchto účelů můžeme testovat, pomocí výsledků pak zjišťovat efektivitu výuky atd. Dovolím si tady ale vyslovit na první pohled možná šokující myšlenku:

### Jednoduché pokusy nemusí sloužit žádnému účelu!

Není to nesmysl? Přece všechno musí mít nějaký účel, nebo ne?

Ovšem, ono ne všechno v našem životě musí mít účel! Příkladem mohou být

**hudba** nebo **láska**.

Ty jsou cenné samy o sobě. Jsou součástí našich životů, naší kultury, náš život by bez nich byl chudší.

Jednoduché pokusy snad mohou, alespoň částečně, hrát podobnou roli. Jsou součástí fyziky a fyzika je částí naší kultury – takže pokusy, včetně těch jednoduchých, jsou součástí naší kultury.

A my si je můžeme **užívat**, těšit se z nich, ať už pasivně nebo aktivně. My, kdo se věnujeme fyzikálnímu vzdělávání, máme navíc možnost **kultivovat** to potěšení jak v nás, tak v našich žácích a studentech.

### Pokusy, které si můžeme užívat...

Příkladů pokusů, které si můžeme užívat, by se dalo najít mnoho – dá se říci, že s trochou zaujetí si můžeme užít prakticky každý pokus.

K pokusům, s nimiž se můžeme „vyřadit“ (a které nás i naše žáky navíc leccos naučí) patří demonstrace postupného a stojatého vlnění na gumičce. (Obr. 9 ukazuje, jak si jeden z takových pokusů autor užíval už v mladších letech 😊.)



Obr. 9. Stojaté vlnění na gumičce

Tento a podobné pokusy jsou stručně popsány v [15]. Dnes při nich používáme současné pomůcky; historii těchto pokusů bychom ovšem mohli vystopovat až k pokusům M. Mersenna před skoro čtyřmi sty lety.

A na závěr jeden známý pokus s van de Graafovým generátorem.



Obr. 10. Pokus s van de Graafovým generátorem a vstáváním vlasů, když už se vlasů nedostává...

Když se jím na vysoké napětí nabije člověk stojící na izolační podložce, krásně mu vlají vlasy směrem vzhůru a do stran. K tomu je ovšem potřeba mít dlouhé vlasy. Co si ovšem má počít fyzikář, zejména postaršího věku, když už jeho vlasový porost nedosahuje potřebných kvalit?

Jak ukazuje obr. 10, fyzikář si vždycky nějak pomůže. V tomto případě jsou náhradou vlasů nastříhané proužky krepového papíru připevněné k čelence z kusu textilní pásky.

Pokus jednak hezky vypadá a upoutá pozornost. (Já jím zahajuji přednášku z elektřiny a magnetismu;



studenti hned pochopí, že v ní nepůjde jen o suché technické výpočty.) Ovšem lze při něm také ukázat, že proužky papíru se odpuzují od ruky; pokud se k nabitému člověku přiblíží někdo jiný (nenabitý), proužky směřují směrem k němu, ... variant, co přitom demonstrovat, lze vymyslet více.

Pojďme ale naše úvahy o jednoduchých pokusech uzavřít a pokusme se o výhled do budoucna. Přežijí tedy jednoduché pokusy rok 20xx?

### **Závěr: budoucnost jednoduchých pokusů**

Budoucnost je ovšem těžko předjímat. Podíváme-li se půl století zpátky, lidé byli na Měsíci a předpokládala se skvělá expanze v „dobývání kosmu“. Slibováno bylo, už nějakou dobu, získávání energie pomocí termojaderné fúze. Naopak zřejmě nikdo nepředjímal chytré telefony s výpočetním výkonem tehdejších velkých počítačů nebo vliv sociálních sítí. Troufneme si ve světle „úspěchů“ tehdejších předpovědí tvrdit něco o budoucnosti třeba v polovině století nebo za padesát let?

Jak vidno, předvídat je složité...<sup>23</sup> Ale zkusme si trochu zavěštit:

Je velmi pravděpodobné, ba téměř jisté, že nové technologie nám i pro výuku poskytnou nové nástroje, nové materiály, nové prostředky pro šíření informací.

Ale osobně věřím, že některé lidské vlastnosti nám (snad) zůstanou:

- zvědavost,
- fascinace přírodními jevy,
- tvořivost
- a radost z toho, že něco zvládneme vlastníma rukama a hlavou.

A co jednoduché pokusy? Díky tomu, že:

- nejsou hloupé,
- přizpůsobují se novým možnostem,
- mohou nás hodně naučit
- a protože je milujeme (!),

si dovolím předpovědět, že podobně jako hudba a láska

**s námi jednoduché pokusy zůstanou**

... a my si je budeme užívat jako evergreeny!

---

<sup>23</sup> [16] uvádí citát Nielse Bohra: „Dělat předpovědi je těžké, zvláště pokud se týkají budoucnosti.“

## Literatura

- [1] Dvorak L.: *Simple Experiments in Physics Teaching and Learning: Do They Have Any Perspectives?* In: M. Pietrocola (ed.), *Upgrading Physics Education to Meet the Needs of Society*, Springer, 2019, p. 99-124, [https://doi.org/10.1007/978-3-319-96163-7\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-319-96163-7_6) ; rukopis příspěvku je dostupný online: [https://kdf.mff.cuni.cz/lide/dvorak/papers/FurtherConferences/WCPE2\\_2016\\_LD\\_SimpleExperimentsInPhysicsTeachingAndLearning.pdf](https://kdf.mff.cuni.cz/lide/dvorak/papers/FurtherConferences/WCPE2_2016_LD_SimpleExperimentsInPhysicsTeachingAndLearning.pdf)
- [2] Dvorak L.: *Simple quantitative electrostatic experiments for teachers and students*. In: *Proceedings of selected papers of the GIREP-ICPE-MPTL International Conference 2010*. Eds: W. Kaminski, M. Michelini. Università degli Studi di Udine 2014, ISBN 978-88-97311-32-4 , p. 355-361. Rukopis dostupný online: [https://kdf.mff.cuni.cz/lide/dvorak/papers/GIREP/GIREP\\_2010\\_LD\\_ElstatExperiments.pdf](https://kdf.mff.cuni.cz/lide/dvorak/papers/GIREP/GIREP_2010_LD_ElstatExperiments.pdf)
- [3] Dvořák L.: *Low-cost electrostatic experiments*. *Latin American Journal of Physics Education*, Volume 6, Suppl. I, August 2012, p.153-158. Dostupné online: [http://www.lajpe.org/icpe2011/28\\_Leos\\_Dvorak.pdf](http://www.lajpe.org/icpe2011/28_Leos_Dvorak.pdf)
- [4] Dvořák L., Šabatka Z., Koudelková V., Dvořáková I.: *Náboje, proudy, elektrické obvody*, P3K Praha, 2012, 60 s., ISBN 978-80-87186-78-7. Dostupné online: [https://kdf.mff.cuni.cz/lide/dvorak/clanky/Prirucky/OPPA\\_2012\\_LD\\_akol\\_NabojeProud\\_yObvody.pdf](https://kdf.mff.cuni.cz/lide/dvorak/clanky/Prirucky/OPPA_2012_LD_akol_NabojeProud_yObvody.pdf)
- [5] Koudelková V., Dvořák L.: *Tři experimenty inspirované miskoncepce SŠ studentů v elektřině a magnetismu*. In: *Veletrh nápadů učitelů fyziky 18*. Ed. M. Křížová. Gaudeamus, UHK, 2013, s. 137-142. ISBN 978-80-7435-372-7 Dostupné online: [https://kdf.mff.cuni.cz/lide/dvorak/clanky/VeletrhNapadu/VNUF18\\_2013\\_VKaLD\\_TriExperimenty.pdf](https://kdf.mff.cuni.cz/lide/dvorak/clanky/VeletrhNapadu/VNUF18_2013_VKaLD_TriExperimenty.pdf)
- [6] Dvořák L.: *Náboje kam se podíváš*. In.: *Dílny Heuréky 2009-2010*. Ed: L. Dvořák, I. Dvořáková, V. Koudelková. Prometheus, Praha 2011. ISBN 978-80-7196-424-7. s.13-33. Dostupné online: [https://kdf.mff.cuni.cz/lide/dvorak/clanky/DilnyHeureky/DilnyHeureky\\_2009\\_LD\\_Naboje.pdf](https://kdf.mff.cuni.cz/lide/dvorak/clanky/DilnyHeureky/DilnyHeureky_2009_LD_Naboje.pdf)
- [7] Dvořák L.: *Polovodiče a jejich aplikace*, P3K Praha, 2012, 44 s., ISBN 978-80-87186-83-1. Dostupné online: [https://kdf.mff.cuni.cz/lide/dvorak/clanky/Prirucky/OPPA\\_2012\\_LD\\_Polovodice.pdf](https://kdf.mff.cuni.cz/lide/dvorak/clanky/Prirucky/OPPA_2012_LD_Polovodice.pdf)
- [8] Dvořák L.: *Bipolar transistors can detect charge in electrostatic experiments*. *Phys. Educ.* 47 (No.4, 2012), 434-438. Rukopis článku dostupný online: [https://kdf.mff.cuni.cz/lide/dvorak/papers/Journals/PED\\_2012\\_BipolarTransistorsDetectCharge.pdf](https://kdf.mff.cuni.cz/lide/dvorak/papers/Journals/PED_2012_BipolarTransistorsDetectCharge.pdf)
- [9] Dvořák L., Planinšič G.: *Experiments with charge indicator based on bipolar transistors*. *Phys. Educ.* 47, (No.6, 2012), p.721-727. Rukopis článku dostupný online: [https://kdf.mff.cuni.cz/lide/dvorak/papers/Journals/PED\\_2012\\_LD\\_GP\\_ExperimentsWithChargeIndicator.pdf](https://kdf.mff.cuni.cz/lide/dvorak/papers/Journals/PED_2012_LD_GP_ExperimentsWithChargeIndicator.pdf)
- [10] Wikicitáty: Konfucius. Dostupné online: <https://cs.wikiquote.org/wiki/Konfucius>
- [11] StackExchange: Origin of "I hear and I forget. I see and I remember. I do and I understand." Dostupné online: <https://english.stackexchange.com/questions/226886/origin-of-i-hear-and-i-forget-i-see-and-i-remember-i-do-and-i-understand>
- [12] Bochníček Z.: *Vzhůru do oblak*. In: *Veletrh nápadů učitelů fyziky 24.*, Hradec Králové 2019, s. 20-29.

- [13] Driver R.: *The Pupil as Scientist?* Open Univ.Press, Milton Keynes, 1983 (citováno dle publikace Monk M., Osborne J.: *Good practice in science teaching. What research has to say.* Open Univ.Press, Maidenhead, 2000.
- [14] Google Play: *3D compass and magnetometer*. Dostupné online:  
[https://play.google.com/store/apps/details?id=com.plaincode.magnetmeter&hl=en\\_US&pli=1](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.plaincode.magnetmeter&hl=en_US&pli=1)
- [15] Dvořák L.: Vlnění a akustika s gumičkou a počítačem. In: Dílny Heuréky 2003-2004. Ed.: L. Dvořák. Prometheus, Praha, 2005. ISBN 80-7196-316-X. Dostupné online:  
[https://kdf.mff.cuni.cz/lide/dvorak/clanky/DilnyHeureky/DilnyHeureky\\_2003\\_LD\\_Vlneni.pdf](https://kdf.mff.cuni.cz/lide/dvorak/clanky/DilnyHeureky/DilnyHeureky_2003_LD_Vlneni.pdf)
- [16] Citáty slavných osobností: *Niels Bohr citáty*. Dostupné online:  
<https://citaty.net/autori/niels-bohr/>

## Test TOSLS – nástroj pro hodnocení vědecké gramotnosti studentů

EVA HEJNOVÁ

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

*V příspěvku je prezentován Test vědecké gramotnosti (TOSLS - Test of Scientific Literacy Skills), který byl v zahraničí poprvé publikován v roce 2012. Test byl použit k hodnocení úrovně vědecké gramotnosti studentů již v mnoha zemích a nyní je k dispozici také v češtině. Tvoří ho 28 otázek s možností výběru jedné ze čtyř odpovědí. Testové položky vycházejí z reálných problémů, které se zaměřují na devět oblastí vědeckého uvažování (např. vyhodnocení zdroje informací, čtení a interpretace grafického znázornění dat, identifikace platného vědeckého argumentu atd.). Test je primárně určen pro testování vysokoškolských studentů, ale může být dobře využit i ve vyšších ročnících středních škol. Na začátku roku 2023 byl test zadán 130 studentům ze tří českých vysokých škol a také 195 studentům 3. a 4. ročníků z šesti gymnázií v Ústeckém kraji. V naší studii jsme zjistili, že jak gymnazisté, tak i vysokoškolští studenti prokazují dobré výsledky v dovednostech zaměřených na rozpoznání platného vědeckého postupu, čtení a interpretaci grafického znázornění dat a řešení problémů s využitím kvantitativních dovedností. Potíže naopak mají s dovednostmi souvisejícími s identifikací silných a slabých stránek výzkumu a s porozuměním a interpretací statistických výroků. V příspěvku je prezentováno několik úloh z testu, které byly pro studenty obtížnější.*

### Úvod

Význam pojmu **vědecká gramotnost** není v české odborné literatuře dosud ustálen. V České republice mu je věnována větší pozornost zejména v souvislosti s řešením některých výzkumných projektů (viz např. [1], [2]). Termín vědecká gramotnost lze charakterizovat jako funkční gramotnost, která popisuje schopnost rozumět základním principům vědy a vědeckého myšlení a umět je používat. Arnold Arons ve svém článku z 80. let 20. století [3] shrnuje několik základních atributů vědecké gramotnosti, k nimž patří znalost vědeckých faktů; pochopení vědeckého jazyka a terminologie; schopnost rozpoznávat základní vědecké metody; čtení a interpretace vědeckých textů; schopnost diskutovat o vědě; rozpoznání mezi vědeckého bádání a obeznámení s tím, jak se k vědeckým poznatkům dospívá a jaké jsou mechanismy jejich přijetí. Dle Aronse by si měl vědecky gramotný člověk také uvědomovat i těsnou analogii mezi některými myšlenkovými postupy v přírodních vědách a v jiných vědních disciplínách (ekonomii, sociologii atd.), jako je např. vytváření pojmů, testování hypotéz, rozlišování mezi pozorováním a myšlenkovou dedukcí, konstrukce modelů a provádění hypoteticko-deduktivních úvah.

Vědecká gramotnost souvisí také s určitým stylem myšlení, které bývá označováno jako vědecké myšlení. Dle [1] jde o „jistou formu strukturovaného kritického myšlení, které je navázané na schopnost jedince být ve složitém mnohavrstevnatém světě“. Pomáhá nám rozpoznat, kdy se kladou a s porozuměním odpovídají otázky typu „Jak víme ...?“, „Proč si myslíme...?“ „Co svědčí pro ...?“ a kdy se bere něco jako fakt [3].

V České republice se častěji setkáváme s termínem **přírodovědná gramotnost**, jehož význam posílilo zejména mezinárodní šetření PISA<sup>24</sup> Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj

---

<sup>24</sup> Programme for International Students Assessment

(OECD). V něm byla přírodovědná gramotnost definována jako „schopnost přemýšlet a jednat ve všech věcech souvisejících s přírodními vědami a jejich principy jako aktivní občan“ [4]. Tato definice klade důraz na skutečnost, že cílem vzdělávání není vychovávat "malé vědce", ale primárně vést žáky a studenty k aktivnímu občanství. To znamená, že se nejedná pouze o získávání znalostí a dovedností v oblasti přírodních věd, ale také o schopnost kriticky přemýšlet, aplikovat tyto znalosti v reálném světě a zapojovat se do společenského života jako aktivní a informovaný občan.

Ostrá dělicí čára mezi přírodovědnou a vědeckou gramotností však neexistuje. Přírodovědnou gramotnost lze považovat za specifický typ vědecké gramotnosti, která se zaměřuje na pochopení a aplikaci přírodovědných konceptů, jako jsou zákony fyziky, chemie, biologie a dalších přírodních věd. Koncept vědecké gramotnosti naproti tomu přesahuje základní porozumění přírodním vědám a zabývá se hlubším pochopením vědeckého bádání a povahy vědy. Jednoduše řečeno: vědecká gramotnost představuje určitou výbavu pro to, aby se člověk mohl orientovat a pohybovat ve světě, nenechal se snadno manipulovat a dokázal přemýšlet o tom, co a proč se kolem něj vlastně děje [1].

## **Test vědecké gramotnosti (TOSLS)**

Pro získání přesnějšího obrazu o úrovni vědecké gramotnosti žáků a studentů je důležité mít k dispozici vhodný diagnostický nástroj. Měl by být snadno použitelný, praktický, ale zároveň spolehlivý a dostatečně validní. V České republice byl k těmto účelům dosud využíván zejména **Lawsonův test vědeckého uvažování**, který je k dispozici také v české verzi [5]. Jedná se o dvouúrovňový test, který zahrnuje 12 párových otázek, tj. celkem 24 testových položek, se stoupající náročností. Každá dvojice úloh se skládá z otázky, po níž následuje druhá část, v níž žák vybírá zdůvodnění pro svou odpověď, kterou zvolil v první části úlohy. Jednotlivé otázky jsou zaměřeny vesměs na kognitivní operace, jako je například poměrové, pravděpodobnostní, korelační nebo kombinační myšlení. Historie vzniku Lawsonova testu sahá až do 70. let. Test byl v roce 2000 revidován [6], nicméně ani jeho novější verze nezahrnuje některé obecnější dovednosti akcentované například v šetření PISA, jako je např. posuzování dopadu a důsledků vědeckého výzkumu nebo sdělování závěrů včetně argumentace.

Z tohoto důvodu jsme se rozhodli přeložit do českého jazyka test označovaný ve zkratce TOSLS, která vychází z názvu testu **Test of Scientific Literacy Skills**. V českém překladu jsme jej nazvali **Test vědecké gramotnosti**. Kritériem při výběru nejvhodnějšího testu pro překlad byla zejména širší konceptualizace vědecké gramotnosti, tj. zahrnutí širší škály dovedností do testových úloh, jeho snadná administrace, nespecifické zaměření testových úloh, co se týče vědních oborů, a v neposlední řadě rovněž dobře popsané psychometrické vlastnosti testu a možnost jeho využití nejen pro vysokoškolské studenty, ale i pro studenty vyšších ročníků středních škol.

Test TOSLS byl poprvé publikován v roce 2012 [7], dle přehledové studie [8] patří tedy mezi testy novější. Výhodou testu jsou jeho dobře popsané psychometrické vlastnosti, jako je reliabilita a obsahová a konstruktová validita. Do českého jazyka byl test přeložen v roce 2022, přičemž jsme se snažili, aby jeho překlad byl v maximální míře věrný originálu. Úplné znění testu v anglickém jazyce je k dispozici v [9] a v českém jazyce v [10]. Pilotáž první verze testu proběhla na konci roku 2022. Poté byly některé testové položky upraveny a byla vytvořena finální podoba testu. Vlastní testování probíhalo od února do dubna 2023.

Test TOSLS se skládá z 28 uzavřených úloh, správnou odpověď respondenti vybírají ze čtyř nabízených možností, z nichž pouze jedna byla vždy správná. Testové úlohy nemají oborově specifické zaměření, vesměs jsou však zaměřeny do oblasti přírodních věd. Úlohy vycházejí

z reálných problémů současného světa, jakými jsou například globální ekologické a environmentální problémy, a ze situací, se kterými v každodenním životě setkáváme, jako je posouzení spolehlivosti zdrojů s obsahem přírodovědných informací, interpretace grafického znázornění dat nebo porozumění statistickým výrokům.

Test zahrnuje devět oblastí dílčích dovedností, které jsou rozděleny do dvou kategorií. Kategorie A zahrnuje dílčí dovednosti zaměřené na porozumění metodám zkoumání, které vedou k vědeckým poznatkům; kategorie B zahrnuje dílčí dovednosti zaměřené na organizování, analýzu a interpretaci kvantitativních údajů a vědeckých informací. V Tabulce 1 je uvedena podrobná klasifikace dílčích dovedností v obou kategoriích a počet úloh, které se k jednotlivým dovednostem vztahují.

Tab. 1: Přehled dílčích dovedností v testu TOSLS

A. Dovednosti zaměřené na porozumění metodám zkoumání, které vedou k vědeckým poznatkům	Počet úloh
1A. Identifikace platného vědeckého argumentu	3
2A. Zhodnocení zdroje informací, rozlišení mezi jednotlivými typy zdrojů	5
3A. Rozpoznání platného vědeckého postupu	3
4A. Identifikace silných a slabých stránek výzkumu	4
B. Dovednosti zaměřené na organizování, analýzu a interpretaci kvantitativních údajů a vědeckých informací.	Počet úloh
5B. Výběr nejvhodnějšího grafu pro prezentaci dat	1
6B. Čtení a interpretace grafického znázornění dat	4
7B. Řešení problémů s využitím kvantitativních dovedností	3
8B. Porozumění a interpretace statistických výroků	3
9B. Zdůvodnění usuzování, předpovědí a závěrů	2

Test je dle [7] primárně určen pro testování studentů vysokých škol a studentů účastnících se pomaturitního studia, ale v některých výzkumech (viz např. slovenský výzkum [11]) byl využit i k testování studentů<sup>25</sup> vyšších ročníků středních škol. V našem výzkumu jsme test zadali studentům 3. a 4. ročníků ze šesti gymnázií v Ústeckém kraji (GYM), studentům jednooborových a dvouoborových studií z Přírodovědecké fakulty UJEP v Ústí nad Labem (PřF UJEP), studentům vesměs nepřírodovědných oborů (fakulty pedagogické, lékařské, přírodovědecké a fakulty tělesné výchovy a sportu) z Masarykovy univerzity v Brně (MU) a studentům učitelství fyziky v kombinaci s druhým oborem z Matematicko-fyzikální fakulty Univerzity Karlovy (MFF UK).

Testování probíhalo anonymně. Studenti nesměli používat žádné pomůcky (například kalkulačky) ani žádné informační zdroje dostupné například na internetu. Zadání testu měli

<sup>25</sup> Pro jednoduchost používáme pro žáky středních škol termín studenti.

k dispozici v papírové podobě, své odpovědi vyplňovali do záznamového listu. Za každou správně zodpovězenou otázku bylo možné získat jeden bod, celkem tedy studenti mohli získat maximálně 28 bodů. Na řešení testu měli vysokoškolsí studenti 60 minut, středoškolsí studenti 80 minut.

## Výsledky testu TOSLS a diskuze

Pro jednotlivé testové položky byla provedena analýza četnosti správných odpovědí. K výpočtu reliability testu TOSLS byl použit Kuder-Richardsonův vzorec (KR-20). Popisné statistiky pro jednotlivé skupiny studentů jsou uvedeny v Tabulce 2.

Tab. 2: Základní popisné statistiky testu TOSLS

Testová charakteristika	Škola			
	GYM	PřF UJEP	MU	MFF UK
Počet studentů	195	78	24	28
Průměrné skóre	17,5	18,2	20,4	23,0
Směrodatná odchylka	4,6	4,1	4,2	2,9
Medián	18	19	21	24
Modus	23	22	19 a 23	24 a 25
Minimum	5	8	9	13
Maximum	28	26	26	27
Průměrná úspěšnost studentů v testu [%]	62,7	65,2	72,9	82,1
Rozmezí průměrné úspěšnosti studentů v jednotlivých úlohách [%]	29,7 – 91,8	33,3 – 97,4	37,5 – 100,0	28,6 – 100,0
Reliabilita	0,75	0,69	0,85	0,62

Průměrná úspěšnost studentů v dílčích dovednostech<sup>26</sup> je uvedena v Tabulce 3. Nejúspěšnější studenti řešili úlohy v kategorii 3A (Rozpoznání platného vědeckého postupu), 6B (Čtení a interpretace grafického znázornění dat) a 7B (Řešení problémů s využitím kvantitativních dovedností). Nejméně úspěšní byli studenti při řešení úloh v kategorii 4A (Identifikace silných a slabých stránek výzkumu), 5B (Výběr nejvhodnějšího grafu pro prezentaci dat - k této

<sup>26</sup> Průměrná úspěšnost v dílčí dovednosti znamená, kolik procent maximálního bodového zisku za příslušnou dovednost získala daná skupina studentů.

kategorii se ale vztahovala pouze jedna úloha) a 8B (Porozumění a interpretace statistických výroků).

Tab. 3: Průměrná úspěšnost studentů v dílčích dovednostech

Dovednost	Průměrná úspěšnost [%]			
	GYM	PřF UJEP	MU	MFF UK
1A. Identifikace platného vědeckého argumentu	65,1	68,8	76,4	84,5
2A. Zhodnocení zdroje informací, rozlišení mezi jednotlivými typy zdrojů	65,2	69,0	72,5	82,1
3A. Rozpoznat platný vědecký postup	81,0	85,9	90,3	97,6
4A. Identifikace silných a slabých stránek výzkumu	43,9	52,6	59,4	60,7
5B. Výběr nejvhodnějšího grafu pro prezentaci dat	37,4	38,5	45,8	60,7
6B. Čtení a interpretace grafického znázornění dat	72,1	74,7	75,0	86,6
7B. Řešení problémů s využitím kvantitativních dovedností	74,4	69,2	84,7	97,6
8B. Porozumění a interpretace statistických výroků	49,9	50,0	58,3	72,6
9B. Zdůvodnění usuzování, předpovědi a závěrů	58,0	55,1	83,3	91,1

Z Tabulky 2 a 3 je patrné, že co se týče průměrné úspěšnosti studentů v testu, jsou mezi jednotlivými skupinami studentů rozdíly, v některých případech jsou tyto rozdíly i statisticky významné. S ohledem na omezený rozsah článku zde neuvádíme podrobný statistický rozbor rozdílů ve výsledcích jednotlivých skupin studentů, nicméně z výsledků prezentovaných v Tabulce 2 a 3 je zřejmé, že v řešení testu byli nejméně úspěšní středoškolští studenti a nejuspěšnější byli studenti MFF UK. Studenti MFF UK také dosáhli nejkonzistentnějších výsledků (viz směrodatné odchylky v Tabulce 2). Největší rozptyl v bodových ziscích jsme naopak zaznamenali u gymnazistů. V této skupině se také jednomu studentovi, jakožto vůbec jedinému ze všech testovaných studentů, podařilo dosáhnout maximálního počtu bodů.



Pro srovnání se zahraničními studii lze uvést, že ve výzkumu [7], který provedli autoři testu TOSLS, se výsledky u čtyř sledovaných, poměrně různorodých<sup>27</sup> skupin vysokoškolských studentů pohybovaly před začátkem sledovaného semestru v rozmezí 44,3 % až 84,6 % a po opakovaném zadání testu na konci semestru v rozmezí 42,5 % až 85,0 %. Úspěšnost českých vysokoškolských studentů se pohybovala v rozmezí 65,2 % až 82,1 %, což se lze považovat za velmi dobrý výsledek. Co se týče výsledků středoškolských studentů, lze na základě výsledků podobného výzkumu [11] provedeného na Slovensku mezi studenty gymnázia uvést, že naši gymnazisté dosáhli přibližně ve dvou třetinách položek testu TOSLS statisticky významně lepších výsledků než slovenští studenti [12], což je poměrně překvapivé zjištění.

V Tabulce 4 jsou uvedena čísla vybraných úloh (včetně jejich přiřazení k příslušným dílčím dovednostem), u kterých byla u některé ze skupin studentů zaznamenána úspěšnost nižší než 50 %. Jednotlivé úlohy se týkají vesměs těch dovedností, ve kterých studenti prokázali nejnižší průměrnou úspěšnost (viz Tabulka 3). Z Tabulky 4 je patrné, že nejméně úspěšní byli studenti v úloze 14 zaměřené na identifikaci silných a slabých stránek výzkumu, což odpovídá i výsledkům uváděným v podobných studiích (např. [7], [11]). Jednalo se o úlohu, která patří do skupiny úloh, jež se vztahují ke stejnému společnému zadání ve formě úryvku převzatého ze zprávy amerického zpravodajského placeného televizního kanálu (úlohy 11 až 14).<sup>28</sup> V úloze měli studenti odpovědět na otázku „Která z následujících podstatných vlastností není silnou stránkou v provedení výzkumu?“ V nabídce odpovědí se objevovaly termíny z oblasti statistiky, jako je sběr dat z velkého výběrového souboru, náhodný výběr, náhodné rozdělení účastníků do kontrolní a experimentální skupiny. Jedná se o pojmy, se kterými studenti, zejména ti mladší, zpravidla nemají ještě bližší zkušenost a odpověď volí spíše na základě intuitivního chápání těchto termínů.

Tab. 4: Průměrná úspěšnost studentů ve vybraných úlohách

Úloha	Průměrná úspěšnost [%]			
	GYM	PřF UJEP	MU	MFF UK
3 (8B. Porozumění a interpretace statistických výroků)	41,0	37,2	58,3	53,6
4 (4A. Identifikace silných a slabých stránek výzkumu)	42,6	60,3	62,5	75,0
13 (4A. Identifikace silných a slabých stránek výzkumu)	41,0	47,4	58,3	60,7
14 (4A. Identifikace silných a slabých stránek výzkumu)	29,7	33,3	37,5	28,6
15 (5B. Výběr nejvhodnějšího grafu pro prezentaci dat)	37,4	38,5	45,8	60,7

<sup>27</sup> Sledování byli studenti ze státních i soukromých vysokých škol s různým způsobem vedení výuky.

<sup>28</sup> Komplettní zadání všech úloh je možné nalézt na odkazu [10].

24 (8B. Porozumění a interpretace statistických výroků)	31,3	35,9	37,5	71,4
28 (9B. Zdůvodnění usuzování, předpovědí a závěrů)	52,8	42,3	75,0	92,9

Pro ilustraci dále uvádíme příklady několika úloh z testu, které jsou uvedeny v Tabulce 4, tj. u nichž byla zaznamenána nižší úspěšnost alespoň u některé ze skupin testovaných studentů.

#### Ukázka úlohy 4

(Identifikace silných a slabých stránek výzkumu)

U které z následujících výzkumných studií je **nejméně pravděpodobné**, že obsahuje tzv. zavádějící faktor (tj. proměnnou, která poskytuje alternativní vysvětlení výsledků)?

A. Výzkumníci náhodně rozdělili účastníky do experimentálních a kontrolních skupin. Ženy tvořily 35 % experimentální skupiny a 75 % kontrolní skupiny.

B. Aby vědci zjistili trendy náboženské víry studentů navštěvujících americké univerzity, provedli průzkum mezi náhodně vybranými 500 studenty prvního ročníku malé soukromé univerzity na jihu Spojených států.

C. Pro vyhodnocení účinku nového dietního programu vědci porovnávali úbytek hmotnosti mezi účastníky náhodně zařazenými do léčebné skupiny (s dietou) a do kontrolní skupiny (bez diety), přičemž kontrolovali průměrnou denní pohybovou zátěž účastníků a jejich hmotnost před zahájením diety.

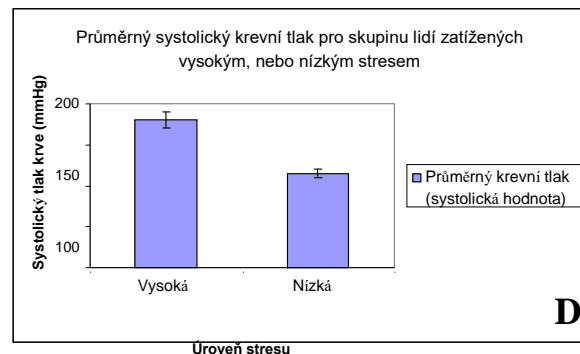
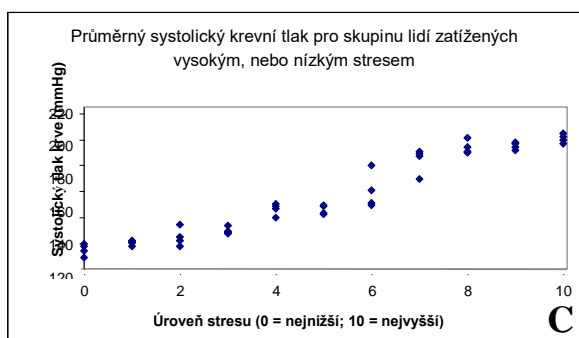
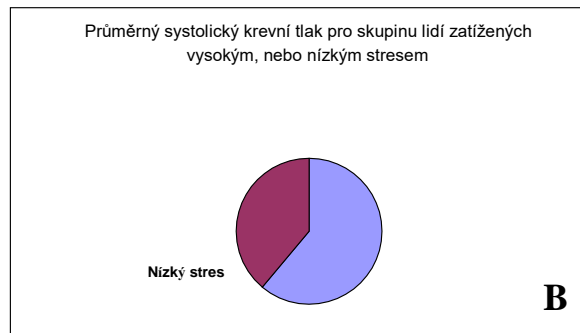
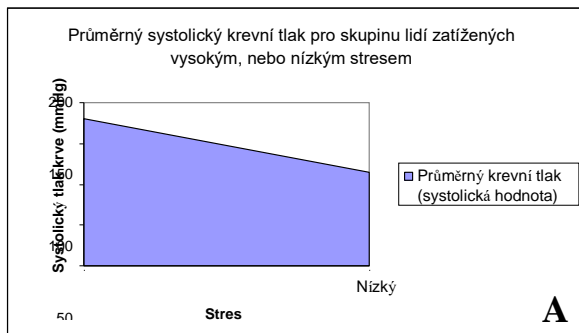
D. Vědci testovali účinnost nového stromového hnojiva na 10 000 stromcích. Stromky v kontrolní skupině (bez hnojiva) byly testovány na podzim, zatímco ošetřovaná skupina (s hnojivem) byla testována následující jaro.

Správná odpověď je C.

### Ukázka úlohy 15

(Výběr nejvhodnějšího grafu pro prezentaci dat)

Vědci zjistili, že osoby vystavené vysokému stresu mají výrazně vyšší krevní tlak než osoby, které stresem tolik netrpí. Jaký graf by byl nejvhodnější pro zobrazení středních (průměrných) hodnot krevního tlaku těchto dvou skupin osob?



Správná odpověď je D.

### Ukázka úlohy 24

(Porozumění a interpretace statistických výroků)

Proč vědci používají statistiku k vyvozování závěrů ze získaných dat?

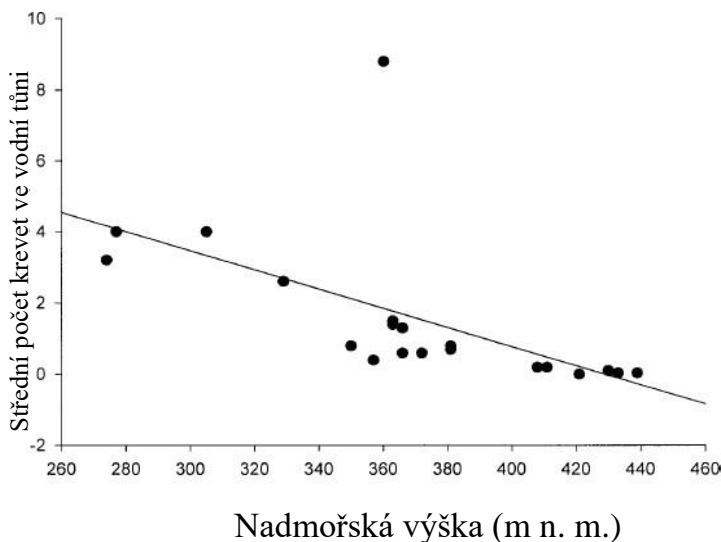
- A. Vědci obvykle sbírají data (informace) o každém jedinci v populaci.
- B. Veřejnost se snadno nechá přesvědčit čísly a statistikami.
- C. Nejspolehlivější odpovědi na otázky vědců lze získat pouze prostřednictvím statistických analýz.
- D. Vědci vyvozují závěry o populaci na základě odhadů z menšího výběrového souboru.

Správná odpověď je D.

### Ukázka úlohy 28

(Zdůvodnění usuzování, předpovědi a závěrů)

Podklady pro otázku 28: Výzkumníci, kteří se zajímali o vztah mezi množstvím říčních krevet a nadmořskou výškou vodních tůní, prezentovali údaje v níže uvedeném grafu. Výzkumníci také zaznamenali zajímavý trend, který naznačuje, že s rostoucí nadmořskou výškou jsou vodní tůně mělké.



Vztah mezi celkovým množstvím říčních krevet a nadmořskou výškou

Která z následujících hypotéz je věrohodná pro vysvětlení výsledků uvedených v grafu?

- A. V nadmořských výškách nad 340 metrů je více vodních tůní, protože ve vyšších polohách častěji prší.
- B. Říční krevety jsou hojnější v nižších nadmořských výškách, protože v těchto místech bývají vodní tůně hlubší.
- C. Tento graf nelze interpretovat kvůli odlehlému datovému bodu.
- D. S rostoucí nadmořskou výškou se počet říčních krevet zvyšuje, protože ve vyšších nadmořských výškách mají méně predátorů.

Správná odpověď je B.

### Závěr

V naší studii jsme zjistili, že jak gymnazisté, tak i vysokoškolští studenti prokazují dobré výsledky v dovednostech zaměřených na rozpoznání platného vědeckého postupu, čtení a interpretaci grafického znázornění dat a řešení problémů s využitím kvantitativních dovedností. Potíže naopak mají s dovednostmi souvisejícími s identifikací silných a slabých stránek výzkumu a s porozuměním a interpretací statistických výroků. Slabý výsledek jsme zaznamenali také u dovednosti zaměřené na výběr nejvhodnějšího grafu pro prezentaci dat. Toto zjištění však nelze považovat za příliš spolehlivé, neboť se k této dovednosti vztahovala pouze jedna úloha.

Na základě zkušeností, které jsme administrací testu TOSLS získali, se domníváme, že test TOSLS může být pro středoškolské i vysokoškolské pedagogy užitečným diagnostickým

nástrojem, který jim může poskytnout dobrou zpětnou vazbu o úrovni vědecké gramotnosti jejich studentů. Mohou se pak ve své výuce například lépe zaměřit na ty dovednosti, které jejich studentům dělají největší potíže.

Jistým omezením použití testu TOSLS jsou poměrně rozsáhlé texty některých úloh, které kladou nároky na čtenářskou gramotnost studentů a vyžadují také dostatečný čas k jejich přečtení. V budoucnu bychom se chtěli zaměřit na tvorbu testu vědecké gramotnosti, který by byl primárně zaměřen na středoškolské studenty. Důraz bychom chtěli klást zejména na ty dovednosti, které jsou považovány za relevantní pro konceptualizaci vědecké gramotnosti a také na ty, které studentům dělají dle zjištění naší i zahraničních studií největší potíže.

## Literatura

- [1] Černý, M.: *Co je vědecká gramotnost*. [online]. [cit. 2023-07-30]. Dostupné z: <https://clanky.rvp.cz/clanek/c/g/22758/CO-JE-TO-VEDECKA-GRAMOTNOST.html>
- [2] Projekt „Vědecká gramotnost pro 21. století: Science Studies ve výuce přírodních věd“. [online]. [cit. 2023-07-30]. Dostupné z: <http://odolnaspolecnost.cz/vedeckagramotnost/>
- [3] Arons, A. B.: *Achieving wider scientific literacy*. *Daedalus*. 112, No 2 (1983), p. 91–122. [online]. [cit. 2023-07-30]. V českém překladu dostupné z: <https://www.ucitsecit.cz/media/3236735/arons-cesta.pdf>.
- [4] *PISA 2015: Konceptní rámec hodnocení přírodovědné gramotnosti*. [online]. [cit. 2023-07-30]. Dostupné z: [https://www.csicr.cz/CSICR/media/Prilohy/PDF\\_el\\_publicace/Mezinárodní\\_šetření/PISA\\_2015\\_koncepcni\\_ramec\\_prgr.pdf](https://www.csicr.cz/CSICR/media/Prilohy/PDF_el_publicace/Mezinárodní_šetření/PISA_2015_koncepcni_ramec_prgr.pdf)
- [5] Dvořáková, I.: *Fyzikální vzdělávání žáků a učitelů v projektu Heuréka (Dizertační práce)*. Univerzita Karlova, Praha, 2011. [online]. [cit. 2023-07-30]. Dostupné z: <http://kdf.mff.cuni.cz/lide/dvorakova/Disertace.pdf>
- [6] Lawson, A. E. *The generality of hypothetico-deductive reasoning: making scientific thinking explicit*. *The American Biology Teacher*. 62, No 7 (2000), p. 482–495.
- [7] Gormally, C., Brickman, P., Lutz, M.: *Developing a test of scientific literacy skills (TOSLS): Measuring undergraduates' evaluation of scientific information and arguments*. *Cell Biology Education*. 11, No 4 (2012), p. 364–377. [online]. [cit. 2023-07-30]. Dostupné z: <https://www.lifescied.org/doi/10.1187/cbe.12-03-0026>
- [8] Opitz, A., Heene M., Fischer, F.: *Measuring scientific reasoning – a review of test instruments*. *Educational Research and Evaluation*. 23, No 3-4 (2017), p. 78-101. [online]. [cit. 2023-07-30]. Dostupné z: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13803611.2017.1338586>
- [9] Anglická verze testu TOSLS. [online]. [cit. 2023-07-30]. Dostupné z: [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3516792/bin/supp\\_11\\_4\\_364\\_index.html](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3516792/bin/supp_11_4_364_index.html).
- [10] Česká verze testu TOSLS. [online]. [cit. 2023-07-30]. Dostupné z: <https://www.physics.ujep.cz/cs/materialy-pro-ucitele>.
- [11] Čipková E., Karolčík Š., Scholzová L.: *Are secondary school graduates prepared for the studies of natural sciences? – evaluation and analysis of the result of scientific literacy levels achieved by secondary school graduates*. *Research in Science & Technological Education*. 38, No 2 (2020), p. 146–167. [online]. [cit. 2023-07-30]. Dostupné z: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02635143.2019.1599846>
- [12] Hejnová, E.: *Evaluating secondary school students' science literacy with the Test of Scientific Literacy Skills (TOSLS)*. In: Sborník konference Didfyz 2023 (v tisku).

## Od pokusu k úloze

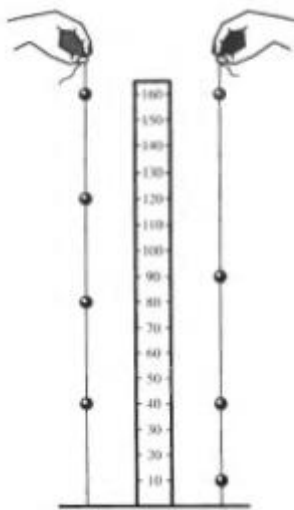
PAVLÍNA HEJSKOVÁ

Technická univerzita Liberec, Katedra fyziky

Pokus a úloha ve fyzice jsou základní prostředky výuky. Dokonce O uvádí, že „*Pokusy tedy jednoznačně jsou žádaným kořením výuky fyziky.*“ Zde si můžeme ukázat, jak z pokusu lze vyvodit úlohy a zpět dojít k praktické aplikaci.

### Galileův padostroj

Motivací k napsání této části článku byl obrázek z učebnice gymnázia, který znázorňoval pomůcku pro demonstraci volného pádu. Tato pomůcka nebyla v kabinetě fyziky, a tak zvědavost a hledání praktické pomůcky vedlo k širšímu seznámení s možnostmi demonstrace volného pádu jako pohybu rovnoměrně zrychleného.



Obrázek 22. Volný pád z učebnice pro gymnázia<sup>0</sup>

Významný vědec zabývající se touto problematikou v historii fyziky byl Galileo Galilei. Podle legendy se volným pádem zabýval při praktických pokusech na šikmé věži v Pise. Při náklonu věže  $5^\circ$  se na první pohled může zdát, že není prostor pro dopadání předmětu. Po výpočtu zjistíme, že u paty věže je skoro 5 m místa. To napovídá vhodnosti tento prostor pro dopadající předměty využít, vzhledem k tomu, že volný pád je pohyb přímočarý.



Obrázek 2. Šikmá věž v Pise 0

Pomůcka, která slouží k přesvědčení studentů o volném pádu jako pohybu zrychleném, se nazývá Galileův padostroj.

Galileovým padostrojem se nazývá konstrukce, kdy jde o několik žlábků různých délek, kde se pohybují kuličky a narážejí na zarážky. Vliv valivého tření lze zanedbat. Z matematiky plyne skutečnost, že pokud není tento padostroj svislý, ale je nakloněný pod určitým úhlem, tak se poměry drah jednotlivých kuliček nemění.



Obrázek 3. Galileův padostroj 0

Konstrukcí této pomůcky pro fyzikální vzdělávání lze najít několik a lze najít i vhodná videa do výuky, například viz 0.

### **Konstrukce jednoduchého padostroje**

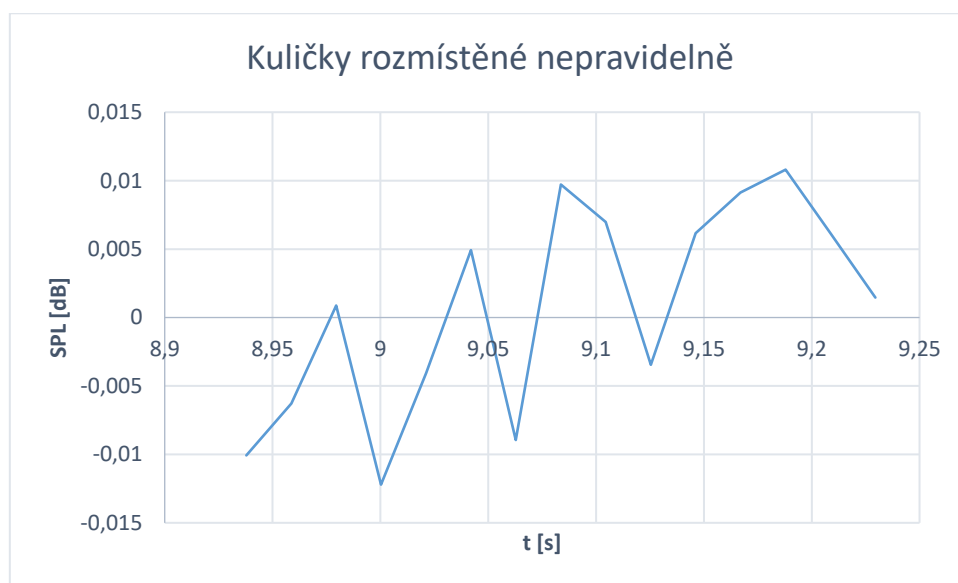
Schematický obrázek z učebnice byl námětem ke konstrukci jednoduchého pokusu. Na rybářský vlasec rozmístíme olůvka stejných hmotností tak, aby v prvním případě byla rozmístěna v pravidelných vzdálenostech 40 cm a druhém případě od sebe vzdálena 10, 40, 90 a 160 cm. Tato konstrukce při pouštění z výšky slouží k demonstraci volného pádu jako pohybu rovnoměrně zrychleného. Rybářská olůvka jsou vyhovující, protože jsou konstrukčně uzpůsobena tomu, že „sama“ na vlasci drží a navíc jimi lze po připevnění libovolně posouvat. Díky tomu lze zajistit přesnost daného pokusu.



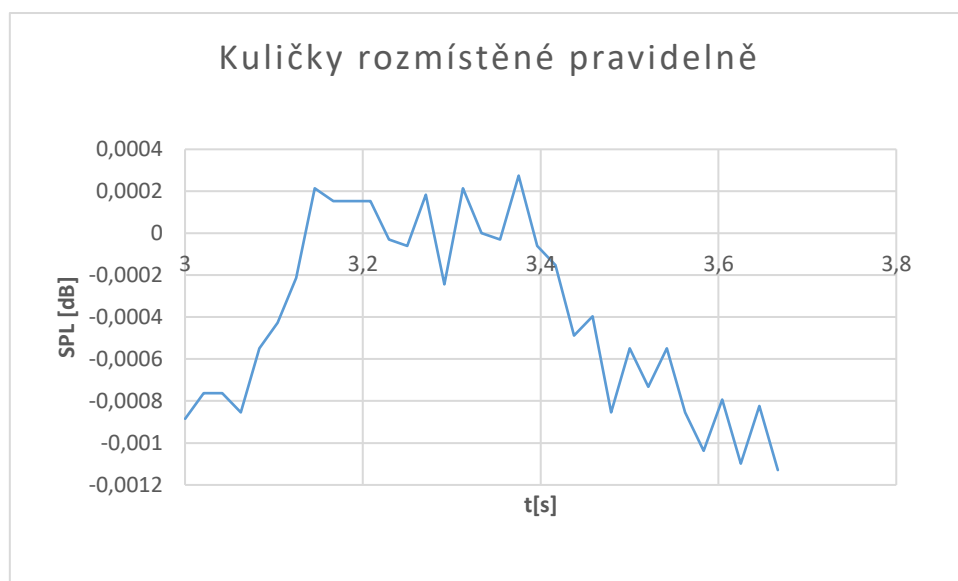


Obrázek 4. Věci pro konstrukci padostroje

Pomocí aplikace PhyPhox lze určit dobu dopadu jednotlivých kuliček. Pro měření bylo zvoleno měření „Amplituda zvuku“. Výsledkem jsou grafy, na kterých je na svislé ose znázorněna amplituda zvuku a vodorovná osa představuje osu časovou. Z rozdílů vzdáleností maxim amplitud na časové ose určíme doby dopadu jednotlivých kuliček. V prvním případě (viz Graf 1.) se doby mezi jednotlivými údery zkracují a v druhém případě (viz Graf 2.) doby dopadu odpovídají téměř shodným hodnotám. Z tohoto plyne přesvědčivý fakt, že volný pád je pohyb rovnoměrně zrychlený. Z části grafu, které máme před sebou, plyne nerovnoměrnost tohoto pohybu. Jen u grafu pro kuličky rovnoměrně rozmístěné je třeba upozornit na dvojnásobné píky, které jsou dány odrazem kuličky od podlahy.



Graf 1. Dopad kuliček rozmístěných nepravidelně



Graf 2. Dopad kuliček pravidelných

Výpočtem lze ověřit, za jak dlouho dopadne, která kulička na zem v jednotlivých případech.

Vzorec pro výpočet  $s = \frac{1}{2}gt^2$  transformujeme na výpočet doby dopadu  $t = \sqrt{\frac{2s}{g}}$ . Studenti počítají každý případ zvlášť, nebo mohou použít tabulkového editoru k usnadnění výpočtů.

Tabulka 1. Nepravidelně rozmístěné kuličky

Kulička	Doby dopadu kuliček nepravidelných	Rozdíl v době dopadu
$l$ [cm]	$t$ [s]	$t$ [s]
10	0,142	0,142
40	0,284	0,142
90	0,426	0,142
160	0,568	0,142

Tabulka 2. Pravidelně rozmístěné kuličky

Kulička	Doby dopadu kuliček pravidelných	Rozdíl v době dopadu
$l$ [cm]	$t$ [s]	$t$ [s]
40	0,284	0,284
80	0,402	0,118
120	0,492	0,090
160	0,568	0,076

Zde z výpočtů plyne jasný závěr, který potvrzuje i měření ve PhyPhoxu, že volný pád je pohyb rovnoměrně zrychlený.

### Jednoduché úlohy na téma „volný pád“

Zde se naskýtá možnost zařadit jednoduché výpočtové úlohy k tématu volný pád. Jako zdroj námětů mohou být různé výškové budovy, stavby, rozhledny a stromy. Ty mohou v daných úlohách figurovat. Typ úloh je na použití základního vzorce, kde vypočítáváme rychlost dopadu, dráhu nebo třeba dobu dopadu. Následující úlohy jsou ukázkami z mnoha takových úloh. Jejich výběr by záměrný, protože jsou jistými zástupci strategie řešení úloh na volný pád. První ukazuje využití zákona zachování energie pro řešení a druhá představuje popis volného pádu jako pohybu rovnoměrně zrychleného s tíhovým zrychlením.

Nyní dvě ukázkové úlohy:

*Jakou rychlostí dopadne na zem mince, kterou upustí turista z rozhledny na Kozákově z ochozu ve výšce 24 m?*

**Řešení:**

$$h = 24 \text{ m}$$

$$v = ? \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

---

Energetické řešení spočívá ve využití zákona zachování mechanické energie.

$$E_k = E_p$$

$$\frac{1}{2} m v^2 = m g h$$

$$v = \sqrt{2 g h}$$

$$v = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 24}$$

$$v = 21,7 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$



Obrázek 5. Kozákovská rozhledna (2023)

Z ochozu kozákovské rozhledny na zem dopadne mince rychlostí 21,7 m/s.

*Z jaké výšky dopadne na zem kaštan, je-li doba jeho pádu 1,2 s?*

**Řešení:**

$$t = 1,2 \text{ s}$$

$$h = ? \text{ m}$$

---

Volný pád kaštanu představuje pohyb rovnoměrně zrychlený s tíhovým zrychlením  $g$ .

Základní vzorec pro dráhu rovnoměrně zrychleného pohybu je:

$$s = \frac{1}{2} a t^2$$

Odtud pro volný pád po úpravě vzniká vzorec:

$$h = \frac{1}{2} g t^2$$

$$h = \frac{1}{2} \cdot 9,81 \cdot 1,2^2$$

$$h = 7 \text{ m}$$

Kaštan na zem dopadne z výšky 7 m.

### Měřidlo reakční doby člověka

Nyní můžeme využít volného pádu k vytvoření vlastního měřidla „Reakční doby člověka“. Na tyč z je třeba vhodně nakreslit stupnici, která přímo ukazuje reakční dobu člověka. Realizace je v řešení celé řady úloh na volný pád a pak v manuálním označování linek na tyči pomocí vhodného měřidla délky.

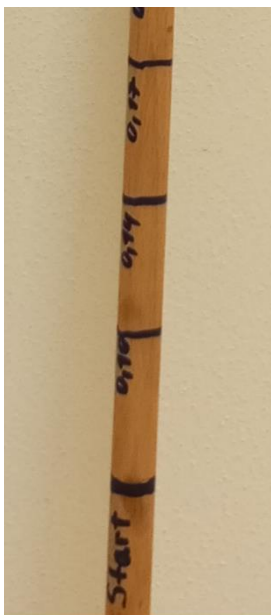


Obrázek 6. Reakční tyč

Pro usnadnění lze zase využít tabulkový procesor, kam je nutné zadat vzorec pro výpočet.

Tabulka 3. Pravidelně rozmístěné kuličky

Vzdálenost od startu $s$ [cm]	čáry	Reakční doba $t$ [s]
0		0,00
5		0,10
10		0,14
15		0,17
20		0,20
25		0,23
30		0,25
35		0,27
40		0,29
45		0,30
50		0,32



Obrázek 7. Reakční tyč detail

Pro výukové účely je vhodné zvolit tyč délky půl metru. Při této délce odpovídá reakční doba 0,32 s, což je vyhovující, neboť reakční doba normálního člověka dnešní doby je 0,25 s.

### Nerovnoměrný pohyb duhové skákací pružiny

O nerovnoměrném pohybu hovoříme ve fyzice často a stále se snažíme dětem popisovat tento pohyb na automobilu, vlaku či jiných dopravních prostředcích. Popisujeme běžně, že u tělesa se mění rychlost. „Uměle“ demonstrujeme pohyb vozíčku, kdy s ním pohybujeme pomaličku, rychleji a podobně.

Duhová skákací pružina je vyrobena z plastu a je určena k samostatnému pohybu. Tuto plastovou pružinu, která bude „skákat“ samostatně ze schodů, lze s úspěchem použít k demonstrování nerovnoměrného pohybu. Z délky schodiště a doby pohybu jednoduše zjistíme, jaká je průměrná rychlost.

Z praktické zkušenosti nastala potřeba upravit vymyšlený postup, protože šířka schodů hrála v neprospěch experimentu. Prostě pružinka si skočila jednou, někdy i dvakrát, což bylo naprosto nežádoucí. Pro fungování experimentu je třeba mít užší šířku schodu, za vyhovující se jeví použití štaflí. Nakonec tento způsob je dokonalejší v tom, že nemusí třída opouštět učebnu a může měření proběhnout přímo na místě.

Jako důležité se také jeví to, že pohyb pružiny je nerovnoměrný. Tato skutečnost je jasně zřetelná z pozorování pouhým okem. Průměrná rychlost nerovnoměrného pohybu je definována jako podíl celkové dráhy a celkové doby pohybu. Zde určujeme celkovou dobu pohybu průměrnou hodnotou z pěti měření a délku měřením délky štaflí. Dobu pohybu lze určit měřením stopkami, ale v rámci zvýšení atraktivity lze nahrát pohyb na video a určit dobu pohybu pomocí stopáže videa.



Obrázek 8. Pokus s pružinou

Tabulka 4. Určení celkové doby pohybu pružiny po štaflích

Měření	Doba pohybu $t$ [s]
1	3,06
2	3,16
3	3,36
4	3,21
5	3,45
Průměrná doba pohybu $t_p$ [s]	<b>3,25</b>

Z průměru vychází průměrná doba pohybu  $t_p=3,25$  s. Délka dráhy (štaflí) je  $l = 130$  cm.

Průměrná rychlost pohybu je  $v_p = \frac{l}{t_p} = \frac{1,3}{3,25} = 0,4$  m/s. Z doby pohybu určené průměrnou hodnotou z měření stopkami je 0,4 s. To odpovídá i stopáži videa.

Po objasnění průměrné rychlosti nerovnoměrného pohybu je vhodné s dětmi hledat obdobu v běžném lidském životě.

### Závěr

Záležitost pokusů, úloh a praktických úkolů lze považovat za neoddelitelnou součást fyzikálního vzdělávání našeho školství. Z příkladu volného pádu je zřejmá ukázka realizace využití pokusů a úloh, které rozvíjejí komplexní pohled na danou problematiku.

### Literatura a zdroje

- [1] Šikmá věž v Pise. (2023). Načteno z [https://www.parakalo.cz/\\_media/parakalo-d81975eb39a4f9c2eb501677c0b0c52c/vez\\_v\\_pisse.jpg](https://www.parakalo.cz/_media/parakalo-d81975eb39a4f9c2eb501677c0b0c52c/vez_v_pisse.jpg)
- [2] Galileův padostroj (2023). Načteno z [https://mfi.upol.cz/files/29/2902/mfi\\_2902\\_priloha\\_postery.pdf](https://mfi.upol.cz/files/29/2902/mfi_2902_priloha_postery.pdf)
- [3] Kozákov (2023). Načteno z [https://lh3.googleusercontent.com/p/AF1QipM0F2ck4WJPv6X54n0F3rQE\\_9yAEXH7jDIDGQxY=s680-w680-h510](https://lh3.googleusercontent.com/p/AF1QipM0F2ck4WJPv6X54n0F3rQE_9yAEXH7jDIDGQxY=s680-w680-h510)
- [4] Bednařík, M. Š. (2000). *Mechanika. Fyzika pro gymnázia*. Praha: Prometheus.
- [5] ČTedu. (2023). Načteno z <https://edu.ceskatelevize.cz/video/473-volny-pad>
- [6] Dvořák, L. D. (2012). *Československý časopis pro fyziku 2012*. Načteno z Experimenty-koření výuky fyziky: [https://kdf.mff.cuni.cz/lide/dvorak/clanky/Casopisy/CsCasFyz\\_62\\_2012\\_LD\\_ZD\\_Experimenty.pdf](https://kdf.mff.cuni.cz/lide/dvorak/clanky/Casopisy/CsCasFyz_62_2012_LD_ZD_Experimenty.pdf)

## Soutěž Fermiho úlohy – ano či ne?

RENATA HOLUBOVÁ

Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého, Olomouc

### Abstrakt

*Katedra experimentální fyziky PřF UP v Olomouci organizuje soutěž v řešení Fermiho úloh pro žáky a kolektivy žáků základních a středních škol. V roce 2022/23 proběhl již 17. ročník této soutěže. V příspěvku se zamyslíme nad charakteristikou tohoto typu úloh a také zejména nad tím, zda mohou přispět k motivaci žáků generace Z a Alfa ve výuce přírodovědných předmětů. Uvedeme konkrétní příklady řešení těchto úloh - v případě korespondenčních kol, kdy mají žáci přístup k nejrozličnějším zdrojům informací a v případě Finále, které probíhá na fakultě. Zde jsou řešitelé odkázáni jen na své vlastní znalosti, nápady, kreativitu.*

**Klíčová slova:** řešení úloh, soutěž, Fermiho úlohy

### Úvod

Soutěž Fermiho úlohy, kterou již 17 let pořádá katedra experimentální fyziky Přírodovědecké fakulty UP v Olomouci, je jen jednou z mnoha soutěží, které jsou žákům nabízeny v rámci výuky fyziky na základních a středních školách. Pokud uvedeme soutěže, které probíhají také již mnoho let, mají bohatou historii, a jsou zakotveny hlouběji v povědomí učitelů a žáků, můžeme pro připomenutí uvést ty nejvýznamnější:

- Fyzikální olympiáda – ve školním roce 2022/23 proběhl již 64. ročník, jednotlivé kategorie mohou řešit žáci základních a středních škol. Je organizována také Mezinárodní fyzikální olympiáda (v červenci proběhl 53. ročník).
- Astronomická olympiáda - Soutěž je určena pro žáky 2. stupně základních škol a pro středoškolské žáky se zájmem o fyziku, astronomii a vesmír. Probíhá ve třech kolech: školním (žáci s použitím libovolných pomůcek samostatně řeší zadané úlohy ve škole), korespondenčním (žáci s použitím libovolných pomůcek samostatně řeší zadané úlohy doma) a celorepublikovém finále.
- Energetická olympiáda - Fyzikální středoškolská týmová soutěž v řešení netradičních fyzikálních problémů z energetiky.
- FYZIKLÁNÍ - Největší fyzikální týmová soutěž pětičlenných družstev středoškolských žáků v řešení úloh. Koná se každoročně v únoru prezenční formou v Praze.
- FYZIKLÁNÍ ONLINE - Největší mezinárodní fyzikální týmová soutěž maximálně pětičlenných družstev středoškolských žáků v řešení úloh. V kategorii OPEN se může účastnit libovolný tým z celého světa se zájmem o fyziku. Soutěž probíhá online a během tří hodin se účastníci pokoušejí vyřešit co nejvíce fyzikálních příkladů.
- ROBOSOUTĚŽ - Týmová soutěž pro středoškoláky a žáky 2. stupně ZŠ v konstrukci a programování robotů ze stavebnice Lego Mindstorms. Soutěž pořádá FEL ČVUT v Praze, kde se soutěž i koná.
- FYKOS - Fyzikální korespondenční seminář - Soutěž v řešení úloh pro středoškolské žáky. Za rok se řeší 6 sérií příkladů po 8 úlohách. Soutěž organizují studenti MFF UK v Praze.
- VÝFUK - Výpočty fyzikálních úkolů - Korespondenční seminář z fyziky pro žáky 2. stupně ZŠ a odpovídající ročníky gymnázií.



- FYZIKÁLNÍ NÁBOJ - Soutěž pro pětičlenné týmy středoškoláků, kteří se během 120 minut pokoušejí vyřešit co nejvíce zadaných úloh.
- TURNAJ MLADÝCH FYZIKŮ - Fyzikální týmová soutěž středoškoláků.

Pokud se podíváme na charakteristiky těchto soutěží, povětšinou se jedná o řešení příkladů.

### Fermiho úlohy

V rámci soutěže Fermiho úlohy žáci také řeší úlohy, ale v tomto případě přesný kvantitativní výpočet není vyžadován a také je přímo nežádoucí. Jak se dočteme v charakteristice Fermiho úloh, tak specifikum těchto úloh je to, že se jedná o kategorii problémů, které vyžadují odhady a přibližné výpočty. Je to odlišné pojetí od typických úloh, které žáci řeší ve sbírkách příkladů či ve výše zmíněných soutěžích. Při řešení těchto problémů se využívá speciální strategie. Její podstatou je rozložení řešení na řadu dílčích otázek a rozdělení řešení na co nejmenší strukturní prvky. Tyto elementární prvky lze řešit, i když problém jako celek se zdá být neřešitelný.

Fermiho otázka musí být formulována tak, aby její řešení bylo kvantitativní. Nelze formulovat otázky typu „budou trhy růst?“, ale jedná se o otázky typu „kolikrát můžete říct abecedu během jedné hodiny?“.

Doporučená strategie řešení:

- definovat problém, který je třeba řešit
- vypsát základní pojmy, které se týkají problému
- formulovat nejzákladnější otázky potřebné pro vyřešení problému
- zapsat odhady a hodnoty zjištěné pro každou dílčí otázku – tento krok vyžaduje hledání informací
- sloučit nalezené odpovědi na dílčí otázky, provedení potřebných výpočtů
- formulace odpovědi

„Fermizace“ problému umožňuje řešit problémy, ke kterým máme jen omezené množství dat či nemáme požadovaná vstupní data. Na první pohled tedy řešíme úlohy neřešitelné.

Žáci se tímto způsobem učí kreativitě, řádovým odhadům, úsudku, analýze problémové situace.

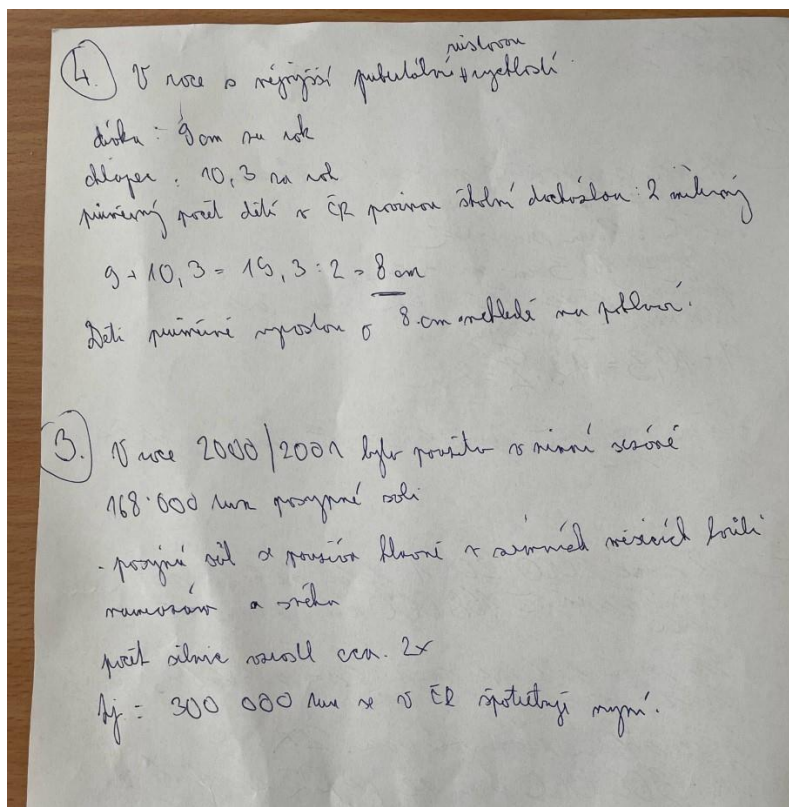
Uvedená metoda je často používána ve vědě, používají ji vynálezci, inženýři. Problémy řešené touto strategií se samozřejmě neomezují jen na oblast fyziky, podobné úlohy lze řešit i v matematice a ostatních přírodovědných předmětech. Velmi často mají řešené problémy mezipředmětový charakter.

Soutěž Fermiho úlohy probíhá ve dvou korespondenčních kolech. Úspěšní řešitelé mají možnost se zúčastnit finále soutěže, které se koná prezenčně na Přírodovědecké fakultě UP v Olomouci. Je třeba si uvědomit jednu zásadní charakteristiku řešení úloh v naší soutěži. Během korespondenčních kol mají žáci přístup k různým informacím, encyklopediím, učebnicím, internetu. Při řešení úloh finále tuto možnost nemají. Jsou odkázáni jen na svou „hlavu“. Protože se lze soutěže zúčastnit jako jednotlivec či v rámci kolektivu, zejména v případě finále soutěže se jako výhodné jeví pracovat a úlohy řešit jako kolektiv. Zajímavé je se podívat na způsob řešení a prezentaci výsledků v rámci korespondenčních kol a srovnat zpracování v případě finále. U jednotlivých zasláných řešení je také vidět, kdo z žáků pochopil či nepochopil strategii řešení tohoto typu úloh. Učitelé tak mohou získat vodítko, jak pracovat

se žáky v rámci výuky fyziky či dalších přírodovědných předmětů a učit je dovednostem, které jsou vyžadovány v rámci strategie vzdělávání 2030+.

### Příklady řešení soutěžních problémů

Na obr. 1 je vidět jedno ze zaslaných řešení. V tomto případě žák nemůže být hodnocen jako úspěšný řešitel soutěže, nejsou splněna ani nejzákladnější kritéria pro řešení tohoto typu úloh.



Obr. 1. Příklad řešení úlohy, které je zcela chybné

Jiný příklad řešení žákyně GJB a Střední pedagogické školy z Přerova.

Zadání: O kolik centimetrů vyrostou všichni žáci školou povinní (1. – 9.třída ZŠ) během jednoho školního roku?

