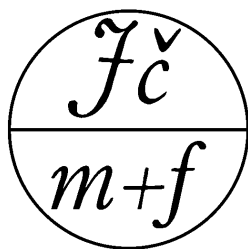


Přírodovědecká fakulta Univerzita Hradec Králové

Jednota českých matematiků a fyziků



Sborník příspěvků z mezinárodní konference

VELETRH NÁPADŮ UČITELŮ FYZIKY 24

Hradec Králové 30. 8. – 1. 9. 2019



**Univerzita Hradec Králové
Přírodovědecká fakulta**

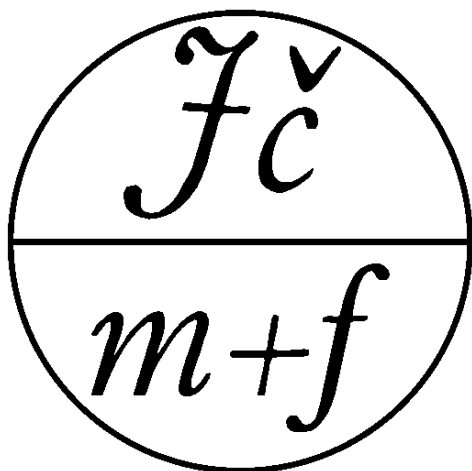
Editor: RNDr. Michaela Křížová, Ph.D.

Konference a vydání sborníku byly podpořeny: Jednotou českých matematiků a fyziků, neziskovou organizací Elixír do škol a společností Empla AG, spol. s r. o.

© Univerzita Hradec Králové, 2019

ISBN 978-80-7435-770-1

VELKÉ PODĚKOVÁNÍ PARTNERŮM AKCE!



Obsah

Úvodem	6
L. Bjolek: Laboratorní práce z fyziky s využitím Google dokumentů a eTwinningu	9
V. Boček: Fyzika, nebo podvod?	11
Z. Bochníček: Vzhůru do oblak	20
L. Břízová: Kapilární deprese ve výuce fyziky	30
V. Burdová, M. Kekule, J. Tesař: Využití metody oční kamery ve vzdělávání ve fyzice	33
L. Dvořák: Další nápady z Malé Hraštic: odpuzování magnetů	38
I. Dvořáková: Fyzika od MŠ po SŠ: s revizí RVP i bez	43
J. Hrdý: Přesný analogový generátor několika tisíc různých barevných světél	49
J. Jakubičková, L. Klinovská: Reprodukce z dostupných pomůcek	56
P. Kácovský: Jak se ve fyzice vyřádit s tuhou aneb co se můžeme naučit na kousku grafitu	61
O. Kéhar: Mnemotechnické pomůcky v astronomii	67
Z. Kielbusová: Několik nápadů z rodičovské dovolené	80
J. Kohout: Paradox dvou kondenzátorů	85
V. Koudelková: RGB LED aneb skládání barev jednoduše	91
J. Koupil: Fyzika pro ajťáky	95
Z. Koupilová: Kvantová kryptografie pro SŠ	99
Z. Koupilová: Fyzika a hra	107
K. Kozelková, O. Plencnerová: Využití projektové metody ve vyučování fyziky ZŠ	113
M. Lázníčka: Balistika a její demonstrace v praxi	118
F. Lustig: Konečně školní měřicí systém s výstupním analogovým signálem	123
F. Lustig: Výukový kurz „Jednoduché Hands-on-Remote fyzikální experimenty s Arduinem“	128
J. Machalická, J. Reichl.: Několik projektů z tábora, tentokrát na téma „Jak málo stačí k matematice a fyzice radosti“	134
M. Panoš: Stavíme vzdálený experiment řízený kartou K8055	142
J. Reichl, J. Dvořák: Stratosféra	147
S. Sajdlová, J. Mistrík: Aplikační postery jako nástroj zefektivnění výuky fyziky na Univerzitě Pardubice	157
S. Sajdlová, K. Šild: Jak se objevuje a vynalézá na Gymnáziu Mozartova	162
J. Šlégr: Teorie ploché Země ve výuce fyziky	167
K. Vágnerová, J. Rožňová: Bádání s nadšením (Badatelská činnost v Klubech nadaných dětí na prvním stupni ZŠ)	172
J. Veselý, V. Krajčová: ESA Education – kurzy pro učitele STEM	177
V. Vícha: Hranaté bubliny	182

V. Vochozka, Z. Koudela, P. Černý, V. Burdová: Kvantitativní vyhodnocení experimentu „Vejce v lahvi“	190
B. Vybíral: Problematika Archimedova zákona	197
V. Žák: Zase to těžiště	204

Úvodem

Vážené kolegyně, vážení kolegové, příznivci kvalitní výuky fyziky, milí přátelé!

Po šesti letech zavítal Veletrh nápadů učitelů fyziky opět do Hradce Králové. V roce 2013 jsme v prostorách místní univerzity společně slavili plnoletost Veletrhu a je mi ctí, že v krátké, teprve devítileté, historii Přírodovědecké fakulty jsme Vás od 30. 8. do 1. 9. 2020 mohli hostit znovu.

Jsem hrdý na to, že Přírodovědecká fakulta UHK je jednou z institucí v ČR, která připravuje budoucí učitele fyziky. Všichni víme, v jak hluboké personální krizi se nachází výuka fyziky na českých základních a bohužel i některých středních školách. Přípravu budoucích učitelů tedy považuji za společenskou nutnost a dokud budu moci nějak ovlivňovat dění na Přírodovědecké fakultě UHK, budu usilovat o to, abychom kvalitní učitele i nadále připravovali.

Každé setkání s Vámi, účastníky Veletrhu, mě ale naplňuje nadějí, že ne vše je shnilé ve školství českém. Plejáda originálních nápadů, která byla na 24. Veletrhu prezentována, spojená s neuvěřitelným nadšením Vás všech, je skvělým příslibem. Ještě jsou na školách nadšení učitelé, kteří své nadšení předávají svým žákům. A není jich málo! Jen na Veletrhu Vás bylo 140.

Jsem rád, že na lehkou váhu nebere situaci učitelů fyziky ani vedení Univerzity Hradec Králové, na slavnostním zahájení nás pozdravila paní prorektorka pro tvůrčí činnost Leona Stašová, ani Královéhradecký kraj. Za podporu děkujeme především paní náměstkyni pro oblast školství, kultury a sportu Martině Berdychové. Jaksi samozřejmě vypadá podpora Fyzikální pedagogické sekce Jednoty českých matematiků a fyziků a také jejího pobočného spolku Hradec Králové. I Vám patří velké poděkování. Děkujeme samozřejmě i dalším partnerům Veletrhu, neziskové organizaci Elixír do škol a společnosti Empla AG, spol. s r. o. Největší poděkování ale patří účastníkům Veletrhu – bez Vás bychom nemohli prožít tak skvělé a inspirativní tři dny.

Dovolte mi popřát Veletrhu a všem veletržníkům hodně elánu do dalších let. Těším se na Vaše další nápady i na velmi milá osobní setkání s Vámi. Pokud bude třeba, vezte, že dveře na Přírodovědecké fakultě UHK máte otevřené!

Jan Kříž

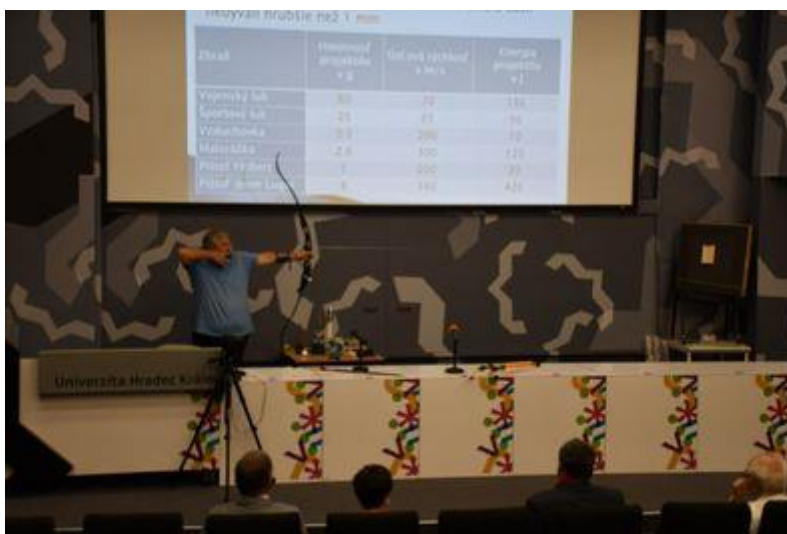
Děkan Přírodovědecké fakulty UHK

Pár slov k organizaci 24. ročníku „Veletrhu nápadů učitelů fyziky“

Veletrh nápadů učitelů fyziky je jednou z nejúspěšnějších akcí, která se každoročně koná ve spolupráci některé vysoké školy připravující učitele fyziky a Fyzikální pedagogické společnosti JČMF. Ve dnech **30.8. až 1. 9. 2019** se uskutečnil již 24. ročník Veletrhu, podruhé v Hradci Králové. Konference probíhala v aule Univerzity Hradec Králové a zúčastnilo se jí **140** učitelů fyziky všech typů škol z České republiky a Slovenska.

Účastníci přednesli **38** příspěvků na nejrozumnější témata týkající se jak experimentů, tak zkušeností z práce se žáky při fyzikálním vzdělávání ve třídě i v mimoškolní činnosti.

Zvanou přednášku na téma **Lukostřelba v hodinách fyziky** přednesl **doc. RNDr. František Kundracik, CSc.** z Katedry experimentální fyziky, Fakulty matematiky, fyziky a informatiky, Univerzity Komenského v Bratislavě.



Další zvanou přednášku na téma **Vzhůru do oblak** přednesl **doc. RNDr. Zdeněk Bochníček, Dr.** z Ústavu fyzikální elektroniky - Fyzikální sekce - Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity.



Součástí Veletrhu byla i posterová sekce a výstavková sekce.

Informace o konferenci, fotodokumentace, sborník i prezentace jednotlivých příspěvků jsou dostupné na stránkách Veletrhu:

<http://uni.uhk.cz/vnuf/>

Organizační výbor Veletrhu pracoval ve složení doc. RNDr. Josef Hubeňák, CSc. doc. RNDr. Jan Kříž, Ph.D., RNDr. Michaela Křížová, Ph.D., PhDr. Jana Česáková, Ph.D., RNDr. Filip Studnička, Ph.D., RNDr. Jan Šlégr, Ph.D. a Mgr. Iva Vojkůvková.

Příspěvky přednesené na 24. Veletrhu nápadů učitelů fyziky jsou ve sborníku uvedeny v abecedním pořadí 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 jednacím číslem

MSMT-1149/2019-2-175.

Laboratorní práce z fyziky s využitím Google dokumentů a eTwinningu

LUKÁŠ BJOLEK

Gymnázium Frýdlant nad Ostravicí

Abstrakt

Výstupem laboratorních prací je obvykle protokol v tištěné či elektronické podobě, který zpracuje student z naměřených dat. Protože současná technika umožňuje snadné kopírování a sdílení souborů, získáme často od jednotlivých studentů více či méně zdařilé kopie protokolu, ve kterých jsou upravena data a aktualizovaná hlavička. Protože jsem se nechtěl vysilovat po večerech neefektivním opravováním kopií, rozhodl jsem se v minulém školním roce vyzkoušet týmové zpracovávání našich společných měření. Výsledkem je jediný protokol, který studenti během laboratorních prací společně vytvoří. Pro tvorbu používáme nástroje a možnosti Google dokumentů, které umožňují editovat jeden dokument z více počítačů najednou. Výsledky poté sdílíme a diskutujeme se zahraničními partnery pomocí evropské platformy eTwinning pro spolupráci ve školách.

Google dokumenty



Pro každou laboratorní práci nejdříve připravím hrubou šablonu, kterou v průběhu měření společně doplňujeme a upravujeme. Při zpracování fyzikálních protokolů se snažím využít předností jednotlivých studentů. Někteří studenti píší, jiní překládají do angličtiny, dělají obrázky, píší vzorce, dělají fotky, počítají výsledky měření apod.

Postup pro případné zájemce

Na společné zpracování dokumentů je třeba, aby všichni měli Google účet.

Příprava učitele: <https://drive.google.com> → založíme složku (např. lab-skupina-01) → pravé tlačítko myši → *Sdílet* → vypíšeme emaily jednotlivých studentů a vpravo zvolíme *Může upravovat* → v této složce založíme nový textový nebo tabulkový soubor (např. volny-pad) → v nových založených souborech můžeme udělat základní hrubou šablonu výsledného protokolu.

Práce studentů: <https://drive.google.com> → pokud nejsou přihlášení, google je požádá o přihlášení → v jejich profilu se objeví sdílená složka (např. lab-skupina-01) → ve složce najdou soubor aktuální laboratorní práce (např. volny-pad) → tento soubor mohou studenti společně vytvářet a upravovat → pokud by se stalo, že někdo někomu něco přepíše lze se vrátit k libovolné verzi dokumentu (*Soubor* → *Historie verzí*)

Publikace hotového souboru: Chceme-li mít jistotu, že nikdo už hotový dokument nebude upravovat, je třeba změnit sdílení. Tlačítko *Sdílet* vpravo nahoře → kliknout myší na jednotlivé studenty → změnit ikonu tužky (*může upravovat*) na ikonu oka (*může prohlížet*). Chceme-li hotový protokol publikovat, pak klikneme *Soubor* → *Publikování na webu* → Zkopírujeme odkaz → zkopírovaný odkaz pošleme mailem, nebo zveřejníme na webových stránkách

eTwinning



eTwinning je platforma, přes kterou mohou učitelé škol z různých evropských zemí vzájemně komunikovat, spolupracovat, zapojovat se do projektů a sdílet své nápady.

Stačí najít spolehlivého zahraničního partnera a vytvořit projekt. V tomto projektu můžete publikovat vaše protokoly, inspirovat se fyzikálními měřeními zahraničních partnerů, vytvořit společné měření apod. Vaší nápaditosti se meze nekladou. Na rozdíl od velkých projektů není eTwinning zatížen téměř žádnou administrativou, je možné si udělat projekt, který bude zcela vyhovovat vašim potřebám a požadavkům.

V případě zájmu je se třeba zaregistrovat na <https://www.etwinning.net>, najít vhodného partnera, založit projekt a začít spolupracovat.

Zkušenosti

Ve školním roce 2018/2019 jsme všechny protokoly z laboratorních prací vytvářeli společně v prostředí Google docs. Studenty tato společná práce bavila, své schopnosti mohli uplatnit také studenti s menším zájmem o fyziku, například ti, kteří rádi kreslí nebo překládají do angličtiny. Výsledné protokoly jsme si v eTwinningovém prostředí vyměňovali s tureckými studenty. Studenti si kromě fyziky procvičili týmovou spolupráci, angličtinu, a také se dozvěděli o fyzikálním měření v Turecku. Objevili jsme pomůcky, které u nás nejsou, u některých měření jsme se vzájemně inspirovali, zkoušeli metody zahraničních partnerů.

Náhled na česko-turecký projekt fyzikálního měření najdete na internetové adrese <https://twinspace.etwinning.net/76880>

Pokud by pro vás byla angličtina překážkou, můžete zkusit vytvořit projekt se slovenskými či polskými partnery.

Odkazy

[1] <https://www.google.com/docs/about/>

[2] <https://www.etwinning.cz/>

[3] <https://www.etwinning.net/>

Fyzika, nebo podvod?

VÍT BOČEK
KDF MFF UK

V příspěvku se zaměříme na experimenty, které mají za cíl „obalamutit“ čtenáře tím, že prezentují nevšední nebo dosud neobjevený fyzikální princip, ale ve skutečnosti jde o podvod spočívající ve skryté konstrukci přístroje nebo zavádějící interpretaci pozorovaných jevů.

Motivace, cíle, začlenění do výuky

V našem okolí se nachází mnoho lží, podvodů a nesmyslů. Na tyto nešvary však můžeme narazit i v oblasti fyzikálních experimentů. Pokud vyhledáme prostřednictvím youtube heslo *free energy* (přel.: volná energie) nebo *perpetuum mobile*, objeví se stovky videí o tom, jak lze „vyrobit“ energii. Tato videa jsou zcela nesmyslná, přestože se pod nimi objevují souhlasné komentáře a mají mnoho zhlédnutí. Samozřejmě jde o podvody – fyziku nelze obejít. Pokud by se to podařilo, tito youtubeři jsou již nobelisté. Takováto videa mají mnoho shlédnutí právě díky své „nevšednosti“, kterou má mylně mnoho diváků za „krásnou fyziku“ (ač jde o podvod).

Právě potenciálně vysoký počet zhlédnutí je jeden z důvodů, proč autoři podvodná videa nahrávají – mohou tak vydělat i stovky tisíc korun. Dalším důvodem může být vnitřní uspokojení autora z toho, že se mu podařilo ošálit diváky.

Aby studenti „nepodlehli“ nesmyslům, na které mohou narazit a nedospěli k mylným závěrům, je dobré trénovat s nimi fyzikální myšlení např. ukázkou a rozбором zmíněných videí. Pro zpestření můžeme přidat také videa, která jsou fyzikálně v pořádku. Můžeme pak klást otázky typu:

- Je video podvodné, nebo není?
- Jaký fyzikální princip je zde použit?
- Kde je schovaný zdroj?
- Upravil autor video?
- Jak bys vylepšil experiment, aby lépe „balamutil“?

Studenti mají tyto aktivity velmi rádi. Odhalují při nich totiž podvody a zároveň si uvědomují fyzikální principy. V případě, že je toto téma opravdu zaujme, je možné nechat je vyrobit podobně podvodný experiment.

Podvodná videa

Video 1: „Prodlužovačkové perpetuum mobile“^[1]

Jedním z prvních videí s vyšší sledovaností (více než 9 milionů zhlédnutí) je video „Free Energy Generator 2“ shodou okolností od českého autora. Perpetuum mobile na bázi prodlužovačky se nás snaží přesvědčit o tom, že pokud zapojíme prodlužovačku samu do sebe, bude ve šňůře proudit „dokola“ elektrický proud a přístroje, které připojíme do zbývajících zástrček, budou tímto proudem napájeny (obr. 1).



Obr. 1 - Prodlužovačkové perpetuum mobile

Vysvětlení

Autor zřejmě do prodlužovačky přivedl vodiče ze sítě tak, aby nebyly vidět a obvod spíná spínačem skrytým někde mezi zásuvkou a prodlužovačkou.

Video 2: Žiletky ve slané vodě [2]

V následujícím experimentu autor připojí žiletky k vodičům vedoucím ke kontaktům žárovky (obr. 2). Možná by nám experiment mohl připomenout „výrobu“ elektřiny pomocí galvanického článku. Jsou zde však tři důvody, proč tomu tak nemůže být.



Obr. 2 - Žiletky ve slané vodě „napájí žárovku“

Vysvětlení

Prvním důvodem je, že žiletky jsou ze stejných kovů, tudíž mají shodné elektrodové potenciály, což znamená, že mezi nimi naměříme nulové napětí. V tomto případě však mezi žiletkami není napětí zejména proto, že jsou ve dvou fyzicky oddělených elektrolytech. Mezi elektrodami se tak nemohou pohybovat ionty, které by vytvářely elektrický proud. Pokud bychom zvolili elektrody z vhodných materiálů a vložili je do jednoho elektrolytu, pak by při podobné velikosti elektrod, jako jsou ony žiletky, článek nedokázal poskytovat dostatečně velký příkon pro rozsvícení LED žárovky.

Uvnitř žárovky je akumulátor, který do LEDek při sepnutí spínače pustí proud.

S žárovkou lze provádět i další experimenty. K jejímu rozsvícení stačí použít materiál s řádově menším odporem, než má kovový vodič. Není třeba, aby mezi kontakty tekla velký spínací proud (jde řádově o miliampéry). Takto malý proud totiž stačí k sepnutí obvodu uvnitř žárovky a ten pustí potřebný větší proud do LEDek (obr. 3).

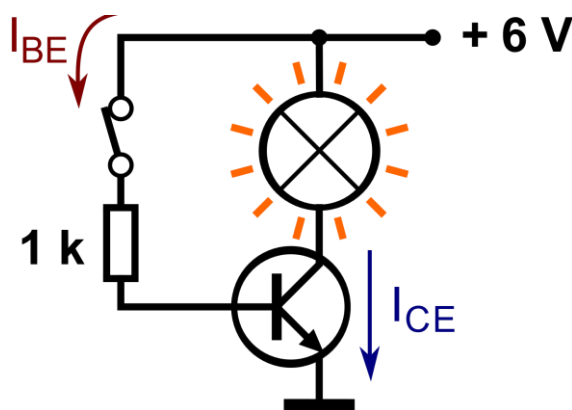
Tuto žárovku lze nabíjet zašroubováním do běžné objímky a používat ji tedy opakovaně. Tato žárovka obvykle slouží jako zdroj osvětlení na zahrádkách, půdách, stanech a dalších neelektrifikovaných místech.



Obr. 3 - Žárovka rozsvícená pomocí ruky



Obr. 4 - Žárovka uvnitř



Obr. 5 - Schéma obvodu podobného tomu v žárovce – tranzistor jako spínač

Video 3: Coriolisova síla [3]

Ekvádorci v následujícím videu turistům předvádějí rozdíly ve směru stáčení vodního víru v přenosném umyvadle, když se nachází na severní polokouli, na jižní polokouli a na rovníku. Na severní a jižní polokouli se točí voda obráceně, na rovníku se netočí vůbec.

Vysvětlení

Coriolisova síla je zdánlivá síla způsobená rotací Země. Její efekty jsou však významné až na větších měřítkách. To znamená, že by Ekvádorci museli mít místo umyvadla řádově větší nádrž a museli by eliminovat všechny ostatní efekty.

Coriolisova síla je příčinou např. stáčení tlakových níží a výší a ovlivňuje také mořské proudy.

Akteři ve videu jsou zruční a dokáží prstem, přepážkou, ale především samotným naléváním vody do umyvadla nepatrně roztočit vodu, což má na vznik směru stáčení víru mnohem větší vliv než Coriolisova síla. Na směr točení může mít jistě vliv také geometrie umyvadla, tvar odtoku apod. Coriolisova síla však rozhodně není dominantním efektem.

Video 4: Elektřina z citronu [4]

Toto video vyvolává dojem, že jde o galvanický článek. Jeden kolík adaptéru zapíchneme do jedné půlky citronu, druhý kolík do druhé a telefon se nabíjí (obr. 6).



Obr. 6 - Telefon nabíjený citronem

Vysvětlení

Jsou zde však podobné problémy jako u experimentu se žiletkami. Opět nám schází galvanické elektrody. Je možné namítnout, že těmi by mohly být právě ony kolíky od šňůry. Abychom však vytvořili galvanický článek, je třeba použít elektrody z různých materiálů. Jak je tedy možné, že se mobil dobíjí? Řešení problému je nefyzikální, ale lze k němu dospět kritickým myšlením. Je z experimentu patrné, že se mobil nabíjí? Ne. Jedinou indicií je ikona baterie na mobilu. Ta však neznázorňuje nabíjení, ale to, že je baterie vybitá. A jak dojde k zapnutí telefonu při zastrčení vidlice do citronu? Autor nenápadně stiskne zapínací tlačítko.

Podvodné experimenty

V této části příspěvku se zaměříme na snadno vyrobitelné „balamutící“ experimenty.

Experiment 1: Kouzelná žárovka

Tuto žárovku stačí uchopit a rozsvítí se (obr. 7). Navíc není třeba dotýkat se závitu. Žárovka navíc dokáže svítit třemi barvami – modrou, červenou a bílou.



Obr. 7 - Žárovka rozsvícená magnetickým prstýnkem

Vysvětlení

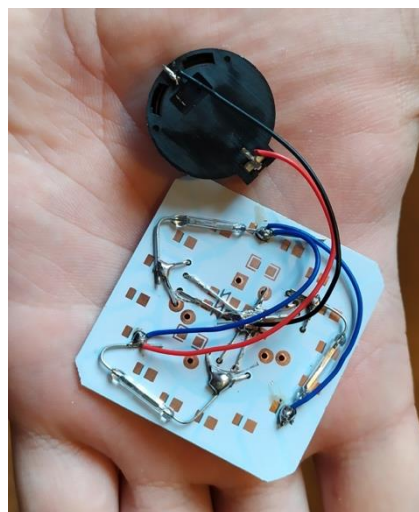
Zdroj v podobě elektrického článku je ukryt v žárovce. Elektrický obvod je uzavřen z několikacentimetrové vzdálenosti pomocí magnetického pole. Zdrojem magnetického pole je zde magnetický prstýnek, můžeme však použít zcela libovolný magnet.

Uvnitř žárovky je magnetický spínač – jazýčkový kontakt (angl. reed switch) (obr. 9), který umí uzavřít elektrický obvod s baterií a rozsvítit tak LEDky uvnitř žárovky. Otočením žárovky vůči magnetu lze rozsvítit tři různé barvy. Uvnitř žárovky jsou totiž tři spínače a každý při vhodném natočení žárovky rozsvítí dvojici LEDek dané barvy.

Tuto žárovku nelze nabíjet. Pohled do jejích útrob ukazuje, že závit není elektricky spojen s obvodem. Po jejím vybití je tedy třeba vyměnit knoflíkovou baterii.



Obr. 8 - Žárovka uvnitř



Obr. 9 - Žárovka uvnitř

Experiment 2: Další kouzelná žárovka

Tato žárovka se rozsvítí nebo zhasne bez jakéhokoliv propojení kontaktů nebo přibližování magnetu.

Vysvětlení

Uvnitř je schovaný akumulátor a na boční straně žárovky je malý spínač, který stačí nenápadně stlačit.

Tuto bezpečnostní žárovku zakoupenou v prodejně IKEA lze používat jako běžnou žárovku a při případném výpadku proudu ji rozsvítit stlačením spínače. Žárovka pak vydrží svítit několik hodin do svého vybití.



Obr. 10 - Žárovka IKEA

Experiment 3: Kouzelný šroub

Dalším experimentem je zašroubovávání maticky „silou vůle“. Stačí uchopit šroub do ruky a maticka se zašroubovává buď nahoru nebo dolů.



Obr. 11 - Šroub s magnetickým prstýnkem

Vysvětlení

Nejde o sílu vůle, ale o sepnutí elektrického obvodu pomocí magnetického prstýnku a magnetického spínače. Uvnitř šroubu je spínač a knoflíkový článek ukrytý v jeho hlavičce. Na druhé straně šroubu je vibrační motorek, který se po sepnutí spínače začne otáčet a rozvibruje celý šroub. Tím dojde k otáčivému pohybu maticky. To, jestli se maticka vyšroubovává, nebo zašroubovává, je dáno směrem otáčení motorku, který lze změnit opačným vložením knoflíkového článku.



Obr. 12 - Šroub – řez

Experiment 4: Světelný meč

Stačí přiblížit zářivku vyzdobenou do vzhledu světelného meče do blízkosti plazmakoule a dojde k jejímu rozsvícení. Při vzdálení od plazmakoule zářivka stále svítí.



Obr. 13 - Meč



Obr. 14 - Meč

Vysvětlení

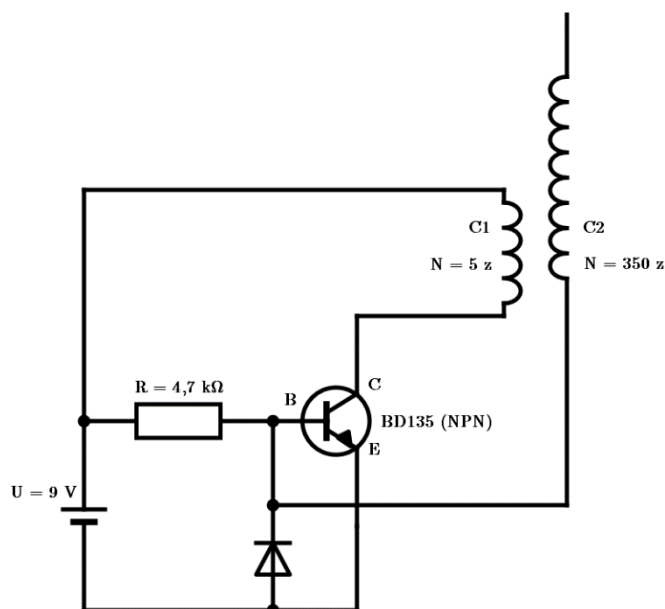
Zářivka se rozsvítí díky silnému elektromagnetickému poli v blízkosti plazmakoule. Elektrony rtuťových par v zářivce se excitují, následně deexcitují, vyzáří při tom UV záření a to je luminoforem na vnitřní straně zářivky přeměněno na světlo. Zajímavé však je, že zářivka svítí i při vzdálení se od plazmakoule.

Uvnitř konstrukce meče je ukrytý jednoduchý Teslův transformátor napájený 9V baterií. Tento transformátor rozsvítí zářivku na základě stejného principu jako plazmakoule.

Aby bylo balamutění úspěšné, je třeba ve správnou chvíli zapnout spínač transformátoru. Nejprve zářivku rozsvítí plazmakoule po jejím přiblížení. V tu chvíli nenápadně sepneme spínač transformátoru, kdy nelze pozorovat žádnou výraznou změnu svitu zářivky. Vzdálíme zářivku od plazmakoule a ta bude stále svítit.



Obr. 15 - Světelný meč – uvnitř



Obr. 16 - Schéma transformátoru

Videa

- [1] Free Energy Generator 2. Dostupné z: <https://youtu.be/skAePZGgpAA>
- [2] Free energy experiment using blades. Dostupné z: <https://youtu.be/BHe3Kx-oJ0Q>
- [3] Water rotation in two hemispheres and on the Equator. Dostupné z: <https://youtu.be/QTJJAiQFRc>
- [4] Lemon phone charger || Viral Video UK. Dostupné z: <https://youtu.be/cFU-3qsXs7U>

Vzhůru do oblak

ZDENĚK BOCHNÍČEK

Přírodovědecká fakulta MU, Brno

Abstrakt

Příspěvek se nejdříve věnuje vzniku aerodynamického vztlaku a nabízí dvě možná netradiční vysvětlení jeho existence. Oba výklady využívají pouze Newtonovy pohybové zákony a obejdou se bez Bernoulliovy rovnice. Jednoduchost argumentace umožňuje jejich využití i na střední škole.

V dalším textu je popsán let ptáků, význam mávání křídel a V formace letu. Při popisu letu hmyzu jsou komentovány příčiny odlišností mezi malými a velkými letci a elementárně vyloženy hlavní mechanismy, které u malých letců zvyšují vztlakovou sílu nad hodnotu obvyklou u větších ptáků a letadel.

Příloha textu upozorňuje na některá úskalí při interpretaci Bernoulliovy rovnice.

Úvod

Člověk od nepaměti toužil napodobit ptáky a létat. Známy je mytologický příběh o Daidalovi a Ikarovi i řada naivních středověkých úvah a snad i pokusů o létání vlastními silami. Bylo však nutné nejprve dosáhnout určitého technického pokroku, aby se člověk dokázal ptákům nejen vyrovnat, ale vysoce je překonat.

V příspěvku se nejprve budeme věnovat základním fyzikálnímu popisu interakce letícího objektu se vzduchem, a pak si všimneme některých zvláštností letů ptáků a hmyzu.

Letící nebo plovoucí objekt musí pro zajištění svého pohybu vyřešit dva základní problémy:

- 1) Kompenzaci tíhové síly silou, která míří svisle vzhůru a kterou nazýváme silou vztlakovou.
- 2) Získat vodorovnou sílu pro dopředný pohyb, tedy vodorovné zrychlení a překonání aerodynamického odporu.