Přepis řešení:

Růst u kluků:

Od 6 let – do 13 let = 5 cm

Od 13 let – do 15 let = 10,3 cm

Růst u děvčat:

Od 6 let – do 11 let = 5 cm

Od 11 let – do 15 let = 9 cm

Nástup 6 – 7 rokem

Konec 14 – 15 rokem

1. Třída: 108 000 = 54 000 děvčat (5 cm), 54 000 kluků (5 cm)
2. Třída: 107 500 = 53 750 děvčat (5 cm), 53 750 kluků (5 cm)
3. Třída: 105 000 = 52 500 děvčat (5 cm), 52 500 kluků (5 cm)
4. Třída: 109 000 = 54 500 děvčat (5 cm), 54 500 kluků (5 cm)
5. Třída: 107 000 = 53 500 děvčat (9 cm), 53 500 kluků (5 cm)
6. Třída: 108 500 = 54 250 děvčat (9 cm), 54 250 kluků (5 cm)
7. Třída: 106 000 = 53 000 děvčat (9 cm), 53 000 kluků (10,3 cm)
8. Třída: 104 000 = 52 000 děvčat (9 cm), 52 000 kluků (10,3 cm)
9. Třída: 105 000 = 52 500 děvčat (9 cm), 52 500 kluků (10,3 cm)

Dohromady vyrostou 5 014 750 cm.

Průměr jednoho žáka je 5,2 cm.

V tomto případě chybí formulace otázek pro jednotlivé kroky řešení. Chybí také formulce odpovědí na jednotlivé kroky. Předkládaný zápis lze chápat jako osnovu řešení daného problému.

Příklad řešení stejné úlohy, tak jak ji zaslal tým řešitelů z Gymnázia Olgy Havlové v Ostravě-Porubě. Ani v tomto případě není přesně dodrženo to, že cílem řešení těchto úloh není přesný numerický výpočet, nýbrž jen kvalifikovaný odhad výsledné hodnoty studované veličiny.

Dle údajů zveřejněných Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy studuje na základních školách ve školním roce 2022/23 1 007 778 žáků. [6]

Pro náš výpočet ale budeme využívat jiné hodnoty, respektive jiného počtu žáků, který dostaneme součtem všech dětí ve věku 6 až 15 let, které žijí na území České republiky. K tomu použijeme data získaná vyhodnocením věkové pyramidy podle vzdělání zveřejněné na portálu *Sčítání 2021* [7]. K získání přesnějšího výsledku nám totiž pomůže, když stanovíme, kolik dětí dochází do jednotlivých ročníků základní školy. Jelikož se jedná o data stará skoro dva roky, musíme do výpočtu zahrnout i děti tehdy mladší 6 let.

Rok narození	Třída	Počet mužů	Počet žen
2016	1.	46 296	44 148
2015	2.	57 498	54 573
2014	3.	57 122	53 821
2013	4.	55 562	53 021
2012	5.	55 753	53 366
2011	6.	56 137	53 171
2010	7.	59 318	56 455
2009	8.	60 997	58 365
2008	9.	61 164	58 473
2007	9. (odklad)	11 963	11 481

Můžeme si povšimnout, že do první třídy chodí masně žáci než do jiných ročníků základní školy. Je tomu tak, jelikož zhruba 20 % prvňáčků má odklad, a tak nastoupí do školy až příští školní rok. To samé platí pro okolo 23 tisíc dětí narozených v roce 2007, které měly takéž odklad, a nastoupily do stejného ročníku jako děti narozené v roce 2008.

Po sečtení všech údajů z věkové pyramidy získáme počet 1 018 684 dětí. Pozorujeme tedy rozdíl mezi hodnotou nalezenou na webových stránkách a hodnotou, kterou jsme získali součtem všech dětí ve věku, kdy by mohly studovat na základních školách. Může to být i z toho důvodu, že do hodnoty získané z věkové pyramidy jsou započteny i ty děti, které jsou nemocné či těžce tělesně postižené, a tedy do školy nedocházejí.

Jak je ale výše uvedeno, pro tento příklad použijeme druhou hodnotu, jelikož jsou nám bližší známy počty dětí v jednotlivých ročnících a výsledek by tak měl být přesnější.

Ke zjištění celkové výšky, o kterou by všechny děti porostly, samozřejmě potřebujeme znát průměrnou výšku dětí podle pohlaví. Tyto hodnoty jsou uvedeny v tabulkách níže jako výškové rozptyly [8, 9]. Pro získání teoretické celkové výšky všech školáků musíme vypočítat hodnoty jak pro dívky, tak pro chlapce odděleně, jelikož muži a ženy rostou jinou mírou a rychlostí.

Obr. 2. Úvodní stránka řešení úlohy

Samotné řešení je rozebráno na 11 stránkách, jsou odhadovány – vypočítány změny výšky u chlapců a děvčat v jednotlivých letech, výsledná hodnota je uvedena v závěru:

Závěr: Po sečtení všech výsledků zjistíme, že všechny děti školou povinné by za jeden školní rok vyrostly o celkem 5 623 090,05 cm, nebo o 56,231 km.

Pokud bychom důsledně dodržovali principy řešení Fermiho úloh a mezi výpočty odhadovali (zaokrouhlovali), výsledné hodnoty řešitelů by měly být řádově stejné.

Jako příklad ještě uvádíme jedno z řešení úlohy Finále. Jedná se o žákyně, které se soutěže zúčastnily i v předchozím roce. Během Finále kolektivy většinou řeší tak, že každý člen kolektivu si zvolí jednu úlohu, kterou řeší a poté řešení zkonzultuje s ostatními členy kolektivu. Je zřejmé, že se žáci tímto způsobem učí základní kompetence – spolupráce, řešení problémů.

Zadání: Jakou vzdálenost může člověk urazit během jednoho roku obyčejnou chůzí?

Odpověď na tuto otázku závisí na mnoha faktorech. Nevíme, zda není člověk náhodou superhrdina, který nepotřebuje jíst, spát atd. Nevíme, zda třeba chodí do práce, nebo zda je to milionář, který pracovat nemusí. Proto jsem se rozhodla spočítat hned několik variant:

### 1. varianta - superhrdina

Kdyby náš člověk byl náhodou superhrdina bez jakýchkoliv potřeb, který by jen rok v kuse chodil, výsledek by nebyl tak těžký spočítat.

Rok má 365 dní, den má 24 hodin a superhrdina může chodit rychlostí třeba  $5 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ . V tomto případě by člověk za rok ušel 43 800 km. Ve skutečnosti by však za takovýchto okolností normální člověk asi po 2,5 dnech zemřel. Záleží samozřejmě na zdraví a kondici, ale po zhruba 300 km by došel...

### 2. varianta - milionář

V případě že by náš člověk musel plnit základní potřeby, ale nemusel by chodit do práce ani do školy, celý rok by pravděpodobně přežil. Počítáme, že musí 8 hodin denně spát, hodinu denně plnit zákl. potřeby, jako chzení na WC, odpočívání... a hodinu denně jíst. Na čisté chzení by tedy měl 14 hodin denně, 365 dní v roce. Ušlapal by tedy 20 440 km, ale pokud by se rozhodl každou neděli odpočívat, ušlapal by zhruba 17 530 km.

### 3. varianta - školáček

Pokud by náš človíček ještě navíc chodil do školy, popř. pracoval, na všední dny by mohl chodit pouze 8 hodin. O víkendech a prázdninách by však měl na chzení stále 14 hodin.  $\frac{2}{3}$  roku jsou všední dny,  $\frac{1}{3}$  roku víkendy a prázdniny. Človíček je však ještě malinký a chodí rychlostí 3,5  $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ . Nachodí tedy dohromady 12 600 km.

Závěr: Superhrdina by nachodil za rok samozřejmě nejvíce, ale pouze v případě, že by po 3 dnech nezemřel. I školáček by toho však spoustu ušel, ačkoliv musí být chudák unavený... přece jenom 12 600 km za rok nemůže být žádná granda :)

## Závěr

Žáci generace Alfa přichází do našich tříd. Jen v USA se těchto dětí narodilo od roku 2010 více než 28 milionů. Na co je třeba se zaměřit, jsou tyto děti jiné, než předchozí generace, jak je můžeme motivovat? Vyrůstají v digitálním světě, mají neomezený přístup k informacím. Na co se tedy zaměřit ve výuce. Doporučení jsou následující:

Zaměřit se na dovednosti, nikoliv na obsah. Lze říci, že žáci budou mít přístup k informacím nezávisle na zdroji, který použijí. To CO učit už je, ale nejdůležitější je JAK a PROČ. Žáci se musí naučit jak přemýšlet.

Úlohy by měly umožnit učit s větší flexibilitou, autentičností, žáky nezajímá izolovaný obsah. Spíše chtějí ukázat, co se naučili a co dokáží netradičním způsobem, jak dokáží hledat inovativní a kreativní cesty řešení napříč různých oblastí. Důraz by měl být kladen také na osvojení-si „soft skills“ – kompetencí v oblasti chování, wellbeing, atd.

Pokud si toto uvědomíme, postavení soutěžní přehlídky v řešení Fermiho úloh může být i nadále vhodným motivačním fenoménem při výuce přírodovědných předmětů jak na základních, tak i na středních školách. V této souvislosti lze citovat slova vítěze letošního Finále soutěže žáka Škařupy:

Fermiho úlohy mě baví absurdností a genialitou svých otázek. Každá se zdá na začátku neuvěřitelně složitá, a proto je jejich řešení tak zábavné. Úžasné také je, že otázky mají strašně velký rozsah témat, která se vzájemně propojují, přičemž musím použít hromadu kreativního myšlení. Mým letošním favoritem byla otázka: Jakou vzdálenost může člověk urazit během jednoho roku obyčejnou chůzí. U této otázky jsem udělal rovnou dva odhady, a to jak u mě, jako studenta střední školy, a také u člověka, který by ušel maximální vzdálenost. Největším

oříškem pro mě bylo odhadnout výdrž člověka, aby byl co nejproduktivnější, ale zároveň nezkolaboval. Musel jsem přemýšlet nad tím, kdy takový člověk chodí spát, jíst, kdy si musí dát pauzu. Z výsledku vyplynulo, že takový člověk by ušel dvacetkrát více než já.

### **Literatura**

[1] Carter C.: The Complete Guide to Generation Alpha. (December 21, 2016) Forbes.com.

[2] <https://exfyz.upol.cz/didaktika/fermi/index.html>

[3] <https://www.prf.upol.cz/nc/zprava/clanek/souteze-v-reseni-fermiho-uloh-se-zucastnili-studenti-z-cr-i-ze-slovenska/>



## Využití ARDUINA ve výuce fyziky

JAN HRDÝ

Gymnázium Jana Pivečky a SOŠ Slavičín

*Programování mikropočítače ARDUINO se stává stále populárnější nejen na středních a vysokých školách zaměřených na počítače, ale v poslední době také na gymnáziích. Použití mikroprocesorové stavebnice ARDUINO umožňuje studentům vlastní návrh i konstrukci měřicí aparatury pro zvolený fyzikální experiment. Takto mohou studenti sledovaný experiment daleko lépe pochopit a proniknout hlouběji do jeho podstaty.*

### Trochu historie nikoho nezabije

Měl jsem to štěstí, že jsem nástup počítačů u nás mohl sledovat od samého počátku. Již v deváté třídě (1968) jsme na exkurzi v podniku LET Kunovice viděli počítač a zadávání dat pomocí děrných štítků. Připadalo nám to zdoluhavé a nikdo nám nedokázal vysvětlit, a to ani pan učitel, k čemu jsou ty počítače vlastně dobré. Teď trochu přeskočím kupředu. V roce 1985 jsem odešel ze školství, protože jsem byl znechucen politickou situací ve středním školství a ve školství vůbec. Odešel jsem pracovat jako programátor do Slováckých strojírny v Uherském Brodě. Pracoval jsem u sálového počítače EC1025 na hromadném zpracování dat. Právě končila „válka“ mezi zastánci 80ti sloupcových a 90ti sloupcových děrných štítků. Na děrném štítku jeden sloupec odpovídal jednomu znaku. V té době také právě začínaly osmipalcové diskety – disketová mechanika pro dvě diskety byla velká asi jako automatická pračka a mohl ji obsluhovat pouze speciálně vyškolený technik. Zajímavé však byly školení, které se obvykle odbývaly ve Zlenicích u Čerčan (nedaleko Prahy). Mezi lektory bylo několik v té době již starších odborníků, kteří stáli u zrodu prvních sálových počítačů koncepce IBM u nás. Postup práce byl tehdy následující: Bylo třeba někde sehnat počítač IBM (bylo na ně uvaleno embargo), rozebrat jej, okopírovat a uvést do výroby. To trvalo asi čtyři roky. Za tu dobu firma IBM uvedla na trh úplně nový model, takže ten náš počítač byl mimo rámec RVHP zcela neprodejný. Navíc byl náš počítač výrazně poruchovější než originál. Nyní se přenesme do doby prvních PC.

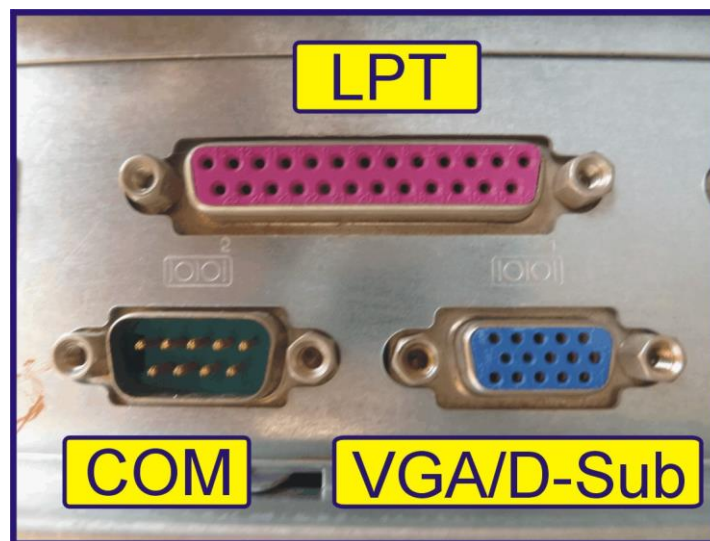
### Sériový a paralelní port

Zkratka PC znamená **osobní počítač**. Je to takový víceúčelový mikropočítač, který díky své velikosti, možnostem a ceně je vhodný pro individuální použití. Osobní počítač je určen k tomu, aby jej obsluhoval přímo koncový uživatel a ne počítačový odborník nebo technik, tak jak tomu bylo u velkých a nákladných sálových počítačů nebo minipočítačů.

Pojem osobní počítač byl používán již v průběhu 70. let 20. století, kdy firmy *Apple*, *Hewlett-Packard* a *Texas Instrument* uvedly na trh první osobní osmibitové mikropočítače. Ale až uvedením počítače IBM PC (procesor IBM 5150) v srpnu 1981 na trh se ustálilo toto označení **PC** (Personal computer). Pod tímto označením **nyní** rozumíme počítač vnitřně kompatibilní s procesorem *Intel 286*, *Intel 386*, *Intel 486*, *obecně Intel x86*. Počítač je tím také slučitelný s jeho komponentami i programovým vybavením.

Pro připojení periférií k PC se používají porty. Jsou to jakési vstupní brány do počítače. Podle způsobu komunikace rozlišujeme *paralelní porty* a *sériové porty*. Paralelní port předává data paralelně – vždy osm bitů (1 byte) najednou. Pro svou rychlost se používal zejména pro komunikaci s tiskárnou. Jeho velkou nevýhodou byla značná citlivost na nesprávné zacházení

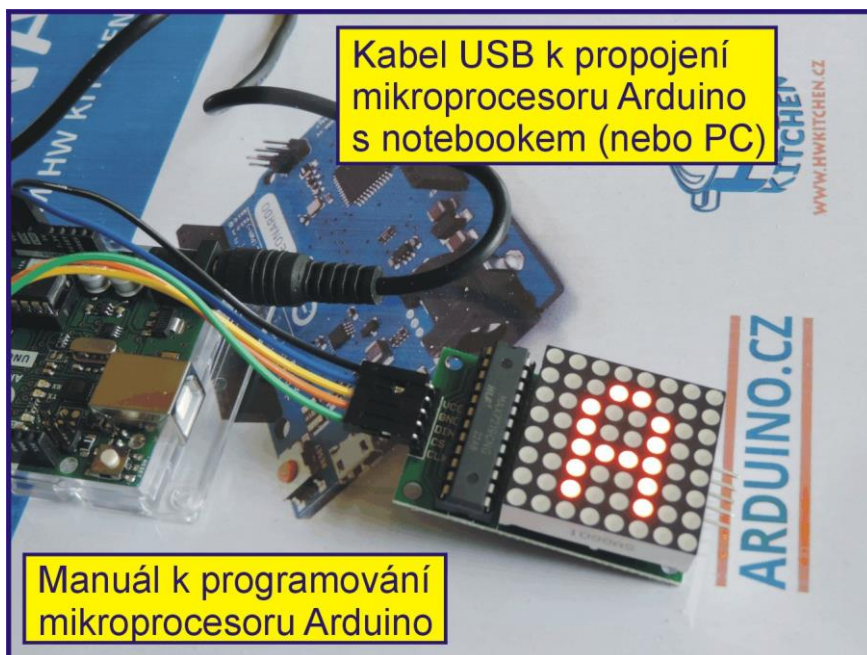
– při zapojení (nebo odpojení) kabelu tiskárny k zapnutému počítači byla velká pravděpodobnost zničení tohoto portu. Sériový port je naopak velmi odolný vzhledem ke zkratu nebo k přivedení cizího napětí. Je však výrazně pomalejší, protože jednotlivé bity se přenášejí postupně, jeden po druhém. Proto se používal jen k připojení modemu, myši, klávesnice nebo pro spouštění záložního zdroje UPS. Oba tyto porty bylo možné pod jednoúlohovým operačním systémem Microsoft DOS ovládat přímo. Bylo tak možné řídit některá další zařízení připojená k PC podle přání programátora. Také se toho využívalo při řízení fyzikálního experimentu ve školských podmínkách (školní analogově-digitální převodník ADDA nebo původní verze školního experimentálního systému ISES). Ale od operačního systému MS Windows 95 již takovýto přímý přístup k hardware PC nebyl podporován.



Obrázek 23. Porty PC: paralelní LPT, sériový COM a analogový výstup grafické karty VGA/D-Sub

## Rozhraní USB

Rozhraní **USB** je moderní způsob připojení periférií k PC. Jedná se o univerzální sériovou sběrnici (Universal Serial Bus), která nahrazuje dříve používané způsoby připojení (sériový a paralelní port). Od roku 1995 bylo používáno toto rozhraní nejdříve jako náhrada sériového portu (RS-232). Masového rozšíření se dočkalo až v roce 1998, kdy se dostal na trh revoluční počítač **iMac** firmy *Apple* vybavený pouze porty USB a kdy byl na trh uveden operační systém Microsoft **Windows 98** podporující toto rozhraní. Rozhraní USB se stále vyvíjí, hlavně se zvyšuje přenosová rychlost. Vznikají tak nové verze, které jsou však stále zpětně kompatibilní. Programovat přenos dat po rozhraní USB je složité a je vhodné tuto práci přenechat profesionálům. Existuje však jiné daleko **jednodušší řešení**. Spočívá v použití externího mikroprocesoru (třeba řady Arduino) připojeného k PC pomocí sběrnice USB. Komunikaci počítače a mikroprocesoru po této sběrnici již vyřešil výrobce mikroprocesoru. Zbývá pouze naprogramovat tento mikroprocesor, což je vcelku snadná a zajímavá práce. Mikroprocesor má velké množství digitálních i analogových vstupů i výstupů. Těch je možno jednoduše využít k řízení školního fyzikálního experimentu. Tato koncepce je daleko **variabilnější**, než klasické využití paralelních nebo sériových portů



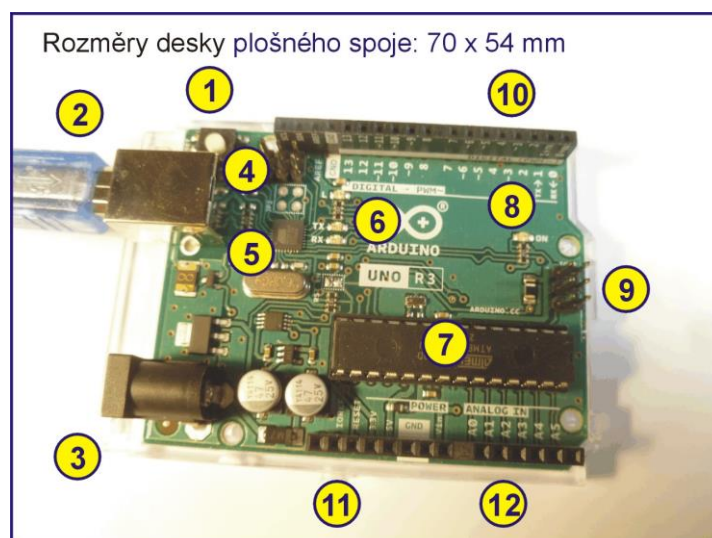
Obrázek 2. Propojení desky mikroprocesoru Arduino s notebookem přes port USB

## Mikroprocesor Arduino Uno

Mezi nejrozšířenější a nejzdařilejší mikroprocesory využitelné k řízení fyzikálního experimentu patří mikroprocesory řady Arduino. Nejjednodušší z nich je Arduino Uno. A právě použití tohoto mikroprocesoru je věnován následující příspěvek.

Vývoj prvního Arduina začal v roce 2005 v Itálii. Měl to být levný a jednoduchý set pro studenty. Mezi studenty se Arduino uchytilo a tak se jeho tvůrci rozhodli poskytnout je volně celému světu (Open source projekt). To je hlavní důvod jeho velkého rozšíření.

Mikropočítače Arduino jsou postaveny na procesoru firmy Atmel. Na desce mikropočítače je kromě procesoru také převodník, který umožňuje komunikaci s PC přes USB. V současné době nejpoužívanější mikropočítač Arduino Uno má procesor **ATmega328**.



Obrázek 3. Jednotlivé komponenty na desce mikroprocesoru Arduino Uno

Na desce mikroprocesoru Arduino Uno se nacházejí následující komponenty (obrázek 3.):

1. Resetovací tlačítko
2. USB konektor typu B
3. Napájecí konektor (pokud nepoužíváme USB)
4. ICSP hlavice (externí programování USB-serial převodníku)
5. USB-serial převodník
6. Indikační LED sériového přenosu
7. Hlavní čip (Atmel ATmega328)
8. Indikační LED napájení
9. ICSP hlavice pro externí programování hlavního čipu
10. Digitální vstupně/výstupní piny pro připojování externích obvodů
11. Napájecí výstupy Arduina
12. Analogové vstupy Arduina

## Programování mikroprocesoru Arduino Uno

Pro práci s Arduinem se používá vývojové prostředí **Arduino IDE**. Pro operační systém, který používáme na svém PC (Windows, Linux), si je můžeme stáhnout z [1,2]. Pro Windows je nejjednodušší stáhnout si ZIP archiv, který je po rozbalení plně funkční. Tento archiv rozbalíme ve složce, kterou chceme pro práci s Arduinem používat. Vývojové prostředí se spouští ze souboru *arduino.exe*.

Arduino je možné programovat v jazyce C nebo C++. Nejjednodušší je však používat knihovnu C++ nazvanou **Wiring**. Kvůli její komplexnosti se o ní často mluví jako o samostatném programovacím jazyku.

Každý program pro Arduino má následující strukturu:

```
1  void setup() {
2  // příkazy zde umístěné se provádějí pouze jednou
3  // při spuštění programu
4  }
5
6  void loop() {
7  // příkazy zde umístěné se provádějí opakovaně
8
9  }
```

## Blikající LED



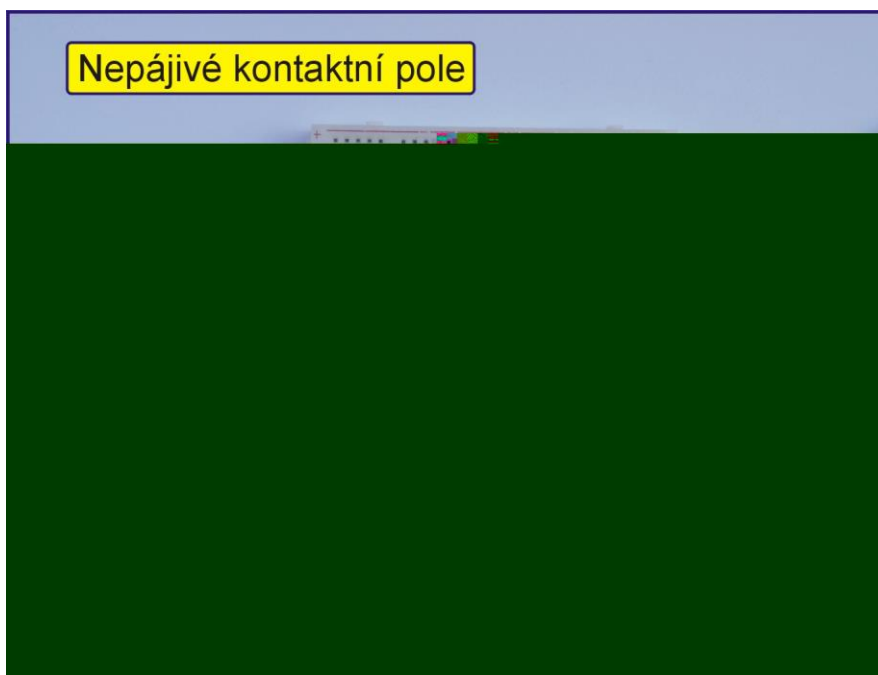
Obrázek 4. Připojení LED k desce mikroprocesoru Arduino Uno

Blikání LED budeme ovládat následujícím programem:

```
1 void setup() {
2     pinMode(12,output); // 12. pin je nastaven jako výstupní
3 }
4
5 void loop() {
6     digitalWrite(12,HIGH); // 12. pin nastaven na úroveň HIGH
7     delay(1000);           // program čeká 1000 ms, LED svítí
8     digitalWrite(12,LOW); // 12. pin nastaven na úroveň LOW
9     delay(500);           // program čeká 500 ms, LED nesvítí
10 }
```

## Blikání několika LED současně

Princip je stejný jako v předcházejícím případě, ale pouze pro každou LED nastavíme samostatný výstupní PIN.



Obrázek 5. Připojení několika LED k desce mikroprocesoru Arduino Uno

## Ovládání matice 64 LED

Matice LED se ovládá jiným způsobem než LED samostatně. Bylo by potřeba 64 výstupních pinů, 64+1 vodičů a 64 odporů omezujících proud v LED. To by bylo velmi těžkopádné. Řeší se to proto tak, že diodová matice je ovládána vlastním mikroprocesorem MAX7219, který je k desce Arduina připojen pouze dvěma napájecími a třemi datovými vodiči.

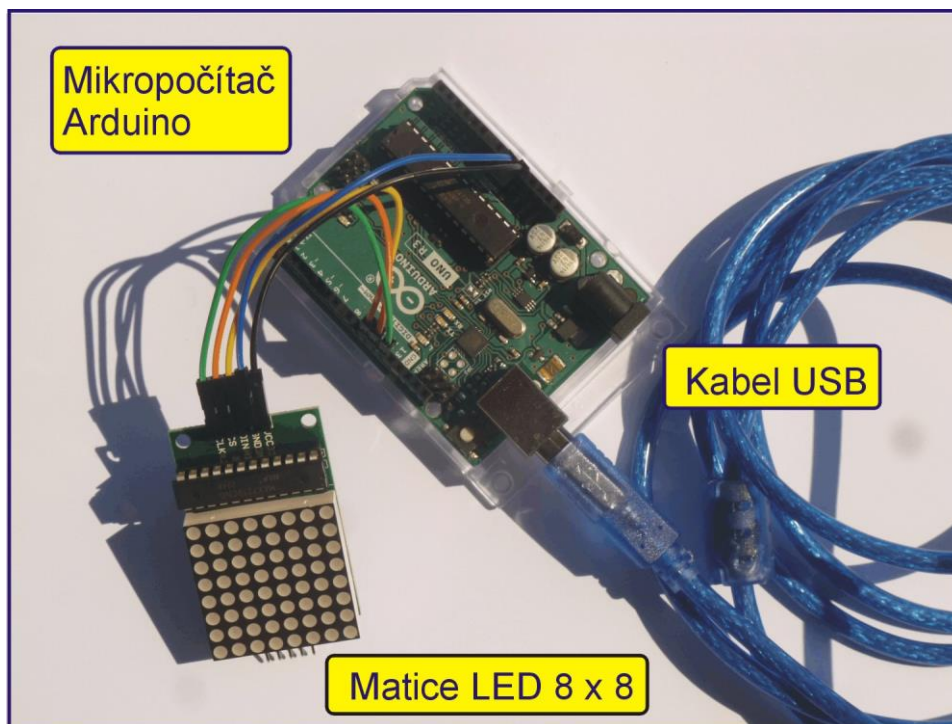
Aby bylo možné ovládat každou LED samostatně, je třeba přenést naráz 64 bitů. Dělá se to tak, že se informace přenáší po bytech (1 B = 8 bitů), je tedy třeba vždy přenést 8 bytů.

Ovládání diodové matice lze realizovat pomocí následujícího programu, který zobrazuje na matici 8 x 8 LED písmeno „A,B a C“:

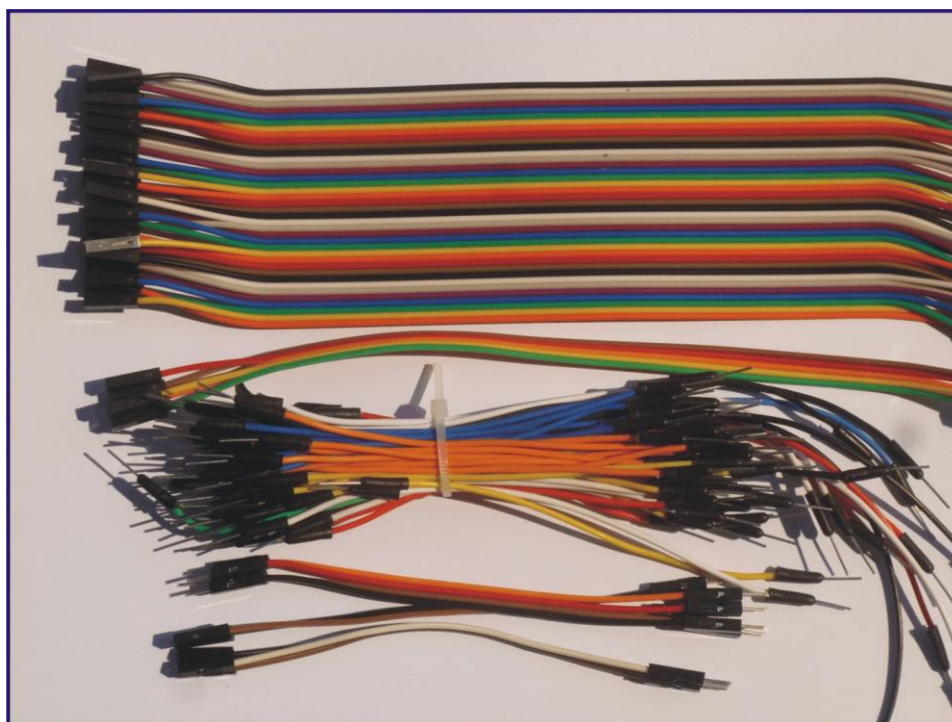
```
1 // ovládání matice 8 x 8 LED s využitím MAX7219
2 #include "LedControl.h" // připojení potřebné knihovny

4 // nastavní propojovacích pinů řadiče MAX7219
5 #define DIN 10
6 #define CS 11
7 #define CLK 12
8
9// // nastavení počtu matic, počítá se od nuly
10 #define mojeMat 0
11
12 // inicializace LED matice z knihovny
13 LedControl ledMat=LedControl(DIN,CLK,CS,mojeMat);
14
15 // proměnné typu pole, jednička označuje rozsvícenou LED
16 byte pismnoA[8]={B00000000,B00011000, B00100100,B00100100,
17 B00111100,B00100100,B00100100,B00000000};
18 byte pismenoB[8]= {B00000000,B00111000, B00100100,B00111000,
19 B00100100,B00100100,B00111000,B00000000};
20 byte pismenoC[8]= {B00000000,B00011000, B00100100,B00100000,
21 B00100000,B00100100,B00011000,B00000000};
22
23 void setup() {
24
25 // probuzení matice pro zahájení komunikace
26 ledMat.shutdown(mojeMat,false);
27 // nastavení LED matice na střední svítivost (0-15)
28 ledMat.setIntensity(mojeMat,1);
29 // vypnutí všech LED diod na matici
30 ledMat.clearDisplay(mojeMat);
31 }
32
33 void loop() {
34
35 // vykreslení písmena „A“ z proměnné
36 for(int i=0; i<8; i++)
37 {ledMat.setRow(mojeMat, i, pismnoA[i]);}
38 delay(1200);
39 // vykreslení písmena „B“ z proměnné
40 for(int i=0; i<8; i++)
41 {ledMat.setRow(mojeMat, i, pismenoB[i]);}
42 delay(1200);
43 // vykreslení písmena „C“ z proměnné
44 for(int i=0; i<8; i++)
45 {ledMat.setRow(mojeMat, i, pismenoC[i]);}
46 delay(1200);
47 }
```





Obrázek 6. Připojení matice LED k desce mikroprocesoru Arduino Uno



Obrázek 7. Propojovací kabely pro práci s mikroprocesorem Arduino Uno



## **Závěr**

V tomto krátkém příspěvku nebylo možné podrobně postihnout všechny možnosti využití Arduina. Příspěvek by ale rozhodně mohl usnadnit orientaci v této problematice a usnadnit první krůčky. Ke konkrétním fyzikálním aplikacím se dostaneme v příštím pokračování. Pro úplné začátečníky lze doporučit stavebnici [3], naopak pro vážné zájemce manuál [4,5].

Tento příspěvek i jeho možné pokračování vychází z několikaleté práce kroužku Arduina na Gymnáziu Jana Pivečky a SOŠ Slavičín.

## **Literatura**

- [1] <http://arduino.org>
- [2] <http://arduino.cc>
- [3] <http://dratek.cz>
- [4] <http://arduino.cz>
- [5] <http://www.hwkitchen.cz>

## Pískání v hodině fyziky povoleno

JOSEF HUBEŇÁK

Přírodovědecká fakulta, Univerzita Hradec Králové

### Abstrakt

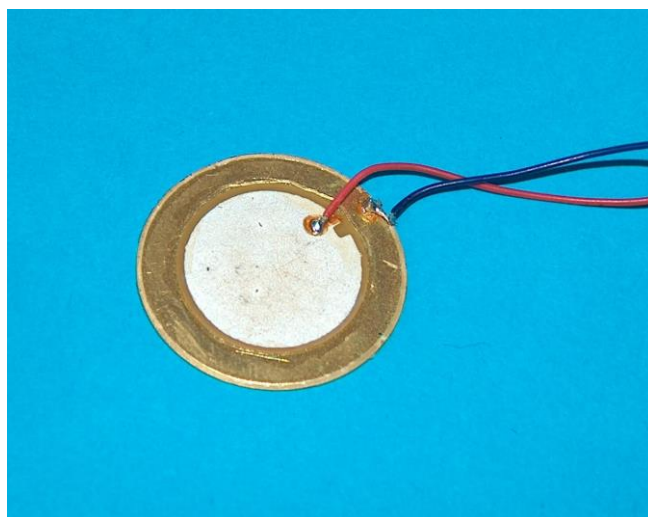
Snadno dostupným zdrojem zvuku jsou miniaturní elektroakustické měniče. Jde většinou o piezoelektrická „pískátka“, některá jsou vybavena vlastním zdrojem elektrického signálu. Pro experiment a měření jsou vhodnější ta, která je nutno připojit na zdroj harmonického signálu. Snadno lze sluchem najít rezonanční frekvenci, měřit lze frekvenční charakteristiku a směrovou charakteristiku. S dvojicí identických piezoelektrických reproduktorů lze demonstrovat interferenci.

### Zdroje harmonického signálu

V mnoha laboratořích jsou ještě elektronkové tónové generátory BM365U s efektivní hodnotou harmonického signálu 10 V a frekvencemi do 30 kHz. Zdrojem může být i vhodná aplikace a PC. Signál má amplitudu přibližně 700 mV a je třeba jej zesílit na 10 až 15 V. K tomu poslouží reproduktory, určené k počítačům; v jednom je vždy potřebný zesilovač. Zesílený signál lze odebírat na kabelu pro druhý reproduktor, který je zakončen konektorem cinch. Zesilovač má výstup přizpůsobený reproduktorům s impedancí řádu jednotek ohmů a lze jej považovat za „tvrdý zdroj“ napětí. Impedance tónového generátoru je přibližně 600 ohmů a to je třeba při měření zohlednit. Výhodou tónového generátoru je spojitá změna frekvence pouhým otočením stupnice frekvencí.

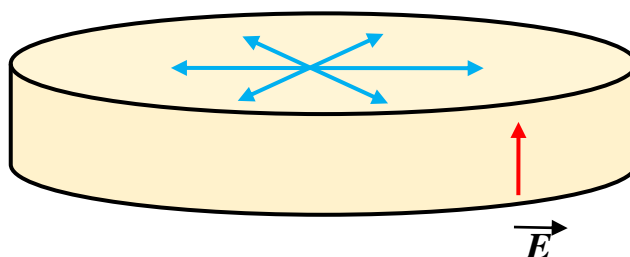
### Vlastnosti použitých elektroakustických měničů

Piezoelektrické měniče využívají deformaci piezokeramické destičky vyvolané elektrickým polem.



Obr.1 Piezoměnič

Na kovové podložce je uložena vrstva piezokeramiky, shora pokovená. Intenzita elektrického pole je kolmá k rovině piezokeramiky. Po přiložení střídavého napětí disk kmitá radiálně.



Obr.2 Radiální kmity

Z nabídky piezoměničů byly vybrány dva typy.

- a) TFM 25 s těmito parametry: napětí 9 V, rezonanční kmitočet 4 kHz, kapacita 8 nF, průměr 16,8 mm. Cena 25 Kč. (Viz [2])



Obr.3 TFM 25

- b) KHS 105A, což je piezoelektrický tlakový reproduktor. Jeho parametry: Výškový reproduktor 2 až 20 kHz, 94 dB, maximální střídavé napětí 35 V, rozměry 85 x 85 mm. Cena 70 Kč. (Viz [2])



Obr.4 KHS 105A

Posledním z vybraných typů je elektrodynamický měnič HCM 1206A. Jeho konstrukce je velmi jednoduchá; kopíruje sluchátkovou vložku klasických telefonů.



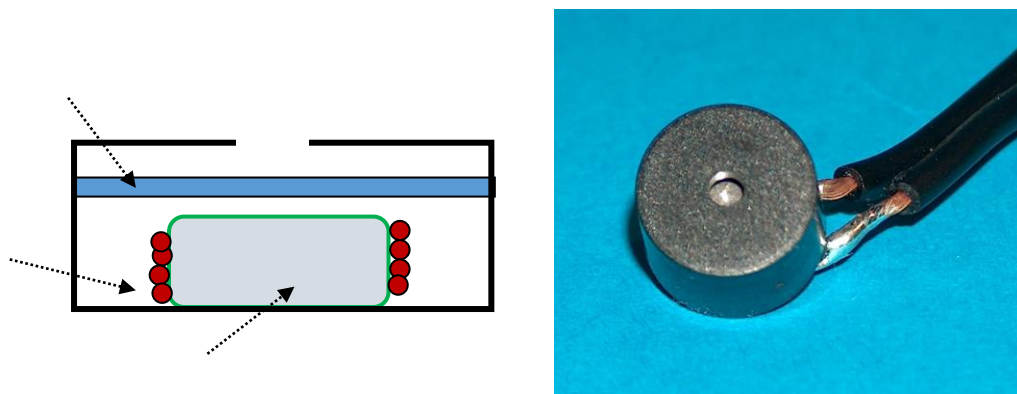
Obr.5 Elektrodynamický měnič HCM1206A

Parametry měniče: napětí 12 V, odpor vinutí 43 ohmů, průměr 12 mm, hladina akustického tlaku 85 dB, rezonanční frekvence 2,4 kHz. Cena 15 Kč. (Viz [2])

### Měření frekvenční charakteristiky

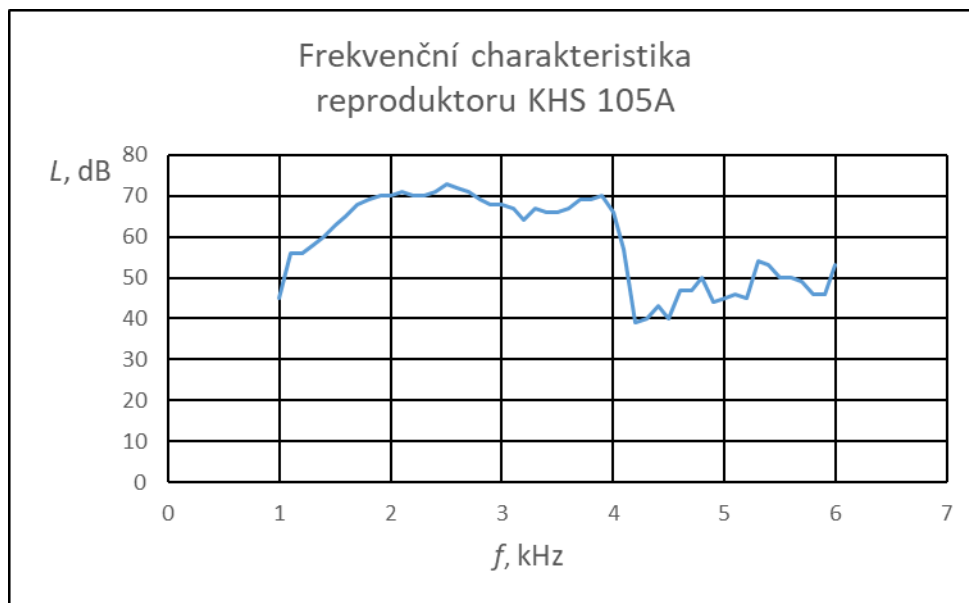
Závislost hladiny intenzity zvuku na frekvenci lze měřit laboratorním hlukoměrem; ten ovšem v kabinetu fyziky nenajdeme. Existuje však řada mobilních aplikací, které lze volně instalovat a použít. Zvolen byl Sound Meter pro Android; hladinu intenzity zobrazuje grafem bargrafem a číslem. (Definici hladiny intenzity zvuku jsou v učebnici [1].)

Sestava pro měření hladiny intenzity zvuku pro tlakový reproduktor KHS 105A:



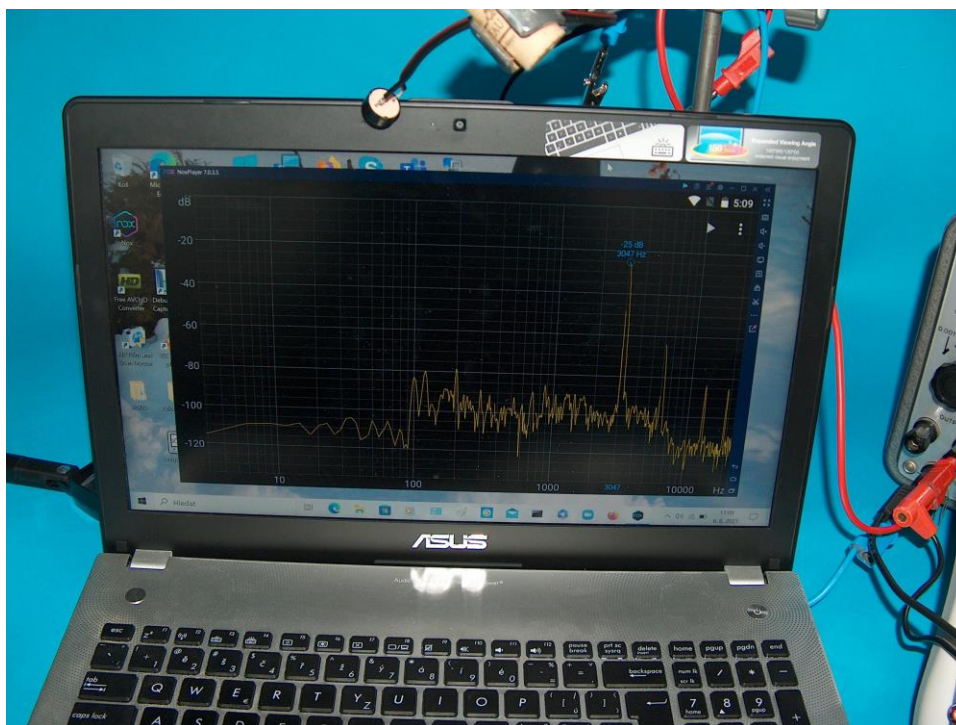
Obr.6 Sestava pro KHS 105A

Mikrofonní vstup mobilu byl umístěn 1 cm od čela reproduktoru. Frekvence byla měněna po 100 Hz v intervalu 1 až 6 kHz. Výsledkem je graf, ze kterého je patrná rezonanční frekvence přibližně 2,5 kHz.



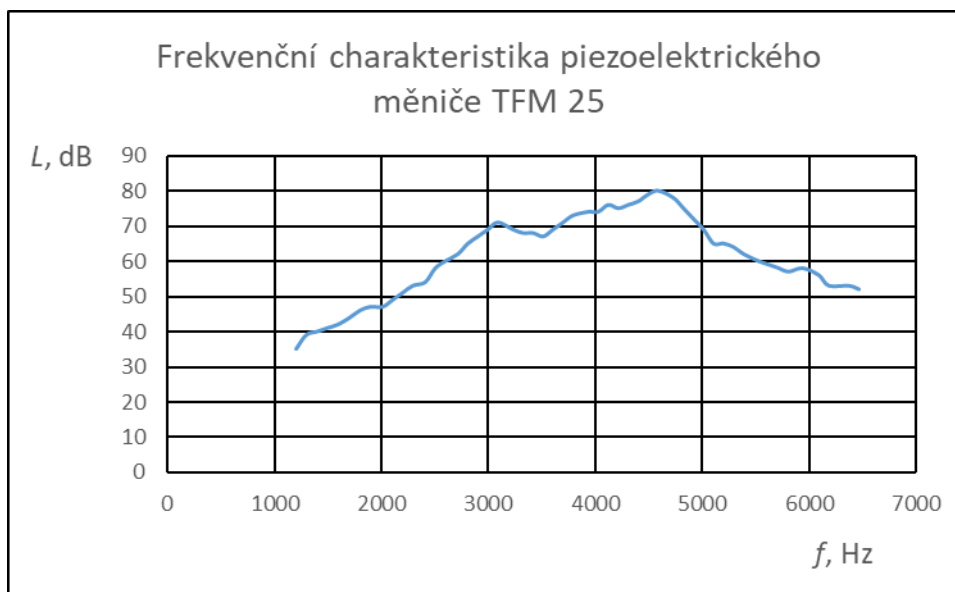
Obr.7 Frekvencní charakteristika KHS 105A

Frekvencní charakteristika měničů byla měřena v aplikaci Spectroid, instalované na notebook. Výhodou je snadný přenos na dataprojektor a odečítání frekvence a hladiny intenzity z displeje. Aplikace má ale jinak stanovenou vztažnou intenzitu; naměřené hodnoty je třeba korigovat, Porovnáním měření na rezonančním kmitočtu Spectroidem a mobilem byla stanovena hodnota korekce +100 dB.

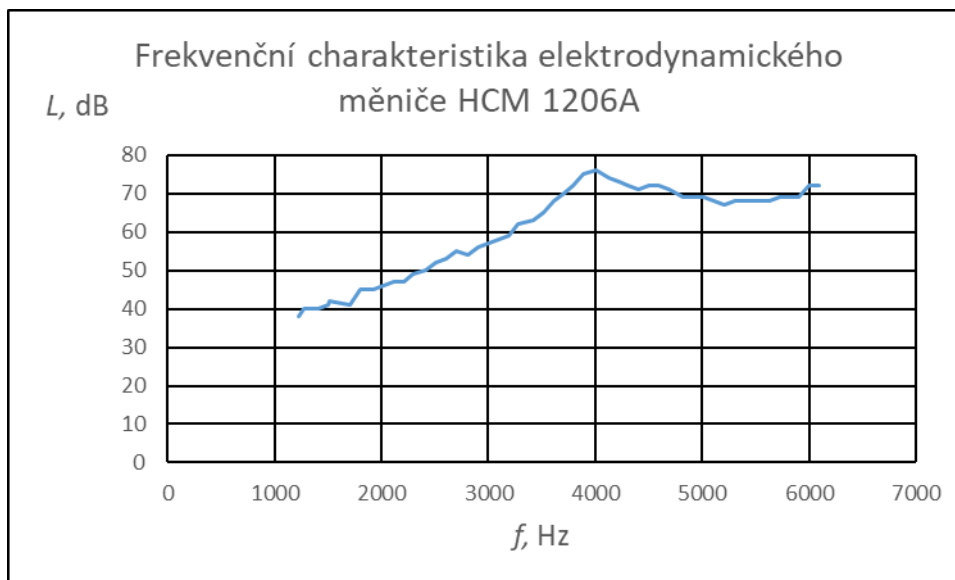


Obr.8 Měření Spectroidem

Po zpracování v Excelu byly získány frekvencní charakteristiky a rezonanční frekvence odpovídají přibližně údajům výrobců.



Obr.9 Frekvencní charakteristika TFM 25

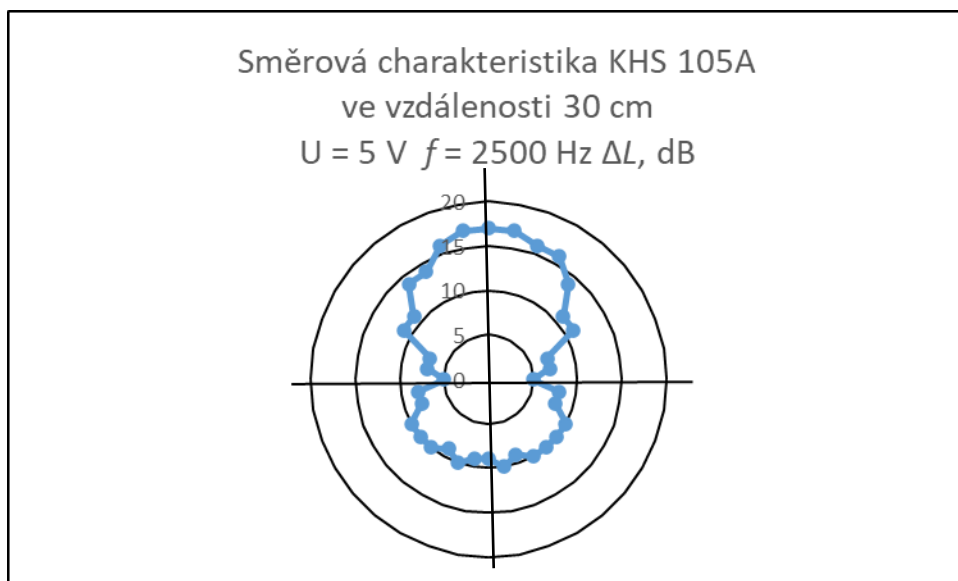


Obr.9 Frekvencní charakteristika TFM 25

### Měření směrové charakteristiky

Směrovou charakteristiku bylo možné měřit jen pro tlakový reproduktor KHS 105A. Mobil byl umístěn 30 cm od čela reproduktoru. Pod něj byla položena šablona s vějířem polopřímek s odchylkami po deseti stupních. Měření bylo provedeno na zahradě, kde byl vliv odraženého zvuku zanedbatelný. Při vypnutém reproduktoru byla změřena hladina intenzity pozadí 50 dB a tato hodnota byla od měřených hodnot odečtena. Výsledkem je graf směrové charakteristiky.





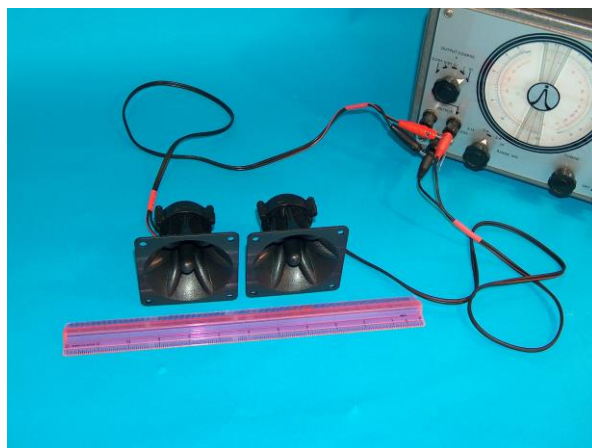
Maximum signálu jde v ose dopředu, dozadu je stejný signál takřka v celém poloprostoru, minima jsou ve směrech rovnoběžných s rovinou zářiče.

### Interference zvuku ze dvou zdrojů

Dva reproduktory napájené z jednoho tónového generátoru lze použít pro demonstraci

- zesílení zvuku, pokud oba reproduktory kmitají se stejnou fází,
- zeslabení, pokud kmitají s opačnou fází.

Tato zesílení/zeslabení uslyšíme nezávisle na vzdálenosti posluchače. Reproduktory umístíme těsně u sebe a jejich čela jsou kolmá ke směru k posluchači.



Obr.11 Zesílení a zeslabení zvuku

Podobný efekt uslyšíme, když jeden z reproduktorů posouváme rovnoběžně dopředu nebo dozadu. Posun o půl vlnové délky vyvolá zeslabení, o celou vlnovou délku zesílení.

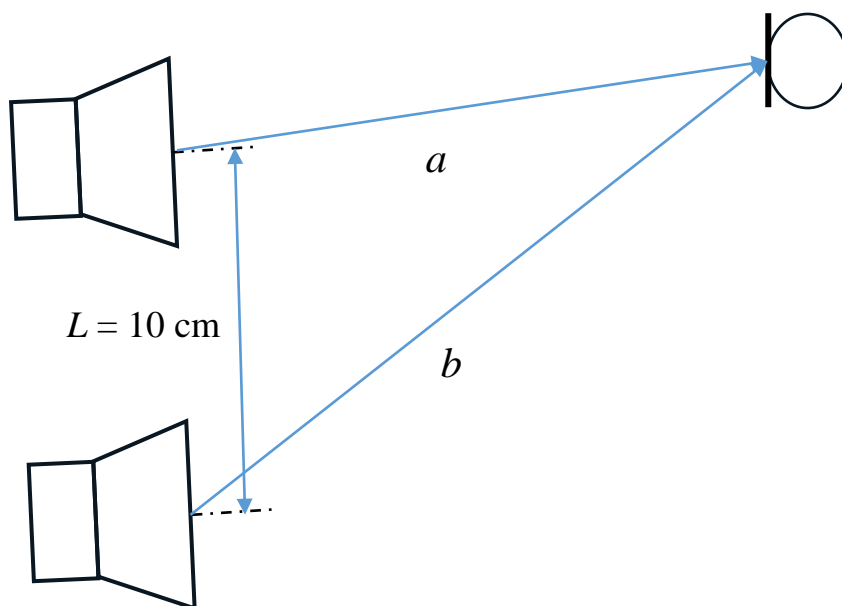




Obr. 12 Posun o násobek poloviny lambda

Na pravítku lze přibližně měřit vlnovou délku.

Ve velké místnosti nebo lépe na volném prostranství lze nechat posluchače projít rovnoběžně podél roviny reproduktorů. Zaznamená několik zesílení a zeslabení. (Na obrázku 13 je místo posluchače značka mikrofonu)



Obr. 13 Interference zvuku koherentních zdrojů

## **Závěr**

Akustická měření i jednoduchý experiment se dvěma reproduktory mohou být zpestřením výuky v tématu Kmitání a vlnění. Použité zdroje zvuku jsou levné a ihned dostupné a k vlastnímu měření lze použít PC, notebook nebo mobil. Pro rychlou orientaci stačí i vlastní sluch.

## **Literatura**

- [1] Lepil O. : Fyzika pro gymnáziaMechanické kmitání a vlnění. Prometheus Praha 2017
- [2] Web firmy Kondik. Liberec

## Korespondenční seminář VÝFUK

SOŇA HUSÁKOVÁ

Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy

### Abstrakt

Korespondenční seminář VÝFUK (Výpočty Fyzikálních Úkolů) je fyzikální soutěž pro žáky základních škol, ve které žáci řeší teoretické i experimentální úlohy v rámci šesti sérií rozdělených přes celý školní rok. Jako odměnu poté (kromě věcných cen) dostávají možnost účastnit se různých setkání a letního tábora, kde se setkávají s dalšími řešiteli, chodí na fyzikální přednášky a odnáší si mnoho zážitků.

### O Výfuku

Výfuk (Výpočty Fyzikálních Úkolů) je seminář zaštiťovaný Matematicko-fyzikální fakultou Univerzity Karlovy, který organizují studenti z řad vysokoškoláků, ale i středoškoláků. Během posledního (dvanáctého) ročníku semináře úlohy řešilo přes 600 řešitelů z Česka a Slovenska.

Na webových stránkách [www.vyfuk.org](http://www.vyfuk.org) se nachází vše o historii a současném fungování Výfuku, přes veškeré informace pro řešitele (zadání, pravidla, Výfučení...) a učitele ohledně spolupráce, až po archiv fotografií z akcí nebo archiv starších ročníků.

### Korespondenční část semináře

Korespondenční část je tou hlavní a nejdůležitější částí celého semináře. Žáci řeší 6 sérií úloh, které jsou zveřejňovány postupně v průběhu celého školního roku a každá série obsahuje 7 úloh. První příklad v sérii je vždy jednoduchý a je určen žákům 6. a 7. ročníků, jedna úloha je experimentální (žáci mají za úkol sepsat protokol měření na základě nějakého netypického a zajímavého pokusu) a jedna úloha je pojena s naučným textem, Výfučením.

Snažíme se žáky motivovat k seberozvoji a učení, a to nejen vědomostně, ale i dovednostně. Ke každému obodovanému řešení dostávají zpětnou vazbu a během ročníku je u mnohých patrný značný posun ve znalostech i kvalitě řešení.

Na konci ročníku si úspěšní řešitelé mohou vybrat z nabídky věcných cen, a případně dostanou pozvánku na letní tábor Výfuku.

### Výfučení

Výfučení je odborný text obsahující učivo nad rámec základoškolské fyziky, který vychází společně s každou novou sérií, a poslední příklad v sérii vždy souvisí s probíranou látkou. Témata Výfučení bývají buď každou sérií různá, nebo se jedno téma probírá detailně a do hloubky po celý ročník semináře.

### Prázdninová série

Aby se žáci případně nenudili ani o prázdninách, vydává výfuk dvě prázdninové série úloh. Každá série obsahuje jednu kvízovou, jednu teoretickou a jednu experimentální úlohu. Stejně jako za hlavní korespondenční část dostávají úspěšní řešitelé prázdninových sérií věcné odměny.

## **Akce**

### **Letní tábor**

Letní tábor Výfuk pořádá tradičně již od svého založení. Pozvánku na tábor obdrží vždy ti nejúspěšnější řešitelé a účastní se jej zpravidla kolem 25 účastníků. Během dvou týdnů, po které tábor trvá, zažijí účastníci v rámci celotáborové legendy (například minulý tábor byl celý v tématu divokého západu) mnoho stylizovaných her, scének či dalších menších aktivit, celotáborovou hru, ale také každodenní odborné nebo popularizační přednášky. Tábor Výfuku je tím, jaký je jeho program a složení účastníků a organizátorů, velmi unikátní a jedinečný. Mnozí řešitelé se právě po táboře rozhodnou se fyzikálním soutěžím věnovat více nejen kvůli možnostem setkávat se s podobně smýšlející komunitou.





### **Víkendová setkání**

Každý rok Výfuk kromě tábora organizuje ještě podzimní a jarní víkendová setkání. Jejich program je podobný táborovému – hry a přednášky, případně exkurze do vědeckých pracovišť, hvězdáren atd. Podzimní setkání se vždy odehrává v Praze a jarní v jiném velkém městě.



### **Náboj Junior**

Náboj Junior je každoroční týmová soutěž pro žáky 2. stupně základních škol a odpovídajících ročníků víceletých gymnázií, na které se Výfuk z velké části podílí. Soutěží až čtyřčlenné týmy z jedné školy. Samotná soutěž, během které mají týmy před sebou na stole vždy právě 6 příkladů a snaží se jich vyřešit co nejvíce, trvá 2 hodiny.

### **Spolupráce s učiteli**

Pro získání co největšího počtu řešitelů Výfuk navazuje přímou spoluprací s jednotlivými učiteli na základních školách a víceletých gymnáziích v Česku a na Slovensku. K té se mohou vyučující snadno přihlásit pomocí on-line formuláře na webových stránkách. Součástí spolupráce je pravidelný mailový newsletter, který je rozeslán na začátku každé z šesti sérií a jeden na začátku prázdnin, tedy celkem sedmkrát za ročník. Dále mají učitelé možnost dostávat letáčky se zadáním pro své žáky přímo poštou na adresu školy, případně jinou adresu.

## Vozíček pro pokusy z mechaniky s velmi malým valivým odporem

SOŇA HUSÁKOVÁ, JAN ZBOŽÍNEK, PAVEL KONEČNÝ  
Přírodovědecká fakulta MU

*V příspěvku bude prezentována konstrukce vozičku s velmi malým valivým odporem. V konstrukci jsou využity jak klasické postupy, tak 3D tisk a hotové komponenty. Výsledkem je voziček s relativně malou hmotností a malými valivými odpory, což umožňuje předvádět ne zcela obvyklé pokusy. Jedná se o výsledek studentské práce v rámci předmětu Mechanika vlastníma rukama.*

### Úvod

Současný trh s fyzikálními pomůckami je plný vozičků na mechanické pokusy, které jsou mnohdy již vybaveny různými čidly, které snímají rozličné fyzikální veličiny, či se k nim čidla dokupují zvlášť. Komerčně prodávané sady rovněž doprovází poměrně vysoká pořizovací cena a ne všechny školy si jejich nákup nemohou dovolit. Cílem příspěvku proto je spojit fyziku s praktickými dovednostmi a vytvořit voziček vlastní.

### Konstrukce a materiál.

#### Seznam materiálu

- Smrkový nebo borovicový hranol – nosník – (na rám),  $6 \times 6$  mm, délka celkem cca 110 cm. K dostání v modelářských potřebách.
- Rovná buková (dubová) kulatina (na hřídele), průměr 4 mm, délka celkem cca 20 cm, K dostání v řemeslných potřebách, modelářských potřebách.
- 4 kusy tenké dřevěné destičky  $14 \times 36$  mm tl. 4mm. Řezáno ze smrkového nebo borovicového hranolu  $4 \times 14$  mm, na uchycení úchytu ložisek. K dostání v modelářských potřebách.
- $4 \times$  kuličkové ložisko, vnější průměr 13 mm, vnitřní průměr 4 mm. Stačí levná čínská, k pořízení nejlépe přes internet.
- $3 \times$  CD.
- 3D tištěné díly pro úchyt kol a hřídelí (lze nahradit).

<https://www.printables.com/model/597468-dily-pro-demonstracni-vozicek>

- $8 \times$  miniaturní vrut do dřeva (průměr 2,5 mm a menší) s plochou hlavou. K dostání v modelářských potřebách.
- Pistole na tavné lepidlo.
- Oboustranná lepicí páska.
- Epoxidové lepidlo. 15 minutové a více.  
Disperzní lepidlo.

## Konstrukce

V prvním kroku slepíme rám vozičku epoxidovým lepidlem. K tomu použijeme jako šablonu výkres rámu, viz příloha, překreslený do skutečné velikosti. Pod lepená místa vložíme kousky rovných průhledných plastových fólií (například průhlednou přední stránku kroužkové vazby), aby se rám k papíru nepřilepil. Lepíme nejlépe 15-ti a více minutovým epoxidovým lepidlem, je pak víc času na sestavení lepeného rámu. Smrkový hranol 6x6 mm nařežeme pilkou s jemnými zuby, například lupenkovou pilkou. Řežeme tak, aby vzniklo příslušné zkosení, které podle potřeby dobrousíme pilníkem nebo smirkovým papírem nalepeným na kousek překližky. Nejlepší řezy pod správným úhlem udělá miniaturní elektrická modelářská stolní pila, ale ta není běžně k dispozici. Rám se dá vyrobit naráz, nebo po částech, kdy vnitřní příčky vlepujeme do již slepeného obvodového rámu. Lepidlo necháme tuhnout při pokojové teplotě přes noc.

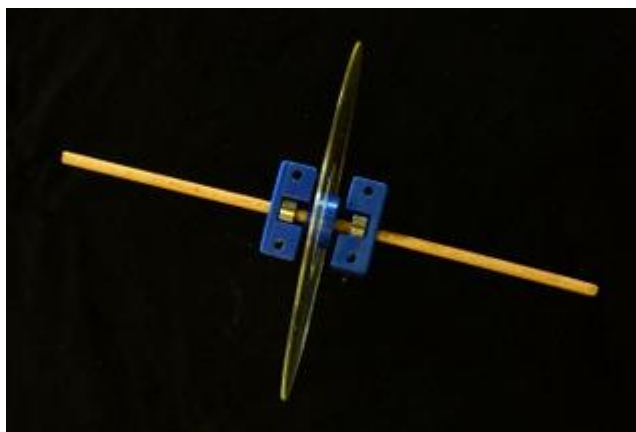
Poté přilepíme do rohů a do přední části základního rámu po dvou tenkých dřevěných destičkách rozměru 14x36 mm, nařezaných ze smrkového nebo borovicového hranolku (nosníku) 14x4 mm, jako místo pro montáž kuličkových ložisek, obr. 1. Na rovnou desku položíme šablonu, kterou na patřičných místech překryjeme průhlednou plastovou fólií proti přilepení rámu k šabloně. Dřevěné destičky položíme na příslušná místa a svrchu přiložíme rám v patřičných místech natřený epoxidovým lepidlem. Tímto postupem je zajištěno, že montážní plochy úchyty kuličkových ložisek leží prakticky v jedné rovině. Pokud by tomu tak nebylo, budou se ložiska pod dotazení úchytů tzv. křížit, tj. nebudou se otáčet lehko.

Ve druhém kroku přejdeme k výrobě kol. Vytištěné náboje vsuneme do CD a případně zajistíme kapkou tavného lepidla. Náboj pro kola lze i vysoustružit z dostatečně homogenního korku. Zhotovíme celkem tři kola: dvě zadní a jedno přední. Podle rozměrů rámu připravíme z vybrané bukové kulatiny o průměru 4 mm přední a zadní hřídel. Řežeme lupenkovou nebo podobně jemnou pilkou, hrany zkosíme tak, aby se na hřídel dal nasadit náboj kola. Kulatiny je třeba vybrat tak, aby byla nejen dostatečně rovná a jako hřídel tzv. neházela, ale aby se na ni dalo nasadit kuličkové ložisko bez vynaložení velkých sil.

Na zadní hřídel nasadíme kuličková ložiska a na ně nasuneme tištěné úchyty. Na přední hřídel nasadíme napřed náboj kola s CD diskem a pak z obou stran kuličková ložiska a nakonec tištěné úchyty, obr. 2. Takto připravené nápravy přišroubujeme za tištěné úchyty k dřevěným destičkám na rámu vozičku, obr. 3. Miniaturní vruty s plochou hlavou (kuželová roztrhne tištěný díl) se obtížně shánějí, bývají v sortimentu modelářských prodejen. Nejlepší je přilepit držáky ložiska k rámu oboustrannou lepicí páskou, a teprve po vyzkoušení, jestli vozík nezatáčí, vyvrtat otvory k přišroubování úchytů, kde šablonou pro správnou polohu



Obrázek 24: rám vozičku



Obrázek 25: přední náprava s ložisky a úchyty



otvoru jsou právě ty přilepené tištěné díly. Alternativně lze pro uchycení ložisek využít i plechové úchyty el. kabelů, obr. 4.

Na připevňovanou zadní hřídel nyní nasuneme z každé strany jedno zadní kolo. Vozíček je hotov, zbývá ho pouze otestovat.

Vozíček pustíme po rovném povrchu a sledujeme, zda nezatáčí. Pokud ano, zkontrolujeme, zda některé z kol není křivě zasazeno a zda jsme držáky ložisek uchytily tak, aby hřídele s koly byly zasazeny rovnoběžně. Opravu je nejlépe udělat tak, že otvory po vrtech nepřesně přišroubovaných úchytnů vyplníme v disperzním lepidle namočenou špejlí, po zaschnutí zabrousíme dosedací plochu a proces montáže zopakujeme.

### Vlastnosti vozíčku

Vozíček je díky volbě materiálu poměrně pevný a má relativně nízkou hmotnost. Zkonstruovaný prototyp vážil necelých 130 g. Nízká hmotnost je výhodou zejména při experimentech, při kterých má být nástavba (například kyvadlo) hmotnější, než vozíček. Nevýhodou je naopak v situaci, kdy je vozíček vybaven nějakým senzorem (mobilní telefon, senzory PASCO) jehož hmotnost často hmotnost vozíčku převyšuje, ale přitom je požadováno, aby parametry vozíčku příliš neovlivňoval.

Díky využití kuličkových ložisek a velmi tenkých, přesných a hladkých CD,

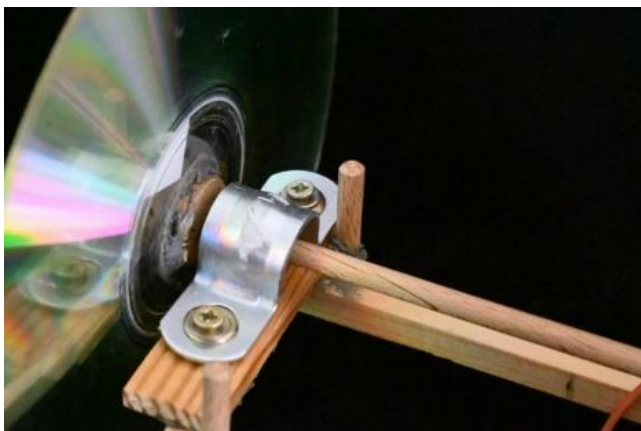
dosahuje vozíček na tvrdém povrchu velmi nízkého valivého odporu a citlivě tak reaguje na mnohé experimenty, jako například demonstrace zákona zachování hybnosti pomocí kyvadla.

Jelikož je rám vozíčku lepený z dřevěných dílů, je vysoce variabilní. Lze jej přizpůsobit potřebnému experimentálnímu vybavení například přidáním či odebráním některých příček, přidáním háčků a tyček, vyhloubením děr atd., viz obr. 5.

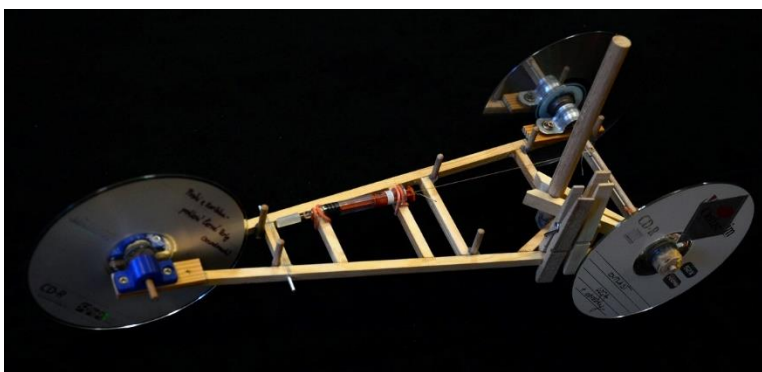
Konstrukce se třemi koly místo standardních čtyř je volena z důvodů hmotnostních, valivého odporu a také z toho důvodu, že je kinematicky méně přeúčtována než 4 kolový vozíček a je tedy méně citlivá na tolerance v geometrii náprav.



Obrázek 26 montáž přední nápravy s tištěným úchytem



Obrázek 27 montáž zadní nápravy s plechovým úchytem



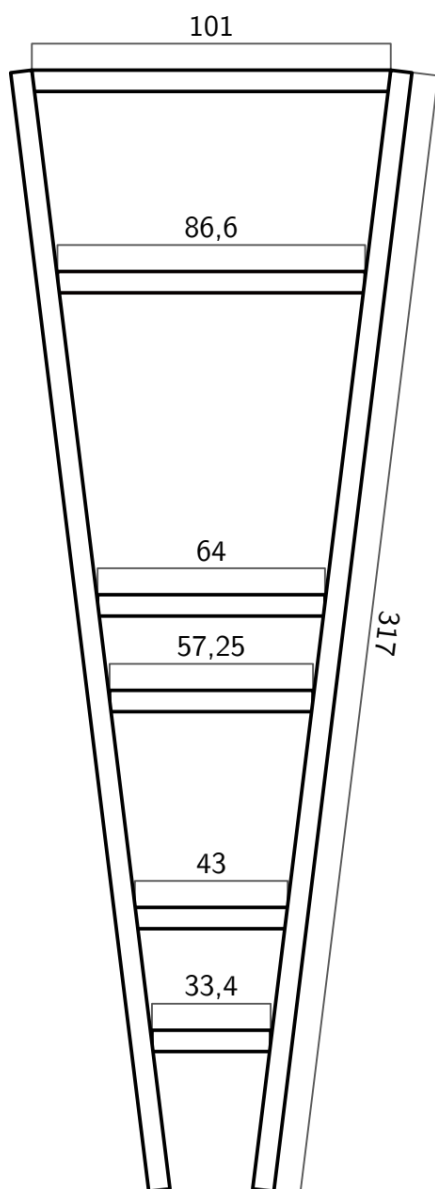
Obrázek 28: prototyp vozíčku

### Experimenty s vozíčkem

Vozíček lze využít pro nejrůznější experimenty. Na obrázku 6. je ukázka nastavby pro experiment demonstrující zákon zachování hybnosti. Konstrukce umožňuje zavěsit kyvadlo o hmotnosti srovnatelné s hmotností vozíčku.

### Příloha

Plánek rámu vozíčku



Obrázek 29 vozíček s kyvadlem

## Hmotnost hlavy

MARTIN JACKO

*Biskupské gymnázium, církevní základní škola, mateřská škola a základní umělecká škola Hradec Králové*

### Abstrakt

*Ukázka části hodiny na téma Archimédův zákon – lze ZŠ i SŠ. Na základě videa Rande s fyzikou – tlak v tekutinách je se studenty při hodině formulována problémová úloha, žáci navrhnou její řešení a na základě experimentu jsou návrhy ověřeny případně korigovány.*

### Zařazení aktivity do hodiny a její cíl

Aktivitu zařazuji do hodiny v prvním ročníku gymnázia (v kvintě osmiletého studia) v době, kdy už máme probraný a procvičený Archimédův zákon. Motivací k vytvoření této aktivity byla pro mě kdysi poznámka jednoho žáka, kterou pronesl polohlasně během pouštění videa: „*Aha, takže hlava váží 6 kilo.*“ Cílem je postupně dovést žáky k závěru, že tento na první pohled možná zřejmý úsudek není správný, jelikož zadané (ve videu změřené) údaje neumožňují hmotnost hlavy vůbec určit. (Lze určit interval, ve kterém se musí hmotnost hlavy nacházet – možnost rozšíření úlohy pro nadanější žáky.)

### Princip aktivity

Ve videu se postupně měří objem těla (bez hlavy) studentky Báry, její hmotnost a také síly potřebné k udržení zavěšené Báry ve vzduchu a ve vodě. Hmotnost hlavy se ve videu vůbec neřeší, ale tuto otázku následně pokládám žákům já.

Já jsem si z púllitrové PET lahve, krabičky od léků a kovových matic v roli závaží vyrobil model studentky Báry – „Barču“. Objem jejího těla i celková hmotnost jsou v poměru 1:100 k hodnotám živé Báry. Výhodou modelu je kromě snazší manipulace pochopitelně možnost oddělení Barčiny hlavy od těla za účelem přímého určení hmotnosti hlavy na váze. To pak slouží k ověření hypotézy.

### Popis aktivity

#### Video

Nejprve si každý žák nachystá papír a očísluje tři řádky čísly 1 až 3. Tam bude později postupně zapisovat odpovědi. Následně žákům pustím video od času přibližně 0:10:10 a upozorním je, že mají sledovat a případně si někam zapisovat hodnoty veličin změřených ve videu a rozhodně se zdržet jakéhokoliv komentáře. Já hodnoty zapisuji do připravené tabulky na tabuli. (*Pro účely VNUF jsou hodnoty zapsané v Tabulce 1 ve sloupci Bára.*) Pak je upozorním, aby v žádném případě neřikali své návrhy nahlas, nemluvili se spolužáky a ani se nahlas na nic neptali. Teprve potom položím žákům otázku: Jaká je hmotnost Bářiny hlavy? A na první řádek svého papíru mají za úkol napsat odpověď na tuto otázku.

### První měření Barči

Nastává chvíle, kdy žákům ukážu vyrobený model – „Barču“. Příslušné údaje měřím a zapisuji do dalšího sloupce v tabulce. (*Tabulka 1 sloupec Barča 1*) Většina studentů bude nejspíš intuitivně očekávat, že hmotnost Barčiny hlavy (krabičky od léků) bude **60 gramů**. Když Barče hlavu odšroubuji a zvážím, je hmotnost úplně jiná: **23 gramů**. Teď upozorním žáky, že mají možnost opravit svou původní odpověď týkající se hmotnosti hlavy Báry ve videu a na řádek č. 2 eventuálně napsat odpověď novou.

### Druhé měření Barči

Nyní provedu další měření: Z těla Barči (PET lahve) přemístím část závaží do hlavy a měření zopakuji. Nezmění se ani objem těla, ani celková síla potřebná k udržení Barči ve vzduchu a ani ve vodě – celkem logicky, jelikož se celková hmotnost nezměnila a ani objem lahve. Samotná hlava nyní váží **110 gramů**. (*Tabulka 1 sloupec Barča 2*). Žáci teď mohou na řádek č. 3 napsat novou odpověď na otázku, jaká je hmotnost hlavy Báry ve videu.

Tabulka 1

	Bára	Barča 1	Barča 2
Objem těla bez hlavy ... $V_{BH} =$	50 l	0,5 l	0,5 l
Síla působící na celé tělo ve vzduchu ... $F_{VZD} =$	560 N	5,6 N	5,6 N
Hmotnost celého těla ... $m_T =$	56 kg	0,56 kg = 560 g	0,56 kg = 560 g
Síla působící na celé tělo ve vodě ... $F_{VOD} =$	60 N	0,6 N	0,6 N
Hmotnost hlavy ... $m_H =$	???	23 g	110 g

### Vyhodnocení aktivity

S žáky si řekneme správnou odpověď (hmotnost hlavy nelze jednoznačně určit) a případně dovysvětlíme proč. Více než polovina žáků na to během aktivity obvykle přijde samostatně. Další postup volím v různých třídách různě podle okolností. Je možné například: Nechat žáky, aby se hromadně přihlásili, kdo na správnou odpověď nakonec sám přišel, kdo ji znal už od začátku a slovně žáky zhodnotit. Nebo vybrat papíry od žáků a vyhodnotit si aktivitu podrobněji. Nebo vybrat podepsané papíry od žáků a dát jim i jedničky. K tomu získat od žáků nějakou formou zpětnou vazbu.

## Výroba Barči

Pro tělo modelu jsem použil půllitrovou lahev s širším hrdlem, aby se mi do ní vešly velké matice, které jsem v kabinetě zrovna měl, a kovová tyčka jako zátěž. Nevýhodou je, že je potřeba pro změření jejího objemu obzvláště široký odměrný válec (používám dvoulitrový) nebo se objem musí změřit jinak. Krabičku od léků jako hlavu jsem použil také se širším hrdlem a víčka přilepil k sobě. Je samozřejmě možné použít i běžnou půllitrovou lahev a jako zátěž menší matky, písek apod. Pak jsem do lahve nasypal zátěž tak, aby celá Barča měla hmotnost 560 gramů. Přivázal jsem provázek pro zavěšení na siloměr a dokreslil jsem obličej. *Obrázek 1*

Když potřebuji zvážit Barče hlavu, odšroubuji víčko z lahve i s přilepenou krabičkou od léků.



Obrázek 30



## Praktické poznámky

V případě, že se některá žákyně u vás ve třídě jmenuje Bára, doporučuji zvolit jiné jméno.

Všechny potřebné výpočty zvládají studenti z paměti a dobře pracují s „analogií“ mezi skutečnou Bárou a Barčou. Celá aktivita trvá přibližně 15 minut. Pro urychlení může učitel měřit, hodnoty na tabuli bude zapisovat nějaký žák.

Není ale vhodné měřit Barčiny hodnoty veličin příliš přesně, zejména objem těla a síly. Obvykle totiž vycházejí vždycky trochu jinak, než potřebujeme pro snadný výpočet a udržení analogie. (Protože např. objem půllitrové lahve až k víčku je ve skutečnosti větší než 0,5 litru.) Ale ani ve videu nejsou veličiny měřeny příliš přesně.

Hmotnost hlavy vámi vyrobené Barči pochopitelně nejspíš nebude 23 gramů a 110 gramů.

Po skončení aktivity se mi osvědčilo lahvičky otevřít a nechat vyschnout případnou vlhkost.

## Závěr

Na závěr bych snad uvedl především pro začínající učitele, že při každém provedení v různých třídách se mi vždycky třeba něco úplně nepovede nebo naopak mě napadne nějaké vylepšení.

Pokud vás nebude tlačit čas, určitě je možné připravit na toto téma delší projekt, při kterém si žáci ve skupinách přinesou pomůcky a sami si vyrobí své „Barči“ se kterými provedou měření a vytvoří závěry. Pak mohou třeba ještě s jinými skupinami o závěrech diskutovat.

## Literatura

- [1] <https://decko.ceskatelevize.cz/video/e211563230150012> Rande s fyzikou: Tlak v kapalinách

## Určení hustoty žuly pokusy

FRANTIŠEK JÁCHIM

Základní škola Dukelská Strakonice

Učivo o hustotě patří při přehledu fyzikálních veličin v 6. ročníku k nejobtížnějším. Je to mj. dáno i tím, že se tu poprvé užívá vztah  $\rho = \frac{m}{V}$  nejen jako vztah hustotu zavádějící, ale nejčastěji i jako vztah užívaný k výpočtu hmotnosti určitého tělesa, víme-li, z jaké látky je a jak je velké, což vyžaduje u žáků této věkové kategorie zpravidla pamatování si upraveného vztahu. Určování hustoty podle výše uvedeného vztahu nebývá v praxi časté, neboť hustota látek je deklarována tabulkami, popř. se vyhledává prostřednictvím internetu.

Na žáky jsem vznesl požadavek, jak si mohou opatřit vzorky této horniny. Slíbil jsem jim, že jejich nápady se pokusím využít. Navrhli: dlažební kostka, posypová drť, nález vzorku v přírodě, kámen ze železničního svršku, úlomek z lomu. Žákům jsem nabídl, že mohu také z kamenictví přinést opracovaný kousek žuly.

Pro naši společnou práci jsme si připravili následující vzorky:



Dlažební kostka



Posypová drť



Úlomek z lomu



Vzorek z kamenictví

Po rozdělení se žáci v jednotlivých skupinách zabývali určením hustoty látky ze zvoleného vzorku.

Žáci nejvíce stáli o přidělení dlažební kostky, neboť po orientačním změření považovali její objem za  $1 \text{ dm}^3$ , což bylo pro jejich výpočet velmi výhodné.





Jejich práce spočívala tedy pouze ve změření hmotnosti tělesa.

Vypočtená hustota  $\rho = 3,1 \frac{g}{cm^3}$ .

Druhá skupina pracovala s posypovou drtí. Pomocí odměrného válce s mililitrovým dělením určili objem drti po jejím předchozím zvážení. Postupovali tak, že sledovali vzestup hladiny vody po sypání odváženého množství drti.

Vypočtená hustota  $\rho = 2,7 \frac{g}{cm^3}$ .



Třetí skupina pracovala s úlomky z lomu. Zde řešili určitý problém s určením objemu prostřednictvím odměrného válce, neboť vzhledem k velikosti vzorku museli použít širší odměrný válec se stupnicí po 5 ml, což vyžadovalo objem v určitých mezích odhadovat.

Vypočtená hustota  $\rho = 2,5 \frac{g}{cm^3}$ .



Poslední skupina využila vzorek z kamenictví. Po určení objemu výpočtem (kvádr) a zvážení určili hustotu podle výše uvedeného vztahu.

Vypočtená hustota  $\rho = 2,7 \frac{g}{cm^3}$ .



Každá skupina vypracovala o svojí práci záznam, jehož jedna verze je na obrázku..

**Badatelská práce E. 1 – Určení hustoty horniny (žuly)**

Pracovní skupina: Jan Ryfáčik, Kamil Babelák, Lukáš Jomán, Karel Lada

Zvolený postup: Určení hustoty žuly s využitím žulové drtě. 1

Pomůcky: váha, odměrný nádob, šedinka

Postup:

1) Hustota látky pevného tělesa se určí podle vzorce:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

2) Pro použití vzorce jsme potřebovali znát hodnoty těchto veličin:

$m = 100g$   
 $V = 40cm^3$

3) Tyto hodnoty jsme zjistili následujícími postupy:

**Tyto hodnoty jsme zjistili následujícími postupy:**

Odvažili jsme 100g drti.

Nasypali jsme 100g drti do odměrného válce s 50 l ml.

Ujistili jsme se, že voda se nesedla o 40 ml.

Provedení výpočtu:

$$\rho = \frac{100}{40} = 2,5 \frac{g}{cm^3}$$

Závěr (odpověď) na úkol:

Hustota 100g drti je  $2,5 \frac{g}{cm^3}$ .

Po skončení práce proběhla diskuze o dosažitelné přesnosti měření. Jak je uvedeno na dalším obrázku, nejpřesnější způsob (a očekávaný) určení hustoty byl ze vzorku z kamenictví. Překvapena byla skupina pracující s dlažební kostkou, neboť u nich odchylka objemu kostky od  $1 \text{ dm}^3$  byla největší a dokonce se objem kostky nepodařilo v daných podmínkách určit vůbec. Ponořováním kostky do širokých odměrných nádob půjčených ze školní kuchyně bylo možno objem číst pouze v řádu desítek  $\text{cm}^3$ .



Pořadí přesnosti určení hustoty



Pohled na skupiny žáků při práci

Nakonec jsme porovnávali pokusy zjištěné hodnoty s hodnotami tabulkovými, které si žáci zjistili.

**Hustota žuly podle zdrojů:**

Internet (Wikipedie)	1,74 – 2,80 $\frac{g}{cm^3}$
Tabulky ZŠ	2,5 – 3,1 $\frac{g}{cm^3}$
Tabulky SŠ	2,6 – 2,9 $\frac{g}{cm^3}$
Tabulky Valouchovy	2,5 – 3,1 $\frac{g}{cm^3}$

K rozdílným výsledkům proběhla závěrečná diskuse. S odkazem na rozptyl hodnot ve vztahu k výše uvedené tabulce žáci nejčastěji poukazovali na to, že jimi používané vzorky nejsou z jednoho místa. Pokud šlo o využití odměrných válců při stanovení objemu, jako nejpřesnější vyhodnotili práci s posypovou drtí. Problém přesnějšího určení objemu dlažební kostky zůstal nevyřešen.



## Vernier – zkoumáme světlo

JAKUB JERMÁŘ

KDF MFF UK & Edufor s.r.o.

Společnost Vernier Science Education je známa zejména svými čidly určenými pro měření ve výuce přírodních věd. Kromě čidel však dodává i další pomůcky a sady. Některé z nich, zaměřené na zkoumání světla, si tentokrát představíme.

### Souprava pro optiku (OEK)

První sadou je *Souprava pro optiku*<sup>1</sup>, která využívá jako optickou lavici dráhu ze *Soupravy pro mechaniku*<sup>2</sup>. Tato souprava umožňuje řadu experimentů, pro ilustraci zmíníme dva: *Zobrazení spojkou a rozptylkou*<sup>3</sup> a *Hloubka ostrosti*<sup>4</sup>.

Při experimentu *Zobrazení spojkou a rozptylkou* využijeme ze soupravy zdroj světla (s clonou nastavenou na tvar „4“), čočku a stínítko. Sestavu ukazuje obr. 1.



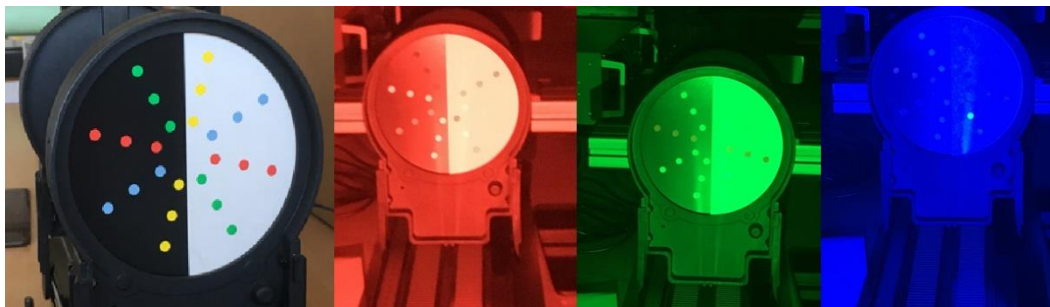
Obr. 1 – sestava při experimentu *Zobrazení spojkou a rozptylkou*

Doporučený postup celého experimentu (či spíše demonstrace jevu) je k dispozici na webu<sup>3</sup>.

Při experimentu *Hloubka ostrosti* vyjdeme z předchozího experimentu, doplníme však optickou soustavu o dodatečnou clonu a ukážeme, že vhodnou volbou clony lze dosáhnout situace, kdy obraz na stínítku je dobře viditelný v mnohem větším rozsahu poloh stínítka, než tomu je bez clony. Postup k experimentu je opět detailně popsán na webu<sup>4</sup>.

### Sada pro demonstraci sčítání barev (CM-OEK)

Další soupravou byla *Sada pro demonstraci sčítání barev*<sup>5</sup>, s níž jsme demonstrovali samotné *Skládání barev*<sup>6</sup>, ale také i to, jak se nám jednotlivé barevné pigmenty jeví pod monochromatickým osvětlením – tento experiment (*Jak fungují barviva*<sup>7</sup>) je zachycen na obr. 2.

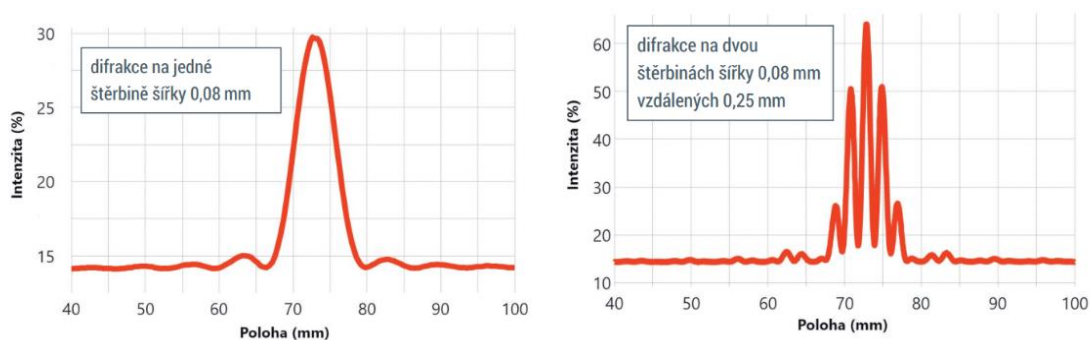


Obr. 2 – stínítko s barevnými tečkami pod různě barevným osvětlením

## Souprava pro studium difrakce (DAK)

Poslední ukazovanou sadou byla *Souprava pro studium difrakce*<sup>8</sup>. Tato souprava se skládá ze stabilního laseru (s vlnovou délkou 635 nm), sady štěrbin a dalších překážek a ze senzoru snímajícího intenzitu a svoji polohu kolmo na osu optické lavice.

Pomocí této soupravy jsme naživo ukazovali difrakční obrazce vytvářené různými štěrbinami a soustavami štěrbin. Na obr. 3 je ukázka 2 takových měření.



Obr. 3 – ukázka difrakce na jedné štěrbině a na dvou štěrbinách stejné šířky

## Literatura

- [1] <https://vernier.cz/OEK>
- [2] <https://vernier.cz/DTS-GDX>
- [3] <https://vernier.cz/268>
- [4] <https://vernier.cz/269>
- [5] <https://vernier.cz/CM-EOK>
- [6] <https://vernier.cz/252>
- [7] <https://vernier.cz/253>
- [8] <https://vernier.cz/DAK>

## Kráčím, kráčíš, kráčí

ZDEŇKA KIELBUSOVÁ  
KMT, FPE, ZČU v Plzni

*Krok je nejen starou jednotkou délky, ale také základním prvkem pohybu. Příspěvek představí několik jednoduchých hraček, které tohoto prvku využívají.*

### Kráčející hračky

Mezi první hračky, které využívají pohyb po nakloněné rovině, patří litinový slon. Tato hračka byla patentována ve státě Connecticut firmou Ives Company v roce 1873. Jejich obliba velice rostla, největší popularitu tyto hračky zažívaly v první polovině 20. století a následně v 60. letech ve Spojených státech amerických, kde byly součástí propagačních předmětů firmy Walt Disney.



Obrázek 1: Litinový kráčející slon<sup>29</sup> a dřevěné postavičky<sup>30</sup>

### Tyto hračky využívají k pohybu dva principy:

#### Pohyb po nakloněné rovině

Princip těchto kráčejících hraček je založen na efektivním využití gravitace, změny potenciální energie a setrvačnosti pohybu hračky.

Můžeme se setkat s dvěma technickými řešeními:

1. Hračky mají jednu kloubovou nohu a druhou pevně spojenou s tělem a pohybují se dopředu a dozadu podle náklonu těla, aby mohly reagovat na sklon nakloněné roviny.
2. Hračky mají kyvadlové nohy, které se pohybují dopředu a dozadu podle náklonu těla.

Podstatné je zakončení nohou, které mají tvar oblouku. Velice důležitá je také poloha těžiště, které musí být umístěno tak, aby hračka byla stabilní, ale zároveň reagovala na sklon nakloněné roviny, což znamená, že optimálně se těžiště nachází poblíž středu hračky.

Princip pohybu hraček je následující. Když hračku umístíme na vrchol nakloněné roviny, začne její těžiště reagovat na sklon roviny tím, že se posune směrem dolů. Pohyb nohy nebo nohou v

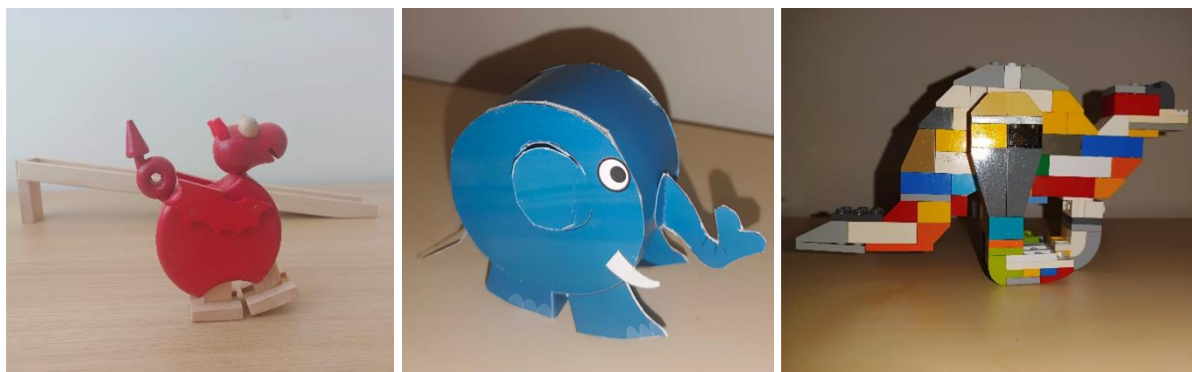
---

<sup>29</sup> [1873 cast iron Elephant Ramp Walker, Ives Toy Co., Waddles down ramp - legs move | #541554988 \(worthpoint.com\)](#)

<sup>30</sup> [Wilson Walkies Vintage 1930s Ramp Walker Toys Clown & - Etsy Czech Republic](#)



důsledku změny těžiště způsobuje, že se hračka naklání směrem vpřed nebo vzad. Tím se mění délka a poloha nohou, které se dotýkají rampy, a jakmile se nohy dotknou předního nebo zadního dorazu, hračka se odráží od nakloněné roviny a posouvá vpřed. Tento cyklus se opakuje, dokud je hračka na nakloněné ploše.



Obrázek 2: Krácející hračky s kloubovou nohou

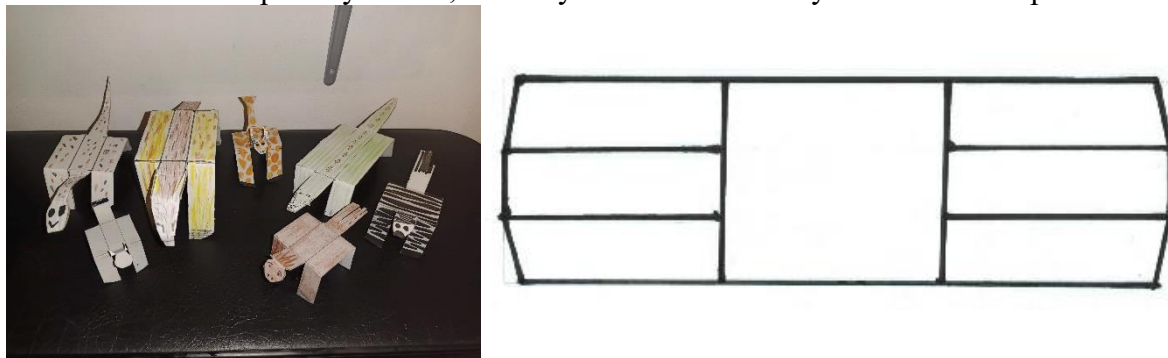
Tyto hračky mohou být vyrobeny z různých materiálů. Nejčastěji je můžete najít v obchodech s dřevěnými hračkami, ale setkat se můžete i s plastovými, papírovými, nebo poskládanými z Lega. Odkazy na papírového slona a lego klokana naleznete na konci článku.



Obrázek 31: Krácející hračky se zavěšenými nohami

Nejjednodušší krácející hračkou, kterou si můžeme velmi snadno vyrobit, je krácející zvířátko z kartonu.

Na výrobu hračky budeme potřebovat pouze karton, nůžky a pravítko. Základní šablona je vyobrazena níže. Jak bude hračka veliká, závisí na velikosti použitého kartonu. Je však velmi důležité dodržet poměry stran, a aby celá hračka byla souměrná podle středu.



Obrázek 4: Krácející zvířátko a šablona

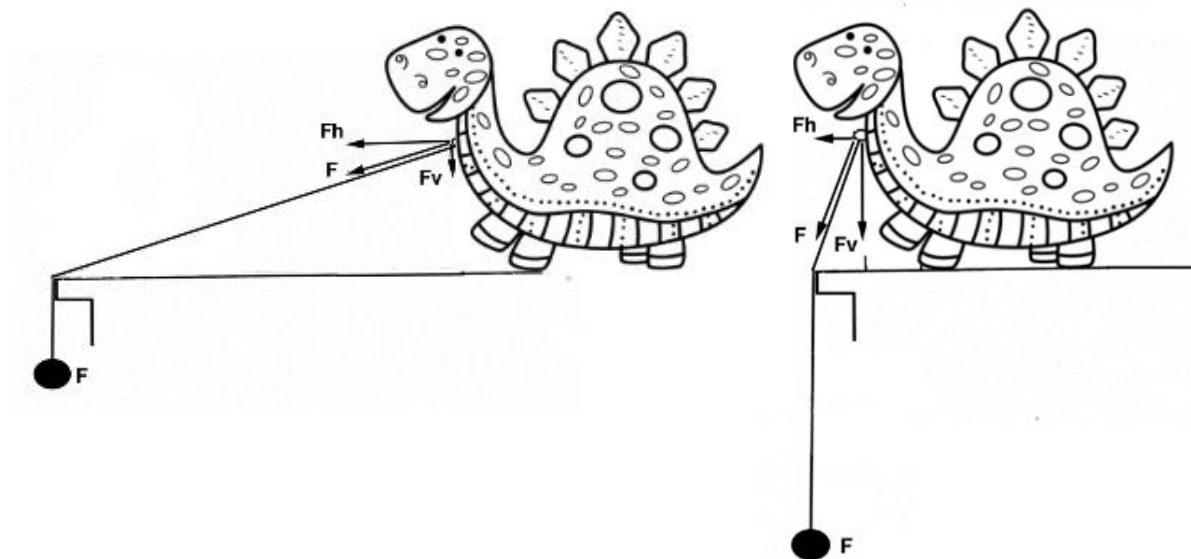
## Pohyb po rovině

Tyto hračky jsou v angličtině označovány jako “tablewalker”, neboli chodci po stole. Tyto hračky mohou představovat různé postavičky zvířátek nebo lidí. Podstatné je však to, že mají vždy čtyři nohy, které jsou ve spodní části zaoblené. K přední části hračky je vždy přivázáno na tenké niti nebo nylonu závaží.



Obrázek 5: Historické hračky<sup>31</sup> a 3D tisk

Závaží, které umístíme přes hranu stolu, uvádí celou hračku do pohybu. Na nákrese níže není vyobrazena třecí síla, která však musí být dostatečně veliká, aby hračka samovolně neklouzala po stole. Vliv na to má samozřejmě nejen koeficient tření mezi hračkou a stolem, ale i hmotnost závaží, a pokud hračka správně nefunguje, musíme změnit koeficient tření nebo upravit hmotnost závaží, které uvádí hračku do pohybu. Při uvedení hračky do pohybu vzniká moment síly, který způsobuje, že se hračka začne pohybovat a tím i její zavěšené nohy.



Obrázek 6: Nákreš působení sil

Na začátku pohybu je hračka daleko od okraje stolu. Síla nitě, která působí na závaží, má vertikální směr **vzhůru**. Síla nitě, která působí na hračku, nemá horizontální nebo vertikální směr, ale svírá určitý úhel k vodorovné rovině. Výsledná síla, která uvádí hračku do pohybu, má dvě složky vertikální ( $F_v$ ) a horizontální ( $F_h$ ). Jak hračka postupuje k okraji stolu, úhel mezi výslednou silou  $F$  a  $F_h$  se zvětšuje, takže síla  $F_h$  se postupně zmenšuje, a naopak síla  $F_v$  roste

<sup>31</sup> [Table Walkers \(skooldays.com\)](http://TableWalkers.skooldays.com)

až do té doby, kdy je dosažen úhel  $90^\circ$  a zanikne síla  $F_h$ , která vykonávala práci, a proto hračka zastaví.

Kráčející hračky ilustrují řadu fyzikálních principů a mohou nám být velmi užitečné ve výuce nejen na základní či střední škole.

### **Odkazy na kráčející hračky:**

1. [Chodící hračky na liště – CHODÍCÍ DRAK – chodící zvířátka – hračky s pohybem – české výrobky | České dřevěné dárky a hračky \(drevedarky.cz\)](#)
2. Wobbly - The Slope Walking Automaton by Salman | Download free STL model | Printables.com
3. Wobbly rebuild by Hybridkunst | Download free STL model | Printables.com
4. [walking stegosaurus by bs3 - Thingiverse](#)
5. [Free Printable Walking Elephant | Creative Center](#)
6. [Walking Animals | JK Brickworks](#)

### **Literatura**

- [1] Online. Dostupné z: <https://www.worthpoint.com/worthopedia/1873-cast-iron-elephant-ramp-walker-541554988>. [cit. 2023-09-02].

## Demonstrační souprava pro výuku elektrických obvodů

VÁCLAV KOHOUT, VĚRA KOUDELKOVÁ

Katedra didaktiky fyziky MFF UK, Praha

### Abstrakt

*Příspěvek popisuje demonstrační soupravu pro výuku elektrických obvodů na základní, resp. střední škole vyvinutou v rámci bakalářské práce Václava Kohouta [1]. Popsaná souprava plně pokrývá potřeby vyučujícího fyziky na základní škole při výuce elektrických obvodů. Při koncepci této soupravy jsme vycházeli ze zkušenosti z vlastní praxe ve školách. V příspěvku zmiňujeme, co bylo klíčové při sestavování obsahu „ideální“ soupravy. Příspěvek se dále zabývá popisem vývoje této soupravy (resp. jejich jednotlivých částí) a její finální verze. Dáváme čtenářům možnost získat příslušné soubory tak, aby si mohli soupravu vyrobit pro vlastní potřeby sami a případně ji vyrobenou a kompletní objednat.*

### Požadavky na demonstrační soupravu

#### Obsažené součástky

Pro naše potřeby můžeme učivo elektrických obvodů na základní škole rozdělit do tří tematických celků<sup>32</sup>. V prvním tematickém celku se žáci seznamují s konceptem elektrického obvodu. Žáci pochopí, že elektrický obvod musí být „dokola“ aby fungoval – např. aby svítila žárovka. V případě heuristického způsobu výuky žáci koncept elektrického obvodu objeví sami. I v tomto případě je ale dle našeho názoru vhodné, aby učitel měl možnost demonstrovat obvody i na tabuli.

V tomto tematickém celku tedy využijeme žárovky (případně jiný spotřebič<sup>33</sup>), zdroj napětí, vypínače a prepínače<sup>34</sup>.

Druhým tematickým celkem je práce se složitějšími obvody a měření elektrických veličin. Zde kromě výše uvedených součástek využijeme také měřicí přístroje (voltmetr, ampérmetr).

Třetím tematickým celkem z oblasti elektrických obvodů jsou polovodiče. Po absolvování devátého ročníku by měl být žák schopen správně zapojit polovodičovou diodu [2]. U běžné (usměrňovací) diody nemůžeme na první pohled určit, zda diodou proud prochází či nikoliv. Z tohoto důvodu je ve výuce výhodnější využívat svítivé diody (LED).

#### Další požadavky

Demonstrační souprava by měla jednoznačně respektovat princip názornosti. Žák by si měl předváděný experiment (v našem případě sestavený elektrický obvod) propojit s nabytými teoretickými poznatky (vlastnosti a schéma elektrického obvodu) [3]. K tomuto účelu se u vyvíjené soupravy soustředíme především na to, aby měl žák u všech součástek možnost vidět

---

<sup>32</sup> Toto rozdělení zároveň aplikujeme v praxi při výuce.

<sup>33</sup> V naší soupravě je pro větší poutavost výuky zařazen stejnosměrný elektromotor s vrtulkou.

<sup>34</sup> Ačkoliv se v praxi jedná o totožné součástky, ve výuce na ZŠ je zpravidla rozlišujeme. Proto i naše souprava toto rozlišení respektuje.

„dovnitř“. Zároveň by měly být všechny moduly doplněny schematickými značkami použitých součástek.

Dalším požadavkem na demonstrační soupravu je její mechanická odolnost. Souprava by v ideálním případě měla vydržet i poněkud necitlivé zacházení.

### Vodiče v soupravě

#### Prvotní úvahy

První variantou při návrhu soupravy bylo vytvořit konkrétní schémata obvodů na banner. Toto schéma by bylo vyrobeno z vodivé měděné pásky. Na předem sestrojená schémata by učitel umisťoval moduly, čímž by tvořil obvod. Takto navržená souprava by sice byla funkční, ale náročná na výrobu, obvody by zároveň nebyly příliš variabilní (nemohli bychom je libovolně rozvětňovat apod.).

Z tohoto důvodu jsme od varianty předem připravených schémat upustili a zahájili vývoj skutečných vodičů vhodných pro naše použití. V tuto dobu již bylo jasné, že moduly budou fungovat na magnetickém principu, proto jsme i při propojování vodičů chtěli využít magnetů.

Celkem přirozenou možností se jevílo využít vodiče běžně dostupné v kabinetech fyziky na školách (zakončené krokosvorkami nebo banánky). Banánky ale nejsou vyrobeny z feromagnetického materiálu a k magnetům se tedy nepřitahují. Určitý typ krokosvorek se k magnetům sice přitahuje, svorky jsou ale příliš těžké, bylo by třeba použít hodně silné magnety.

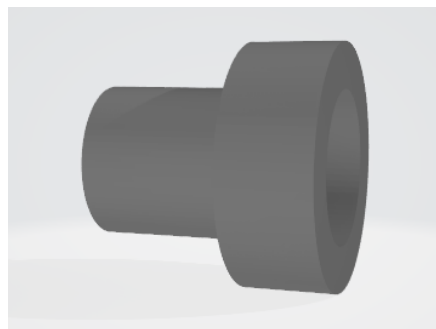
#### Vývoj vlastních vodičů

Z výše uvedených důvodů jsme se rozhodli navrhnout vodiče vlastní, které by plně vyhovovaly našim požadavkům. První variantou bylo použít kruhové neodymové magnety, na jejichž plošku by se přiletoval vodič. Takto vytvořené zakončení vodiče by bylo uschováno v pouzdře navrženém pro 3D tisk a vytištěném na 3D tiskárně (viz Obrázek 1).

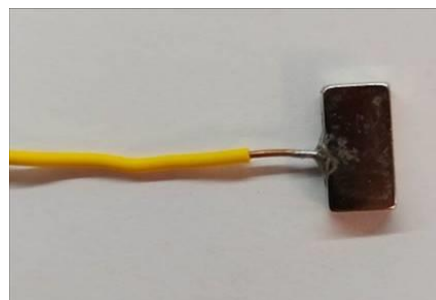
Při letování vodiče na plošku magnetu (tedy na jeho pól) došlo k okamžitému zničení magnetu (resp. jeho magnetických vlastností), neboť došlo k překročení Curieovy teploty.

Z těchto důvodů jsme od této varianty upustili. Dalším návrhem bylo letovat na konce vodičů ploché magnety. Tyto mají obrovskou výhodu v tom, že je lze letovat z boku, tedy mimo pól, a k výrazné ztrátě magnetických vlastností nedojde. Takto vytvořené koncovky byly plně funkční, nicméně ne příliš estetické a při jejich používání by docházelo k velkému namáhání letovaného spoje ohybem, což by mohlo vést k odtržení magnetu. Takováto koncovka je vidět na Obrázku 2.

Cílem tedy bylo vytvořit pevné spojení magnetu a vodiče, přičemž by nemělo dojít k tomu, aby se magnet dostal do příliš velkého (ideálně vůbec žádného) kontaktu s vysokou teplotou pájky. Posledním návrhem vodičů tedy bylo využití magnetů s otvorem na šroub. Do distančního sloupku jsme zaletovali



Obrázek 1 – první návrh koncovky vodiče

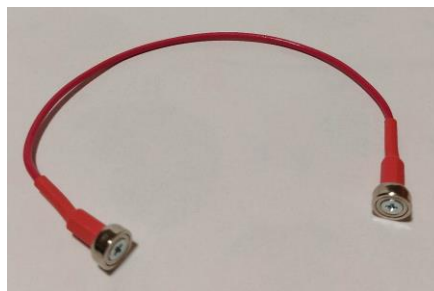


Obrázek 2 – druhý návrh koncovky vodiče

vodič a z druhé strany přišroubovali magnet. Celou takto vytvořenou koncovku jsme ochránili smršťovací bužírkou stejné barvy, jako měl vodič. Takto zhotovený vodič ukazuje Obrázek 3. Za velkou výhodu takovýchto koncovek považujeme, že je lze vzhledem k umístění magnetů ve feromagnetických pouzdrech spojovat za sebe (ačkoliv se magnety samy o sobě odpuzují).

Zdálo se jako rozumný nápad do soupravy vyrobit vodiče různých délek tak, aby měl učitel možnost sáhnout při sestavování obvodu po potřebně dlouhém vodiči. Abychom vyučujícím zjednodušili práci, rozhodli jsme se, že pro každou délku vodiče bude charakteristická nějaká barva. Takto vznikly první varianty vodičů – bílé o délce 15 cm, červené o délce 20 cm a žluté o délce 30 cm.

Během testování vodičů ve výuce jsme zjistili dva zásadní nedostatky. Jedním z nich byla potřeba delších vodičů než 30 cm, vznikly proto vodiče o délce 50 cm. Druhým, zásadnějším problémem bylo, že bílé a žluté vodiče nebyly na bílé tabuli téměř vůbec vidět. Z tohoto důvodu jsme se rozhodli rozdělit výrobu vodičů na dvě varianty – zvlášť pro bílé a zvlášť pro křídové tabule. Výsledné barevné rozdělení vodičů včetně doporučeného počtu v soupravě je v odstavci s doporučeným obsahem soupravy.



Obrázek 3 – finální návrh vodiče



## Moduly

Soupravu jsme koncipovali tak, aby bylo možné jednotlivé moduly umístit na tabuli. Z tohoto důvodu jsme zvolili takovou variantu, kde by jednotlivé moduly obsahovaly uvnitř magnety. Moduly mají (až na výjimky) jednotný rozměr, 70×50 mm. Všechny moduly jsou doplněny schematickou značkou příslušné součástky tak, aby si žáci jednoduše propojili obvod sestavený na tabuli s jeho schématem uvedeným např. v učebnici. Velikost modulů je optimální k tomu, aby učitel mohl nakreslit schéma obvodu na tabuli a pak přímo na něj umístit skutečné součástky. Více k vývoji jednotlivých modulů uvádíme v příslušných podkapitolách.

### Rezistor

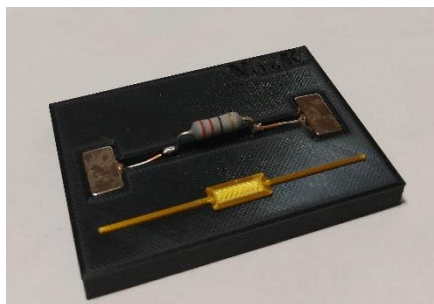
Modul s rezistorem byl prvním vyvíjeným modulem pro naši soupravu<sup>35</sup>. V této fázi ještě nebylo zřejmé, že není dobrý nápad využívat kruhové (resp. nízké válcové magnety), proto je první návrh ještě s kruhovými otvory. Tento první návrh ukazuje Obrázek 4.

Rezistor jsme, stejně jako všechny ostatní moduly, doplnili příslušnou schematickou značkou. Jelikož ale můžeme modul doplnit rezistorem s libovolnou hodnotou odporu, nebylo by velmi praktické na modul doplňovat tuto hodnotu. Zároveň umožňujeme učiteli využít modul k seznámení žáků s barevným značením rezistorů, což by varianta s předtištěnou hodnotou kazila.

V naší soupravě obsahují moduly výkonové rezistory o hodnotách 20, resp. 100 Ω. Výsledný modul lze vidět na Obrázku 5.



Obrázek 4 – první návrh modulu rezistoru



Obrázek 5 – výsledný modul rezistoru

### Žárovka

Při výuce fyziky na základní škole je pro většinu vyučujících hlavním spotřebičem pravděpodobně žárovka. Proto ani v naší vyvíjené soupravě nemůže žárovka chybět. Moduly jsou osazeny objímkou na žárovku E10. Do této objímky umísťujeme žárovku konstruovanou na napětí 3,7 V a 300 mA, která vydrží napájení napětím 4,5 V a zároveň bude svítit i pokud se zdroj částečně vybije a napětí na něm poklesne. Modul žárovky byl taktéž jedním z prvních vyvíjených, proto na následujících obrázcích (viz Obrázek 6 resp. 7) srovnáme, jak vypadal modul na začátku a na konci vývoje. Rozdíl mezi oběma moduly je patrný – výsledný modul má na sobě větší, a tedy silnější magnety pro připojení vodičů, je doplněn schematickou značkou (a kromě toho je větší, což není z fotek úplně patrné).

<sup>35</sup> A to z toho důvodu, že nebylo třeba speciálně modelovat svršek modulu tak, aby se na něj dal rezistor umístit.



Obrázek 6 – první modul žárovky



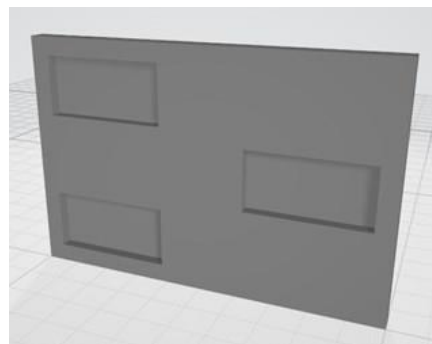
Obrázek 7 – výsledný modul žárovky

## Vypínač, přepínač

Koncept těchto dvou modulů se v podstatě neliší. Požadavkem na tyto součástky bylo, aby do nich bylo „vidět“. Proto nebylo možné využít standardně vyráběné ovládací prvky a pouze je osadit do modulu s magnety, neboť u nich žák nemá šanci vidět, jak fungují, proto jsme se rozhodli vyvinout tyto součástky podle vlastního návrhu.

Princip fungování vypínače, resp. přepínače se od začátku vývoje téměř vůbec nezměnil<sup>36</sup>, popisujeme zde proto pouze jeho finální podobu. Vzhledem k tomu, že se technicky jedná o tentýž mechanismus, popíšeme dále pouze přepínač.

Modul se skládá ze tří částí. Spodní část tvoří destička s otvory na tři magnety o rozměru 20×10 mm (viz Obrázek 8). Jeden slouží jako společný pól přepínače, zbylé dva slouží k přepínání. Díky těmto magnetům zároveň modul drží na tabuli. Výhodou tohoto modulu je, že se spodní část obejde zcela bez pájení, nedochází tedy k poškození magnetů.



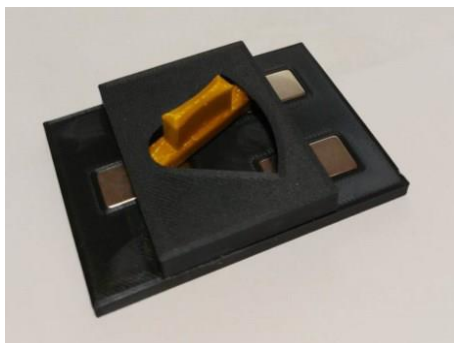
Obrázek 8 – spodní část přepínače

Druhou částí je páčka, která slouží k přepínání mezi póly přepínače. V páčce jsou usazeny dva kruhové magnety, mezi kterými je naletován kousek vodiče<sup>37</sup>. Takto připravená páčka je přichycena na spodní desku a přikryta třetím dílem přepínače, krytem. Takto zhotovenou součástku lze vidět na Obrázku 9.

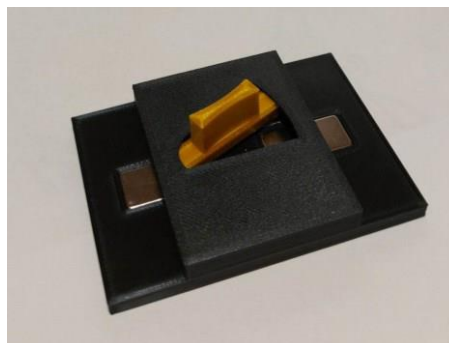
Vypínač se od přepínače liší pouze tím, že jeden z magnetů ve spodní části má poloviční rozměr, není tedy možné k němu připojit vodič. Hotový vypínač ukazuje Obrázek 10.

<sup>36</sup> Jedinou drobnou změnou bylo upravení rozměru na společný rozměr všech modulů (původní byl menší) a nahrazení lepených spojů šrouby, abychom mohli modul v případě potřeby rozebrat a opravit.

<sup>37</sup> Zde nevadí, že kruhové magnety letováním téměř ztratí své magnetické vlastnosti, neboť jsou drženy velkou silou magnety ve spodní desce.



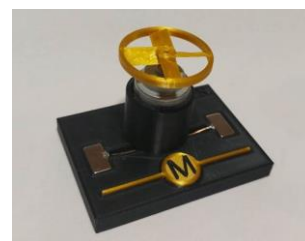
Obrázek 9 – modul přepínače



Obrázek 10 – modul vypínače

## Motor

Modul s motorem není sice nutný pro naplnění vzdělávacího obsahu elektrických obvodů na ZŠ, přesto jsme ho pro větší poutavost výuky do naší soupravy zařadili. Používáme DC motor na napětí 3-6 V, což je pro náš způsob napájení ideální. Motor je usazen ve 3D navrženém pouzdře tak, aby nedošlo k jeho odtržení z modulu. Modul je doplněn vrtulkou a schematickou značkou. Výsledný modul lze vidět na Obrázku 11.

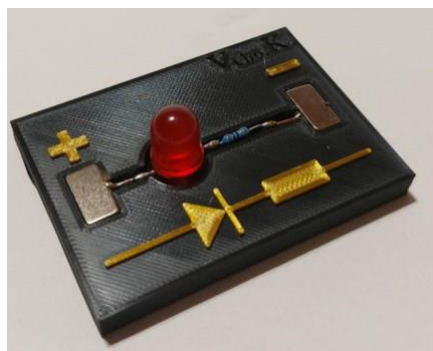


Obrázek 11 – motor

## LED

Abychom mohli bezpečně připojit LED přímo na zdroj napětí bez rizika toho, že bychom ji zničili, je nutné s ní do série připojit předřadný rezistor. Rezistor není vhodné žákům zatajovat, protože by v nich mohl vzniknout dojem, že mohou libovolnou LED připojit přímo ke zdroji napětí. Z tohoto důvodu je modul doplněn nejen schematickou značkou LED, ale i již zmiňovaného rezistoru. Vzhledem k tomu, že žáci při probírání tématu polovodičů nebudou mít rutinní schopnost rozlišit kladný a záporný pól diody, doplnili jsme kontaktní magnety symboly plus, resp. mínus. Výsledný modul je vidět na Obrázku 12.

Pro větší poutavost ve výuce doporučujeme dát do sady LED různých barev. Pro žáky může být také zajímavé pozorovat infračervenou LED pomocí fotoaparátu na mobilním telefonu, proto je možnost doplnit soupravu i o modul s touto variantou. To nám zajistí propojení i s tematickým celkem optika (a jednotlivými druhy světla, resp. záření).



Obrázek 12 – modul LED

## Měřicí přístroje

Jelikož celou soupravu koncipujeme tak, aby bylo možné jednotlivé moduly přichytit na tabuli, je vhodné doplnit soupravu i o měřicí přístroje, které by taktéž bylo možné magneticky přichytit. V soupravě potřebujeme voltmetr a ampérmetr a volíme digitální měřáky určené k zasazení do panelu.

Navrhli jsme pro ně speciální krabičku, která se vytiskne na 3D tiskárně a do které se měřicí přístroj zasadí. Krabička je dostatečně velká na to, aby se dovnitř vešla 9V baterie, která je potřeba k napájení přístroje, a vypínač, abychom mohli přístroj vypnout.

Víčko této krabičky v sobě obsahuje otvory na dva velké kvádrové magnety, které slouží jak k přichycení modulu k tabuli, tak zároveň i jako kontakty pro připojení vodičů. Víčko a krabičku spojujeme pomocí čtyř šroubů.

Jelikož jsou oba koupené přístroje totožné, liší se oba moduly na první pohled pouze schematickou značkou. Výsledný modul je vidět na Obrázku 13.



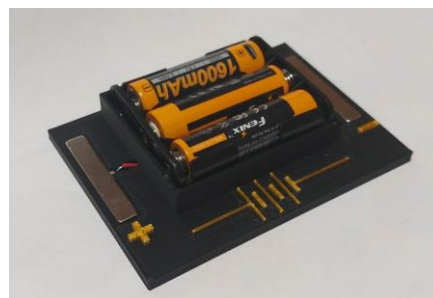
Obrázek 13 – měřicí přístroj

## Zdroj

Pro napájení celé soupravy jsme potřebovali získat stejnosměrný zdroj o napětí cca 5 V. Jako ideální se jevílo využít běžně prodávanou powerbanku. Ta má několik výhod – je relativně levná, lze ji snadno nabíjet, má na výstupu spolehlivých 5 V a dokáže dát poměrně velký proud (1–2 A). Její nevýhody však v tomto případě převažují – pokud powerbanku připojíme jako zdroj do obvodu, kde potečou malé proudy (např. obvod pouze s LEDkou), powerbanka se vypne, neboť je odběr příliš malý. Zároveň nedokážeme předpovědět, jak se powerbanka zachová v případě zkratu. Proto jsme od tohoto návrhu ustoupili.

Problematiku zdroje jsme vyřešili držákem na tři AA tužkové monočlánky, neboť ten nabízí několik variant. Můžeme použít obyčejné a relativně levné monočlánky na jedno použití, případně články dobíjecí, anebo články, které lze dobíjet pomocí USB kabelu [4].

Držák na monočlánky jsme umístili do 3D navrženého modulu, který obsahuje schematickou značku baterie a znaménka polarity. Jelikož je nutné dbát na ochranu zdroje před případným zkratem, doplníme modul v další variantě ještě o pojistku. Modul lze vidět na Obrázku 14.



Obrázek 14 – zdroj

## Další vývoj soupravy

Vzhledem k tomu, že je souprava koncipována modulově, není problém ji doplnit o jakýkoli modul s další elektrickou součástí. V současné době plánujeme soupravu rozšířit například o další polovodičové součástky (usměrňovací diodu, tranzistor) a kondenzátory. Zároveň je možné ji doplnit o libovolnou součástku, o které bychom v budoucnu zjistili, že by se do soupravy hodila. Takovýmto způsobem je možné rozšířit soupravu tak, aby vyhovovala nejen vzdělávacímu obsahu na základní, nýbrž i na střední škole (gymnáziu).

## Využití ve výuce

Soupravu je možné využít jako doplněk v situaci, kdy máme pro žáky vlastní žákovské soupravy a žáci tedy sestavují obvody prakticky přímo na lavici. V případě že nemáme žákovské soupravy k dispozici, může naše souprava sloužit jako jediná pomůcka. Pro takovéto případy jsme navrhli několik aktivit tak, abychom do nich mohli aktivně zapojit žáky, ačkoliv je souprava ve třídě pouze jedna. Tyto aktivity lze nalézt v bakalářské práci [1].

## Doporučený obsah soupravy a kde ji získat

Doporučený obsah soupravy jsme vytvořili na základě našich zkušeností s výukou ve škole, nejedná se tedy o žádný univerzální seznam.

Modul	Počet ks	poznámka
žárovka	4	
LED	4	různé barvy (případně IR)
motor	1	
rezistor	4	různé hodnoty odporů
přepínač	2	
vypínač	3	
voltmetr	1	
ampérmetr	1	
zdroj	1	

Stejně jako u modulů, i u vodičů jsme vytvořili přehled vodičů, které dle našeho názoru v soupravě potřebujeme.

Délka vodiče	počet v soupravě	Barva pro bílou tabuli	Barva pro křídovou tabuli
15 cm	3	černá	bílá
20 cm	4	červená	červená
30 cm	4	zelená	žlutá
50 cm	3	modrá	modrá

Pokud má vyučující o soupravu zájem, má dvě možnosti, jak soupravu získat. První variantou je, že si vyučující soupravu vytvoří sám. V tomto případě stačí napsat e-mail na adresu [vaclav.kohout5@seznam.cz](mailto:vaclav.kohout5@seznam.cz), kde lze po domluvě získat příslušné soubory pro 3D tisk i s návody na osazení součástek. Druhou variantou je objednat si hotovou soupravu. Pro tyto účely je vytvořen web [www.demosouprava.webnode.cz](http://www.demosouprava.webnode.cz). Zde je možné si prohlédnout jednotlivé moduly a případně je objednat.

Cena soupravy se odvíjí od počtu jednotlivých objednaných modulů. Cenu za modul lze nalézt na webu, nicméně při objednání celé soupravy je cena za modul nižší.

## Literatura

- [1] KOHOUT, Václav. *Demonstrační souprava pro výuku elektrických obvodů*. Praha: 2023
- [2] RÁMCOVÝ VZDĚLÁVACÍ PROGRAM PRO ZÁKLADNÍ VZDĚLÁVÁNÍ [online]. Praha: 2017
- [3] ČESÁKOVÁ, Jana. *Moderní přístupy k výuce fyziky* [online]. Dostupné z: <https://digifolio.rvp.cz/artefact/file/download.php?file=73565&view=11605>. [cit. 2023-03-26].
- [4] SVÍTILNY FÉNIX. *Dobíjecí USB baterie Fénix*. [online]. Dostupné z: <https://www.svitilny-fenix.cz/produkt/dobijeci-usb-aa-baterie-fenix-arb-114-1600u/> [cit. 2023-09-02].

## Co nám technický pokrok pro školské pokusy dal a co nám bere.

PAVEL KONEČNÝ

Oddělení didaktiky fyziky ÚFTP PŘF MU

### Abstrakt.

*V uplynulých 20 letech zmizely z trhu CRT televizní obrazovky a ty osciloskopické se staly zcela marginálními. Klasické žárovky přežily jen díky tomu, že nejen svítí, ale jako kombinovaný zdroj světla a tepla také topí. Od 25 srpna 2023 platí zákaz výroby a dovozu zářivek typu T5 a T8 a od prvního září také halogenových žárovek G4 GY6.35 G9.*

*Nové technologie nahradily plně ty staré v tom, pro co byly určeny, ale školská fyzika v nich ztratila nebo v blízké budoucnosti, až se doprodají skladové zásoby, ztratí cenově přístupná zařízení, se kterými se daly demonstrovat mnohé zajímavé fyzikální jevy.*

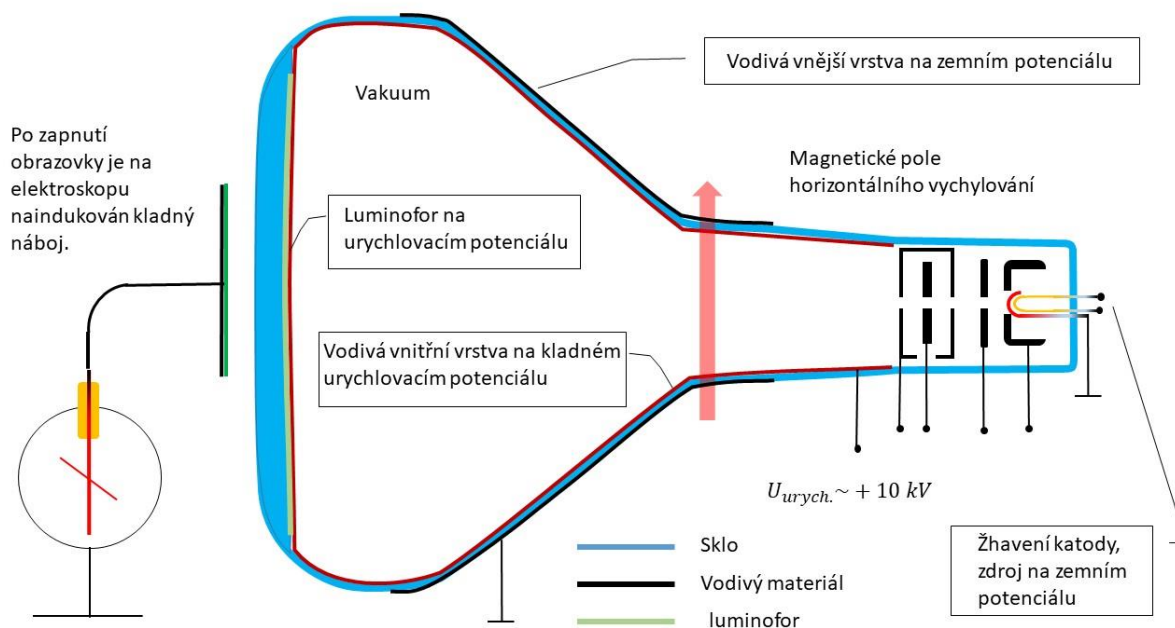
*V příspěvku bude uvedeno pár příkladů, k čemu jinému, než pro co byly určeny, by fyzikáři mohly být CRT televizory a osciloskopy a jak si, alespoň dočasně, v experimentu s Lecherovými dráty poradit se zákazem světelných zářivek a co nám na druhou stranu rozmach elektroniky umožňuje a co bylo dříve nemyslitelné.*

### CRT televizní obrazovka

#### Konstrukce

CRT obrazovka je tvořena vakuovou komorou, u černobílých televizorů s jedním elektronovým dělem a luminoforem na vnitřní přední stěně obrazovky. V barevných obrazovkách je obraz generován maticí RGB luminoforů excitovaných třemi jasově nezávisle řízenými svazky elektronů ze tří elektronových děl, které přes matici otvorů speciálního stínítka zajišťují osvit odpovídajícího luminoforu odpovídajícím svazkem. V elektronovém dělu jsou termoemisi emitované elektrony urychlovány a fokusovány elektrostatickou optikou. Elektronika žhavení a fokusačních napětí vyjde technicky mnohem jednodušší, je-li katoda blízko zemního potenciálu. V takovém případě musí být pro dosažení dostatečné energie elektronového svazku luminofor spolu s vnitřní částí vakuové komory na vysokém kladném urychlujícím potenciálu, vztaženo vůči zemnímu potenciálu. Pro barevné luminofory je zapotřebí urychlující potenciál v řádu nízkých desítek KV, u černobílých obrazovek nižší. Svazek je vychylován v horizontálním a vertikálním směru magnetickým polem vychylovacích cívek. Jeden snímek pohyblivého obrazu vzniká ze dvou pulsů tak, že intenzitně modulovaný svazek skenuje stínítko s luminoforem nebo maticí luminoforů po řádcích, napřed sudé a pak liché řádky. Konstrukce černobílé obrazovky, schematicky viz obr. 1.





Obrázek 32 Schéma černobílé CRT obrazovky v experimentu s určením polarity neznámého náboje

### Studium vlivu magnetického pole na pohybující se elektron

Toto téma je zpracováno v článku Petera Žilavého: Obrazovka monitoru PC jako nástroj pro demonstraci pohybu elektronů v magnetickém poli (1).

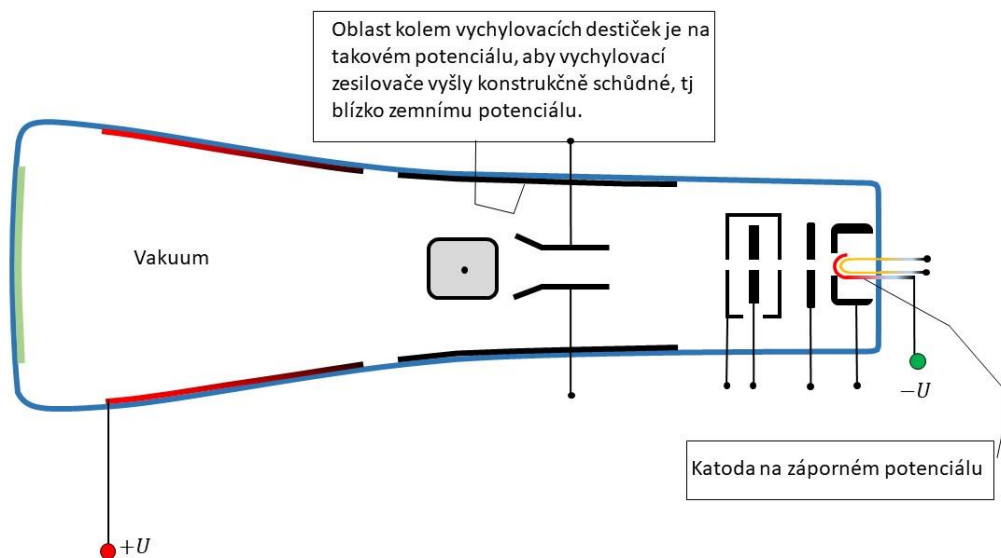
#### Stanovení polarity náboje

Přiblíží-li se vhodná elektroda k obrazovce, vznikne vlastně deskový kondenzátor. Pokud má televizor katodou blízko zemního potenciálu, pak se po zapnutí televizoru v experimentu podle obr. 1 naindukuje na elektroskopu kladný elektrický náboj. Efekt je u barevných televizorů vzhledem k vyššímu urychlovacímu napětí výraznější, než u televizorů černobílých. Víme-li, že na elektroskopu je kladný náboj, lze určit polaritu neznámého náboje.

### CRT osciloskopická obrazovka

#### Konstrukce

Konstrukce CRT osciloskopických obrazovek je od CRT TV obrazovek odlišná. Jejich vychylovací systém je elektrostatický. Umístit vychylovací zesilovače na vysoký potenciál by bylo extrémně technicky náročné. Proto je chod potenciálů podél trasy elektronového paprsku takový, aby v místě vychylovacích destiček byl blízký zemnímu potenciálu. Z toho ovšem plyne, že katoda musí být vůči kostře (zemnímu potenciálu) na záporném potenciálu. Jeho velikost se volí tak, aby rychlost elektronů byla z hlediska citlivosti a frekvenčního rozsahu vychylování optimální. Pro dosažení jasné stopy by tato energie nestačila, proto je svazek před dopadem na stínítko ještě dodatečně urychlen. Existuje řada různých konstrukcí osciloskopických CRT obrazovek. Nejsložitější jsou multipaprskové s nezávislou časovou konstantou a možností paměťového záznamu. Běžné obrazovky, které se nacházely například ve školních přístrojích, jsou konstruovány podobně, jak je znázorněno na schématu, viz obr. 2.



Obrázek 33 Schéma CRT osciloskopické obrazovky

Fokusační optika je znázorněna jen symbolicky, skutečný geometrický tvar viz např. obr. 3. Velmi zajímavá je skutečnost, že na rozdíl od CRT televizních obrazovek je potenciál luminoforu stínítka často tzv. plovoucí, tj. luminofor není s ničím přímo galvanicky spojený, obr. 4.