Při pohybu po souši je situace jednoduchá a obě potřebné síly přirozeně zajistí opora pevné podložky. Letec nebo plavec však nemá k dispozici nic jiného, než tekutinu ve svém okolí a obě síly tedy musí realizovat pouze interakcí s touto tekutinou.

Vztlaková síla

V zásadě jsou dvě základní možnosti, jak získat vztlakovou sílu

1) Statický vztlak

Statická vztlaková síla je popsána velmi dobře známým Archimédovým zákonem

$$F = V\rho g$$

kde jednotlivé symboly mají zřejmý význam. Se statickým vztlakem se však mohou spokojit pouze plavci pohybující se ve vodě. Statická vztlaková síla ve vzduchu za běžných podmínek dosahuje jen asi tisícinu hodnoty potřebné pro let libovolného živočicha a žádný živý organismus není schopen samostatně letět pouze s využitím Archimédova zákona. Jen výrobky člověka, balóny a vzducholodě, toto dokáží a to tak, že malá hustota vzduchu je kompenzována velkým objemem lehkého letícího objektu.

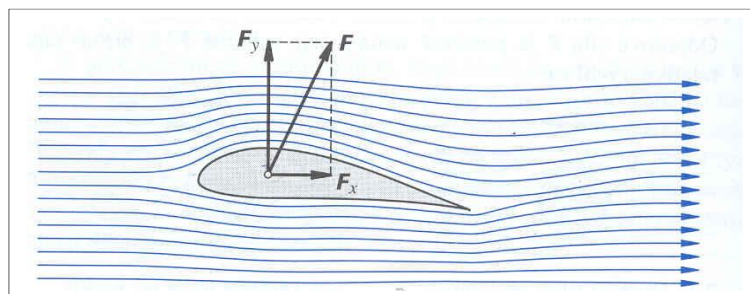
2) Dynamický vztlak

Dynamický vztlak již vyžaduje obtékání letícího objektu, tedy vzájemný pohyb letce a okolního vzduchu. Standardním příkladem, který se pro výklad dynamického vztlaku používá, je asymetrický křídlový profil.

Obrázek 1 je kopií z učebnice Mechanika pro gymnázia [1].

Výklad vztlaku bývá v učebnicových textech součástí partie mechanika tekutin a v argumentaci se využívá Bernoulliovy rovnice:

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



Obr. 1: Obvyklé znázornění obtékání křídla. Proudnice jsou zde zakresleny chybně, viz text.

Nad křídlem se vzduch pohybuje vyšší rychlostí než pod křídlem, tedy nad křídlem je menší tlak a rozdíl tlakových sil na spodní a horní plochu křídla dává výslednou vztlakovou (a odporovou) sílu.

Tato argumentace je v podstatě v pořádku, problém je, jak zdůvodnit rozdílnou rychlost vzduchu pod a nad křídlem. Dnes již jen výjimečně, ale stále, můžeme najít dva základní způsoby, oba chybné¹.

a) Teorie stejného času

Vzhledem k asymetrii křídlového profilu musí vzduch nad horním povrchem urazit větší vzdálenost, a proto musí letět vyšší rychlostí.

Tento výklad předpokládá, že molekuly vzduchu musí nad křídlem i pod křídlem proletět za stejný čas. Ale k tomuto předpokladu není vůbec žádný důvod a je zcela neobhajitelný. Ve skutečnosti vzduch nad křídlem doopravdy letí rychleji, ale mnohem rychleji, než by odpovídalo teorii stejného času, viz například [2]. Nesmyslnost této

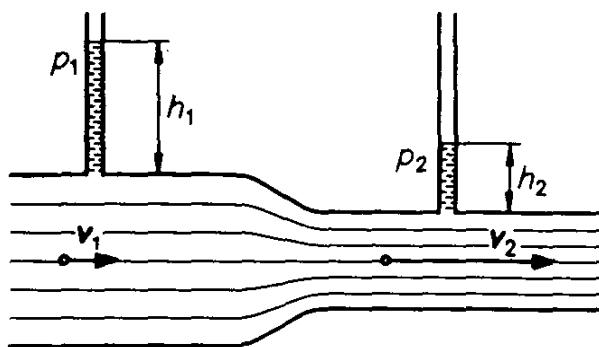
¹ Bernoulliho rovnice bývá někdy mylně interpretována a chybně jsou pak i vysvětlovány některé oblíbené experimenty s proudící tekutinou. Bližší komentář najde čtenář v příloze na konci tohoto textu.

argumentace plyne i z toho, že by tímto způsobem nebylo možné vysvětlit například reálně existující vztlak na rovné skloněné desce.

b) Teorie zúženého průřezu

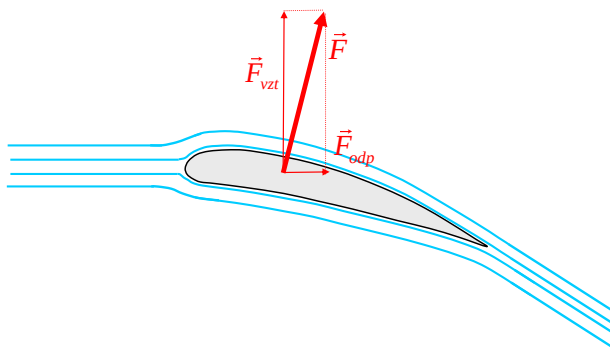
Nad křídlem jsou proudnice zhuštěny, což připomíná situaci proudění v zužující se trubici, kdy lze snadno vysvětlit vyšší rychlost v užší části pomocí rovnice kontinuity, viz obrázek 2.

Zde skutečně v místě hustších proudnic můžeme očekávat vyšší rychlost, avšak zúžená „trubice“ není shora nijak ohraničena a nelze změnu rychlosti z rovnice kontinuity určit. Navíc, podobně jako v předchozím případě, takto nelze vysvětlit vztlak na skloněné rovné desce, kde naopak nad deskou se průřez podél desky zvětšuje, což by podle rovnice kontinuity znamenalo pokles rychlosti (a nárůst tlaku).



Obr. 2: Ilustrace rovnice kontinuity a Bernoulliovy rovnice.

V dalším nabídneme dva různé způsoby výkladu vztlaku na křídlovém profilu, které jsou velmi jednoduché, argumentačně přímočaré a nesporné. Překvapivě však žádný z nich nevyužívá Bernoulliovu rovnici.



Obr. 3: Proudnice se za křídlem stácejí směrem dolů.

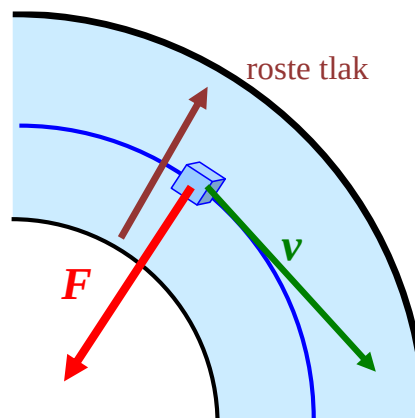
Základem obou výkladů je fakt, který je obvykle ve středoškolských učebnicích opomíjen: Při obtékání křídlového profilu se proudnice vzduchu stáčí směrem dolů, viz obrázek 3, respektive experimentální potvrzení [3].

Na obrázku 1 jsou tedy proudnice zakresleny chybně a je skutečně paradoxní, že to, co je pro existenci vztlakové síly naprosto klíčové, je v základních učebnicích zcela ignorováno.

A) Zatáčení proudnic a dostředivá síla

Uvažujme tekutinu proudící v zahnutém potrubí, neměnného průřezu, viz obrázek 4. Myšlený objemový element se pohybuje po kruhové trajektorii a musí tedy na něj působit dostředivá síla. Zdrojem silového působení je však pouze okolní tekutina a dostředivá síla bude mít správný směr pouze v případě, kdy směrem od středu bude narůstat tlak.

Při obtékání křídlového profilu se proudnice nad i pod křídlem stáčí stejným směrem. Tedy v obou případech směrem vzhůru (a dozadu) roste tlak. Představme si, že se zesponu přibližujeme ke křídlovému profilu. Začínáme v místě atmosférického tlaku, a jak se ke křídlu blížíme, tlak roste. Pod křídlem tedy musí být přetlak. Obdobně při vzdalování od horní plochy křídla směrem vzhůru tlak roste, ale ve větší vzdálenosti je tlak atmosférický. Nad křídlem tedy musí být podtlak. Rozdíl tlaků pod a nad křídlem je příčinou existence vztlakové síly.



Obrázek 4: Proudění tekutiny v zahnuté trubici.

B) Zatáčení proudnic a třetí Newtonův zákon

Druhý způsob je ještě jednodušší. Pokud křídlo stáčí proudnice vzduchu dolů, musí na vzduch působit silou směrem dolů. Tedy podle zákona akce a reakce působí vzduch na křídlo silou opačnou, tedy směrem vzhůru.

Pro existenci aerodynamického vztlaku je zcela podstatné, aby křídlo, případně jiný objekt, odklání proud vzduchu směrem dolů. Nebo jinak řečeno: Cokoliv, co odkloní proud vzduchu dolů, nebo prostě „fouká“ vzduch dolů, má vztlak. U nosného rotoru vrtulníku to všichni považujeme za samozřejmé a zcela stejné je to také u křídel ptáků nebo letadel.

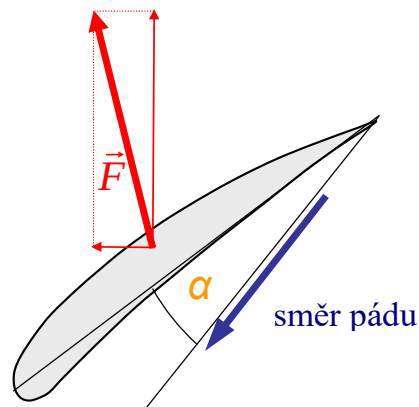
Ještě zbývá odpovědět na otázku: „A proč vlastně křídlo odklání proud vzduchu dolů?“ Při nenulovém úhlu náběhu křídla, nebo i rovné desky je jasné, že vzduch proudící pod křídlem je nucen stočit směr svého pohybu dolů. Ale nad křídlem to jasné není; proudnice by po dosažení nejvyššího bodu mohly dále postupovat vodorovně. Skutečnost, že proudnice sledují vyklenutý horní povrch křídla je tzv. Coandův jev, viz například [4]. Proudící sloupec vzduchu díky viskozitě strhává molekuly okolního vzduchu. Pokud vzduch proudí nad pevným povrchem, tak tímto strháváním vytváří podtlak a proud vzduchu je podtlakem nasáván k povrchu. Je-li povrch vyklenutý, tak se proudící vzduch snaží povrch sledovat, což odklání směr jeho pohybu tak, jak se děje nad křídlem.

Síla pro dopředný pohyb

Letouny zajišťují dopřednou sílu vrtulí nebo proudovým motorem. Pták/bezmotorový letoun má jen křídla, pomocí kterých musí získat nejen vztlak, ale i dopřednou sílu. Výslednice vztlakové a odporové síly míří při vodorovném letu svisle dozadu. Pro udržení vodorovného letu konstantní rychlostí je třeba, aby výslednice směřovala svisle vzhůru, a nebo dokonce byla skloněna dopředu

(např. pro překonání aerodynamického odporu trupu letadla/ptáka). Nejjednodušší způsob, jak to udělat je celý obrázek 3 sklonit. Dostaneme tak situaci z obr. 5. Reálně to znamená, že letec se skloněným křídlem trvale padá mírně šikmo dolů. A takto lze realizovat i velmi dlouhý let. Je totiž nutné padat vzhledem ke vzduchu a ve stoupavých vzdušných proudech může být vzhledem k zemi takový pád vodorovný nebo i stoupavý let.

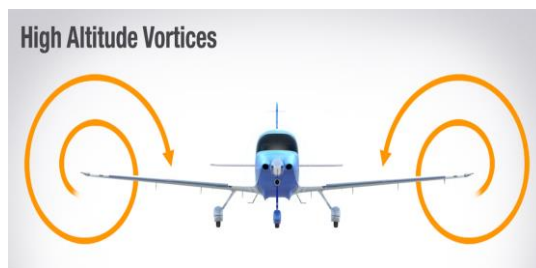
Druhý způsob je mávání křídel – nejběžnější let ptáka. Mávnutí dolů je vlastně krátký pád se skloněným křídlem. Vhodným nastavením úhlu náběhu je možné získat dopřednou složku síly i při pohybu křídla vzhůru.



Obrázek 5: Sklonění situace z obr. 3.

Indukovaný vír a V formace letu

Je známo, že stěhovaví ptáci při dlouhých letech zaujímají tzv. V formaci. Využívají tak tzv. indukovaných vírů, které vznikají na koncích křídel. Příčina vzniku těchto vírů je jednoduchá. Pod křídlem je přetlak a na nad křídlem podtlak. Vzduch spontánně proudí z míst většího tlaku do míst tlaku menšího, na koncích křídel se tak roztáčí vír odspodu křídla směrem vzhůru dle obr. 6. Vně křídla je oblast, kde ve víru vzduch stoupá a do té pozice se usadí další, vzadu letící pták. Stoupavý proud tak usnadňuje zadnímu ptáku let. Uvádí se, že let ve V formaci prodlužuje dolet až o 70%. Je zajímavé, že let ve V-formaci pomáhá i ptákovi, který letí vpředu. Působivé zobrazení indukovaných vírů lze nalézt zde [6].



Obrázek 6: Vznik indukovaného víru. Převzato z [5].

Se vznikem indukovaného víru je spojen tzv. indukovaný odpor, který zvyšuje celkový aerodynamický odpor při letu. Zadní pták ve V-formaci potlačuje vír předního ptáka a tím snižuje jeho letový odpor.

Indukovaný odpor je významným nežádoucím jevem i při letu letadel. Konstrukteři jeho efekt potlačují například zahnutím konců křídel, tzv. winglety, viz obrázek 7.



Obrázek 7: Winglety na koncích křídel.

Podobný význam mají u velkých plachticích ptáků dlouhá pera na koncích křídel, která se tlakem vzduchu při letu ohýbají nahoru, a tak potlačují indukovaný vír.

Let hmyzu

Let hmyzu je v mnohém odlišný od letu ptáků a nelze jej vysvětlit teoriemi vztlaku používanými pro ptáky a letadla. Dokonce i experimentálně určené hodnoty vztlaku na reálném **statickém** hmyzím křídle dávají jen asi třetinu potřebné hodnoty.

Let hmyzu se experimentálně i teoreticky začal detailně zkoumat až na konci minulého století a dodnes není plně pochopen. Podmínky pro let hmyzu se liší ve dvou zásadních skutečnostech:

1) **Hmyz je malý** a proudění tekutin při změně měřítka nezachovává podobnost. Charakter proudění je dán tzv. Reynoldsovým číslem R , které je definováno jako

$$R = \frac{Dv\rho}{\eta}$$

kde D je charakteristický rozměr (například velikost obtékaného tělesa), v rychlost proudění, ρ hustota a η dynamická viskozita.

Zmenšení rozměrů, respektive rychlosti obtékání, má tedy obdobný důsledek jako zvětšení viskozity tekutiny.

2) **Hmyz při relativně pomalém letu rychle mává křídly**. Například včela letící rychlostí 2,5m/s mává křídly s frekvencí 250Hz. Tedy při jedné periodě mávnutí urazí dráhu 1cm. To znamená, že při opětovném návratu křídla do některé polohy se vrací do místa, ve kterém je vzduch ještě rozvířen předchozím mávnutím. Navíc při rychlém pohybu křídel je proudění silně nestacionární, což přináší nové efekty. Naproti tomu obtékání křídla ptáka či letadla je možné považovat za stacionární a tito letci stále prolétávají „čerstvým“ vzduchem.

Detailní výklad fyziky hmyzího letu lze nalézt například zde [7].

Při letu hmyzu byly identifikovány tři významné mechanismy, které mění vztlak a které u větších letců nemají analogii.

A) Neodtržení víru od náběžné hrany

Při zvyšování úhlu náběhu křídla zprvu výrazně roste vztlak, avšak odpor se zvětšuje jen málo. Při jistém úhlu náběhu již proudnice přestanou sledovat horní vyklenutý povrch křídla a odtrhnou se za vzniku víru. Vztlak prudce klesá a odpor roste. Pro velká křídla k tomuto efektu dochází při poměrně malých úhlech, asi 10° - 15° a například pro letadlo je neodtržení proudnic havarijní stav.

Hmyz je schopen letět s mnohem většími úhly náběhu, až 45°, a takto získá větší vztlak. Při velmi krátkém mávnutí křídel nemá vznikající vír dost času, aby se odtrhnul od

křídla, ve tvořícím se víru vzduch stále nad křídlem zatáčí správným směrem, což zachovává potřebný vztlak.

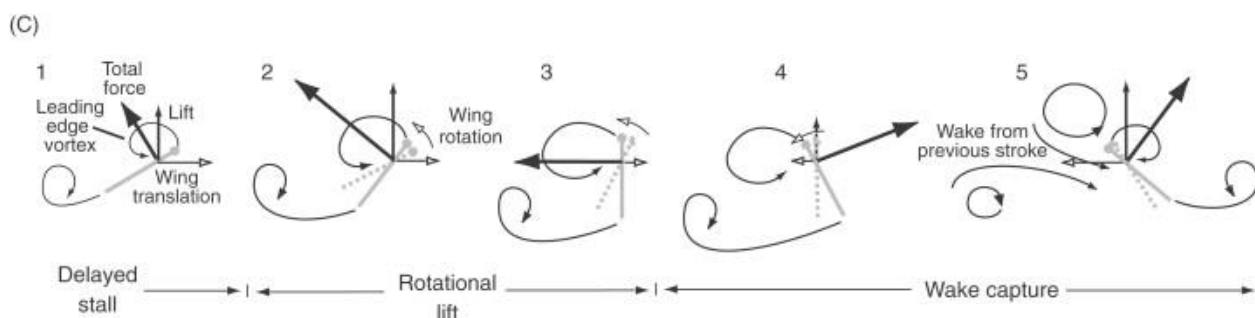
B) Vztlak jako důsledek rotace

Při mávání křídly „tam a zpět“ je nutné někde v blízkosti amplitudy křídlo otočit, aby i při zpětném pohybu mělo křídlo vhodný úhel náběhu. Z experimentálních měření na zvětšeném modelu křídla, které mávalo v oleji – prostředí s vyšší viskozitou, plyne, že vztlak je velmi závislý na fázovém posuvu mezi máváním a otáčením křídel. Pokud se křídla otáčí v předstihu před mávnutím, takže na počátku zpětného pohybu je otoční křídla prakticky ukončeno, výsledný vztlak se zvětší. Naopak při opožděném otočení je se vztlak snižuje. Malou změnou časování fázového posuvu tak lze dosáhnout významné změny vztlaku, což dává hmyzu možnost dobře manévrovat.

C) Využití energie předchozího víru

Díky rychlému mávání se křídla vrací do místa, ve kterém existují víry vzniklé při předchozím mávnutím. Proud vzduchu mezi víry podfukuje křídlo, a tak přispívá k většímu vztlaku.

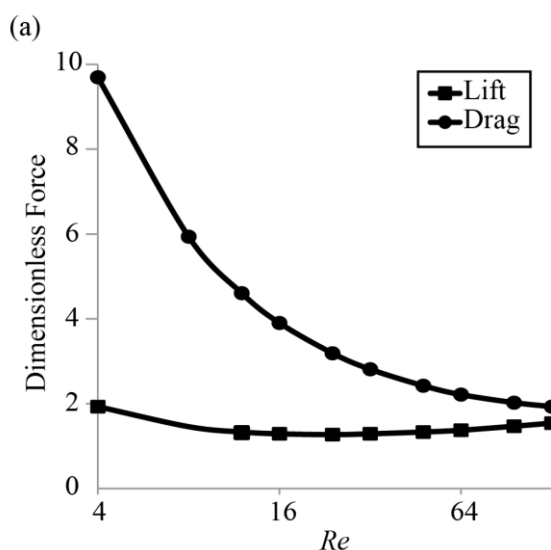
Všechny tři mechanismy jsou znázorněny na obr. 8.



Obrázek 8: Ilustrace tří hlavních mechanismů zvýšení vztlaku 1 Neodtržení vírů náběžné a odtokové hrany (Delayed stall), 2 Změna vztlaku způsobená rotací křídla (Rotational lift), 3 Podfouknutí křídla z předchozího mávnutí (Wake capture). Převzato z [8].

Nejmenší letci

Pro zcela nejmenší letce – hmyz s rozpětím křídel řádu desetin milimetru – je situace zcela odlišná. Pro velmi malá Reynoldsova čísla koeficient odporu prudce roste, zatímco koeficient vztlaku zůstává v podstatě konstantní, viz obrázek [9]. Výhodnější je tedy využívat odporové síly namísto vztlakové. Pohyb křídel těchto letců připomíná veslování, kdy se při pohybu dolů křídlo nastaví naplocho, zatímco při zpětném pohybu je plocha křídla tečná k rychlosti. Pro tento způsob letu není potřeba, aby křídlo tvořilo aerodynamickou plochu podobnou blanitým křídlovům větších druhů hmyzu. Křídla tvoří trásně či brvy, což dalo název řádu trásnokřídlí nebo čeledi brvuškovití. Srovnání způsobu letu hmyzu s různými Reynoldsovými křídly lze nalézt například v [9].



Obr. 9: Závislost vztlakové (lift) a odporové (drag) síly na Reynoldsově čísle. Převzato z [10].

Závěr

Aerodynamika její aplikace v živé přírodě a technice jsou zajímavým a atraktivním tématem, které může přiblížit výuku fyziky reálnému životu. Ukazuje se, že vznik vztlaku na křídlovém profilu lze vysvětlit pouze na základě Newtonových pohybových zákonů a není třeba obvyklé argumentace využívající Bernoulliovu rovnici. Výklad je zcela přímočarý a nesporný, prostý slabých míst, která lze nalézt ve standardním učebnicovém postupu.

Dynamika viskózní tekutiny je velmi obtížná část fyziky, přesto lze některé její důsledky při popisu letu ptáků, hmyzu i těch nejmenších letců elementarizovat na středoškolskou úroveň.

Příloha: Bernoulliho rovnice a její použití

Jednoduchým důsledkem Bernoulliho rovnice je fakt, že v místech s vyšší rychlostí proudění je nižší tlak. Tento závěr však neplatí zcela obecně a nelze říci, že v místě s větší rychlostí proudění je vždy menší tlak. Tvzení platí, pokud posuzujeme situaci na jediné proudnici, případně pokud srovnávané proudnice vycházejí ze stejných počátečních podmínek.

Interpretujeme-li Bernoulliho rovnici jako zákon zachování mechanické energie pro nestlačitelnou tekutinu, můžeme ji použít jen tehdy, pokud se energie skutečně zachovává. Bohužel ne vždy se toto respektuje a často můžeme najít případy, kdy se oblíbené a známé experimenty s proudící tekutinou vysvětlují chybně.

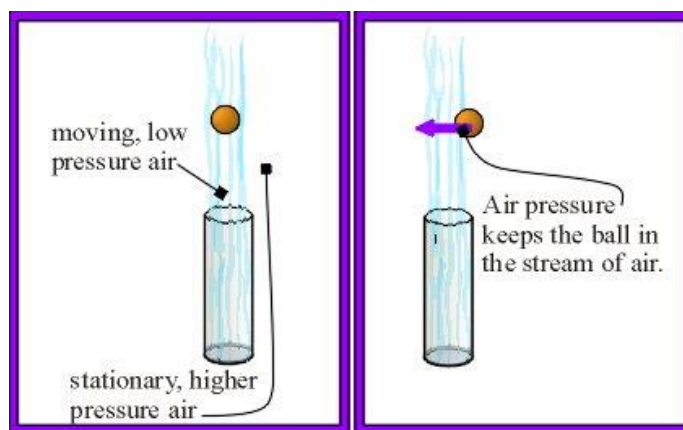
Jako jeden příklad ze všech si vyložíme experiment s míčkem levitujícím ve stoupavém proudu vzduchu (V anglických textech je tento pokus nazýván „Bernoulli ball“).

Častý výklad argumentuje Bernoulliho rovnicí tak, že v okolním klidném vzduchu je vyšší tlak, než ve vzdušném proudu. Při vychýlení z proudu vzduchu je okolním vyšším tlakem míček vrácen zpět do nízkotlaké oblasti, viz obrázek 10.

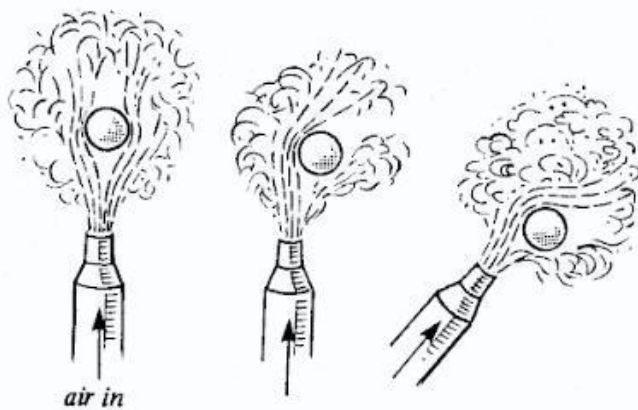
Zde však nemůžeme srovnávat stav okolního klidného vzduchu se stavem vzduchu proudícího. Vzdušný proud byl urychlen dmychadlem a jeho celková energie (vztažená na objemovou jednotku) je vyšší, než energie vzduchu okolního. Ve skutečnosti je tlak uvnitř proudu stejný, jako v okolí, což lze velmi snadno ověřit jednoduchým experimentem s U trubicí.

Pro správné vysvětlení je nutné uvážit asymetrii obtékání míčku, která nastává při relativně úzkém svazku proudícího vzduchu, viz obrázek 11. Budeme komentovat situaci na prostřední části obrázku 11.

Při vychýlení míčku ze vzdušného proudu obtéká vzduch asymetricky. Na straně, kde proud vzduchu naráží na míček více tečně, tedy vlevo, se proudnicím díky Coandově efektu daří déle sledovat



Obr. 10: Ilustrace chybného výkladu levitujícího míčku. Převzato z [11].



Obr. 11: K výkladu levitujícího míčku. Převzato z [12].

zakřivený povrch míčku, což v konečném důsledku vede k vychýlení vzdušného proudu doprava. Míček tedy svou přítomností vychýlil proud vzduchu doprava, na vzduch působil silou směrem vpravo. Podle zákona akce a reakce vzduch působí na míček silou mířící vlevo, což míček vrátí zpět do vzdušného proudu. Obdobně bychom argumentovali i v případě skloněného proudu vzduchu, na obrázku 11 napravo.

Literatura

- [1] Bednařík M. a kol., *Mechanika pro gymnázia*, Prometheus Praha, 1993.
- [2] <https://www.youtube.com/watch?v=iwA-pD96vxI>.
- [3] <https://www.youtube.com/watch?v=6UlsArvbTeo>.
- [4] <https://www.youtube.com/watch?v=AvLwqRCbGKY>.
- [5] <https://www.boldmethod.com/blog/lists/2017/02/5-factors-that-affect-vortex-strength/>
- [6] <https://www.youtube.com/watch?v=22wcTz4VMJg> (od času 2:20).
- [7] Sane S.: *The aerodynamics of insect flight*, Journal of Experimental Biology 206, 4191-4208, 2004, ke stažení na https://www.researchgate.net/publication/9037046_The_aerodynamics_of_insect_flight/link/572f5f1d08aee022975b691f/download.
- [8] <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374144-8.00109-0>.
- [9] <https://www.youtube.com/watch?v=nXOd0mE0s3c>.
- [10] Santhanakrishnan A. et al., *Flow Structure and Force Generation on Flapping Wings at Low Reynolds Numbers Relevant to the Flight of Tiny Insects*, Fluids, 3(3), 45, 2018
- [11] <https://demos.smu.ca/index.php/demos/fluid-mechanics/94-bernoulli-floating-ball>
- [12] <https://sites.google.com/site/hsa2013ana96/my-pbl-project>

Kapilární deprese ve výuce fyziky

LEONTÝNA BŘÍZOVÁ

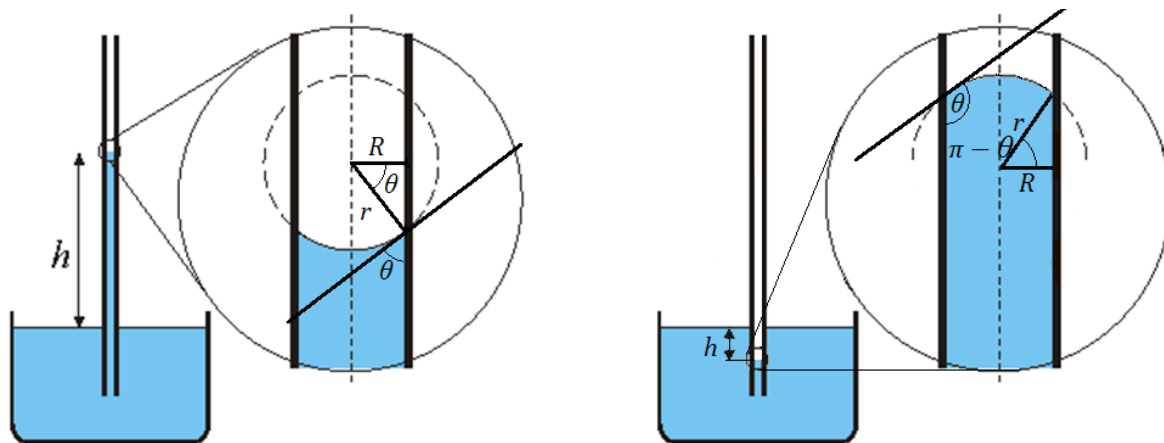
Přírodovědecká fakulta Univerzity Hradec Králové

Pokusy v oblasti kapilárních jevů jsou pro žáky základních i středních škol velmi poutavé. Zatímco na kapilární elevaci je známo množství rozličných experimentů, na kapilární depresi je velmi obtížné v literatuře nějaký experiment najít (např. pokusy se rtutí jsou ve školách zakázány a není tedy možné je provádět). V příspěvku bude představen jednoduchý způsob provedení experimentu s využitím impregnace na textil.

Kapilarita

Pokud úzkou trubičku a malém vnitřním průměru, tzv. kapiláru vnoříme do kapaliny v širší nádobě, mohou nastat dva jevy v závislosti na druhu kapaliny a materiálu kapiláry.

Prvním jevem je **kapilární elevace**, u které můžeme pozorovat, že kapalina oproti okolní hladině v kapiláře vystoupí výše a vytvoří dutý vrchlík (viz obr. 1). Je to důsledek existence kapilárního tlaku, kdy těsně pod dutým povrchem je vnitřní tlak menší než pod rovným povrchem v okolí kapiláry. Nastává v případě, že se jedná o kapalinu, která látku, ze které je kapilára smáčí. Druhý jev, který může nastat se nazývá **kapilární deprese**, kdy pozorujeme, že kapalina v kapiláře je níže než okolní hladina a tvoří vypuklý vrchlík (viz obr. 1). Jev nastává v případě, že kapalina stěny nádoby nesmáčí.



Obrázek 1 - Kapilární elevace a kapilární deprese.

Kapilární elevace

Jak již bylo řečeno v úvodu na jev kapilární elevace existuje množství experimentů. Jako příklad je možno uvést vznik hyperbolické křivky při ponoření dvojice skleněných destiček do petriho misky s vodou. Když k sobě destičky přiblížíme tak, že v půdorysu vytvoří písmeno „v“, budeme pozorovat, že voda po destičce „šplhá“ a tvoří křivku.