Obrázek 34 detail stínítka



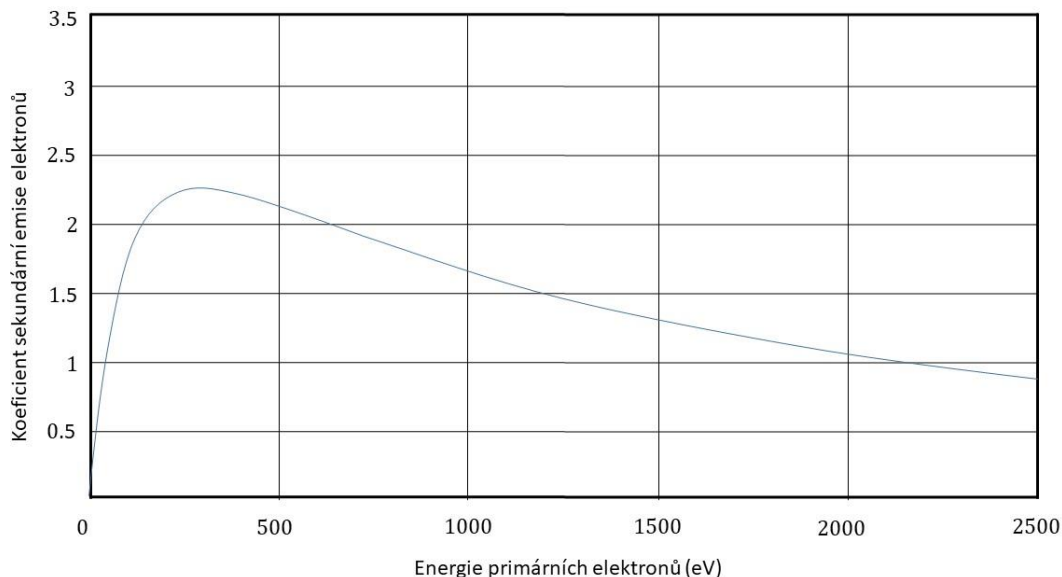
Obrázek 35 elektronová elektrostatická tryska

### Experiment s deformací obrazu vnějším elektrickým polem

Zatím co obraz CRT televizoru nelze triboelektricky nabitou tyčí zepředu obrazovky nijak pozorovatelně ovlivnit, v případě CRT obrazovek některých osciloskopů je to naopak. Můžeme pozorovat výraznou deformaci, která ale i při stálé přítomnosti nabitě tyčí v řádu desetin sekund až sekund relaxuje do původního stavu. Relaxace je tím rychlejší, čím je stopa paprsku jasnější, tedy proud v elektronovém svazku větší a naopak. Jak je to možné? Pokud je potenciál

luminoforu tzv. plovoucí, jak už bylo výše zmíněno, viz obr. 4, je to celkem očekávatelný fakt, ale jak potom vysvětlíme, že se stínítko dopadajícími elektrony nenabije záporně až na mez, kdy začne elektrony odpuzovat?

Odpověď souvisí s tím, jak závisí koeficient sekundární emise elektronů na energii elektronů primárních. Příklad takové závislosti je na obr. 5. Konkrétní průběh závisí na materiálu terčíku, krystalografické orientaci vůči dopadajícím elektronům, úhlu dopadu atd.



Obrázek 36 příklad závislosti koeficientu sekundární emise elektronů na energii primárních

V rozsahu energií primárního svazku, kdy je koeficient sekundární emise větší jak jedna, se potenciál terčíku stabilizuje následujícím mechanismem. Rostoucí kladný náboj na terčíku urychluje dopadající elektrony stále víc, až se ustanoví rovnováha mezi proudem dopadajících a emitovaných elektronů.

Proč vnějším elektrickým polem deformovaný obrazec relaxuje při malých intenzitách elektronového svazku pomaleji? Při menších proudech déle trvá, než se nashromáždí náboj potřebný ke kompenzaci vnějšího elektrického pole.

Popsaný experiment nemusí fungovat u každé obrazovky, záleží na kvantitativních poměrech. Některé konstrukce CRT osciloskopických obrazovek jsou odlišné od popsaného schématu. Je vhodné upozornit, že kolem CRT osciloskopu není vhodné chodit se silným magnetem, protože může dojít k permanentnímu zmagnetování nějaké konstrukční struktury a vzhledem k relativně nízkým energiím je svazek na parazitní magnetické pole dost citlivý. Podrobnosti například v (2).

## Konec zářivek

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2011/65/EU z roku 2011 a nařízení RoHS, byla přijata pro omezení uvolňování některých nebezpečných látek v elektrických a elektronických zařízeních do životního prostředí. Týká se to i zářivek, protože obsahují rtuť, ale ty měly výjimku, která byla ale nařízením 2022/284 z roku 2021 zrušena.

Po 25. 8. 2023 je zakázáno lineární zářivky vyrábět nebo dovážet ze zemí mimo EU, tři až pět letý odklad mají zářivky pro speciální účely, za které není náhrada. Není úplně jasné, které to jsou. Komerčně dostupné LED diody jsou k dispozici v sortimentu pokrývající spektrum až do

UVC záření včetně. Nemůže být tedy principiální důvod, jediné cenový, dále výbojky na bázi nízkotlakého obloukového výboje v Hg parách produkovat s výjimkou výbojek pro UV záření čáry Hg 184.5 nm.

### Konstrukce zářivky

Směs plynů Ne Ar Xe + 0.8 Pa Hg  
Celkový tlak cca 300 Pa

Na vnitřní stěně žárovkové trubice je luminofor



0.8 Pa je tlak sytých par rtuti při teplotě  $t \cong 39^{\circ}\text{C}$  Žhavená katoda je pokryta termoemisním materiálem.

V zářivce hoří obloukový výboj za nízkého tlaku

Ideální teplota pro  
provoz

T8 zářivka  $-25^{\circ}\text{C}$

T5 zářivka  $-35^{\circ}\text{C}$

Obrázek 37 zářivka

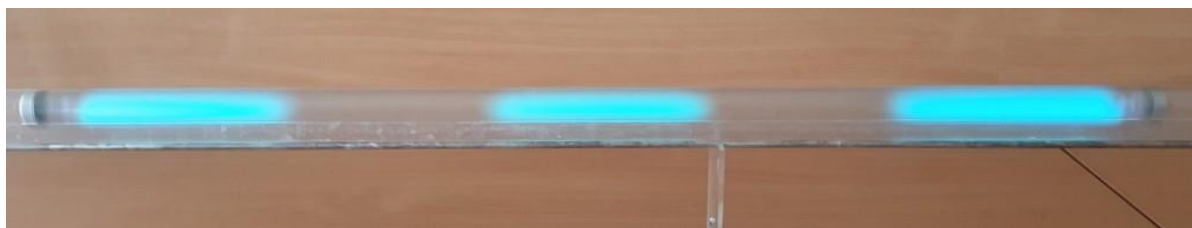
Hlavní čáry emisního spektra nízkotlakého výboje v parách Hg jsou: 184,5 nm, 253,7 nm, 365,4 nm, 404,7 nm, 435,8 nm, 546,1 nm, 578,2 nm and 1014 nm. Luminofor na vnitřním povrchu žárovkové trubice převádí UV ve viditelné záření.

### Lecherovy dráty

Experimenty s Lecherovými dráty a fyzika s tím související jsou zevrubně popsány v textu Hubeňák J., Hubeňák J.: Historické pokusy s elektromagnetickou vlnou a dnešní technické možnosti. (3)

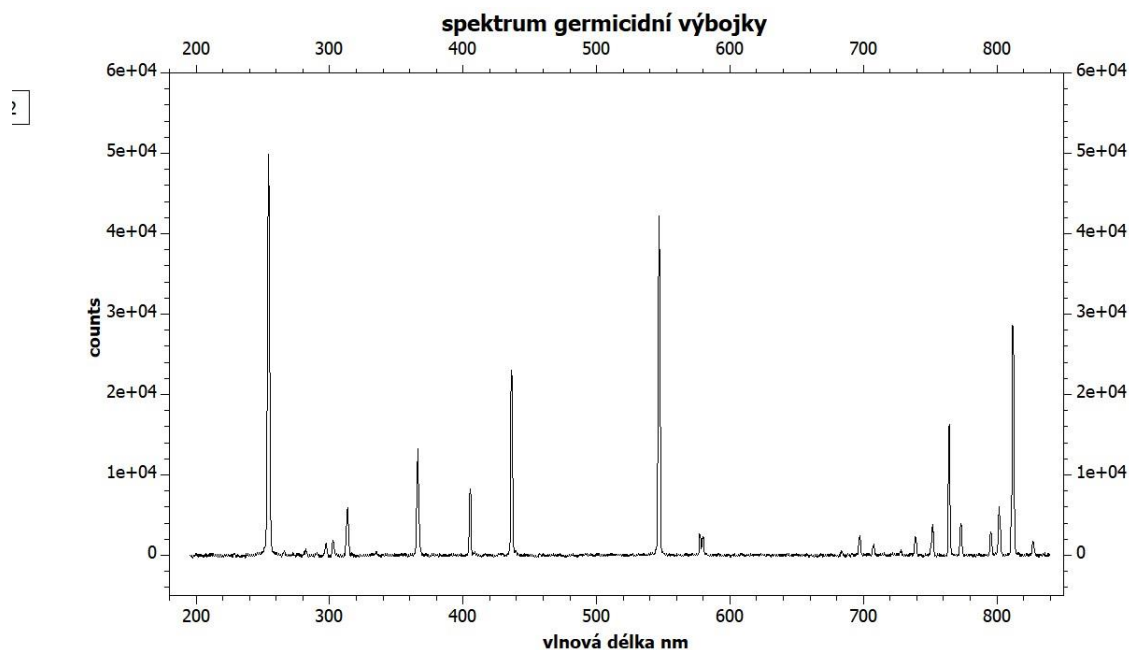
#### Náhrada zářivky

Pro zobrazení stojatých vln na Lecherových drátech náhradou za světelnou výbojku lze použít výbojku germicidní, pokud se vybaví krytem odstiňující nebezpečné záření na vlnové délce 253,7 nm, obr. 7. Germicidní výbojová trubice s patičí T8 je nízkotlaká Hg výbojka ze speciálního skla, které pro pouští nejen viditelné, ale také ultrafialové záření včetně čáry Hg 253,7 nm, na které nízkotlaký Hg výboj září nejintenzivněji. Běžné germicidní výbojky jsou záměrně vyrobeny ze skla nepropouštějící vlnovou délku Hg 184,5 nm.



Obrázek 38 stojaté el-mag. vlnění 433 MHz na Lecherových drátech zobrazené zakrytovanou germicidní výbojkou

Spektrum Germicidní výbojky buzené vysokofrekvenčním polem 433 Mhz na Lecherových drátech naměřené spektrometrem Avantes AvaSpec-3648 je na obr. 8.



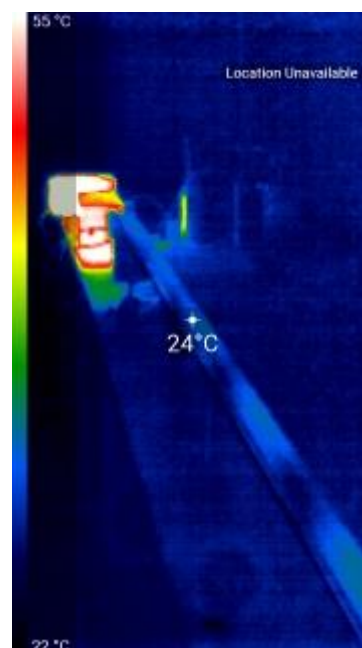
Obrázek 39 spektrum germicidní Hg výbojky

Záření na čáře 253,7 nm je ve skutečnosti mnohonásobně silnější, než jak je zobrazeno na grafu, protože citlivost spektrometru s klesající vlnovou délkou výrazně klesá. Čára 253,7 je pro nízkotlaký Hg výboj naprosto dominantní. Je vidět, že výbojku nelze provozovat bez ochranného stínění. Osvědčil se plastový kryt na zářivky v podobě úzkého korýtko, do kterého výbojka těsně „zavakne“ ze zadní strany pak překrytý proužkem silnostěnné fólie na skla. Takto zakrytovaná výbojka neemitovala žádné spektrometrem měřitelní UVC záření. Problém je v tom, že běžné UV metry UVC 253,7 nm vůbec neměří, takže bez kvalitního spektrometru není jak účinnost krytu otestovat. Certifikované UVC stínící fólie, ani stínítka, pokud je autorovi známo, běžně k dostání nejsou. Vzhledem k nebezpečnosti UVC záření nelze doporučit s UVC výbojka experimentovat, pokud není experimentátor vybavený odpovídajícími znalostmi a přístrojovým vybavením.

## Termokamera

Termokamera je jedním z příkladů, jak rozvoj elektroniky veřejnosti zpřístupnil přístroj s parametry, které by ještě před nějakými dvaceti lety spadaly do kategorie vysoce profesionálních, velmi drahých, velmi rozměrných aparatur. Velmi slušně fungující termovizní moduly k tabletům a smarfonům jsou k dispozici v cenové relaci cca 12-15 tisíc Kč. Termovizní modul s rozlišením  $320 \times 240$  px, v teplotním rozsahu  $-40, +330$  C přijde na cca 15 tisíc Kč.

Při hledání alternativ k zobrazení stojatého vlnění na Lecherových drátech zářivkou se ukázalo, že termovizní modul k tabletu v cenové relaci spíše z dolního konce výše uvedené kategorie dokáže zobrazit malé změny teploty způsobené výbojem v oblasti kmíten elektromagnetického vlnění na zářivkové trubici, viz obr. 9. Na něm je vidět jednak zdroj s vysokofrekvenčním generátorem na poměrně vysoké teplotě a jednak stojaté kmity vysokofrekvenčního záření 433 MHz na výbojové trubici. Vše je dobře rozlišitelné, přes to, že teplotní kontrast mezi přístrojem a trubicí je velmi velký.



Obrázek 40 světelná výbojová trubice na lecherových drátech

## Literatura

- [1] Žilavý, P.: Obrazovka monitoru PC jako nástroj pro demonstraci pohybu elektronů v magnetickém poli. Veletrh nápadů učitelů fyziky 15, sborník z konference. Ed. Drozd, Z. Praha, 2011. str. 248-252
- [2] Chuck DeVere, Bob Orwiler: Cathode-Ray Tubes, Tektronix, inc., Beaverton Oregon, 1967
- [3] Hubeňák J., Hubeňák J.: Historické pokusy s elektromagnetickou vlnou a dnešní technické možnosti. Veletrh nápadů učitelů fyziky 7, sborník z konference. Ed. Svoboda E. Dvořák L. Praha, 2002. str. 11-18



## Kapicovo kyvadlo

PAVEL KONEČNÝ, JAN ZBOŽÍNEK, SOŇA HUSÁKOVÁ

Přírodovědecká fakulta MU

### Abstrakt

Kapicovo kyvadlo je fyzické kyvadlo s osou kývání konající kmitavý pohyb po přímce. Při tom mohou vznikat zajímavé efekty. Za určitých okolností může mít kyvadlo rovnovážnou polohu i s těžištěm nad osou otáčení. V článku bude uvedeno odvození výrazu pro mezní frekvenci kmitání osy, pro kterou tento jev nastane, nastíněn pokus o intuitivní vysvětlení s programem v Excelu a bude popsáno, jak lze takové zařízení velmi jednoduše vyrobit. Jedná se o výsledek studentské práce v rámci předmětu Mechanika vlastníma rukama.

### Úvod

Stabilizovat nestabilní systém v okolí rovnovážné polohy lze korekční silou řízenou zpětnovazební smyčkou. Tak lze například udržet dlouhou tyč ve vertikální pozici na špičce prstu. Některé systémy se mohou nacházet v režimu dynamické stability, kdy po uvedení do (kvazi) periodického pohybu oscilují kolem staticky nestabilní rovnovážné polohy. V případě zmíněné tyče toho lze dosáhnout dostatečně silnými vertikálními vibracemi ložiska, na kterém je tyč otočně uložena.

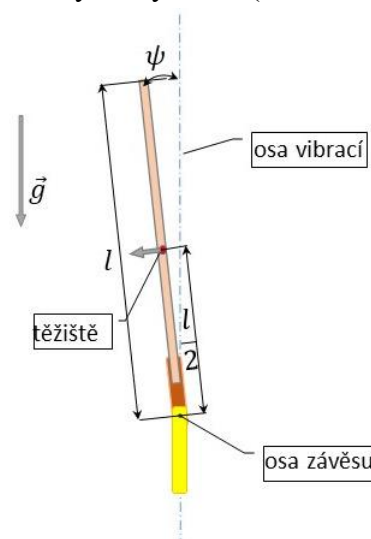
### Kapicovo kyvadlo

Kapicovým kyvadlem se nazývá fyzické kyvadlo, jehož závěs koná přímočaré kmity s frekvencí mnohem vyšší, než je vlastní frekvence kyvadla v tíhovém poli. Je pojmenované po ruském fyziku Pjotru Leonidoviči Kapicovi, který tento jev v roce 1951 objasnil, ačkoliv první zmínku najdeme již v roce 1908, kdy tímto způsobem stabilizoval kyvadlo ve vertikální poloze Andrew Stephenson [1]. Pokud ložisko umožňující kývání kyvadla (dále jen závěs) osciluje po přímce (ose kmitání) s frekvencí mnohem vyšší, než je perioda kyvů kyvadla (bez oscilací závěsu), vzniká efekt, jako by na kyvadlo působila dodatečná vratná síla směrem k ose kmitání. Pokud závěs kyvadla osciluje ve svislém směru, visící kyvadlo kýve rychleji, v případě kyvadla stojícího nad osou otáčení (dále jen inverzní kyvadlo) může vzniklý vratný efekt překonat vychylující efekt tíhového zrychlení a kyvadlo setrvá ve své inverzní pozici.

Konkrétní provedení Kapicova kyvadla z homogenního nosníku, viz obr. 1.

#### Podmínka vertikální dynamické rovnováhy

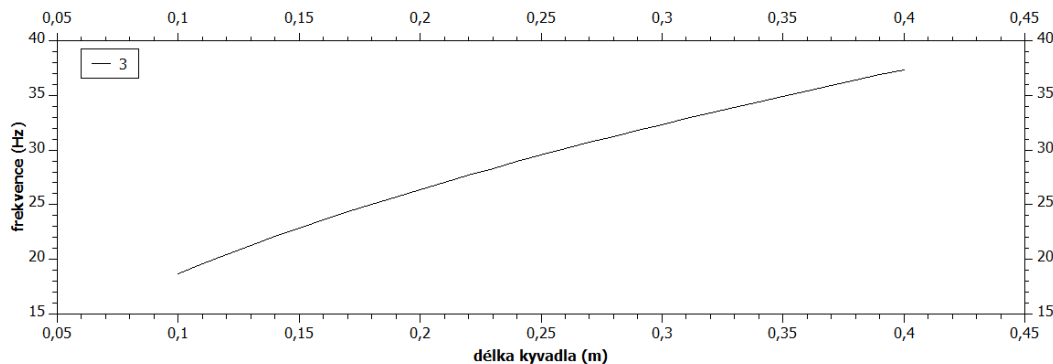
Postupem, který vychází ze základní ideje, jak řešit takovéto systémy, jejímž autorem je P. Kapica, viz [3], lze pro kyvadlo v podobě homogenního nosníku délky  $l$  viz obr. 1 odvodit (viz příloha) pro stabilizační frekvenci inverzního kyvadla vztah.



Obrázek 41 Kapicovo kyvadlo

$$f > \frac{1}{\pi A} \sqrt{\frac{gl}{3}}. \quad (1)$$

Kde  $A$  je amplituda oscilací,  $g$  tíhové zrychlení



Obrázek 42: závislost minimální stabilizující frekvence na délce kyvadla pro amplitudu oscilací  $A = 9.75 \text{ mm}$

## Experiment

Cílem experimentu je ověřit platnost odvozeného vztahu (1).

### Technické provedení

Kmitání závěsu zajistíme pomocí přímočaré pily upnuté do svěráku, frekvenci regulujeme tyristorovou regulací, viz obr. 3.

Vzhledem k zrychlení závěsu, které při nejvyšší mezní frekvenci v experimentu dosahuje hodnoty

$$a \approx A(2\pi f)^2 \approx 9,75 \cdot 10^{-3} (2\pi \cdot 40)^2 \approx 600 \text{ ms}^{-2},$$

je třeba vyrobit nosník co nejlehčí, aby nebyl závěs příliš namáhaný. Nosník musí být dostatečně tuhý, aby sám příliš nekmital. Balza má podstatně menší hustotu, než smrkové dřevo a přitom je poměrně tuhý a tlumí vibrace. Kyvadla různých délek jsou vyrobena z vybraných balzových nosníků 5x5 mm, viz tab. 1. Nosník by měl být homogenní, tedy jeho těžiště by mělo být v polovině jeho délky. U třech kratších nosníků byl rozdíl do 2 mm, v případě nejdelšího 20 mm. Délka nosníků je změřena s nejistotou +/-1 mm. Provedení závěsu je patrné z obrázku, obr. 4.



Obrázek 44: závěs kyvadla



Obrázek 43: sestava experimentu s Kapicovým kyvadlem

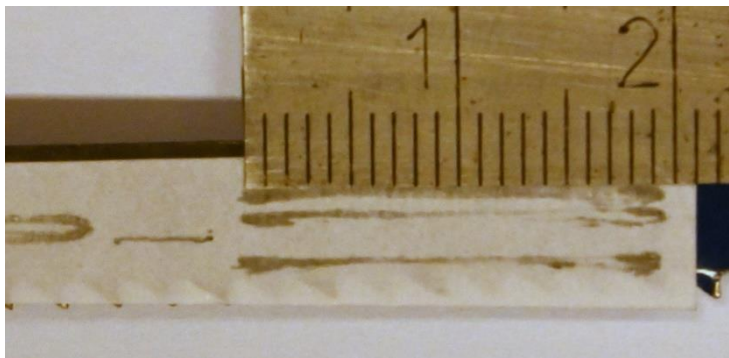
Kyvadlo je do pilky uchyceno za pilový plátek. Pro úspěšný experiment je klíčové

pevné uchycení pilky. Pokud upevnění není dostatečně tuhé, pila v reakci na urychlování závěsu kyvadla vibruje a amplituda kmitů je jednak špatně definovaná a jednak menší, než konstrukční zdvih pilového plátku.

Amplituda kmitů byla určena změřením délky stopy, kterou zanechala zaostřená tužka na papíru přilepeném na kmitajícím pilovém plátku závěsu kyvadla při provozním režimu, aby se do amplitudy promítly i případné vůle v mechanismu, viz obr. 5.

Reprodukovatelnost měření byla velmi dobrá. Se započítáním korekce na průměr stopy tužky vyšla amplituda oscilací  $A$

$$A = 9.75 \pm 0.15 \text{ mm}$$



Obrázek 45: stopa tužky od vibrujícího závěsu

### Měření frekvence oscilací závěsu

Frekvenci oscilací byla měřena optickým otáčkoměrem AT-6 Digital Tachometer. Na závěs byl nalepený reflexní terčik. Na něj bylo zaměřeno primární světlo tachometru. Při správném nastavení byla intenzita odraženého světla modulována oscilacemi závěsu a údaj v otáčkách odpovídal frekvenci oscilací.

### Experimentální výsledky

Postup měření probíhal tak, že kyvadlo bylo oscilacemi závěsu uvedeno do stabilní inverzní pozice. Následně byla frekvence snižována, až bylo možné usoudit, že ve střední hodnotě se kyvadlo chová, jako by na něj nepůsobily žádné síly. Tento stav není příliš zřetelně rozpoznatelný a tedy je zde určitý subjektivní faktor, nicméně měření bylo překvapivě dobře reprodukovatelné s rozptylem cca 1Hz, tedy 3%.

Relativní nejistota mezní frekvence podle vztahu (1) v důsledku nejistoty amplitudy oscilací ( $\pm 0.15 \text{ mm}$ ) a délky kyvadel ( $\pm 1 \text{ mm}$ ) je přibližně 1,5 %.

Porovnání teoretických a experimentálních dat, tab. 1.

Tabulka 2

Délka kyvadla mm	Frekvence spočtená Hz	Frekvence naměřená Hz
474	40,6±0,6	40,5±1,5
394	37,1±0,6	37,5±1
326	33,7±0,5	33,5±1
269	30,6±0,5	30,8±1

## Závěr

Cílem projektu bylo vyhotovit experimentální zařízení s využitím komerčně dostupných a pokud možno univerzálněji použitých zařízení. Všechny použité komponenty do této kategorie patří: přímočará pila, tyristorový regulátor, optický tachometr a svěrák. Poněkud náročnější je výroba kyvadla.

Z překvapivé číselné shody spočtených a naměřených hodnot nelze v rámci tohoto experimentu vyvozovat příliš silná tvrzení o shodě teorie s experimentem. Jedná se o dost speciální případ, kdy navíc nejsou změřeny některé parametry, například odchylka průběhu kmitu pilky od předpokládaného harmonického průběhu.

## Kvalitativní vysvětlení.

Cílem výpočtu není kvantitativní predikce, ale ilustrace stabilizujícího efektu střídajících se impulzů, co do velikosti úměrných vzdálenosti od rovnovážné polohy. Aby byl výpočet uskutečnitelný s aparátem středoškolské matematiky, musí být impulsy velmi krátké, ideálně infinitezimálně krátké. Tomu odpovídají oscilace trojúhelníkového průřezu. Pak lze trajektorii relativně jednoduše počítat po částech. Dostaneme soustavu dvou rekurentních rovnic, které se dají velmi snadno naprogramovat v Excelu.

Uvažujme inverzní matematické kyvadlo délky  $l$ , závěs osciluje podél vertikály. V myšlenkovém experimentu nahradíme sinusový průběh oscilací trojúhelníkovým průběhem. To znamená, že mezi vrcholy trojúhelníku se po dobu  $\frac{T}{2}$ , kde  $T$  je perioda vibrací, závěs pohybuje rovnoměrně přímočaře rychlostí  $v$ . Vrchol trojúhelníku odpovídá času, kdy rychlost mění znaménko. Předpokládejme, že  $T \ll \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{l}{g}}$ . Amplituda kmitů je  $A = v * \frac{T}{4}$ . V neinerciální vztažné soustavě spojené s osou kývání kyvadla každý vrchol trojúhelníkového průběhu znamená, že se hybnosti hmotného bodu matematického kyvadla změní o

$$|\Delta p| = 2mv\varphi(t).$$

Kde  $m$  je hmotnost,  $\varphi(t)$  je malá úhlová výchylka od vertikály, čas  $t$  je okamžik odpovídající vrcholu trojúhelníkového průběhu  $t = n * \frac{T}{2}$ . Můžeme psát  $\varphi\left(n \frac{T}{2}\right) = \varphi_n$ . Znaménko impulsu síly se střídá,

$$\Delta p_n = 2mv\varphi_n(-1)^n.$$

Změna úhlové rychlosti je

$$\Delta\dot{\varphi}_n = \frac{2v}{l} \varphi_n(-1)^n.$$

Mezi impulzy, se osa kývání kyvadla pohybuje po dobu  $\frac{T}{2}$  rovnoměrně přímočaře, tedy, v tomto intervalu se kyvadlo pohybuje v tíhovém poli zemském volně. Pro malé výchylky  $\varphi_n$  a  $T \ll \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{l}{g}}$  můžeme následující pozici  $\varphi_{n+1}$  za čas  $\frac{T}{2}$  aproximovat vztahem

$$\varphi_{n+1} = \varphi_n + (\dot{\varphi}_n + \Delta\dot{\varphi}_n) \frac{T}{2} + \frac{1}{2} \ddot{\varphi}_n \frac{T^2}{4}.$$

Tedy následující úhlová pozice  $\varphi_{n+1}$  je dána rovnoměrně zrychleným pohybem s úhlovým zrychlením  $\ddot{\varphi}_n$  od polohy  $\varphi_n$ , s počáteční rychlostí  $\dot{\varphi}_n$

Pro  $\ddot{\varphi}_n$  platí

$$\ddot{\varphi}_n = \frac{1}{2} \frac{g}{l} \varphi_n.$$

Pak

$$\varphi_{n+1} = \varphi_n + \left( \dot{\varphi}_n + \frac{2v}{l} \varphi_n (-1)^n \right) * \frac{T}{2} + \frac{1}{2} \frac{g}{l} \varphi_n \frac{T^2}{4}, \quad (2)$$

$$\dot{\varphi}_{n+1} = \left( \dot{\varphi}_n + \frac{2v}{l} \varphi_n (-1)^n \right) + \frac{g}{l} \varphi_n \frac{T}{2}. \quad (3)$$

Rovnice (2) je z matematického hlediska rovnice popisující volný pád.

Řečeno volnou řečí: kyvadlo se pohybuje tak, že padá do strany v tíhovém poli, přičemž dostává v pravidelných intervalech zprava zleva impulzy (facky), jejichž velikost je přímo úměrná výchylce. Tedy po každé fázi směřující od rovnovážné polohy přijde silnější, směřující k ní. Dá se předpokládat, že pro vhodné poměry parametrů kyvadla, počáteční podmínky, frekvenci a velikost impulzů, bude ve střední hodnotě vznikat vratný efekt a kyvadlo v pozici nad osou kývání bude oscilovat kolem vertikály.

Dá se na to velmi snadno napsat program v tabulovém procesoru Excel. Nejsou potřeba žádná makra, kromě konstant stačí definovat čtyři buňky.

Uvažujme tyto konkrétní hodnoty.

Délka matematického kyvadla  $l = 0.4m$ .

Frekvence oscilací závěsu budeme měnit po setinách v intervalu

$$f \in \langle 49,52 | 49,54 \rangle \text{ Hz.}$$

Perioda  $T = 1/f \text{ s}$ .

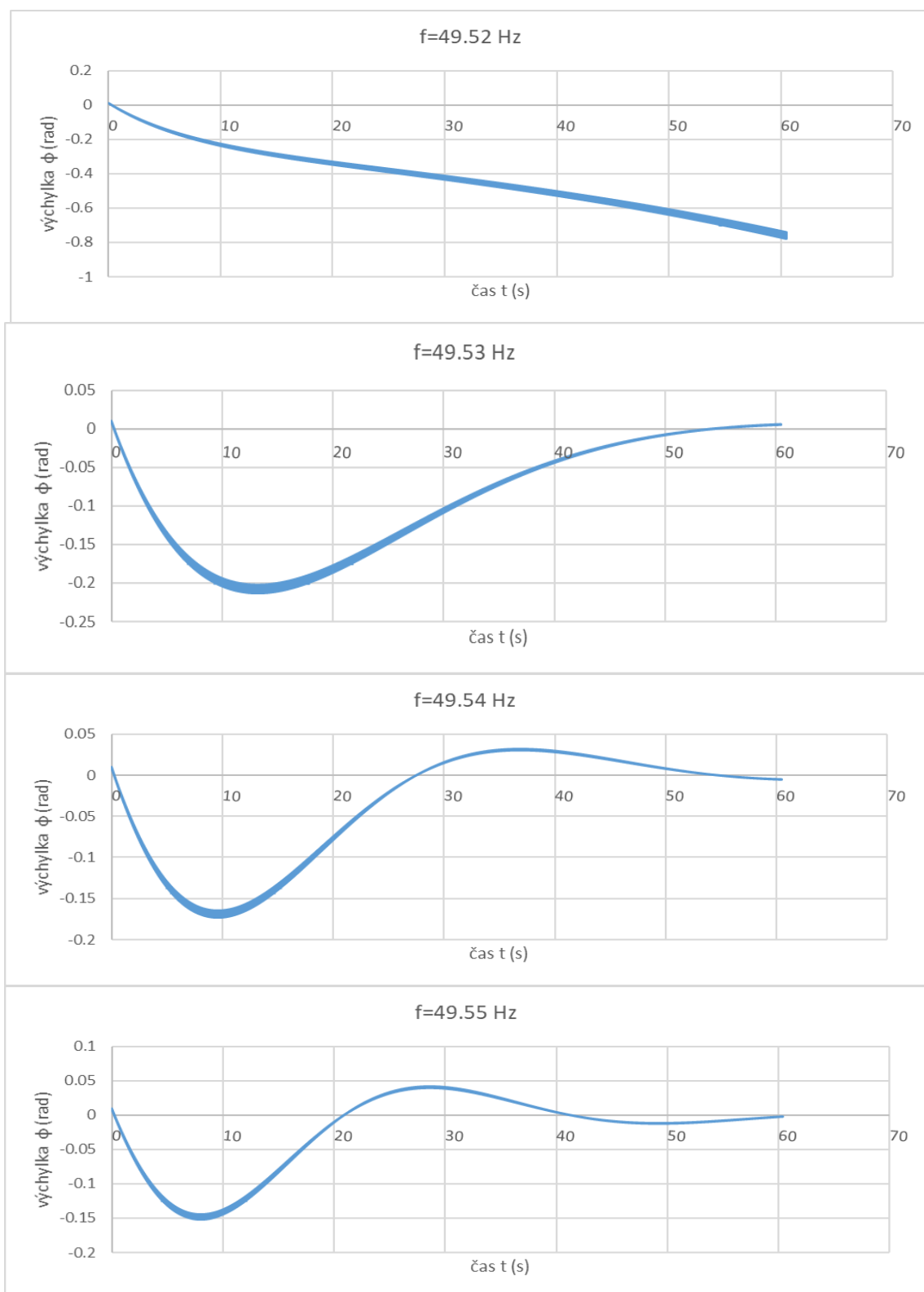
Tíhové zrychlení  $9.81 \text{ ms}^{-2}$ .

Amplituda oscilací  $A = 0.01 \text{ m}$ . Rychlost pohybu osy kývání (rychlost přeběhu mezi vrcholy trojúhelníkových vibrací)  $v = 4 * \frac{A}{T} \text{ ms}^{-1}$ .

Počáteční podmínky volíme  $\varphi_0 = 0.01 \text{ rad}$ ,  $\dot{\varphi}_0 = 0.01 \text{ rad/s}$ .

Pro tyto hodnoty dostaneme simulovaný průběh výchylky na čase

Pro frekvenci oscilací  $49.52 \text{ Hz}$  je kyvadlo v situaci, kdy oscilace trojúhelníkového průběhu kompenzují působení tíhové síly a kyvadlo se pohybuje z počáteční polohy víceméně stále stejnou a to počáteční rychlostí. S rostoucí frekvencí oscilací, nastává stabilizující efekt.



Obrázek 46: numerická simulace pohybu Kapitova kyvadla 1

Je potřeba zdůraznit, že použitý model je hrubě aproximativní. Kvalitativně podstatu jevu snad vystihuje. Existuje způsob, jak spojit postup uvedený v příloze (sinusový průběh oscilací) s tímto přístupem (trojúhelníkový průběh), ale to už je svojí komplikovaností mimo rámec tohoto článku.



## Příloha: odvození podmínky stability

Protože matematické kyvadlo nejde experimentálně realizovat, uvažujme fyzické kyvadlo v podobě homogenního štíhlého nosníku délky  $l$  a hmotnosti  $m$ , v tíhovém poli  $g_0$  viz obr. 1.

Moment setrvačnosti vzhledem k ose kývání (závěsu) kyvadla

$$J = \frac{ml^2}{3}.$$

Moment síly působící na kyvadlo vzhledem k ose kývání

$$M_f = \frac{lgm}{2} \sin(\varphi).$$

Kde  $\varphi$  je úhel výchylky od vertikály.

Pro inverzní kyvadlo (s osou otáčení pod těžištěm) platí pohybová rovnice

$$\frac{d^2}{dt^2} \varphi = \frac{3g}{2l} \sin(\varphi).$$

Označme

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{3g}{2l}}.$$

Předpokládejme, že závěs kyvadla osciluje ve vertikálním směru. Výchylka závěsu je popsána periodickou funkcí  $y(t)$  s frekvencí  $f$ . Přejdeme do neinerciální soustavy spojené s oscilujícím závěsem. Kyvadlo se v této neinerciální vztažné soustavě pohybuje tak, jako by se nacházelo v tíhovém poli

$$g_c = g - \frac{d^2}{dt^2} y(t).$$

Označíme

$$\frac{d^2}{dt^2} y(t) = a(t).$$

Předpokládáme, že pro frekvenci oscilací platí

$$f \gg f_0.$$

Úhlovou výchylku kyvadla  $\psi(t)$  vyjádříme pomocí rychle se měnící funkce  $\xi(t)$  s frekvencí oscilací  $f$  a pomalu se měnící funkce  $\varphi(t)$ . Předpokládejme, že  $\xi(t) \ll \varphi(t)$ ,

$$\psi(t) = \varphi(t) + \xi(t).$$

Pak můžeme psát pohybovou rovnici ve tvaru

$$\frac{1}{3} ml^2 \frac{d^2}{dt^2} \psi = \frac{1}{2} ml(g - a(t)) \sin(\psi).$$

Výraz

$$\sin(\psi) = \sin(\varphi + \xi),$$

rozklopíme v řadu do prvního řádu podle  $\xi(t)$

$$\sin(\psi) = \sin(\varphi + \xi) \cong \sin(\varphi) + \xi(t) \cos(\varphi).$$

Po dosazení za  $\psi$  a po úpravě

$$\frac{d^2}{dt^2}(\varphi + \xi) = \frac{3}{2l}(g - a(t))(\sin(\varphi) + \xi \cos(\varphi)). \quad (4)$$

Rovnici vyřešíme postupem uvedeným v [3] jehož autorem je P. Kapica. V prvním kroku položíme pomalu se měnící funkci  $\varphi(t) = \text{konst}$ , a s využitím podmínky  $\xi \ll \varphi$  a za předpokladu, že  $a(t) \gg g_0$  po zanedbání malých členů dostaneme

$$\frac{d^2}{dt^2}(\xi) = -\frac{3}{2l}a(t)\sin(\varphi).$$

Vzhledem k tomu, že

$$a(t) = \frac{d^2}{dt^2}y(t),$$

je řešením

$$\xi(t) = -\frac{3}{2l}y(t)\sin(\varphi) + c_1 * t + c_2.$$

Počáteční konstantní úhlovou rychlost  $c_1$  a polohy  $c_2$  položíme rovny nule. Výsledek

$$\xi(t) = -\frac{3}{2l}y(t)\sin(\varphi),$$

zpětně dosadíme do (4) a po úpravě

$$\frac{d^2\varphi(t)}{dt^2} - \frac{3}{2l}a(t)\sin(\varphi) = \frac{3}{2l}(g - a(t))\left(\sin(\varphi) - \frac{3}{2l}y(t)\sin(\varphi) * \cos(\varphi)\right).$$

Člen

$$\frac{3}{2l}a(t)\sin(\varphi),$$

se vyruší a po úpravě

$$\frac{d^2\varphi(t)}{dt^2} = \frac{3}{2l}g\sin(\varphi) - \frac{9g}{4l}y(t)\sin(\varphi) * \cos(\varphi) + \frac{9}{4l}y(t)a(t)\sin(\varphi) * \cos(\varphi).$$

Spočítáme střední hodnotu rovnice přes periodu oscilací  $\frac{1}{f}$

$$f \int_0^{\frac{1}{f}} \frac{d^2\varphi(t)}{dt^2} dt = \\ = \frac{3f}{2l} \left( \int_0^{\frac{1}{f}} g \sin(\varphi) dt - \frac{3g}{2l} \int_0^{\frac{1}{f}} y(t) \sin(\varphi) * \cos(\varphi) dt + \frac{3}{2l} \int_0^{\frac{1}{f}} a(t) y(t) \sin(\varphi) * \cos(\varphi) dt \right)$$

$\frac{d^2\varphi(t)}{dt^2}$  je během periody vibrace téměř konstantní, tedy

$$f \int_0^{\frac{1}{f}} \frac{d^2\varphi(t)}{dt^2} dt \cong \frac{d^2\varphi(t)}{dt^2}.$$

Dále je během periody vibrace téměř konstantní  $g \sin(\varphi)$ ,  $\cos(\varphi)$  a  $\sin(\varphi)\cos(\varphi)$  pak

$$f \int_0^{\frac{1}{f}} g \sin(\varphi) dt \cong g \sin(\varphi).$$

Po dosazení a úpravě máme

$$\begin{aligned} \frac{d^2\varphi(t)}{dt^2} &= \frac{3}{2l} g \sin(\varphi) - \frac{9g}{4l^2} \sin(\varphi) * \cos(\varphi) f \int_0^{\frac{1}{f}} y(t) dt + \\ &+ \frac{9}{4l^2} \sin(\varphi) * \cos(\varphi) f \int_0^{\frac{1}{f}} a(t)y(t) dt. \end{aligned} \quad (5)$$

Předpokládejme, že oscilace jsou harmonické, tedy

$$y(t) = A \sin(\omega t).$$

Kde A je amplituda. Pro zrychlení pak platí

$$a(t) = -\omega^2 A \sin(\omega t).$$

Druhý člen na pravé straně rovnice (5) je potom nulový, protože integrál z funkce sin přes periodu je nula. Poslední člen rovnice (5)

$$\frac{9}{4l^2} \sin(\varphi) * \cos(\varphi) f \int_0^{\frac{1}{f}} a(t)y(t) dt = -\frac{9A^2\omega^2}{8l^2} \sin(\varphi) * \cos(\varphi).$$

Protože

$$f \int_0^{\frac{1}{f}} a(t)y(t) dt = -A^2\omega^2 f \int_0^{\frac{1}{f}} \sin(\omega t)^2 dt = -A^2\omega^2 \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \sin(\beta)^2 d\beta = -\frac{A^2\omega^2}{2}.$$

Tedy po úpravě vyjde střední hodnota diferenciální rovnice přes periodu vibrací

$$\frac{d^2\varphi(t)}{dt^2} = \left( \frac{3}{2l} g - \omega^2 A^2 \frac{9}{8l^2} \cos(\varphi) \right) \sin(\varphi).$$

Pro malé úhly výchylky můžeme psát

$$\sin(\varphi) \cong \varphi, \quad \cos(\varphi) \cong 1.$$

Potom

$$\frac{d^2\varphi(t)}{dt^2} = \left( \frac{3}{2l} g - \omega^2 A^2 \frac{9}{8l^2} \right) \varphi.$$

Pokud

$$\left( \frac{3}{2l} g - \omega^2 A^2 \frac{9}{8l^2} \right) = 0,$$

nebude pozice kyvadla v blízkém okolí vertikální osy ovlivněná tíhovou silou, tj. úhlová výchylka poroste od počáteční výchylky s časem podle počáteční rychlosti lineárně. Bude-li člen

$$\left(\frac{3}{2l}g - \omega^2 A^2 \frac{9}{8l^2}\right) < 0.$$

dostaneme rovnici fyzického kyvadla. Inverzní kyvadlo, tj. tyčka s těžištěm nad osou, bude pro malé výchylky kývat s úhlovou frekvencí malých kmitů  $\Omega$ :

$$\Omega = \sqrt{\omega^2 A^2 \frac{9}{8l^2} - \frac{3}{2l}g}.$$

Pokud je tedy splněna podmínka

$$\left(\frac{3}{2l}g - \omega^2 A^2 \frac{9}{8l^2}\right) < 0,$$

explicitně pro frekvenci vibrací

$$f > \frac{1}{\pi A} \sqrt{\frac{gl}{3}},$$

setrvá inverzní kyvadlo v pozici se závěsem níž, než je jeho těžiště.

## Literatura

- [1] Butikov E.: Kapitza's Pendulum: A Physically Transparent Simple Treatment, <http://butikov.faculty.ifmo.ru/InvPendulumCNS.pdf>
- [2] Kapitza's pendulum, [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Kapitza%27s\\_pendulum&oldid=1166846883](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Kapitza%27s_pendulum&oldid=1166846883)
- [3] Landau L.D., Lifshitz E.M.: Mechanics. Butterworth Heinemann, Pergamon Press 1976. s 93- 95

## Dalších 24 konceptuálních úloh aneb druhý ročník fyzikálního „kalendáře“

ZDEŇKA KOUPILOVÁ

Katedra didaktiky fyziky MFF UK, Praha

### Abstrakt

*Konceptuální úlohy představují v naší republice trochu neznámý, a tedy i méně používaný typ úloh. V prvním pololetí tohoto roku probíhal druhý ročník dlouhodobé hry s názvem Zcela neadventní kalendář [1], která přinesla dalších 24 konceptuálních či jim podobných úloh a tím tyto úlohy popularizovala mezi učiteli.*

### Jak to začalo

Inspirací pro vznik této hry na začátku roku 2022 byly různé adventní kalendáře, kterých je předvánoční čas přeplněný – v obchodech najdete různé čokoládové či zdravější oříškové verze, krabice s 24 překvapeními ve stylu nějakého velmi známého filmu, či třeba s malými lego modely. Učitelé včetně fyzikářů sdílejí úkoly pro své žáky, aby inspirovali své kolegy. Z dobře zavedených fyzikálních projektů uveďme německý Physics in Advent [2], jednodušeji pojatý český Advent s fyzikou J. Reichla [3] a Adventní kalendář s pokusy ÚDiFu [4]. Každý prosincový den přináší nějakou dobrotu, překvapení, námět na přemýšlení, úkol, ale po vánočních svátcích vzniká prostor, který se tento „kalendář“ snaží využít.

Neadventní kalendář je sice obvykle prezentován jako soutěž či hra, ale od začátku byl připravován tak, že vůbec nejde o nějaké soutěžení, porovnávání znalostí či počítání „správných“ odpovědí, ale o přemýšlení nad zadaným problémem, hledání dalších souvislostí a možností, prostě o radost z poznávání.

Pro druhý ročník soutěže (na rozdíl od prvního ročníku) bylo připraveno speciální rozhraní [5] (viz obr. 1), které automaticky rozesílalo upozornění na zveřejněnou úlohu, účastníkům umožnilo vrátet se a případně doplňovat své odpovědi a obdržet komentář ke svému řešení. Také byla v tomto rozhraní zveřejňována řešení a komentáře k jednotlivým úlohám.

### Průběh soutěže

Pro účast ve hře se museli řešitelé zaregistrovat do rozhraní hry pomocí zvolené přezdívky a hesla. Také mohli zadat svoji e-mailovou adresu (ale nebylo to povinné), na kterou jim potom chodilo upozornění na nově zveřejněnou úlohu. Bylo tedy možné se účastnit zcela anonymně.

V každém z 24 týdnů od 5. ledna po 23. června bylo ve čtvrtek v rozhraní hry zveřejněno zadání úlohy. Protože jsme z předchozího ročníku měli zkušenost, že řešitelé obvykle posílají jen stručná textová řešení, která mohou rychle natukat i na mobilu, a žádná plánovaná úloha explicitně nevyžadovala zaslání obrázku, ponechali jsme možnost připojit k řešení nějaký náčrtek či jiný soubor pouze tak, že ho řešitel zaslal e-mailem.

Na zadanou úlohu mohli čtenáři odpovídat celých osm dní, tj. ještě den po zveřejnění další úlohy. Tento překryv se nám osvědčil, protože z časů zadávání odpovědí bylo jasné patrné, že právě chuť podívat se na zadání dalšího úkolu, zvýšila i pravděpodobnost odeslání odpovědi na předchozí otázku.

Kalendář O projektu ZDĚNKA

Neadventní kalendář

Úloha č.7 - Je lehčí dřevo nebo voda? 16.02 - 24.02 | 2023

Zobrazit řešení

**Je lehčí dřevo nebo voda?**

Dvě naprosto stejné misky jsou až po okraj naplněné vodou. V jedné z nich plave velké dřevěné poleno. Misky položíme na váhy (viz obrázek). Která miska bude těžší?

A) miska jen s vodou  
B) miska s vodou a polenem  
C) obě misky budou stejně těžké  
D) nelze rozhodnout  
E) jiná odpověď

Zdroj: neadventní kalendář, 07/2023

Odpověď:

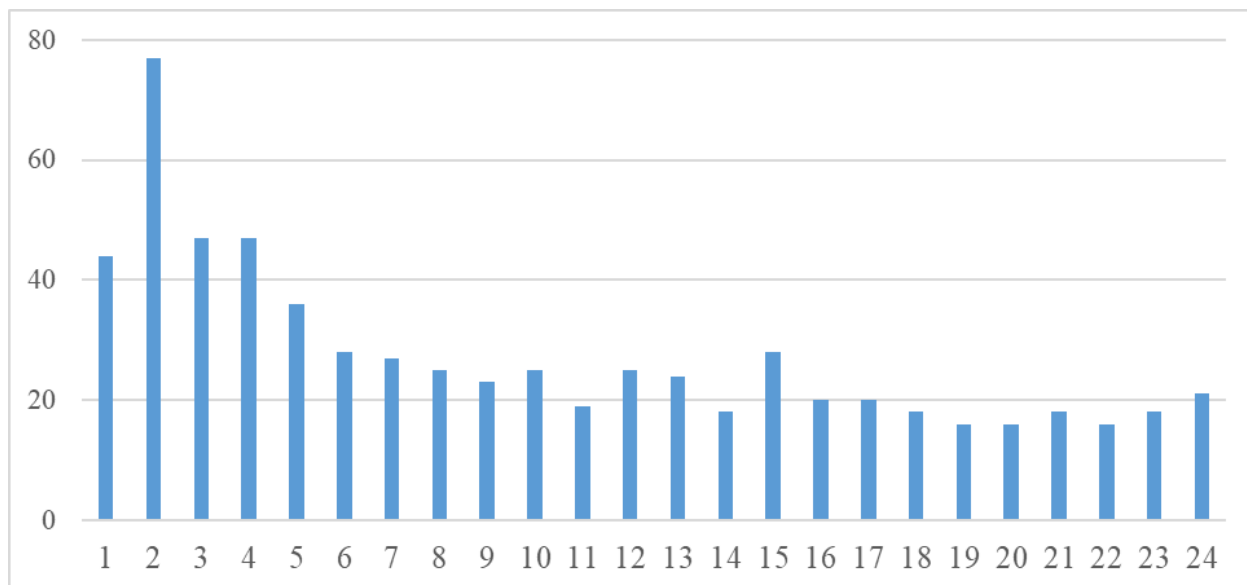
A) miska jen s vodou  
 B) miska s vodou a polenem  
 C) obě misky budou stejně těžké  
 D) nelze rozhodnout  
 E) jiná odpověď

Vaše vysvětlení

[Přejít zpět na stránky Katedry didaktiky fyziky](#)

Obr. 1. Úvodní obrazovka (vlevo) a obrazovka s konkrétní úlohou (vpravo) rozhraní Neadventního kalendáře

Soutěž jsme propagovali mezi učiteli, kteří se účastní jiných akcí naší katedry, ale i na sociálních sítích. Celkem se do rozhraní zaregistrovalo 246 řešitelů (či řešitelských skupin) a zaslali 656 odpovědí. Jejich počty ukazuje graf na obr. 2. Celkem 11 účastníků odeslalo odpověď na více než 20 úloh, stalo se tak „vítězi“ a získalo tak v závěru drobný dárek.



Obr. 2. Počty zaslaných odpovědí na jednotlivé otázky



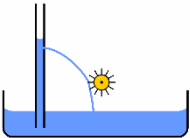
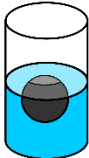


Tab. 1. Počet úloh z jednotlivých témat

téma	počet úloh
mechanika	8
termodynamika a molekulová fyzika	5
elektrina a magnetismus	9
optika	2

Díky průběžnému zveřejňování úloh na sociálních sítích a ohlasům, které jsme tak získali, víme, že se reálně zapojilo násobně více lidí, kteří úlohy promýšleli a diskutovali se žáky či kamarády, ale neposílali odpovědi do soutěže. Za poklesem počtu odpovědí stojí jednak vzrůstající náročnost úloh (za začátku převládaly úlohy vhodné pro žáky základní školy, ale postupně se stále častěji objevovaly úlohy vyžadující i středoškolské poznatky), jednak časová náročnost a nutnost pravidelně soutěž sledovat. Ze závěrečné ankety vyplynulo, že řešení úloh sice nejvíce posílali právě učitelé na základní a středních školách, ale zapojili se i lidé, kteří s fyzikálním vzděláváním nemají profesně nic společného.

Zastoupení jednotlivých hlavních fyzikálních témat v úlohách je uvedeno v tabulce 1.

<p><b>O kolik dříve by se rozednilo?</b></p> <p>Vzdálenost Země a Slunce je přibližně 150 milionů kilometrů a světlo se vakuem šíří rychlostí 300 000 km/s, takže mu to chvíli trvá, než se k Zemi dostane. Zkuste spočítat či odhadnout, oč dříve by se ráno rozednívalo, pokud by se světlo dokázalo šířit dvojnásobnou rychlostí.</p>  <p>A) asi o osm minut dříve B) přibližně o čtyři minuty dříve C) ve stejnou dobu D) výsledná hodnota závisí na ročním období E) jiná odpověď</p> <p><small>Zveřejněno: neadventní kalendář, 02/2023</small></p>	<p><b>Skok a krok</b></p> <p>Po lesní cestě hopkal zajíc. Ve chvíli, kdy ho uviděl pes, byl zajíc od psa vzdálen 20 skoků. Oba okamžitě vyrazili svoji největší rychlostí. Pes má delší krok, sedm jeho kroků odpovídá devíti skokům zajíce. Ale za dobu, kdy pes udělá pět kroků, stihne zajíc udělat šest skoků.</p> <p>Kolik skoků ještě stihne zajíc udělat, než ho pes chytí?</p>  <p><small>Zveřejněno: neadventní kalendář, 09/2023</small></p>
<p><b>Kapilární perpetuum mobile</b></p> <p>Současné potíže se zdražováním energie by mohlo vyřešit jednoduché zařízení. Skládá se z nádoby s vodou a kapiláry, ve které je vodní hladina výše díky kapilární elevaci. Pod úrovní hladiny je v kapiláře dírka, kterou voda odtéká (či odkapává) a přitom roztáčí malé vodní kolo, které může vykonávat nějakou užitečnou práci (třeba pomocí dynama vyrábět elektřinu), aniž by cokoli spotřebovávalo.</p>  <p>Proč by takové zařízení nefungovalo?</p> <p><small>místo kapiláry lze využít i krotky, po kterých by voda vzlínala nahoru do otáčivé nádoby perpetuum mobile 1. druhu = stroj, který opakovaně vykonává větší práci než je energie, kterou přijímá z okolí</small></p> <p><small>Zveřejněno: neadventní kalendář, 16/2023</small></p>	<p><b>Plování na rozhraní</b></p> <p>Sklenice je naplněná z poloviny vodou a u hladiny vody plave kulička, která je skoro celá ponořená do vody. Do sklenice opatrně přilijeme kuchyňský olej, který zůstane nad vodou. Jak se přilítím oleje změní zanoření kuličky do vody?</p>  <p>A) Kulička klesne ke dnu sklenice. B) Kulička se ještě více zanoří do vody, ale zůstane u rozhraní olej-voda. C) Kulička bude zanořena do vody v podstatě stejně. D) Kulička bude zanořena do vody méně než před přilítím oleje. E) Nelze o tom obecně rozhodnout</p> <p><small>Zveřejněno: neadventní kalendář, 24/2023</small></p>

Obr. 3. Ukázka 4 úloh, jež řešitelé v závěrečné anketě označili jako ty, které je nejvíce zaujaly

## Konceptuální úlohy

Jedním z důvodů pro realizaci „soutěže“ je snaha popularizovat konceptuální a jím podobné úlohy, které se zaměřují na pochopení základních myšlenek, nikoli na zapamatování si údajů či „řemeslné zvládnutí“ nějakých (např. výpočtových) postupů. Podrobně je tento typ úloh popsán v příspěvku z minulého ročníku Veletrhu nápadů učitelů fyziky [6], proto zde jen stručně zmíníme charakteristiky úloh použitých v soutěži (ukázka čtyř úloh je na obr. 3):

- Lze je řešit úvahou či opravdu velmi jednoduchým výpočtem.
- Jsou zaměřené na nějaký konkrétní fyzikální zákon či jev.
- Záměrně bývají nejednoznačné.
- Jsou určeny k vyvolání diskuze/přemýšlení.
- Umožňují řešení na různých úrovních.
- Zdůvodnění odpovědí ukážou, který aspekt řešitel nepochopil či používá chybně.
- Nejsou vhodné pro písemné testování znalostí.

## Závěr

V závěrečné anketě zejména učitelé hodnotili úlohy jako inspirativní. Ocenili pestrost úloh, to, že zadání některých úloh „byla ze života“, i skutečnost, že se v rámci zamýšlení se nad úlohami dozvěděli něco nového. I když počet zaslaných odpovědí se nezdá nijak vysoký, tak dosah této hry není až tak malý. Odpovědi učitelů ze závěrečné ankety a ohlasy ze sociálních sítí, by se daly shrnout asi takto: „Takových úloh není nikdy dost, sbíráme si je, při vhodných příležitostech zařazujeme do své výuky, ale také si užíváme možnost nad novými přemýšlet.“ Pokud se najde dostatečné množství nápadů na další sadu 24 úloh, poběží Neadventní kalendář i v roce 2024.

## Literatura

- [1] Zcela neadventní kalendář. Dostupné online [cit. 20. 9. 2023].  
<https://kdf.mff.cuni.cz/neadventni-kalendar/>
- [2] Physics in Advent. [cit. 20. 9. 2023]. Dostupné online [cit. 20. 9. 2023].  
<https://www.physics-in-advent.org/>
- [3] Advent 2022 s fyzikou. [cit. 20. 9. 2023]. Dostupné online [cit. 20. 9. 2023].  
[http://reichl.com/fyzika/show/2022\\_advent/2022\\_advent.htm](http://reichl.com/fyzika/show/2022_advent/2022_advent.htm)
- [4] Adventní kalendář ÚDiFu. [cit. 20. 9. 2023]. Dostupné online [cit. 20. 9. 2023].  
<https://udif.cz/advent/>
- [5] Neadventní kalendář. Dostupné online [cit. 20. 9. 2023]. Dostupné online:  
<http://kalendar.kdf1s5.troja.mff.cuni.cz/>
- [6] Koupilová Z. Konceptuální úlohy aneb trochu netradiční kalendář. In Holubová R. et al. (2017): Sborník příspěvků z mezinárodní konference Veletrh nápadů učitelů fyziky 27, Olomouc 26. – 28. srpna 2022 [online]. Univerzita Palackého v Olomouci, 303 s., ISBN 978-80-244-6217-2. Dostupné online [cit. 20. 9. 2023].  
[https://vnuf.upol.cz/vnuf27\\_sbornik.pdf](https://vnuf.upol.cz/vnuf27_sbornik.pdf)

## Různé? Stejné! – sady výukových karet

ZDEŇKA KOUPILOVÁ

Katedra didaktiky fyziky MFF UK, Praha

Známkou hlubšího pochopení významu je schopnost věc, pojem či jev rozpoznat v různých podobách (reprezentacích), což platí i pro fyzikální a matematické veličiny, pojmy, děje a zákony. V příspěvku jsou stručně představeny dvě sady karet a aktivit s nimi, jejichž základem je právě uvedená myšlenka. Dále je zde zmíněna metodická webová podpora, jejímž cílem je ulehčit učitelům využití karet ve výuce.

### Obsah sady

Obě sady karet, tj. sada pro matematiku a sada pro fyziku, jsou zcela analogické, pouze pracují s pojmy z daného předmětu. [1] V každé krabici naleznete 38, resp. 36 trojic čtvercových karet (a navíc 36 čtvercových karet s prázdnou lícovou stranou pro vytvoření vlastních doplňkových karet), 21 kruhových karet a 31 šestiúhelníkových karet. Karty jsou vyrobeny z tvrdého kartónu, aby vydržely i častější používání ve školních třídách, či dokonce v přírodě.



Obr. 1. Obě sady karet

### Příklady aktivit

Karty jsou koncipované tak, aby umožňovaly velmi různorodé aktivity – jednodušší pro šestáky (či i mladší děti) a složitější, které svojí náročností neurazí ani maturanty, několikaminutové hříčky, stejně tak aktivity na celou vyučovací hodinu.

Čtvercové kartičky tvoří trojice s různými vyjádřeními jednoho pojmu a lze je k sobě různě přiřazovat, procvičovat terminologii, či je využít pro tzv. „tříkartičkové pexeso“ (komerční názvy jsou obvykle pexetrio či trixeso) v různé složitosti i délce.

Na kruhových kartách je vždy pět různých pojmů a na šestiúhelníkových kartách šest různých pojmů. Umístění pojmů na karty je takové, že na každých dvou kartách stejného tvaru je právě jeden společný pojem (stejný princip využívají hry prodávané pod názvem Dobble či Spot It!). Toto rozmístění pojmů na kartách umožňuje různé varianty vyhledávacích a porovnávacích her, které mohou být individuální i vyžadující spolupráci menší skupiny žáků, dobře se dají spojit i s fyzickým pohybem, a tak mohou být pro žáky atraktivnější.

Protože na kartách všech tvarů jsou použity stejné pojmy a jejich reprezentace, lze je mezi sebou kombinovat, což dává učitelům opravdu nepřehledné možnosti jejich využití.



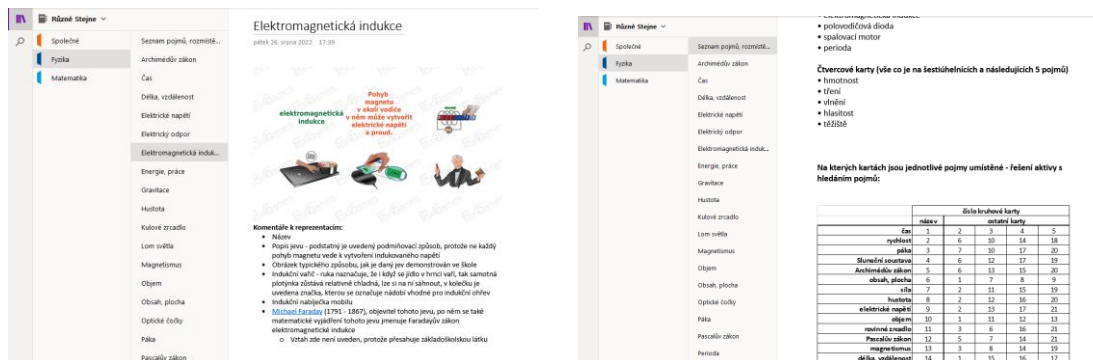
Obr. 2. Karty v akci na seminářích pro učitele (vlevo), se středoškoláky ve škole (vpravo nahoře) a na soustředění pro nadané středoškoláky (vpravo dole)

## Podpůrný metodický web pro učitele

Samostatně prozkoumávat všechny rozmanité možnosti využití karet by bylo pro učitele velmi časově náročné – a tisknutí pravidel pro všechny aktivity by bylo finančně náročné a neflexibilní, zejména proto, že se stále objevují nové způsoby, jak karty využít. Proto jsou v krabici zahrnuty pouze popisy karet a pravidla základních aktivit, které lze také stáhnout z webových stránek her [1]. K poskytnutí další podpory byl vytvořen speciální webový portál [2], kde nejsou jen popisy karet, ale také přehledy všech pojmů, jejich rozložení na kartách a vzorová řešení pro přiřazovací aktivity, které učitelé mohou využít. Na tomto portálu jsou pravidelně přidávány nové nápady na aktivity, metodické poznámky, komentáře a odkazy k jednotlivým reprezentacím, což je užitečné pro diskuse o jednotlivých pojmech.

Na webových stránkách her [1] učitelé najdou také videozáznam webináře o využití těchto karet ve výuce, kde jsou pravidla základních her názorně vysvětlena s konkrétními ukázkami realizace.

K další podpoře učitelů pořádáme semináře, kde si mohou učitelé hry vyzkoušet osobně, položit otázky ohledně všech detailů a získat zkušenosti od autorky hry.



Obr. 3. Ukázka dvou stránek z podpůrného metodického webu

## Závěr

Některé sady (krabice) mají za sebou již rok používání na školách. Zkušenosti, které s námi učitelé sdílí, vypovídají o tom, že práce s kartami žáky baví, a to i ty, pro které fyzika nebo matematika nejsou nejoblíbenějšími předměty. Využívají se jak na základních, tak na středních školách. Použité reprezentace ukazují žákům fyzikální i matematické pojmy z jiného úhlu, než na jaký jsou zvyklí, což vede k diskuzím, vysvětlování a rozvíjení jejich znalostí.

Na druhou stranu se v praxi ukazuje, že karty je vhodné použít jako drobné hříčky pro nastartování práce na začátku hodiny, netradiční jednorázové opakování či shrnutí látky, případně jako „hru“ pro žáky, kteří mají hotovou zadanou práci. Lze jimi také smysluplně využít hodiny, ve kterých by nebylo příliš vhodné probírat novou látku (např. chybí podstatná část třídy, pozornost studentů je napřena k blížícím se Vánocům či konci školního roku).

## Literatura

- [1] *Různé? Stejně!* [Cit. 10. 9. 2023]. Dostupné z: <https://www.ruznestejne.cz/>  
 [2] Koupilová Z. *Podpůrný web her Různé? Stejně!* [Cit. 10. 9. 2023]. Dostupné z: <https://1url.cz/6uEvP>



## Vybrané modely krystalových struktur při výuce středoškolské fyziky

FRANTIŠEK LAUFEK

Česká geologická služba, Geologická 6, 152 00 Praha 5

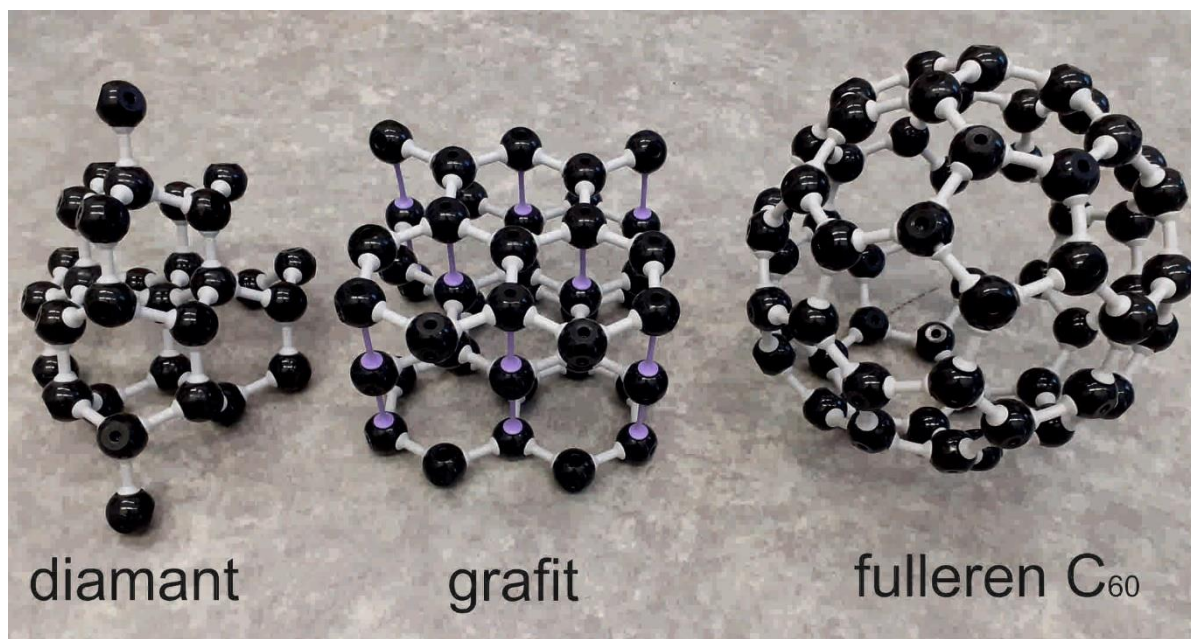
*V příspěvku jsou prezentovány modely krystalových struktur diamantu a grafitu, na kterých je předveden vliv krystalové struktury na vybrané fyzikální vlastnosti. Představen je model nejtěsnějšího uspořádání koulí (hexagonální a kubické), který byl sestaven z polystyrénových koulí. Model je snadno sestavitelný a může sloužit jako žákovský i demonstrační. Přibližuje krystalové struktury vybraných kovů. Je na něm možné ukázat tři základní typy dutin – trigonální, tetraedrickou a oktaedrickou. Z polystyrenových koulí byly také sestavené modely primitivní, plošně a tělesně centrované kubické buňky. Modely názorně ukazují uspořádání atomů v příslušných krystalových strukturách, a lze je tak použít jako vhodné didaktické prostředky (názornou pomůcku) při výpočtu důležitých parametrů struktur (koeficient zaplnění, koordinační číslo, velikost dutin, hustota).*

### Úvod

Cílem příspěvku je ukázat možnost, jak zpřístupnit jeden ze základních problémů fyziky pevných látek – krystalovou strukturu – středoškolským studentům. Toto téma má své pevné místo v tradičních učebnicích fyziky [1, 2], i když rozsahem patří k těm skromnějším kapitolám. Téma tradičně zahrnuje rozdělení pevných látek na krystalické a amorfní, ideální krystalickou mřížku a poruchy krystalové mřížky. V tomto příspěvku jsou představeny modely krystalových struktur grafitu, diamantu a molekuly fullerenu C<sub>60</sub>, které byly sestaveny z komerčně dostupné stavebnice Molymod. Lze na nich ukázat vliv krystalové struktury jako jeden ze základních parametrů, který ovlivňuje vybrané fyzikální vlastnosti pevných látek. V druhé části příspěvku je představen model nejtěsnějšího uspořádání koulí, který byl vyroben z polystyrénových koulí. Model názorně ukazuje princip výstavby struktur s nejtěsnějším uspořádáním (vybrané kovy, iontové sloučeniny) a dutiny v těchto strukturách. Modely lze využít jako vhodné didaktické prostředky při výuce příslušných partií fyziky na střední škole. Modely mohou sloužit jako demonstrační i jako žákovské.