Protože ke kapilární elevaci dochází při styku např. vody a skla, lihu a skla, či rtuti a mědi, můžeme tento jev pozorovat i tehdy, když úzkou kapiláru např. ze skla ponoříme např. do vody. Následného vztlínání kapaliny využívají rostliny, které jsou tak schopny dostat vodu z půdy až do stonku a listů.

Kapilární deprese

Objevit v literatuře nebo na internetu experimenty na kapilární depresi je složitější. Uvádí se, že jev by měl být pozorován při styku rtuti a skla. Rtuť ovšem není možné ve výuce používat, protože jsou její výpary jedovaté a mohli by tak negativně ovlivnit zdraví žáků. Je samozřejmě možné experiment se rtutí provádět frontálně a záznam promítat na plátno, nebo si nádobku se rtutí utěsnit tak, aby výpary neunikaly. Tento experiment se rtutí je popsán např. v [1], kde jako kapiláru používají úzkou pipetu.

Další možností, jak experiment provést, je pozměnit nějakým způsobem vlastnosti skla tak, aby ho voda nesmáčela. To je možné například použitím hydrofobního spreje, který se běžně používá pro impregnaci bot, či oblečení, či použitím hydrofobního nástřiku, viz [2]. V popisovaném případě byl použit superhydrofobní voduodpuzející sprej NonWater [3], který je možné použít jako impregnaci na obuv, či textil. Impregnace byla nanášena na průhledné plastové brčko. Je lepší brčko impregnovat z obou stran, aby byla kapilární deprese více patrná. Po vnoření brčka do nádoby s vodou můžeme pozorovat kapilární depresi, viz obr. 2.



Obrázek 2 - Kapilární deprese vody na naimpregnovaném povrchu.

Z obrázku můžeme odečíst hodnotu stykového úhlu, která je pro daný případ rovna $121,25^\circ$, vzdálenost hladiny v brčku a v nádobce, která je 4,6 mm a průměr brčka, ten je 3,85 mm. Z naměřených hodnot můžeme vypočítat povrchové napětí vody při styku s plastovým brčkem, které je pokryté impregnací.

Uvažujeme, že hladina v brčku se ustálí v takové výšce, kdy je hydrostatický tlak v rovnováze s tlakem kapilárním. Pro reálnou kapalinu tedy platí:

$$h\rho g = \frac{2\sigma \cos \theta}{R},$$

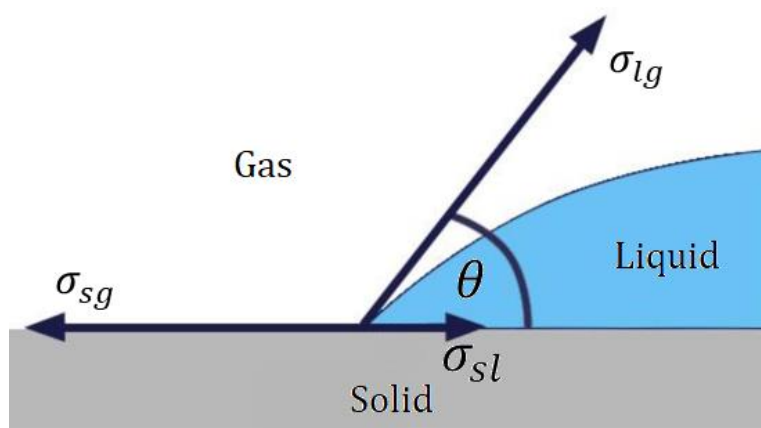
kde σ je povrchové napětí kapaliny při dané teplotě, R je poloměr brčka, θ je stykový úhel, ρ je hustota kapaliny a g je tíhové zrychlení.

Po vyjádření σ získáme:

$$\sigma = \frac{h\rho g R}{2 \cos \theta}.$$

Po číselném dosazení vychází pro povrchové napětí vody přibližná hodnota $83 \text{ mN} \cdot \text{m}^{-1}$.

Problematika povrchových napětí je však daleko obsáhlejší. Je nutné uvažovat nejen povrchové napětí samotné kapaliny na vzduchu, ale i povrchová napětí na rozhraní pevné látky a vzduchu a pevné látky a kapaliny, viz obr. 3. O tom, zda kapalina smáčí, či nesmáčí daný povrch rozhoduje poloha vektoru povrchového napětí mezi kapalinou a vzduchem. V případě, že kapalina daný povrch smáčí, můžeme sestavit rovnici $\sigma_{sg} = \sigma_{sl} + \sigma_{lg} \cos \theta$, viz obr. 3. Jestliže kapalina povrch nesmáčí, můžeme napsat, že $\sigma_{sl} = \sigma_{sg} + \sigma_{lg} \cos \theta$. Povrchové napětí σ_{lg} je pro vodu v obou případech stejné, hodnota je stále tabulkových $73 \text{ mN} \cdot \text{m}^{-1}$. O velikosti σ_{sg} , σ_{sl} však nelze rozhodnout jednoznačně, proto se ukazuje jako zdaleka nejlepším ukazatelem smáčení či nesmáčení velikost stykového úhlu.



Obrázek 3 - Povrchové napětí kapaliny, která pevnou látku smáčí.

Literatura

- [1] Kapilární deprese se rtutí
<http://fyzikalnipokusy.cz/2154/kapilarni-elevace-a-deprese>
- [2] Koudelková V.: *Když máte dost peněz....* In: Sborník konference Veletrh nápadů učitelů fyziky 22. Ed.: Holubová E. Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého, Olomouc 2017. s. 189-193.
- [3] Superhydrofobní sprej NonWater
<https://nonwater-cz.com/>

Využití metody oční kamery ve vzdělávání ve fyzice

MARTINA KEKULE*, VERONIKA BURDOVÁ⁺, JIŘÍ TESAŘ⁺

*Katedra didaktiky fyziky, MFF UK, Praha

⁺Katedra aplikované fyziky a techniky PF JU, České Budějovice

Článek představuje možnosti využití oční kamery ve výzkumu ve fyzikálním vzdělávání. Uvádí jednak přehled možných typů výzkumů a přibližuje základní výstupy a vizualizaci dat, které použitím oční kamery získáme. V současné době se tato metoda začíná větší měrou využívat jako výzkumná metoda i v oblasti přírodovědného vzdělávání. Například v rámci společnosti ESERA [1] vzniká i speciální pracovní skupina pro tuto metodu. Může tedy být pro učitele fyziky užitečné základně se seznámit s principy fungování této metody.

1 Základní parametry metody

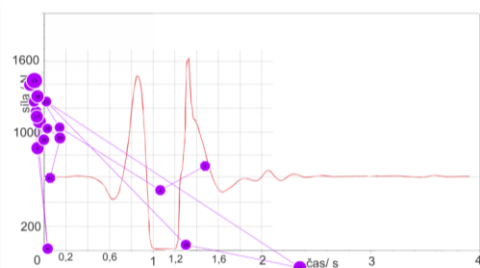
Metodu oční kamery můžeme použít ve dvou základních nastaveních. Buďto jako brýle, které nahrávají video prostoru, na který zaměřujeme pozornost, a přitom sledují, kam se díváme. Nebo jako pevně stojící zařízení před obrazovkou počítače, které zjišťuje, kam se díváme při sledování textu, obrázku, videa, webových stránek, apod. na dané obrazovce.

Výstupem, který z kamery dostaneme, je pozice středu očí v daném čase a průměr pupily. Pokud nás nějaký objekt zaujme, typicky se na toto místo musíme dívat alespoň 50 ms, abychom mohli zavnímat, o jaký objekt se jedná [2]. Tato událost se nazývá fixace, rychlý přesun na další fixované místo se pak nazývá sakáda. Z dat získaných oční kamerou tedy musíme vhodným algoritmem určit, které z pozic očí náležejí fixaci a které sakádě. Jelikož se jedná o děje řádově trvající desítky a stovky milisekund, je důležitým parametrem kamery frekvence snímání pozice očí. Nižší frekvence znamená větší chybu při určení doby trvání fixace; v případě příliš malé frekvence (pod 50 Hz) je možné, že přímo nějakou fixaci nezaznameneáme.

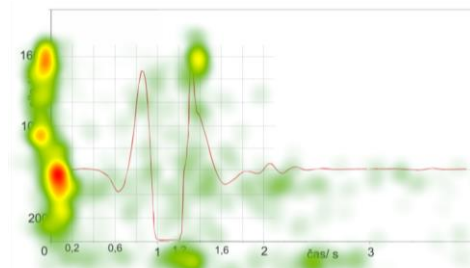
Přesnost přístroje s jakou určí danou polohu je typicky udávána výrobcem. Pro výslednou interpretaci dat je nutné brát v úvahu i limity našeho vizuálního a kognitivního aparátu. Jednak osoba sedící například ve vzdálenosti 65 cm od obrazovky bude vnímat velmi ostře i okolí o průměru 1,5 cm od zaznamenané pozice očí. A zejména experti jsou dobře schopni vnímat/odhadovat i méně ostré okolí, což je opět třeba brát v úvahu při interpretaci dat. Více o principu a technických parametrech metody je možné se v češtině pro oblast fyzikálního vzdělávání dočíst například v článku [3], [4].

2 Vizualizace dat

Nejběžnější vizualizací získaných dat je tzv. gaze plot a mapa pozornosti (viz Obrázky 1 a 2). Gaze plot je vhodný pro zobrazení dat jednoho účastníka. Naopak mapa pozornosti dobře zobrazuje souhrnná data pro skupinu účastníků. Může být založena jednak na době trvání fixací, ale užívá se také zobrazení založené na počtu fixací.



Obrázek 1 - Tzv. gaze plot. Zobrazení fixací a sakád pro jednoho žáka při pohledu na graf. Větší kruh znázorňuje delší fixaci. Sakády jsou znázorněny jednoduchou čarou.

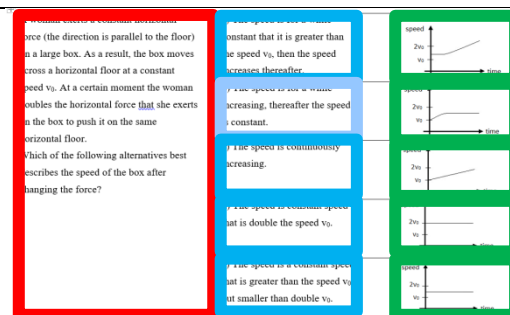


Obrázek 2- Tzv. mapa pozornosti. Oblast s největším soustředěním pozornosti je zde vyznačena červeně.

3 Příklady možných typů výzkumů

Témat a oblastí, které je možné zkoumat pomocí pevně stojící kamery, je ve fyzikálním vzdělávání celá řada. První výzkumy se zaměřily zejména na řešení úloh s výběrem odpovědi/ testů, a to zejména z mechaniky [3]. V tomto případě se typicky úloha rozdělí na tzv. oblasti zájmu (anglicky area of interest, AOI viz Obrázek 3) a zajímají nás rozdíly v zaměření pozornosti (například celková doba strávená prohlížením oblasti, celková doba trvání fixací na oblast, čas do první návštěvy oblasti, apod.) na jednotlivé oblasti mezi různými skupinami žáků (například ti, co vyřešili

úlohu správně versus ti, co ji vyřešili špatně). Zaměření pozornosti ale není zdaleka jediným parametrem, který nás může zajímat. Větší vhléd do porozumění žakovským strategiím při řešení těchto úloh může poskytnout například sledování zaměření v čase a nebo tzv. tranzity mezi danými oblastmi [5]. Dále je možné se zabývat procesy interpretace grafů, schémat, náčrtů, jejichž použití je zejména v přírodních vědách velmi oblíbené a užitečné.



Obrázek 3 - Rozdělení úlohy s výběrem odpovědi na tzv. oblasti zájmu (area of interest, AOI). Tyto oblasti zájmu tvoří zadání úlohy (červeně) a nabízené možnosti – v textové formě (modře) a formou grafu (zeleně).

Učení se z učebnice, nebo dalších výukových materiálů, které kombinují text a další doprovodný vizuální materiál, může být také velmi dobře zaznamenáno oční kamerou. Pro detailnější čtení viz například [11] a [12]. Dalším vizuálně bohatým materiálem, který se často ve výuce používá, je myšlenková mapa. Realizace výzkumu, který proběhl na KAFT PF JU, s cílem sledovat procesy žáků při prohlížení těchto map, je uvedena podrobněji.

Myšlenkové mapy a oční kamera

Hlavním záměrem myšlenkových map je rozvoj asociací a představivosti u žáků. Tato myšlenka vychází z činnosti lidského mozku umožňuje současné propojení obou hemisfér. Při učení většinou žáci používají levou hemisféru [6]. Tu používají např. při práci se slovy, u logiky, u čísel, ap. Naopak pravou uplatní např. při rytmu, představivosti, snění a barvách. Myšlenkové mapy vytvářejí nové synapse, které žáci

využijí při zpětném vybavení. Tony Buzan udává např. následující příklad: „Zavřete oči a popište svůj dům. Před očima se nám nezobrazí slova, ale obraz.“ [6] Žáky mohou vést ke kreativitě a hlubšímu propojení získaných vědomostí, naopak je nevedou k „encyklopedismu“. Při studiu, procházení a vytváření map musí přemýšlet u pojmů i nad jejich vztahy a souvislostmi.

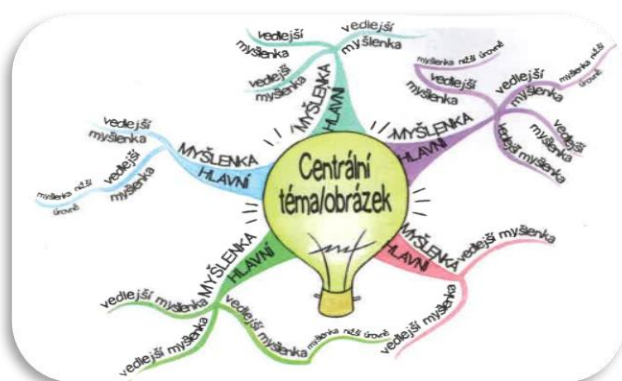
Tato metoda vznikla již v období antiky, nalezneme ji u mnohých filosofů. Používal jí například sir. Isaac Newton, nebo Leonardo da Vinci Obrázek 4. Ve světě



Obrázek 4 - Myšlenková mapa Leonarda da Vinciho

mapy „znovuobjevil“ a stal se jejich průkopníkem a velkým propagátorem Tony Buzan, který sepráci s nimi věnuje přes 30 let. Tuto metodu řadí mezi efektivní způsoby výuky, které pomohly mnoha žákům a studentům po celém světě [6, 7,8]. V průběhu let vymyslel základní pravidla, jejichž dodržování pomáhá žákům v lepší orientaci v myšlenkových mapách. Z mnoha výzkumů vyplývá i jejich vliv na zvýšení motivace v daném předmětu [7]. Ve světě se myšlenkové

mapy staly běžnou součástí výuky, v naší republice zatím tak hojně používány nejsou [9]. Dobrá mapa by měla vypadat podle Obrázku 5. Při její tvorbě se dá použít pomocné schéma na Obrázku 6. Doporučuje se větev zakončit nějakým obrázkem.



Obrázek č. 5 a 6 - základní a pomocné schéma MP upraveno a převzato [8]

Myšlenkové mapy a oční kamera: realizace výzkumu

Při náhodném používání myšlenkových map během pedagogické praxe studentů učitelství fyziky jsme zjistili, že žáci s nimi neumí pracovat a tudíž jim nerozumí. Rozhodli jsme se této metodě věnovat a vytvořit metodiku jejich didaktického začlenění do výuky, která by žákům pomohla. Jednou z možností jak lépe pochopit myšlenkové procesy žáků při práci s myšlenkovými mapami je záznam sledování jednotlivých prvků mapy pomocí oční kamery. Z jejího záznamu získáme přehled o pohybu očí a z toho plynoucího způsobu zpracování informací. Vzniká možnost nahlédnout „**do procesu žákova myšlení**“ a **možnost zpětné vazby**. Použili jsme vybrané mapy vytvořené na KAFT PF JU. Popis některých map nalezneme např. [10]

Pro ověření navržené metodiky byli vybráni tři žáci s různými školními výsledky. Žáci pracovali se 4 myšlenkovými mapami. Ve škole se s nimi již někdy setkali, ale pouze v humanitních předmětech a nikdy nedostali návod, jak s nimi pracovat. Na základě této

skutečnosti jsme zvolili výzkumnou metodu strukturovaného rozhovoru s žáky doplněnou o metodu oční kamery.

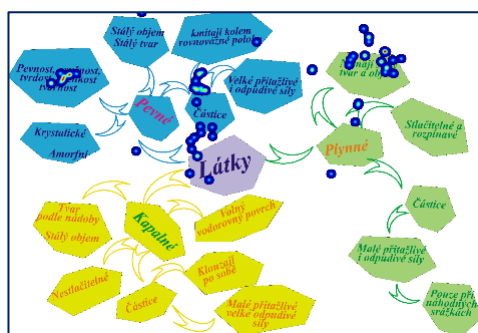
V prvním úkolu četli žáci mapu bez předchozích instrukcí, jak s ní pracovat. Toto čtení bylo nahráváno oční kamerou. Poté s nimi byl proveden strukturovaný rozhovor a následně jim byly vysvětleny principy čtení myšlenkových map. Po tomto vysvětlení opět pracovali s mapami a opět bylo jejich prohlížení zaznamenáno kamerou. Čas prohlížení byl u méně obsáhlé mapy 2 minuty a u ostatních 4 - 6 minut.

Předpokládali jsme, že po instruování žáků bude vidět z přístupu respondentů změna ve čtení dané mapy. Začínat budou centrálním pojmem a poté budou pokračovat po šipkách. Po každé mapě následoval rozhovor, ve kterém byl rozebírán pohled respondenta na danou myšlenkovou mapu, tj. přehlednost, srozumitelnost, obsah a možné doporučení k vylepšení. Respondenti byli požádáni, aby si zkusili mapu vybavit a popsat. Nakonec byli požádáni, aby si jednu mapu vybrali a z paměti ji zkusili nakreslit.

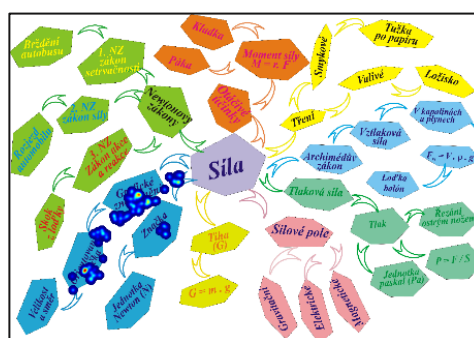
Ilustrativní vybrané výsledky výzkumu

Respondenty práce bavila a přišla jim zajímavá. Mapy se jim líbily a dokázali je zpětně reprodukovat. Velmi zajímavé bylo následné spuštění záznamu oční kamery, kde respondenti viděli průběh očního sledování pojmů. Největším překvapením pro ně byl rozdíl při prohlížení záznamu pohybu očí před vysvětlením, jak pracovat s mapami – Obrázek 7, a poté co jim bylo čtení mapy vysvětleno – Obrázek 8. Zde je patrné, že v případě po instruktaži, žák při prohlížení postupuje od centrálního pojmu podél jedné větve.

Z rozhovoru s nimi plyne, že porozuměli souvislostem a mapa už pro ně nebyla nepochopitelná „skrumáž“ obrázků a popisků, jak to komentovala jedna z respondentek. U map se jim líbila jejich barevnost, přišly jim srozumitelné, nejoblíbenější byla mapa o síle. Mapy je zaujaly a chtěli by s nimi více pracovat. Překvapilo je, že si i po krátkém prohlížení dokáží vybavit jejich obsah. Posun v pochopení a zapamatování byl zřetelný u všech respondentů.



Obrázek 7 - Čtení před instrukcemi



Obrázek 8 - Čtení po instrukcích

Shrnutí

Metoda oční kamery může být užitečná i ve výzkumu v oblasti fyzikálního vzdělávání, kde nám umožňuje sledování pohybu očí žáků při řešení úloh, čtení učebního textu, prohlížení grafů, obrázků nebo například myšlenkových map, více nahlédnout do myšlenkových procesů žáků. Použití metody je časově náročné, proto se zatím setkáváme především s menším počtem respondentů a zejména kvalitativním rozbořem získaných záznamů.

Literatura

- [1] ESERA, *European Science Education Research Association*. Dostupné on-line: <https://www.esera.org/> [cit. 2. 9. 2019]
- [2] LUKAVSKÝ, Jiří. *Sledování očních pohybů*. [Bakalářská práce]. MFF UK, Praha, 2005.
- [3] KEKULE, Martina. Výzkum pomocí oční kamery ve fyzikálním vzdělávání *Scientia in educatione* 5(2), 2014, ISSN 1804-7106. 58–73.
- [4] ŠMIDEKOVÁ, Zuzana. Eye-tracking v prostředí školské třídy, *Pedagogika*, 68 (1), 25–50, 2018.
- [5] VIIRI, J., KILPELÄINEN, J., KEKULE, M., OHNO, E., HAUTALA, J. Eye movement study of mechanics problem solving using multimodal options, *abstract in GIREP 2018 conference, 9th - 13th July 2018*. San Sebastian, Spain.
- [6] BUZAN, Tony a Barry BUZAN. *Myšlenkové mapy: probud'te svou kreativitu, zlepšete svou paměť, změňte svůj život*. 2. vyd. Brno: BizBooks, 2012. ISBN 978-80-265-0030-8.
- [7] BUZAN, Tony a Jo Godfrey WOOD. *Myšlenkové mapy pro děti: efektivní učení*. Brno: BizBooks, 2014. ISBN 978-80-265-0263-0.
- [8] BUZAN, Tony a Susanna ABBOTT. *Myšlenkové mapy pro děti: využijte svou paměť a koncentraci na maximum*. Brno: BizBooks, 2015. ISBN 978-80-265-0434-4.
- [9] MEŠKAN, Václav. *Didaktické aspekty rozvoje kreativity ve výuce fyziky na základní škole*. Plzeň: Fakulta pedagogická Západočeské univerzity v Plzni, 2013. Disertační práce obhájená dne 22. 10. 2013.
- [10] TESAŘ, Jiří a František JÁCHHYM. Moderní technologie při výuce fyziky z pohledu žáků. In: *Veletrh nápadů učitelů fyziky 23*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2018, s. 7. ISBN 978-80-7394-719-4.
- [11] KEKULE, Martina. Dřepování na plošném siloměru a čtení zaznamenaného grafu žáky sledované oční kamerou In *Veletrh nápadů učitelů fyziky 22*, 153-159, ISBN 978-80-244-5226-5, 2017.
- [12] KEKULE, Martina, KREJČÍ Alžběta. Žákovské čtení textu z učebnice sledované oční kamerou a role otázek při porozumění tomuto textu In *Moderní trendy v přípravě učitelů fyziky 2019*, Kašperské Hory, v tisku.

Další nápady z Malé Hraštic: odpuzování magnetů

LEOŠ DVOŘÁK

Katedra didaktiky fyziky, MFF UK, Praha

Abstrakt

Příspěvek prezentuje několik pokusů s jednoduchými pomůckami pro měření síly mezi malými magnety. Sílu měříme pomocí levných digitálních vah, torzních vah nebo pomocí vahadla. Měření torzními vahami přitom může sloužit jako analogie Cavendishova pokusu či Coulombova měření síly mezi náboji; historickou analogii má i měření pomocí vahadla. V popsáných měřeních nejde o velké demonstrační pokusy, ale o ukázkou, jak lze pomocí vlastnoručně vyrobených pomůcek změřit i malé síly (řádu desítek μN), na které běžné digitální vážky vůbec nereagují.

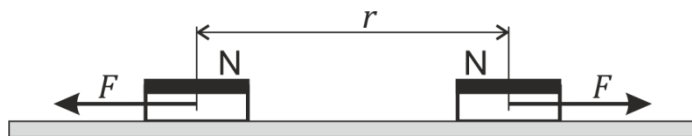
Úvod

Námět na níže popsání měření vznikl na jarním soustředění pro budoucí učitele fyziky (viz [1] ev. [2] a další odkazy tam uvedené). Hlavní téma letošního odborného programu bylo „Vzájemné působení“. Odpuzování magnetů je hezkým problémem, který se nabízel k experimentování. Mimo jiné i proto, že na workshopu na letošní konferenci Elixíru do škol jsme experimentovali s „levitující tužkou“, která je postavena na právě na odpuzování magnetů – viz obr. 1 a příspěvek [3].



Obr. 1 - Odpuzování magnetů využité pro levitaci tužky (převzato z [3]).

Že se magnety odpuzují, si samozřejmě všimneme i v jednodušších pokusech, například když je položíme vedle sebe na stůl stejnými póly nahoru, viz obr. 2.



Obr. 2 - Magnety v tomto uspořádání, např. položené na stole, se odpuzují.

Ze zkušenosti víme, že když jsou magnety blíže k sobě, odpuzují se silněji. Ale jak moc silněji? Jinak řečeno: **Jak odpuzování magnetů závisí na vzdálenosti?**

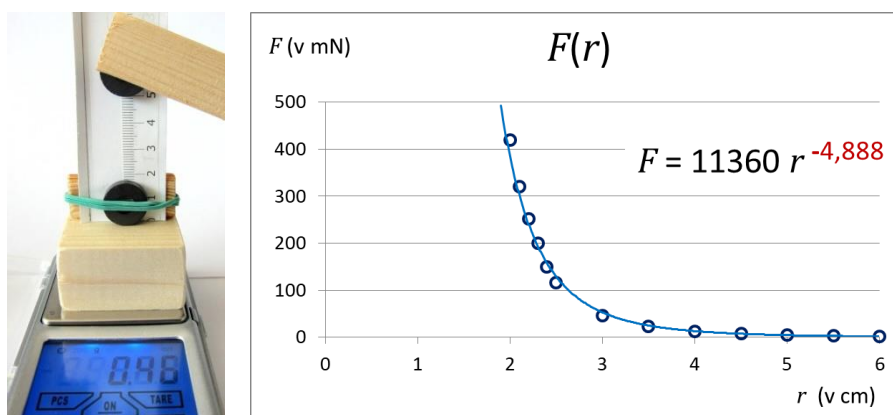
Teoreticky se dá síla mezi magnety odvodit, když jsou magnety velmi malé, takže je můžeme brát jako elementární dipóly. Síla v tomto případě klesá se čtvrtou mocninou vzdálenosti:

$$F \sim 1/r^4. \quad (1)$$

Teoretické odvození lze najít ve VŠ učebnicích, většinou pro případ elektrických dipólů, viz např. [4], zde se jím blíže nebudeme zabývat. Místo toho si zkusíme jednoduchými pokusy prověřit, zde vztah (1) platí, a jak velké síly mezi magnety opravdu jsou.

Měření malými digitálními vahami

Malé digitální vážky lze dnes koupit levně (za několik set korun) a ve školních pokusech už bývají používány, viz např. [2]. Citlivější typy mají rozlišení 0,01 g, což odpovídá síle 0,1 mN. Příklad, jak je lze využít pro měření síly mezi magnety, a naměřené výsledky ukazuje obr. 3.



Obr. 3 - Příklad uspořádání měření síly digitálními vážkami a naměřené výsledky

V našem případě byla měřena síla mezi feritovými magnety ve tvaru prstence s vnějším průměrem 17 mm, vnitřním průměrem 7,5 mm a výškou 5 mm; šlo o stejné magnety jako ty v „levitující tužce“. Jak vidno i z obrázku, při vzdálenosti os magnetů 5 cm ukázaly vážky 0,46 g, takže síla je asi 4,6 mN. (To je v dobré shodě s teoretickou hodnotou, která vychází z vlastností magnetů, příslušný výpočet pro elementární dipóly dává asi 4,8 mN.)

Bohužel praktický experiment ukáže, že s levnými digitálními vážkami nemůžeme měřit sílu ve větších vzdálenostech – při malých silách odpovídajících závaží pod asi 0,1 až 0,2 g se vážky často jakoby „zasekávají“ a neměří přesně. Reálně s danými magnety šlo měřit do vzdálenosti asi 6 cm.

Druhý problém ukazuje graf na obr. 3: Když Excel naměřenými daty proložil mocninnou závislost, výsledek vypadá, jako by síla mezi magnety klesala spíše s *pátou* mocninou vzdálenosti, a ne se čtvrtou, jak předpovídá teorie.

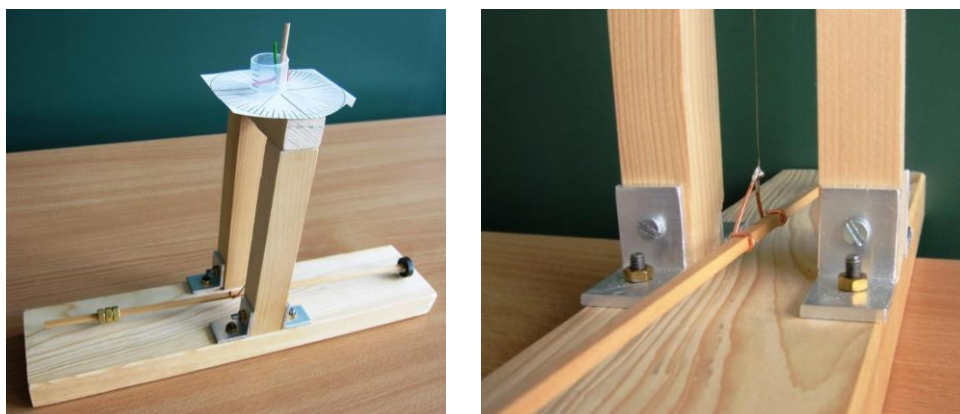
Toto zdánlivě podivné chování se ale dá pochopit. Závislost (1) platí pro elementární dipóly, v praxi tedy tehdy, když jsou rozměry magnetů mnohem menší než jejich vzdálenost. To při měření podle obr. 3, kdy se vzdálenost os magnetů blížila i dvěma centimetrům, není splněno. Bylo by proto zajímavé jít do větších vzdáleností. Pro ně už

ale jsou levné digitální váhy málo citlivé. Potřebujeme přístroj, který bude schopen měřit podstatně menší síly.

Měření torzními vahami (vlastní konstrukce)

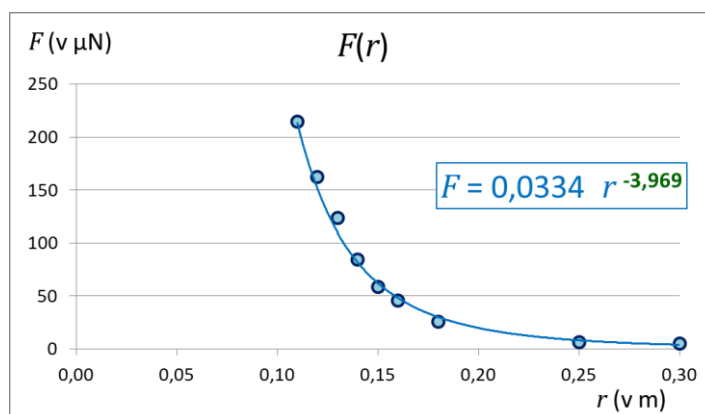
Inspirovat nás mohou historické pokusy: Cavendishovo měření přitahování olověných koulí a Coulombovo měření síly mezi elektrickými náboji. V obou těchto měřeních se používaly torzní váhy. V nich je rameno vah zavěšeno na tenkém vlákně. Ke zkroucení vlákna, a tedy k pozorovatelné výchylce ramena, stačí velmi malý moment sil, tedy velmi malá síla na konci ramene.