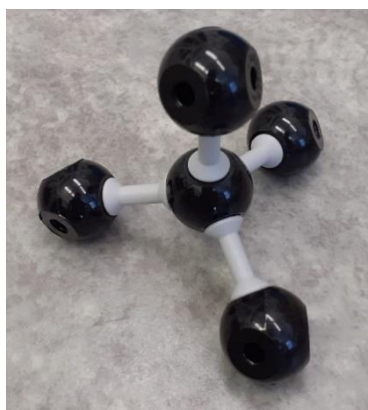
### Modely krystalových struktur grafitu, diamantu a fullerenu C<sub>60</sub>

Polymorfní modifikace uhlíku *grafit* a *diamant* jsou přímo excelentní ukázkou vlivu krystalové struktury na fyzikální vlastnosti pevných látek. Modely struktur grafitu, diamantu a molekuly fullerenu C<sub>60</sub> sestavené ze stavebnice Molymod jsou zobrazeny na **Obr. 1**. Ve struktuře diamantu vytváří atom uhlíku čtyři kovalentní vazby se sousedními atomy uhlíku, které vytváří pravidelný tetraedr (**Obr. 3**). Sestavený model struktury diamantu velmi dobře ukazuje tetraedrickou koordinaci atomů uhlíku jako základní stavební princip této látky. Zcela odlišná je struktura grafitu, která je složena z planárních vrstev atomů uhlíku, kde každý atom uhlíku vytváří tři kovalentní vazby se sousedními atomy. Vrstvy atomů uhlíku jsou v grafitu vázány pouze slabými van der Waalsovými vazbami [3]. Tyto slabé vazebné interakce jsou v modelu znázorněny slabými fialovými spojnicemi, a tak vhodně demonstrují různou sílu a délku vazeb. Vazebné vzdálenosti jsou 142 pm mezi atomy uhlíku ve vrstvách a 335 pm mezi vrstvami [3], což model dobře vystihuje různou délkou spojnic mezi atomy uhlíku.



Obr. 1 Modely diamantu, grafitu a fullerenu C<sub>60</sub> sestavené ze stavebnice Molymod. Šedé spojnice mezi atomy uhlíku znázorňují pevné kovalentní vazby C-C. Slabé van der Waalsovské vazby mezi vrstvami atomů uhlíku ve struktuře grafitu jsou znázorněny fialovými spojnicemi. Velikost molekuly fullerenu C<sub>60</sub> je 18 cm.

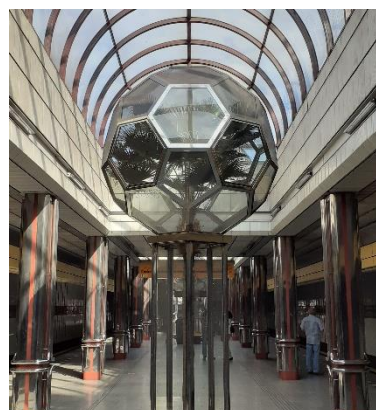
Model tak dobře vysvětluje dobrou štěpnost grafitu podél vrstev (snadno se přeruší slabé vazby mezi vrstvami, silné vazby ve vrstvách zůstanou zachovány) a jeho nízkou tvrdost. Naproti tomu diamant lze štěpit v různých směrech a může se řezat a brousit do ploch drahokamů. Diamant je, vzhledem k silné kovalentní vazbě C-C v celém krystalu, extrémně tvrdý materiál, a nachází tak uplatnění jako brusivo, v řezacích nástrojích a vrtácích. Hustota grafitu (2,26 g.cm<sup>-3</sup>) je výrazně menší než hustota diamantu (3,51 g.cm<sup>-3</sup>), jak lze očekávat z vizuálního srovnání jejich krystalových struktur na sestavených modelech (Obr. 1).



Obr. 3 Tetraedrická koordinace uhlíku v diamantu (Molymod).



Obr. 2 Papírový model komolého dvacetistěnu připomínající molekulu C<sub>60</sub>.



Obr. 4 Skleník ve tvaru komolého ikosaedru ve stanici metra Lužiny, Praha.

Odrázem rozdílné krystalové struktury grafitu a diamantu jsou také jejich odlišnosti v elektrické vodivosti. Elektrická vodivost grafitu je navíc silně směrově závislá. Ve směru rovnoběžném s vrstvou je měrný odpor  $1,3 \cdot 10^{-5} \Omega \text{ m}$  (při 293 K), ale ve směru kolmém na vrstvy je to přibližně  $1 \Omega \text{ m}$ . [3]. Uhlík má k chemické vazbě k dispozici čtyři elektrony. Ve struktuře grafitu se tři elektrony podílí na kovalentních  $\sigma$  vazbách v rámci grafitové vrstvy. Čtvrtý elektron se na těchto vazbách nepodílí, je delokalizovaný a může se tak v rámci vrstvy volně pohybovat. To



způsobuje elektrickou vodivost grafitu v rámci vrstev, která se přibližuje vodivosti kovů. Naopak ve struktuře diamantu se všechny čtyři valenční elektrony podílí na kovalentní vazbě, a diamant má tak vysoký měrný el. odpor  $1 \cdot 10^{11} \Omega \text{ m}$ . Diamant je v podstatě excelentní izolátor.

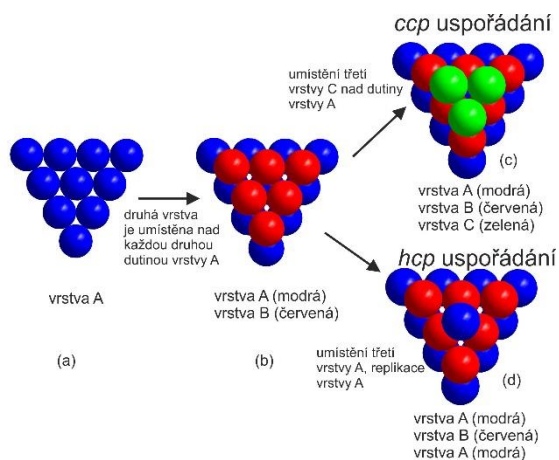
Model molekuly fullerenu  $C_{60}$  je na **Obr. 1**. V kontextu střední školy je tento model spíše ukázkou flexibility vazby C–C a pestré strukturní chemie uhlíku. Model ukazuje strukturu  $C_{60}$  složenou z šestičlenných a pětičlenných kruhů atomů uhlíku, které vytváří komolý dvacetistěn (**Obr. 2**). Kruhy jsou uspořádány tak, že žádný pětičlenný kruh spolu nesousedí. Struktura nápadně připomíná fotbalový míč a lze se sní setkat i v architektuře, např. na nástupišti pražského metra ve stanici Lužiny (**Obr. 4**).

Tyto modely Molymod se dodávají nesestavné. Podle přiloženého návodu je lze snadno sestavit a mohou sloužit jednak jako demonstrační modely, jednak jako žákovské.

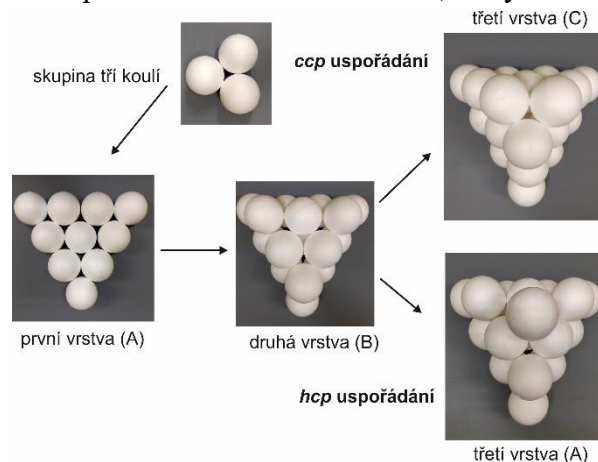
## Model kubického a hexagonálního nejtěsnějšího uspořádání

V pevném stavu tvoří kovy a iontové sloučeniny krystaly s periodicky uspořádanými atomy nebo ionty. Jejich periodicitu charakterizuje krystalová mřížka. U těchto dvou skupin látek lze atomy (resp. ionty) považovat v prvním přiblížení za sférické částice a nahlížet na strukturu těchto látek jako na uspořádání koulí. V této části příspěvku je představen model nejtěsnějšího uspořádání koulí, který je sestavený z polystyrénových koulí.

Model se skládá z polystyrénových koulí o průměru 80 mm. **Obr. 5** znázorňuje schéma nejtěsnějšího uspořádání, **Obr. 6** sestavený model. Každá koule (= atom) uspořádaná v nejtěsnějším uspořádání je v jedné rovině obklopena dalšími šesti koulemi, a vytváří tak



**Obr. 5** Schéma kubického (ccp) a hexagonálního (hcp) uspořádání koulí.



**Obr. 6** Model kubického (ccp) a hexagonálního (hcp) nejtěsnějšího uspořádání sestavený z polystyrénových koulí. Průměr polystyrénové koule je 80 mm.

vrstvu označenou jako A. Z **Obr. 5** je patrné, že nad jednotlivými koulemi první vrstvy jsou dutiny, na které můžeme umístit další koule, a vytvořit tak další vrstvu nejtěsnějšího uspořádání koulí (vrstva B). Koule této druhé vrstvy B však mohou obsadit pouze polovinu dutin z první vrstvy. Pro uložení třetí vrstvy atomů jsou pak dvě možnosti:

a) nad mezery mezi koulemi vrstvy A, které nebyly obsazeny koulemi vrstvy B. Takto se získá třetí vrstva C. Získaná sekvence vrstev je ABCABCABC.

b) přesně nad koule vrstvy A. Třetí vrstva je tak identická s první a sekvence vrstev je pak ABABAB.

První uspořádání typu ABCABC se nazývá *nejtěsnější kubické uspořádání* (cubic-close packing, ccp), druhé se sekvencí vrstev ABABAB se nazývá *nejtěsnější hexagonální*

*uspořádání* (hexagonal close-packing, *hcp*). Obě uspořádání představují nejtěsnější model uspořádání koulí v prostoru s identickým stupněm zaplnění prostoru 74 %. První způsob vede ke kubické plošně centrované mřížce, druhý k mřížce hexagonální.

Pro snazší sestavení modelu jsou koule první vrstvy spojeny do skupin po třech ve tvaru rovinného trojúhelníku; samotné koule by se po stole hned rozkutálely a vymezení okolního prostoru vhodnou překážkou se ukázalo jako dost nepraktické. Spojení koulí v rovinných trojúhelnících je realizováno pomocí kuchyňských špejlí (koule byly navrtány stolní vrtačkou a následně propojeny fragmenty cca 3 cm dlouhými kuchyňskými špejlemi a zalepeny lepidlem Herkules). Samotné lepení koulí bez špejlí se ukázalo jako nedostatečné. Takto byly připraveny pouze koule první vrstvy; ostatní koule v modelu jsou zcela volné. Ze skupin tří koulí lze rychle sestavit stabilní první vrstvu (A) a nad dutiny první vrstvy umístit koule vrstvy druhé (B). Následně je na modelu dobře patrná dvojí možnost umístění vrstvy třetí: nad mezery mezi koulemi vrstvy A (sekvence ABCABC) nebo přímo nad koule A (sekvence ABAB). Pomocí jednoho modelu lze tak snadno sestavit obě nejtěsnější uspořádání a ukázat rozdíly a podobnosti mezi nimi. Model také dobře ukazuje tři typy dutin (intersticiálních pozic) v obou uspořádáních.

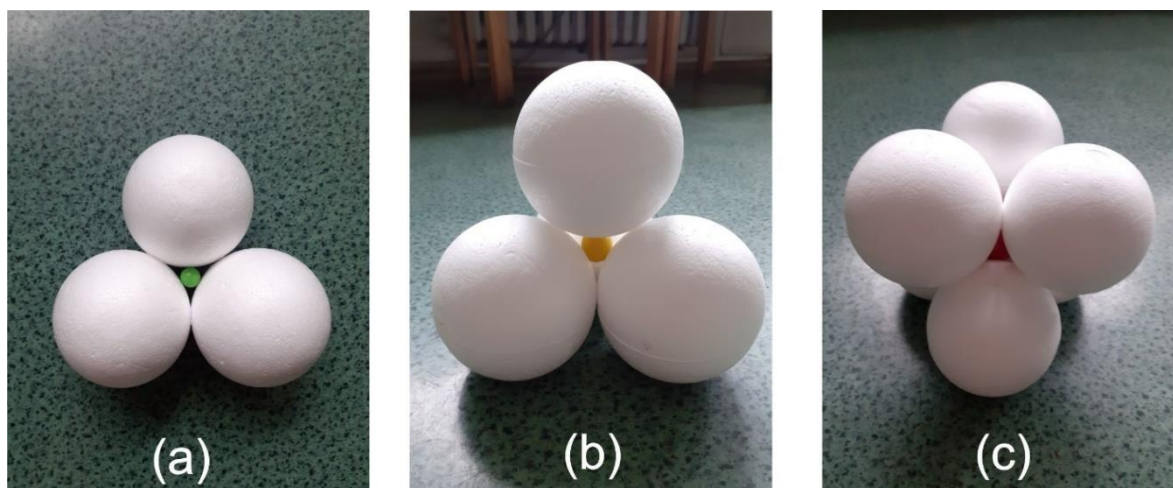
### **Intersticiální pozice (dutiny) v modelu nejtěsnějšího uspořádání**

Představený model nejtěsnějšího uspořádání koulí také názorně ukazuje dutiny, které se v tomto uspořádání vyskytují. Stupeň zaplnění prostoru je 74 %, zbývajících 24 % jsou volné mezery. Lze rozlišit tři typy dutin:

- a) trigonální (trojčetná koordinace),
- b) tetraedrická (čtyřčetná koordinace),
- c) oktaedrická (šestičetná koordinace).

Z polystyrenových koulí byly vytvořeny tři modely znázorňující tyto tři dutiny, resp. koordinace (*Obr. 7*). Všechny tyto modely jsou založené na skupině třech polystyrenových koulí spojených do tvaru rovnostranného trojúhelníku (stejně jako první vrstva u modelu nejtěsnějšího uspořádání). Trigonální dutina je tvořena sama o sobě touto skupinou tří koulí. Tetraedrická dutina je tvořena skupinou tří spojených koulí a jedné volné koule. Oktaedrická dutina je vytvořena ze dvou skupin koulí spojených do trojúhelníku. Výhoda tohoto uspořádání je stabilita modelu a možnost „odstranit“ velké atomy (polystyrenové koule) a snadno se přesvědčit o pozici atomu (kationtu) obsazující dutinu. Napevno připravený a dohromady slepený model koordinace vyniká sice vysokou mechanickou stabilitou, ale neumožňuje „demontáž“ a vizuální inspekci dutiny.

Model intersticiálního atomu (atomu obsazující dutinu) byl vyroben pomocí 3D tisku. Jeho velikost je definována danou koordinací a velikostí atomu vytvářející nejtěsnější uspořádání. Modely těchto dutin, resp. koordinací, lze snadno sestavit z modelu nejtěsnějšího uspořádání. Vizuálně je na první pohled vidět, že velikost dutiny roste s koordinačním číslem. Do trigonální dutiny lze umístit kouli o minimálním poloměru  $0,155r$ , do tetragonální  $0,228r$  a oktaedrické  $0,414r$ , kde  $r$  je poloměr polystyrenové koule. Pro ukázkou jednotlivých koordinací není nezbytně nutné mít dutinu vyplněnou intersticiálním atomem, nicméně jeho použití přispívá k přehlednosti modelu.



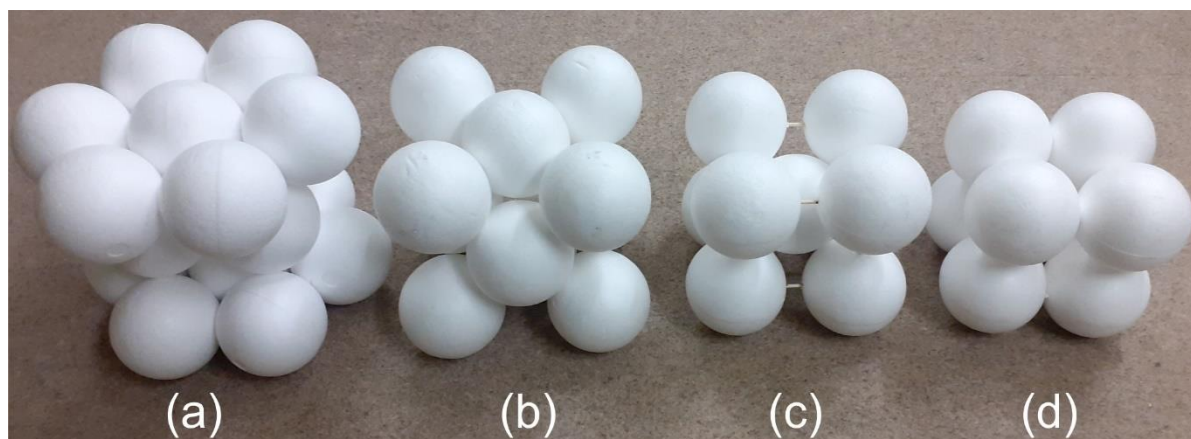
Obr. 7 Modely (a) trigonální, (b) tetraedrické a (c) oktaedrické dutiny v nejtěsnějším uspořádání koulí. Atom uvnitř dutiny byl vyroben pomocí 3D tisku. Průměr polystyrenové koule je 80 mm.

### Modely plošně, prostorově a primitivní kubické mřížky a hexagonální mřížky sestavené z polystyrenových koulí

Ze stejných polystyrenových koulí, které byly použity pro model nejtěsnějšího uspořádání, byly vyrobeny modely plošně centrované, tělesně centrované a primitivní kubické mřížky a hexagonální mřížky (Obr. 8). Kubickou plošně centrovanou mřížku (F) lze najít ve struktuře s kubickým nejtěsnějším uspořádáním (*ccp*). Model plošně centrované buňky tak doplňuje model *ccp* uspořádání; v F buňce lze sledovat vrstvy atomů se sekvencí ABC, která známe z *ccp* uspořádání. Vrstvy jsou orientovány kolmo na tělesovou uhlopříčku krychle, a tak jejich rozeznání nemusí být hned na první pohled patrné. Tento model názorně ukazuje situaci, a pomáhá tak lépe pochopit uspořádání atomů v *ccp* struktuře. Oproti tomu v nejtěsnějším hexagonálním uspořádání koulí je orientace vrstev koulí kolmá na vertikální osu. Modely mřížek lze také využít při řešení příkladů na vybrané parametry struktur (viz níže). Slouží jako názorná ukázka těsného dotyku atomů v plošně a prostorově centrované buňce a lze je využít při výpočtu stupně zaplnění u těchto struktur.

### Aplikace modelu nejtěsnějšího uspořádání při výuce fyziky

Představený model nejtěsnějšího uspořádání koulí lze využít pro ukázkou struktur kovů. Kubické nejtěsnější uspořádání vytváří např. měď, stříbro, zlato,  $\beta$ -kobalt,  $\gamma$ -železo, palladium, platina a další kovy. V hexagonálním nejtěsnějším uspořádání krystaluje hořčík, zinek, kadmium, barium,  $\alpha$ -titan,  $\alpha$ -kobalt a další kovy [4]. Strukturální skelet tvořený nejtěsnějším uspořádáním se také vyskytuje u celé řady tzv. intersticiálních sloučenin, např. karbidy, nitridy, boridy a částečně i oxidy kovů, kde menší atomy vyplňují vhodné dutiny [5]. Model lze aplikovat i na krystalové struktury vzácných plynů (Ne až Xe), vodíku a fluoru v pevném stavu,



Obr. 8 Modely (a) hexagonální, (b) kubické plošně centrované, (c) kubické tělesně centrované, (d) kubické primitivní základní buňky sestavené z polystyrenových koulí. Průměr polystyrenové koule je 80 mm.

protože i za nízkých teplot (14 a 53 K, respektive) mají dvouatomové molekuly  $H_2$  a  $F_2$  stále ještě dost velkou energii na to, aby mohly rotovat kolem své pozice v krystalové struktuře. Každá molekula je v krystalové struktuře pak v podstatě reprezentována koulí [3].

Model je koncipován, aby byl snadno sestavitelný i přímo během vyučovací hodiny a zároveň dostatečně stabilní. Z jednoho nejtěsnějšího uspořádání lze snadno přejít do druhého přeskupením třetí vrstvy koulí.

### Velikost dutin

Na modelu lze vizuálně demonstrovat tři základní typy dutin – trigonální, tetraedrickou a oktaedrickou. Model lze tak použít jako didaktickou pomůcku znázorňující geometrické podmínky použité ve výpočtech velikosti různých typů dutin v nejtěsnějším uspořádání. Pomocí 3D tisku byly také vyrobeny kuličky různých velikostí, které znázorňují atomy obsazující konkrétní dutiny (Obr. 9). Byly vyrobeny i kuličky s nevhodnou velikostí (Tabulka 3); příliš velké, které nelze do dané dutiny umístit, nebo naopak malé příliš malé, a daná koordinace je pak nestabilní (kulička z dutiny vypadne). Výpočet velikosti dutiny se tak lze experimentálně snadno ověřit změřením velikosti kuličky (např. pomocí posuvného měřidla), která vhodně vyplňuje prostor dané dutiny. Praktická ukázka „vhodných a nevhodných velikostí“ intersticiálního atomu tak vhodně doplňuje teoretické výpočty velikosti dutin (resp. intersticiálních atomů) pro dané koordinace (viz níže).



Obr. 9 Kuličky různých průměrů (9,5 – 58,2 mm) vyrobené pomocí 3D tisku. Vybrané kuličky představují atomy obsazující dutiny v ccp a hcp uspořádání.

Tabulka 3 Průměry kuliček (intersticiálních atomů) vyrobených pomocí 3D tisku. Záměrně byly vyrobeny i kuličky, které nevyhovují mezní podmínce pro trigonální, tetraedrickou a oktaedrickou dutinu.

Typ dutiny		trigonální	tetraedrická		oktaedrická		
průměry vyrobených malých koulí [mm]	9,5	12,4	18,0	25,0	33,1	44,0	58,2



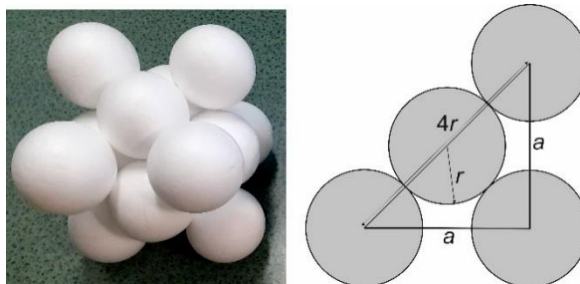
## Aplikace na výpočty parametrů krystalových struktur založených na nejtěsnějším uspořádání

Model nejtěsnějšího uspořádání a modely mřížek mohou sloužit jako vhodný didaktický prostředek (názorná pomůcka) při výpočtu důležitých parametrů struktur (koeficient zaplnění, velikost dutin, hustota) založených na nejtěsnějším uspořádání. Na modelech lze ukázat geometrické vztahy, které je možné využít v konkrétních výpočtech parametrů struktur. V následujícím odstavci jsou představeny tři aplikace modelu pro tyto výpočty.

Na modelu tělesně centrované mřížky lze ukázat těsný dotek atomů podél stěnové uhlopříčky základní buňky (**Obr. 10**). Také je zde možné ukázat, že na jednu základní buňku připadají čtyři atomy. Pro vyjádření objemu základní buňky  $V_B$  v závislosti na atomovém poloměru  $r$ , pak platí:

$$a\sqrt{2} = 4r$$

$$V_B = a^3 = \left(\frac{4r}{\sqrt{2}}\right)^3$$



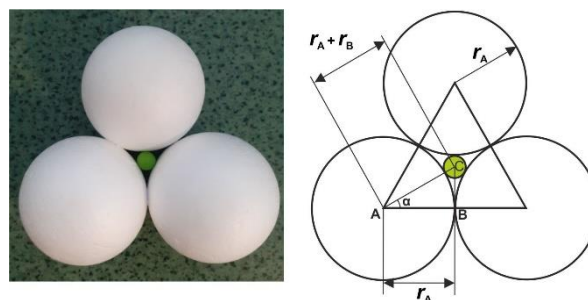
Obr. 10. Těsný dotek atomů podél stěnové uhlopříčky v kubické plošně centrované mřížce.

$a$  je velikost mřížkového parametru (hrany základní buňky). Získaný vztah se následně využije při výpočtu stupně zaplnění  $f$  *ccp* struktury. Stupeň zaplnění ( $f$ ) je poměr mezi objemem co zabírají atomy v jedné základní buňce ( $V_A$ ) a objemem jedné základní buňky ( $V_B$ ). Platí:

$$f = \frac{V_A}{V_B} = \frac{4 \cdot \frac{4}{3}\pi r^3}{\left(\frac{4r}{\sqrt{2}}\right)^3} = 0.74$$

Model trigonální dutiny ilustruje geometrickou situaci v dutině, ze které lze odvodit podmínku pro minimální velikost atomu obsazující tuto dutinu (**Obr. 11**). Označíme-li  $r_A$  poloměr atomů vytvářející nejtěsnější uspořádání a  $r_B$  velikost trigonální dutiny, pak pro pravidelný trojúhelník ABC platí:

$$\cos\alpha = \frac{r_A}{r_A + r_B}$$

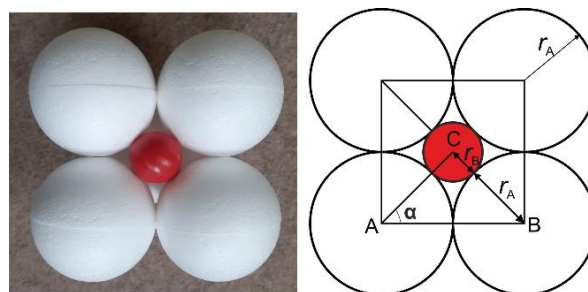


Obr. 11. Geometrická situace v trigonální dutině.

Z tohoto vztahu se po dosazení  $\alpha = 30^\circ$  získá vztah  $r_B = 0,155r_A$ .

Obdobným způsobem lze získat vztah pro velikost oktaedrické dutiny. Z **Obr. 12** je patrný pravoúhlý rovnoramenný trojúhelník ABC, pro který platí:

$$\cos\alpha = \frac{r_A + r_B}{2r_A}$$



Obr. 12. Geometrická situace v oktaedrické dutině.

Po dosazení za  $\alpha = 45^\circ$  se tak získá vztah:

$r_B = 0,414r_A$ . Mezi podobné výpočty parametrů struktur, kde lze model úspěšně aplikovat, patří např. výpočet stupně zaplnění struktur s obsazenými dutinami, výpočty hustoty apod.

## Závěr

V tomto příspěvku byly představeny modely krystalových struktur, které lze využít jako vhodné didaktické prostředky při výuce fyziky na střední škole. Modely zahrnují komerčně dostupné stavebnice struktur grafitu, diamantu a molekuly fullerenu C<sub>60</sub>, na kterých lze demonstrovat vliv krystalové struktury na fyzikální vlastnosti. Modely nejtěsnějšího uspořádání koulí, modely dutin a krystalových mřížek jsou vyrobené z běžně dostupných polystyrénových koulí. Ilustrují základní principy krystalových struktur kovů a iontových sloučenin. Modely založené na nejtěsnějším uspořádání lze využít jako názornou pomůcku při výpočtu důležitých parametrů struktur (koeficient zaplnění, koordinační číslo, velikost dutin, hustota). Modely také prohlubují mezipředmětové vztahy mezi fyzikou a chemií.

## Literatura

- [1] Svoboda E. a kol.: *Přehled středoškolské fyziky*. Prometheus Praha, 2014.
- [2] Svoboda E., Bartuška K.: *Fyzika pro gymnázia – Molekulová fyzika a termika*. Prometheus Praha, 2023.
- [3] Housecroft, C.E., Sharpe, A.G.: *Anorganická chemie*, VŠCHT Praha, 2014.
- [4] Kraus, I.: *Struktura a vlastnosti krystalů*, Academia, 1993.
- [5] Kraus, I., Fiala, J.: *Elementární fyzika pevných látek*, ČVUT, Praha 2013.



## Energetické hladiny atomu vodíku

JANA LEGERSKÁ

Katedra didaktiky fyziky, MFF UK, Praha

### Abstrakt

*Kvantování energie v atomech a energetické hladiny atomu vodíku nechybí v žádné učebnici fyziky mikrosvěta. Jak je ale představit studentům prakticky? Příspěvek popisuje, jak lze emisní spektrum vodíku ve výbojové trubici zobrazit na stínítko a jak pomocí spektrometru a dřevěných tyček nechat studenty objevit systém energetických hladin v atomu vlastníma rukama.*

### Úvod

Ve fyzice mikrosvěta je obtížné hledat způsoby, jak studentům názorně přiblížit zkoumanou problematiku. Jednu z možností, jak přistoupit k výuce kvantování energie v atomech představuje aktivita využívající skládačku z dřevěných tyček, pomocí které mohou studenti sami sestavit systém energetických hladin atomu vodíku. Mohou si tak sami zažít, jak byly hladiny nalezeny na základě analýzy naměřeného spektra.

Celá aktivita se skládá ze čtyř částí. V první z nich studenti pozorují spektrum vodíkové výbojky pouze kvalitativně, ve druhé části změří vlnové délky viditelného spektra. Tyto naměřené hodnoty doplněné o vlnové délky dalších čar mimo viditelné světlo a přepočítané na energii jednoho fotonu pak poslouží jako základ pro modelování energetických hladin atomu vodíku ve třetí části aktivity. Aby studenti nemuseli pracovat jen s čísly, jsou energie přechodů mezi jednotlivými hladinami znázorněny pomocí dřevěných tyček odpovídajících délek. Úkolem studentů ve třetí části aktivity je skládáním tyček k sobě a porovnáváním jejich vzájemných délek odhalit, jak by mohly být uspořádány energetické hladiny atomu vodíku. Systém energetických hladin posupně zakreslují na podložku, na které skládají, nebo ho modelují pomocí špejlí. V poslední části studenti proložením teoretické závislosti nalezenými hodnotami ověří, že energie hladin, které sestavili, odpovídají teoretickému vztahu, jenž znají nebo si vyhledají (např. v učebnici).

Aktivita je určena pro středoškolské studenty, ale myslím si, že s úpravami a vynecháním kvantitativních částí by mohla být využitelná i v nižších ročnících. Zatím ještě nebyla testována se studenty, proto budou jakékoli zkušenosti těch, kteří se ji rozhodnou vyzkoušet, vřele vítány. Další aktivity zaměřené na zkoumání čarového spektra atomu vodíku a jeho vnitřní strukturu popisuje např. disertační práce Z. Broklové [1] nebo webová stránka [2], kde je využit zejména popis spektrálních čar pomocí frekvencí.

### Stručná historie zkoumání spektra atomu vodíku

Spektrum atomu vodíku bylo koncem devatenáctého století proměřeno německým fyzikem Johannem Balmerem, který jako první sestavil empirický vztah pro polohu čar, a dokonce objevil několik dosud neznámých čar mimo viditelné spektrum [3]. Balmerův vztah byl později zobecněn Johannesem Rydbergem do tvaru

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (1)$$

a je znám jako Rydbergova formule (někdy také jako Rydbergův-Ritzův kombinační princip nebo jen Ritzův kombinační princip [4, 5]), která umožňuje předpovědět vlnovou délku  $n$ -té čáry z  $m$ -té série spektra. Písmeno  $R$  označuje Rydbergovu konstantu, jejíž hodnota je

$$R = \frac{13,6 \text{ eV}}{hc}, \quad (2)$$

kde  $h$  je Planckova konstanta a  $c$  je rychlost světla ve vakuu.

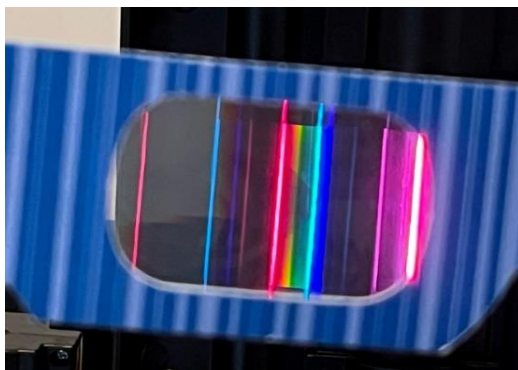
Tento empirický vztah vedl později k myšlence kvantování energie v atomu, kterou použil Niels Bohr při sestavování modelu atomu, který by dokázal vysvětlit diskrétní spektrum atomu vodíku. Dosud „umělému“ číslování spektrálních čar byl přiřazen význam hlavního kvantového čísla, které čísluje povolené hladiny, mezi nimiž došlo k přeskoku. Ke stejnému vztahu pak dospěl i Schrödingerův teoretický, již čistě kvantově mechanický popis, podle nějž je energie  $n$ -té hladiny v atomu vodíku dána vztahem

$$E_n = \frac{-13,6 \text{ eV}}{n^2}. \quad (3)$$

## Popis aktivity

Níže jsou popsány čtyři dílčí části aktivity. První dvě části se zabývají pozorováním a měřením spektra atomu vodíku, ve třetí části studenti sestavují systém energetických hladin pomocí skládačky z dřevěných tyček. V poslední části ověřují, že takto sestavené hladiny odpovídají teorii.

### První část: Jak zobrazit emisní spektrum vodíku



Obr. 1: Pohled na vodíkovou výbojku skrz difrakční brýle a difrakční mřížku.

Následující jednoduchý experiment inspirovaný článkem J. Lincolna [3] ukazuje, jak lze emisní spektrum vodíku demonstrovat ve třídě. Jako zdroj světla slouží výbojová trubice s plynným vodíkem a příslušný zdroj napětí (např. *Vernier Spectrum Tube*, zdroj napětí *ST-SPS*). Spektrum vodíku lze pozorovat přímo skrz difrakční mřížku, nebo ho promítnout na stínítko (např. na stěnu třídy). První způsob lze provést i bez zatemněné místnosti, vybavíme-li každého studenta např. difrakčními brýlemi. Spektrum lze snadno vyfotit i na mobilní telefon, jak je vidět na obr. 1. Druhou možností je promítnutí difrakčního obrazce na stínítko pomocí spojné čočky, jak ukazuje Obr. 2. Toto zobrazení je působivé, jeho provedení je však technicky náročnější. Vyžaduje zatemněnou místnost a umístění stínítka ne více než 40–50 cm od výbojky (při větších vzdálenostech už byly jednotlivé čáry kvůli slabé intenzitě zdroje špatně viditelné). V tomto případě byla použita čočka s ohniskovou vzdáleností 5 cm a difrakční mřížka s mřížkovou konstantou 500 vrypů na milimetr.



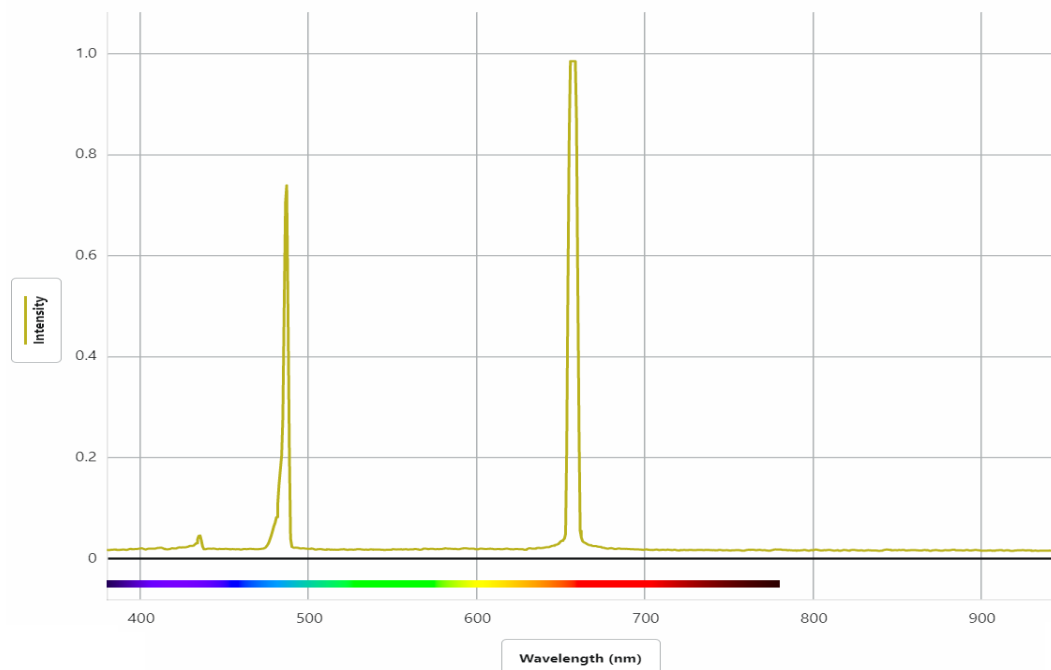
Obr. 2: Vlevo aparatura promítající na stěnu spektrum vodíkové výbojky, vpravo nahoře detail stínítka, vpravo dole fotografie spektra výbojky mobilním telefonem přímo skrz di-frakční mřížku, viditelné jsou tři výrazné čáry s vlnovou délkou uvedenou v nanometrech.

## Druhá část: Měření vlnové délky spektra

Pomocí spektrometru *Vernier GoDirect SpectroVis Plus (GDX-SVISPL)* s optickým vláknem *VSP-FIBER* lze naměřit vlnové délky některých čar ve viditelném spektru také číselně. Podrobný popis měření a další návody pro použití jiných čidel lze najít např. v [6]. Ukázka naměřeného spektra je na obr. 4. Do viditelného spektra v rámci citlivosti použitého čidla (rozsah 380–950 nm) spadají tři dobře viditelné čáry Balmerovy série o vlnových délkách 656 nm, 486 nm a 434 nm. Citlivost spektrometru se liší pro různé vlnové délky, je proto potřeba pamatovat, že intenzita čar neodpovídá skutečnosti.



Obr. 3: Ukázka měření spektra výbojky pomocí čidla Vernier.



Obr. 4: Ukázka naměřené spektrální intenzity vodíkové výbojky.

### Třetí část: Od spektra k energetickým hladinám

Tato část popisuje, jak dospět od naměřeného spektra k sestavení systému energetických hladin atomu vodíku pomocí jednoduché pomůcky z dřevěných tyček.

#### Jak souvisí vlnové délky ve spektru s energií?

Rozdíl energetických hladin, mezi nimiž přešel elektron v atomu vodíku, odpovídá energii vyzářeného fotonu, tedy

$$\Delta E = E_{\text{fotonu}}. \quad (4)$$

Energii fotonu o frekvenci  $f$  a vlnové délce  $\lambda$  můžeme vyjádřit jako

$$E_{\text{fotonu}} = hf = \frac{hc}{\lambda}, \quad (5)$$

kde  $h$  je Planckova konstanta a  $c$  je rychlost světla ve vakuu. Odtud už dostaneme vztah pro rozdíl energetických hladin vyjádřený pomocí vlnové délky vyzářeného fotonu

$$\Delta E = \frac{hc}{\lambda}. \quad (6)$$

Studenti mají za úkol podle vztahu (6) spočítat, jakým energetickým rozdílům odpovídají vlnové délky, které naměřili v předchozí části. Stejný výpočet provedou i pro spektrální čáry mimo viditelné spektrum, které jim učitel doplní. Vypočtené hodnoty budou sloužit k sestavení systému energetických hladin. Připravené hodnoty vlnových délek převzaté z databáze [7] jsou v tabulce 1. Pro viditelné světlo mohou studenti použít své vlastní naměřené hodnoty z předchozí části, nebo je jen porovnat s tabulkovými.

Tab. 4: Připravené hodnoty vlnových délek, vypočtené a zaokrouhlené hodnoty energií. Tučně jsou označené hodnoty, kde má zaokrouhlení vliv na provedení aktivity popsané níže. Poslední sloupec udává délky dřevěných tyček pro výrobu pomůcky.

	vlnová délka $\lambda$ [nm]	vyp. energie E [eV]	zaokrouhl. energie [eV]	délka tyčky [cm]
Lymanova série (UV)	94,97	<b>13,04</b>	<b>13,1</b>	40,3
	97,25	<b>12,74</b>	<b>12,8</b>	39,4
	102,57	12,08	12,1	37,3
	121,57	10,19	10,2	31,5
Balmerova série (viditelné světlo)	434,17	2,85	2,9	8,8
	486,27	2,55	2,6	7,9
	656,45	1,89	1,9	5,8
Paschenova série (IR)	1282,16	0,97	1,0	3,0
	1875,61	0,66	0,7	2,0
Brackettova série (IR)	4052,26	0,31	0,3	1,0

### Jak jsou uspořádané energetické hladiny v atomu vodíku?

Nyní máme sadu energií, které mohou být vyzářeny atomem vodíku. Jak ale vypadá vlastní struktura energetických hladin atomu? Představujeme si, že energetické hladiny jsou energie elektronu, který mezi nimi může přecházet. Při přechodu na hladinu s nižší energií se elektron musí části energie zbavit vyzářením světla (fotonu). Systém hladin si tak můžeme představovat jako pomyslný žebřík nebo schody. Známe vzdálenosti jednotlivých hladin, a hledáme vhodný žebřík, který by nám je byl schopen vyprodukovat. K hledání tohoto „žebříku“ poslouží sada dřevěných tyček, jejichž délky odpovídají energetickým rozdílům jednotlivých hladin (viz obr. 5).

Studenti mají za úkol pomocí tyček zjistit, jak jsou hladiny atomu vodíku na energetické ose uspořádány. Mohou je načrtnout na podložku (papír nebo mazací desky, viz obr. 6 a 7), nebo je znázornit pomocí špejlí (obr. 9). Tyčky na sobě mají štítek s popisem, jakou energii představují, aby si studenti mohli vybrat, jestli budou pracovat pouze s délkami tyček nebo budou vše ověřovat také číselně.

Délky jednotlivých tyček jsou zvoleny tak, aby bylo 13,6 eV ~ 42 cm (tedy přibližně výška formátu A3) a jsou uvedeny v posledním sloupci tabulky 1. Aby bylo skládání a ověřování součtů energií jednodušší, jsou energie zaokrouhleny na jedno desetinné místo.

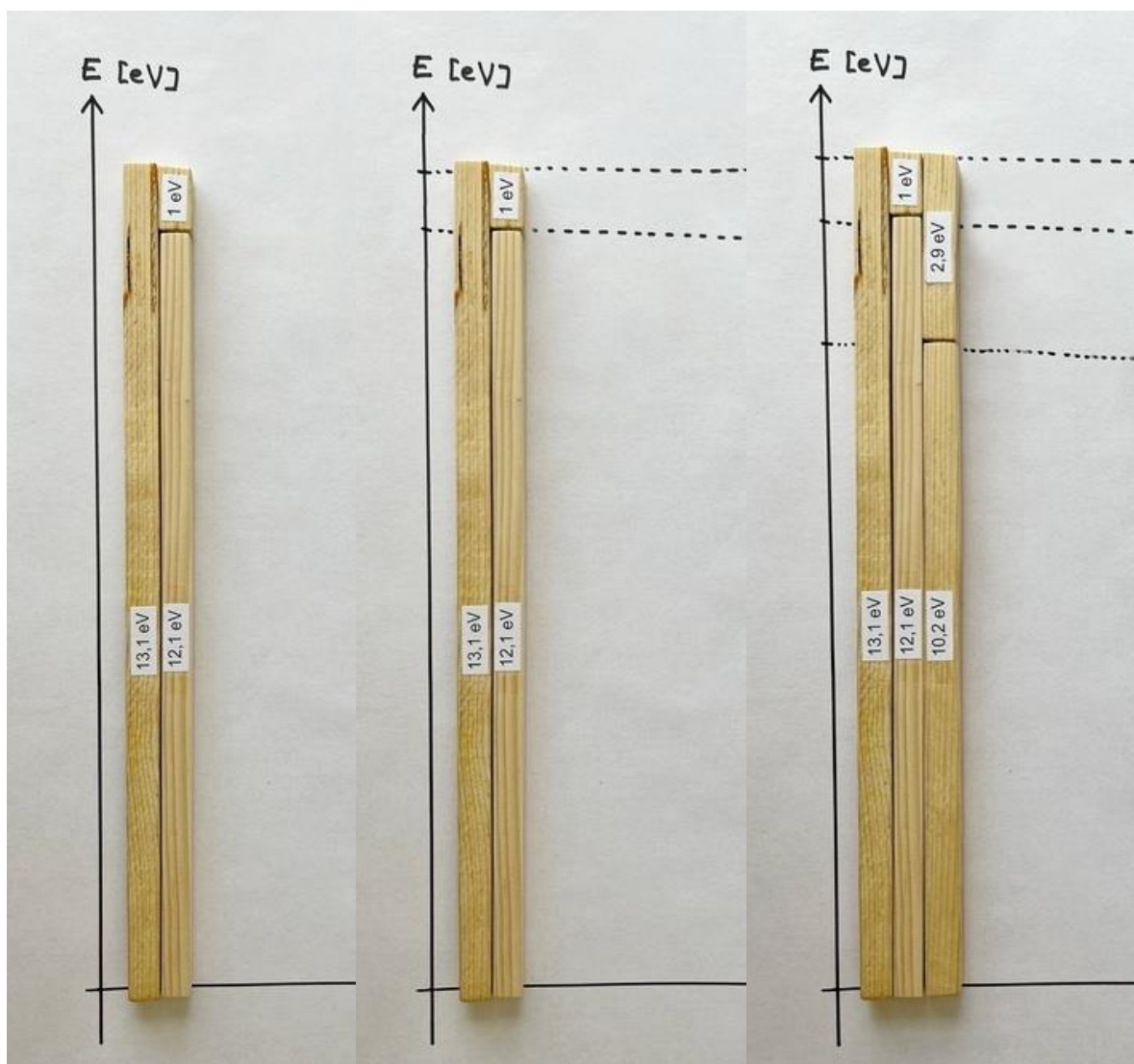


Obr. 5: Dřevěné tyčky představující energie přeskoků mezi jednotlivými hladinami.



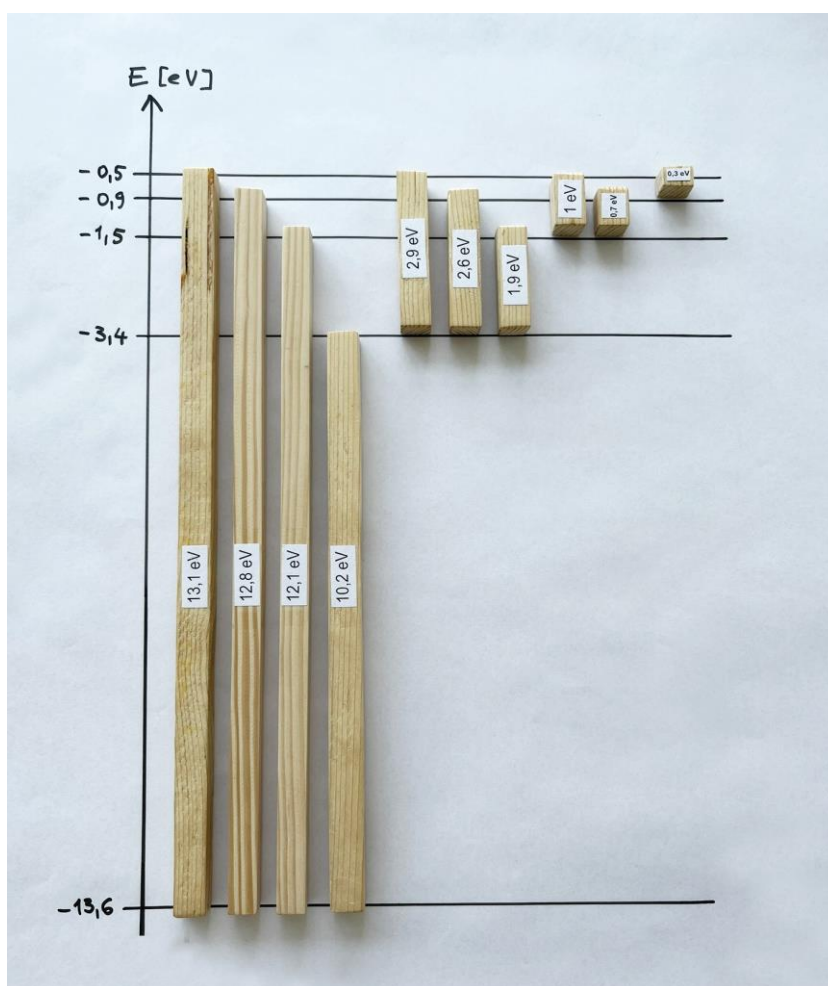
Pro první dvě čáry z Lymanovy série (v tabulce 1 označeny tučně) by ale po zaokrouhlení na jedno desetinné místo zaokrouhlovací chyba způsobila, že by součty takto zaokrouhlených energií „neseděly,“ což je pro skládání s tyčkami zásadní. Tyto dvě čáry proto byly zaokrouhleny tak, aby součty nebyly porušeny, tedy  $13,04 \rightarrow 13,1$  a  $12,74 \rightarrow 12,8$ . Po této úpravě jsou součty délek tyček konzistentní, jak je vidět např. vlevo na obr. 6, kde je  $13,1 \text{ eV} = 12,1 \text{ eV} + 1,0 \text{ eV}$ .

Takto zadaná úloha ovšem není jednoznačná: k jednoznačnosti je potřeba doplnit tři informace, které lze studentům dodat až v průběhu skládání, když nejednoznačnost sami objeví a začnou se ptát, kterou z možností mají vybrat. První informací je, že tyčky odpovídají *všem* možným povoleným přeskokům mezi nejnižšími hladinami. V našem případě je tyček deset, z čehož podle počtu kombinací plyne, že hladin bude celkem pět. Druhou informací je, že se rozdíly mezi dvěma sousedními hladinami s rostoucí energií zmenšují. Tato informace zajistí správnou orientaci hladin na energetické ose. Bez ní by úloha měla dvě řešení – jedno s hladinami zahušťujícími se směrem nahoru, druhé směrem dolů. Třetí informace říká, že nejnižší hladina má energii  $-13,6 \text{ eV}$ . Tato informace ukotví systém hladin na energetické ose, ale nemá už vliv na vzdálenosti „příček žebříku.“



Obr. 6: Ukázka skládání tyček a kreslení energetických hladin.



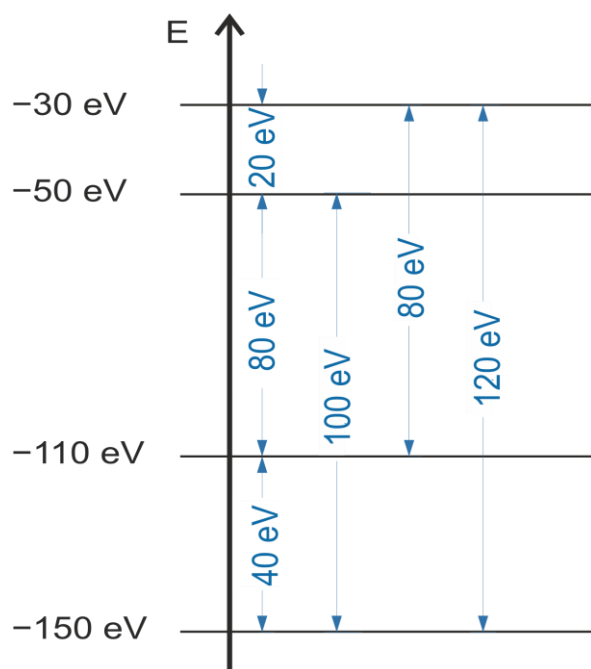


Obr. 7: Výsledný systém energetických hladin sestavený pomocí dřevěných tyček.

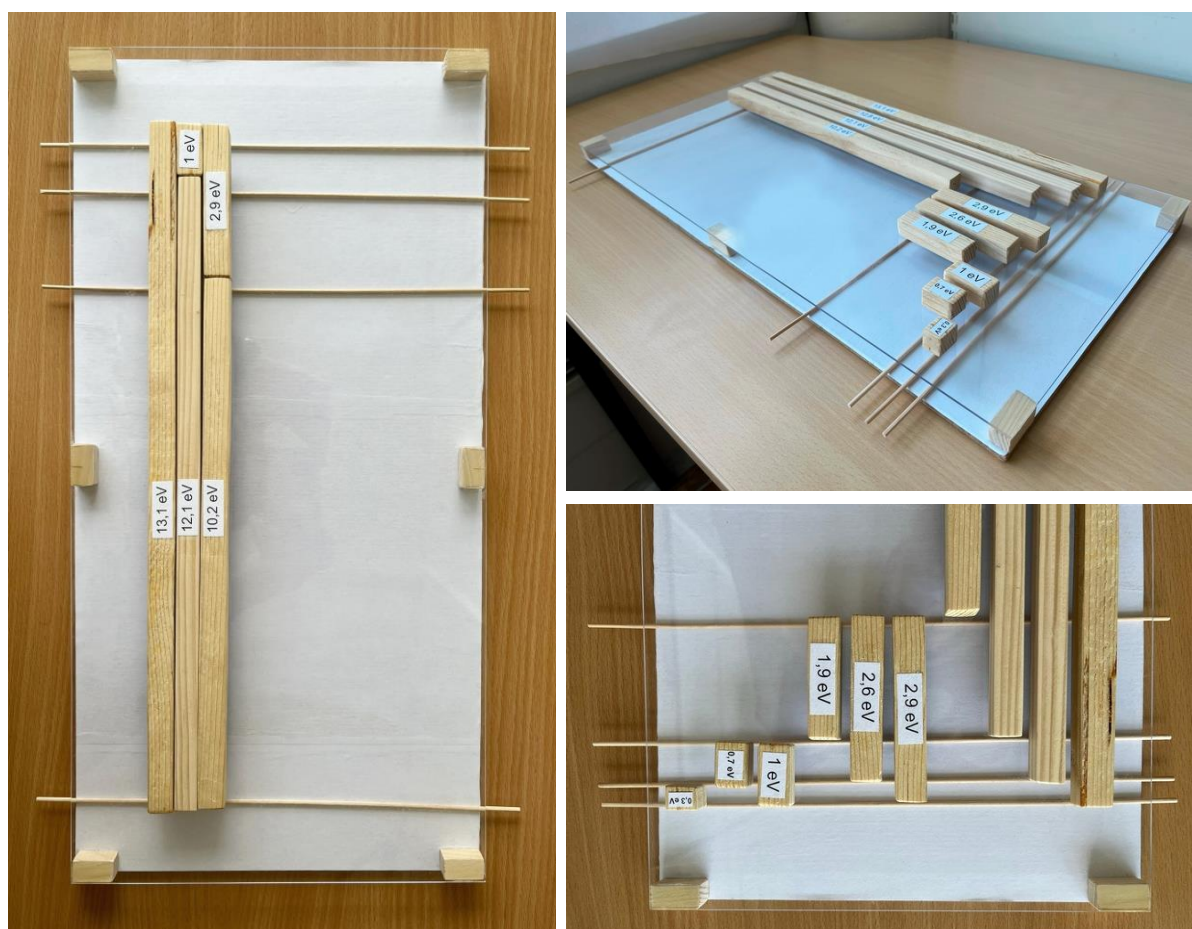
Za předpokladu, že máme k dispozici všechny rozdíly mezi nejnižšími hladinami, můžeme při skládání postupovat např. takto: Začneme nejdelší tyčkou, která nám dá vzdálenost nejnižší a nejvyšší příčky. Tyček máme deset, hladin tedy bude celkem pět. Dále hledáme dvojice, které dají v součtu nejdelší tyčku, čímž najdeme tři zbývající hladiny. Pro zbylé tři dosud nevyužité tyčky ověříme, že takto nalezené hladiny fungují i pro ně. Nyní stačí zvolit správnou orientaci systému hladin. Pomocí energie nejnižší hladiny mohou studenti také dopočítat energie ostatních hladin, jak je uvedeno v tabulce 2.

Pro větší názornost, jak s pomůckou pracovat, ale při tom neprozradit, jak systém energetických hladin atomu vodíku vypadá, lze studentům nejprve dát opačný úkol: Představit jim vymyšlený systém energetických hladin znázorněný na obr. 8, jehož nejnižší hladina má energii  $-150$  eV. Úkolem je určit všechny rozdíly povolených hladin, tj. všechny energie fotonů, které by takový vymyšlený atom mohl vyžárat. Na tomto místě lze také rozvést diskusi, jestli by se na spektru něco změnilo, kdyby nejnižší hladina měla jinou hodnotu, např.  $-100$  eV. Při sestavování skutečného systému energetických hladin atomu vodíku pak bude úkol studentů obrácený – rozdíly povolených hladin budou znát, zatímco budou zjišťovat, jak jsou tyto povolené hladiny rozmístěné.

Další variantou pomůcky je průhledná podložka z plexiskla, pod níž lze místo črtání na papír modelovat hladiny špejlemi a posouvat jimi podle potřeby, jak je vidět na obr. 9.



Obr. 8: Ukázka vymyšleného systému energetických hladin.



Obr. 9: Další varianta pomůcky: průhledná podložka, hladiny jsou znázorněny špejlemi.

### Čtvrtá část: Jak souvisí vlnové délky ve spektru s energií?

Poslední částí navrhované aktivity ověřuje, že nalezené energie hladin skutečně odpovídají vztahu (3). Pomocí programu, který umožňuje prokládání funkcí, studenti proloží body závislosti energie hladiny na jejím čísle funkcí

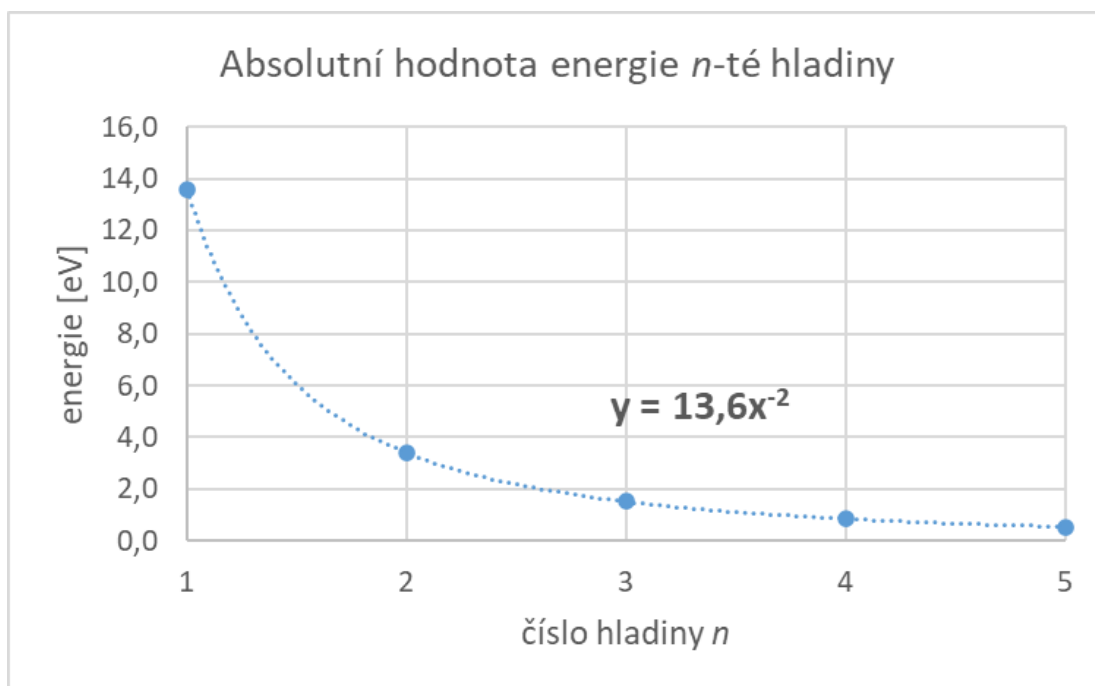
$$f(x) = A/x^2. \quad (7)$$

Tab. 5: Energie jednotlivých hladin.

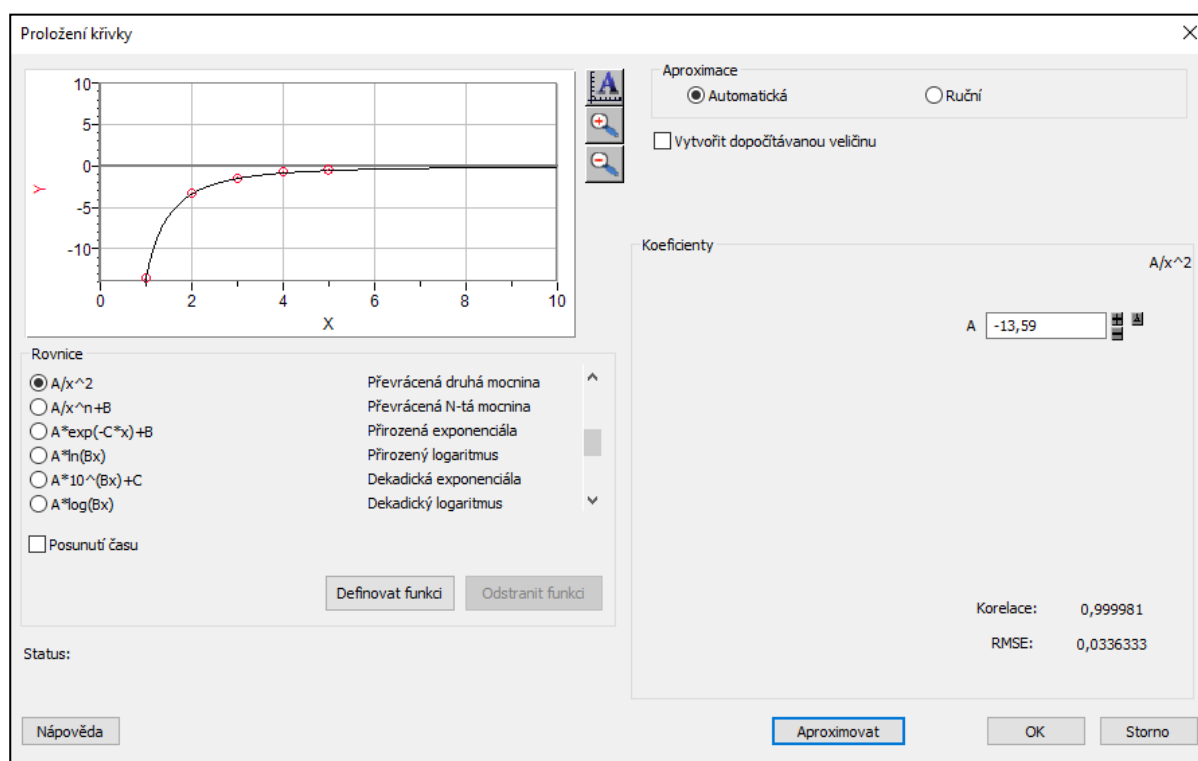
Číslo hladiny	Energie [eV]
1	-13,6
2	-3,4
3	-1,5
4	-0,9
5	-0,5

Lze použít např. *MS Excel* či podobný tabulkový editor a jako spojnici trendu zvolit mocninnou funkci. Tímto způsobem lze ověřit, že závislost energie hladiny na jejím čísle se pravdu řídí funkcí (7), a že koeficient  $A$  odpovídá energii nejnižší hladiny. Nevýhodou *Excelu* je, že neumožňuje proložení mocninnou funkcí v případě, že data obsahují záporné hodnoty. Je tedy potřeba pracovat s absolutními hodnotami energií, jak ukazuje graf na obr. 10, jehož tvar může být pro studenty matoucí. Této nepříjemnosti se lze vyhnout využitím doplňku Řešitel, který je ale náročnější na obsluhu.

Naproti tomu program *LoggerPro* nabízí poměrně intuitivní možnost proložit vložené body různými funkcemi bez omezení na datovou řadu. Na obr. 11 je znázorněno proložení bodů převrácenou druhou mocninou, shodu lze kontrolovat vpravo dole pomocí zobrazené střední kvadratické odchylky (RMSE).



Obr. 470: Ukázka prokládání závislosti v MS Excel.



Obr. 11: Ukázka prokládání závislosti v programu LoggerPro.

## Poděkování

Tento výstup vznikl v rámci projektu Specifického vysokoškolského výzkumu č. 260712.

## Literatura

- [1] Broklová Z.: *Netradiční metody a formy fyzikálního vzdělávání*. Disertační práce, 2008, s. 216–221.
- [2] KDF MFF UK: *Kvantová fyzika středoškolsky a aktivně*. Dostupné online: <http://kdf.mff.cuni.cz/~koupilova/kvantovka.php>
- [3] Lincoln J.: *The Lyman and Paschenseries of hydrogen—Trying to see invisible light*. In: *Phys. Teach.* 57, 348 (2019); <https://doi.org/10.1119/1.5098935>.
- [4] Wikipedia: *Rydberg Formula*. Dostupné online: [https://en.wikipedia.org/wiki/Rydberg\\_formula](https://en.wikipedia.org/wiki/Rydberg_formula)
- [5] Wikipedia: *Walther Ritz*. Dostupné online: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Walther\\_Ritz](https://cs.wikipedia.org/wiki/Walther_Ritz).
- [6] *Kuchařka: Jednoduché experimenty do hodin chemie, fyziky a biologie*. Dostupné online: <https://www.vernier.cz/experimenty/kucharika/index.php>.
- [7] National Institute of Standards and Technology: *Atomic Spectra Database Lines Data*. Dostupné na: <https://physics.nist.gov/>

## Vzdálený experiment matematické kyvadlo na Přírodovědecké fakultě UJEP v Ústí nad Labem a na dvaceti dalších školách na různých zeměpisných šířkách

FRANTIŠEK LUSTIG, EVA HEJNOVÁ

UJEP Ústí nad Labem, Přírodovědecká fakulta, Česká republika

### Abstrakt

*Příspěvek se věnuje vzdálenému experimentu s matematickým kyvadlem. Matematické kyvadlo je klasický školní experiment, který je asi ve všech školních laboratořích na středních i vysokých školách. Jedná se o jednoduchý hands-on experiment, na kterém studujeme dobu kyvu v závislosti na délce závěsu a výpočtem určujeme tíhové zrychlení. My jsme tento experiment zrealizovali na Přírodovědecké fakultě UJEP v Ústí nad Labem jako vzdálený experiment, který je přístupný 24/7 bez hesla komukoliv a odkudkoliv. Dále jsme byli účastníky mezinárodního projektu WP@ELAB, který provozuje dvacet identických vzdálených matematických kyvadel, která jsou rozmístěna na vysokých školách po celém světě, a tudíž máme možnost určit tíhové zrychlení v závislosti na místě, kde se kyvadlo nachází. Vzdálený experiment Matematické kyvadlo může být alternativou k hands-on experimentu, ale přínosnější je varianta proměření matematického kyvadla jak hands-on přímo v laboratoři, tak současně doplnění úlohy o proměření tíhového zrychlení na vzdálených kyvadlech umístěných na různých zeměpisných šířkách. Tuto výjimečnou možnost nemáme v lokální laboratoři, ale se vzdálenými kyvadly si toto můžeme originálním způsobem ověřit.*

### Historický úvod

První zmínka o kyvadlech se objevuje ve starověkém Egyptě, kde byla používána při konstrukci dveří chrámů. Dále je z Číny známé využití kyvadla k udržování směru. Galileo Galilei kolem roku 1582 pozoroval kývavý pohyb lustru v katedrále v Pise. Měřil čas pomocí tepů svého srdce, protože nebyly k dispozici žádné přesné hodiny. Zjistil, že perioda je nezávislá na hmotnosti kyvadla, na jeho amplitudě, ale že závisí na délce závěsu.

První kyvadlové hodiny sestrojil v roce 1656 holandský vědec Christiaan Huygens. Nejlepší dosažená přesnost byla kolem 15 sekund za den. V roce 1671 francouzský astronom Jean Richer během své expedice z Paříže do Cayenne ve Francouzské Guyaně zjistil, že kyvadlové hodiny jsou na Cayenne o 2,5 minuty denně pomalejší než v Paříži. Došel k závěru, že gravitační síla byla na Cayenne nižší. Studium této závislosti ve školním prostředí je také cílem projektu WP@ELAB, který zde bude také popsán.

V současnosti se přesné měření času provádí pomocí atomových hodin. Nejpoužívanějším typem atomových hodin jsou cesiové hodiny, které využívají vlastností atomů cesia 133. Atom cesia 133 má přesně definovanou frekvenci přechodu mezi dvěma energetickými stavy, kterou lze využít jako stabilní a přesný časový standard.

## Teorie k matematickému kyvadlu

V této části zmíníme precizní řešení určení tíhového zrychlení, když započítáme nepravidelný tvar Země i zjednodušenou teorii ze školního prostředí.

Podle literatury se experimentální hodnota tíhového zrychlení pohybuje mezi  $9,78 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$  na rovníku a přibližně  $9,83 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$  na pólech. Pro teoretický výpočet tíhového zrychlení lze nalézt mnoho různých a méně, či více komplikovaných vzorců, např. vzorec Carla Somigliany nebo mezinárodně používaný vztah Gino Casinnise pro Hayfordův elipsoid (používaný v USA od roku 1930) [1], [2]

$$g_{[\text{m}\cdot\text{s}^{-2}]}(\varphi, h) = 9.78049 \cdot \left[ 1 + 0.0052884 \cdot \sin^2 \varphi - 5.9 \cdot 10^{-6} \cdot \sin^2(2\varphi) \right] - 1.967 \cdot 10^{-6} \cdot h_{[\text{m}]} \quad (1)$$

kde  $\varphi$  je zeměpisná šířka a  $h$  značí nadmořskou výšku.