Torzní váhy si lze vyrobit vlastnoručně. Obr. 4 ukazuje jednu možnou konstrukci.



Obr. 4 - Jednoduché torzní váhy vlastní konstrukce.

Vláknem je měděný drátek vytažený z tenkého měděného lanka, průměr drátku byl 0,15 mm, jeho drátku o něco více než 10 cm. (Tato konstrukce byla udělána, aby bylo možno torzní váhy převážet, tedy aby výsledná pomůcka byla dostatečně robustní. Pokusy lze ovšem dělat i s výrazně jednoduššími konstrukcemi torzních vah.) Výsledek měření ukazuje obr. 5.



Obr. 5 - Výsledek měření s pomocí torzních vah.

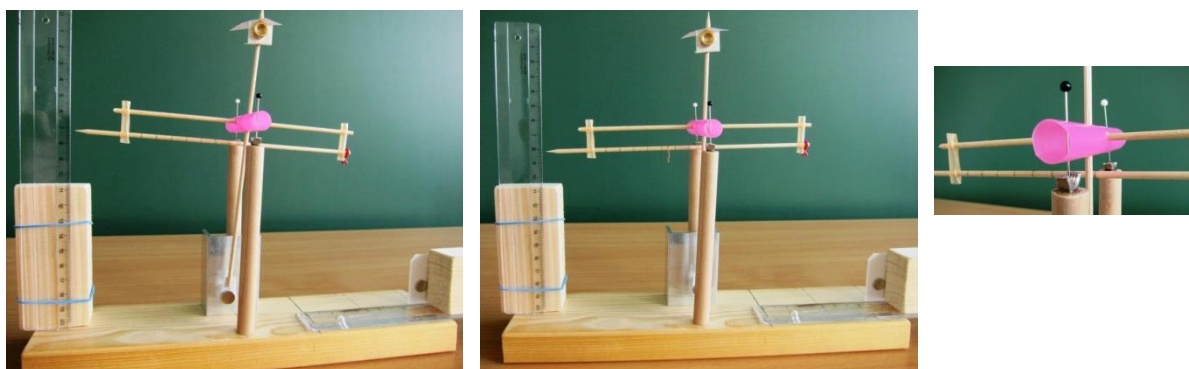
Na první pohled to vypadá, že jsme závislost síly na vzdálenosti ověřili až fantasticky přesně. Ovšem to, že se exponent proložené závislosti liší od -4 jen nepatrně, je v tomto případě jen náhoda. (Reálně mohou vyjít hodnoty mezi 3,8 až asi 4,2.)

Torzní váhy umožnily měřit sílu až do vzdálenosti asi 25 až 30 cm, naopak ovšem nejsou použitelné pro měření v malých vzdálenostech, kde jsou síly příliš velké. Při vzdálenosti magnetů 10 cm bylo vlákno zkroucené o více než 270 stupňů a při vzdálení magnetu už zůstalo trochu zkroucené, zřejmě došlo k plastické deformaci mědi, z níž je vlákno vyrobeno. Je vidět, že s našimi pomůckami jsme ještě „nepokryli“ měření síly ve vzdálenostech mezi asi 6 až 11 cm.

Měření pomocí vahadla

Vhodnou pomůckou může být docela obyčejné vahadlo. I to bylo v historii použito – jeho pomocí proměřoval sílu mezi elektrickými náboji John Robison, dokonce ještě dříve (v r. 1769), než ji měřil Coulomb.

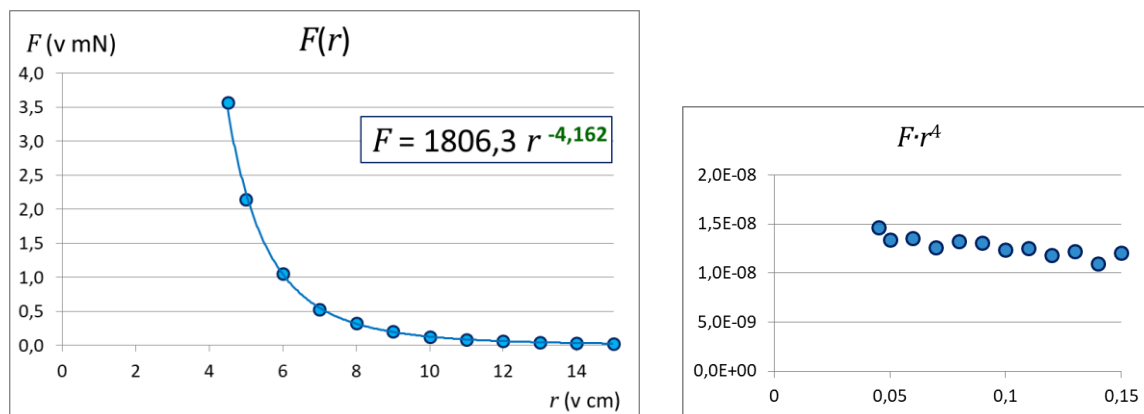
Konstrukci, která se při měřeních osvědčila, a měření s vahadlem ukazuje obr. 6.



Obr. 6 - Vahadlo pro měření síly mezi magnety.

Vahadlo tvoří špejle, kterými propíchneme kousek tlustšího brčka. Na konci svislé špejle je magnet. (Magnet na vahadle i přibližovaný magnet byly tomto případě malé neodymové magnety. Síla mezi nimi je srovnatelná se silou mezi většími feritovými magnety, ve skutečnosti je asi 0,42-krát menší.) Pro minimalizaci tření se vahadlo opírá hroty špendlíků o kovové „podstavce“, jimiž jsou poloviny rozříznuté matičky, viz detail na obr. 6 vpravo. Na spodní vodorovnou špejli vahadla, která je ve stejné výšce jako hroty špendlíků, dáváme malá závaží, vyrobená z tenkého měděného drátku. (Na digitálních vážkách zvážíme třeba metr nebo dva metry drátku, pak z něj vezmeme vhodnou délku.) Závaží se snaží otáčet vahadlo na opačnou stranu, než kam jej otáčí odpuzování magnetů, viz prostřední fotografie na obr. 6; posunováním závaží po špejli vahadlo vyvažujeme. Matička na svislé špejli nad osou slouží k tomu, abychom těžiště vahadla přiblížili co nejvíce ose dané spojnicí hrotů špendlíků, tím nastavujeme citlivost našeho zařízení. A ještě jeden detail: Kývání kyvadla tlumíme kouskem hliníkového profilu; pohyb magnetu je tlumen vířivými proudy.

Experiment ukázal, že s danou konstrukcí bylo možno měřit v rozmezí vzdáleností asi 4,5 až 15 cm. Naměřené výsledky ukazuje obr. 7. V pravé části obrázku je v závislosti na vzdálenosti vynesena součinná $F \cdot r^4$, který by pro sílu mezi elementárními dipóly byl konstantní. Je vidět, že na daných vzdálenostech se síla mezi magnety již dobře blíží teoretické závislosti (1). (Hodnoty $F \cdot r^4$ se většinou neliší o více než dvacet procent, přitom poměr síly ve vzdálenostech 4,5 a 15 cm je víc než sto.)



Obr. 7 - Výsledky měření síly vahadlem.

Pro pokusy s vahadlem lze použít i jednodušší konstrukci. Na druhou stranu je výzvou, snažit se udělat vahadlo co nejcitlivější. Ovšem velmi citlivé vahadlo bude citlivé i na nejruznější vnější vlivy, proudění vzduchu apod.

Závěr

S výše popsanými konstrukcemi lze měřit opravdu malé síly. V případě vahadla byla nejmenší měřená síla přibližně 25 μN , v případě torzních vah jen asi 5 μN . To odpovídá tíze závaží půl miligramu.

Torzní váhy jsou ovšem značně citlivé na proudění vzduchu v místnosti, jejich vahadlo kmitá s dlouhou periodou (přes jednu minutu) a obtížně se ustaluje; navíc k určení momentu síly, kterou vlákno stáčí rameno vah, je potřeba měřit periodu kmitů s přívazky v různých polohách na ramenu – tato metoda je tedy vhodná spíše pro vážnější zájemce o fyziku.

Měření pomocí vahadla je, co se týče fyzikálního rozboru, mnohem jednodušší, kmity vahadla lze lépe tlumit a konstrukci vahadla by patrně šlo zvětšit tak, aby šlo použít i pro demonstrační experiment. Další vývoj jednoduchých vahadel pro měření malých sil je tedy docela přitažlivou výzvou. K proměřování toho navíc zbývá dost a dost: síla při jiné vzájemné poloze magnetů, síla při přitahování, ... Ale to až snad někdy příště.

Literatura

- [1] Kácovský P., Koupilová Z. a kol.: *Malá Hraštice. Jarní soustředění pro budoucí učitele fyziky a sprízněné duše*. Dostupné online: <https://kdf.mff.cuni.cz/hrastice/main.php>
- [2] Dvořák L., Kácovský P.: *Další nápady z Malé Hraštice (jednoduché pokusy se slavnými jmény v pozadí)*. In.: Veletrh nápadů učitelů fyziky 23. Sborník z mezinárodní konference. Ed. M. Šerý, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2018, s. 64-73.
- [3] Dvořák L.: *Magneticky levitující tužka – jak ji udělat co nejlepší*. In: Sborník konference Elixíru do škol 2019. Bude publikováno a dostupné online.
- [4] Sedlák B., Štoll, I.: *Elektřina a magnetismus*. Academia, Praha, 1993.

Fyzika od MŠ po SŠ: s revizí RVP i bez

IRENA DVOŘÁKOVÁ

Katedra didaktiky fyziky MFF UK, Praha

Abstrakt

V příspěvku je prezentován současný stav plánovaných revizí Rámcových vzdělávacích programů (RVP) a hlavně práce, kterou se několik desítek učitelů a didaktiků fyziky rozhodlo dělat bez ohledu na tyto revize. Jedná se o rozpracování stávajících očekávaných výstupů učiva fyziky (na 2. stupni ZŠ, na gymnáziích a SOŠ) a přírodovědy (v MŠ a na 1. stupni ZŠ), jejich konkretizace, doplnění o různé aktivity apod.

Krátký pohled do nedávné historie

Většina učitelů asi zaznamenala, že v průběhu roku 2017 se začalo mluvit o tom, že budou revidovány stávající RVP. Naprosto však nebylo jasné, kdo by tyto revize měl provést, zda to bude nějak konzultováno s učiteli, atd. Na podzim 2017 jsme se rozhodli (několik členů KDF), že se o to musíme začít zajímat, aby to nedopadlo tak, že někdo někde něco udělá a nám (tedy učitelské komunitě) nezbyde, než to respektovat bez ohledu na kvalitu. Společně s FPS JČMF jsme nejdříve sestavili a rozeslali anketu, kde jsme se učitelů ptali, jaký je jejich názor na RVP, zda si přejí nějaké změny a pokud ano, tak jaké, atd. Získali jsme odpovědi 385 učitelů. Následně jsme pozvali zájemce z řad učitelů i akademických pracovníků z oblasti fyzikálního vzdělávání na seminář, který se konal v březnu 2018 a kterého se zúčastnilo 80 osob. Výsledky ankety i závěry semináře jsou k dispozici na webu [1].

V průběhu jarních měsíců 2018 jsme byli požádáni Mgr. Fídmucem, náměstkem sekce pro všeobecné vzdělávání Národního ústavu pro vzdělávání (NÚV), abychom zpracovali podkladovou studii k revizím RVP, ovšem s tím, že musí být hotova do konce roku 2018. Doc. Leoš Dvořák oslovil kolegy ze všech pracovišť pedagogických i přírodovědných fakult v ČR, které se věnují výuce budoucích učitelů fyziky a požádal je o spolupráci². Kolegové souhlasili a společně jsme vytvořili podkladovou studii *K problematice fyzikálního vzdělávání na ZŠ a SŠ v ČR před revizemi RVP* na jejímž vzniku se podílel široký kolektiv 30 autorů. Publikaci na konci roku 2018 vydaly společně NÚV a FPS JČMF. Publikace je ke stažení na webu [3].

Začátkem roku 2019 bylo rozhodnuto, že revize RVP mají vycházet ze závěrů Strategie 2030, která by měla být dokončena a schválena vládou někdy v průběhu roku 2020. Přesto nás v červnu 2019 dr. Havlínová z NÚV informovala, že by skupina věnující se revizi RVP na 1. stupni měla dostat podklady začátkem roku 2020.

V té době už byla situace kolem revizí zcela nejasná, a k vyjasnění nepomohl ani e-mail odeslaný z NÚV dne 12. 7. 2019 (cituji):

² Podrobněji je celá geneze vzniku studie popsána v článku L. Dvořáka [2]

Vážené kolegyně a vážení kolegové, na základě Opatření MŠMT č.j. 21 705/2019-1 ze dne 26. června 2019 dochází s účinností od 1. 1. 2020 ke sloučení Národního institutu pro další vzdělávání a Národního ústavu pro vzdělávání s tím, že nástupnickou organizací bude Národní institut pro další vzdělávání. Práce na revizích rámcových vzdělávacích programů jsou pozastaveny. Děkujeme Vám za dosavadní spolupráci na podkladových materiálech pro revize RVP.

Vzhledem k tomu, že již začátkem roku 2019 bylo zřejmé, že zatím nikdo neví, jak by revize RVP mohla vypadat, rozhodli jsme se pracovat na něčem, co by mohlo být pro učitele užitečné, a to bez ohledu na revize.

Tvorba tabulek

Z autorů podkladové studie a dalších kolegů vznikla jednak pracovní skupina (24 osob, převážně učitelé) a podpůrná skupina (17 osob, převážně z VŠ), které se rozhodly vytvářet materiály, které (v budoucnu) mohou být novými RVP ve fyzice resp. jejich základem, ale které budou pomáhat učitelům už teď.

Začali jsme zpracovávat tabulky, konkretizující jednotlivá fyzikální témata. Struktura tabulek byla převzata z již vytvořených tabulek připravených pro revizi RVP v matematice (matematici měli již většinu práce v té době hotovou), předpokládali jsme, že by měly být jednotlivé vzdělávací obory zpracovány jednotně.

Tabulky jsou:

- sestaveny pro žáky od MŠ³ po SŠ (G, SOŠ)
- psány česky, ne „vědečtinou“ – píšeme tedy jazykem, kterému budou učitelé, ale i žáci rozumět
- zaměřeny na aktivity žáka – tak, aby učitel získal náměty na experimentování, zkoumání, atd.
- doplněny konkrétními ukázkami úloh, aktivit
- veřejné, k dispozici všem zájemcům

Tabulky jsme již prezentovali na různých seminářích, a ohlas učitelů byl velmi pozitivní.

Struktura tabulek

Soubor, obsahující tabulku k danému tematickému celku, má několik listů. Na prvním z nich je *Úvod* se stručným popisem a zdůvodněním, na druhém listu jsou *Informace pro čtenáře*, na třetím samotná *Tabulka* a na čtvrtém listu je uveden *Seznam autorů*.

Tabulka pro každý tematický celek je rozdělena do sloupců podle věku žáků a uzlových bodů vzdělávání, které byly pro revize RVP předpokládány (tedy konec předškolního vzdělávání, konec 3., 5., 7. a 9. třídy a konec střední školy, jednotlivé školní stupně jsou barevně odlišeny).

Vodorovně jsou tabulky rozděleny na podokruhy, přičemž každý podokruh obsahuje konkretizaci výstupů RVP, náměty na aktivity žáků, činnosti, které by žáci mohli k danému tématu dělat, a to ve třech úrovních obtížnosti (na úrovni gymnázií ve dvou

³ V současné době (září 2019) nejsou ještě doplněny tabulky pro předškolní vzdělávání.

úrovních). Minimální úroveň je vyznačena nejsvětlejší barvou, o něco sytější je optimální úroveň, nejtmavší je excelentní úroveň. U mnoha buněk tabulky se objevuje v pravém horním rohu značka (malý trojúhelníček), pod kterým je skryta poznámka, obsahující konkrétní příklad či experiment k obsahu dané buňky.

V dolní části tabulky pod 7. a 9. ročníkem jsou popsány odhadované počty hodin na daný tematický celek ve všech třech úrovních (autoři této části tabulky se rozhodli odhad počtu hodin nabídnout učitelům jako pomoc při tvorbě tematického plánu). Kromě toho jsou pod tabulkou uvedeny náměty na doplňkové aktivity, projekty, apod. (viz Obr. 1)

Obsahový okruh: POHYB				Poznámka - u vyšších věkových kategorií vždy platí předchozí dovednosti a k nim se přidávají nové.		Obsahový okruh: POHYB				Obsahový okruh: KMITÁNÍ, VLNĚNÍ, AKUSTIKA	
Obsahový podokruh	Konec PV	Konec 3. ročníku	Konec 5. ročníku	Konec 7. ročníku	Konec 9. ročníku	SOŠ	Obsahový podokruh	Gymnázia	Obsahový podokruh	Gymnázia	
	Dítě:	Žák:	Žák:	Žák:	Žák:	Žák:		Žák:		Žák:	
Popis, měření					MINIMÁLNÍ ÚROVEŇ		Popis		Popis		
					OPTIMÁLNÍ ÚROVEŇ						
					EXCELENTNÍ ÚROVEŇ						
Grafické znázornění							Grafické znázornění		Grafické znázornění		
Výpočet							Výpočet		Výpočet		
Měření							Měření		Měření		
Návrh předpokládaného počtu hodin											
DOPLŇKOVÉ AKTIVITY K TÉMATU POHYB											

Obr. 1 - Struktura tabulky Pohyb

Jak používat tabulky

V současném RVP ZV je například téma *Pohyb* popsáno povinnými očekávanými výstupy [4]:

F-9-2-01 rozhodne, jaký druh pohybu těleso koná vzhledem k jinému tělesu
F-9-2-02 využívá s porozuměním při řešení problémů a úloh vztah mezi rychlostí, dráhou a časem u rovnoměrného pohybu těles.

Jako učivo (nepovinné) je zde uvedeno: *pohyby těles – pohyb rovnoměrný a nerovnoměrný; pohyb přímočarý a křivočarý.*

Vzhledem k tomu, jak je formulace obecná, je tedy vcelku pochopitelné, že pro velkou část méně zkušených či neaprobovaných učitelů se učebnice stávají základním podkladovým materiálem pro výuku. Učebnice (zvláště některé) jsou však silně naddimenzovány, obsahují velké množství poznatků, a pro mnohé učitele je obtížné se v nich orientovat a vybrat učivo, které považují za podstatné a chtějí se mu se žáky věnovat. Učitelé mívají také pocit, že to, co je v učebnici, musejí se žáky probrat. Dopadá to tedy někdy tak, že se sice „odučí“ všechno, žáci však nemají čas na to, aby

látce porozuměli, není čas na badatelskou výuku, na to si s experimenty trochu pohrát, prostě zkoumat svět kolem sebe. Jsme přesvědčeni, že vést žáky k porozumění světu kolem nich by měl být hlavní cíl výuky fyziky. Těžko však žáci budou zkoumat svět, když kolem něj běží úprkem.

Proto jsme se rozhodli vytvořit tabulky, ve kterých se snažíme nabídnout nejen méně zkušeným či neaprobovaným učitelům, ale všem, které to zajímá, konkretizaci výstupů RVP, náměty na činnosti, které by se žáky mohli dělat, atd.

Pro porovnání s výše uvedenými výstupy z RVP zde uvádím výtah z naší tabulky Pohyb (pro 7. ročník ZŠ, jsou vidět vždy tři úrovně v každém podokruhu):

Popis, měření	Předvede např. chůzi nebo pohybem tužky po papíru pohyb rovnoměrný, nerovnoměrný, přímočarý, křivočarý.
	Uvede jednotlivé druhy pohybů z praxe. Např. přímočarý pohyb - výtah.
	Uvede konkrétní příklady, kdy se těleso pohybuje vůči jednomu tělesu a současně nepohybuje vůči jinému tělesu.
	Změří čas a dráhu a určí průměrnou rychlost pohybu tělesa.
	Změří dráhu křivočarého pohybu.
	Uvede konkrétní příklady a předvede pohyb zrychlený, pohyb zpomalený.
	Vysvětlí, jaké děje by bylo vhodné měřit v různých jednotkách - a to jak pro rychlost pohybu (např. mm/s pro pohyb šneka), tak pro jiné změny (např. ml/min pro kapání vody z kohoutku, kg/měsíc, mm/rok apod.)
	Vyhledá požadovaná data v textu nebo tabulce a využije je k výpočtu dráhy, rychlosti nebo času pohybu tělesa.
	Změří dráhu a čas několika úseků nerovnoměrného pohybu tělesa, zapíše do tabulky a vytvoří graf.
	Charakterizuje slovy rozdíly mezi pohybem rovnoměrným, zrychleným a zpomaleným.
Grafické znázornění	Popíše chování tělesa či těles na základě grafu $s(t)$, složeného z několika úseků rovnoměrného pohybu.
	Z grafu $s(t)$ rovnoměrného pohybu určí rychlost tělesa.
	Napiše příběh, udělá dramatizaci, apod. ke grafu $s(t)$ v jednoduchých případech
	Narýsuje graf $s(t)$ pro pohyb hračky, který naměřil a zapsal do tabulky. Narýsuje graf ručně i pomocí tabulkového procesoru.
	Do grafu nerovnoměrného pohybu vyznačí pohyb druhého tělesa, které by mělo konstantní rychlost stejnou, jako je průměrná rychlost daného tělesa.
	Graficky vyřeší jednoduché úlohy o pohybu.
	K danému příběhu načrtne graf závislosti dráhy na čase.
	Z grafu $s(t)$ pro nerovnoměrný pohyb složený z úseků rovnoměrného pohybu určí rychlost v jednotlivých úsecích. Ke grafu $s(t)$ vytvoří graf $v(t)$.
	Z grafu $v(t)$ složeného z úseků s konstantní rychlostí určí dráhu.
	Narýsuje graf $s(t)$ nerovnoměrného pohybu složeného z několika úseků rovnoměrného pohybu.
Výpočet	Rozliší graf závislosti dráhy na čase a graf závislosti polohy na čase pro cyklický pohyb (sportovec na oválu, plavec v bazénu). Popíše, co každý z grafů vyjadřuje, navrhne otázky, na jejichž řešení je vhodné použít jeden či druhý graf.
	Spočítá rychlost rovnoměrného pohybu v jednoduchých případech.
	Převádí navzájem jednotky km/h a m/s.
	Vyřeší jednoduché úlohy pro výpočet dráhy, rychlosti a času.
	Vyřeší úlohy pro výpočet průměrné rychlosti pohybu složeného z několika úseků rovnoměrného pohybu.
	Převádí mezi sebou libovolné jednotky rychlosti.
	Početně řeší náročnější úlohy o pohybu na úrovni FO, kat. G

Obr. 2 - Výtah z tabulky Pohyb

K buňce „K danému příběhu načrtne graf závislosti dráhy na čase“ jsou v poznámce ještě uvedeny konkrétní příklady:

Auto jede z Prahy po dálnici. Má poruchu, odbočí na vedlejší silnici a jede pomalu. Při odbočení si zavolá mechanika z Prahy, který hned vyjede za ním. Jede přitom stále stejně

rychle. Když dojde porouchané auto, oba zastaví. Narýsuj graf, který popisuje tento pohyb.

Jiný příklad:

Adam jde 5 minut od domu na zastávku MHD (rychlost si určí sám) poté 5 minut čeká. Autobusem MHD jede 15 minut rychlostí 40 kilometrů za hodinu. Pěšky jde do školy 1 minutu a stejnou rychlostí jako od bytu.

Učitel, který naše tabulky bude používat, si může vybrat, že jeden tematický celek probere jen na nejnižší úrovni, protože ho (nebo žáky) málo zajímá a jinému, ke kterému má zajímavé pomůcky, nebo ho prostě baví, se bude věnovat mnohem víc. A samozřejmě je možné, aby při malé časové dotaci, nebo v méně studijních třídách učitel zůstal na minimální úrovni ve všech tématech. Tabulky jsou sestaveny tak, aby i v tomto případě splnil požadavky RVP. Bohužel však nemůžeme zaručit, že splní také požadavky Školního vzdělávacího programu své školy. ŠVP jsou v mnoha školách napsány tak, že kopírují témata z učebnice, tedy jsou také (vzhledem k RVP) maximalistické. To už je ale v kompetenci každé školy. Učitel fyziky se pak může jedinečně pokusit o úpravu ŠVP (alespoň ve fyzice). Budeme mu držet palce, víc dělat nemůžeme.

Co je hotovo

Začátkem školního roku 2019-20 jsou na webu [5] publikovány tabulky

- Pohyb
- Teplo, teplota, tepelné vlastnosti látek, změny skupenství
- Vlastnosti látek a měření fyzikálních veličin

Rozpracovaná je tabulka Optika.

Věřím, že další tematické celky budou přibývat, a že všichni, kteří se na rozpracování jednotlivých tematických celků podílejí, budou mít sílu a energii v práci pokračovat.

Závěr

Jak jste snad z článku poznali, tak pro peníze to neděláme (nikdo nás za tuto práci neplatí), pro slávu také ne (pro někoho může být naše práce i kontroverzní ve smyslu – „Vždyť se to vždycky učilo, jak to, že to tam na základní úrovni nemáte!“).

Důvod, proč tomu hodiny práce i diskuzí věnujeme, je ten, že si myslíme, že to může aspoň někomu pomoci, a hlavně – protože nám to dává smysl a věříme, že to bude dávat smysl i vám.

Pokud byste měli jakékoliv komentáře, či se chtěli na práci nějak podílet, napište nám na adresu tabulkyRVPfyzika@gmail.com. Váš názor nás zajímá.

Literatura

[1] <https://kdf.mff.cuni.cz/RVPfyzika/doku.php?id=seminar2018>

[2] Dvořák L.: „Širý proud“: Jak to vzniklo, co to je a kam by mohl směřovat. In: Sborník konference Moderní trendy v přípravě učitelů fyziky 2019 (v tisku).

Dostupné online:

https://kdf.mff.cuni.cz/RVPfyzika/lib/exe/fetch.php?media=uvodsympozasiryproud_ldvorak_mtr9.pdf

- [3] K problematice fyzikálního vzdělávání v ČR před revizemi RVP. Podkladová studie k revizi rámcových vzdělávacích programů. Praha 2018. Dostupné online: https://kdf.mff.cuni.cz/RVPfyzika/lib/exe/fetch.php?media=podkladova_studie.pdf
- [4] <http://www.nuv.cz/t/rvp-pro-zakladni-vzdelavani>
- [5] <https://kdf.mff.cuni.cz/RVPfyzika/doku.php>

Přesný analogový generátor několika tisíc různých barevných světél

HRDÝ JAN

Gymnázium Jana Pivečky a SOŠ Slavičín

Příspěvek mapuje různé dostupné možnosti generování barevných světél z hlediska jejich přesnosti a reprodukovatelnosti. Součástí příspěvku je návrh a popis analogového generátoru, který má v obou těchto sledovaných parametrech výborné vlastnosti. Součástí příspěvku je rovněž praktický návrh a ukázka činnosti generátoru.

Úvod

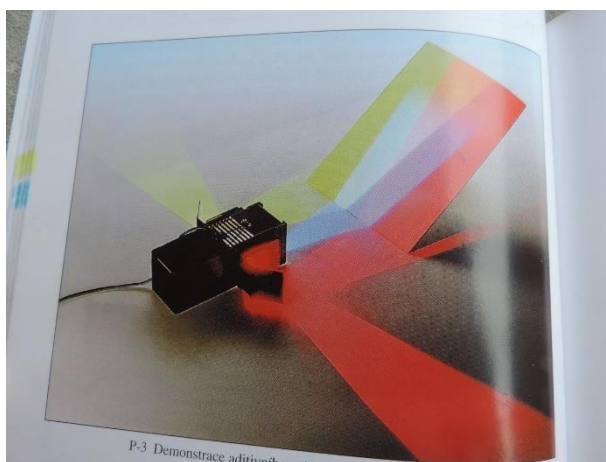
Ke správnému pochopení činnosti a přínosu navrhovaného zařízení je třeba provést jeho **vymezení** vzhledem ke stávající nabídce obdobných zařízení na trhu. Ve sledované kategorii analogových generátorů barevných světél nebylo doposud nalezeno žádné srovnatelné zařízení.

Nejedná se o počítačový program

S využitím počítače můžeme snadno modelovat aditivní skládání barev. Standardně se ve Windows používá 256 úrovní (0..255) pro každou barvu (R,G,B), čemuž odpovídá $256 \times 256 \times 256 = 16\,777\,216$ různých barev. Také je k dispozici dostatek kvalitních programů pro práci s barvami (CorelDraw). Všechny dosažitelné výsledky při skládání barev jsou však omezeny pouze na obrazovku monitoru PC.

Nejedná se ani o jednoduchou pomůcku s barevnými filtry

Zařízení s barevnými filtry jsou sice jednoduchá, ale bez větších nároků na přesnost a reprodukovatelnost dosažených výsledků – obr.1.



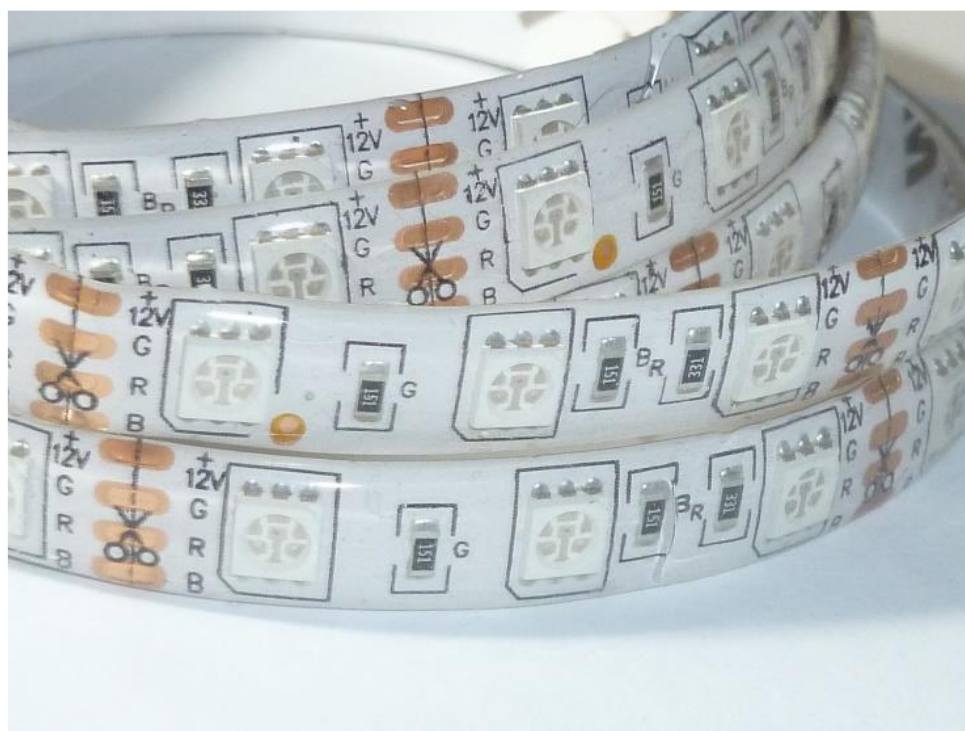
Obr. 1 - Ukázka klasické školní pomůcky [1].

Charakteristika popisovaného zařízení

Navržené a realizované zařízení je vlastně univerzální zdroj světla na bázi diod LED, jehož barvu můžeme nastavit s velkou přesností a reprodukovatelností a prakticky s libovolným výkonem a to beze změny výchozího nastavení zvolené barvy. Princip zařízení spočívá v použití barevného pásku LED RGB a tří samostatných regulovatelných stabilizovaných stejnosměrných zdrojů – pro každý barevný kanál jeden zdroj. Kvalita použitých zdrojů je zárukou přesnosti, jednoznačnosti a opakovatelnosti dosažených výsledků – nastavených barevných světél.

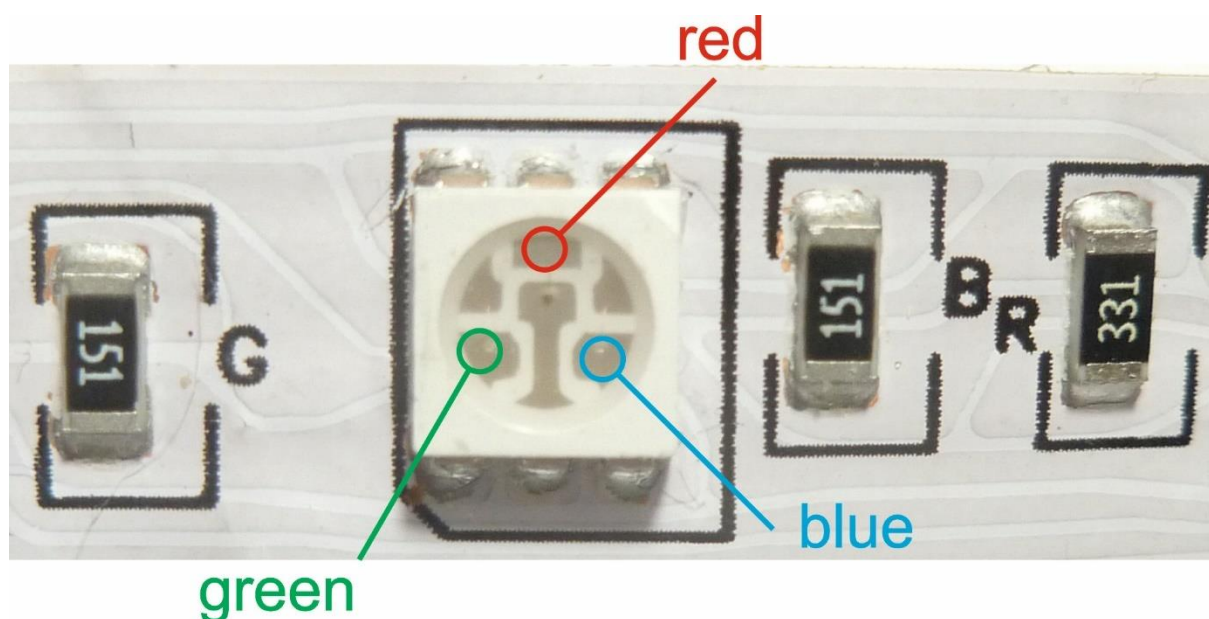
Použité pásy LED RGB

Použitý pásek LED RGB (obr.2) se skládá z 5-ti cm segmentů, které se stále opakují a které lze nůžkami snadno odstříhnout v požadovaném počtu. Každý segment obsahuje tři trojbarevné čipy a tři předřadné odpory (obr.3). Všechny ledky jedné barvy jsou zapojeny do série s příslušným předřadným odporem (obr.4).

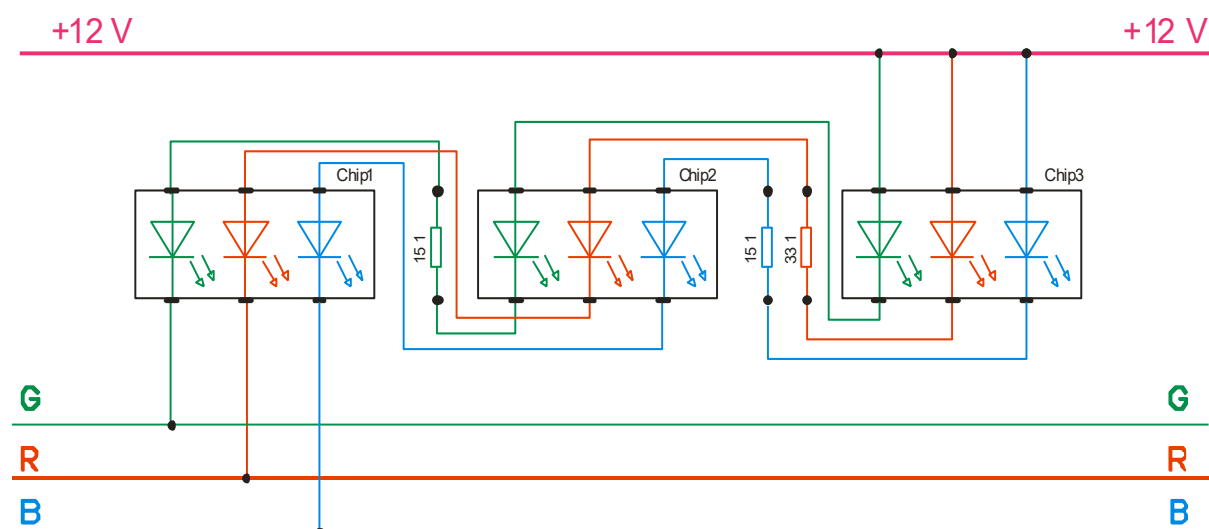


Obr. 2 - Použitý pásek LED RGB [2,3]

Použitý pásek je před poškozením chráněn speciálním gelem, který dokonce umožňuje práci pásku i pod vodou (např. v akváriu).



Obr. 3 - Makrofotografie jednoho barevného čipu (po odstranění ochranného gelu)

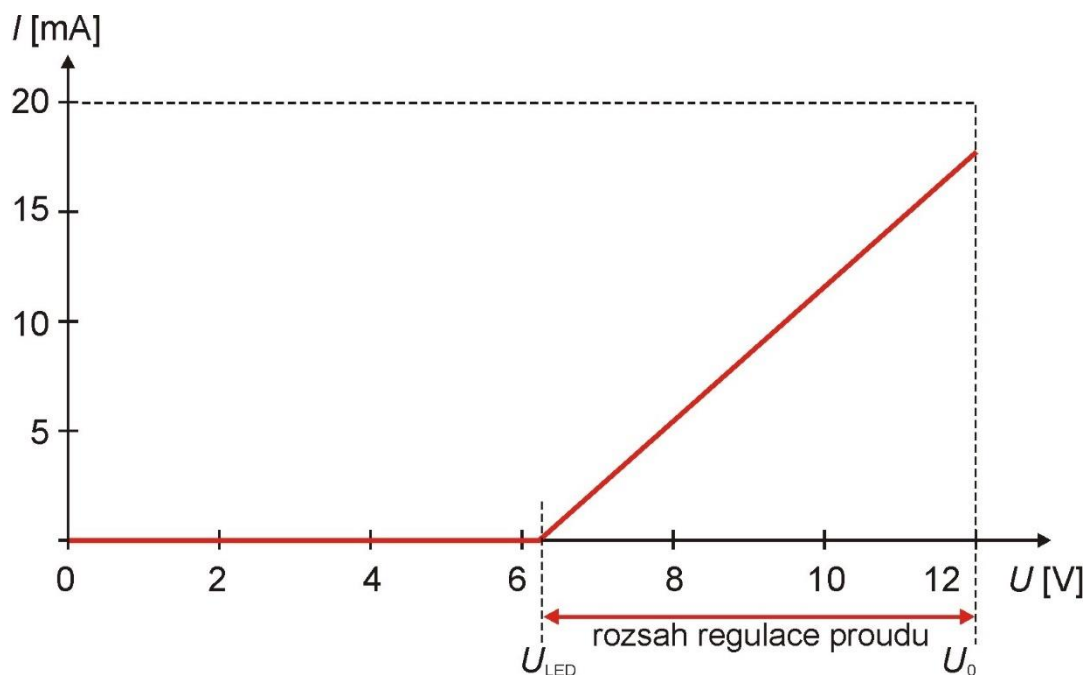


Obr. 4 - Schéma zapojení jednoho segmentu pásku LED RGB (3 barevné čipy)

Použité čipy mají malé rozměry (menší než 5 x 5 mm) a obsahují vždy po jedné diodě každé barvy – červenou, zelenou a modrou. Každý segment barevného pásku LED (tj. každá část pásku, která může fungovat samostatně) obsahuje tři čipy LED RGB (přičemž jednotlivé diody jsou zapojeny do série) a tři předřadné odpory (331 Ω pro červené diody a 151 Ω pro zelené a modré diody).

Linearizované zatěžovací charakteristiky

Svitivé diody LED mají stejně jako ostatní polovodičové diody značně nelineární voltampérovou charakteristiku v propustném směru. Zapojíme-li do série s diodou LED nebo skupinou diod LED sériový odpor vhodné velikosti, dojde nejen k omezení maximálního proudu procházejícího obvodem, ale také k linearizaci zatěžovací charakteristiky diody (obr. 5).

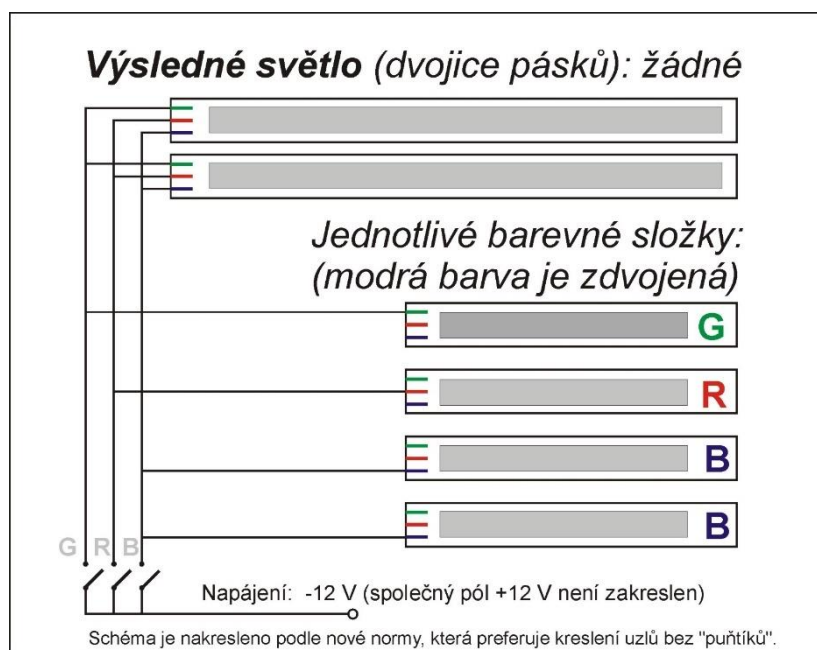


Obr. 5 Linearizovaná zatěžovací charakteristika tří červených diod LED jednoho segmentu pásku (U_{LED} – prahové napětí při kterém se diody LED začínají otevírat, U_0 – maximální napájecí napětí zdroje). Pro ostatní barvy je situace analogická.

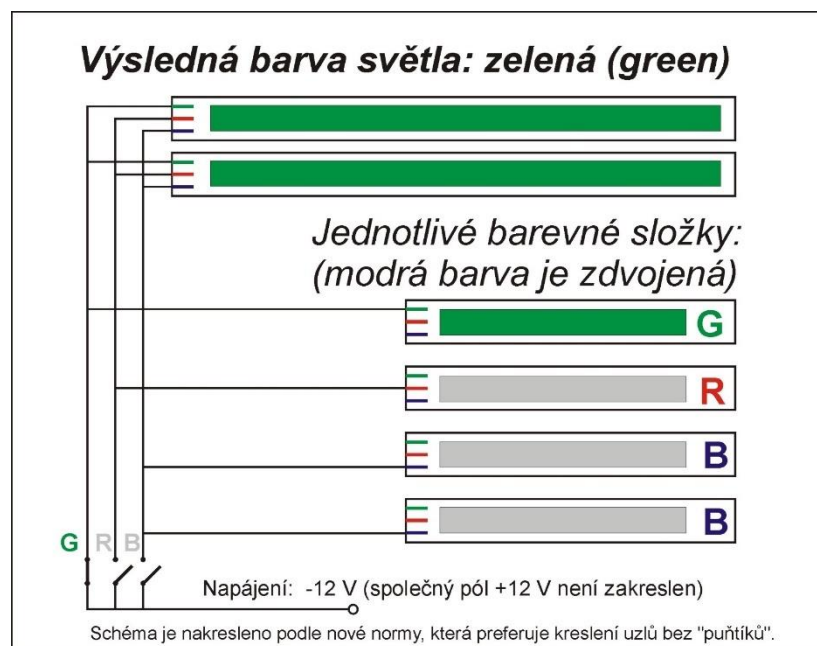
Připojíme-li na pásek LED napětí $U = U_{LED}$, má protékající proud I velikost ještě nulovou (0 mA), pak je lineární funkcí rozdílu $(U - U_{LED})$ a pro $U = U_0$ dosahuje maximální velikosti povolené výrobcem (20 mA). Interval $\langle U_{LED}, U_0 \rangle$, v němž má smysl provádět regulaci napájecího napětí U , můžeme buďto *rovnoměrně* rozdělit např. na 20 dílků (stejně jako pro zelenou nebo modrou barvu), nebo použít *nesymetrický model*, kdy zvolíme velikost napětíového skoku (společnou pro všechny tři kanály) tak, aby se dala na použitém zdroji dobře a rychle nastavovat – v našem případě **50 mV**. Potom máme k dispozici $(U - U_{LED})/0,05 = (12 - 6,25)/0,05 = 115$ různých nenulových hladin, po započítání nuly celkem 116 různých hladin pro *červenou barvu*. Obdobně pro *zelenou barvu* (prahové napětí zelených LED je 9,25 V) máme 56 různých hladin a pro *modrou barvu* (prahové napětí 9,75 V) dostaneme 46 různých barevných hladin. Celkem můžeme v tomto nesymetrickém modelu spolehlivě rozlišit $116 \times 56 \times 46 = 298\,816$ různých barevných světél.

V čem spočívá hlavní didaktický přínos navrženého zařízení?

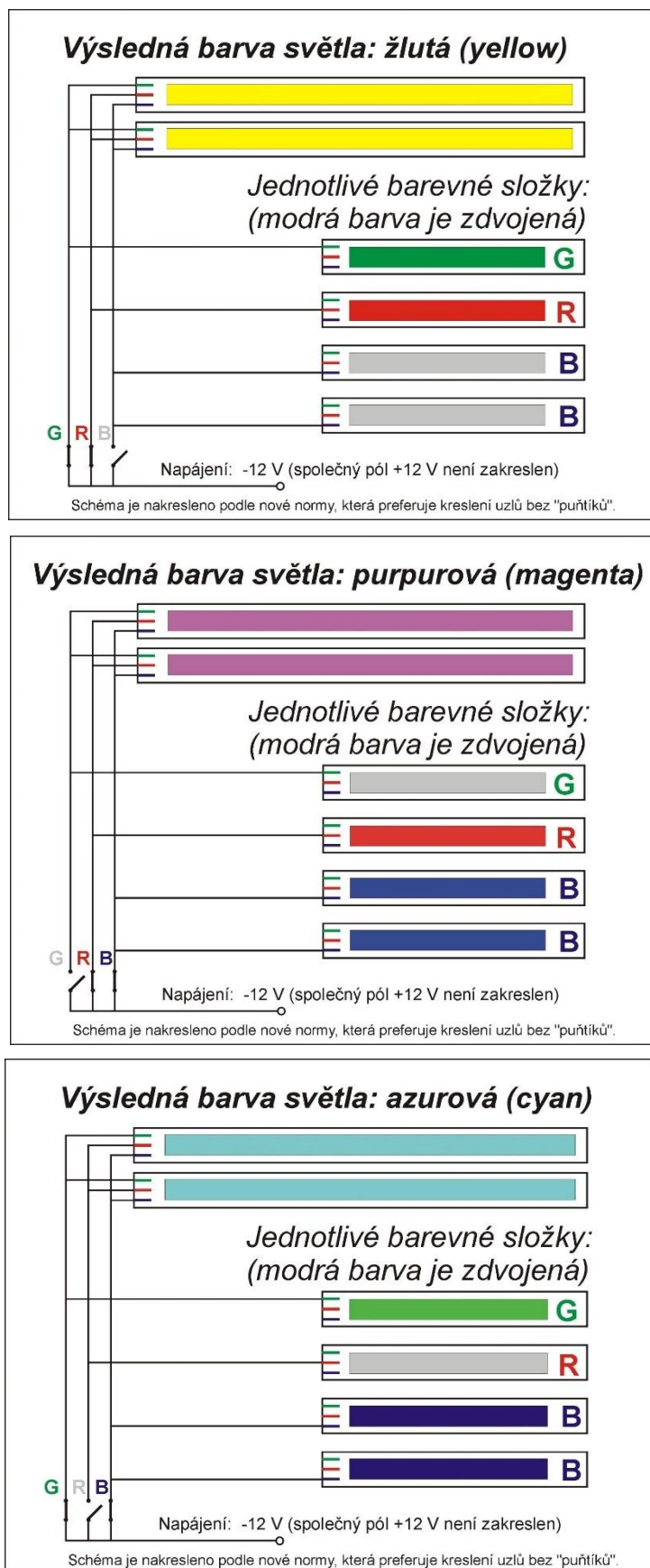
NAVRŽENÉ ZAŘÍZENÍ JAKO JEDINÉ NA TRHU UMOŽŇUJE SOUČASNĚ SLEDOVAT VÝSLEDNOU BARVU SVĚTLA I JEHO JEDNOTLIVÉ BAREVNÉ SLOŽKY!! Obojí se sleduje na stejném typu pásku LED RGB a při stejné intenzitě!



Obr. 6 - Uspořádání pomůcky. Není nastaveno žádné světlo. Všechny barevné složky (RGB) jsou rovny nule. Modrá barva je ve zdrojové části z konstrukčních důvodů zdvojená.



Obr. 7 - Vytvoření zelené barvy (základní barva)



Obr. 8 - Vytvoření žluté, purpurové a azurové barvy (doplňkové barvy k RGB)

Závěr

Uvedená problematika míchání barev je velmi široká. Vzhledem k omezenému rozsahu příspěvku byly uvedeny pouze ty nejdůležitější skutečnosti tak, aby tento příspěvek mohl sloužit jako stručný návod pro návrh a konstrukci vlastního zařízení.



Obr. 9 - Ukázka vývojových prací (student a letošní absolvent Jan Sova se dlouhodobě podílel na práci fyzikálního kroužku na GJP Slavičín)



Obr. 10 - Současná verze přístroje (na fotografii je dobře patrné zdvojení modrého barevného kanálu ve zdrojové části panelu)

Literatura

- [1] Lepil O.: Fyzika pro gymnázia – Optika. Prometheus Praha 2012, 4. vyd.
- [2] [http:// www.t-led.cz/rgb-led-pasky/led-pasky-rgb/](http://www.t-led.cz/rgb-led-pasky/led-pasky-rgb/)
- [3] [http:// eshop.ledsolution.cz/led-pasky/](http://eshop.ledsolution.cz/led-pasky/)

Reproduktor z dostupných pomôcok

JANA JAKUBIČKOVÁ, LUCIA KLINOVSKÁ

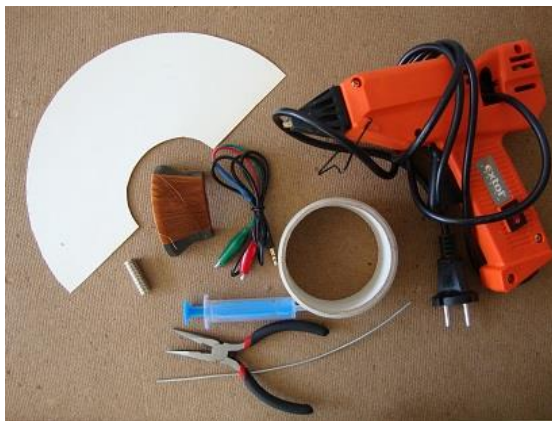
Katedra didaktiky matematiky, fyziky a informatiky

Zvedavosť ľudí privádza k novým skúsenostiam, ktoré sú základom vzniku nových vedomostí. Tendencia pochopiť, ako technológie fungujú, nás priviedla k otázke: „Ako prebudiť zvedavosť u žiakov?“ Reprodukter je zariadenie, ktoré sprostredkováva premenu elektrickej energie na mechanickú. K tejto premene dochádza v mobilných telefónoch, v počítačoch a v iných zariadeniach, ktoré dennodenne používame. Hoci s používaním technológií nemajú žiaci problém, nad princípom fungovania sa málokedy zamýšľajú. Konštrukcia reproduktora je jednou z možností, ktorá môže v žiakoch prebudiť záujem o skúmanie toho, ako zariadenia fungujú.

Súčasťou príspevku je opis a fotodokumentácia výroby reproduktora z dostupných pomôcok. Taktiež navrhujeme viacero možností zaradenia konštrukcie reproduktora do vyučovania fyziky. Jednou z alternatív je výroba jednotlivých častí reproduktora v priebehu vyučovania *elektriny a magnetizmu*, kedy si žiaci postupne vyrobia jednotlivé komponenty, oboznámia sa s ich vlastnosťami, funkciami a nakoniec komponenty spoja do finálneho zariadenia. Konštrukcia reproduktora ponúka možnosť zdokonaľovať praktické i technické zručnosti a získať nové vedomosti. Vyrobený reproduktor môžu žiaci optimalizovať, preskúmať, ktorý parameter najviac ovplyvňuje jeho hlasitosť.

Postup výroby

Na výrobu reproduktora potrebujeme: výkres, injekčnú striekačku, neodymové magnety, medený lakovaný drôt, pevný magnetický drôt, kliešte, lepiacu pásku, tavnú pištoľ a audio kábel s naspájkovanými krokosvorkami (obr.1).



Obr. 1 - Pomôcky

Základom výroby reproduktora je konštrukcia hlavných komponentov: ozvučnica, membrána a cievka.

Ozvučnica

Ozvučnica a jej vlastnosti ovplyvňujú hlasitosť reproduktora. Ozvučnicu možno vyrobiť z rôznych materiálov. Výkres je dobrou a lacnou alternatívou, pretože zabezpečuje jej pevnosť. Z výkresu vystrihneme plášť zrezaného kužela (obr. 1) a jeho ostré hrany zlepieme pomocou tavnej pištole tak, aby podstavy mali čo najväčší obsah.

Membrána

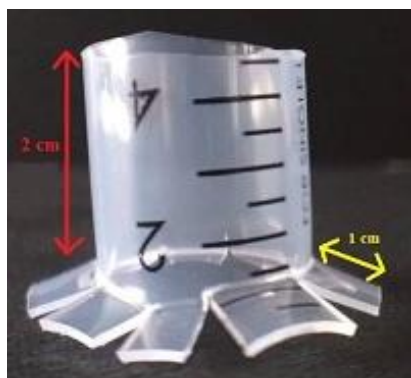
Na menšiu z podstáv ozvučnice umiestnime membránu reproduktora (obr. 2). Na jej výrobu použijeme lepiacu pásku. Lepiacu pásku nalepíme v dvoch vrstvách (do kríža). Pri výrobe membrány je potrebné dbať na to, aby lepiaca páska bola napnutá a pevne prilepená k ozvučnici reproduktora, čím zabezpečíme pevnosť a pružnosť membrány.



Obr. 2 - Membrána

Cievka

Časovo najnáročnejšou úlohou pri konštrukcii reproduktora je navinutie cievky. Na výrobu použijeme medený lakovaný drôt (napr. s priemerom 0,2 mm) a injekčnú striekačku upravenú do požadovaného tvaru. Už vopred treba myslieť na to, že striekačku budeme musieť pripevniť na membránu reproduktora. Z injekčnej striekačky odrežeme valec približne 3 cm vysoký a následne asi 1 cm použijeme na výrobu nožičiek (obr.3), pomocou ktorých striekačku s navinutým drôtom pripevníme na membránu reproduktora.



Obr. 3 - Upravená injekčná striekačka

Ak máme valec pripravený prejdeme k navíjaniu cievky. Keďže budeme k cievke pomocou krokosvoriek pripájať audio kábel, necháme si aspoň 10 cm drôtu, až potom vytvoríme prvý závit cievky. Pre jednoduchšie navíjanie môžeme prvý závit prilepiť lepiacou páskou na injekčnú striekačku. Hotová cievka má priemer injekčnej striekačky, výšku aspoň 2 cm a počet závitov približne 500. Po navinutí cievky opäť necháme aspoň 10 cm voľného drôtu a konce cievky zbavíme izolácie (pomocou nožníc alebo nožika oškrabeme lak z drôtu asi 2 cm od konca).



Obr. 4 - Cievka prilepená na membráne

Ak máme časti reproduktora zhotovené, nasleduje spojenie vyrobených komponentov do jedného celku. Vyrobenú cievku umiestnime na membránu ozvučnice. Treba dbať na to, aby sa nožičky injekčnej striekačky čo najväčšou plochou dotýkali membrány. Dôvodom je optimalizácia prenosu kmitov cievky na magnetickom jadre na membránu reproduktora. Cievku prilepíme na membránu tavnou pištoľou (obr.4). Nepoužívame príliš veľa lepidla, aby si membrána zachovala potrebné vlastnosti a zabezpečila efektívny prenos kmitov.

Na umiestnenie neodymových magnetov do dutiny cievky použijeme kovovú konštrukciu. Táto konštrukcia je vyrobená z kovového drôtu, ktorý upravíme do tvaru ako je na obrázku (obr. 5).



Obr. 5 - Kovová konštrukcia na vloženie neodymových magnetov do dutiny cievky

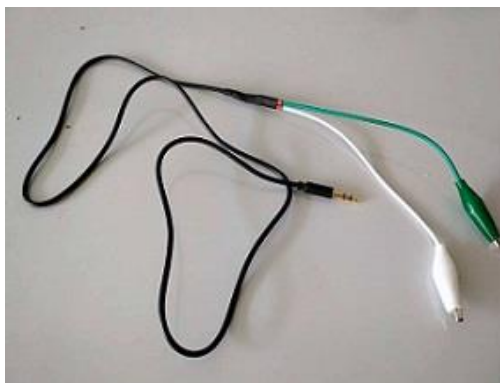
Drôt pomocou klieští ohneme tak, aby magnety pevne držali na kovovej konštrukcii. Tiež potrebujeme zabezpečiť, aby ramená konštrukcie kopírovali tvar ozvučnice a nedeformovali ju.

Následne pripevníme neodymové magnety na zhotovenú konštrukciu, a takto pripravenú poslednú časť reproduktora prilepíme tavnou pištoľou na vonkajšiu stranu ozvučnice. Pri umiestňovaní kovovej konštrukcie treba dbať na to, aby boli magnety čo najviac v dutine cievky, a tiež na to, aby konštrukcia nebránila kmitaniu cievky. Medzi konštrukciou a cievkou je potrebné nechať aspoň 2 mm priestor na kmitanie (obr. 6).



Obr. 6 - Umiestnenie kovovej konštrukcie

Spojením komponentov vytvoríme vlastný funkčný reproduktor. Na pripojenie reproduktora k telefónu alebo počítaču potrebujeme audio-video kábel s jack konektorom a naspájkovanými krokosvorkami (obr. 7).



Obr. 7 - Audio-video kábel s krokosvorkami

Zo skúsenosti vieme, že reproduktor nemá vysokú hlasitosť, teda na jeho otestovanie je vhodné na zariadení nastaviť najvyššiu hlasitosť. Funkčnosť reproduktora je pre žiakov prekvapujúca. Neočakávali, že vyrobia fungujúci reproduktor. (obr. 8)

Možnosti zaradenia do vyučovacieho procesu

Výroba reproduktora s predpripravenými narezanými injekčnými striekačkami a hotovým audio-video káblom, ktorého podrobnú výrobu nájdeme na stránke *Fyzikální šuplík* [1], nie je časovo náročná úloha. Žiaci dokážu skonštruovať reproduktor na jednej



Obr. 8 - Hotový reproduktor

vyučovacej hodine, nakoľko výroba jednotlivých častí reproduktora nie je na sebe závislá.

Výrobu reproduktora môžeme rozdeliť na dielčie kroky, na dlhšie časové obdobie. V rámci vyučovania *elektriny a magnetizmu* vieme pozorovať magnetické pole vyrobenej cievky, môžeme demonštrovať, že sa cievka, ktorou prechádza elektrický prúd správa ako magnet. Navrhnuté aktivity uvádzame podrobnejšie v práci *Elektroakustické meniče*. [2] Starší žiaci majú možnosť preskúmať vlastnosti vyrobenej cievky, ako napríklad jej indukčnosť.

Pri vzájomnom pohybe magnetu a cievky môžeme demonštrovať vznik indukovaného napätia, ktorého priebeh vieme žiakom ukázať aj pomocou osciloskopu, a tak priblížiť žiakom jav elektromagnetickej indukcie, ktorý je jedným z princípov fungovania reproduktora. Takýmto spôsobom vieme žiakom priblížiť, že vedomosti, ktoré nadobudnú na hodinách fyziky, majú využitie v praxi.

Výroba reproduktora je tiež vhodným námetom na skúmanie parametrov, ktoré najviac ovplyvňujú jeho výslednú hlasitosť. Žiaci môžu skúmať, ktorý parameter najviac vplýva na zmenu hlasitosti. Či je to počet závitov cievky, alebo počet neodýmových magnetov v dutine cievky, alebo tvar a veľkosť membrány, či ozvučnice.

Literatura

- [1] Piskač V.: Reprodukter. In *Fyzikální šuplík* [online]. 2016 [cit. 2019-06-21]. Dostupné na internete: <http://fyzikalnisuplik.websnadno.cz/2016/reprodukter.pdf>
- [2] ŠTEFAŇÁKOVÁ, J.: *Elektroakustické meniče*. Bakalárska práca. Bratislava: FMFI UK, 2016. s 50.

Jak se ve fyzice vyřádit s tuhou aneb co se můžeme naučit na kousku grafitu

PETR KÁCOVSKÝ

Katedra didaktiky fyziky MFF UK

Tento příspěvek poukazuje na některé zajímavé fyzikální či chemické vlastnosti grafitu, které z něj (v podobě obyčejné tuhy) dělají výjimečně vhodný materiál pro experimentování v hodinách fyziky.

Není uhlík jako uhlík...

Uhlík známe jako prvek, který je zásadní pro existenci všech forem života na naší planetě. Současně jde ale také o látku, která je jedinečná v tom, v jak odlišných podobách ji můžeme v přírodě najít (tzv. alotropie) – zmíním zde nyní alespoň některé.

Grafen

Mediálně nejslavnější formou uhlíku je zřejmě v současné dekádě grafen – monoatomární vrstva uhlíkových atomů uspořádaných do šestiúhelníkové sítě, která je od svého objevu v r. 2004 považována za jeden z nejtenčích a současně nejpevnějších materiálů současnosti. Udivující hodnoty elektrické a tepelné vodivosti (v případě tepelné vodivosti dle různých měření $1800 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ až $5000 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ [1, 2] v závislosti na čistotě vzorku a podmínkách měření) společně s již zmíněnou extrémní mechanickou pevností dělají z této 2D nanostruktury horkého kandidáta na materiál budoucnosti. Jeho objevitelé, A. Geim a K. Novoselov, obdrželi v r. 2010 Nobelovu cenu za fyziku.