Zmíňme ještě novější vzorec závislosti  $g$  na zeměpisné šířce a výšce dle organizace WELMEC, což je Mezinárodní gravitační vztah (IUGG, 1967, Luzern):

$$g_{[\text{m}\cdot\text{s}^{-2}]}(\varphi, h) = 9.780318 \cdot \left[ 1 + 0.0053024 \cdot \sin^2 \varphi - 5.8 \cdot 10^{-6} \cdot \sin^2(2\varphi) \right] - 3.085 \cdot 10^{-6} \cdot h_{[\text{m}]} \quad (2)$$

Hodnota tíhového zrychlení na zemském povrchu je výsledkem kombinace následujících faktorů: 1. gravitační zrychlení Země, 2. odstředivá setrvačná síla způsobená rotací Země, 3. nadmořská výška, 4. topografie polohy na Zemi, 5. vliv přílivu a odlivu a 6. nevyvážené přitažlivosti způsobené nepravidelnostmi v rozložení hustoty v podzemí. [2]

Pro vzdělávací účely lze tyto vlivy zanedbat. Fyzika a popis pohybu matematického kyvadla patří do základního kurzu fyziky. Obvykle z řešení diferenciální rovnice s aproximací  $\sin \alpha \approx \alpha$ , kde  $\alpha < 4^\circ$ , platí pro periodu  $T$ , délku kyvadla  $L$  a místní tíhové zrychlení  $g$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

Z experimentálního stanovení veličin  $T$  a  $L$  je možné vypočítat lokální tíhové zrychlení

$$g = \frac{4\pi^2 \cdot L}{T^2}$$

Dále zanedbáváme další podmínky, které mohou některé z těchto fyzikálních veličin ovlivnit. Např. délka závěsu  $L$  je funkcí teploty v laboratoři, zanedbáme též odpor vzduch aj.

## Matematické kyvadlo jako vzdálený experiment

Lokální měření tíhového zrychlení určitě známe z laboratorních měření na středních a vysokých školách. V příspěvku se zaměříme na vzdálená měření s matematickým kyvadlem.

### World Pendulum

Pravděpodobně prvním zajímavým projektem se vzdáleným kyvadlem byl německý projekt World Pendulum [3]. Zajímavou myšlenkou zde bylo rozmístění vzdálených kyvadel na různých zeměpisných šířkách. Tato kyvadla byla umístěna v Německu (Kaisersesch a Hermannsburg), Itálii (Neapol), Jemenu (Aden) a v Lotyšsku (Riga). Kyvadla se skládala z těžké ocelové koule, drátu a precizního závěsu. Inicializace kmitání byla realizována elektromagnetem pohybujícím se po kolejnici. Důležitou součástí experimentálního uspořádání byla optická závora pro měření periody kyvadla. Přesnost měření času kolem 0,1 ms. Měřilo se



lokální tíhové zrychlení na různých zeměpisných šířkách. Tyto vzdálené experimenty vznikly v roce 2007 a nyní jsou nefunkční.

### World Pendulum Alliance - WPA

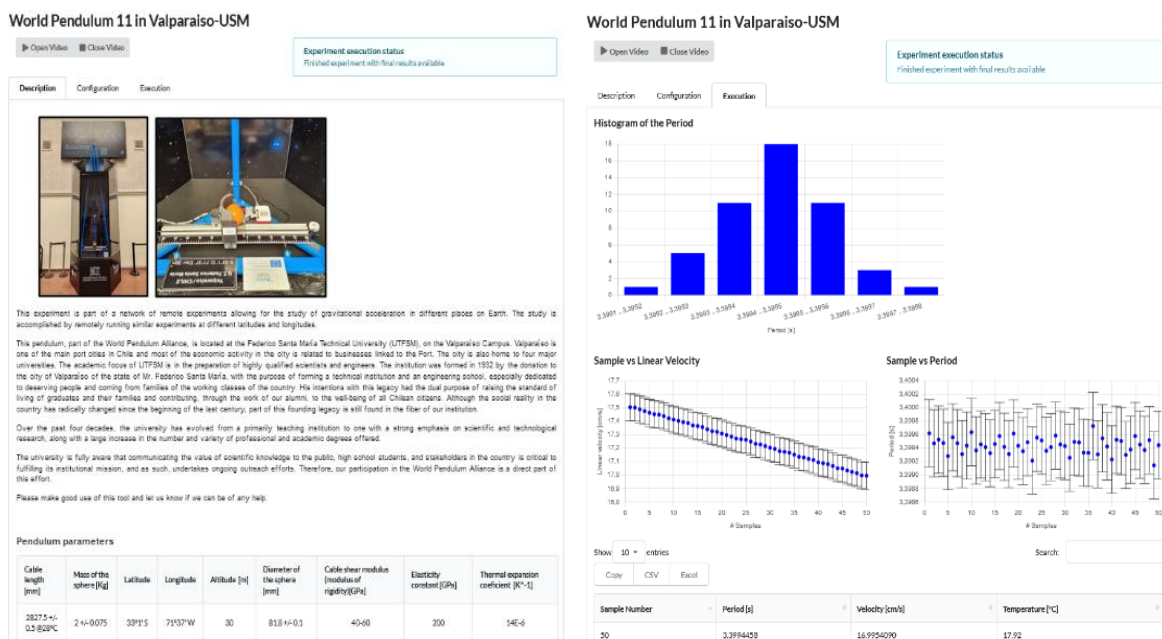
V roce 2019 vznikl unikátní podobný projekt World Pendulum Alliance (WPA), WP@ELAB [4]. Byla vytvořena síť vzdálených matematických kyvadel na dvaceti evropských, a hlavně jihoamerických univerzitách nacházejících se na různých zeměpisných šířkách s cílem zmapovat rozdíly v hodnotách tíhového zrychlení. Interaktivní mapa lokalit je k dispozici na

<http://wpa.tecnico.ulisboa.pt/~wpa.daemon/pendulum-network-2/> [5].

Ne všechna kyvadla jsou momentálně dostupná. Místa byla vybrána tak, aby pokrývala co nejširší rozsah zeměpisných šířek. Na odkaze

<https://elab.vps.tecnico.ulisboa.pt:8000/login?next=/apparatuses> [6]

je rozcestník se seznamem vzdálených matematických kyvadel, který obsahuje všechny potřebné údaje (geografická poloha, nadmořská výška) a všechny parametry kyvadla (délka závěsu, hmotnost a průměr koule, referenční teplota, koeficient tepelné roztažnosti, teplota v laboratoři atd.). Každý uživatel má volný přístup k jakémukoliv vzdálenému kyvadlu WPA (bez hesla, ale je vyžadován účet Google). Na obrázku 1 je WWW stránka s výsledky ze vzdáleného kyvadla.



Obrázek 1. Ukázková WWW stránka se vzdáleným WPA matematickým kyvadlem. Vlevo je úvodní stránka s parametry kyvadla včetně polohy, vpravo WWW stránka s naměřenými výsledky.

Cílem vzdáleného měření je samozřejmě určit gravitační zrychlení jako funkci geografické polohy. Lze studovat i přesnější úlohy jako teplotní závislost délky závěšení, tlumení třením vzduchu, slapová závislost na poloze Měsíce a Země atd.

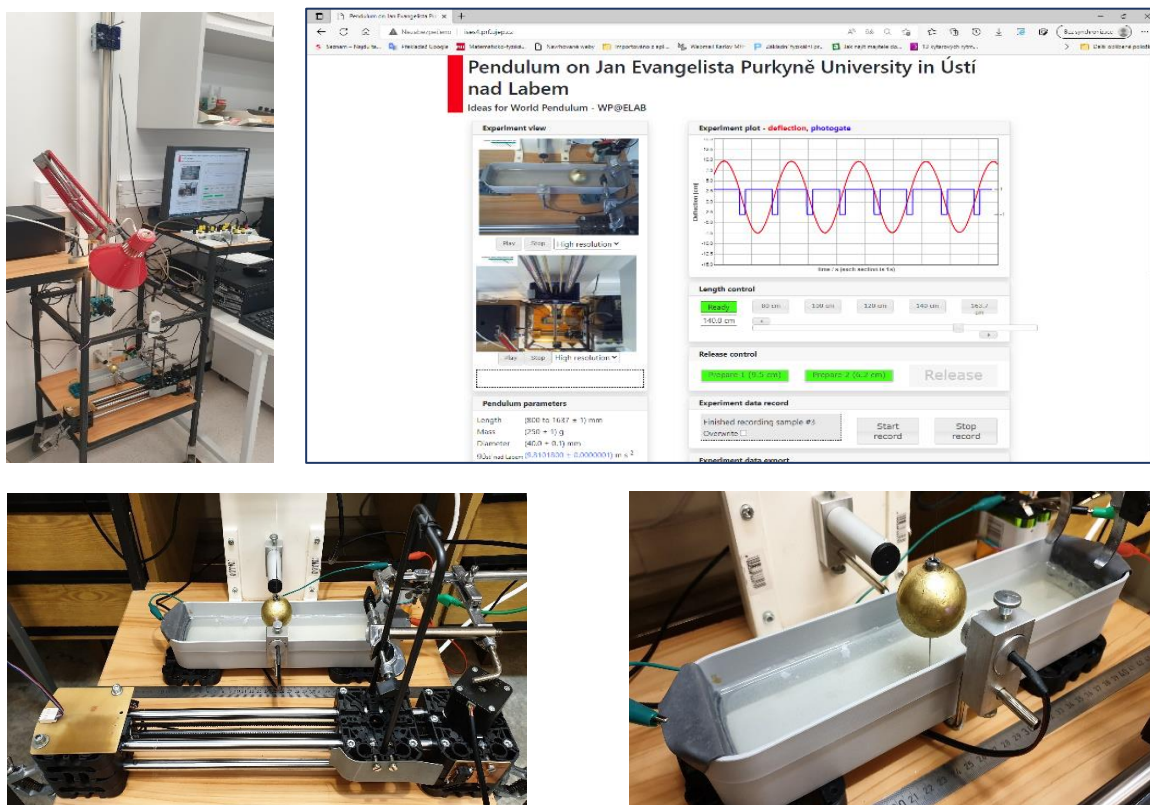
Ukázka naměřených tíhových zrychlení:

UMag, Punta Arenas, Chile:	$g = 9,8348(18) \text{ m.s}^{-2}$
UnB, Brasília, Brasil:	$g = 9,78499(5) \text{ m.s}^{-2}$ ,
Planetarium, Lisbon, Portugal:	$g = 9,8012(24) \text{ m.s}^{-2}$ ,
UJEP, Ústí nad Labem, CZ:	$g = 9,82(2) \text{ m.s}^{-2}$ (pro srovnání s kyvadlem na PřF UJEP)

### Vzdálené matematické kyvadlo na PřF UJEP v Ústí nad Labem

Pravděpodobně jeden z nejpropracovanějších experimentů se vzdáleným kyvadlem se nachází v naší laboratoři na Přírodovědecké fakultě Univerzity Jana Evangelisty Purkyně (PřF UJEP) v Ústí nad Labem. Experiment byl spuštěn v roce 2021, je plně funkční a lze k němu přistupovat 24/7 bez hesla pomocí standardního prohlížeče na adrese

<http://ises4.prf.ujep.cz> [7].



Obrázek 2. Experimentální sestava vzdáleného experimentu Matematické kyvadlo na Přírodovědecké fakultě UJEP v Ústí nad Labem. Vlevo nahoře celkový pohled, vpravo nahoře WWW stránka s měřícím rozhraním, vpravo a vlevo dole detailní pohled na zavěšenou kouli a vodní potenciometr, který snímá výchylku.

Matematické kyvadlo (viz obrázek 2) s proměnnou délkou zavěšení (0,8 m až 1,6 m) a nastavitelnou počáteční výchylkou 9,5 cm, nebo 6,5 cm. Perioda kyvadla se měří pomocí optické brány a výchylka se zobrazuje pomocí potenciometru na vodní bázi. Pod koulí se nachází vodní nádrž se dvěma olověnými elektrodami připojenými na konstantní napětí. Na spodní části koule kyvadla je připevněna miniaturní jehla, která se dotýká vodní hladiny. Měří se napětí mezi polohou jehly a jednou elektrodou. Toto napětí je úměrné výchylce

matematického kyvadla. Experimentální nastavení je monitorováno dvěma webovými kamerami, které poskytují živý videostream.

Softwarová část vzdáleného experimentu využívá sadu pro vývoj softwaru „iSES Remote Lab SDK“ [8]. Klienti se ke vzdálenému experimentu připojují pomocí běžných webových prohlížečů. Software vzdáleného experimentu je vytvořeno v JavaScriptu, takže vzdálený experiment lze spustit nejen na počítačích, ale i na mobilních telefonech.

Praktickými úkoly tohoto vzdáleného experimentu je určit místní tíhové zrychlení, změřit závislost periody kyvadla na jeho délce a na počátečním úhlu vychýlení. Lze též studovat kinetickou, potenciální a celkovou mechanickou energii kyvadla, tlumení způsobené třením vzduchu a na vodním potenciometru.

Vzdálený experiment Matematické kyvadlo je na Přírodovědecké fakultě Univerzity J. E. Purkyně zařazen do předmětu Fyzikální praktikum z mechaniky a termiky, který je určen pro studenty prezenčního i kombinovaného bakalářského studia studijního programu Fyzika pro vzdělávání. Studenti ho obvykle absolvují v letním semestru v 1. ročníku. Se vzdáleným experimentem se v tomto praktiku setkává většina studentů během svého vysokoškolského studia poprvé. Studenti mají možnost volby mezi provedením prezenčního měření s matematickým kyvadlem, které je umístěno v praktiku, a měřením pomocí vzdáleného experimentu, který mohou realizovat buď přímo v praktiku, nebo samostatně z místa, které si sami zvolí (např. z domova). Naše dosavadní zkušenost ukázala, že většina studentů studujících prezenční studium volí druhou možnost, tj. provést měření se vzdáleným kyvadlem, a pokud jim to situace umožňuje, volí nejčastěji možnost pracovat na svém notebooku pod dohledem vyučujícího v rámci běžné výuky praktika. Kombinovaní studenti, což jsou vesměs nekvalifikovaní učitelé středního věku, kteří vyučují na základních školách, volí častěji možnost prezenčního měření se skutečným kyvadlem, které je umístěno v praktiku.

Cílem této experimentální úlohy je určit hodnotu lokálního tíhového zrychlení a zjistit, jak závisí doba kmitu matematického kyvadla na jeho délce. Ze vzdáleného experimentu získají studenti velký počet hodnot zaznamenaných v excelovské tabulce. Musí tak zpracovat rozsáhlý soubor dat, což pro ně bývá zpravidla nová zkušenost. Jejich úkolem je nalézt správnou metodiku, jak v souboru naměřených hodnot vyhledat hodnoty výchylek kyvadla, které odpovídají jedné periodě kyvadla. K tomu jim pomohou pomoci i zobrazené grafy ze vzdáleného experimentu (viz obrázek 2), které studentům umožňují analyzovat a interpretovat výsledky experimentu. Zpracování měření zahrnuje také grafické znázornění závislosti doby kmitu matematického kyvadla na druhé odmocnině jeho délky.

V rámci zpracování měření musí studenti určovat také chybu (nejistotu) měření a provést její diskusi s ohledem na možné chyby použité metody měření. V chybě metody se zpravidla odráží nepřesnost určení délky kyvadla a nepřesnost určení periody kyvadla. Protože studenti opakují měření pro každou délku kyvadla alespoň pětkrát, mohou určit i statistickou chybu a stanovit chybu celkovou. Nakonec mohou porovnat zjištěnou hodnotu lokálního tíhového zrychlení s teoretickou hodnotou, kterou si mohou vyhledat na internetu nebo vypočítat pomocí rovnice (1), resp. (2).

## **Diskuze**

Mezi didaktické přínosy měření s využitím vzdáleného experimentu patří zejména jeho flexibilita a dostupnost, tj. možnost provádění měření bez omezení času a místa, což může pomoci zejména studentům, kteří se z různých důvodů nemohou prezenční výuky účastnit. To umožňuje studentům zvolit si při realizaci měření individuální tempo a v neposlední řadě také podporuje jejich samostatnou práci. Nepochybným přínosem vzdáleného experimentu je

i možnost jeho vizualizace (experiment je snímán kamerou), která poskytuje studentům lepší představu o chování kyvadla a fyzikálních jevech s ním spojených. Také možnost interakce studentů s kyvadlem (studenti mohou měnit jeho délku a velikost počáteční výchylky) zvyšuje atraktivnost vzdáleného měření a motivaci studentů k pečlivému zpracování získaných dat z měření.

Je však důležité zmínit i některá omezení, která s sebou vzdálený experiment přináší. Ta spočívají především v nedostatku fyzického kontaktu se skutečným kyvadlem. Vzdálený experiment obvykle neposkytuje studentům stejnou zkušenost jako experiment se skutečným kyvadlem, protože ztrácejí možnost přímo pozorovat a měřit fyzikální veličiny pomocí skutečných měřicích přístrojů. To může být také důvod, proč dávají reálnému experimentu přednost právě starší studenti, kteří již zpravidla nepatří ke generaci, která se v on-line prostředí pohybuje od útlého věku. Při diskusi možných chyb u vzdáleného měření také nemohou být diskutovány systematické chyby, které se běžně vyskytují v reálných experimentech, což může omezit porozumění studentů praktickým aspektům experimentálního měření. Tuto skutečnost může do určité míry eliminovat předvedení vzdáleného kyvadla studentům tak, aby měli možnost se se vzdáleným experimentem blíže seznámit a probíhající experiment reálně pozorovat. V protokolu pak mohou diskutovat možné faktory, které mají na výsledky měření vliv jako je tření vzduchu, tření jehly ve vodní hladině, nepřímou trajektorii koule apod.

Při využití vzdáleného experimentu je tedy důležité vždy zvážit přínosy i omezení v porovnání s tradičním experimentem, což umožní jeho efektivní a inovativní začlenění do fyzikálního praktika. Proto je třeba spolehlivě zajistit, aby byl experiment pro studenty dobře on-line dostupný a aby byl udržován ve fungujícím stavu, tj. je nezbytné pravidelně provádět testování experimentu a jeho údržbu, aby se technické problémy minimalizovaly. Studentům je také třeba poskytnout srozumitelný návod k úloze s vysvětlením základních fyzikálních principů a postupem měření, aby byli studenti schopni samostatně pracovat.

Cennou zpětnou vazbu nám poskytli studenti, kteří v akademickém roce 2022/23 ve fyzikálním praktiku se vzdáleným experimentem pracovali. Z reakcí studentů prezenčního studia je zřejmé, že je pro ně tato forma měření zajímavým osvěžením v jinak tradičně pojatém praktiku, které pro ně často bývá poněkud monotónním sledem měření jednotlivých úloh, na něž navazuje vesměs časově náročné, a tudíž nepříliš oblíbené, zpracování výsledků měření. U studentů kombinovaného studia byl ke vzdálenému experimentu patrný spíše určitý odstup a nedůvěra, jak už bylo dříve uvedeno.

## **Závěr**

V příspěvku jsme prezentovali vzdálené experimenty s matematickým kyvadlem, které umožňují proměřovat závislosti lokálního tíhového zrychlení na zeměpisné šířce (World Pendulum project, WP@ELAB). Hlavním rysem a předností projektu World Pendulum je *jednotné hardwarové a uživatelské rozhraní*, které umožňuje jednoduchou automatizaci zpracování dat celosvětovými uživateli, díky čemuž jsou tato vzdálená měření a zpracování dat velmi efektivní.

Dále jsme prezentovali zkušenosti s využitím vzdáleného experimentu ve vysokoškolském fyzikálním praktiku na PřF UJEP Ústí nad Labem, které nám přinesly zajímavé poznatky o přínosech, ale i omezeních této moderní didaktické metody. Flexibilita, dostupnost, interaktivita vzdáleného experimentu a také možnost experimentálního ověřování teoretických poznatků jsou klíčové aspekty, které měření v praktiku výrazně obohacují a zvyšují jeho atraktivnost. Přestože existují určitá omezení spojená s nedostatkem fyzického kontaktu se skutečným experimentem, vzdálený experiment představuje ve fyzikálním praktiku efektivní a

inovativní nástroj, který se snaží využít moderní technologie ve prospěch studentů, kteří si tak mohou osvojovat nové dovednosti.

Důležitý a doporučený závěr tohoto příspěvku:

***Vyzkoušejte kombinovat lokální i vzdálené měření s matematickými kyvadly!***

## Literatura

- [1] *Theoretical gravity* (Wikipedia) [online] [https://en.wikipedia.org/wiki/Theoretical\\_gravity](https://en.wikipedia.org/wiki/Theoretical_gravity) [accessed 29-Sep 2023]
- [2] *Acceleration around Earth, the Moon, and other planets* (Britannica) [online] [www.britannica.com/science/gravity-physics/Acceleration-around-Earth-the-Moon-and-other-planets](http://www.britannica.com/science/gravity-physics/Acceleration-around-Earth-the-Moon-and-other-planets) [accessed 29-Sep 2023]
- [3] Gröber S., Vetter M., Eckert B. and Jodl H.-J. 2007 *World Pendulum – a distributed Remotely Controlled Laboratory (RCL) to measure the Earth’s gravitational acceleration depending on geographical latitude* (EJP 28 3) pp 603–613
- [4] Santos M. et al 2019 *World Pendulum Alliance (Proc. of 2019 5th Experiment@international conference)* pp 272–273 ISBN 978-1-7281-3637-0
- [5] *Pendulum network* [online] <http://wpa.tecnico.ulisboa.pt/~wpa.daemon/pendulum-network-2/> [accessed 29 Sep-29 2023]
- [6] *World pendulum list* [online] <https://elab.vps.tecnico.ulisboa.pt:8000/login?next=/apparatuses> [accessed 29-Sep 2023]
- [7] Lustig F., Brom P. and Dvorak. J 2021 *Pendulum at UJEP* (Ústí nad Labem: UJEP) [online] <http://ises4.prf.ujep.cz> [accessed 29-Sep 2023]
- [8] Lustig F., Dvořák J., Kuriščák P. and Brom P. 2016 *Open modular hardware and software kit for creations of remote experiments accessible from PC and mobile devices* (International journal of online engineering vol 12 issue 7) pp 30–36 ISSN 1868-1646
- [9] Lustig F. and Hejnová E. 2021 *Vzdálené experimenty* (PřF UJEP v Ústí nad Labem), e-texty úloh [online] <https://www.physics.ujep.cz/cs/vzdalene-experimenty/> [accessed 29-Sep 2023]

## Co nového v 9. ročníku projektu „Vím proč“

DANIELA MARTINCOVÁ<sup>1</sup>, JAN PTÁČNÍK<sup>2</sup>

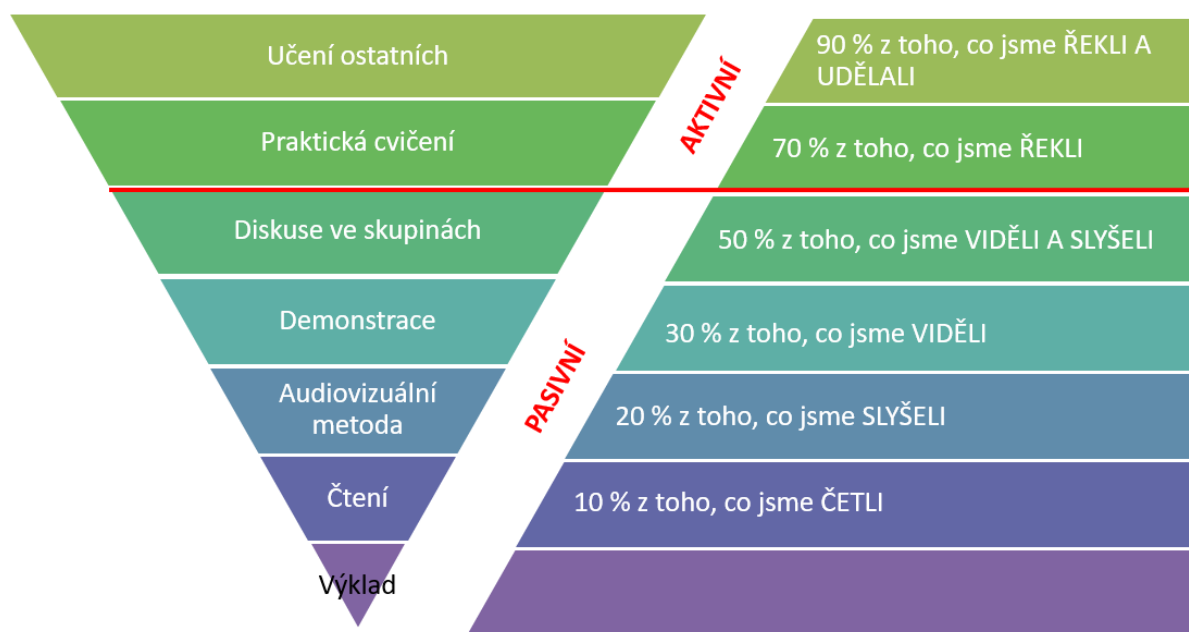
<sup>1</sup>Základní škola a mateřská škola při FN Motol, Praha

<sup>2</sup>Gymnázium J. V. Jirsíka, České Budějovice

Projekt Vím proč je soutěž určená pro žáky základních a středních škol pořádaná Skupinou ČEZ, a.s. Soutěžící mají za úkol vytvořit video s fyzikální tematikou, tedy vysvětlit nebo prokázat nějaký fyzikální jev nebo děj. Každoročně se tato soutěž těší velké oblibě a patří ke stálým ve spolupráci mezi Skupinou ČEZ, a.s. a školami.

### O Vím proč

Projekt „Vím proč“ vznikl jako projekt Skupiny ČEZ, a.s. zaměřený na úzkou spolupráci se základními a středními školami. Základní myšlenkou této soutěže je vytvořit databázi videí s fyzikální tematikou, kterou však nebudou vytvářet didaktici, ale žáci samotní. Soutěž umožňuje žákům možnost realizovat se i mimo vyučování, hlouběji pochopit vybraný fyzikální problém, ale také naučit se pracovat s moderními technologiemi, které dnes neodmyslitelně patří k běžnému životu. Právě kvalitní osvojení si poznatků potřebných k vytvoření soutěžního fyzikálního videa je největším přínosem pro jednotlivé žáky v souladu s principy efektivity učení. [1]



Obrázek 1: Pyramida učení [1]

Hodnocení jednotlivých soutěžících od odborné poroty má mít zejména formativní charakter, má žáky podpořit v jejich snahách pochopit dané téma, případně je vybudit k dalšímu a ještě hlubšímu chápání. Neméně důležitou složkou hodnocení odborné poroty je také práce s chybou, na kterou porota samozřejmě poukáže, nicméně s ní dál didakticky pracuje a motivuje žáky k odstranění chyby a tím pádem i k zopakování experimentu. Výsledné slovní hodnocení odborné poroty hodnocení se zobrazuje jak autorům soutěžních videí, tak i jednotli-



vým návštěvníkům webu <https://www.svetenergie.cz/cz/vim-proc>. Odborná potora pak ještě video ohodnotí na stupnici nula až pět hvězdiček. Toto hodnocení je také veřejné.

Každý návštěvník webu pak může video ohodnotit svým lajkem, v případě, že je návštěvník registrován, může také přidávat komentáře, ve kterých se např. může autora zeptat na doplňující otázky, případně slovně ocenit přínos a kvalitu videa.

Od samého začátku soutěže už bylo na webové stránky projektu nahráno na 1 469 unikátních videí, přehledná statistika je uvedena v následující tabulce. [2]

Tabulka 1: Statistika počtu videí [2]

Holky/kluci	785	1145
ZŠ/SŠ	803	1372
Unikátních videí	1469	

## 9. ročník soutěže Vím proč

Do devátého ročníku soutěže Vím proč bylo celkem nahráno 103 nových pokusů s fyzikální tematikou. Kvalita videí byla, stejně jako v předchozích ročnících, velmi vysoká. V devátém ročníku byly vypsány následující kategorie a podkategorie:

- kategorie Základních škol a mladších ročníků víceletých gymnázií,
- kategorie Středních škol a vyšších ročníků víceletých gymnázií,
- podkategorie Dívčí tým,
- podkategorie Obnovitelné zdroje,
- podkategorie Jaderná a subjaderná fyzika,
- podkategorie Cena veřejnosti.

V kategorii Základních škol a mladších ročníků víceletých gymnázií se na 1. místě umístil Filip Růžička a Vít Koptzyk z pražského Gymnázia Opatov, kteří natočili sérii pokusů s vlastnoručně sestrojeným Teslovým transformátorem. Vydařeným pokusem vysoutěžili své škole příspěvek 200.000 Kč od Nadace ČEZ na vybavení učeben přírodních věd a pro sebe 20.000 Kč na on-line nákupy na mall.cz. 2. místo obsadila Nora Harbichová z Gymnázia Broumov, která se ve svém pokusu zaměřila na vysvětlení atmosférického tlaku získala poukaz v hodnotě 5.000 Kč na nákup na mall.cz. A konečně 3. místo získala Adéla Podholová z Podještědského gymnázia Doctrina se svým pokusem s elektroforézou a získala poukaz v hodnotě 3.000 Kč na nákup na mall.cz. [2]

V kategorii Středních škol a vyšších ročníků víceletých gymnázií obsadila 1. místo Klára Dostálová z Gymnázia Broumov s videem zaměřeným na různé typy luminiscence, neboli samovolného záření. Také její škola se tedy může radovat z příspěvku ve výši 200.000 Kč na nákup pomůcek a Klára bude moci využít svou výhru v hodnotě 10.000 Kč na on-line nákupy na mall.cz. Klára zároveň zvítězila v podkategorii Dívčí tým, čímž vyhrála i dárek pro celou svou třídu: exkluzivní vystoupení souboru ÚDIF neboli Úžasné divadlo fyziky. 2. místo obsadila Jana Bartoňová, taktéž z Gymnázia Broumov, vsadila na statickou elektřinu. Van de Graaffův generátor si sama vyrobila a získala tak poukaz v hodnotě 5.000 Kč na nákup na mall.cz. Na krásném 3. místě se pak umístili Lucie Španihelová, Ondřej Sopuch a Lucie Kolářová z Masarykova gymnázia v Příboru, kteří si pro změnu sami sestrojili mlžnou komoru,

v níž lze pozorovat stopy radioaktivních částic. Jejich video bodovalo také v podkategorii Jaderná a subjaderná fyzika.[2]

### Vím proč a výuka (nejen) fyziky

Primárním cílem projektu „Vím proč“ je vytvoření databáze fyzikálních videí, kterou by mohl vyučující využívat při hodinách fyziky jako další možnou metodu výuky. Videá jsou na webových stránkách rozdělena do celkem 33 kategorií dle zaměření. Videá je dále možné filtrovat dle toho, zda je autor ze základní nebo střední školy. Toto rozdělení ve většině případů koresponduje také s obtížností tématu, kterému je video věnováno. Vzhledem k tomu, že každé video má maximální délku pět minut, je velmi často vhodným doplňkem jiným formám výuky. Některá oblíbená témata se na webových stránkách opakují častěji, je tedy možné orientovat se podle „hvězdičkového“ hodnocení. V případě registrace může uživatel ukládat videá do Oblíbených, to pak ještě více usnadňuje práci s videy.

Pro žáky může být možnost natočení fyzikálního videa velkou motivací. Žáci mohou zjistit, že fyzika zdaleka není jen učení se nudných vzorečků, zákonů a pouček, ale také kreativní práce, která může velmi názorně zobrazovat nějaký fyzikální jev nebo děj. Učení tak může nabývat daleko zábavnější formy. Velmi často vytváření takového videa zároveň vede žáky k učení spolupráce, plánování pracovního postupu, práci s chybou. V neposlední řadě se žáci při natáčení jednotlivých videí učí pracovat s moderními technologiemi jako mobilním telefonem, kamerou, ale také s programy na editaci videí, vytváření animací, schémat apod. Žáci tak mohou zjistit, že mobilní telefon se dá využít i při sebevzdělávání.

### Pozvánka na 10. ročník

I v roce 2024 bude probíhat soutěž Vím proč. Soutěž bude zahájena 1. února 2024 a skončí 15. května 2024. Půjde o jubilejní 10. ročník soutěže, která se stále těší velké popularitě. Přesto je v České republice ještě spousta škol, která se do tohoto projektu nezapojila, a to ani jako uživatel fyzikálních videí, nebo jako škola, jejíž žáci obsah webových stránek vytvářejí. I v 10. ročníku soutěže věnuje Skupina ČEZ, a.s., která je organizátorem soutěže, hodnotné ceny jak autorům vítězných videí, tak i školám, ze kterých tito vítězští žáci pocházejí. I to může být pro jednotlivé školy motivací, vzhledem k velmi často napjatým rozpočtům škol zejména v oblasti nákupu nových školních pomůcek.

Příspěvek odborné poroty na 28. ročníku Veletrhu nápadů učitelů fyziky by měl soutěž „Vím proč“ rozšířit dále mezi vyučující fyziky. Ti, jak věříme, nejen využijí webové stránky projektu pro svou výuku, ale zejména nabídnou možnost účasti na soutěži svým žákům.

### Literatura

[1] Kalhous Z., Obst O.: Školní didaktika. Portál 1. vydání Praha 2002. ISBN 80-7178-253-X, str. 308-447

[2] <https://www.svetenergie.cz/cz/vim-proc> [online, cit. 1. 9. 2023]

## Netradiční elektrostatické generátory

PAVEL MASOPUST, JIŘÍ KOHOUT

Oddělení fyziky, Fakulta pedagogická, Západočeská univerzita v Plzni

### Abstrakt

*V příspěvku se budeme zabývat ne úplně známými elektrostatickými generátory. Konkrétně bude věnována pozornost Kelvinovu kapkovému generátoru a možností jeho konstrukce v prostředí školy. Bude řešen i generátor založený na rozdílu potenciálu na zemi a v určité výšce nad zemí, které bude dosaženo pomocí běžně dostupného komerčního dronu, a možnosti generování napětí díky expanzi oxidu uhličitého spojené s tvorbou suchého ledu. Pozornost bude věnována i didaktickým aspektům této problematiky.*

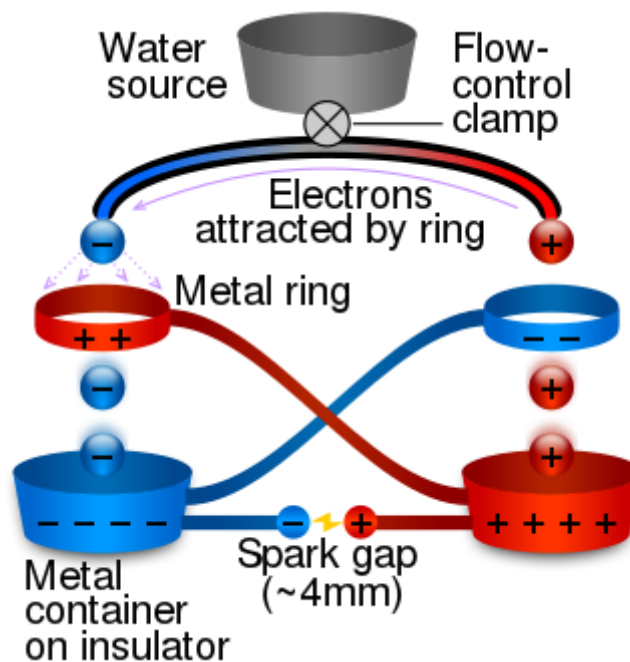
### Úvod

Elektrostatika patří ke klasickým oblastem školské fyziky a je spojována s řadou zajímavých a divácky atraktivních experimentů, kterým byla i v rámci Veletrhu nápadů učitelů fyziky (VNUF) již věnována odpovídající pozornost. Pro řadu pokusů postačuje klasický způsob generování náboje pomocí tření tyče, někdy je (např. pro demonstraci elektrického větru, napřimování vlasů apod.) však potřeba mít k dispozici elektrostatický generátor dosahující lepších parametrů. Jde o přístroje umožňující kontinuální dodávání elektrického náboje typicky o velmi vysokém napětí (desítky kV) a malém proudu (typicky jednotky mikroampérů). Ve školách se nejčastěji pracuje s van der Graafovým generátorem či Wimhurstovým indukčním generátorem, historicky však vzniklo velké množství podobných přístrojů založených na různorodých principech. Obvykle se rozlišují elektrostatické generátory třecí a indukční, ačkoliv v některých případech se mohou uplatnit do určité míry oba mechanismy. V češtině je tato problematika zpracována v bakalářské práci Hnyka [1], v angličtině je k dispozici velmi detailní přehled desítek různých generátorů včetně popisu jejich funkce a v řadě případů i možnosti vlastní výroby [2].

V tomto příspěvku se zaměříme na trojici netradičních přístupů, kterým dosud nebyla v rámci VNUF věnována pozornost, ačkoliv mohou být pro učitele zajímavé jak z hlediska teorie, tak především možností případného vlastního experimentálního využití.

### Kelvinův kapkový generátor

V roce 1867 představil slavný anglický fyzik Wiliam Thomson (lord Kelvin) jednoduchý generátor (někdy nazývaný jako Kelvinova bouřka) umožňující získávat napětí až v řádu desítek kV díky elektrostatické indukci ke které dochází mezi kapající vodou a kovovým prstencem či něčím podobným. Princip fungování generátoru vystihuje Obrázek 1. Je důležité, aby obě nádoby, do kterých voda kape, byly elektricky izolovány. Totéž platí pro oba prstence.



Obr. 1. Kelvinův kapkový generátor. Převzato z [https://en.wikipedia.org/wiki/Kelvin\\_water\\_dropper](https://en.wikipedia.org/wiki/Kelvin_water_dropper) (citováno 23. 8. 2023).

Pro správnou funkci generátoru je potřeba, aby se proud vody rozpadl před dopadem do nádoby do jednotlivých nabitých kapek tak, aby se náboj neztrácel. Z praktického hlediska je zajímavá otázka, kdy k tomuto rozdělení na kapky dojde a jak to závisí na různých parametrech. Tímto tématem se zabýval již lord Rayleigh kolem roku 1873, který experimentálně zjistil, že délka, po které dojde k rozdělení proudu na kapky, odpovídá zhruba trojnásobku průměru vodního proudu (tzv. Rayleighova nestabilita). Detailnější rozbor je náročnější, roli hraje výtoková rychlost vody stejně jako její povrchové napětí, kde příslušná délka s rostoucí povrchovým napětím poměrně rychle klesá [3]. Pro typické parametry vlastnoručně vyrobeného generátoru by se splněním uvedené podmínky neměl být problém, je však vhodné tomu věnovat pozornost.

## Konstrukce vlastního kapkového generátoru a pokusy s ním



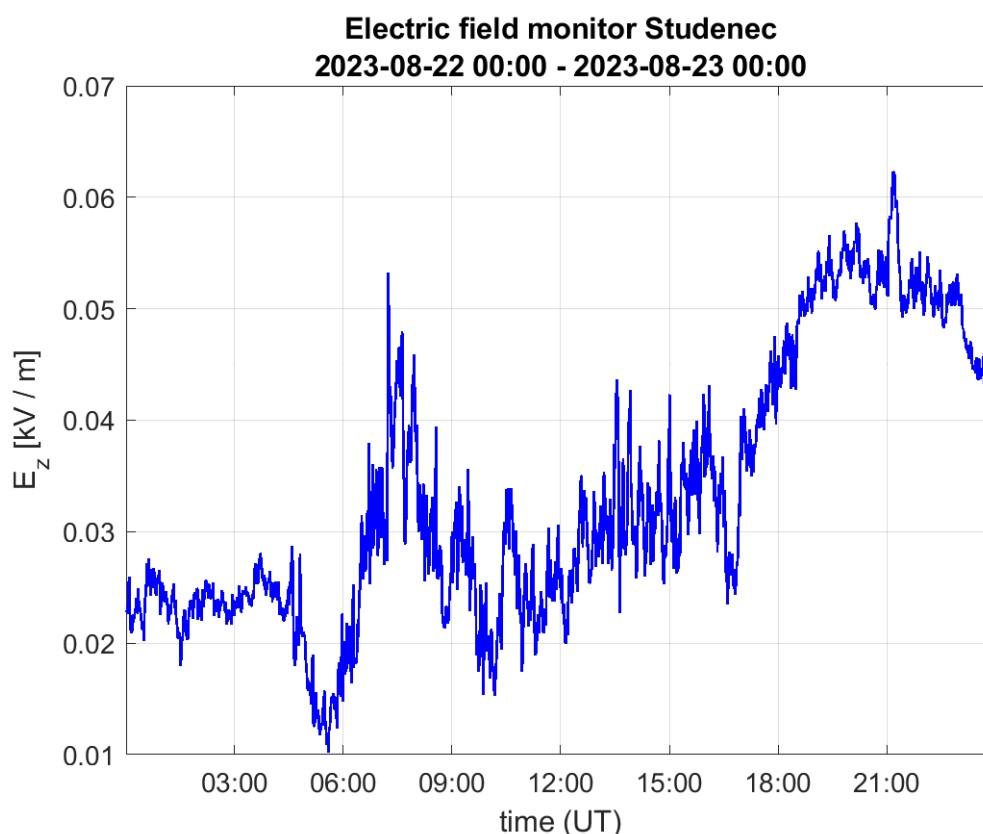
Obr. 2. Kelvinův kapkový generátor

Při vlastní konstrukci (viz Obrázek 2) jsme pracovali s co možná nejjednodušším uspořádáním tak, aby bylo možné ověřit fungování i bez složitějšího vybavení. Jako spodní nádoby se nám velmi dobře osvědčily plastové kelímky vyplněné alobalem, naopak s plechovkami od piva fungoval generátor velmi špatně. Uříznuté kousky pivních plechovek jsme využili jako kovové prstence, pouze s kovovým drátem experiment nefungoval, je třeba mít širší prsteneček. Vodu jsme pouštěli z dvou injekčních stříkaček propojených vodičem (je třeba dávat pozor, aby vodič neucpal výtok ze stříkačky), které jsme ručně plnili z větší stříkačky. K propojení jsme užili klasické vodiče s krokosvorkami. Jeden z kelímků jsme poté měli připojen na měřič náboje od Vernieru resp. na elektrometr, kde jsme pozorovali výchylku (u měřiče náboje byl dosažen maximální rozsah 100 nC, u elektrometru maximální výchylka udaná jako 4 kV). Je třeba dávat pozor na to, aby náboj někudy „neutíkal“, k tomu je vhodné vždycky před experimentem ověřit, že soustava „drží náboj“ přenesený na elektrometr např. nabitím nabitou plastovou tyčí. Při správné funkci generátoru je patrné odchýlení směru proudu vody při průchodu kovovými prstenci (plechovkami).

### Generování pomocí atmosférické elektřiny

Již Richard Feynman ve svých Přednáškách z fyziky věnovat pozornost gradientu elektrického potenciálu v závislosti na výšce nad zemí [4]. Uvádí se, že potenciálový rozdíl mezi zemí a

vrškem atmosféry je zhruba 400 kV, přičemž za standardních podmínek je gradient potenciálu u země typicky 100 V/m. Ačkoliv gradient s rostoucí výškou postupně klesá, stále by mezi zemí a výškou kolem 100 m měl existovat rozdíl až 10 kV. Uvedená hodnota je však časově velmi proměnná a závisí na celé řadě parametrů. K jejímu měření se obvykle používají tzv. elektrické mlýnky, přičemž v České republice gradient potenciálu systematicky sleduje pomocí tohoto komerčně dostupného (ale ne úplně levného, cena se u standardních mlýnků pohybuje typicky kolem 2 000 amerických dolarů) Ústav fyziky atmosféry AV ČR na stanicích ve Studenci a Panské Vsi. Z Obrázku 3 ukazujícího vývoj gradientu potenciálu během jednoho dne je patrné, že i za hezkého počasí (příslušný den byl na dané stanici slunečný bez podstatných výkyvů, v případě bouřek a podobných událostí jsou změny ještě nesrovnatelně větší) gradient potenciálu velmi silně osciloval.



Obr. 3. Vývoj gradientu potenciálu 22. 8. 2023 na stanici Studenec. Převzato ze stránek Ústavu fyziky atmosféry AV ČR na <http://datacenter.ufa.cas.cz/mlynky/?s=STC>

Z tohoto vyplývá jeden možný problém s generováním elektřiny na základě rozdílů potenciálů. Bez vlastního měření (data v reálném čase nejsou k dispozici ani pro výše uvedené měřicí stanice) pomocí elektrického mlýnku není záruka, že gradient zrovna není natolik blízký k nule, že se ani za pomoci dronu, který dle právních předpisů platných v ČR může dosáhnout až výšky 120 m, podaří dosáhnout dostatečně velkého potenciálového rozdílu. Hodnotu gradientu potenciálu ovlivňuje mimo jiné vesmírné počasí, viditelnou roli hraje také vlhkost vzduchu a aktuální úroveň znečištění ovzduší. Zde jsou některé závislosti netriviální. Například u vlhkost vzduchu by se dalo očekávat, že větší vlhkost bude odpovídat větší vodivosti a tudíž menšímu potenciálu. V některých případech to tak je, ale větší vlhkost může mít za následek tzv. hygroscopický růst aerosolů, které naopak vodivost vzduchu snižují v důsledku záchytu iontů, což naopak odpovídá nárůstu gradientu potenciálu [5]. Jde tedy o velmi komplexní a teoreticky obtížně předvídatelný systém. Navzdory tomu se za vhodných podmínek může podařit vytvořit



s pomocí dronu díky dostatečně velkému potenciálovému rozdílu elektrostatický generátor nebo i elektromotor, jak je ukázáno na videích [6] a [7].

### **Vlastní experimenty s dronem**

Experimenty byly realizovány s dronem značky Hubsan, Zino Pro. K němu byla pomocí prádlové gumy připojena (zhruba půl metru pod dron) plastová destička, ke které byla poté přidělána kovová mřížka s řadou hrotů sloužící jako sběrač náboje. Pomocí šroubku byl přichycen tenký izolovaný vodič užívaný k výrobě cívek, jehož izolace byla mechanicky odstraněna. Vodič byl umístěn na naviják a byl připojen k senzoru náboje, jehož druhý vývod by přidělán k zemnímu kolíku. Uspořádání experimentu je patrné z Obrázku 4.



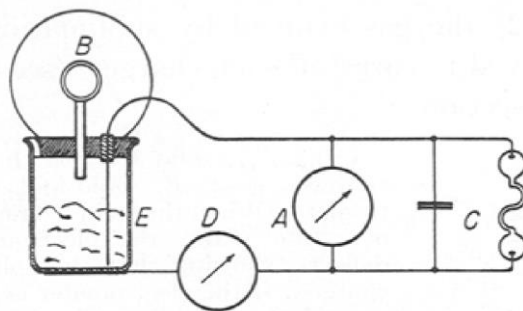
**Obr. 4. Uspořádání experimentu s dronem**

První experiment byl realizován v dopoledních hodinách za větrného počasí na louce na okraji Plzně. Dron se dostal maximálně do výšky cca 60 m a v důsledku rychlého vybíjení baterie musel být maximálně po minutě poslán na přistání. Výsledky měření nebyly průkazné. Druhý pokus proběhl ve večerních hodinách na louce v obci poblíž Plzně. Tentokrát byl vítr podstatně slabší, dron vystoupal až do výše 105 metrů a byl opakovaně (po vynulování) zaznamenán nárůst hodnoty kladného elektrického náboje na maximální rozsah daného senzoru. Bylo tak ukázáno, že daný efekt existuje a je možné jej naměřit, výrazně však závisí na aktuálních povětrnostních podmínkách.

### **Elektrostatický generátor založený na expanzi oxidu uhličitého**

Velmi zajímavý typ elektrostatického generátoru je popsán v článku [8]. Autoři nechali (přibližně) adiabaticky expandovat oxid uhličitý z tlakové láhve přes ventil do nádoby, která byla vystlána alobalem, tepelně izolována a nahoře uzavřena nevodivým diskem, do něhož byla umístěna trubička vedoucí oxid uhličitý, dále vývod pro plyny vznikající v nádobě a připojení k vodivé mřížce umístěné uvnitř nádoby za účelem zvýšení plochy vodivého kontaktu. Díky adiabatickému chlazení oxidu uhličitého vznikala v nádobě suchý led, který byl elektricky

nabitý, což autoři prokázali jednoduše připojením k elektrometru. Uspořádání jejich experimentu je patrné z Obrázku 5 převzatého z daného článku.



Obr. 5. Uspořádání experimentu s generátorem s CO<sub>2</sub>. A je elektrometr, B tlaková láhev CO<sub>2</sub>, C kondenzátor, D mikroampérmetr a E příslušná nádoba včetně kovové mřížky.

Autoři prokázali, že k separaci elektrického náboje dochází při průchodu plynu trubičkou a ventilem v důsledku tření, nikoliv až v důsledku fázové přeměny na suchý led (ventil a tlaková láhev byly nabity opačným nábojem v souladu se zákonem zachování). Podařilo se dosáhnout napětí 15-20 kV při proudu 6-8 mikroampérmetrů a během pěti minut činnosti generátoru vzniklo cca 500 g suchého ledu. Experiment je zajímavý nejen z hlediska elektrostatiky, ale i termodynamiky, protože na ochlazení plynu umožňujícího vznik suchého ledu se pravděpodobně podílelo jak adiabatické ochlazení dle Poissonova zákona pro izoentropický proces s ideálním plynem, tak Jouleův-Thomsonův efekt pro izoentalpický proces s reálným plynem. Je vhodné si uvědomit, že CO<sub>2</sub> má v porovnání s jinými plyny velmi vysokou kladnou hodnotu Jouleova-Thomsonova koeficientu (více než 1 K/bar při pokojové teplotě). Reálný proces samozřejmě nebude odpovídat ani čistému adiabatickému chlazení (oxid uhličitý v tlakové láhvi bude mít dost daleko k ideálnímu plynem) ani Jouleovu-Thomsonovu efektu a jeho matematický popis by byl velmi náročný. U CO<sub>2</sub> jsou však rozumně splněny podmínky pro to, aby skutečně došlo k ochlazení plynu na teplotu potřebnou ke vzniku suchého ledu. V tlakové láhvi je oxid uhličitý jako stlačená kapalina, při expanzi dojde k přeměně na plyn a jeho ionizaci, a následně vznikne fázovou přeměnou ionizovaný suchý led, který postupně sublimuje.

### Vlastní experimenty s expanzí plynu

Vlastní experiment jsme realizovali zjednodušeně s tím, že plyn jsme nechali expandovat po dobu několika sekund rovnou z tlakové láhve do plechovky umístěné na elektrometru, resp. připojené k senzoru elektrického náboje ze soupravy Vernier. Testovali jsme jednak oxid uhličitý a jednak dusík. Zatímco u oxidu uhličitého byla zaznamenána výrazná výchylka elektrometru, resp. kladný náboj na maximálním rozsahu senzoru (100 nC), u dusíku nebyl žádný efekt zaznamenán. Při expanzi oxidu uhličitého bylo patrné znatelné ochlazení plynu a plechovky, u dusíku toto znatelné nebylo. Popisovaný efekt byl opakovaně pozorován u hasicích přístrojů pracujících s podobnými tlaky jako v použité tlakové láhvi (tlak cca 6 – 7 MPa) [9]. V minulosti byly dokonce zaznamenány případy, kdy hašení pomocí oxidu uhličitého vedlo v důsledku statické elektřiny k explozi [10]. Při expanzi vznikají vlivem Jouleova-Thomsonova efektu pevné částice oxidu uhličitého pohybující se velkou rychlostí z nádoby, které se v důsledku srážek nabíjejí. U dusíku uvedený jev nenastává, protože teplota tuhnutí je u něj mnohem nižší a příslušný Joule-Thomsonův koeficient menší. Stejně tak bylo prokázáno, že u oxidu uhličitého je k dosažení daného efektu potřeba mít částice pevného oxidu uhličitého [10].

Experiment jsme zkusili realizovat i se sifonovými bombičkami, které jsou ve škole podstatně snáze k dispozici než tlaková láhev. Prázdnou sifonovou láhev jsme naplnili pěti bombičkami

(maximální možný počet, aby plyn neunikl pojišťovacím ventilem). Tlak uvnitř by se měl pohybovat kolem 1,5 MPa. Po vypuštění do plechovky držené dřevěnou tyčí a připojené k senzoru elektrického náboje byl naměřen kladný náboj cca 20 nC. Typ náboje je tedy opačný, než v případě přímého vypouštění z tlakové láhve, což by mohlo být způsobeno tím, že v tomto případě oxid uhličitý prochází přes plastové ústí trubice. Zjištění mechanismu nabíjení oxidu uhličitého by si určitě zasloužilo další experimenty.

## Didaktické využití

Výše uvedené experimenty s netradičními elektrostatickými generátory lze využít jako obohacení a rozšíření výuky fyziky. Kelvinův kapkový generátor lze v zjednodušené verzi realizovat docela snadno například v rámci laboratorních cvičení. Jak bylo ukázáno v článku [11], lze jej realizovat i jako kvantitativně pojatou laboratorní práci zaměřenou na měření intervalů mezi jiskrami v závislosti na šířce mezery mezi nabitými kuličkami připojenými k oběma nádobám, do nichž kape voda. Generátor využívající dron je technicky náročnější na realizaci, ale může být využit v rámci projektového dne, letního kempu či podobných aktivit. Náměty na využití dronů ve vzdělávání jsou uvedeny v článku [12] a odkazech tam citovaných. Konečně u generátoru založeného na CO<sub>2</sub> je limitací potřeba mít tlakovou láhev oxidu uhličitého, která ve školách těžko bude k dispozici. Tento netradiční generátor však lze zkonstruovat a blíže prozkoumat například v rámci akcí realizovaných vybavenějšími fyzikálními pracovišti pro nadané žáky apod. Experiment lze realizovat i s více sifonovými bombičkami (viz výše), efekt však není tak výrazný a vysvětlení ohledně znaménka náboje může být komplikovanější.

## Literatura

- [1] Hnyk M.: Netradiční elektrostatické generátory. Bakalářská práce MFF UK 2012. Dostupné z <https://dspace.cuni.cz/handle/20.500.11956/40387> (citováno 24.8. 2023).
- [2] <https://www.coe.ufrj.br/~acmq/electrostatic.html> (citováno 24.8.2023)
- [3] <https://web.mit.edu/1.63/www/Lec-notes/Surfacetension/Lecture5.pdf> (citováno 24.8.2023). Polák Z.: *Jednoduché pokusy*. In: Sborník konference Veletrh nápadů učitelů fyziky 7. Ed.: Svoboda E., Dvořák L. Prometheus Praha 2002. s. 57-60.
- [4] [https://www.feynmanlectures.caltech.edu/II\\_09.html](https://www.feynmanlectures.caltech.edu/II_09.html) (citováno 24.8.2023)
- [5] Matthews J.C. et al.: Atmospheric Potential Gradient Measurements from a Rooftop in Bangkok. 2019. Journal of Physics: Conference Series 1322, 012029.
- [6] <https://www.youtube.com/watch?v=qhXxSAv6rMg> (citováno 24.8.2023)
- [7] <https://www.youtube.com/watch?v=2HBiX9BT9ME> (citováno 24.8.2023)
- [8] Mascarenhas S. et al.: CO<sub>2</sub> Electrostatic Generator. 1958. American Journal of Physics 26, 563–566
- [9] Morgan, W.T. et al.: The electrification of operating portable CO<sub>2</sub> fire extinguishers. Journal of Electrostatics. 1981. 9, 201–210.
- [10] Hedlung, F. H.: Carbon dioxide not suitable for extinguishment of smouldering silo fires: Static electricity may cause silo explosion. Biomass and Bioenergy, 2008. 108, 113–119.
- [11] Garg S. et al.: The Kelvin Water Dropper: Converting a physics toy into an educational device. Dostupné z <https://arxiv.org/pdf/1707.06861.pdf> (citováno 24.8.2023).
- [12] Bai O et al.: Drones in Education: A Critical Review, Turkish Journal of Computer and Mathematics Education, 2021. 12(11), 1722–1727.

## Ukázky absolventských prací

OTAKAR MATOUŠ, JAROSLAV REICHL

*Střední průmyslová škola sdělovací techniky, Panská 3, Praha*

*V příspěvku budou popsány absolventské projekty žáků 4. ročníku technického lycea SPŠST Panská Praha, které byly obhájeny v rámci profilové části maturitní zkoušky v květnu 2023. Náměty prací lze využít pro řadu aktivit se žáky (projektové dny, seminární práce, ...).*

### Úvod

Příspěvek navazuje na příspěvek [1], ve kterém byl popsán princip výběru a zadávání absolventských projektů žákům 4. ročníku technického lycea na SPŠST Panská v Praze a ve kterém byly uvedeny konkrétní ukázky několika prací. V tomto příspěvku budou popsány vybrané absolventské projekty, které obhájili žáci 4. ročníků školy v květnu 2023. Pochopitelně kromě projektů, které lze prezentovat jako zdařilé s případným následným využitím dalšími učiteli v jejich praxi, byly obhájeny i práce méně zdařilé.

### Ukázky prací

Ukázky vybraných absolventských projektů vycházejí z přímé zkušenosti autorů příspěvku, kteří byli buď vedoucími daného projektu nebo jeho oponentem.

#### Fyzika jízdy na kole

Absolventský projekt Jana Berky se zabýval studiem jízdy na kole (viz [2]). Jan je vášnivým cyklistou, a proto si toto téma svého projektu vybal a obhájil před komisí učitelů. V rámci práce se zbýval jak rešeršní částí, v níž popsal základní komponenty jízdních kol a jejich vliv na jízdu kola, tak praktickou částí. Ta spočívala v měření parametrů jízdy kola v závislosti na:

typu jízdního kola – horské kolo a silniční kolo;

hmotnosti cyklisty – uměle byla navyšována zátěží ve vestě o hmotnosti 20 kg;

tlaku vzduchu v pneumatikách kola;

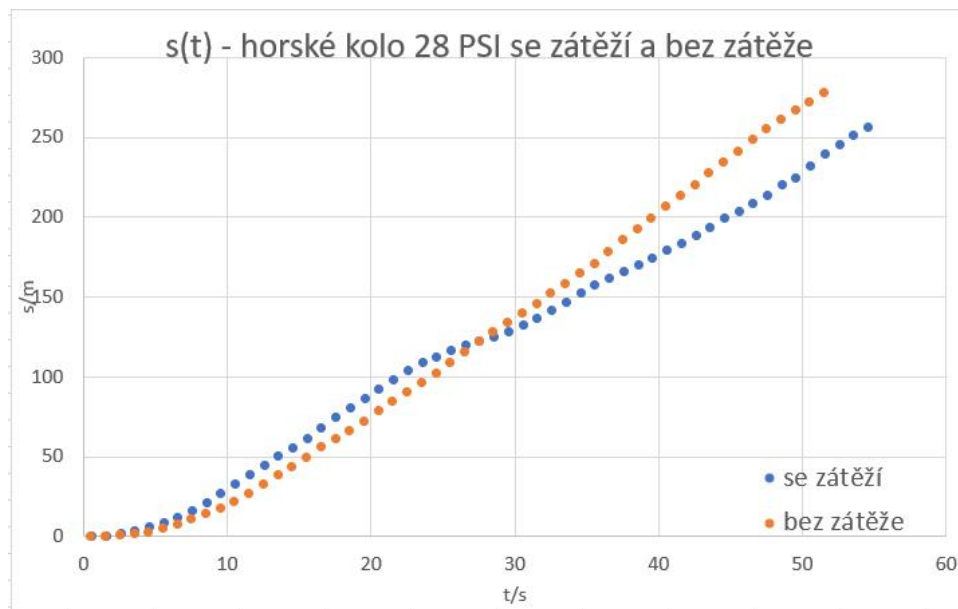
terénu – jízda po rovině, do kopce a z kopce.

Všechna měření probíhala paralelně pomocí aplikace Phyphox (viz [3]), kterou měl Jan instalovanou v mobilním telefonu umístěném v kapse dresu, a tříosého senzoru zrychlení firmy Vernier, který byl připevněn na rámu kola. Analýza dat exportovaných do vhodného datového formátu probíhala následně v tabulkovém editoru Excel.

Autor práce zpracoval naměřená data velmi precizně. V úvodu této části práce vysvětlil výpočet velikosti rychlosti a uražené dráhy na základě naměřené velikosti zrychlení. Poté takto získaná data pro jednotlivé typy jízd (celkem proběhlo 18 jízd) zobrazil graficky. Dále vypočítal na základě informace o velikosti zrychlení okamžitý výkon, který při jízdě vyvíjel. Časová závislost výkonu vyšla poměrně rozkolísaná, proto ještě k této závislosti přidal závislost výkonu spočítaného pomocí tzv. klouzavého průměru z posledních čtyř měření. Vybraná měření (tj. ta, jejichž časové závislosti dráhy, velikosti rychlosti či zrychlení vykazala některé zajímavé vlastnosti) v práci navzájem porovnal a okomentoval.

Kromě toho, že si během jednoho deštivého odpoledne „užíval“ 18 jízd v Prokopském údolí v Praze, využil též řadu poznatků z matematiky (diferenciální počet a jeho souvislost s nespojitými daty, klouzavý průměr, ...).

Jako ukázka jsou na obr. 1 uvedeny závislosti dráhy na čase při jízdě do kopce se zátěží a bez ní.



Obr. 1 Časová závislost dráhy při jízdě do kopce se zátěží a bez ní

## Raketa

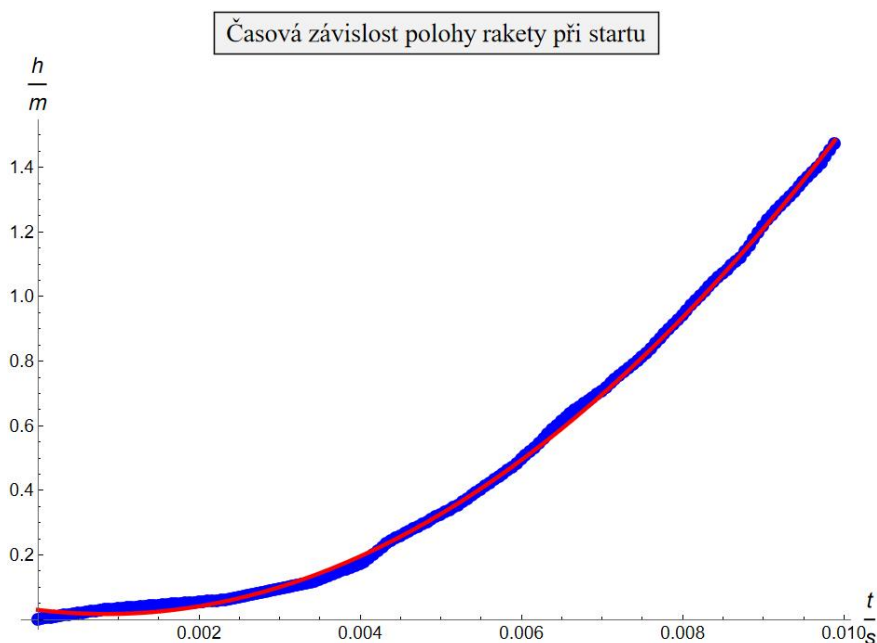
Autory Kryštofa Pohnana a Matyáše Zelnička zaujala možnost postavit si vlastní raketu, která by během svého letu měřila pomocí senzorů v ní umístěných různé fyzikální charakteristiky (viz [4]).

V první části práce se autoři věnují historii konstrukce raket a jejich (ne)úspěšných letů do vesmíru. Další část práce je věnována popisu konstrukce vlastního modelu rakety z plastové trubky a dílů tištěných na 3D tiskárně (stabilizační křídélka, hlava, zásobník na zakoupené motory, kapsa pro uložení senzorů a zdroje napětí, ...). V další části práce už autoři popisují jednotlivé lety rakety, jejich průběh a analýzu chyb, které jednotlivé starty provázely. Jako palivo byly použity raketové motory Klíma D9, které byly odpalovány elektricky pomocí elektrických palníků. Závěrečná část práce je věnována fyzikálnímu popisu letu, jeho matematické analýze a zpracování naměřených dat. Za pozornost stojí matematická analýza letu rakety odvozená na základě grafu závislosti velikosti tažné síly motoru na čase pro použitý typ motoru. S využitím diferenciálního a integrálního počtu autoři spočítali pro jednotlivé části letu rakety závislosti velikosti zrychlení, velikosti rychlosti a dráhy na čase. Tyto parametry byli schopni částečně porovnat s naměřenými hodnotami během letu.

Ani jeden ze čtyř uskutečněných startů nebyl úspěšný podle původního plánu. V prvním případě foukal čerstvý vítr a raketu na otevřeném padáku zanesl neznámo kam. Při dalších letech se stala vždy při startu resp. po něm nějaká nepředvídatelná nehoda. Poprvé byly motory příliš blízko u sebe, a proto se navzájem zahřály natolik, že explodovaly. V dalším případě nezafungoval dobře systém, který měl vystřelit z rakety padák. Vzhledem k tomu, že starty raket mohly být realizovány pouze za vhodného počasí a vzhledem k blížícímu se termínu odevzdání práce, nestihli autoři provést více letů.



Čidla, kterými byla raketa osazena a která fungovala za podpory platformy arduino, byla při výše popsaných letech rakety buď částečně nefunkční nebo byla zničena vlivem vysoké teploty. Tři z popsaných startů rakety snímali autoři rychloběžnou kamerou zapůjčenou z KDF MFF UK Praha, a tedy měli alespoň nějaká data k analýze. Tato data získali autoři z videoanalýzy pořízeného záznamu z prvních okamžiků po startu rakety. V grafu na obr. 2 jsou tato data (body modré barvy) spolu s aproximační funkcí (červená plná čára) zobrazena s využitím software *Mathematica*.



Obr. 2 Závislost výšky rakety na čase krátce po startu

Ač se může zdát, že se projekt nevydařil dle původního zadání, je třeba vyzdvihnout snahu autorů mezi jednotlivými starty analyzovat předcházející chyby, změnit dílčí části konstrukce rakety a analyzovat ta data, která se podařilo naměřit.

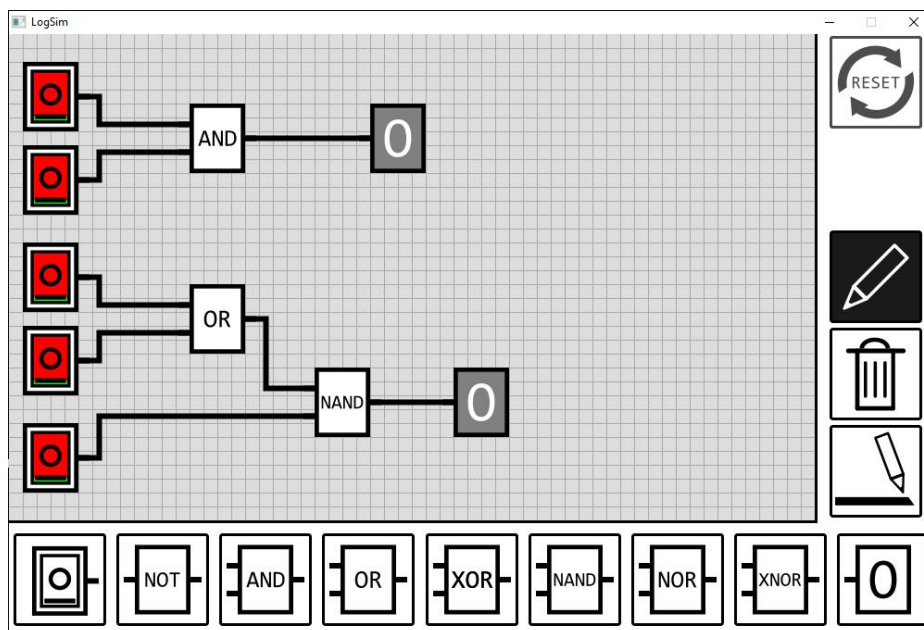
## Hradla

František Šturma se v rámci svého absolventského projektu věnoval hradlům, v současné době používaných v tranzistorech. Tato hradla popsal z hlediska teorie po stránce matematické (využití logických spojek), tak po stránce fyzikální (rozborem činnosti jednotlivých typů konstrukcí využívaných hradel). Při fyzikálním popisu činnosti hradel se odvolával na popis matematický a řádně zdůvodnil, proč je možné pouze s omezeným počtem typů hradel (využívajících vlastnosti konkrétní logické spojky) realizovat i další logické spojky.