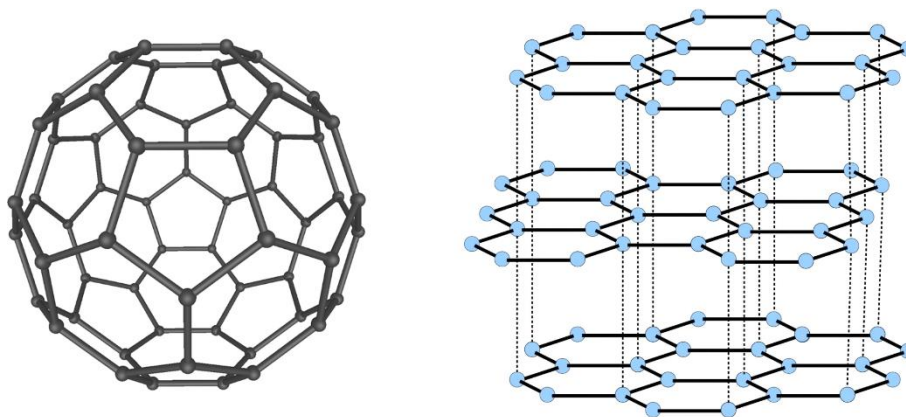
Fullereny

Jinou uhlíkovou strukturou, která si vysloužila značnou publicitu, jsou prostorové molekuly vytvářející nejčastěji šestiúhelníkovou síť – tzv. fullereny. Nejznámějším zástupcem této skupiny je pravděpodobně tzv. buckminsterfulleren, který byl objevený v 80. letech a je složen z 60 atomů uhlíku rozmístěných na sféře, čímž vzniká jeho charakteristický tvar nápadně připomínající fotbalový míč (obr. 1 vlevo). Pro současnou vědu jsou fullereny zajímavé svým potenciálním využitím v medicíně například při léčbě rakoviny či viru HIV [3] či – po nadopování vhodnými kovy – svými supravodivými vlastnostmi [4].

Grafit

S grafitem, o kterém bude dále tento příspěvek pojednávat, se typicky setkáváme už od útlého dětství, ve kterém jsme se naučili psát obyčejnou tužkou. Školní prostředí pak nabízí nové kontexty – grafitové elektrody používané při elektrolýze nebo v obloukové lampě, grafit jako moderátor ve starších typech varných jaderných reaktorů, grafit coby příklad minerálu krystalizujícího v šesterečné soustavě atd. Koneckonců, jde o nejčastější a nejstabilnější formu uhlíku [5].

Fyzikální vlastnosti grafitu jsou – stejně jako u předcházejících forem uhlíku – předurčeny jeho strukturou, kterou tvoří vzájemně rovnoběžné roviny silně kovalentně vázaných uhlíků. Grafit si tak vlastně můžeme představit jako „na sebe naskládané“ vrstvy grafenu. Protože tyto vrstvy jsou navzájem jen slabě spojeny van der Waalovými silami (viz obr. 1 vpravo), mohou se jednotlivé roviny v důsledku smykového tření oddělovat a umožňovat tak psaní na papír.



Obrázek 1 - Vlevo struktura buckminsterfullerenu [6], vpravo struktura grafitu [7]

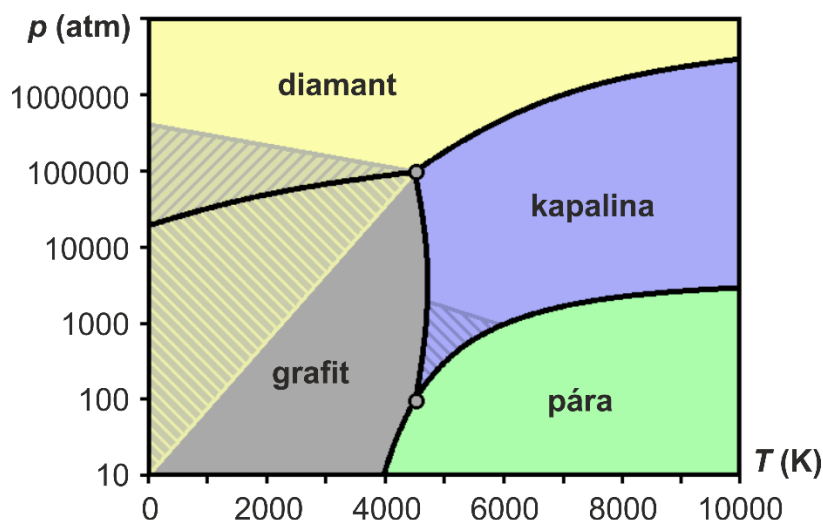
Zřejmá anizotropie grafitu vede k tomu, že některé jeho vlastnosti jsou silně směrově závislé. Například tepelná i elektrická vodivost jsou ve směru rovnoběžném s grafenovými rovinami velmi dobré (v případě tepelné vodivosti dokonce srovnatelné s mědí či stříbrem), zatímco ve směru kolmém na ně je grafit považován za tepelný i elektrický izolant [8].

Diamant

Jeden z nejtvrdějších nerostů (na Mohsově stupnici tvrdosti definuje stupeň 10) krystalizující v krychlové soustavě není třeba dlouze představovat, ve fyzice patří v některých ohledech mezi rekordmany. Vysoký index lomu (cca 2,4) způsobuje díky normální disperzi výrazný lom bílého světla a tím i třpytivý jas tohoto drahokamu, součinitel tepelné vodivosti přes $2000 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ z něj dělá lídra mnoha fyzikálních tabulek (...i cenových žebříčků aukcí drahých kamenů).

Z grafitu na diamant a nazpět...

Vzhledem k tomu, že zdaleka nejběžnějšími formami uhlíku jsou právě diamant a grafit, nabízí se otázka, za jakých podmínek může dojít k fázovému přechodu mezi nimi. Odpověď nejsnáze nalezneme při pohledu do fázového diagramu uhlíku (obr. 2), ale není příliš jednoznačná – křivka fázové rovnováhy mezi diamantem a grafitem je na něm sice jasně patrná, ale v jejím okolí existují rozsáhlé oblasti teplot a tlaků, kdy obě fáze koexistují – na obrázku 2 jsou znázorněny šrafovanými oblastmi. Tak lze vysvětlit, že přestože v oblasti běžných teplot a tlaků by nejstabilnější fází uhlíku měl být grafit, může při nich existovat (metastabilně) i diamant a jeho tendence měnit se na grafit je zanedbatelná. Podobně, pokud bychom chtěli zvyšováním tlaku změnit grafit na diamant, je třeba dostat se s tlakem výrazně nad hranici fázové rovnováhy, až nad šrafovanou oblast koexistence.



Obrázek 2 - Fázový diagram uhlíku – převzato z [9] a přeloženo

Taje grafit?

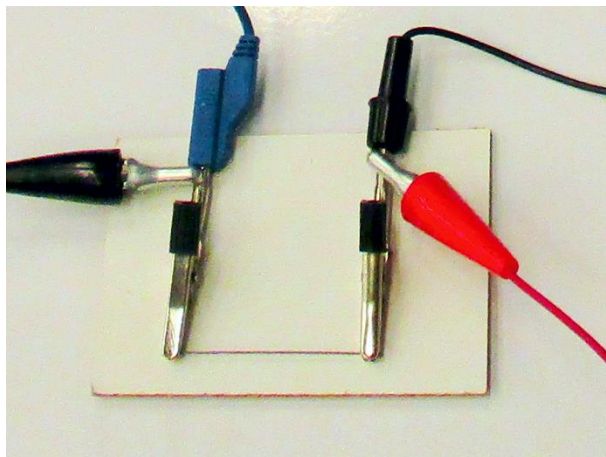
Uhlík bývá někdy uváděn jako příklad látky s vysokou teplotou tání, někdy dokonce jako prvku s nejvyšší teplotou tání. Údaj o teplotě tání uhlíku zmiňují jak mnohé matematicko-fyzikální tabulky, tak některé učebnice (např. [10]). Pohled na fázový diagram na obr. 2 ovšem naznačuje, že tento údaj by měl být vždy doplněn informací o tlaku, pro který je teplota tání udávána. Za běžných tlaků uhlík/grafit totiž netaje, ale sublimuje přímo do plynného skupenství. O tání lze hovořit pouze pro tlaky vyšší než je cca 110 atmosfér, kdy se dostáváme nad trojný bod grafit-pára-kapalina; teplota tohoto trojného bodu je podle [11] 4800-4900 K.

Demonstrace diamagnetismu

Pyrolytický grafit je látkou, která patří společně bismutem k nejsilnějším běžně dostupným diamagnetikům – je ovšem vhodné poznamenat, že i tak je jeho relativní permeabilita dle [12] rovna 0,9996, tj. schopnost odpuzovat magnety není nijak výrazná. Stačí ovšem k tomu, aby bylo možné demonstrovat levitaci nad silnými neodymovými magnety – z tohoto důvodu jsou destičky z pyrolytického grafitu hlavní postavou mnoha videí na YouTube, která se diamagnetickou levitací zabývají. Stejný efekt, byť v méně působivé variantě, lze dokonce ukázat i s obyčejnou tuhou za předpokladu, že není dopována železem – takový experiment je popsán v elektronické Sbírce pokusů [13] zásluhou RNDr. Věry Koudelkové, Ph.D.

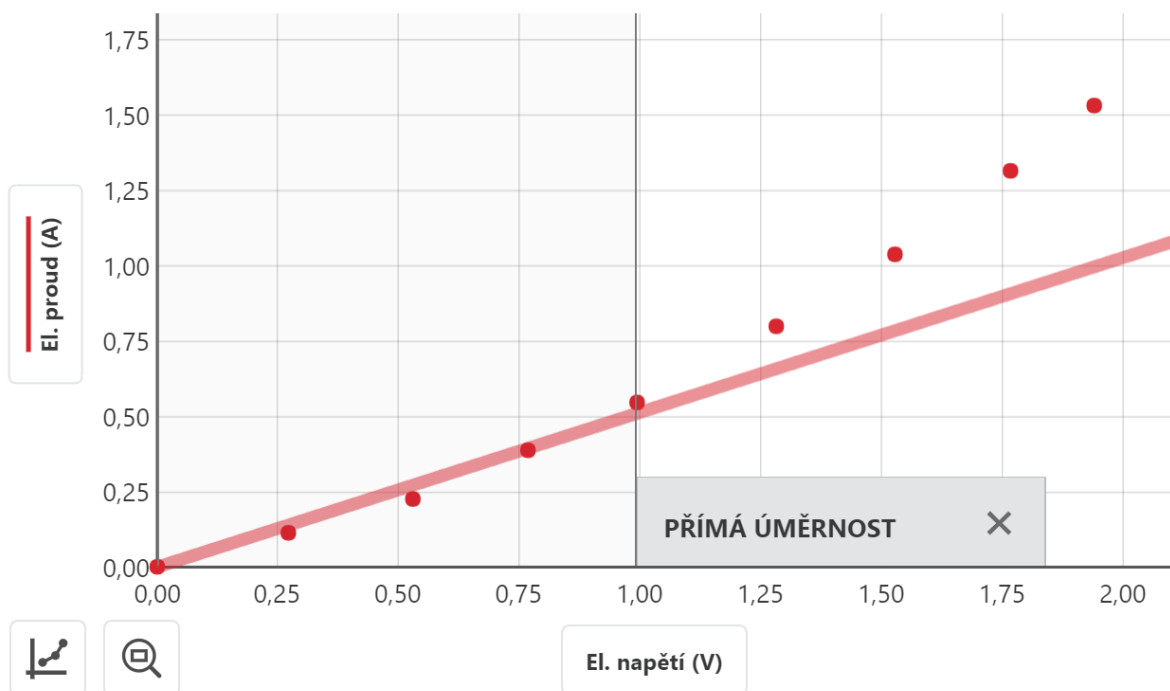
Jak se mění rezistivita grafitu s teplotou

Grafit je řazen mezi látky s polovodivým chováním – s rostoucí teplotou tedy jeho elektrický odpor klesá. Tuto vlastnost lze prokázat například naměřením ampérvoltové charakteristiky obyčejné tuhy do mikrotužky; předtím je ale vhodné tuhu vyžít v plameni, aby byla zbavena vosku a oleje, který obsahuje její povrchová úprava. Uchycení tuhy pomocí dvou zafixovaných krokosvorek ukazuje obr. 3.



Obrázek 3 - Uchycení tuhy v experimentu

Získanou ampérvoltovou charakteristiku ukazuje obr. 4. V tomto konkrétním pokusu byl použit regulovatelný zdroj napětí a tuha tvrdosti HB o tloušťce 0,7 mm a délce 60 mm, pro měření napětí a proudu pak byla využita voltmetr Vernier DVP-BTA a ampérmetr Vernier HCS-BTA (určený pro vyšší proudy). Ze závislosti je patrné, že pro vyšší napětí (a tedy i proudy a teplotu grafitu) se ampérvoltová charakteristika odklání do oblasti vyšších proudů, než které předpovídá Ohmův zákon – při vyšší teplotě je tedy elektrický odpor tuhy menší než při teplotě pokojové.

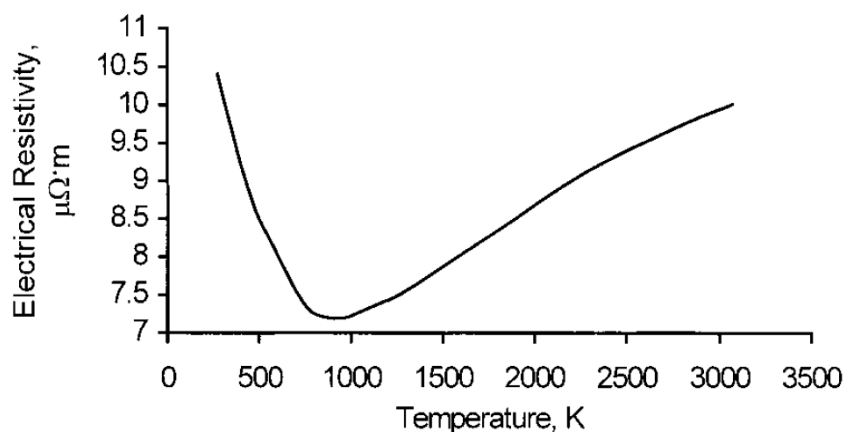


Obrázek 4 - Ampérvoltová charakteristika tuhy do mikrotužky

Z lineární části takto naměřené závislosti lze odhadnout rezistivitu tuhy při pokojové teplotě. Směrnice přímky proložené lineárním úsekem uvedeného grafu je přibližně 0,51 A/V, z čehož lze odhadnout odpor tuhy (včetně vlivu přívodních vodičů a přechodových odporů) jako přibližně 2 Ω . Pokud budeme předpokládat homogenitu tuhy, dopočítáme

se z jejích rozměrů (délka zapojená do obvodu $l \approx 50$ mm, poloměr tuhy $r = 0,35$ mm) k rezistivitě přibližně $1,5 \cdot 10^{-5} \Omega\text{m} = 15 \mu\Omega\text{m}$. Pro srovnání, tabulky [14] udávají ve směru grafenových rovin rezistivitu cca $10 \mu\Omega\text{m}$. V souvislosti s tímto rozdílem lze samozřejmě diskutovat čistotu grafitu v běžné tuze, vliv odporu přívodních vodičů, přechodové odpory apod.

Profesionální měření ovšem ukazují, že pokles rezistivity se okolo teploty 770 K zastavuje a pro vyšší teploty dochází opět k jejímu růstu, jak naznačuje graf na obr. 5. V okolí 3000 °C je rezistivita grafitu znovu podobná jako při pokojové teplotě.



Obrázek 5 - Teplotní závislost rezistivity grafitu (převzato z [15])

Literatura

- [1] Lee J. U. a kol.: *Thermal conductivity of suspended pristine graphene measured by Raman spectroscopy*. Physics Review B, 83(8), 081419, 2011.
- [2] Balandin A. A. a kol.: *Superior Thermal Conductivity of Single-Layer Graphene*. Nanoletters, 8(3), 902-907, 2008.
- [3] Bakry R. a kol.: *Medicinal applications of fullerenes*. International Journal of Nanomedicine, 2(4), 639-649, 2007.
- [4] Ambrož A. *Úvod do chemie nových materiálů – studijní text pro střední školy*. Bakalářská práce na PřF UK, 2008.
- [5] Falk K.: *Co je nového ve fyzice*. Nová beseda, Praha, 2018.
- [6] <https://en.wikipedia.org/wiki/Fullerene>
- [7] <https://vacaero.com/information-resources/vac-aero-training/6964-dry-lubricants-vacuum-service.html>
- [8] Slack G. A.: *Anisotropic Thermal Conductivity of Pyrolytic Graphite*. Physics Review, 127(3), 694-701, 1962.
- [9] https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Carbon_basic_phase_diagram.png
- [10] Holubová R., Richterek L. a Kubínek R.: *Fyzika III – 1. díl*. Olomouc, Prodos, 2012.
- [11] Savvatimskiy A.: *Carbon Triple Point (Graphite/Liquid/Vapor)*. In: Carbon at High Temperatures, Springer Series in Materials Science, 134, Springer, Cham, 2015.
- [12] <https://en.wikipedia.org/wiki/Diamagnetism>

- [13] <http://fyzikalnipokusy.cz/1877/levitujici-tuha---demonstrace-diamagnetismu>
- [14] Mikulčák J. a kol.: *Matematické, fyzikální a chemické tabulky a vzorce pro střední školy*. Praha, Prometheus, 2003.
- [15] Jiang S., Horn T. J. a Dhir V.K. *Numerical Analysis of a Radiant Heat Flux Calibration System*. International Jou

Mnemotechnické pomůcky v astronomii

OTA KÉHAR

Fakulta pedagogická Západočeské univerzity v Plzni

Mnemotechnická pomůcka je zpravidla slovní nebo grafická konstrukce, která umožňuje snazší zapamatování nebo zpracování informace mozkiem, většinou pomocí nějakých přidružených představ nebo jiných snáze zapamatovatelných informací. Často se užívá k zapamatování nějakých seznamů. V příspěvku se podíváme na řadu mnemotechnických pomůcek, které jsou více či méně vhodné na zapamatování různých astronomických jevů, seznamů vesmírných těles, spektrálních tříd apod. Domnívám se, že právě tyto pomůcky mohou výuku astronomických znalostí oživit a v řadě případů i usnadnit.

Mnemotechnická pomůcka

Za mnemotechnickou pomůcku považujeme slovní nebo grafickou konstrukci, která podporuje zapamatování či zpracování informace mozkiem pomocí přidružení představ nebo jiných informací. Pojem mnemotechnika pochází z latinského slova „ars memoria“, čili umění paměti. Používá se často k zapamatování různých seznamů. Díky mnemotechnickým pomůckám jsme schopni si vrýt do paměti jinak těžko zapamatovatelná data nebo abstraktní pojmy. Obvykle jsou postaveny na základě vlastních asociací, proto nejlépe fungují ty, které si sami vytvoříme. Jedním z předpokladů je, aby byla informace smysluplná. Mnohem snáze si zapamatujeme to, co nám dává nějaký smysl. Například si zkusme během několika sekund zapamatovat následující písmena: Á, Č, E, É, I, N, R, R, Ř, T, T, V, Y. Není to snadné. Ani výrazně nepomůže, že jsou písmena seřazená podle abecedy. Nicméně pokud písmena seřadíme jinak: TŘI ČERNÉ VRÁNY, nyní je jejich zapamatování mnohem snazší. Další předpoklad spočívá v tom, že lidská paměť funguje na asociačním principu. Jestliže si můžeme nově přicházející informaci spojit s něčím, co už známe, zapamatujeme si novou informaci snadněji. Například vitamíny rozpustné v tucích: A, D, E, K. Jistě nás hned napadne asociace se slovem zadek. Je ovšem nutné dávat pozor na to, abychom si mnemotechnickou pomůcku nepopletli a posléze netvrdili, že vitamíny rozpustné v tucích jsou R, D, E, L. Proto bych doporučil, abychom v tomto případě raději použili pomocné slovo DEKA.

V další části příspěvku se zaměříme zejména na takové mnemotechnické pomůcky, které mají nějakou souvislost s astronomickým tématem.

Světové strany (anglicky)

Pro snazší zapamatování anglických slov jednotlivých světových stran se hodí slovo „NEWS“, které obsahuje všechna počáteční písmena světových stran: N (North, sever), E (East, východ), W (West, západ) a S (South, jih). Jen je nutné dát pozor na to, v jakém pořadí jsou na směrové růžici (obr. 1). Pokud si ovšem toto pořadí osvojíte, může to velmi usnadnit anglické pojmenovávání světových stran.



Obr. 1 - Směrová růžice s anglickými písmeny jednotlivých světových stran.

Zdroj: ipep.gymcheb.cz/press/?page_id=59

Poloměr Země

Mnemotechnická pomůcka (v tomto případě se jedná o akrostikum) k zapamatování rovníkového poloměru Země je „Šetři se osle“, kde každá slabika je nápovědou daného čísla, ŠE=6 TŘI=3 SE=7 OSle=8, 6 378 km. Pomůcka ovšem neobsahuje informaci o fyzikální jednotce, v jaké je hodnota rovníkového poloměru Země uvedena. Zároveň by měl být učitel shovívavý, aby tuto větu nepochopil jinak, než jak ji žák myslel.

Spektrální třídy hvězd a efektivní teplota

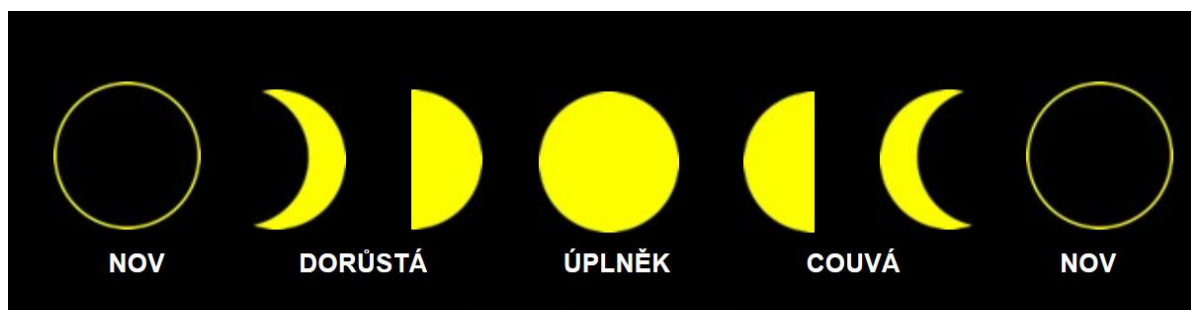
Harvardská spektrální klasifikace je jednodimenzionální klasifikační schéma založené na spektrálních charakteristikách hvězd. Původní klasifikace spekter používala písmena od A v abecedním pořadí, ale postupně se zjistilo, že některé spektrální třídy neexistují. Spektrální třída hvězdy popisuje ionizaci chromosféry hvězdy, a proto umožňuje určit její efektivní teplotu. Většina hvězd je v současné době řazena v posloupnosti podle písmen O, B, A, F, G, K, M. Jedná se o teplotní posloupnost, hvězdy spektrální třídy O jsou nejteplejší, jejich povrch dosahuje teplot 25 000 K a jejich povrch odpovídá modré barvě. Naopak hvězdy spektrální třídy M jsou nejchladnější, teplota okolo 2 000 K, a jejich povrch je červený. Pro zapamatování barev u nejteplejších a nejchladnějších hvězd lze použít vodovodní baterii, kde modrá barva je pro studenou vodu, červená barva je použita pro horkou vodu. U hvězd je to ovšem přesně naopak.

Mnemotechnická pomůcka pro zapamatování pořadí spektrálních tříd: „Oh, Be A Fine Girl, Kiss Me.“ (česky: Ó, buď hodná dívka, polib mě). Kdyby někdo potřeboval genderově vyváženou variantu, může místo slova „girl“ použít „guy“ (chlapec) nebo „gentleman“. Další alternativou je „One Bug Ate Five Green Killer Months.“ Existují i české verze: „Ó buď aspoň frajere galantní ke mně.“ nebo „Olda Bude Asi Fňukat, Gustave, Kup Mu (Lízátko).“ Postupně se přidávají i další spektrální třídy (W, L a T), např. „Whisky Od Babičky Anastázie – Fantasticky Geniální Koupě – Moderní Léčivo Traumat“

Měsíční fáze

Měsíční fáze rozlišujeme podle toho, jak velká část Měsíce ozářená Sluncem je pozorována ze Země. To se mění vlivem oběhu Měsíce kolem Země. Máme čtyři hlavní měsíční fáze:

- Nov (někdy taky nový měsíc) je fáze, kdy se Měsíc nachází mezi Sluncem a Zemí. Měsíc je k Zemi přivrácen neosvětlenou stranou.
- První čtvrt. Po novu před úplňkem připomíná Měsíc tvar písmene D (obr. 2), říká se o něm, že dorůstá.
- Úplněk. Měsíc se nachází na opačné straně než Slunce. K Zemi je přivrácen osvětlenou stranou.
- Poslední čtvrt. Po úplňku před novem připomíná Měsíc tvar písmene C (obr. 2), říká se o něm, že couvá.



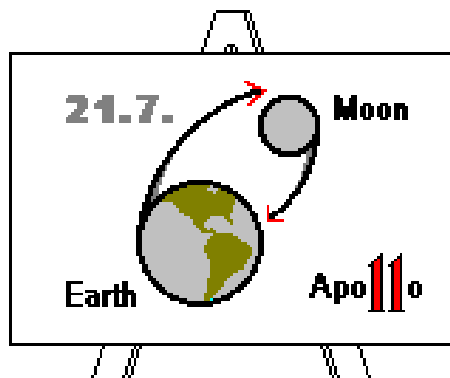
Obr. 2 - Měsíční fáze

V první čtvrti má Měsíc na obloze tvar půlkruhu připomínající velké tiskací písmeno D, v poslední čtvrti má Měsíc na obloze tvar opačného půlkruhu (oblouk má podobu velkého tiskacího písmene C). Pro rozlišení první a poslední čtvrti se používají v Čechách, na Slovensku i v Německu mnemotechnické pomůcky. V Čechách a na Slovensku je mnemotechnická pomůcka odvozená od velkých písmen D a C (dorůstá – couvá, resp. dorůstá – cúva), v Německu od malých psacích písmen ve švabachu (zunehmen – abnehmen). Podobné pravidlo ve Francii je odvozeno od malých tiskacích písmen (première – dernière). Uvedené tvary jednotlivých fází Měsíce jsou však typické pouze pro severní zeměpisné šířky. Na jižní polokouli se měsíční kotouč pohybuje opačným směrem, nov i úplněk vypadají stejně jako v severních zeměpisných šířkách, ale tvary první a poslední čtvrti jsou opačné: první čtvrt má oblouk osvětlené části Měsíce ve tvaru velkého tiskacího písmene C, poslední čtvrt naopak odpovídá tvarem velkému tiskacímu písmeni D. Ještě složitější je situace v rovníkových oblastech. I zde vypadá nov i úplněk stejně jako na ostatních místech Země, ale první a poslední čtvrti vypadají zcela odlišně než v severních i jižních zeměpisných oblastech. Měsíc v první čtvrti vychází v podobě „tunelu“, tedy s obloukem ve tvaru velkého písmene řecké abecedy omega Ω . Zapadá však s obloukem ve tvaru velkého tiskacího písmene U. To je způsobeno tím, že při průchodu nejvyšším bodem své dráhy na obloze se musí pozorovatel otočit. V poslední čtvrti vychází měsíční kotouč s obloukem ve tvaru velkého U a zapadá s obloukem ve tvaru velkého písmene Ω .

V latině se fáze dorůstání označuje jako *cresco* (rostu), fáze ubývání jako *decreasco* (zmenšuji se), tvar Měsíce tak ukazoval na opačnou fázi. Z tohoto důvodu byl Měsíc nazýván největším lhářem (*Luna mendax maximus*).

Lidi na Měsíci

Na obr. 3 je mnemotechnická pomůcka sloužící ke snadnějšímu zapamatování roku, kdy lidé poprvé přistáli a prošli se po měsíčním povrchu. Číslo 69 sleduje dráhu letu.



Obr. 3 - Dráha letu Apollo 11

Zdroj: www.eudesign.com/mnems/apollo.htm

K prvním krokům člověka na Měsíci došlo 21. července 1969 ve 2:56 GMT, když astronaut Apollo 11 Neil Armstrong opustil Lunární modul, který přistál na Měsíci o den dříve. Apollo je název programu, jehož cílem bylo přistání lidí na Měsíci. Chcete-li si vzpomenout, který let Apollo byl tím prvním přistáním s posádkou, stačí si vzpomenout na „dvojitě 1“ jako číslo (11) v názvu APO11O. Naopak pro posádku Apollo 11 si vzpomeňte na písmena A–B–C, aneb Neil Armstrong, Buzz Aldrin, Michael Collins.

Měsíc (časový interval)

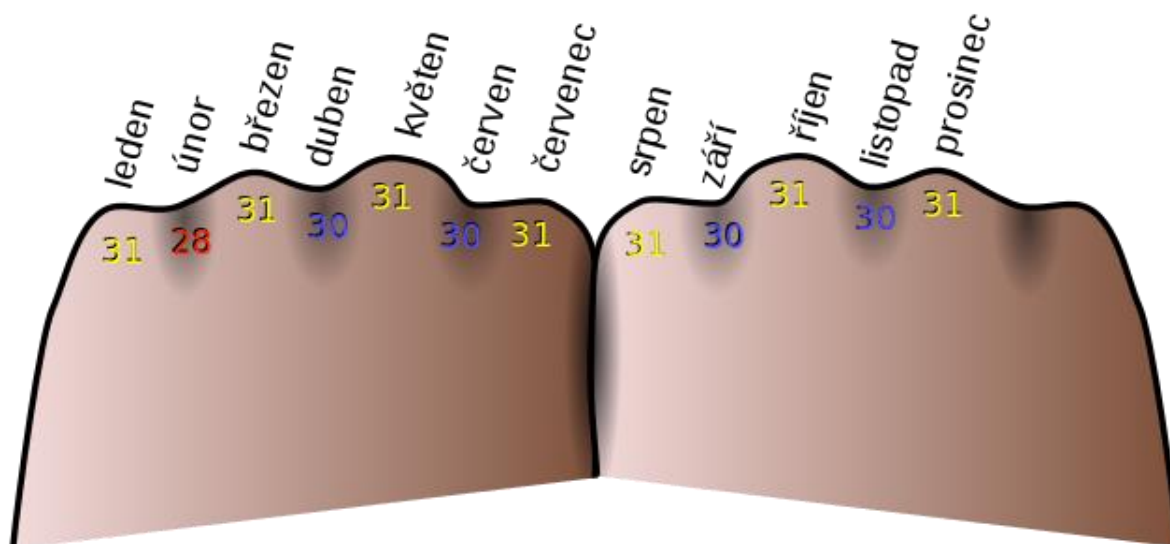
Z oběhu Měsíce kolem Země se v astronomii odvozují následující časové intervaly:

- drakonický měsíc (27,2 dne) je doba oběhu Měsíce vzhledem vzestupnému uzlu;
- siderický měsíc (27,3 dne) je doba oběhu Měsíce vzhledem k hvězdám;
- anomalistický měsíc (27,5 dne) je doba oběhu Měsíce vzhledem k perigeu;
- synodický měsíc (29,5 dne) je doba mezi stejnými fázemi Měsíce, jak se jeví ze Země.

Pokud bychom hledali mnemotechnickou pomůcku pro zapamatování pořadí podle délky měsíce vzestupně, lze použít začátky názvů jednotlivých intervalů (Dra Sid An Syn), přičemž si můžeme vytvořit fiktivní postavu se jménem Drasid Ansyn.