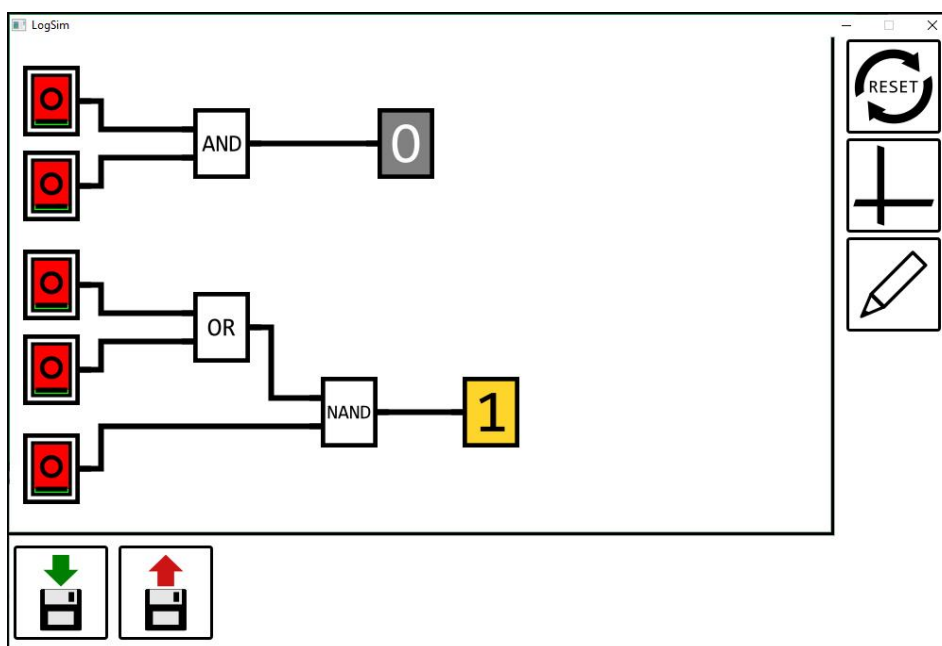
V rámci praktické části práce se rozhodl vytvořit vlastní aplikaci LogSim, která činnost hradel zdárně simuluje. Technický popis i uživatelská příručka aplikace je též součástí práce [5]. Autor navrhl v programovacím jazyce C++ velmi zdařilou strukturu, která umožňuje na pracovní plochu přidávat vybraná hradla, vodiče, přepínače a kontrolní indikátory tak, aby pracovní plocha zůstala přehledná (tj. aby se ani značky hradel ani spojovací vodiče navzájem nepřekrývaly). Velkou výhodou je i fakt, že použil vlastní značky hradel (toto rozhodnutí korektně komentuje v textu práce), aby byla hradla „čitelnější“ i pro laiky, kteří se s jejich činností teprve seznamují. Po provedené simulaci lze postupně z pracovní plochy odstraňovat jednotlivá hradla a vodiče a vytvořit obvod jiný. Na základě (snad jedině) výtky od vedoucího i oponenta práce během měsíce po obhájení svého projektu před maturitní komisí dodal vylepšenou verzi aplikace, která umožňuje předem připravené schéma hradel uložit a opětovně



načíst. To značně ušetří čas např. ve vyučovací hodině, kde lze aplikaci využít. A to jak v hodinách matematiky při probírání logických spojek, tak v hodinách fyziky (či jiných odborných předmětech zaměřených na studium logických hradel). Ukázka plochy aplikace v režimu úprav je zobrazená na obr. 3; na obr. 4 je zobrazena aplikace v režimu simulace.



Obr. 3 Ukázka programu LogSim – režim úprav



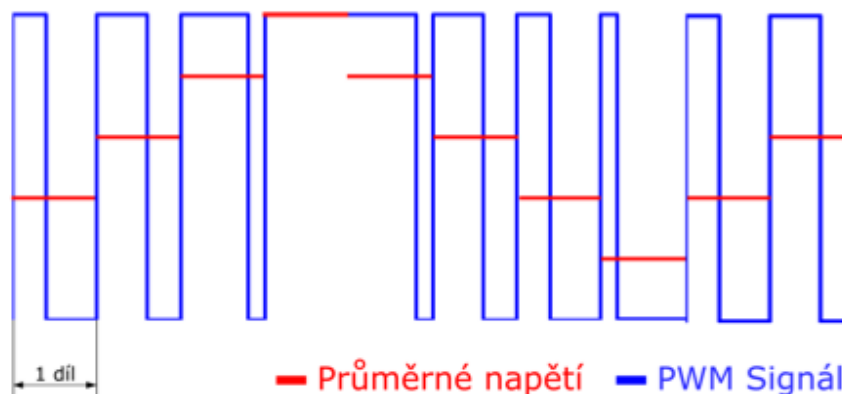
Obr. 4 Ukázka programu LogSim – režim simulace

## Vodní levitace

Ondřej Budil se ve svém absolventském projektu věnoval zařízení, které demonstruje stroboskopický jev na tekoucí vodě (viz [6]).

První část práce je věnována teoretickému rozboru, kde najdeme – princip stroboskopického jevu, stručný vhled do mikrokontrolerů a princip elektrodynamického reproduktoru.

Druhou částí práce je část praktická, kde autor popisuje programování v Arduino, analýzu programu, který řídí blikání LED pásku, a programování reproduktoru. Stěžejním úkolem bylo v Arduino vytvořit sinusový signál. Arduino umí na příslušný pin dodat pouze jedno ze dvou napětí 0 V nebo 5 V. Autor tento problém vyřešil tak, že sinusový signál aproximoval pomocí PWM modulace – viz obr. 5.



Obr. 5 Ukázka aproximace pomocí Pulsně šířkové modulace

Třetí a poslední částí absolventského projektu je konstrukce výsledného zařízení. Obrázek 6 ukazuje, jak vypadá vnitřek zařízení. Jednotlivé části jsou: 1. reproduktor, 2. řídicí panel – mikrokontroler, 3. LED pásek umístěný po obvodu zařízení, 4. nádržka na vodu o objemu 400 ml a 5. hadičky zajišťující cirkulování vody.



Obr. 6 Řez výsledným zařízením

## Závěr

Výše popsané absolventské projekty jednak ukazují schopnosti a dovednosti žáků technického lycea SPŠST Panská v Praze, jednak ale také nabízejí náměty pro ostatní učitele a jejich zejména nadanější žáky. Témata zde prezentovaná lze pochopitelně upravit tak, aby vyhovovaly přístupu učitelů a schopnostem jejich žáků.

## Literatura

- [1] Matouš O., Reichl J.: *Absolventské práce na SPŠST Panská*. In: Sborník konference Veletrh nápadů učitelů fyziky 27. Ed: Holubová R., Univerzita Palackého v Olomouci, 2022. s. 206 – 217.
- [2] Berka J.: *Fyzika jízdy na kole*, SPŠST Panská, Praha, 2023.
- [3] Phyphox [online]. Dostupné z: <https://phyphox.org/> [citováno 27. 7. 2023]
- [4] Pohnan K., Zelníček M.: *Raketa*, SPŠST Panská, Praha, 2023.
- [5] Šturma F.: *Hradla*, SPŠST Panská, Praha, 2023.
- [6] Budil O.: *Zařízení vytvářející iluzi levitace vody*, SPŠST Panská, Praha 2023

## Elektronická učebnice fyziky

TOMÁŠ NEČAS, MIROSLAV KUBERA, VOJTĚCH BENĚŠ

Gymnázium Matyáše Lercha, Gymnázium na třídě Kapitána Jaroše a  
Masarykova univerzita

*V roce 2023 jsme dokončili práci na nové elektronické učebnici fyziky pro gymnázia. Toto dílo vzniklo díky spolupráci tří Brněnských škol: Gymnázia Matyáše Lercha, Gymnázia na třídě Kapitána Jaroše a Masarykovy univerzity. Učebnici najdete v digitální podobě na webové stránce*

[www.e-manuel.cz](http://www.e-manuel.cz).

*V tomto článku bychom vám toto dílo rádi blíže představili.*



Nejprve bychom rádi vysvětlili, **PROČ** jsme se rozhodli vytvořit novou učebnici. Všichni tři autoři jsme byli dlouhodobě nespokojeni s podobou současných gymnaziálních učebnic (Fyzika pro gymnázia od nakladatelství Prometheus). Nechtěli jsme ale změnit jen formu, ale také obsah gymnaziálního kurzu fyziky. Vycházeli jsme přitom z našich vlastních zkušeností ve výuce a také z poznatků ze zahraničí. Myslíme si, že výuku fyziky lze pojmout mnohem více prakticky. Nechceme o fyzice jen učit, chceme ji skutečně dělat! K tomu je potřeba se více soustředit na pochopení základních principů na úkor rozsahu a zbytečných podrobností. Více se zaměřit na praktické aplikace a méně na teoretickou fyziku. Uvědomujeme si, že jedna učebnice může inspirovat víc než několik ministerských koncepcí, revizí RVP a metodických pokynů dohromady.

Otázkou bylo, **JAK** takovou učebnici vytvořit. V roce 2019 se nám podařilo získat Evropský grant na podporu vzniku digitálních vzdělávacích zdrojů. Díky tomu jsme mohli zaplatit všechny profese, které byly pro vznik učebnice potřeba. Současně jsme věděli, že do tří let musíme odevzdat hotové dílo, což byla poměrně velká výzva.

Po mnoha a mnoha schůzkách, dlouhých večerech psaní, víkendech strávených redakcí kapitol, fotografováním, měřením, sháněním dat, tvorbou grafů,... jsme mohli říci, že vznikla učebnice, která má co nabídnout jak učitelům tak studentům. **CO** považujeme za její hlavní přednosti?

Učebnice je dostupná online, zdarma ve formátu html ze všech zařízení (počítačů i mobilů). Výkladové části je možné přehrát také jako audio.

Učebnice má kvalitní grafiku, ilustrace a fotografie. Také všechny grafy mají jednotnou podobu a vždy vycházejí se skutečně naměřených nebo námi vypočtených hodnot.

Učebnice nabízí velkou míru variability při studiu. Při tvorbě obsahu jsme záměrně nerozlišovali mezi “základním” a “rozšiřujícím” učivem. Toto dělení necháváme na učitelích a samotných studentech.

Učebnice má přehledný formát. Každá z 27 kapitol se dělí na čtyři části: motivace, výklad, cvičení a praktika. Kromě toho je u každé kapitoly ještě jedno motivační video z dílny skupiny ÚDIF.

Učebnice nabízí možnost evoluce obsahu. Díky elektronickému formátu můžeme průběžně opravovat chyby, provádět změny, doplňovat.

Učitelé jsou docela konzervativní a často se jim nechce nebo nemají odvahu měnit způsoby či obsah výuky. Argumenty “přece to tak děláme už 30 let” případně “vždyť je to v učebnici” ale nemají šanci obstát v konfrontaci s realitou. Budeme moc rádi, když naše učebnice ukáže, že změna je možná. Vždyť fyzika je všude kolem nás!

Autorský tým učebnice

**Autoři:** Vojtěch Beneš, Miroslav Kubera, Tomáš Nečas.

**Hlavní recenzent:** Zdeněk Bochníček.

**Pomůcky, experimenty, praktika:** Václav Piskač.

**Motivační videa:** Bára Mikulecká, Vojtěch Hanák, Vladimír Polidar, Pavel Klein.

**Grafika:** Petr Hloušek, Jitka Hloušková.

**Programování a sazba:** Daniel Padrta, David Nečas.

**Dále spolupracovali:** Jana Jurmanová, Pavel Konečný, Zdeněk Navrátil, Zbyněk Fišer, Stanislav Zajíček, Olga Padúchová a další.

## Co chybí začínajícímu učiteli fyziky

MAREK SCHOLZ

*Gymnázium Františka Palackého v Neratovicích*

V následujícím textu si dovoluji představit velice subjektivní a trochu emocionální pohled začínajícího učitele.

Když jsem začal před třemi lety učit, velice mě překvapilo, že neexistuje jednotný ucelený elektronický zdroj výukových materiálů, kde učitel ke všem tématům najde rychle na jednom místě kvalitní výuková videa, editovatelné prezentace, či otevřenou databázi cvičení umožňující snadný výběr a export do různých formátů, a to vše ve svobodných licencích. Takový portál nazývám jako „učitelův sen“. Tento projekt, pokud by byl realizovaný dlouhodobě, koordinovaně a týmově, se zdá zcela řešitelný. Jako učitel se chci věnovat přípravě poutavé výuky, experimentům, individualizaci a diferenciaci, práci se studentem a jeho motivací. Nechci pracovat na nízkých patrech kreativity, klepat do klávesnice a psát či opisovat standardní věci, které již stokrát byly napsány. Chci, aby existoval kvalitní základ, který pak bude možné rozvíjet, a nikoli aby se každý zbytečně lopotil od začátku a dělal již dávno hotovou práci. Domnívám se, že je v bytostném zájmu MŠMT a zřizovatelů poskytovat učitelům praktické nástroje, díky kterým učitelé ušetří spoustu zbytečné práce a budou ji moci věnovat úkolům, které mají vyšší přidanou hodnotu pro studenty. Máme řadu velice schopných učitelů, kteří by za adekvátní odměnu jistě byli schopni obsah vytvořit. Tyto myšlenky mě vedly k úvaze, jakým způsobem bych jako jednotlivec mohl přispět k tomuto cíli – učitelově snu.

Prvním bodem jsou výuková videa. Toto téma bylo velice aktuální zejména během covidu. Bohužel byla promarněna příležitost zorganizovat (a zaplatit) vytvoření souboru výukových videí těmi nejlepšími učiteli. Na internetu je videí celá řada, ale není snadné najít didakticky kvalitní ucelený a kompletní soubor, byť existují zajímavé projekty jako Khan Academy, česká onlineschool.cz, nebo řada youtube kanálů [1]. Video ale nemá význam jen v dobách epidemí a zavřených škol. Video použije student, který si chce zopakovat látku před písemkou, nebo ten, který to ve škole nepochopil či byl nemocný. Video však může použít i učitel místo výkladu některé pasáže. Situace mě vedla k naivnímu pokusu vytvářet vlastní výuková videa a nesměle se tak stát youtuberem. Video, která jsem tvořil primárně pro své studenty, je možné shlédnout na mém osobním YouTube kanálu „Marek Scholz“, nebo tematicky řazená na stránce **fyzikum.cz/video**, kde jsou dostupné i podkladové materiály pro videa. Momentálně je uveřejněna stovka videí. Z časových důvodů jsem volil cestu technické jednoduchosti. I tak je pro mě ale vytvoření uceleného souboru nedostižnou metou. Nedělám si ani iluze o kvalitě či užitečnosti videí, ale myslím, že bylo přínosné prozkoumat tuto cestu.

Vzhledem k nedostatku času jsem videa tvořil velice primitivním způsobem. Co se týče nástroje pro tvorbu, tak neustále hledám vhodnou kombinaci. Powerpoint umožňuje snadný záznam videa a pohodlnou pozdější editaci či vkládání nových slidů. Bohužel ale často kazí zvuk. Druhou cestou je pořízení grafického tabletu a perem psát na nějaký WhiteBoard (MS Whiteboard, OneNote, OpenBoard). K záznamu obrazovky a zvuku pak lze využít např. OBS. Třetí a snad nejpříjemnější cesta je pořídit si klasický tablet se stylusem a pro psaní použít k tomu určenou aplikaci, např. Samsung Notes, a pro záznam např. XRecorder.

Druhým bodem jsou prezentace. Prezentace jistě nejsou vhodné pro všechna fyzikální témata, ale pro mnoho témat vhodné jsou a mohou také být vhodným vodítkem pro učitele a studijním materiálem pro žáky. Obrovskou výhodou prezentací je jejich snadná editovatelnost a přeskupovatelnost. Učitel si snadno může přetvořit prezentaci vytvořenou někým jiným.



Existuje však ucelený zdroj kvalitních aktivizujících prezentací, které nejsou jen prostým výkladem, ale obsahují i otázky, cvičení? Nenašel jsem takový a spousta jiných učitelů také ne. Což takhle systematický sdílet a vytvářet prezentace a jiné materiály v rámci školy? V naprosté většině škol se nic takového neděje. Otázka je, proč ne? Chybí motivování ze strany vedení škol, nebo je celá myšlenka sdílení zkrátka příliš utopistická? Což takhle dát dohromady skupinu učitelů jinak, třeba na facebooku, kteří budou vzájemně sdílet? To je nelehký úkol. Ke sdílení je také přímo určen oficiální portál [dum.rvp.cz](http://dum.rvp.cz) a [clanky.rvp.cz](http://clanky.rvp.cz), ale v oboru fyziky je již mnoho let prakticky neaktivní. Těžko říci proč. Konečně přirozeným prostorem pro systematickou tvorbu a sdílení výukových materiálů jsou semináře, cvičení a závěrečné práce na fakultách. Zde může dlouhodobě a organizovaně vznikat obsah, který si pak absolventi odnesou do své praxe. Toto však také není samozřejmostí. Námitkou proti sdílení prezentací také je, že může být obtížné použít cizí prezentaci, protože její tvůrce má řadu věcí v hlavě, které přirozeně nemohly být všechny uvedeny v prezentaci. Což tedy kdyby tvůrce k prezentaci zároveň nahrál záznam, odkud by bylo přesně patrné, jak prezentaci vede? V neposlední řadě velkým strašákem jakékoli tvorby a sdílení obsahu jsou samozřejmě autorská práva, která je třeba respektovat a zacházet s nimi korektně. To však jen podtrhuje potřebu vytvářet obsah v otevřených licencích, které nebudou zatížené autorskými právy. Pokud by však někdo měl zájem o sdílení prezentací a materiálů v uzavřené skupině, tak pokus o nábor probíhá na stránce [fyzikum.cz/prezentace](http://fyzikum.cz/prezentace).

Třetím bodem jsou cvičení a úlohy. Je nutné zde poznamenat, že na poli internetových sbírek bylo vykonáno již mnoho dobrého, například [2-5]. Avšak jakožto učitel chci mít tematicky řazenou databázi úloh v otevřené licenci, ze které budu moci snadným naklikáním udělat výběr a exportovat do pracovního listu nebo do nějaké kvízové platformy, a zároveň budu mít možnost tyto exporty dále editovat podle své libosti. Takovou databázi jsem však nenašel. Zajímavým kandidátem by mohla být kvízová platforma Quizizz, která umožňuje velice snadné sdílení kvízů a jednotlivých úloh napříč komunitou tvůrců. Kvíz je možné duplikovat a přetvořit, nebo do svého kvízu pomocí funkce Teleport otázek pohodlně importovat jednotlivé otázky z jiných veřejných kvízů. Mezi další výhody patří dobrá funkcionální Free verze, slušná sazba matematiky, možnost exportu do pdf pracovního listu, či spouštění kvízu jak v synchronním, tak asynchronním módu, kdy studenti postupují vlastním tempem. Seznam mých veřejných kvízů najdete na adrese [fyzikum.cz/quizizz](http://fyzikum.cz/quizizz). Nevýhodou je samozřejmě to, že tvůrci nemají plnou kontrolu nad uloženými daty. Cestou by proto bylo vytvoření sbírky ve standardním strukturovaném formátu, jako je např. obyčejná Excel tabulka, která bude sloužit jako databáze, odkud bude možné sbírku exportovat do libovolných forem. Vytvořil jsem proto testovací tabulku a formulář, pomocí něhož může každý úlohy do tabulky přidávat. Můžete vyzkoušet na adrese [fyzikum.cz/sbirka](http://fyzikum.cz/sbirka). Na stránce je zobrazena i ukázka exportu sbírky jakožto webové stránky, kde si student může prokliknutím zobrazit výsledek nebo nápovědu.

Jsem příznivcem vzájemné spolupráce a sdílení, protože jen tak se můžeme posouvat dopředu. Domnívám se, že učitelská komunita by měla usilovat o vytvoření a podporu již zmíněného jednotného místa, kde najdou kvalitní a ucelený obsah (videa, prezentace, databáze cvičení,...), který si budou moci dále snadno přizpůsobovat k obrazu svému. Web [fyzikum.cz](http://fyzikum.cz) je jakýmsi malým experimentálním prototypem a mým drobným pokusem o příspěví ke společnému cíli. Zdá se však, že jakési napětí vnímá i řada dalších lidí. V poslední době tak vznikají skvělé projekty, jako třeba elektronická učebnice e-manuel [6] a konec konců portál [rvp.cz](http://rvp.cz) také dostal podstatný face-lift. Blýská se na lepší časy...

## **Literatura**

- [1] např. youtube kanály Fyzika Jam, Media ŠkolaKřižík, Pavel Navrátil, Standa Jakoubek, Marcela Miková, Fyzika v Klidu, Zápisky z MATIKY a FYZIKY a další
- [2] [realisticky.cz](http://realisticky.cz)
- [3] [reseneulohy.cz](http://reseneulohy.cz)
- [4] [priklady.eu](http://priklady.eu)
- [5] [sbirkaprikladu.gym-karvina.cz](http://sbirkaprikladu.gym-karvina.cz)
- [6] [e-manuel.cz](http://e-manuel.cz)
- [7] [fyzikum.cz](http://fyzikum.cz)

## STEM pokusy s laserem

VÁCLAV ŠEBELÍK

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Přírodovědecká fakulta

### Abstrakt

*V příspěvku jsou popsány tři pokusy s laserem proveditelné s vybavením dostupným na středních školách. Ač primárně cílí na fyziku (zvláště optiku) jsou tyto experimenty mezioborové a je tak možné jejich demonstrací doplnit učivo biologie, chemie nebo matematiky. Studenti mohou tyto experimenty sestavit díky jejich nenáročnosti sami a v rámci projektu Studenti žákům, žáci sobě na Přírodovědecké fakultě Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích (PřF JU) tak středoškolští studenti pravidelně činí.*

### Studenti žákům, žáci sobě

Pod tímto názvem probíhají na PřF JU zážitkové programy, na jejichž přípravě a realizaci se společně podílí nejen zkušení vědci z PřF JU, ale i naši studenti učitelských oborů. Délka trvání každé akce je přibližně jeden den a středoškolští studenti si mohou vybrat témata z oboru fyziky, chemie, biologie, matematiky a geografie. Zároveň si studenti mohou prohlédnout moderní prostory vědecko-výzkumné instituce a to v neformálním doprovodu svých vrstevníků, studentů učitelských oborů.

### Prováděné pokusy

Ve fyzikální laboratoři je v projektu *Studenti žákům, žáci sobě* připraven program především z oboru optiky. Snažíme se ale experimenty sestavit tak, abychom obsáhli i jiné obory, jako např. matematiku, biologii, nebo chemii. To se velmi osvědčilo, neboť k nám chodí nejen studenti gymnázií, ale i jiných středních škol, které nemají fyziku po celou dobu studia. Pro studenty je nejprve připravena prezentace, kde se seznámí s principy a vlastnostmi laserů, které v dnešním technologickém světě hrají nezastupitelnou roli. Poté následuje exkurze do laboratoře ultrarychlé spektroskopie, aby si prohlédli, jak se lasery používají ve vědecké praxi. Nakonec si studenti sami vyzkouší práci v optické laboratoři a sestaví od základů několik experimentů, z nichž tři jsou popsány v následujícím textu.

### Zobrazení postupu difuze

Difuze je samovolný proces, při němž se částice (atomy, molekuly) rozptylují z oblastí s vyšší koncentrací do oblastí s nižší koncentrací. Tento jev se vyskytuje v různých odvětvích, jako je technika (desalinizace, ředění plynů), farmakologie (farmakokinetika) či medicína (transport léčiv a škodlivin).

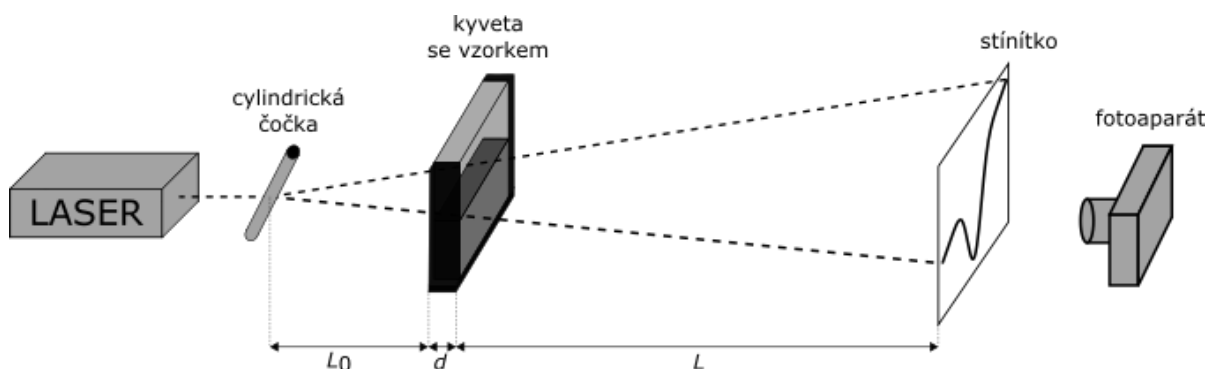
Na středních školách se studenti setkávají s difuzí v rámci fyziky, biologie i chemie. V biologii je důležitá pro pochopení buněčných a tkáňových procesů, zatímco v chemii je spojena s osmózou. Navzdory jejímu významu se jí věnuje při výuce relativně málo času. Výzkum mezi vysokoškolskými studenty prvního ročníku ukázal, že mnoho studentů má o difuzi omezené povědomí a chybí jim znalost základních veličin a pojmů, jako je Fickův zákon nebo gradient [1].

Experimentálně se difuze na školách obvykle demonstruje kápnutím inkoustu do sklenice vody, nicméně tento příklad neukazuje jen difuzi, ale i jiné fyzikální procesy. Voda na hladině se totiž odpařuje a tím se ochlazuje, což vytváří proudění směrem dolů. Tímto způsobem se voda s inkoustem promíchá rychleji, než kdyby celý proces spoléhal pouze na difuzi.

V další části se budeme věnovat tomu, co při pokusech s difuzí zohlednit a jak provést jednoduchý laserový experiment poskytující jedinečný pohled na difuzi.

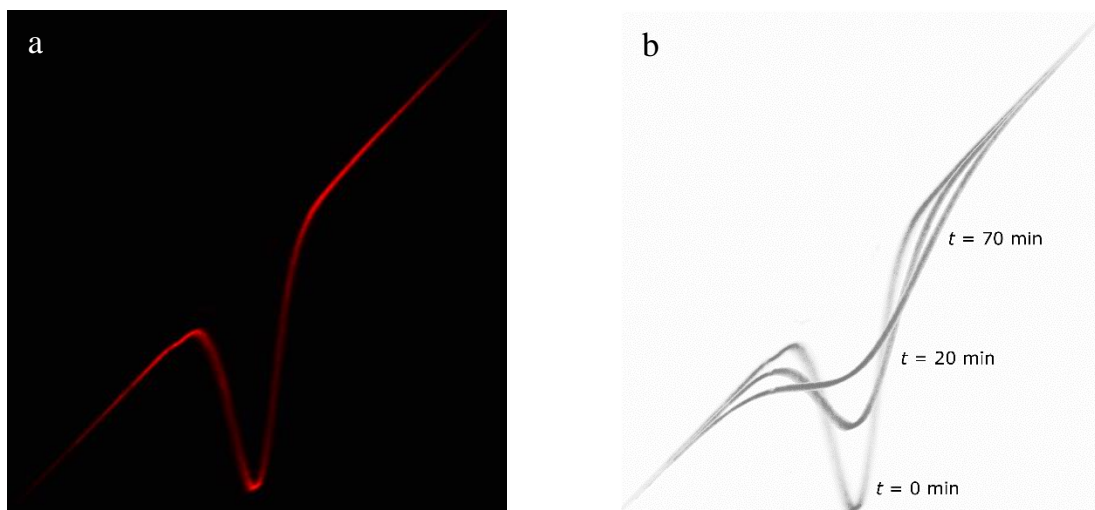
Světelný paprsek se na rozhraní prostředí s různým indexem lomu lomí. To platí i pro méně zřetelná rozhraní, například vzduch nad horkou vozovkou (*fata morgana*). Zde vznikají stabilní vrstvy vzduchu s různými teplotami a tudíž i s různými indexy lomu. Takovýto gradient můžeme vytvořit i na rozhraní dvou kapalin o různém indexu lomu. Díky difuzi a použité metodě pak budeme moci sledovat jeho vývoj s časem. Abychom ale dosáhli čistě efektu difuze bez dalších parazitických jevů, musíme si dát pozor na několik věcí. Zaprvé je třeba je omezit výpar – tím zamezíme víření kapalin. Je možné to provést dvěma jednoduchými úkony. (i) Je třeba zmenšit plochu výparu, tím, že zvolíme nádobu, ve které bude mít hladina co nejmenší povrch. (ii) Musíme omezit proudění vzduchu nad hladinou zakrytím nádoby. S nádobou už také po jejím naplnění nehýbeme, abychom tím vzorek nepromíchávali.

Schéma pokusu je znázorněno na Obrázku 1. Experiment spočívá v rozložení laserového svazku do roviny pomocí cylindrické čočky o průměru 6 mm. Takto rozložený svazek prochází průhlednou nádobou o rozměrech 5x5x1 cm. Do její půlky byla nejprve nalita voda. Druhá kapalina, roztok soli (0,2 g/l), pak byla pomocí pipety, popř. injekční stříkačky, jemně vypuštěna na dno kyvety. Druhou kapalinou takto zaplníme spodní polovinu kyvety. Solný roztok má vyšší hustotu než voda, proto zůstává u dna nádoby, dokud se difuzí obě kapaliny nepromíchají. Všimněme si také, že přechod mezi kapalinami je možné pozorovat i pouhým okem. Laserový svazek po průchodu vzorkem dopadá na stínítko, na kterém můžeme pozorovat obrazec jako na Obrázku 2a. Popř. za stínítko umístíme fotoaparát a obrazec můžeme vyfotit.



Obrázek 48. Schéma experimentu.

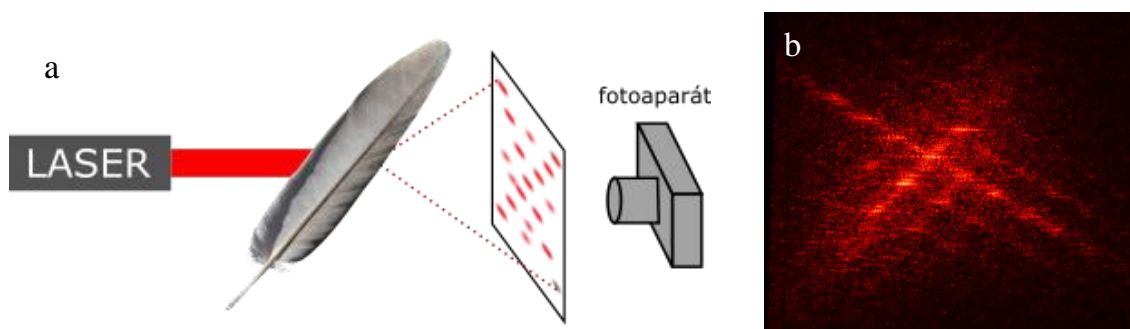
Na Obrázku 2b je vidět vývoj pozorované křivky v čase. Abychom získali tento obrázek, byly nejprve jednotlivé snímky převedeny do odstínů šedi, byly jim invertovány barvy a poté byly přeloženy přes sebe. Jak můžeme vidět, „prohlubně“ postupem času ztrácejí amplitudu, zároveň se ale rozšiřují. To je dáno tím, že difuze rozmělnuje rozhraní mezi kapalinami a oblast promíchání kapalin se šíří dále od prvotního rozhraní. Žáci tak mohou pozorovat, jak pomalu difuze probíhá. Zároveň je možné se studenty, kteří projeví zájem, spočítat difuzní koeficient. Postup je možný nalézt např. v [2,3,4,5].



Obrázek 49. (a) Příklad výsledné křivky pozorované na stínítku. (b) Obrázek složený ze tří snímků v různých časech přeložených přes sebe.

### Difrakce na peří

Při průchodu elektromagnetického záření skrze materiál, který má vzdálenosti mezi rovinami srovnatelné s vlnovou délkou dopadajícího záření, dochází k difrakci. Tento jev se v praxi často používá v tzv. rentgenové krystalografii k určování vnitřních struktur. Vzhledem k tomu, že typické vzdálenosti rovin krystalu jsou mezi 1 a 100 Å, je nutné v této metodě používat rentgenové záření – odtud název rentgenová krystalografie. Nutnost použití rentgenového záření si už v roce 1912, tedy 17 let po jeho objevu, uvědomili Paul Peter Ewald a Max von Laue. Druhý jmenovaný s dalšími dvěma technikami vynalezl první přístroj umožňující zaznamenat difrakci rentgenového záření a úspěšně jej otestovali na krystalu modré skalice [6,7]. Von Laue poté dále rozvedl teorii rentgenové krystalografie a o dva roky později za ni obdržel Nobelovu cenu [8].



Obrázek 50. (a) Schéma experimentu. (b) Výsledný obrazec pozorovaný na stínítku.

Tato metoda byla před třiceti lety použita i k rozluštění dvoušroubovicové struktury DNA (viz. tzv. snímek 51 [9]). Při použití pružinky z propisky je možné tuto metodu demonstrovat i za pomoci laseru [10]. I když je tento experiment uskutečnitelný s jednoduchým vybavením, je k němu třeba relativně složitě vyladěný optický systém, neboť pružina má oproti vlnové délce laserového záření velké rozměry. Je ale možné pružinku nahradit jiným biologickým materiálem – ptačím peřím. To bylo jako velmi jednoduchá optická mřížka používáno už I. Newtonem [11]. Schéma experimentu je zobrazeno na Obrázku 3a. Ze získaného difrakčního obrazce na stínítku (Obrázek 3b) je poté možné spočítat, jaké úhly jsou mezi jednotlivými

větvemi, paprsky a háčky peří, a také, jak jsou tyto části široké. Výsledek je pak možné ověřit přímým pozorováním pod mikroskopem, popř. porovnáním s literaturou.

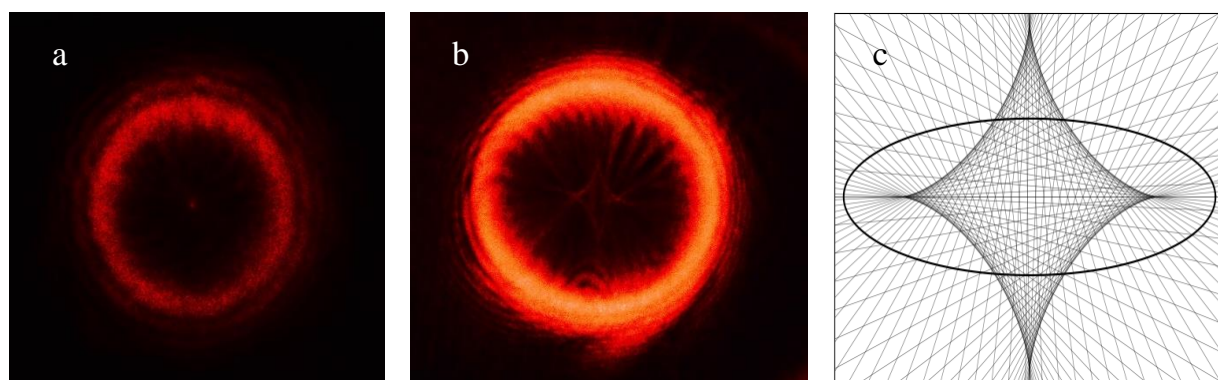
### Fresnelova–Aragova–Poissonova stopa trochu jinak

Historie spjatá s pozorováním Fresnelovy–Aragovy–Poissonovy stopy (FAP stopa) je krásnou ukázkou toho, že i když vědecká teorie předpovídá velmi neintuitivní výsledky, je třeba ji ověřit experimentálně a ne ji rovnou zavrhnout. Tím neintuitivním výsledkem vlnové teorie světla, kterou prezentoval Augustin-Jean Fresnel, byl fakt, že podle této teorie by uprostřed stínu kruhového stínítka byl světlý bod. Tento výsledek totiž při procházení zmíněné teorie vypočítal odpůrce vlnové povahy světla, Siméon Denis Poisson. Experimentálně ověřit tuto skutečnost dostal za úkol Dominique-François-Jean Arago a k radosti A.-J. Fresnela skutečně světlý bod uprostřed stínu kruhového stínítka pozoroval [12]. Arago vytvořil koherentní světlo, nutné k provedení tohoto experimentu, za pomoci plamene a sady filtrů [13]. V dnešní době máme velmi zjednodušenou práci, neboť můžeme využít koherentního světla z laseru (Obrázek 4a).

Co se ale stane, pokud místo klasicky kruhového stínítka při demonstraci FAP stopy použijeme stínítko eliptického tvaru? Takového tvaru stínítka může být dosaženo dvěma způsoby. Pokud k předvedení FAP stopy používáme plochý kruh, např. minci, mírně ji stočíme. Druhá možnost je použít přímo stínítko eliptického tvaru, které můžeme např. vytisknout na 3D tiskárně. Ať už používáme jakýkoliv způsob, je osvědčené stínítko přilepit na mikroskopické krycí sklíčko. Je tak velmi snadné ho umístít do experimentu a není třeba řešit parazitické jevy, které by vznikaly, kdybychom k umístění stínítka použili např. tenký drátek.

Samotný experiment provedeme následovně: Světelný svazek z laseru s přiměřenou koherenční délkou (vhodný je HeNe plynový laser) necháme procházet skrze teleskop (popř. čočku), abychom zvětšili jeho průměr. Ve vhodné vzdálenosti umístíme do laserového svazku stínítko tak, aby ho skoro úplně zakrylo. Poté už jen necháme zbytek svazku dopadat na dostatečně vzdálenou stěnu a sledujeme FAP stopu uprostřed stínu.

Při použití eliptického stínítka nebudeme pozorovat světlou tečku uprostřed stínu, ale obrazec zvaný evoluta (Obrázek 4b) [14]. Ta je u elipsy dána obálkou jejích normál (Obrázek 4c) a studenti si ji mohou vytvořit při hodině matematiky nebo informatiky s použitím počítače.



Obrázek 51. (a) Snímek FAP stopy za kruhovým stínítkem. (b) Snímek FAP stopy za eliptickým stínítkem. (c) Evoluta vytvořená v programu Python jako obálka normál elipsy (elipsa je vyznačena tučnou čarou).



## Literatura

- [1] Skopalík J., Sekora J., Belza J., Horák T., Parák T.: *Částice + difuze fluorescence - aneb co část chybí středoškolákům pro zvládnutí technických a biomedicínských oborů*. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, 2022.
- [2] Swapna M. N. S., Anitha M. J., Sankararaman S. I.: *Study of drug diffusion rate by laser beam deflection technique*. Journal of Biomedical Optics, roč. 22 (2017), s. 068001.
- [3] Cadavid A., Garzón J.: *Optical Method For Liquid Diffusional Coefficients Calculation*. Revista Colombiana de Física, roč. 43 (2011), s. 507–512.
- [4] Barnard A. J., Ahlborn B.: *Measurement of refractive index gradients by deflection of a laser beam*. American Journal of Physics, roč. 43 (1975), s. 573–574.
- [5] Gaffney C., Chau Ch.-K.: *Using refractive index gradients to measure diffusivity between liquids*. American Journal of Physics, roč. 69 (2001), s. 821–825.
- [6] Friedrich W., Knipping P., von Laue M.: *Interferenz-Erscheinungen bei Röntgenstrahlen*. Sitzungsberichte der Mathematisch-Physikalischen Classe der Königlich-Bayerischen Akademie der Wissenschaften zu München, roč. 303 (1912), s. 303.
- [7] von Laue M.: *Concerning the detection of x-ray interferences*. Nobel Lecture 13, (1915).
- [8] Dana E. S., Ford W. E.: *A Textbook of Mineralogy (fourth ed.)*. New York, John Wiley & Sons, 1932.
- [9] [https://en.wikipedia.org/wiki/Photo\\_51](https://en.wikipedia.org/wiki/Photo_51)
- [10] Braun G., Tierney D., Schmitzer H.: *How Rosalind Franklin discovered the helical structure of DNA: Experiments in diffraction*. The Physics Teacher, roč. 49 (2011), s. 140–143.
- [11] Wilk S. R.: *Sandbows and black lights*. Oxford University Press, 2021.
- [12] Jáchim F.: *Augustin Jean Fresnel (1788–1827)*. Rozhledy matematicko-fyzikální, roč. 96 (2021), s. 45–52.
- [13] Crease R. P.: *The spot in the shadow*. Physics World, roč. 27 (2014), s. 16.
- [14] Coulson J., Becknell G. G.: *Reciprocal diffraction relations between circular and elliptical plates*. Phys. Rev. 20 (1922), 594–600.

## Měření rychlosti zvuku ve vodě a lihu pomocí piezoelektrických hydrofonů

MICHAL ŠERÝ, VLADIMÍR VOCHOZKA

Pedagogická fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

### Abstrakt

V příspěvku je popsán návrh, konstrukce dílů a realizace pokusu měření rychlosti zvuku ve vodě a lihu s využitím jednoduchého hydrofonu sestaveného z piezoelektrického elementu. Rychlost zvuku je určována ze zpoždění signálu mezi dvěma hydrofony. Signál je měřen pomocí zvukové karty a programu Audacity.

### Úvod

„Rychlost šíření zvuku v různých prostředích“ je učivo doporučené v tematickém celku „zvukové děje“ v Rámcovém vzdělávacím programu pro základní vzdělávání (RVP ZV). Citované učivo je chápáno jako prostředek k osvojení činnostně zaměřených očekávaných výstupů, tedy výstupu „F-9-5-01 rozpozná ve svém okolí zdroje zvuku a kvalitativně analyzuje příhodnost daného prostředí pro šíření zvuku“. [1]

Rychlost šíření zvuku v různých prostředích je také součástí většiny učebnic fyziky pro základní vzdělávání [2, 3, 4] a střední vzdělávání [5, 6].

Měřením rychlosti zvuku se zabývalo mnoho autorů Veletrhu nápadů učitelů fyziky [7-15]. Většina příspěvků se týká měření rychlosti zvuku ve vzduchu [8-14], dva se týkají rychlosti zvuku ve vodě [7, 15] a pouze jeden je na úrovni učiva základní školy [7].

### Rychlost zvuku

Rychlost zvuku je fyzikální veličina. Popisuje, jakou rychlostí se zvukové vlny šíří prostředím [16]. Rychlost zvuku je ovlivněna fyzikálními vlastnostmi prostředí, ve kterém se šíří [17]. Rychlost zvuku v kapalině je ovlivněna například teplotou, hustotou, viskozitou, hloubkou atd. [17, 18]. Tabulkové hodnoty rychlosti zvuku pro různé kapaliny shrnuje následující tabulka (Tabulka 1).

Tabulka 1. Tabulkové hodnoty pro rychlost zvuku v kapalinách. [2-6, 21]

Kapalina	Naměřená rychlost ( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ )
voda	1 480
olej	1 450
líh	1 160
solný roztok	1 500

### Historie měření rychlosti zvuku ve vodě

Jean-Daniel Colladon a Jacques Charles François Sturm provedli v roce 1827 první přesné měření rychlosti zvuku ve vodě. Na Ženevském jezeře (Léman) umístili dvě loďky ve vzdálenosti 13 487 metrů od sebe. S pomocí speciálního zařízení na první lodi udeřili do zvonu,

který byl ponořený ve vodě, a zároveň odpálili nálož střelného prachu. Pozorovatel na druhé loďce naměřil časový rozdíl mezi akustickým a optickým signálem, který činil 9,4 sekundy. Tento rozdíl odpovídá rychlosti zvuku ve vodě 1 435 metrů za sekundu. [22]

### **Historické pokusy**

Historické pokusy ve výuce fyziky se používají k ilustraci fyzikálních principů a zákonů na základě historicky významných experimentů. Tyto pokusy mají za cíl přiblížit studentům důležité koncepty fyziky skrze autentické a zajímavé situace, které mají bohatou historii a význam pro vývoj fyzikálního poznání. [23-26]

### **Požadavky na školní pokus**

V didaktice fyziky jsou uvedeny základní požadavky na školní pokus:

- organická součást vyučovacího procesu;
- jednoduchost, názornost, přesvědčivost a pochopitelnost;
- opakovatelnost. [23-26]

### **Metody a materiály**

#### **Hardware**

K tvorbě hydrofonů byl zvolen piezoměnič o průměru 27 mm (90 dB / 10 cm / 2,5 kHz; impedance 250  $\Omega$ ; kapacita 45 nF; tloušťka 0,42 mm) (Obrázek 1).



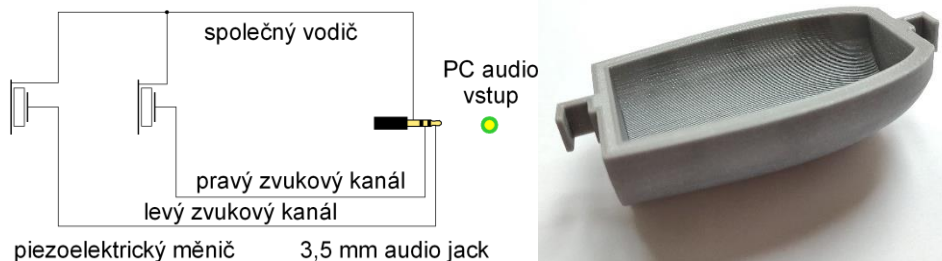
**Obrázek 1: Piezoměnič pohled zepředu a zezadu.**

Po přiletování vodičů byl piezoměnič umístěn do vytisknutého obalu a opatřen gumovým nástřikem, aby nedošlo k jeho znehodnocení při ponoření do kapaliny (Obrázek 2).



**Obrázek 2: Detail na povrchovou úpravu, aplikovanou gumu.**

Oba piezoměniče byly připojeny ke standardnímu konektoru Jack 3,5 mm. Jeden piezoměnič byl připojen k pravému zvukovému kanálu a druhý k levému zvukovému kanálu (Obrázek 3 vlevo).

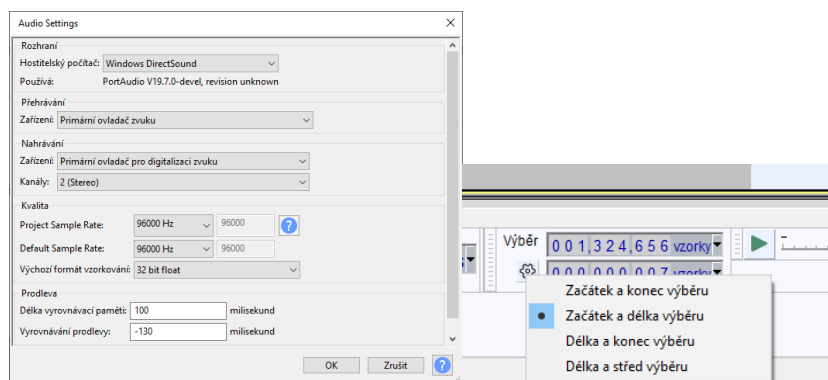


Obrázek 3: Vlevo schéma zapojení piezoměničů ke konektoru . Vpravo model loďky s držáky.

Pro hydrofony byl vyroben držák tvaru loďky (Obrázek 3 vpravo), který je drží od sebe ve vzdálenosti 100 mm a zajišťuje jejich plování v kapalině ve stejné hloubce.

## Software

Audacity je volně dostupný zvukový editor a nahrávací software [27]. Pro měření byly zvoleny tři hlavní parametry, vzorkovací frekvence 96 000 Hz, nahrávání dvou kanálů – stereo a nahrávací zdroj „Line In“ (Obrázek 4 vlevo).

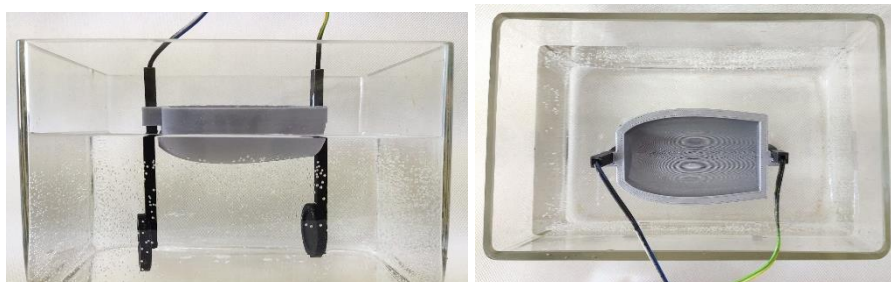


Obrázek 4: Vlevo nastavení nahrávání. Vpravo nastavení výběru.

Pro nástroj „výběr“ byl zvolen typ zobrazení ve vzorcích (Obrázek 4 vpravo).

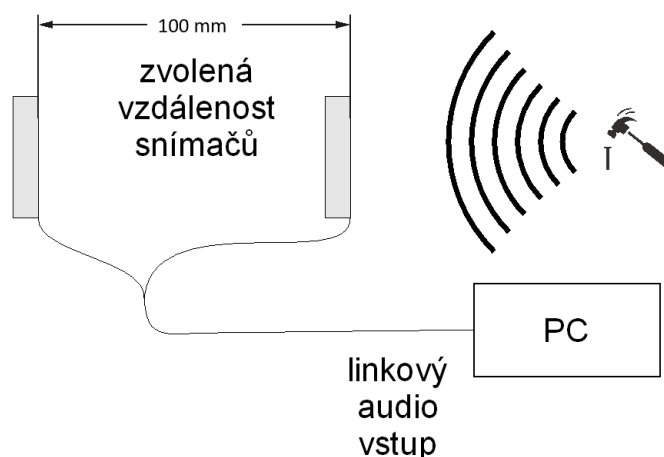
## Měření

Měření probíhalo s hydrofony připevněnými k loďce v akváriu s vodou (Obrázek 5) a následně s lihem.



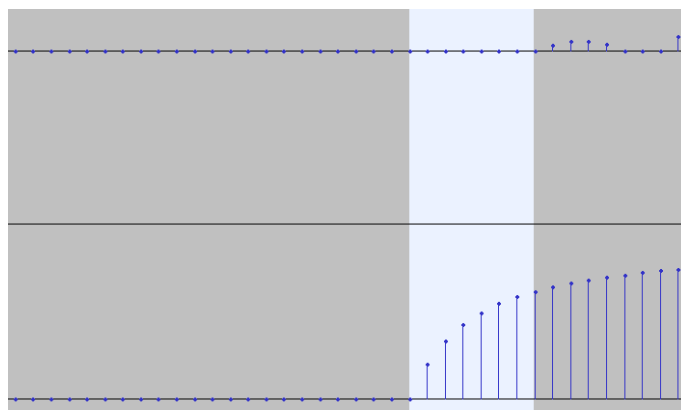
Obrázek 5: Vlevo pohled zředu. Vpravo pohled shora.

Stranou od obou hydrofonů byl proveden úder kladivem do kovové destičky pod vodní hladinou současně se zapnutým nahráváním (Obrázek 6).



Obrázek 6: Ilustrační schéma uspořádání pokusu při měření.

V programu Audacity byla provedena analýza, hledání záznamu zvuku v obou kanálech. Při dostatečném přiblížení byla vybrána oblast, kde hydrofony zaznamenaly změnu (Obrázek 7) a následně byl určen počet vzorků.



Obrázek 7: Příklad vybraní oblasti s viditelným posunem v záznamu mezi dvěma nahrávacími kanály.

Doba  $t$  (s), po kterou se signál šířil od prvního hydrofonu k druhému, byla vypočtena podle následujícího vztahu (1).

$$t = \frac{1}{f} \cdot n \quad (1)$$

Kde  $f$  je vzorkovací frekvence (Hz) a  $n$  počet vzorků, pro vodu vycházel modus 7 a pro líh 9. Zjištěná doba šíření zvuku  $t$  byla následně použita v typicky základoškolském vztahu (2) k vypočtení rychlosti  $v$  ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ), v tomto případě přibližné rychlosti šíření zvuku ve vodě a líhu.

$$v = \frac{s}{t} \quad (2)$$

Vzdálenost hydrofonů  $s$  (mm) byla ve všech případech 100 mm.

## Výsledky a diskuze

Pomocí vyrobené pomůcky a popsané metody měření byly z naměřených hodnot vypočtené následující hodnoty (Tabulka 2).

Tabulka 2. Tabulkové a vypočtené hodnoty pro rychlost zvuku v kapalinách.

Kapalina	Tabulková rychlost ( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ )	Naměřená rychlost ( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ )
voda	1 480	1 371
líh	1 160	1 066

Vzhledem k výsledkům měření, které se přibližují tabulkovým hodnotám, ale nedosahují přesnosti v řádu desítek metrů za sekundu, bylo odstoupeno od měření rychlosti šíření zvuku v oleji a solném roztoku.

## Závěr

Navržený pokus je inovací historického experimentu. Jeho hlavními přednostmi jsou:

- dostatečná přesnost měření na úrovni základní školy – při měření dochází k rozdílu o 7 % u vody a 8 % u lihu od tabulkových hodnot;
- přiměřená složitost výpočtu – využívá jednoduchý vztah pro určení rychlosti zvuku v kapalině;
- nízké náklady na tvorbu měřicí aparatury – díly na tvorbu hydrofonů a 3D tisk činí cca 400 Kč v případě jedné aparatury;
- nízké náklady na měření – pokus je snadno opakovatelný, při měření nedochází k žádnému znehodnocení pomůcek či látek;
- jednoduchost – pokus lze provádět za běžných podmínek jako demonstrační pokus na katedře ve školní třídě;
- historická věrnost – způsob měření je podobný historickému pokusu.

## Literatura

- [1] Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání. Praha: MŠMT, 2023.
- [2] Tesař, J., & Jáchim, F. (2012). 3.2 Rychlost šíření zvuku a jeho odraz. In *Fyzika 6 pro základní školu: zvukové jevy, vesmír* (p. 27). SPN – pedagogické nakladatelství.
- [3] Kolářová, R., & Bohuněk, J. (2021). Šíření zvukového rozruchu prostředím. In *Fyzika pro 8. ročník základní školy* (2. vydání, p. 169). Prometheus.
- [4] Randa, M., Kohout, J., Kratochvíl, P., Masopust, P., Petřík, J., Prokšová, J., & Rauner, K. (2018). Šíření zvuku. In *Fyzika 8: pro základní školy a víceletá gymnázia* (p. 83). Fraus.
- [5] Svoboda, E., Bartuška, K., Bednařík, M., Lepil, O., & Šíroková, M. (1998). Šíření zvuku. In *Přehled středoškolské fyziky* (3. vydání, p. 228). Prometheus.
- [6] Lepil, O. (2021). 3.2 Šíření zvuku. Rychlost zvuku. In *Fyzika pro gymnázia* (6. vydání, pp. 68-71). Prometheus.
- [7] Hofrichter, T. (1999). Porovnání rychlosti zvuku ve vzduchu a ve vodě. In *Veletrh nápadů učitelů fyziky 4* (p. 52-54).
- [8] Dvořák, L. (2001). Pár věcí z tábora 4 – tentokrát o zvuku. In *Veletrh nápadů učitelů fyziky 6* (pp. 32-38).



- [9] Hubeňák, J. (2001). Přímé měření rychlosti zvuku. In *Veletrh nápadů učitelů fyziky 6* (pp. 58-63).
- [10] Tesař, J. (2003). Klasické a inovované měření rychlosti zvuku. In *Veletrh nápadů učitelů fyziky 8* (pp. 151-155).
- [11] Dvořák, L. (2007). Rychlost zvuku stokrát jinak. In *Veletrh nápadů učitelů fyziky 12* (pp. 209-215).
- [12] Konečný, P. (2007). Z jídelního lístku Fyzikální kavárny při ÚFE PŘF MU aneb Kundtova a Rubensova trubice. In *Veletrh nápadů učitelů fyziky 12* (pp. 30-38).
- [13] Hubeňák, J. (2017). Akustika klasicky a s počítačem. In *Veletrh nápadů učitelů fyziky 22* (pp. 137-143).
- [14] Pazdera, V. (2017). Pár zajímavých nápadů V: Měření rychlosti zvuku ve vzduchu. In *Veletrh nápadů učitelů fyziky 19* (pp. 136-137).
- [15] Hubeňák, J., & Hubeňák, J. (2022). Měříme rychlost zvuku v kovech, v plynech i v kapalinách. In *Veletrh nápadů učitelů fyziky 27* (pp. 106-115).
- [16] Martin, K., & Spinks, D. (2001). *Measurement of the speed of sound in ethanol/water mixtures*, **27**(2), 289-291. [https://doi.org/10.1016/S0301-5629\(00\)00331-8](https://doi.org/10.1016/S0301-5629(00)00331-8)
- [17] Ward, R. J. (2015). Measuring the speed of sound in water. *Physics Education*, **50**(6), 727-732. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/50/6/727>
- [18] Marczak, W. (1997). Water as a standard in the measurements of speed of sound in liquids. *The Journal of the Acoustical Society of America*, **102**(5), 2776-2779. <https://doi.org/10.1121/1.420332>
- [19] Meier, K., & Kabelac, S. (2013). *Measurements of the Speed of Sound in Liquid Toluene*, **58**(5), 1398-1406. <https://doi.org/10.1021/je4001697>
- [20] Žak, A., Dzida, M., Zorębski, M., & Ernst, S. (2000). A high pressure device for measurements of the speed of sound in liquids. *Review of Scientific Instruments*, **71**(4), 1756-1765. <https://doi.org/10.1063/1.1150533>
- [21] 034001Rumble, J. (2022). *CRC Handbook of Chemistry and Physics* (103rd ed.). CRC Press.
- [22] Ganci, S. (2016). Time-of-flight measurement of the speed of sound in water. *Physics Education*, **51**(3). <https://doi.org/10.1088/0031-9120/51/3/>
- [23] Svoboda, E., & Kolářová, R. (2006). *Didaktika fyziky základní a střední školy: vybrané kapitoly*. Karolinum.
- [24] Mechlová, E. (2004). *Didaktika fyziky I: [studijní materiály pro distanční kurz ...]*. Ostravská univerzita.
- [25] Janás, J., & Trna, J. (2011). *Konkrétní didaktika fyziky I* (2. vyd). Masarykova univerzita.
- [26] Janás, J., & Trna, J. (2011). *Konkrétní didaktika fyziky II* (2. vyd). Masarykova univerzita.
- [27] *Audacity Free, open source, cross-platform audio software for multi-track recording and editing*. (2023). Audacity. Retrieved June 26, 2023, from <https://www.audacityteam.org/>

## Měření náboje kuličky elektrického kyvadélka

VÁCLAV ŠLOUF

Katedra fyziky, Přírodovědecká fakulta, Jihočeská univerzita; Biskupské gymnázium J. N. Neumanna, CZŠ a ZUŠ České Budějovice

### Abstrakt

Elektrické kyvadélko je učební pomůcka určená k demonstraci práce konané silami v elektrickém poli. Pokus lze dále využít ke zjištění elektrického náboje kuličky kyvadélka. K tomuto účelu je zapotřebí změřit hodnoty několika parametrů, a to prostřednictvím tradičních i méně běžných pomůcek. Vzhledem k použití řady vztahů tento pokus zprostředkuje zajímavé propojení různých oblastí fyziky vyučovaných na střední škole.

### Klasická verze pokusu

Tradiční provedení pokusu vychází z gymnaziální učebnice [1], jeho provedení je znázorněno na obr. 1.



Obrázek 1. Elektrické kyvadélko

Potřebné pomůcky jsou: kondenzátor, alobalová kulička na provázku, stojan, vysokonapěťový zdroj (alespoň 5 kV, zde použitý zdroj má rozsah 0 až 17 kV), vodiče. Přiložené napětí vede k rozpohybování kuličky. Ta se dotkne jedné z desek, přijme její náboj, od desky se začne odpuzovat, začne se pohybovat směrem k druhé desce, při dotyku se nabije opačným nábojem, začne se od druhé desky odpuzovat atd.

## Nepřímé měření náboje kuličky

Pokus lze využít k určení náboje kuličky. Zjišťování náboje není ve středoškolském prostředí běžné, ačkoliv jsou studenti často konfrontováni s velikostí náboje při výpočtu řady příkladů z elektrostatiky. Toto měření má proto mimo jiné vést k získání představy o řádové velikosti nábojů v elektrostatice.

K určení náboje kuličky poslouží srovnání práce elektrického pole a kinetické energie kuličky, získané právě v důsledku konané práce:

$$Uq = \frac{1}{2}mv_m^2 \quad (\text{R1}),$$

kde  $U$  je napětí mezi deskami,  $q$  náboj kuličky,  $m$  hmotnost kuličky a  $v_m$  maximální rychlost kuličky dosažená mezi deskami. Uvažujeme-li homogenní pole mezi deskami, pak je elektrická síla mezi deskami konstantní, což vede ke konstantnímu zrychlení. Pro velikost maximální rychlosti proto platí:

$$v_m = \frac{2s}{t} \quad (\text{R2}),$$

kde  $s$  je dráha pohybu kuličky a  $t$  je doba pohybu mezi deskami. Z obou výše zmíněných rovnic poté vyjádříme náboj kuličky:

$$q = \frac{2ms^2}{Ut^2} \quad (\text{R3}).$$

Vzhledem k proměnným, které vystupují ve vztahu R3, je nutno rozšířit spektrum pomůcek o váhu (zjištění  $m$ ), pravítko (zjištění  $s$ ) a prostředek k měření času. K měření času lze vzhledem k vcelku vysoké frekvenci úderů (v závislosti na přiloženém napětí i více než 5 úderů za sekundu) využít mobilní aplikaci Clap Counter ([https://play.google.com/store/apps/details?id=com.keuwl.clapcounter&hl=en\\_US&pli=1](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.keuwl.clapcounter&hl=en_US&pli=1)).

Pro představu jsou zde uvedeny konkrétní hodnoty ( $m = 3,8$  g;  $s = 1,8$  cm;  $U = 6,8$  kV;  $t = 0,16$  s), prostřednictvím nichž získáme náboj kuličky **14 nC**.

## Zpřesnění měřicí metody

Zejména v hodinách s pokročilejšími žáky je možno diskutovat různé aspekty pokusu vedoucí ke zpřesnění měření. Níže budou diskutovány možné jevy potenciálně přispívající k nepřesnostem.

### Vliv odporu prostředí

Chceme-li provést korekci rovnice 1 na odpor prostředí, je nutné na pravou stranu přidat vztah pro práci odporových sil s využitím Stokesova zákona:

$$W_{\text{ODP}} = 6\pi\eta Rvs \quad (\text{R4}),$$

kde  $\eta$  je dynamická viskozita vzduchu ( $1,8 \cdot 10^{-5}$  kg.m<sup>-1</sup>.s<sup>-1</sup>),  $R$  poloměr tělesa (1,5 cm) a  $v$  rychlost tělesa (zde počítaná podle R2). Po zavedení tohoto členu a získání výsledného vztahu pro náboj vyjde korekce prostřednictvím „odporového členu“ na úrovni jednotek pikocoulombu, tedy v rámci přesnosti tohoto měření naprosto zanedbatelná.

### Vliv gravitace

Aproximujeme-li kyvadlo z obr. 1 matematickým kyvadlem, získáme dobu kyvu řádově 1 s. Je-li doba kyvu použitá ve výpočtu výše 0,16 s, znamená to, že ovlivnění mechanickými kmity kyvadla je malé. Chceme-li se ale zbavit vlivu mechanických kmitů co nejefektivněji, jsou

řešení jasná: a) výrazně prodloužit závěs, čímž se mechanické kmity kyvadla prodlouží nebo b) zvýšit frekvenci elektrických kmitů například zvýšením přiloženého napětí.

### **Vliv odrazů**

Ve vztahu R3 vystupují dráha i čas pro dobu pohybu kuličky mezi dvěma nárazy na desky. Vzhledem k tomu, že čas pohybu kuličky je zjišťován programem Clap Counter z mnoha úderů, je zjevné, že v případě nárazu kuličky do desky ve velké rychlosti dojde k přenesení části energie z předchozího kyvu do kyvu následujícího. Aby došlo ke zmírnění tohoto efektu, je důležité držet frekvenci elektrických kmitů na nízké úrovni.

Shrneme-li tedy nežádoucí vlivy na měření, vyjde nám doporučení snížit frekvenci elektrických kmitů (slabší vliv odrazů) a prodloužit závěs (slabší vliv mechanických kmitů). Vliv odporu prostředí je zanedbatelný. Komplikovanější aspekty tohoto pokusu je možno nahlédnout prostřednictvím článku [2].

### **Závěr**

Pokus s elektrickým kyvadélkem je možno využít v kvalitativní podobě v základních hodinách fyziky na střední škole, zatímco jeho kvantitativní podoba popsaná v této práci se hodí do pokročilejších hodin, např. do fyzikálního semináře.

### **Literatura**

- [1] Lepil O, Šedivý P.: *Fyzika pro gymnázia – Elektřina a magnetismus*. Prometheus Praha, 2020.
- [2] Krotkov R. V. a kol.: *Franklin's Bells and charge transport as an undergraduate Lab*. American Journal of Physics 69, 50, 2001.

## Termokamera jako prostředník mezi fyzikou a biologií

JIŘÍ TESAŘ<sup>1</sup>, VÁCLAV MEŠKAN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Katedra aplikované fyziky a techniky PF JU České Budějovice

<sup>2</sup>Základní škola Dubné

*Environmentální výchova je jednou součástí průřezových témat v RVP. Jejím cílem je pochopení komplexnosti a složitosti vztahů člověka a životního prostředí. Mnoho učitelů si klade otázku, jak smysluplně naplnit tento požadavek RVP [1] při výuce fyziky, která je svým zaměřením orientována převážně technicky. Samozřejmě, že se nabízí především témata spojená s energií, jejím získáváním a dopadem na životní prostředí. Tato oblast je pro žáky sice velmi aktuální, ale velmi frekventovaná a tím ztrácí na motivační síle. Hledejme tedy jiné náměty, které by žáky zaujaly a ukázaly možnosti, jak propojit výuku fyziky a péči o životní prostředí, resp. fyziku a záchranu zvířat volně žijících v přírodě.*

V současné době se hodně mluví o termokamerách a jejich využití. Jejich principem je sledování „teplotního pole“ zabíraného objektu na základě vyzařování infračerveného záření těles. Termokamery jsou primárně určeny k technickým měřením, jako je sledování úniku tepla z budov, sledování teploty při různých technologických procesech v průmyslu. Další možností využití je vyhledávání skrytých ohnisek požáru a vyhledávání osob ztracených v terénu.

Termokamera je svojí podstatou rovněž předurčena ke sledování živočichů, kteří nejsou vidět přímo, jedná se především o zvířata v krytině, resp. v noci. Samozřejmě, můžeme sledovat jejich výskyt, pohyb, zvyky a další chování, které nelze z nejrůznějších důvodů sledovat přímo.

Pro sledování zvířat a osob v přírodě se nabízí spojit termokameru s dronem. Současné široké rozšíření dronů je důsledkem nebývalého rozvoje elektrických článků (baterií) jako zdroje energie. K tomuto rozšíření přispěl určitě kosmický výzkum i komerční využití moderních elektrických baterií osazených do spotřební elektroniky (mobilní telefony, tablety,...) a také do domácího nářadí a elektrokol. Užití dronů je velmi široké od dětských hraček, přes průmyslové aplikace až k vojenským účelům.

Jednou z možností využití spojení dronu s termokamerou je vyhledávání mlád'at, především srnčat v travních porostech a jeteli před senosečí. Klasicky se tomuto účelu využívá plašení zvěře pomocí vycvičených loveckých psů, instalací pachových ohradníků na okraji porostu, resp. instalace akustických plašičů, které vydávají zvuky odpuzující zvěř. Všechny tyto metody se jeví jako málo účinné: srnče, aby nevábilo predátory, nevydává téměř žádný pach, takže i výborný pes ho velmi těžko navětrí, na pachové ohradníky a akustické plašiče si zvěř velmi rychle zvykne, takže po pár dnech je jejich účinek mizivý. Proto se myslivci společně s ochránci zvířat a zemědělci rozhodli využít možnosti, které dává spojení dronu s termokamerou.

Použití dronu pro tyto účely je samozřejmě omezeno legislativou. Je nutné vlastnit potřebnou licenci a mít dron zaregistrovaný (obojí zdarma online). Pro použití dronu platí nějaká omezení – např. vzdálenost od stavení (doporučuje se minimálně 50 metrů a v hustě obydlených oblastech je to od 150 metrů), létání nad osobami bez jejich souhlasu, zákaz létání ve tmě, zákaz létání v CHKO, NP atd. Samozřejmě je nutno vyhnout se leteckému provozu, tj. nesmí se létat v blízkosti letišť a nelze létat výše než 300 metrů nad zemí. Povinností operátora je, aby měl dron za letu vždy na dohled očí.

Dron řízený operátorem systematicky prohledává vytýčenou oblast a operátor na displeji vidí termosnímek, resp. může přepnout do optického zobrazení. Operátor při záchytu „tepelné skvrny“ naviguje „sběrače“ pomocí vysílačky, ti zvěř vynášejí nebo vyhánějí z porostu, případně ještě zajišťují proti návratu zpět.