Délka kalendářních měsíců

Jednoduchou pomůcku pro zapamatování počtu dní jednotlivých měsíců máme na pravé a levé ruce – zatnutím pěstí v obou rukách a jejich přiložení k sobě vzniknou pomyslné vrcholy a prohlubně. Vrcholy všech kloubů symbolizují měsíc s 31 dny a prostory mezi klouby (prohlubně) symbolizují měsíc s 30 nebo 28/29 dny (u únoru).



Obr. 4 - Pomůcka klouby prstů pro určení počtu dnů, vlevo je levá ruka, vpravo pravá
Zdroj: [commons.wikimedia.org/wiki/File:Month_-_Knuckles_\(cs\).svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Month_-_Knuckles_(cs).svg)

- Leden = 31 dní (vrchol kloubu levého malíčku)
- Únor = méně než 31 dní, což znamená 28 dní pro běžný rok nebo 29 dní pro přestupný rok (prohlubeň mezi klouby levého malíčku a prsteníku)
- Březen = 31 dní (vrchol kloubu levého prsteníku)
- Duben = 30 dní (prohlubeň mezi klouby levého prsteníku a prostředníku)
- Květen = 31 dní (vrchol kloubu levého prostředníku)
- Červen = 30 dní (prohlubeň mezi klouby levého prostředníku a ukazováku)
- Červenec = 31 dní (vrchol kloubu levého ukazováku)
- Srpen = 31 dní (vrchol kloubu pravého ukazováku)
- Září = 30 dní (prohlubeň mezi klouby pravého ukazováku a prostředníku)
- Říjen = 31 dní (vrchol kloubu pravého prostředníku)
- Listopad = 30 dní (prohlubeň mezi klouby pravého prostředníku a prsteníku)
- Prosinec = 31 dní (vrchol kloubu pravého prsteníku)

Názvy planet Sluneční soustavy

Kolik planet Sluneční soustavy známe? Lidé určitého věku instinktivně na tuto otázku pravděpodobně odpoví, že „devět!“, protože mezi roku 1930, kdy bylo Pluto objeveno, a rokem 2006, kdy bylo přeřazeno do kategorie trpasličích planet, to byla jednoznačně správná odpověď. To, že je Země jednou z devíti planet obíhajících kolem Slunce ve velkých vzdálenostech nejenom od Slunce, ale i navzájem, byl fakt, který se učili žáci po celém světě, velmi často již na základní škole. Pokud byste o Sluneční soustavě nevěděli nic jiného, určitě jste si pamatovali, kolik planet máme. Zvědavější žáci se snažili naučit jména těchto planet a nějaké podrobnosti o nich.

Jednou z užitečných věcí je, pokud už se lidé učí jména planet, obvykle se je naučí v pořadí od nejbližší po nejvzdálenější, tzn. se zvyšující se vzdáleností od Slunce. Jestliže by to někomu činilo potíže, může použít nějakou mnemotechnickou pomůcku, kterých je v současnosti chvíli bezpočet. Zároveň by nás to nemělo odradit o vymýšlení si svých vlastních pomůcek.

Pořadí planet Sluneční soustavy podle vzdálenosti od Slunce je: Merkur, Venuše, Země, Mars, Jupiter, Saturn, Uran, Neptun. V případě anglických názvů: Mercury, Venus, Earth, Mars, Jupiter, Saturn, Uranus, Neptune. Někdo si toto pořadí jednoduše zapamatuje, aniž by k tomu potřeboval nějaký zvláštní trik nebo pomůcku, pro někoho to bude obtížnější a bude si muset pomoci s nějakou větou sestávající z osmi slov, jejichž první písmena jsou stejná jako první písmena planet.

První písmena názvů planet jsou v českém jazyce: M V Z M J S U N, resp. v angličtině M V E M J S U N. Na první pohled je zřejmé, že tato písmena bohužel netvoří žádné slovo nebo alespoň něco, co lze snadno vyslovit. Naproti tomu známe NASA, laser či sonar, což jsou zkratky – slova vytvořená z prvních písmen termínu, který je plně popisuje.

Oblíbená mnemotechnická pomůcka je „**My Very Educated Mother Just Served Us Nougat**“ (Moje velmi vzdělaná matka nám právě servírovala nugát). Jestliže by někdo požadoval verzi bez sladkostí, může nugát nahradit nudlemi, potom to bude „**My Very Educated Mother Just Served Us Noodles**“. Obě varianty byly upraveny z verze, která ještě obsahovala devátou planetu (Pluto): „**My Very Educated Mother Just Served Us Nine Pizzas**“. Jestliže bychom chtěli vytvořit variantu i se všemi aktuálními trpasličími planetami (Ceres v pásu planetek mezi Marsem a Jupiterem a Haumea, Makemake a Eris, všechny v Kuiperově pásu za Plutem), pak bychom potřebovali 12 slov: „**My Very Educated Mother, Crying, Just Served Us Nine Pizzas, Heating My Esophagus**“ (Moje velmi vzdělaná matka, plačící, nám právě servíruje devět pizz, ohřívající můj jícn; poznámka: v britské angličtině se jícn píše Oesophagus, zatímco v americké angličtině je to právě Esophagus, tato pomůcka vznikla od čtenáře New York Times).

Další více či méně povedené mnemotechnické pomůcky na zapamatování pořadí planet Sluneční soustavy jsou na obr. 5.

Make Venus Eat My Jello, Serena's Up Next**	My Very Educated Mother Just Served Us Noodles**
Many Very Early Men Just Sat Under Native Palms	My Very Educated Mother Just Served Us Nine Pizzas
Many Violent Evil Maniacs Join Swiftly Under Nationalism**	My Very Educated Mother Just Showed Us Nine Planets
Mary's Violet Eyes Make Johnny Stand Up Now, Period	My Very Elderly Mother Just Sat on Uncle Ned's Parrot
Men Very Easily Make a Jug Serve Useful Needs**	My Very Empty Mouth Just Swallowed Up Nice Pineapples
Mercury Viewed Earth's Many Aspects Joyfully Sitting Under Neptune**	My Very Energetic Mouse Jumped Straight Up Nelly's Pants
Mom Visits Every Monday, Just Stays Until Noon, Period	My Very Energetic Mother Jumps Seven Umbrellas Nearly Perfectly
Most Volcanoes Erupt Mulberry Jam Sandwiches Under Normal Pressures	My Very Energetic Mother Just Served Us Nine Pickles
Most Volcanoes Erupt Mulberry Jam Sandwiches Under Neptune**	My Very Energetic Mother Just Served Us Nine Pizzas
Mother Very Eventfully Made a Jelly Sandwich Under No Protest	My Very Enthusiastic Mockingbird Just Sat Under Nancy
Mums Very Easy Map Just Shows You North**	My Very Evil Mother Just Smacked Unicorn's Nose**
My Very Eager Mother Just Served Us Nachos**	My Very Excellent Mother Just Served Us Nine Pizzas
My Very Easy Method Join Stampy Until Nighttime	My Very Excited Mother Just Sat Upon Needles (and Pins)
My Very Easy Method Just Set Up Nothing**	My Very Eyes May Just See Under Nine Planets
My Very Easy Method Just Simplifies Us Naming Planets	My Vicious Eagle, Margo, Just Survived Ukraine's Nuclear Poisoning
My Very Easy Method Just Speeds Up Naming Planets	Muggles' Vuggles Enable Muggle Jugglers So Uggles Nuggle Ptuggle
My Very Easy Method, Just Say You kNow Planets	some Mothers Vanish Through Making a believable Jester, So Uniforms' Names Pride
My Very Easy Method: Just Sleep Until Noon**	Start My Vehicle. Experience Marathon Journeys. See Undiscovered New Places.
My Very Easy Method Just Speeds Up Naming Planets	
My Very Easy Method: Just SUN**	
My Very Easy Mother Just Sat on Uncle Ned!**	
My Very Educated Mother Just Served Us Nachos**	
My Very Educated Mother Just Served Us Nectarines**	

Obr. 5 - Mnemotechnické pomůcky pro pořadí planet

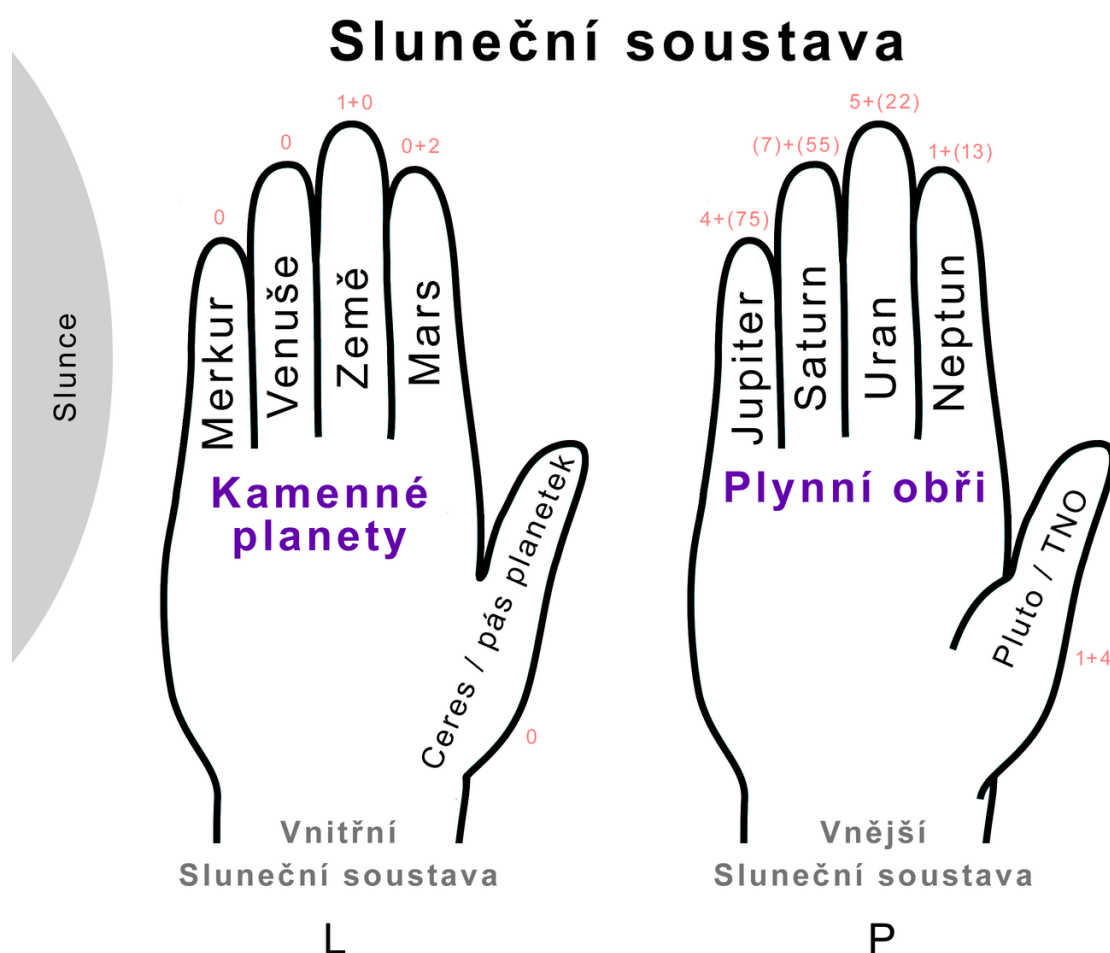
Zdroj: www.mnemonic-device.com/astronomy/mnemonic-device-to-remember-the-planets-orbiting-the-sun/

Pravděpodobně nejjednodušší bude verze: „**My Very Easy Method: Just SUN**“ (Moje velmi jednoduchá metoda: právě Slunce).

Výše uvedené mnemotechnické pomůcky se hodí pro anglické názvy planet, i když až na název Země, která je v angličtině Earth, lze použít i v českém jazyce. Nicméně lze najít i ryze českou verzi: „**Míč Vzlít Za Mnou, Já Se UhNul**“ (poznámka: takto je pomůcka uvedena ve zdroji, správně z pohledu českého pravopisu by mělo být Vzlítl nebo Vzlétl), „**Moje velmi zajímavá myšlenka je snad úplně nanic**“, „**Máme výbornou zmrzlinu míchanou jedinečnými upocenými nemehly**“ nebo ještě s Plutem: „**Mžikem Všichni Zjistit Mohou Jak Stanovit Uspořádání Našich Planet**“, „**Můj veršující zubr mísí jásavě silné unikátní nedostižné pálenky**“ nebo „**My všichni zemědělci máme jistou stravu u naší plotny**“.

Na obr. 6 je znázorněna ruční mnemotechnická pomůcka, která pomáhá žákům v orientaci ve Sluneční soustavě. Prsty levé ruky představují kamenné planety. Prsty pravé ruky (dlaní nahoru) představují plynné obry, přičemž na prsteníčku je Saturn s výraznými prstenci (poznámka: prstence jinak mají, i když některé nepříliš výrazné, všechny plynné planety). Levý palec znázorňuje trpasličí planetu Ceres, která se nachází v hlavním pásu planetek. Pravý palec patří trpasličí planetě Pluto spolu s dalšími transneptunickými tělesy. Všechny prsty včetně palce levé ruky představují vnitřní část Sluneční soustavy, pravá ruka vnější část Sluneční soustavy. Měsíce a systémy prstenců každé planety a trpasličí planety jsou označeny červeně. Celkový počet měsíců je rozdělen do dvou částí, z nichž první číslo představuje počet velkých měsíců, které jsou kulaté díky hydrostatické rovnováze, druhé číslo je zbývající počet známých měsíců, které nejsou v hydrostatické rovnováze. Toto rozdělení je možné zjednodušeně nazvat

„velké“ a „malé“ měsíce. Sady závorek označují hlavní a vedlejší systémy prstenců a jsou výhradně použity pro plynné obry. Uran vyčnívá, protože zatímco pro planety a dvě zobrazené trpasličí planety se používají jména římských bohů, Uran je řecký (římský ekvivalent je Caelus). Model neobsahuje další objekty Sluneční soustavy jako jsou planety, komety, meteoroidy apod.



Obr. 6 - Ruční mnemotechnická pomůcka znázorňující objekty ve Sluneční soustavě
 Zdroj: commons.wikimedia.org/wiki/File:Solar_System_Hand_Mnemonic.png, překlad do českého jazyka autor příspěvku

Část věnovanou mnemotechnickým pomůckám určených pro pořadí různých objektů Sluneční soustavy podle velikosti začneme nejdříve těmi největšími objekty: „SUN – J – SUN“, aneb Slunce (Sun), pak Jupiter, Saturn, Uran, Neptun s rovníkovými průměry 1 400 000 km, 143 000 km, 121 000 km, 51 000 km a 50 000 km. Není jistě náhodou, že všech pět těles jsou plynné objekty složené ze 75 % až 90 % z vodíku. Čtyři planety jsou plynnými obry. Každá má velkou hmotnost a následně silnou gravitaci, např. Jupiter má 318krát větší hmotnost než Země, ale všechny planety dohromady mají jen 0,1 % hmotnosti Slunce. Obrovská gravitační síla každého plynného obra zabraňuje úniku rychle se pohybujících atomů vodíku, zatímco relativně malé gravitační síly ostatních planet (Země, Venuše, ...) jim umožnilo ztratit před miliardami let vodík a ponechat pouze pevný povrch. Je zajímavé, že pořadí velikostí čtyř plynných obrů odpovídá pořadí vzdálenosti každé planety od Slunce, tj. Sun–x–x–x–x–J–S–U–N–x.

Po Slunci a plynných obrech je dalším (šestým) největším tělesem Země, následuje Venuše, Mars, Ganymedes (měsíc Jupiteru), Titan (měsíc Saturnu), Merkur, Callisto (měsíc Jupiteru), Io (měsíc Jupiteru), Měsíc (měsíc Země), Europa (měsíc Jupiteru), Triton (měsíc Neptunu) a (sedmnácté) Pluto. Tato menší tělesa mají rovníkové průměry (v tisících km): 12,8 (Z), 12,1 (V), 6,8 (M), 5,3 (gJ), 5,2 (tS), 4,9 (M), 4,8 (cJ), 3,6 (iJ), 3,5 (mE), 3,1 (eJ), 2,7 (tN), 2,4 (P). Čtyři ze sedmi největších měsíců krouží okolo Jupiteru, největší planety Sluneční soustavy. Jsou to Io, Europa, Ganymedes a Callisto, známé jako galileovské měsíce, protože je v roce 1601 objevil Galileo Galilei.

Pro pořadí planet (včetně trpasličí planety Pluto) od největší po nejmenší lze použít: „**Jason Sat Under Ninety-Eight Vicious Monster Munching Penguins**“. Naopak od nejmenší po největší: „**Pete's Mother Made Val's Elephant Nestle Under Sam's Jumper**“, „**Plump Mrs. Martian Voted Every Ninth Unicorn Should Jump**“, „**Pop Music Makes Vikings Even Naughtier Until Saxons Jiggle**“ nebo „**Pluto Must Meet Venus Every Night Until Saturn Jumps**“.

Pro pořadí planet (bez měsíců a Pluta) podle velikosti sestupně lze použít: „**Son, JaSUN, EVen MaM!**“ (Slunce–Jupiter–Saturn–Uran–Neptun–Earth (Země)–Venuše–Mars–Merkur). Pro rozlišení velikostí Ganymeda (měsíc Jupiteru), Titanu (měsíc Saturnu) a Tritonu (měsíc Neptunu) zkusme abecední pořadí a říct si: „Titan? Triton? Ganymedes se ujme vedení!“

Galileovské měsíce

Jde o čtyři největší Jupiterovy měsíce (obr. 7). Jejich jména jsou inspirována postavami řecké mytologie: Io, Europa, Ganymedes a Callisto. Jsou to vůbec první nebeská tělesa objevená pomocí dalekohledu, zároveň se jedná o první objevené objekty, které obíhají okolo jiné planety.

Pro zapamatování pořadí dle vzdálenosti od Jupiteru se vytváří různé mnemotechnické pomůcky: „**I Eat Green Carrots**“ (Jím zelenou mrkev) nebo „**I Eat Grandma's Cookies**“ (Jím babičky sušenky).

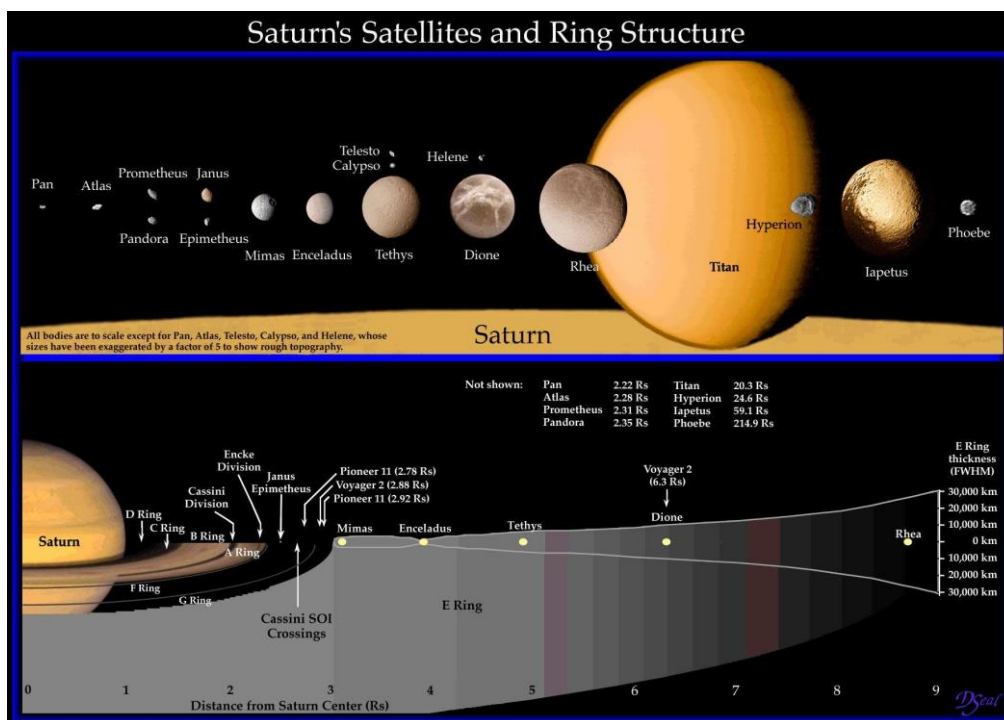
Saturnovy měsíce

Systém Saturnových měsíců je velmi nevyvážený. Jeden měsíc, Titan, tvoří více než 96 % hmotnosti na oběžné dráze okolo planety. Šest dalších elipsoidních měsíců tvoří zhruba 4 % hmotnosti a zbývajících 55 známých malých měsíců společně s prstenci tvoří pouze 0,04 %. Okolo Saturnu obíhá 9 známých ledových měsíců – podle velikosti sestupně: Titan (5 150 km), Rhea (1 530 km), Iapetus (1 470 km), Dione (1 120 km), Tethys (1 060 km), Enceladus (500 km), Mimas (400 km), Hyperion (270 km) a Phoebe (210 km). Podle vzdálenosti od Saturnu je pořadí následující: **Mimas, Enceladus, Tethys, Dione, Rhea, Titan, Hyperion, Iapetus, Phoebe**. A k němu se váže mnemotechnická pomůcka: „**MET DR THIP**“ (Potkal jsem dr. Thipa).



Obr. 7 - Montáž čtyř Jupiterových měsíců na složeném snímku zobrazujícím část Jupiteru (na snímku dole) a jejich relativních velikostí (polohy jsou ilustrativní, nikoli reálné). Zleva: Io, Europa, Ganymedes a Callisto

Zdroj: en.wikipedia.org/wiki/File:Jupiter_and_the_Galilean_Satellites.jpg



Obr. 8 - Saturnovy měsíce a struktura prstenců; všechna tělesa jsou v měřítku kromě měsíců Pan, Atlas, Calypso a Helene, jejichž velikosti byly 5krát zvětšeny, aby byla zřejmá topografie. Division = dělení, např. Cassiniho dělení; Rs = vzdálenost od středu Saturnu (~ 60 tisíc km); Not shown = nejsou zobrazeny vyjmenované měsíce; Ring = prstenec; Thickness = tloušťka; Cassini SOI Crossings = místo vstupu kosmické sondy Cassini na oběžnou dráhu

Zdroj: courses.vcu.edu/PHY-rhg/astron/html/mod/012/satmoons.html

Neptunovy měsíce

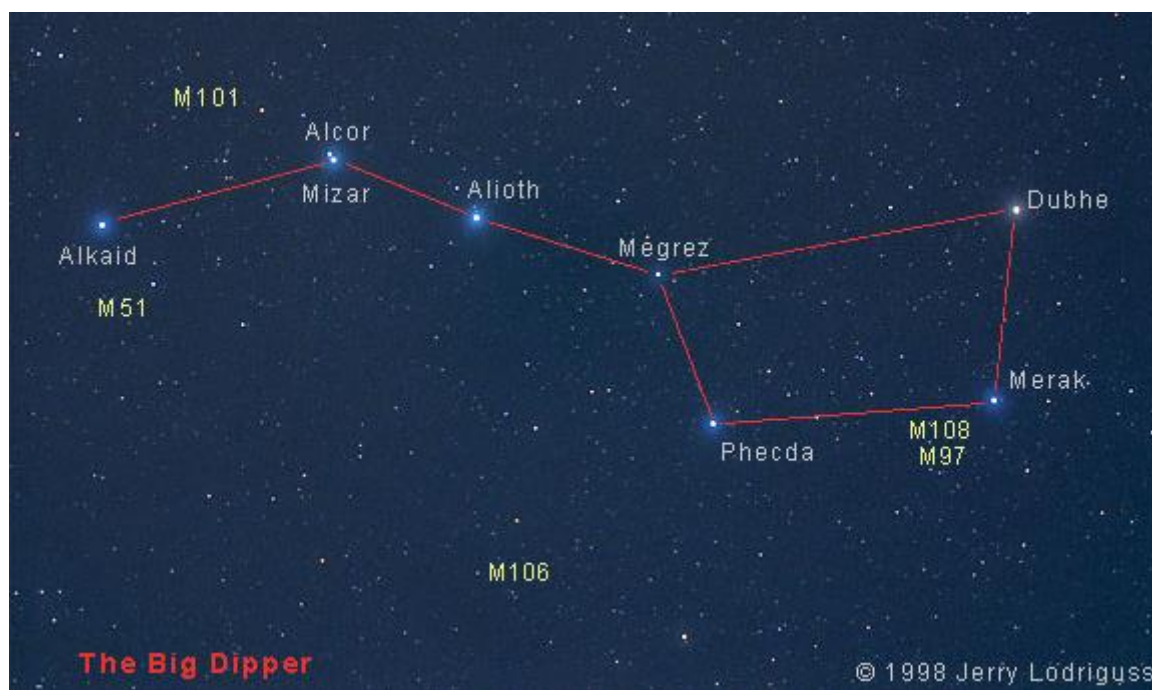
Okolo nejvzdálenější planety Sluneční soustavy obíhá 14 známých měsíců. Největší z nich je Triton, který byl objevený Williamem Lassellem 10. října 1846, pouhých

17 dní po samotném objevu Neptunu. Na objev dalšího měsíce Neptunu si muselo lidstvo počkat déle než jedno století, protože druhý v pořadí byl v roce 1949 objevený měsíc Nereid. Mezi měsíce, které jsou větší než 50 km a relativně blízko planety – do patnáctinásobku poloměru planety, patří: Naiad, Thalassa, Despina, Galatea, Larissa, Proteus, Triton. Pro jejich zapamatování lze použít: „Neptune's Tiny Dancing Girls Look Pretty Tonight“.

Alcor a Mizar

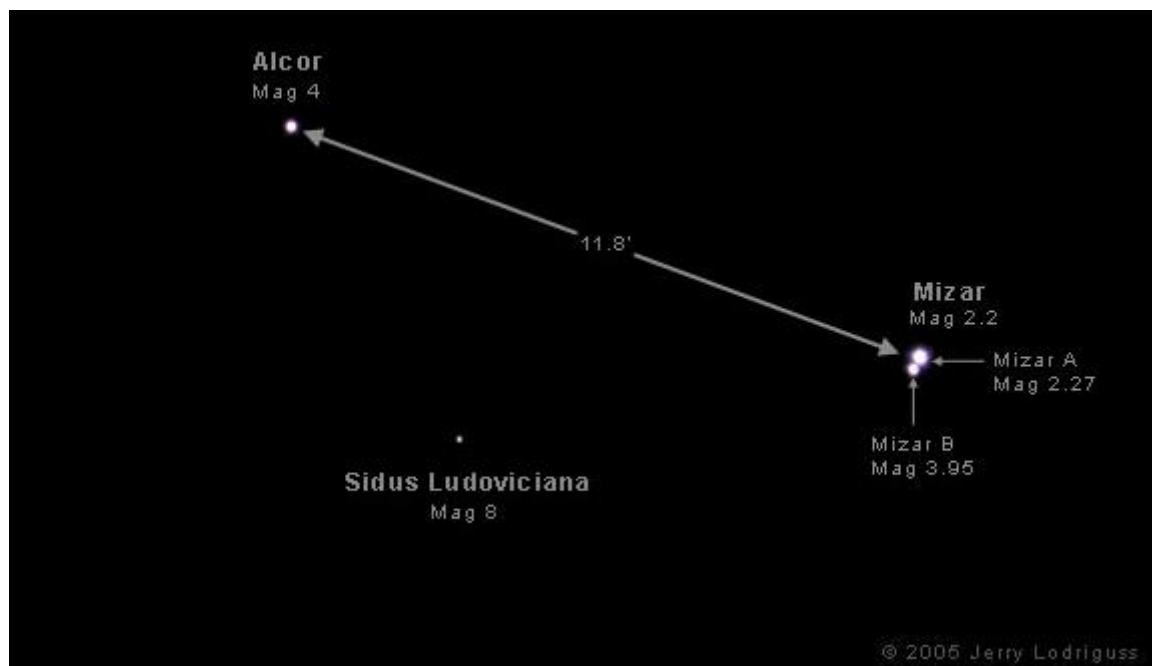
Sedm nejjasnějších hvězd souhvězdí Velké medvědice je známo jako asterismus Velký vůz (obr. 9). Jedna hvězda v oji Velkého vozu je ve skutečnosti optickou dvojhvězdou, kdy i pouhým okem je viditelný Mizar a jeho průvodce Alcor. Tato dvojhvězda je někdy používána jako zkouška ostrosti zraku. Obě hvězdy dělí zhruba 12 úhlových minut (obr. 10). Jasnější z obou hvězd je Mizar, jeho pozorovaná hvězdná velikost je +2,2 mag, zatímco méně jasný Alcor má +4,0 mag.

K jasnosti Alcoru a Mizaru se váže moc pěkná mnemotechnická pomůcka, kterou mi v srpnu 2014, bohužel krátce před svou smrtí, poradil prof. Ivo Volf, který působil na hradecké univerzitě, kde se konal 24. ročník konference Veletrh nápadů učitelů fyziky. Pomůcka zní: „Mizerně pozorovatelný je Alcor.“ Díky Ivovi si od té doby naprosto přesně pamatuji, jak jsou na tom obě hvězdy z hlediska jasnosti.



Obr. 9 - Asterismus Velký vůz

Zdroj: scienceblogs.com/startswithabang/2011/04/18/telescope-give-me-sight-beyond



Obr. 10 - Optická dvojhvězda Alcor a Mizar, vzdálenost a jasnost složek
Zdroj: scienceblogs.com/startswithabang/2011/04/18/telescope-give-me-sight-beyond

Co napsat závěrem...nejlepší mnemotechnická pomůcka je taková, kterou si sami vytvoříme, a tak bude i lépe zapamatovatelná. Jedno upozornění pro tvorbu mnemotechnických pomůcek na úplný závěr: Udržujte je tak jednoduché, jak jen můžete, nebo budete potřebovat mnemotechnickou pomůcku, abyste si zapamatovali svoji mnemotechnickou pomůcku!

Literatura

- [1] Aktivita: Ke slunečním hodinám in *Spolek Ametyst*. Nebílovy, 2017 [cit. 2019-09-20]. Dostupné z: www.ametyst21.cz/ev/ke-stazeni/
- [2] BECK, Kevin. How to Remember the Planets in Order in *Sciencing*. Californie, 2018 [cit. 2019-09-20]. Dostupné z: sciencing.com/remember-planets-order-2110264.html
- [3] CALDECOTT, Andrew. *Opskurno*. Přeložil Johana Petra PONCAROVÁ. Brno: Host, 2018. ISBN 978-80-7577-438-5.
- [4] HOBBS, Peter. *Men on the Moon*. Velká Británie, 2000 [cit. 2019-09-20]. Dostupné z: www.eudesign.com/mnems/apollo.htm
- [5] HOBBS, Peter. *The size of the planets*. Velká Británie, 2000 [cit. 2019-09-20]. Dostupné z: www.eudesign.com/mnems/planetsi.htm
- [6] ORÁLKOVÁ, Helena. Mnemotechniky ve vzdělávacích pořadech městských knihoven: implementace do lekcí pro KJM [online]. Brno, 2016 [cit. 2019-09-20]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/th/wfhsd/>. Bakalářská práce. Masarykova univerzita, Filozofická fakulta. Vedoucí práce Dagmar Chytková.