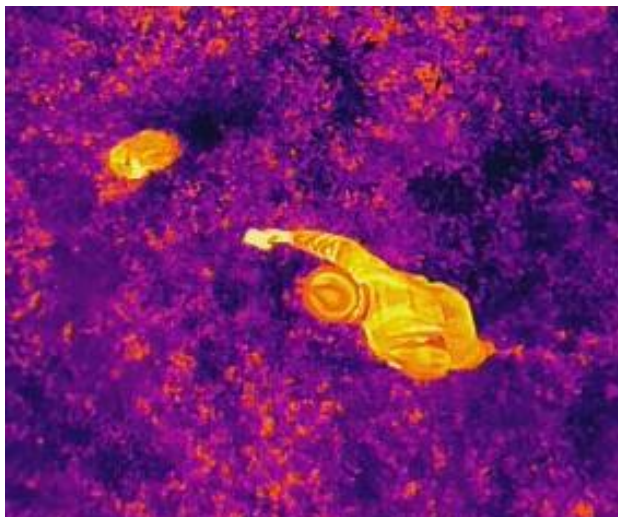


Ukažme si jednu z možností jak zařadit toto téma do výuky fyziky. Nejprve seznámíme žáky s principem dronu – pro výše uvedené účely se většinou používají drony se čtyřmi vrtulemi, které umožňují pohyb podobně jako u vrtulníku. Pohon těchto dronů zajišťují elektrické baterie, které mají výdrž podle typu minimálně půl hodiny. Rovněž můžeme diskutovat jakou rychlostí a jak vysoko se pohybuje. Navozujeme tak integrovaný pohled z kinematického i dynamiky pohybu dronu, a také z hlediska elektrické energie a elektrických motorů. Poté zopakujeme poznatky o tepelném záření (IR) a o možnostech jeho identifikace pomocí termokamery. Následně analyzujeme pohyb sekačky v souvislosti s ukrytou, resp. pohybující se zvěří. Žáci vyhledají na internetu rychlost pohybu traktoru se sekačkou, resp. rychlost pohybu srnčí zvěře a zvažují, zda tato zvěř má šanci utéci při pohybu traktoru. Dále je nutno žákům vysvětlit, že srnče vnímá traktor jako predátora a instinkt mu velí se přikrčit. V této poloze ho traktor se sekačkou určitě usmrtí.



Poté můžeme žáky seznámit s jednotlivými snímky, na kterých je vidět pole, na kterém leží srnče, a to v zobrazení ve viditelném spektru a v infračervené oblasti.





Aby byl celý proces záchrany srnčat dokončen, je nutné srnčata z dané lokality odnést někam mimo sečenou oblast někam na okraj sousedního pozemku, kde si ho později srna nalezne a odvede na bezpečné místo. Pro odnesení platí opět přísná pravidla, tj. dotýkat se srnčete co nejméně, a to ještě přes rukavice, resp. srnče „zabalit“ do posečené trávy, aby na něm ulpělo co nejméně cizího pachu, který by srnu odrazil. Samozřejmě, že každá takováto záchrana srnčete je spojena s obrovskými emocemi, protože se jedná o záchrana bezmocného živého tvora!



Nad touto poslední částí můžeme s žáky diskutovat o soužití člověka a přírodou a jeho negativním i pozitivním působení na přírodu a životní prostředí jako takové. Ideální je doplnit tuto diskusi promítnutím videosekvence, na které je celý proces záchrany srnčete zaznamenán.

Toto téma lze zpracovat i formou projektové výuky, která zahrnuje jak poznatky z fyziky, tak i poznatky z biologie a navíc se uplatní při zpracování dokumentace a následné prezentaci i dovednosti v oblasti informačních technologií. Jako bonus by bylo možné vytvořit i nějaké výtvarné dílo, které by pojalo celou záležitost uměleckým podáním.

Cílem tohoto příspěvku bylo ukázat možnosti zařazení environmentální výchovy do výuky fyziky a zároveň emociálně působit na žáky v oblasti soužití člověka s volně žijícími živočichy. Konkrétní analýza výukové situace, resp. námět na projektovou výuku může inspirovat učitele zmíněných předmětů, jak ještě hlouběji naplnit očekávané výstupy vzdělávací oblasti Člověk a příroda, jak je uvedena v RVP. Kromě výše uvedených didaktických aspektů je cílem tohoto článku také změnit pohled na myslivce, jako členy společnosti, kteří přírodu pouze vykořisťují a ukázat je v jiném pohledu.

[1] <https://www.edu.cz/rvp-ramcove-vzdelavaci-programy/ramcovy-vzdelavacici-program-pro-zakladni-vzdelavani-rvp-zv/>

## **Bádání s nadšením III: inspirace z klatovského LogIQ klubu nadaných dětí 2023**

*KATEŘINA VÁGNEROVÁ*

*Masarykova ZŠ Klatovy; KDF MFF UK Praha*

*Představení 3 nejpovedenějších badatelských aktivit pro zvědavé prvostupňové děti z letošní činnosti LogIQ klubu nadaných dětí v Klatovech. Tyto aktivity byly součástí zapojení našeho klubu do letošního ročníku soutěže Pohár vědy.*

### **LogIQ klub nadaných dětí v Klatovech**

Náš klub je zaměřen na děti I. stupně ZŠ. Program klubu je zaměřen na logické úkoly, badatelství, jazykové hrátky, diskusní aktivity. V rámci klatovského klubu jsou děti rozděleny na kroužek pro 1. a 2. třídu ZŠ a 3. – 5. třídu ZŠ. Pro vstup do klubu není žádné výběrové kritérium kromě zájmu dítěte. Kroužek probíhá jednou týdně po vyučování přímo ve škole. Klub je zdarma, nicméně potřebné pomůcky (většinou odpadový materiál – PET lahve, krabice apod.) si musí děti přinést vlastní. Více o konceptu klubů nadaných dětí na [1].

### **Pohár vědy (Science cup)**

Pohár vědy je týmová vědecká soutěž pro děti a mládež ve věku MŠ – SŠ. Přihlásit se může jakkoliv velký tým, nicméně při postupu do finále je možné reprezentovat pouze v počtu 4 osob + 1 dospělý dohled. Jedná se o badatelskou biologicko-fyzikálně-chemickou soutěž s přesahem do čtenářství, historie i zeměpisu. Je zdarma, rozvíjí nadšení pro experimentování a zkoumání společně s týmovou prací. Pro věkovou kategorii předškoláků a mladších školních dětí se u nás jedná o jedinou takovou soutěž.

Soutěž má nejprve domácí kola, při kterých vždy přihlášené týmy plní zadané úkoly v kategoriích Kreativní část, Experimentální část a Praktická část. Nejúspěšnější řešitelé z každé kategorie vyjma té nejmladší na závěr postupují do online regionálního finále a z něj pak užší výběr do prezenčního mezinárodního finále v České republice. Tradičně se zapojují celé školní třídy, kluby i rodinné týmy z České republiky, Slovenska a Turecka, nicméně soutěž je zcela otevřena celosvětově. Veškerá zadání jsou zveřejňována česky i anglicky a řešení mohou účastníci odevzdávat také tak. Velkou devizou této soutěže je fakt, že po každém kole přijde řešitelům písemná pozitivní zpětná vazba. Celkově je soutěž pojata velmi motivačně, povzbudivě a pozitivně. Více o soutěži na [2].

### **Špagety „v tahu“**

Zadání: Zrealizujte fyzikální nebo chemický pokus, ve kterém hraje hlavní roli buď oliva, hroznové víno, sýr, těstoviny, rajčata, (...) Ostatní pomůcky jsou tentokrát zcela na vás s tím, že oceňujeme minimalismus bonusovými body.

Naše realizace: vzpomněli jsme si na zadání matematického badatelského úkolu Špagetový most v knize Experimentuj s Máťou [3]. V tomto úkolu jde o to postupným přisypáváním fazolí do kalíšku zavěšeného na špagetě zjistit, jakou silou se špageta přelomí. A opakovat měření pro

dvě, tři, čtyři špagety. Následně zpracovat data a odhadnout, při jakém počtu fazolí se přelomí 5 či 6 špaget.

Abychom minimalizovali počet použitých pomůcek, nedělali jsme při našem měření kelímkový závěs, ale rovnou jsme použili závaží s háčkem (z fyzikálního kabinetu) a siloměr. Děti zavěšovaly závaží na špagetu / dvě špagety, tři špagety / do té doby, než špageta praskla, a následně na siloměru měřily, jakou silou tato závaží působí. Vše zapisovaly do klubové badatelské kroniky.

Vzhledem k tomu, že si špagety na tento úkol děti přinesly vlastní a bádání provedli prvňáčci a druháčci, dostali jsme poměrně velký rozptyl naměřených hodnot. Tím vyvstaly zajímavé otázky, na které se děti pokoušely experimentálně nebo teoreticky odpovědět. Např. Proč to každému vyšlo jinak? Jaký vliv má držení špaget na jejich koncích? Jaký vliv má věšení závaží za sebe / vedle sebe?

## Kuličková dráha

Zadání: V Německu se nachází největší horská dráha na evropském kontinentu Silver Star. Vozík vyjede až do výšky 72 metrů a pak návštěvníky pošle strmým pádem skoro až k zemi. Vytvořte podobnou horskou dráhu pro kuličku. Za základ vám může posloužit několik krabic, ruličky od toaletního papíru, PET lahve, kelímky, zkrátka cokoli, co doma najdete. Fantazii se rozhodně meze nekladou. Pozor! Pro svou dráhu musíte použít alespoň 3 různé materiály. Můžete dělat korýtko a zatáčky z tvrdého papíru. Dráhu můžete přilepovat z vnější strany krabic, ale může procházet i jejich vnitřkem, aby se kulička zase jinde vynořila a pokračovala dál. (...) Dokážete zařadit do vaší dráhy i smyčku, v níž překoná zemskou přitažlivost? Smyčku vyrobte z tvrdého papíru, jehož zahnuté okraje nastříhnete, aby jej bylo možné stočit, vše zafixujte lepidlem. Změřte čas, za který kulička projede celou vaší dráhou. Plný počet bodů může získat pouze tým, jehož dráhu bude kulička překonávat alespoň 4 s a zároveň kulička úspěšně projede i smyčkou.

Naše realizace: Děti pojaly tento úkol velmi kreativně a rozhodly se vybudovat funkční kuličkovou dráhu přes několik pater školy. Rázem tak úkol dostal novou dimenzi a při jeho plnění opět přišly nové poznatky: kulička do loopu musí přijet z dostatečné výšky, aby se protočila a pokračovala dále v dráze, velikost, hmotnost, materiál kuličky také výrazně ovlivňuje jízdu kuličky dráhou, dráha musí mít sice dostatečný sklon, aby se kulička nikde nezasekla, ale zase nesmí mít přílišný sklon, aby z dráhy nevyhlédla apod.

## Lod'

Zadání: Vytvořte funkční plující lodičku, která uveze alespoň 250 g zátěž (např. kostku másla). (...) Proved'te s loďkou následující tři úkoly:

- 1) Vyzkoušejte, na kolik je vaše lodička odolná vůči vlnám nebo silnému větru. Můžete vyrobit i různé lodičky a porovnat jejich plavecké vlastnosti i odolnost.
- 2) Změřte, jaké největší závaží vaše lodička uveze (než začne nabírat vodu).
- 3) Opatřete lodičku plachtou a simulujte vítr svým foukáním. Vyzkoušejte různé tvary a velikosti plachty a napište, která plachta umí nejlépe využít energii větru k pohonu lodičky.

Naše realizace: Tento úkol se opět liší od jiných badatelských zadáních šíří možných variant řešení. Náš klub úkol spojil s řešeršními prací s použitím internetu – vyhledávání různých variant domácí výroby loďek a lodiček. Děti musely kriticky posoudit, které nalezené konstrukce budou

funkční. Z nich pak samy vybraly několik nápadů vhodných k realizaci. Samy si zvolily, že použijí prázdné PET lahve a kartony od mléka.

Úkol sám o sobě má gradační charakter – děti nejprve vyrobily loď, která plave. K tomu stačí jedna prázdná krabice od mléka. Nicméně taková loď je při zatížení velmi vratká, stačí jen malé vychýlení z rovnovážné polohy a ihned se převrátí a náklad sklouzne do vody. Děti tedy vylepšily konstrukci tím, že náklad umístily do podpalubí – zde je vhodný prostor na debatu o těžišti a rovnovážné poloze. Přidaly také „plováky“ z prázdných tub od šumivých tablet na strany krabice – tím minimalizovaly převracivost lodi. Stále ještě nebyla ale zajištěna dostatečná stabilita lodi s nákladem – při posunu nákladu k jedné straně lodičky se celá loď potopí k dané straně. Proto děti ve třetím kroku vymyslely přihrádky pro umístění nákladu v podpalubí lodi. Tento postup dobře kopíruje princip konstrukce skutečných nákladních lodí.

Samostatným výzkumem je pak výzkum nejlepšího tvaru a velikosti plachty pro danou loď. Děti přišly na to, že důležitou roli hraje i umístění plachty na lodi.

### **Závěrem: inspirace pro badatelství s dětmi prvního stupně ZŠ**

Vhodně prováděné dětské badatelství zahrnuje aplikaci velmi komplexních a kognitivně náročných kompetencí včetně čtenářské dovednosti, zaměření pozornosti, logického myšlení, odvozování, abstrakce, spolupráce (sociální dovednosti), prezentační dovednosti. Často bývá největší překážkou v realizaci těchto aktivit ve škole i mimo školu zásobník zadání. Z tohoto důvodu byla zřízena facebooková skupina Kluby nadaných dětí [4] pro vzájemnou inspiraci všech učitelů a lektorů podobných aktivit. Výborným zdrojem zadání ke vhodným badatelským aktivitám i pro nejmenší děti je právě soutěž Pohár vědy.

Účast na konferenci byla podpořena grantem SVV no. 260712.

### **Literatura**

- [1] Mensa kluby nadaných dětí: <https://deti.mensa.cz/index.php?pg=odborne-informace--rozvoj-mimo-skolu--kluby-nadanych-deti>
- [2] Pohár vědy: <https://sciencecup.eu/>
- [3] Zelendová E., Fuchs E.: *Experimentuj s Máťou, Matematika s nadhledem*, Fraus, Plzeň 2021 s. 23
- [4] Fb skupina Kluby nadaných dětí: <https://www.facebook.com/groups/2320798467984381>



## FYKOS a experimentální stáže na MFF UK

MARTIN VANĚK

Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy, Praha

### Abstrakt

*Jeden z nejdůležitějších způsobů, kterým Fyzikální korespondenční seminář MFF UK (FYKOS) přispívá ke vzdělávání středoškoláků a podněcování jejich zájmu o fyziku, je přibližování reálné vědecké praxe, ať už v rámci akcí jako Den s experimentální fyzikou nebo, tento rok poprvé, organizací stáží na MFF UK pro nejlepší řešitele experimentálních úloh FYKOSu, avizovaných v příspěvku z minulého roku. Na ten letos volně navážeme, a povíme si o průběhu prvního ročníku stáží – jak se připravovaly, probíhaly, co si z nich účastníci odnesli a plány do budoucna – a zároveň krátce připomeneme ostatní fyzikálně-vzdělávací a popularizační aktivity FYKOSu.*

### O FYKOSu

Fyzikální korespondenční seminář, známý též jako FYKOS, již sedmatřicátým rokem organizuje pod záštitou Matematicko-fyzikální fakulty Univerzity Karlovy (MFF UK) fyzikálně-vzdělávací a popularizační akce pro středoškoláky. Skupinu tvoří cca šedesát organizátorů, především studentů různých vysokých škol, zejména MFF UK.

### Cíle FYKOSu

Hlavním pilířem FYKOSu je inspirace a vzdělávání středoškolských žáků v oblasti fyziky, což FYKOS plní zejména organizací rozličných soutěží, exkurzí a dalších vzdělávacích aktivit. Vyzdvihneme zde ještě kromě “vzdělávání” také inspirační / motivační charakter akcí – nesnažíme se totiž “pouze” předat účastníkům znalosti fyziky, ale také, a zejména, je podnítit k tomu, aby další vědomosti chtěli hledat sami a aktivně se zajímali o fyziku a fungování světa kolem nás.

Sekundárními cíli FYKOSu jsou pak

- 1) rozvoji dovedností organizátorů, kteří tyto akce připravují (díky samotné škále a velikosti akcí je možností, co se naučit, celá řada, od samotné fyziky či její správné popularizace, přes IT až po vedení či management) a
- 2) budování komunity mladých fyziků, ať už mezi organizátory nebo účastníky, a budoucích vědců.

### FYKOSí akce

Portfolio akcí organizovaných FYKOSem je velmi široké – významnou roli hrají soutěže jako Fyzikální korespondenční seminář, Fyziklání, Fyziklání Online či Fyzikální Náboj. Vedle toho organizujeme exkurze a speciální dny věnované experimentální fyzice, jako je Den s experimentální fyzikou či Týden s aplikovanou fyzikou. Pro nejlepší řešitele samotného semináře organizujeme dvakrát ročně soustředění.





## Experimentální stáže – motivace a cíle

FYKOS tedy nemá o organizaci rozličných akcí nouzi, a to ani těch zaměřených přímo na experimentální fyziku. Proč tedy nově vznikly stáže?

Ve FYKOSu se snažíme vždy přemýšlet o tom, jak středoškoláky dále motivovat a vzdělávat, a také co by pro ně a jejich budoucí kariéru mohlo být nejužitečnější.

Vzhledem k teoretickému zaměření většiny našich akcí jsme chtěli žákům trochu více přiblížit experimentální aspekt fyziky, který je pro tuto vědu tak důležitý, a to jak jednoduché domácí experimenty, tak profesionální vědeckou praxi. Z tohoto nápadu se zrodily stáže. Jak toho dosahují?

Na stáže bereme nejlepší účastníky experimentálních úloh FYKOSu, což pro řešitele představuje novou motivaci ke snaze tyto úlohy řešit, a to co nejlépe, což je přímo vede k většímu zamyšlení, kvalitnějšímu provedení experimentu i zpracování dat. Jelikož experimentální úlohy pro nové účastníky mohou být poměrně obtížné, zvláště pokud nemají v rámci jejich hodin fyziky mnoho experimentů, sepsali jsme návod na jejich řešení, který lze nalézt u zadání každé experimentální úlohy FYKOSu na <https://fykos.cz>.

Díky tomu podnítíme účastníky interagovat s experimentální fyzikou dvojitým způsobem – jak doma s hands-on experimenty u úloh FYKOSu, tak v rámci vyzkoušení reálné vědecké praxe při samotných stážích.

## Realizace stáží

Stáže trvají přibližně dva týdny a účastníci mají možnost pracovat na jednom z vědeckých pracovišť MFF UK nebo FÚ UK. Těmto studentům je uhrazeno ubytování a poskytnuto drobné DPP.

Pro letošní, pilotní, ročník, jsme na stáži přijali čtyři účastníky, kteří si mohli vybrat z cca desítky rozmanitých projektů. Finálně vybrané letošní projekty byly:

- Generace superkontinua ve fotonickém vlákně a jeho využití v ultrarychlé spektroskopii (Dr. Petr Malý, FÚ UK)
- Staň se kvantovou fyzičkou / kvantovým fyzikem pevných látek (skupina vědců, KFKL MFF UK)
- Radiální vývoj parametrů slunečního větru (doc. František Němec, KFPP MFF UK)
- Deterministické přesto nepředpověditelné (Dr. Hynek Bednář, KFA MFF UK)

Během samotných stáží studenty na MFF UK prováděli přímo vědečtí pracovníci jednotlivých laboratoří, kteří jim kromě vysvětlení základů projektů a asistence se samotným měřením pomohli také zpracovat výsledky a sepsat výsledný článek.

Kromě samotných stáží jsme pro účastníky připravili i sociální program, například ve formě společného grilování.



### Výstupy

Výsledky stáží účastníci sepsali do formy článků. Nutno podotknout, že, k naší radosti, by jejich kvalita mnohdy nezklamala ani profesionální vědecké pracovníky. Samotné články předběžně plánujeme publikovat v Československém časopisu pro fyziku, díky čemuž získají účastníci již na střední škole vlastní vědeckou publikaci.

## Radiální vývoj parametrů slunečního větru

Jan Strnad

### Abstract

Sluneční vítr je proud nabitých částic šířící se přibližně radiálně od Slunce. S ohledem na vysokou vodivost v sobě nese zamrzlé magnetické pole. Jelikož Slunce rotuje kolem své osy, má toto magnetické pole tvar tzv. Parkerovy spirály. Použili jsme magnetická a plazmová data ze sondy Parker Solar Probe pro studium radiálního vývoje vlastností slunečního větru v rozsahu přibližně 0,1–0,75 AU. Zaměřili jsme se na radiální závislosti průměrných hodnot jednotlivých parametrů (unášivá a tepelná rychlost, koncentrace, velikost a směr magnetického pole). Tyto jsme následně srovnali se závislostmi očekávanými na základě jednoduché Parkerovy teorie formování slunečního větru a demonstrovali poměrně dobrou shodu. Rovněž jsme ukázali výraznou tečnou složku rychlosti slunečního větru na malých radiálních vzdálenostech.

### 1. Úvod

v orbitální rovině družice a je orientována ve směru jejího pohybu. Osa  $N$  pak uzavírá souřadný systém a je kolmá k oběma.

Kromě toho bude jedna z účastnic stáže prezentovat svůj projekt na největší světové inženýrské konferenci WEC (World Engineering Convention), která se letos koná v Praze, což představuje unikátní příležitost vyzkoušet si prezentovat vlastní vědeckou práci.

## Zhodnocení a výhled do budoucna

Formální zpětnou vazbu od účastníků zatím nemáme zcela zpracovanou, nicméně z anekdotických rozhovorů můžeme podotknout, že stáže proběhly úspěšně, a kromě samotného přiblížení experimentální fyziky některým účastníkům stáže pomohly i s rozhodováním, kterému oboru fyziky se v budoucnu chtějí věnovat.

Pro příští rok tedy plánujeme stáže zopakovat, pravděpodobně s větším počtem účastníků.

## Další akce FYKOSu

Jak již bylo řečeno, FYKOS kromě stáží organizuje i mnoho dalších vzdělávacích akcí. Zde si některé z nich detailněji popíšeme.

### Fyzikální korespondenční seminář a soustředění

Fyzikální korespondenční seminář je nejstarší akce FYKOSu, po které tato skupina také získala svůj název. Každý rok publikujeme šest sérií o osmi úlohách. Tyto sady obsahují pěti matematických problémů (dva jednoduché a tři složitější), které testují schopnost studentů řešit fyzikální problémy z různých disciplín. Kromě toho je zde jedna “problémová” úloha zaměřená na diskusi, která podněcuje kritické myšlení studentů. Dále jedna úloha spojená s tzv. “seriálem” – výukovým textem publikovaným v průběhu roku rozšiřujícím zajímavé téma (od Lagrangeovské mechaniky, přes Kvantovou chemii po SI soustavu jednotek), a nakonec jedna experimentální úloha, jejíž cílem je například provést jednoduchá měření a správně interpretovat získaná data.

V rámci FYKOSu jsou úlohy pečlivě vybrány tak, aby byly pro účastníky co nejvíce prospěšné a byly tématicky pestré a měly širokou škálu obtížností, aby se FYKOSu mohli účastnit všichni žáci středních škol od úplných nováčků po ostřílené veterány fyzikálních olympiád.

Nejlepší účastníci FYKOSu mají dvakrát ročně šanci se zúčastnit soustředění, při kterém několik desítek účastníků stráví 9 dní v některém z malebných koutů naší vlasti a užijí si mnoho fyziky, od přednášek po celý den věnovaný experimentům, jakožto i sociálních aktivit a fyzických her.

### **Den s experimentální fyzikou**

Další akcí FYKOSu je "Den s experimentální fyzikou" (DSEF), který se koná každoročně v listopadu. Během tohoto dne mají středoškoláci šanci navštívit různá vědecká centra a získat tak praktický pohled na experimentální fyziku. Tyto exkurze vedou odborníci z daných laboratoří, což umožňuje studentům získat cenný vhled do různých experimentálních oblastí fyziky.

### **Fyziklání (Online)**

FYKOS organizuje také největší týmovou fyzikální soutěž ve střední Evropě – Fyziklání – které má také bohatý doprovodný program, včetně exkurzí na vědecká pracoviště, večer národů či rozbor úloh. Minulý rok soutěž navštívilo prezenčně v Praze 1167 soutěžících z 21 zemí světa. Více se o soutěži můžete dočíst v příspěvku od Vojtěcha Davida.

Fyziklání má také svoji internetovou verzi, Fyziklání Online, která každoročně vítá tisíce účastníků z desítek zemí světa.

### **Kontakt**

O všech našich akcích se můžete dočíst na našem webu <https://fykos.cz>, kde také naleznete zadání Fyzikálního korespondenčního semináře. V případě dotazů nás neváhejte kontaktovat na [fykos@fykos.cz](mailto:fykos@fykos.cz).

## Výuková souprava SESTRA

VLADIMÍR VÍCHA<sup>1</sup>, MICHAEL HOLÍK<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Gymnázium Pardubice, Dašická 1083, Pardubice; ÚTEF ČVUT Praha

<sup>2</sup>ÚTEF ČVUT Praha

### Anotace

Akronym SESTRA znamená *School Education Set with Timepix for Radiation Analysis*. Jde o výukovou soupravu vyvinutou na ÚTEF ČVUT v Praze určenou pro reálné experimenty s ionizujícím zářením prováděné s pixelovým detektorem MiniPIX EDU. V článku jsou představena dvě vylepšení z posledního roku vývoje. Některé z doplňků mohou být užitečné i pro majitele starších souprav MX-10 Edukit.

### Co souprava obsahuje?

Souprava SESTRA vyvinutá na ÚTEF ČVUT nahrazuje předchozí soupravu Edukit s detektorem MX-10 firmy Jablotron. Využívá osvědčené komponenty ze soupravy původní a přidává některá vylepšení. Co vše obsahuje kufřík SESTRA můžete vidět na obr. 1.



Obr. 1. Obsah kufříku soupravy SESTRA

Hlavní komponentou je detektor MiniPIX EDU, který obsahuje pixelový detektor založený na křemíkovém čipu Timepix o rozlišení 256x256 pixelů. Jako zdroje radioaktivního záření jsou v soupravě americiový zářič ŠZZ alfa (9,5 kBq), volitelně americiový zářič DZZ gama (300 kBq), uranové sklo, wolframová elektroda s příměsí thoria a draslíkový zářič (novinka posledního roku). Pro demonstraci principu radiografie jsou v sadě nástavce a vzory pro fotonovou radiografii a radiografii alfa (obojí novinka posledního roku). Právě těmto novinkám je věnován následující příspěvek.



## Fotonová radiografie

Ve školách učíme princip vzniku rentgenového snímku, který můžeme demonstrovat během několika minut se soupravou SESTRA. Do posuvné lavice umístíme detektor MiniPIX EDU a proti němu zdroj fotonů DZZ gama (300 kBq). Na detektor nasadíme radiografický nástavec (vytiskli jsme na 3D tiskárně) a do ní zasuneme vzor – jakéhosi plastového motýlka, za nímž se skrývá kovové těleso (viz obr. 2 a obr. 3).



Obr. 2. Nástavec a vzory pro fotonovou radiografii.



Obr. 3. Sestava pro fotonovou radiografii s detektorem MiniPIX EDU.

Aktivita 300 kBq je tak vysoká, že během čtyřminutového měření získáme natolik kvalitní obrázek, že na něm rozlišíme skryté kovové těleso – zde maticku (obr. 4).

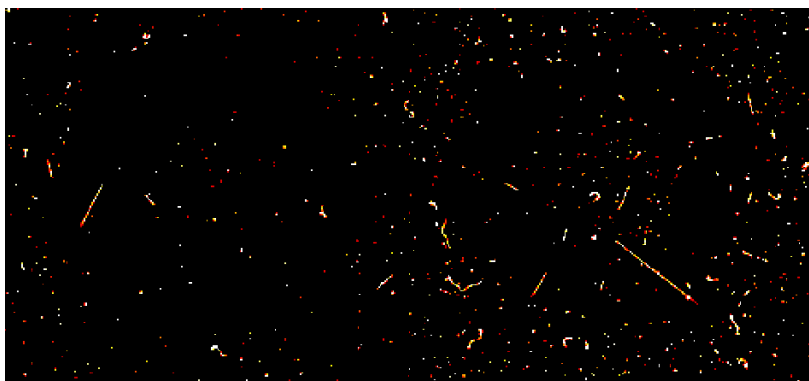


Obr. 4. Radiografické snímky maticky získané průchodem fotonů ze silného zářiče DZZ gama. Přímá stopa v pravém snímku byla způsobena dopadem mionu. Expozice 4 min.

Detektor během měření detekuje fotony z americiového zářiče, ale také další částice pocházející z radiačního pozadí. Vzácně to mohou být i miony ze sekundárních spršek kosmického záření, nebo částice alfa z rozpadu radonu a jeho dceřiných produktů. S touto skutečností je třeba počítat, když použijeme zdroj fotonů o výrazně nižší aktivitě.



Pokud nemáme v soupravě silný zdroj DZZ gama (300 kBq), můžeme se pokusit o fotonovou radiografii pomocí výrazně slabšího zdroje ŠZZ alfa (9,5 kBq). V našem experimentu jsme nejprve provedli čtyřminutové a potom desetiminutové měření se slabým zdrojem. Získané snímky vidíme na obr. 5.

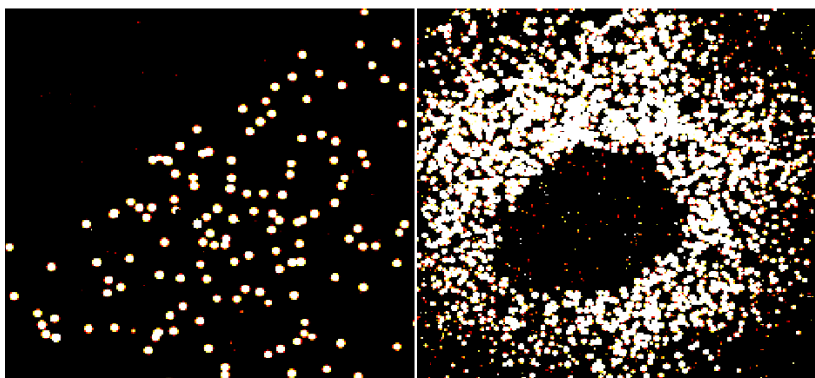


Obr. 5. Radiografické snímky matičky získané průchodem fotonů ze slabého zářiče ŠZZ alfa. Expozice vlevo byla 4 min a vpravo 10 min.

Na první pohled je zřejmé, že slabý zářič emituje v porovnání s pozadím tak málo fotonů, že snaha o dobrý radiografický snímek je marná. Částic alfa ale zářič emituje podstatně více. Mohli bychom se tedy pokusit o radiografii alfa.

## Radiografie alfa

Částice alfa emitované z americiového zářiče mají sice velkou energii (až 5,5 MeV), ale vzhledem k jejich silným ionizačním účinkům mají velmi malý dolet (přesněji střední lineární dosah). Ve vzduchu je to několik centimetrů, ve vodě desítky mikrometrů a běžným kancelářským papírem neprojdou (viz obr. 6).



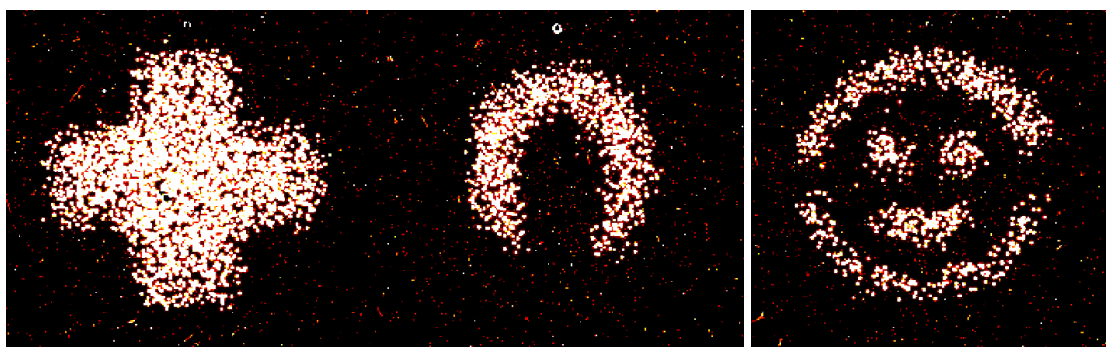
Obr. 6. Vlevo - částice alfa neprojdou kancelářským papírem položeným přes levý horní roh detektoru. Vpravo - částice alfa neprojdou kapkou vody umístěnou na potravinářské fólii. [1]

Vznikl nápad vytisknout na 3D tiskárně destičku, ve které bude otvor určitého charakteristického tvaru (kříž, podkova, smajlík...). Ten by se pak dal překrýt nějakou neprůhlednou fólií, která neumožní oku otvor vidět, ale bude natolik tenká, že částicím alfa umožní projít a vytvořit v detektoru radiografický snímek. Požadované vlastnosti splňuje pokovená mylarová fólie o tloušťce 6  $\mu\text{m}$ .



Obr. 7. Vzor pro radiografii alfa

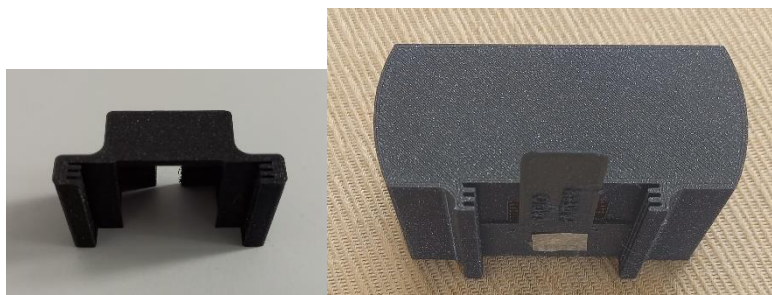
Jeden ze vzorů pro radiografii alfa vidíme na obr. 7. Ukázka tří radiografických snímků získaných výše popsaným způsobem je na obr. 8. Velkou výhodou je, že expozice je poměrně krátká. Každý ze snímků byl naměřen během tří minut.



Obr. 8. Ukázka radiografie alfa. Expozice každého snímku byla 3 min.

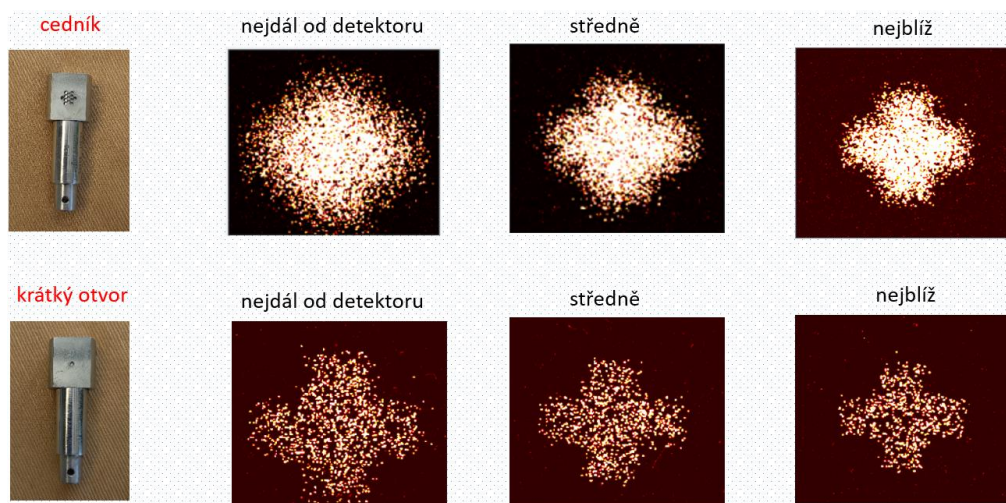
### Jak získat ostrý snímek?

Nejen v medicíně je žádoucí získat co nejostřejší snímek. Náš radiografický nástavec po nasazení na detektor umožňuje demonstrovat, jak ostrost a zvětšení obrazu závisí na „bodovosti“ zdroje záření a na poloze vzoru vzhledem k detektoru. Máme nástavec pro nový detektor MiniPIX EDU, ale připravili jsme nástavec i pro majitele starších detektorů MX-10 (viz obr. 9).



Obr. 9. Vlevo radiografický nástavec pro MiniPIX EDU a vpravo pro MX-10.

Díky třem drážkám je možné umístit vzor nejdále od detektoru, středně a blízko. U zářiče můžeme otáčením clony měnit velikost plochy, ze které budou částice alfa vystupovat. Při volbě výstupu „cedník“ bude plocha velká a při volbě „krátký otvor“ bude plocha malá a půjde spíše o bodový zdroj. Různá nastavení ukazují, jak se mění ostrost a velikost snímku (obr. 10).



Obr. 10. Vliv „bodovosti“ zdroje a polohy vzoru na ostrost a velikost obrazu.

## Draslík $^{40}\text{K}$

Není úplně jednoduché najít ve svém okolí nějaký stabilní a bezpečný radioaktivní zářič. Z běžně dostupných izotopů to je zřejmě jen draslík  $^{40}\text{K}$ , který se vyskytuje např. v chloridu draselném KCl. V přírodním draslíku se vyskytují izotopy  $^{39}\text{K}$  (93,2581 %),  $^{41}\text{K}$  (6,7302 %) a  $^{40}\text{K}$  (0,0117 %), z nichž nestabilní je pouze  $^{40}\text{K}$ , který má nejmenší zastoupení [2]. Jádro se může měnit třemi jadernými přeměnami (viz tab. 1, údaje převzaty z [3]).

Tab. 1. Jaderné přeměny izotopu  $^{40}\text{K}$ .

Přeměna	Rovnice přeměny	Pravděpodobnost přeměny	Detek. částice	Energie (keV)
beta mínus	$^{40}_{19}\text{K} \rightarrow ^0_{-1}\text{e} + ^{40}_{20}\text{Ca} + \bar{\nu}_e$	89,25 % zákl. stav	elektron	max. 1311
elektronový záchyt	$^{40}_{19}\text{K} + ^0_{-1}\text{e} \rightarrow ^{40}_{18}\text{Ar} + \nu_e$	10,55 % exc. stav	foton	1461
beta plus	$^{40}_{19}\text{K} \rightarrow ^0_{+1}\text{e} + ^{40}_{18}\text{Ar} + \nu_e$	0,001 % zákl. stav	pozitron	max. 483

Pixelový detektor může detekovat elektrony a pozitrony (přímo ionizující částice), fotony (nepřímo ionizující částice), ale nelze očekávat detekci s neutrina a antineutrina.

## Zářič „zadarmo“

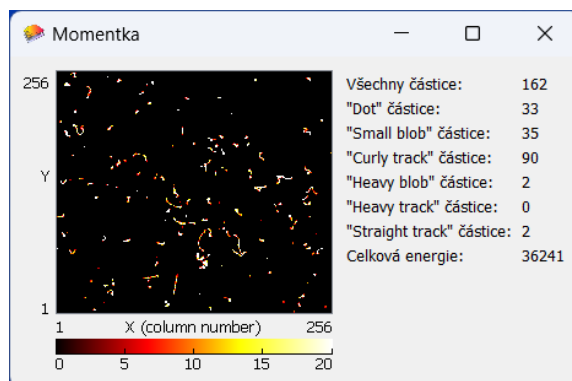
Jak již bylo zmíněno, chlorid draselný neboli draselná sůl je běžně dostupná (i cenově) látka, kterou lze využít k výrobě slabého zářiče emitujícího především elektrony (největší pravděpodobnost přeměny je pro beta mínus). Na 3D tiskárně jsme vytiskli kontejner, který lze upevnit do posuvné lavice soupravy SESTRA a také MX-10 Edukit. Navlhčený KCl byl namačkáán do kontejneru a vysoušen po několik dní v peci. Na kontejner se našroubovalo víčko s otvory a zářič byl připraven k použití (obr. 11). Po vysušení vody je v kontejneru přibližně 50 g KCl.



Obr. 11. Kontejner s chloridem draselným jako zářič beta.

## Stopy v pixelovém detektoru

S hotovým zářičem již můžeme provést test – vizualizaci záření emitovaného ze zářiče. V ovládacím programu Pixelman Simple Preview byla jako typ analýzy zapnuta *Rozšířená*. Integrovaný snímek z dvouminutového měření vidíme na obr. 12.



Obr. 12. Vizualizace záření emitovaného z KCl. Expozice 2 min.

Během měření bylo detekováno celkem 162 částic, přičemž největší počet 90 (56 %) zařadil program do kategorie „Curly track“, 35 stop (22 %) do kategorie „Small blob“ a 33 stop (20 %) do kategorie „Dot“. Ukažme si, jak vypadají typické stopy, které patří do těchto tří kategorií.

Tab. 2. Kategorie a příklady vizualizace stop.

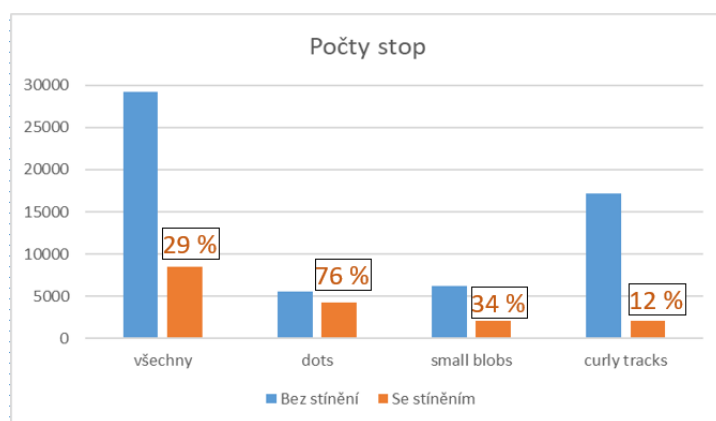
Kategorie stop	Příklady vizualizace stop
Curly track	
Small blob	
Dot	

V tab. 2 vidíme, že typ „Curly track“ jsou protáhlé, různě zakřivené stopy připomínající červíky. Naproti tomu „Small blob“ a „Dot“ nejsou protáhlé stopy, ale spíše tečky, přičemž „Dot“ jsou menší jednopixelové či dvojpixelové tečky.

Když pomíneme radiační pozadí, jsou tyto tři typy stop způsobeny elektrony, fotony a pozitrony emitovanými z  $^{40}\text{K}$ . Položme si otázku, zda by šlo rozlišit stopy způsobené nabitými částicemi od stop fotonů?

## Stínění elektronů

Pro odstínění elektronů o maximální energii 1311 keV postačuje hliníkový plech o tloušťce 2,4 mm. V soupravě je několik hliníkových plechů, které byly vloženy mezi zářič a detektor. Celková tloušťka byla 3 mm a ta spolehlivě odstínila elektrony. Pro vysokoenergetické fotony 1461 keV je pravděpodobnost, že budou interagovat ve 3 mm hliníku jen 4 % a 96 % jich tedy projde. Pro získání dobré statistiky bylo nejprve provedeno šestihodinové měření bez stínících plechů a pak šestihodinové měření se stínícími plechy. Porovnání počtu detekovaných částic vidíme na obr. 13.



Obr. 13. Porovnání počtu stop detekovaných během šestihodinového měření bez stínění (modrá) a se stíněním 3 mm Al (hnědá).

Dvojice sloupců vlevo ukazuje, že stínící plechy způsobily pokles detekovaných částic na 29 % z původního počtu částic bez stínění. Těchto 29 % stop je tedy způsobeno částicemi, které plechem prošly, což mohly být jediné fotony.

V každé ze tří kategorií ale nějaké stopy vidíme i po stínění. To znamená, že prošlé fotony způsobují stopy „Curly track“, „Small blob“ i „Dot“ stejně jako elektrony. Ale pokles počtu stop se liší. Stopy „Curly track“ jsou přibližně z 88 % způsobeny elektrony nebo pozitrony, protože po stínění klesl jejich počet na 12 %. Stopy „Small blob“ jsou přibližně z 66 % způsobeny elektrony nebo pozitrony, protože po stínění klesl jejich počet na 34 %. Stopy „Dot“ jsou přibližně z 24 % způsobeny elektrony nebo pozitrony, protože po stínění klesl jejich počet na 76 %.

Pro pochopení experimentu je třeba si uvědomit, jak tyto tři typy stop v detektoru vznikají. Stopa může vzniknout tak, že do křemíkového senzoru vletí elektron o vysoké energii, který naráží na elektrony z elektronových obalů křemíku, způsobuje ionizaci a sám se od elektronů odráží v náhodných směrech podobně jako kulečnicková koule. Pokud má hodně velkou energii vytvoří dlouhou několikapixelovou stopu „Curly track“, při menší energii stopu „Small blob“ a při ještě menší energii stopu „Dot“.

Stopy ale mohou vznikat i tak, že vysokoenergetický foton vletí do křemíkového senzoru a, i když s malou pravděpodobností, může interagovat s některým elektronem z obalů



křemíkových atomů. V našem případě jde buď o fotoelektrický nebo Comptonův jev. Elektron se odtrhne od svého jádra a způsobí v detektoru stopu různé velikosti, opět podle jeho energie. Takže stopy „Curly track“, „Small blob“ i „Dot“ jsou vždy způsobeny elektrony.

Můžeme tedy učinit závěr, že u vybrané stopy „Curly track“, „Small blob“ nebo „Dot“ nedokážeme rozhodnout, zda byla způsobena přímo ionizujícím elektronem nebo nepřímo ionizujícím fotonem. Dokázali jsme ale, že naprostá většina stop „Curly track“ je způsobena elektrony.

Poznámka: Situace je složitější o to, že některé fotony vyřázejí elektrony z hliníkového stínění a ty dopadají na detektor. V detektoru také dochází k anihilaci pozitronu s elektronem.

## **Závěr**

Podařilo se nám připravit pro soupravy SESTRÁ i MX-10 Edukit nástavce a vzory pro studium radiografie alfa. Vyrobili jsme také bezpečný zářič beta o aktivitě přibližně 800 Bq, který lze využít v obou soupravách pro zajímavou vlastní práci studentů. Uvedené pomůcky získají zájemci při zakoupení soupravy SESTRÁ, nebo je může ÚTEF darovat těm, kteří vlastní MX-10, když prokáží např. fotodokumentací, že se u nich s MX-10 aktivně pracuje. Můžete mi napsat na mail: vladimir.vicha@utef.cvut.cz.

## **Literatura**

- [1] Vicha V.: Experimenty s pixelovým detektorem pro výuku jaderné a částicové fyziky, ČVUT Praha 2017. ISBN 978-80-01-05888-6.
- [2] <https://atom.kaeri.re.kr/nuchart>
- [3] <http://www.lnhb.fr/nuclear-data/nuclear-data-table>



## 2D a 3D model samonosného oblouku

VLADIMÍR VOCHOZKA, TOMÁŠ SOSNA

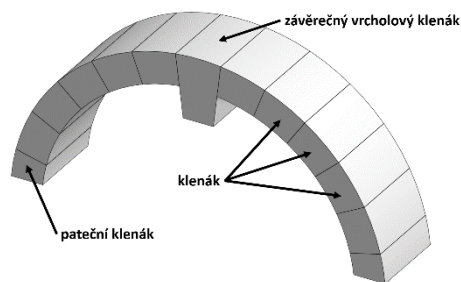
Pedagogická fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

### Abstrakt

Oblouk je známý příklad zmiňovaný především u rozkladu sil. Často bývá používán i jeho model jako praktická ukázka. V příspěvku jsou nastíněny dvě situace, kdy se oblouk chová jako „samonosný“ a kdy ne. Na příkladech je vysvětleno, co souvisí se „samonosností“ a jak lze využít jednu ze základních vlastností Fused Filament Fabrication (FFF) 3D tisku k demonstraci tohoto jevu.

### Úvod

Oblouk je dvourozměrná klenba tvořená z klínovitě tvarovaných klenáků. Podle umístění dále rozlišujeme vrcholový klenák a pateční klenák. [1]



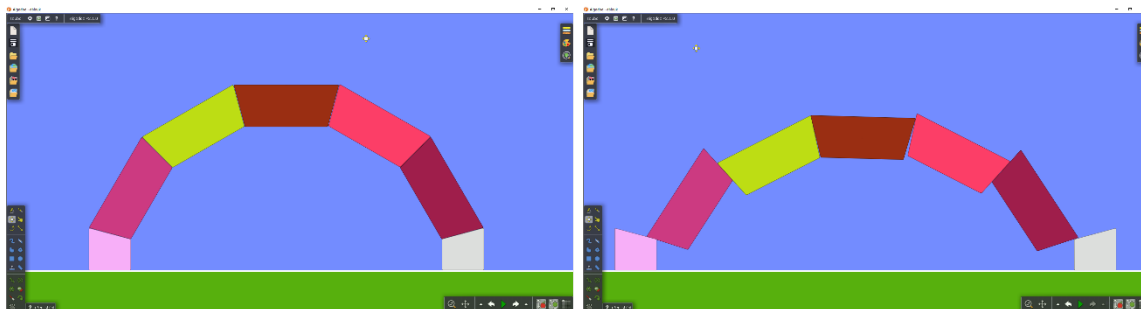
Obrázek 1: Příklad základních částí oblouku. [1]

Oblouk je sestaven z šikmo osekáných kamenů klínovitého tvaru. Síla, kterou je zatěžován například horní kámen, se rozkládá šikmo dolů do stran a tlačí tak na vedlejší kameny. Podobně je to i s ostatními kameny, a pokud je celý oblouk rovnoměrně zatížen, nemůže se žádný z kamenů protlačit dovnitř a oblouk unese velké zatížení. [1]

### Model v Algodoo

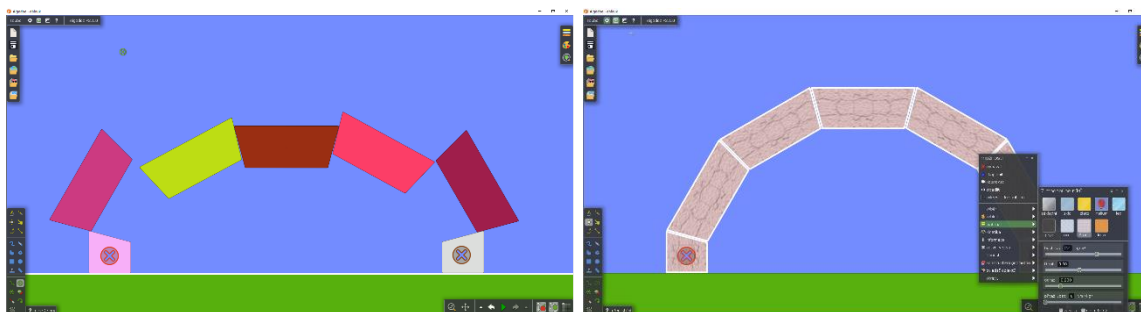
Algodoo umožňuje uživatelům experimentovat s různými fyzikálními jevy a koncepty. Software je navrhnutý pro výuku fyziky. Algodoo nabízí uživatelům intuitivní rozhraní, které umožňuje vytvářet a manipulovat s virtuálními objekty, které se chovají podle zákonů fyziky. [2-4]

V Algodoo byly navrženy dva tvary klenáků, *základní klenák* a *pateční klenák*. Následně bylo vytvořeno pět kopií základního klenáku a dvě kopie patečního klenáku. Výchozí materiál má hustotu  $2 \text{ kg/m}^2$  (v Algodoo jsou objekty dvourozměrné) a hodnotu tření 0,50. Ze všech vytvořených objektů byl složen oblouk (Obrázek 2 vlevo).



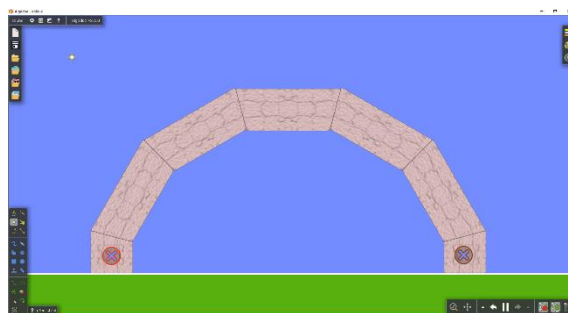
Obrázek 2: Vlevo oblouk vytvořený v Algodoo. Vpravo zhroucení modelu při spuštění simulace.

S výchozími parametry došlo po spuštění simulace k okamžitému zhroucení modelu (Obrázek 2 vpravo). Jedním z důvodů nestability, který správně určili žáci, je neupevnění patečních klenáků, což je ve všech modelech i ve skutečnosti základní předpoklad pro fungování oblouku. V Algodoo je možné vybrané objekty pevně spojit s pozadím. Přesto docházelo po spuštění simulace k opětovnému zhroucení modelu (Obrázek 3 vlevo).



Obrázek 3: Vlevo zhroucení oblouku i s upevněnými patečními klenáky. Vpravo nastavení materiálu „kámen“ pro všechny klenáky.

Teprve až aplikováním materiálu s dostatečnou hustotou a třením, například kamene (hustota  $2,4 \text{ kg/m}^3$  a tření  $0,90$ ) (Obrázek 3 vpravo), byl získán funkční model oblouku (Obrázek 4).



Obrázek 4: Model samonosného oblouku v Algodoo.

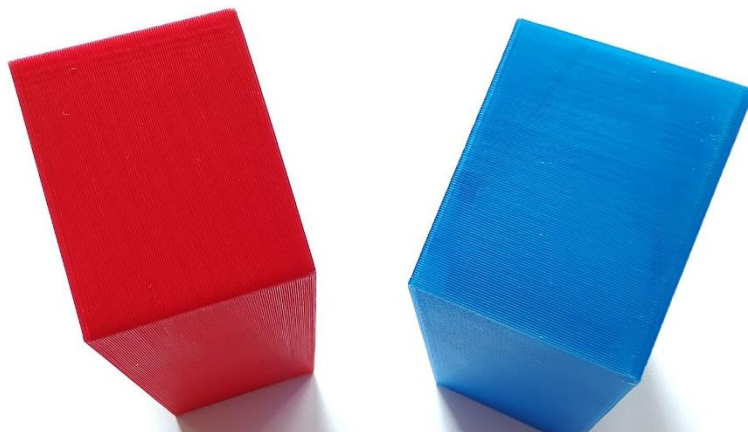
Zajímavějším postupem je vytvoření dvou situací, tvorba dvou kopií, s výchozím materiálem a upravování pouze jednoho parametru, v první kopii modelu změnou hustoty objektů a v druhé kopii změnou hodnoty tření. Teprve až poté provádění simulování kombinace těchto dvou situací. Další kroky pak ideálně vedou k tvorbě zátěže vrcholového klenáku a pozorování limitů nosnosti celého modelu v různých kombinacích.

Samonosnost oblouku spočívá v tom, že hmotnost samotné konstrukce způsobuje, že tlaková síla působící mezi klenáky oblouku je dostatečně velká. Společně s třecí silou, která závisí na působící síle, kterou je klenák přitlačován na povrch, a s koeficientem smykového tření povrchů

klenáků, je zajištěno, že třecí síla je natolik velká, že jednotlivé klenáky se nemohou pohybovat a konstrukce se stává stabilní.

### Model 3D výtisku

Stejně jako u počítačové simulace, lze s reálnými objekty zkoumat podmínku samonosnosti modelu oblouku. Výzva žákům může znít například: „Zjistěte, jak ovlivňuje kvalita povrchu styčných ploch klenáku stabilitu oblouku.“. K prvotním pokusům stačí dvě sady vytisknutých dílů, které se liší pouze v orientaci umístění modelů k tiskové ploše. Jedna sada bude tisknuta stěnou s větším obsahem k tiskové ploše, druhá sada podstavou s větším obsahem k tiskové ploše. Díky základnímu principu tvorby 3D objektů technologií FFF tisku, nanášením jednotlivých vrstev pomalu na sebe, dojde k rozdílné orientaci „drážek“ na styčných plochách výtisků (Obrázek 5).



Obrázek 5: Detail povrchu styčné plochy dvou typů klenáků, výtisk vlevo má jednotlivé vrstvy rovnoběžné s delší stranou, výtisk vpravo má jednotlivé vrstvy kolmo k delší straně.

Při pokusech postavit model oblouku ze sady orientované stěnou s větším obsahem k tiskové ploše docházelo opakovaně k jeho zhroucení. Naopak při použití sady tisknuté podstavou s větším obsahem k tiskové ploše model oblouku drží bez vnějšího zásahu, je samonosný (Obrázek 6).



Obrázek 6: Samonosný oblouk s přidaným závažím.

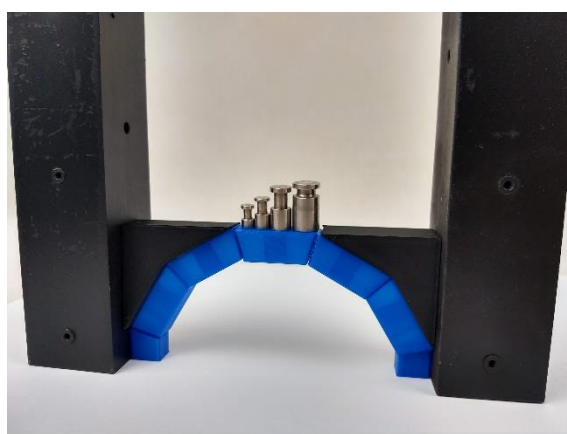
Pouze rozdílná orientace tisku způsobí změnu součinitele smykové tření na styčných plochách.

Jak moc je tento parametr důležitý lze zjišťovat úpravou styčných ploch. Brusný papír byl přilepen pomocí chemoprenu (lze upevnit i například oboustrannou lepicí páskou) ke styčným plochám klenáků (Obrázek 7).



Obrázek 7: Úprava styčných ploch brusným papírem.

Opětovně byl postaven model oblouku, který bez problému držel sám od sebe, ale zároveň byl schopný udržet i další hmotnost pomalu přidávaných závaží (Obrázek 8).



Obrázek 8: Model oblouku doplněný bočním zdívem.

Protože se kolmé síly, které zatěžují oblouk, rozkládají do stran, musí něco držet spodní okraj oblouku, aby neuhnul do boků a oblouk nespádl. Proto je nezbytné ke stěnám oblouku zvenku stavět boční zdivo. [1]

Postup, jak vytvořit 3D model, připravit model k tisku, provést povrchové úpravy výtisků a postupovat v experimentování lze dohledat v učebnici [1], společně i s dalšími rozšiřujícími aktivitami.

## Závěr

Objevování podmínek samonosnosti oblouků lze úspěšně provádět jak v simulačním prostředí, tak i v reálném světě s vytisknutými tělesy. Popsané aktivity potvrzují, že samonosné oblouky mají výjimečnou schopnost nést zatížení a udržet svou stabilitu díky svému specifickému geometrickému tvaru.

Důležitým aspektem je poukázání na význam využití simulačního prostředí jako výukového nástroje ve fyzice. Simulace umožňují studentům interaktivní a vizuální prostředí pro zkoumání fyzikálních jevů a konceptů. Vytvoření modelů, které zahrnují samonosné oblouky, může poskytnout studentům cennou praxi při analýze a experimentování s fyzikálními principy.

Celkově lze konstatovat, že zkoumání samonosnosti oblouků, ať už v simulačním prostředí nebo s reálnými modely, přispívá k lepšímu porozumění fyzikálním jevům a otevírá cestu k novým objevům v oblasti konstrukce a architektury.

## Literatura

- [1] Vochozka, V. (2022). *3D tisk ve výuce fyziky: fyzikální pokusy, videonávody, tvorba pomůcek: praktická učebnice pro ZŠ a SŠ*. SPN – pedagogické nakladatelství, akciová společnost.
- [2] Gregorcic, B., & Bodin, M. (2017). Algodoo: A Tool for Encouraging Creativity in Physics Teaching and Learning. *The Physics Teacher*, **55**(1), 25-28. <https://doi.org/10.1119/1.4972493>
- [3] SUNGUR GÜL, K., & SAYLAN KIRMIZIGÜL, A. (2023). Algodoo based STEM education: A case study of pre-service science teachers. *Education and Information Technologies*, **28**(4), 4203-4220. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11348-2>
- [4] Çoban, A. (2021). Algodoo for online education: impulse and momentum activities. *Physics Education*, **56**(2). <https://doi.org/10.1088/1361-6552/abd1e9>

## Vizualizace kondukce termokamerou

VLADIMÍR VOCHOZKA, TOMÁŠ SOSNA

Pedagogická fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

### Abstrakt

*Příspěvek popisuje pokus z oblasti vedení tepla, jehož průběh je vizualizován pomocí termokamery. V pokusu je pozorováno dlouhodobé ohřívání balonku s vodou nad plamenem lihového kahanu.*

### Úvod

Použití termokamery ve výuce fyziky je inovací, která zpřístupňuje nový pohled na tradiční pokusy a otevírá dveře k novým experimentálním možnostem, jež byly dříve nedostupné. Termokamery mohou obohacovat výuku fyziky, poskytovat nové náhledy na známé fyzikální jevy a umožňovat pozorování a vyhodnocování experimentů, které by jinak nebylo možné provádět.

### Metody a materiály

Žáci provedou jednoduchý pokus se dvěma latexovými balonky, vodou, lihovým kahanem a zápalkami, podle postupu:

1. Nafouknutý balonek umístěte nad plamen lihového kahanu.
2. Balonek naplněný vodou umístěte nad plamen lihového kahanu.
3. Pozorujte chování balonku a povrchovou teplotu balonku termokamerou.

Při vystavení nafouknutého balonku vůči plameni kahanu dojde k jeho okamžitému prasknutí. Při opakování pokusu s balonkem naplněným vodou nedochází dlouho dobu k žádné okem viditelné změně, tak je to známé pro varianty tohoto typu pokusu, který demonstruje přenos tepla vedením a velkou měrnou tepelnou kapacitu vody. Při předvádění tohoto pokusu se často vyskytne zajímavá otázka: „*A co se bude dít dále, jak pokus skončí za delší časový úsek?*“. Odpověď na tuto otázku lze získat v případě lihového kahanu do přibližně 10 minut a vysvětlení je ideální podpořit termokamerou.

Vhodné je žáky seznámit i se základními vlastnostmi látek, které v pokusu figurují (Tabulka 1):

- Teplota varu vody je 100 °C za normálního atmosférického tlaku. [1]
- Zápalná teplota latexu je 120 °C. [2-4]

Tabulka 1. Vybrané fyzikální vlastnosti látek. [1-4]

Látka	Tepelná vodivost $\lambda$ ( $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ )	Měrná tepelná kapacita $c$ ( $\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ )
Voda	0,6	4 180
Latex	0,2	1 700–2 540

Zajímavé je pozorovat rozdílnost odpovědí žáků v kontrastu s již získanými znalostmi.



## Výsledky a diskuze

Se skupinou 134 žáků bylo provedeno šetření, jaké možné konce od pokusu očekávají. V odpovědích byly nalezeny tyto zajímavé odpovědi, které jsou kategorizované podle očekávaných výstupů, které by žáci měli splňovat. Odpovědi nejsou rozebírány na úrovni tříd či absolvovaných kapitol učebnic z důvodu různých koncepcí výuky fyziky na školách, kde probíhalo šetření. Ve výčtu nejsou uvedeny správné odpovědi, ale ty nejčastější založené na různých fyzikálních konceptech.

### Látky a tělesa

Očekávaný výstup

*F-9-1-03 předpoví, jak se změní délka či objem tělesa při dané změně jeho teploty. [5]*

Žákovské odpovědi:

- Zvětší se objem balonku.
- Objem balonku se bude zvětšovat až praskne.

### Energie

Učivo

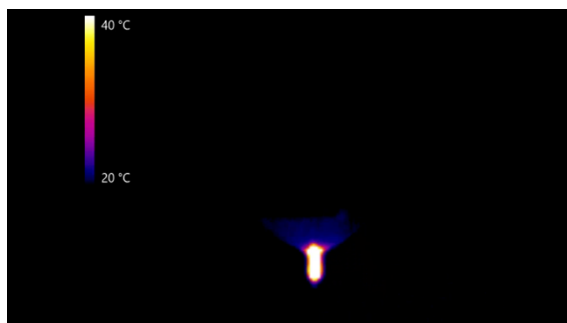
- *přeměny skupenství – tání a tuhnutí, vypařování a kapalnění; hlavní faktory ovlivňující vypařování a teplotu varu kapaliny. [5]*

Žákovské odpovědi:

- Voda se začne vařit.
- Voda se začne vařit při vyšší teplotě.
- Vznikne sytá pára.
- Na povrchu balonku dojde ke kapalnění vzdušné vlhkosti.

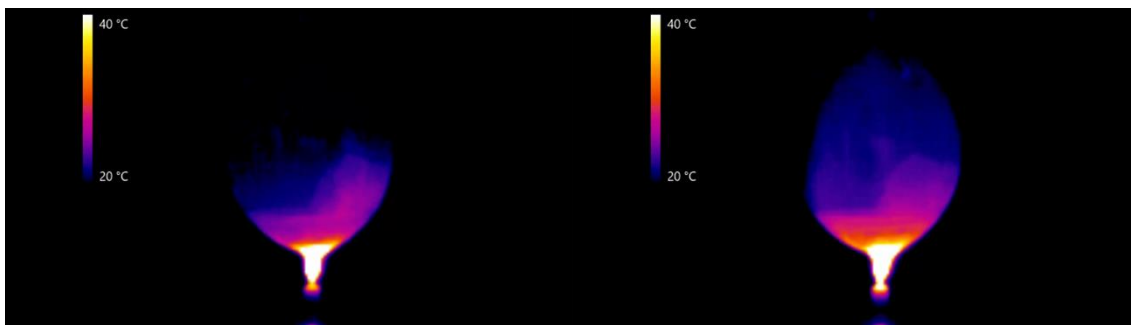
Po provedení šetření byl pokus předveden společně s jeho pozorováním termokamerou s doplňujícím komentářem.

V prvních sekundách lze pozorovat v termogramu oblast plamene o velmi vysoké teplotě (Obrázek 1).



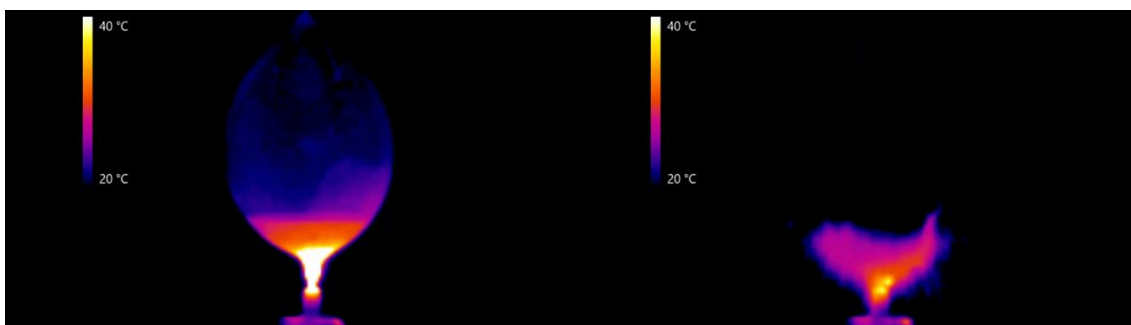
**Obrázek 1:** Termogram s pevně stanoveným rozsahem od 20 °C do 40 °C s vizualizací plamene lihového kahanu v kontaktu s vodou naplněným latexovým balonkem.

Postupem času dochází změně teploty vody vedením tepla směrem od plamene kahanu (Obrázek 2).



Obrázek 2: Vlevo vedení tepla a zvyšující se teplota povrchu balonku. Vpravo viditelný ohřev vzduchu nad hladinou vody v balonku.

Ve většině případů dojde k propálení malé dírky na povrchu balonku, kterou pomalu uniká voda (Obrázek 3 vlevo).



Obrázek 3: Vlevo prohřátí celého objemu kapaliny na teplotu vyšší než okolí. Vpravo zachycení okamžiku prasknutí balonku.

Průměrná tloušťka balonku je při nafouknutí několiknásobně tenčí než v nenafouknutém stavu. Na přenosu tepla se podílí velmi malé množství latexu a stejně tak je i ohříváno jeho malé množství – hmotnost. Voda má velkou měrnou tepelnou kapacitu (Tabulka 1) a hustotu.

Spíše ve vzácných případech způsobí poškození obalu balonku jeho velké protržení, materiál je pod velkým pnutím (Obrázek 3 vpravo).

## Závěr

Z pozorování lze vyslovit několik dílčích závěrů:

- Teplo od plamene lihového kahanu přechází přes stěnu nafouknutého balonku do vody, proto hned nedojde k dosažení zápalné teploty latexu (zápalná teplota latexu je 120 °C; teplota plamene lihového kahanu je okolo 1 600 °C).
- Dojde k pozorovatelnému ohřevu vody převážně vedením tepla u dolní hladiny objemu.
- Po delší době dojde většinou k propálení malého otvoru a vytékání vody.
- Nedochází k nabytí zápalné teploty latexu, pouze změně jeho vlastností vyšší teplotou – termické degradaci.
- Balonek se prodlouží (např. o 6 mm), nerozšíří se.
- Teplota vody vystoupá k 40 °C.

## Literatura

- [1] NAG, P.K. *Engineering Thermodynamics*. 5th ed. Tata McGraw-Hill Education, 2013. ISBN 978-0070144795.
- [2] MARGOLIS, James a Evgeny ANTIPOV. *Polymer Materials Science and Engineering Handbook*. CRC Press, 2016. ISBN 978-1-4665-7785-5.
- [3] CRC PRESS. *CRC Handbook of Chemistry and Physics: A Ready-Reference Book of Chemical and Physical Data*, 95th edition. Edited by W. M. Haynes, D. R. Lide, and T. J. Bruno. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2014. ISBN 978-1-4822-0868-9.
- [4] SHAH, Vishu. *Handbook of plastics testing and failure analysis*. Fourth edition. Hoboken, NJ, USA: Wiley, 2021. ISBN 978-1-118-94363-2.
- [5] Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání. Praha: MŠMT, 2023.

ISBN 978-80-7694-037-6



9 788076 940376