- [7] SIEGEL, Ethan. Telescope! Give me sight beyond sight! In *Science Blog*. 2011 [cit. 2019-09-20]. Dostupné z: scienceblogs.com/startswithabang/2011/04/18/telescope-give-me-sight-beyond
- [8] Vendova pomůcka, jak si zapamatovat názvy planet In *Rádio Junior*. Praha, 2013 [cit. 2019-09-20]. Dostupné z: www.radiojunior.cz/vendova-pomucka-jak-si-zapamatovat-nazvy-planet--1201453

Několik nápadů z rodičovské dovolené

ZDEŇKA KIELBUSOVÁ

Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta pedagogická, katedra matematiky, fyziky a technické výchovy, oddělení fyziky

Následující příspěvek přináší tři jednoduché návody na výrobky, ze kterých můžete střílet.

Odpalovač gumiček

Tento odpalovač gumiček je velmi přesný, na výrobu velmi jednoduchý a především dětmi velmi oblíbený.

Pomůcky

Vhodná malá krabička (osvědčily se krabičky od bonbonů např. Tic Tac), špejle, jedna polovina lékařské špachtle nebo dřívka od nanuku, tavící pistole s lepidlem, hřebík nebo jehla o stejném průměru jako špejle, zapalovač, gumičky, víčko od PET lahve, nůžky nebo řezák

Postup výroby

Nahřejeme hřebík plamenem zapalovače a bezprostředně jím do protilehlých stran krabičky vpichem vytvoříme otvory (viz. obrázek 1). Ustříhneme kousek špejle tak, aby byl o jeden centimetr delší, než je šířka krabičky. Vytvořenými otvory protáhneme kousek špejle a dbáme na to, aby z každé strany přesahovalo přibližně půl centimetru.



Obrázek 1 - pohledy z boku, shora, zespoda

Ze zbytku špejle ustříhneme dva přibližně dva až tři centimetry dlouhé kousky, které budeme potřebovat v následujících krocích. První kousek špejle nalepíme tavnou pistolí na spodní část krabičky tak, aby spodní část špejle nepřesahovala přes spodní okraj krabičky, ale naopak přesahovala nad horní okraj krabičky. Tato špejle bude sloužit k uchycení napnuté gumičky, kterou budeme vystřelovat, a zároveň jako muška. Připravíme si půlku lékařské špachtle a do jejího středu přibližně jeden centimetr od zaobleného konce vytvoříme otvor, jímž protáhneme druhý kousek špejle tak, aby byla

většina špejle na jedné straně špachtle a v té poloze jej zafixujeme tavicí pistolí. Do boku víčka od PET lahve vyřízneme otvor o kousek širší, než je lékařská špachtle. Takto upravené víčko nalepíme tavicí pistolí na spodní okraj krabičky tak, aby vyříznutý otvor směřoval od již přilepené mušky. Do přilepeného víčka zasuneme špachtli tak, aby delší část špejle byla přibližně půl centimetru od víčka krabičky a vykukovala na protilehlé straně jako muška. Je-li špachtle moc dlouhá, zkrátíme ji na vhodnou délku. Nyní zafixujeme špachtli na místě gumičkou, kterou napneme a zachytíme za špejli, kterou jsme protáhli krabičkou jako první. A nyní máme hotovo, již stačí jen napnout gumičku mezi první a druhou špejli. Výstřel provedeme zmáčknutím špachtle směrem dolů. Vše je velmi dobře vidět na obrázku č.1.

Foukačka z brček

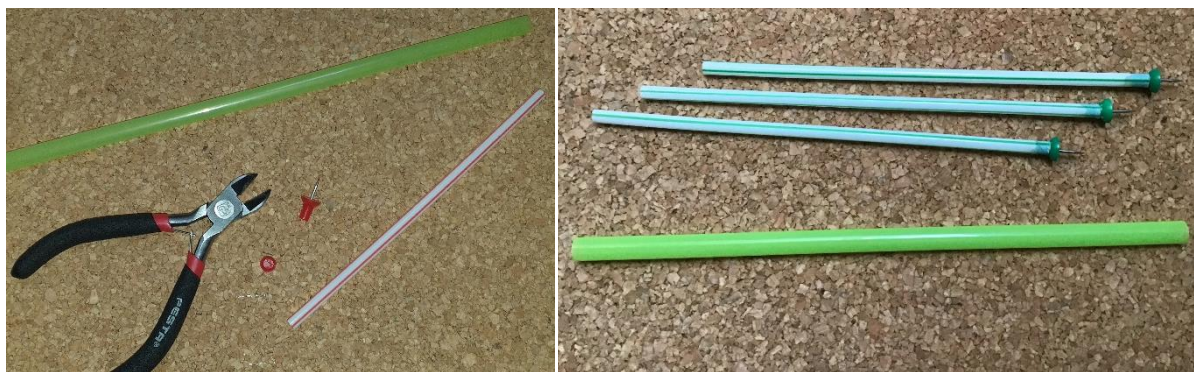
Jedná se o velice jednoduchou foukačku, která je na výrobu ještě jednodušší než odpalovač gumiček.

Pomůcky

Jedno brčko s kloubem, jedno širší brčko bez kloubu, mapový špendlík, nůžky, malé štípačky, tavicí pistole s lepidlem.

Postup výroby

Brčku s kloubem ustrihneme kloub. Mapovému špendlíku ustrihneme zadní část, aby šel zasunout z jedné strany do ustríženého tenčího brčka. Konec špendlíku v brčku zafixujeme tavicí pistolí. Nyní zasuneme vzniklou šipku do širšího brčka, které zkrátíme tak, aby bylo přibližně o půldruhého centimetru delší než šipka, která je uvnitř. Ideálním podkladem pro terč je deska z polystyrenu.



Obrázek 2 - Foukačka z brček postup a hotová

Dělo na citrony

S nápadem na toto dělo přišel syn po shlédnutí filmu Ironman 2, kde se hlavní hrdina Ironman rozplývá nad bramborovým dělem vyrobeným v garáži. Na internetu lze nalézt nepřeberné množství různých konstrukcí. Vyzkoušeli jsme jich několik, ale ta následující se osvědčila nejvíce. Dělo jsme překřtili na citrónové, neboť citróny disponují mnohem aerodynamičtějším tvarem a lépe vyplní hlaveň.

Výroba samotná je velmi jednoduchá, ale než se do ní pustíte, rozmyslete se, jakou budete vyrábět ráži. Velikosti hlavně je totiž třeba přizpůsobit i ostatní komponenty. Dělo na citróny má průměr hlavně 50 mm a nejdelší námi změřený dostřel je 145 metrů. Dostřel dosahoval i dále, ale v lese se nám již nepodařilo dohledat vystřelený citrón, přestože jsme jej nabarvili reflexní růžovou barvou, stejně jako jednotlivé kóty.

V následujícím textu jsou rozepsané komponenty na dělo s průměrem hlavně 40 mm a s ideálním nábojem v podobě ping-pongového míčku.



Obrázek 3 - Dostřel děla (50 mm)

Pomůcky

Zátka DN 75 mm, čistící kus HTRE 75 mm, přesuvné hrdlo HTU 75 mm, redukce HTR 75/50 mm, krátká redukce HTR 50/40, HT PP trubky (40 mm), kuchyňský zapalovač, lepidlo na plast, aku šroubovák nebo vrtačka s vrtákem 10 mm, tavící pistole s lepidlem



Obrázek 4 - Děla na citrony s výměnnými hlavními ráže 50 mm a 40 mm

Postup výroby

Jednotlivé komponenty slepíme k sobě v následujícím pořadí: Zátka HTM 75 mm, čistící kus HTRE 75 mm, přesuvné hrdlo HTU 75 mm, redukce HTR 75/50 mm, krátká redukce HTR 50/40. Vše necháme dobře zaschnout. Vrtáčkou s vrtákem o průměru 10 mm vyvrtáme do přesuvného hrdla díрку, do které následně zasuneme pro kuchyňský zapalovač. Pokud je dírka moc velká a zapalovač pevně nedrží na místě, zajistíme jej lepidlem z tavící pistole. Pokud by byl otvor moc velký,



Obrázek 5 - Vnitřek spalovací komory se zasunutým zapalovačem

mohl by vás popálit oheň ze spalovací komory, který by příliš velkým otvorem mohl uniknout. Do redukce již nasadíme HT PP trubku s průměrem 40 mm, která slouží jako hlaveň. Ideální je do konce trubky, který se budete zasouvat do redukce udělat několik puntíků tekutým lepidlem, které budou sloužit jako zádržka, aby náboje nepadaly do spalovací komory. Délky hlavní můžete měnit podle potřeby a provádět s nimi jednotlivá měření. Nejvíce osvědčená je 0,5 metru dlouhá hlaveň pro ráži 40 mm.

Náboje do tohoto děla si můžete vyrobit z ping-pongových míčků, samotné ping-pongové míčky jsou velice lehké, ale pokud chcete použít dělo někde pod střechou, jsou naprosto ideální. Pokud chcete střílet venku, můžete ping-pongové míčky naplnit modelínou nebo vylít sádrou.

Nyní již máme vyrobené dělo, připravené náboje a chybí nám již jen hnací palivo.

Jako palivo můžete použít líh, náplň do zapalovače (směs propan-butanu, nebo isobutanu), různé deodoranty, které jako hnací látku používají různé směsi propan-butanu.

U náplní do zapalovačů a deodorantů se objevuje ta nevýhoda, že musíte odhadnout přesné dávkování, což nebývá jednoduché. Pokud aplikujete zápalné směsi příliš, vytlačí veškerý kyslík a zapalovač neškrtně, výstřel neproběhne. Pokud tam nastříkáte směsi málo, dělo opět nevystřelí, protože ve spalovací komoře nevznikne dostatečný tlak.

Ideální je použít dávkovače do elektrických osvěžovačů na záchody a koupelny. Tam totiž na každé zmáčknutí pístu, vystříkne vždy stejná dávka aerosolové směsi. Do této menší verze děla jsou ideální 3 vstřiky.

Již máme hotové dělo, náboje i hnací palivo a nic nebrání ve střelbě.

Na závěr si neodpustím malé upozornění: Dělo držte vždy tak, aby Vám konec spalovací komory děla mířil za tělo a nikdo za vámi nestál. Kdyby náhodou vznikl uvnitř spalovací komory přílišný tlak, uvolní se vyražením zátky, kterou je dělo zakončeno.

Literatura

- [1] DIY Potato gun in: Youtube [online]. [cit. 2019-09-06]. Dostupné z:
https://www.youtube.com/watch?v=nZb_PKEubB8. Kanál uživatele Cottage life
- [2] MultiMarcek in: Youtube [online]. [cit. 2019-09-06]. Dostupné z:
<https://www.youtube.com/watch?v=OsMx2wtmTvw>. Kanál uživatele
MultiMarcek
- [3] Smart and funny ideas in: Youtube [online]. [cit. 2019-09-06]. Dostupné z:
<https://www.youtube.com/watch?v=JqnmtcpvZZA>. Kanál uživatele MaxHax

Paradox dvou kondenzátorů

JIŘÍ KOHOUT, PAVEL MASOPUST

Oddělení fyziky, Fakulta pedagogická, Západočeská univerzita v Plzni

Abstrakt

V současné době není problém sehnat poměrně levně kondenzátory mající kapacitu větší než 1 F. S těmito součástkami je možné i bez speciálních měřicích systémů realizovat řadu zajímavých experimentálních úloh souvisejících s přechodovými ději, jež by mohly žákům lépe přiblížit tuto poměrně obtížnou oblast fyziky. Cílem tohoto příspěvku je teoreticky i experimentálně rozebrat tzv. paradox dvou kondenzátorů, který odkazuje ke zdánlivému porušení zákona zachování energie při přechodovém ději, kdy k nabitému kondenzátoru připojíme další o stejné kapacitě. Budou rovněž uvedeny náměty na laboratorní práce realizovatelné ve výuce elektřiny na SŠ.

Úvod

Kondenzátor je jednou ze základních elektrotechnických součástek a ve výuce fyziky na SŠ je mu obvykle věnována pozornost na konci tematického celku Elektrostatika. Tato součástka je předmětem i některých laboratorních prací realizovaných na školách, v gymnaziální učebnici elektřiny a magnetismu je například popsáno měření kapacity kondenzátoru pomocí střídavého proudu, na webových stránkách některých gymnázií (např. Jiráskovo gymnázium Náchod - <http://fyzika.gymnachod.cz/>) pak lze nalézt návody například na určení kapacity z vybíjecí křivky, jež je realizováno pomocí měřicího systému Vernier.

Tento systém je třeba užít mimo jiné proto, že kapacita kondenzátorů dostupných běžně ve školách je poměrně malá (maximálně milifarady) a v důsledku toho trvá přechodový děj při nabíjení i vybíjení, jehož délka je přímo úměrná kapacitě kondenzátoru C a odporu připojeného rezistoru R , jen velmi krátkou dobu. To s sebou nese určité nevýhody. Není například možné realizovat rozumně pokus se žárovkou zapojenou do nabíjecího obvodu kondenzátoru a ukázat žákům, jak tato žárovka svítí na začátku nabíjení a její jas postupně klesá s tím, jak se vyrovnává napětí zdroje s napětím na kondenzátoru. Stejně tak není možné názorně demonstrovat závislost doby trvání přechodového děje na velikosti odporu rezistoru. Tyto faktory mohou negativně ovlivnit pochopení žáků, protože nemají možnost si děje demonstrující fungování kondenzátorů přímo „osahat“. V současné době však již existuje poměrně jednoduché a levné řešení, a to využití tzv. **superkondenzátorů** s velkou kapacitou.

Superkondenzátory a jejich vlastnosti

Je všeobecně známo, že kapacita deskového kondenzátoru je přímo úměrná ploše desek a dielektrické konstantě (relativní permitivitě) dielektrika uvnitř, a nepřímo úměrná vzdálenosti desek. Jaké možnosti tedy máme, když chceme velmi výrazně zvýšit kapacitu součástky? Kvalitnější dielektrikum nebude mít zásadní efekt, protože je velmi obtížné najít materiál s dielektrickou konstantou větší než 10 (příkladem je třeba oxid

hafnia, jehož příprava ve formě tenké vrstvy je však dosti náročná). Zbývá tedy možnost zvětšit výrazně plochu desek či zmenšit mezeru mezi nimi. Zvětšení plochy však nesmí jít proti snaze o miniaturizaci příslušných součástek. Dostáváme se tak do světa nanotechnologií, kde došlo v uplynulých letech k tak výraznému rozvoji, že jsou již běžně vyráběny kondenzátory s odpovídající vzdáleností v řádu desetin nanometru (jde vlastně o tloušťku dvojvrstvy na rozhraní elektrody a elektrolytu, v níž je soustředěna energie – viz heslo *Supercapacitor* na Wikipedii) a specifickou plochou elektrod až 3 000 metrů čtverečních na gram. Díky tomu je možné získat superkondenzátory s kapacitou v řádu tisíců faradů.

Jako perspektivní materiály pro elektrody se zde jeví například uhlíkové nanotrubičky a často je používán i grafén. Technologií výroby i využitelných materiálů je však značné množství. Daná problematika je detailně shrnuta například ve studii [1]. Cena superkondenzátorů, jež jsou dostupné v e-shopech, obvykle roste znatelně s kapacitou. Zatímco kondenzátor 1,5 F je tak možné pořídit za méně než 100 Kč, kapacita 7,5 F již vyjde na více než 200 Kč, 500 F na cca 800 Kč a elektrolytický superkondenzátor s kapacitou 3 000 F vyjde již na více než 3 000 Kč.

S rostoucí kapacitou superkondenzátorů klesá maximální dovolené napětí U , což je podstatné pro celkovou energii, která může být v těchto součástkách uložena. Příčina je jednoduchá – zvýšení kapacity se dosahuje výrazným zmenšením vzdálenosti mezi elektrodami d , což při uvážení vztahu pro intenzitu elektrického pole E uvnitř deskového kondenzátoru ve tvaru $E = \frac{U}{d}$ vede k velmi vysoké intenzitě již při malém napětí. Hrozí

tak průraz dielektrika a zničení kondenzátoru. V případě součástek s kapacitou v řádu stovek či tisíců faradů je tak běžně uváděno maximální dovolené napětí jen cca 3 V. Energie E_0 , jež může být v kondenzátoru uložena, je i tak obrovská, když například pro kapacitu $C = 3\,000\text{ F}$ a napětí $U = 2,7\text{ V}$ dostáváme $E_0 = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2 = 10\,935\text{ J}$. Není tak

překvapivé, že superkondenzátory nacházejí uplatnění především v aplikacích, kde je třeba uchovat velké množství energie. Často se hovoří o významu těchto součástek pro elektromobilitu, kde by mohly nahradit baterie (výhodou kondenzátorů je rychlé nabíjení, problematičtější je však nízká energetická hustota). Bližší informace k aplikacím jsou uvedeny například v článku [2].

Využití superkondenzátorů ve výuce

Zásadní otázkou je, jak tuto ve vědě dynamicky se rozvíjející oblast, didakticky transformovat do školské fyziky. Je samozřejmě možné superkondenzátory zmínit jako zajímavou alternativu k bateriím a zaměřit se na jejich aplikace včetně diskuze výhod a nevýhod. Zajímavé mohou být i početní příklady inspirované reálnými vlastnostmi těchto součástek. Zvláštní pozornost by pak měla být věnována pochopení toho, proč velká kapacita vede k velmi malému maximálnímu napětí tak, aby si žáci uvědomili, proč se na kondenzátorech uvádí vedle kapacity právě údaj o napětí (je možné například počítat intenzitu elektrického pole pro dané hodnoty a srovnat ji s dielektrickou pevností různých materiálů apod.).

Nejvhodnější je však podle našeho názoru využít tyto součástky přímo k demonstraci vlastností kondenzátorů a k experimentální práci žáků. Pro tento účel je zcela zbytečné vydávat velké sumy za superkondenzátory s extrémně vysokou kapacitou, postačují hodnoty v řádu jednotek faradů, kde cena není zdaleka tak velká a je tudíž větší šance objednat si více kusů. V další části uvedeme několik námětů na konkrétní aktivity v této oblasti.

Nabíjecí a vybíjecí křivka kondenzátoru

Se superkondenzátorem a potenciometrem (popř. odporovou dekádou) je možné snadno demonstrovat, jak rychlost nabíjení závisí na odporu v příslušném obvodu. K nabíjenému kondenzátoru připojíme voltmetr a pozorujeme narůstající napětí na kondenzátoru. V případě, že skokově zvětšíme odpor, rychlost nabíjení se výrazně zpomalí. Při vhodné volbě velikosti odporu je přechodový děj natolik pomalý, že žáci mohou po určitých časových krocích zaznamenávat hodnotu napětí a následně v Excelu zpracovat získaná data a zjistit, do jaké míry jsou v souladu s exponenciálním průběhem napětí. Je rovněž možné do nabíjecího obvodu připojit žárovku a pozorovat, jak se s rostoucím napětím kondenzátoru snižuje její jas. Podobně lze postupovat i při vybíjení, kde je zajímavé sledovat, že kondenzátor se po odpojení zdroje zvolna vybíjí sám i bez připojení odporu. Je to v důsledku tzv. ztrátového proudu (*leakage current*), který prochází mezi deskami kondenzátoru, protože příslušné dielektrikum není dokonalý izolátor. Velikost tohoto ztrátového proudu (a tudíž rychlost samovolného vybíjení) je důležitou charakteristikou kvality součástky. U běžně dostupných superkondenzátorů je tento efekt sice patrný, ale není tak výrazný, aby svojí rychlostí mohl konkurovat vybíjení přes rezistor.

Paradox dvou kondenzátorů

Jedná se o velice zajímavý problém, kdy je ke kondenzátoru s kapacitou C nabitému na napětí U nábojem Q připojen stejný nenabitý kondenzátor. V důsledku toho se napětí na obou kondenzátorech vyrovnají a dle zákona zachování náboje a známého vztahu

$Q = C \cdot U$ bude na obou kondenzátorech náboj $\frac{Q}{2}$ a napětí $\frac{U}{2}$. Před připojením

nenabitého kondenzátoru byla energie elektrického pole dána vztahem $E_A = \frac{Q^2}{2 \cdot C}$. Po připojení je součet energií elektrických polí v obou kondenzátorech vyjádřen vztahem

$$E_B = E_1 + E_2 = \frac{\left(\frac{Q}{2}\right)^2}{2 \cdot C} + \frac{\left(\frac{Q}{2}\right)^2}{2 \cdot C} = \frac{Q^2}{4 \cdot C} = \frac{1}{2} \cdot E_A.$$

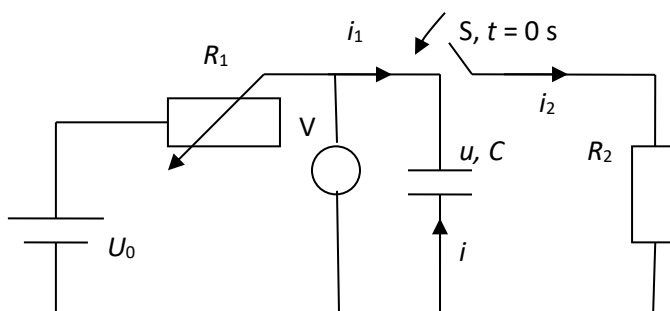
Vidíme tedy, že celková energie elektrického pole klesla po připojení nenabitého kondenzátoru na polovinu. Je otázka, co se stalo s druhou polovinou. Pokud mezi nabitý a nenabitý kondenzátor nezapojíme rezistor a spojíme je jen přírodními vodiči, málokoho napadne, že druhá polovina se přeměnila na teplo v těchto vodičích. Právě tato odpověď je však správná, což lze za pomoci Joulova-Lenzova zákona a vyšší

matematiky snadno dokázat (jde vlastně o to ukázat, že uvolněné teplo je nezávislé na odporu a je vždy rovno právě polovině energie elektrického pole nabitého kondenzátoru). Důkaz je proveden v [3], detailnější řešení problému z didaktického hlediska zahrnující i odkazy na další relevantní literaturu je pak k dispozici v [4].

Podstatné je, jak uvedený paradox demonstrovat experimentálně. Jako zajímavá demonstrace se jeví propojení nabitého a nenabitého kondenzátoru přes objekt s malým odporem, například přes kousek alobalu. Vzhledem k tomu, že časová konstanta přechodového děje je přímo úměrná odporu (a je tudíž velmi malá), bude proud natolik velký, že povede k přepálení proužku alobalu, což jasně demonstruje jednak značnou energii akumulovanou v kondenzátoru (například pro kapacitu 7,5 F a napětí 5 V je to téměř 100 J), jednak poté uvolnění její podstatné části ve spojovacím vodiči mezi oběma kondenzátory a to i v případě, že je jeho odpor velmi malý. Demonstraci je možné provést různými způsoby, lze například „kreslit“ výbojem pomocí ostrých vývodů vodičů do alobalu při vybíjení kondenzátoru apod.

Laboratorní práce – rovnováha obvodu s kondenzátorem

Uveďme ještě námět na jednu konkrétní laboratorní práci úzce související s paradoxem dvou kondenzátorů. Uvažujme obvod s kondenzátorem zapojený dle Obrázku 1, z něhož je zároveň patrné značení užívané v dalších výpočtech. Kondenzátor je na počátku nabit na napětí zdroje U_0 , proud obvodem neprotéká. V čase $t = 0$ s je sepnut spínač S a kondenzátor se začne vybíjet přes rezistor o odporu R_2 . Zároveň je však stále připojen ke zdroji napětí, a proto se nevybíje úplně a napětí na něm se po určité době ustálí na hodnotě U_u . Je třeba experimentálně zjistit, jaká tato ustálená hodnota bude a jak dlouho bude trvat přechodový děj, a rovněž porovnat naměřené hodnoty s teorií.



Obrázek 1 – zapojení obvodu s kondenzátorem

V ustáleném stavu musí být napětí na kondenzátoru U_u stejné jako úbytek napětí na rezistoru o odporu R_2 , musí tedy platit vztah $U_u = R_2 \cdot i_2$. Zároveň je však rozdíl napětí zdroje a napětí na kondenzátoru roven úbytku napětí na potenciometru, takže platí vztah $U_0 - U_u = R_1 \cdot i_1$. V ustáleném stavu jsou však oba proudy i_1 a i_2 stejné (kondenzátor se ani nenabíjí ani nevybíjí). Platí:

$$U_0 - U_u = R_1 \cdot i_1 \rightarrow U_0 - U_u = \frac{R_1}{R_2} \cdot R_2 \cdot i_2 \rightarrow U_0 - U_u = \frac{R_1}{R_2} \cdot U_u \rightarrow U_u = \frac{R_2 \cdot U_0}{R_1 + R_2}. \quad (1)$$

Obtížnější je řešení přechodového děje, jež je založeno na zjištění závislosti napětí na kondenzátoru na čase $u(t)$. Aplikací Kirchhoffových zákonů a vztahu $Q = C \cdot U$

dostáváme po úpravách diferenciální rovnici pro neznámou funkci $u(t)$ s počáteční podmínkou $u(0) = U_0$ ve tvaru:

$$C \cdot \frac{du}{dt} + u \cdot \frac{R_1 + R_2}{R_1 \cdot R_2} = \frac{U_0}{R_1}. \quad (2)$$

Jedná se o lineární diferenciální rovnici s pravou stranou, jejíž partikulární řešení $u_p = \frac{R_2 \cdot U_0}{R_1 + R_2}$ evidentně odpovídá ustálenému stavu obvodu. Po vyřešení odpovídající homogenní rovnice a zohlednění počáteční podmínky získáme následující časovou závislost:

$$u(t) = \frac{R_1 \cdot U_0}{R_1 + R_2} \cdot e^{-\frac{R_1 + R_2}{R_1 \cdot R_2 \cdot C} t} + \frac{R_2 \cdot U_0}{R_1 + R_2}. \quad (3)$$

První člen přitom odpovídá přechodovému ději, zatímco druhý člen ustálenému stavu obvodu. Doba trvání přechodového děje přitom bude dána výrazem

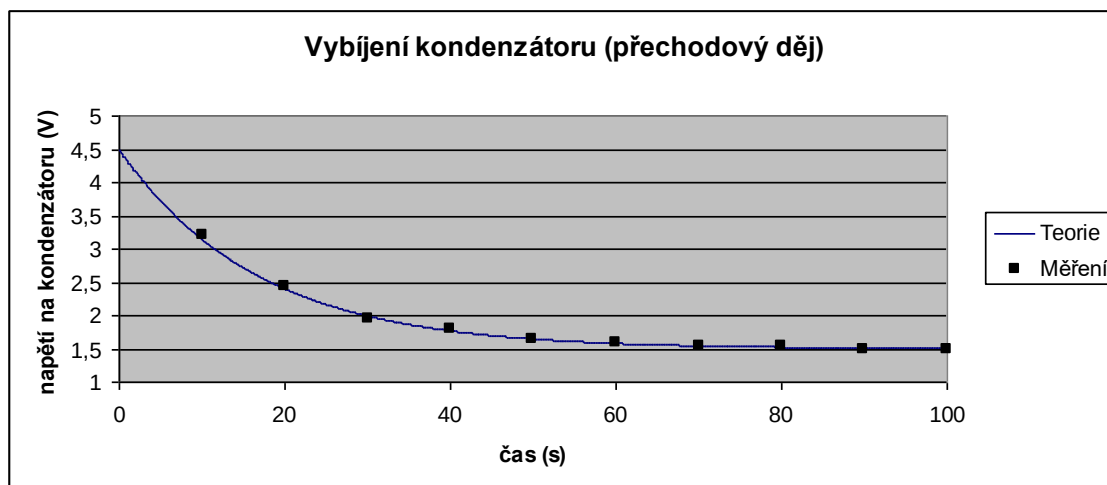
$$\tau = \frac{R_1 \cdot R_2 \cdot C}{R_1 + R_2}, \quad (4)$$

jenž udává **časovou konstantu** tohoto děje. Je tedy zjevné, že jeho doba trvání bude růst s rostoucí kapacitou kondenzátoru a bude záviset rovněž na odporu rezistoru a potenciometru.

K realizaci úlohy budeme potřebovat zdroj napětí (plochá baterie), kondenzátor o velké kapacitě (např. 1,5 F), digitální voltmetr, rezistor o odporu v řádu jednotek ohmů, potenciometr či odporovou dekádu, digitální multimetr, stopky, spínač a spojovací vodiče. Zapojíme obvod dle Obrázku 1 a necháme nabít kondenzátor přes potenciometr, u něhož digitálním multimetrem měříme odpor. Při nabíjení přitom pozorujeme, jak změny odporu potenciometru ovlivňují rychlost nabíjení kondenzátoru, jehož napětí měříme voltmetrem. Po ustálení hodnoty napětí zkusíme na chvíli odpojit zdroj a sledujeme, jak rychle se kondenzátor vybíjí v případě, že není připojen spotřebič. Pokles napětí během jedné minuty si poznamenejme a poté kondenzátor opětovným připojením ke zdroji dobijeme na maximální hodnotu. Následně sepne spínač, pustíme stopky a pozorujeme pokles napětí na kondenzátoru (potenciometr máme nastavený na cca 10 ohmů). Každých zhruba 10 sekund poté zaznamenáváme aktuální hodnotu napětí, přičemž čekáme, až se tato hodnota ustálí. Kritérium ustálení si zvolíme, může to být například to, že se údaj digitálního voltmetru nezmění po dobu alespoň 5 sekund. Zapišeme si (vedle hodnoty odporu nastavené na potenciometru) ustálenou hodnotu napětí a dobu trvání přechodového děje. Následně vypneme spínač, kondenzátor opět nabijeme na maximum a proces opakujeme pro jinou hodnotu odporu potenciometru R_1 . Tentokrát však již nezaznamenáváme průběžné hodnoty napětí, ale zjišťujeme pouze dobu trvání přechodového děje a výsledné napětí.

V rámci zpracování by žáci měli zjistit, jak závisí doba trvání přechodového děje na odporu potenciometru R_1 . Zjištěné hodnoty je možné vynést do grafu. Dále by měli být

schopni srovnat teoretický a skutečný průběh poklesu napětí na kondenzátoru a rovněž porovnat naměřenou ustálenou hodnotu s teorií například dle ukázky uvedené v Grafu 1 (hodnoty $U = 4,5 \text{ V}$, $R_1 = 10 \text{ } \Omega$, $R_2 = 5 \text{ } \Omega$, $C = 1,5 \text{ F}$).



Graf 1 – přechodový děj při částečném vybíjení kondenzátoru

V rámci zpracování protokolu by měly být zodpovězeny otázky týkající se například samovolného vybíjení kondenzátoru, omezeného dovoleného napětí a příčin odlišností mezi teoretickým a experimentálním průběhem. Je evidentní, že žáci s těžší zvládnou výše uvedené odvození pomocí diferenciální rovnice. Měli by však rozumět základním vztahům vedoucím k jejímu sestavení a rovněž zvládnout analyzovat výše uvedené vztahy (3) a (4).

Závěr

Předložený příspěvek představuje úvod do problematiky využití superkondenzátorů ve výuce fyziky na střední škole. Nastiňuje některé možnosti, jak tyto zajímavé součástky využít ke zvýšení motivace žáků a ke zlepšení jejich porozumění funkci kondenzátoru. Dá se předpokládat, že s dalším rozvojem této techniky bude čím dál snazší si superkondenzátory pořídit do škol v dostatečném množství a rozšířit tak nabídku laboratorních prací pro žáky.

Literatura

- [1] Sharma, K. a kol. Review of supercapacitors: Materials and Devices. *Journal of Energy Storage*, 2019, 21: 801-825.
- [2] Libich, J. a kol. Supercapacitors: Properties and applications. *Journal of Energy Storage*, 2018, 17: 224-227.
- [3] Kohout J. Řešené příklady z elektřiny a magnetismu, úloha 175. Dostupné z <http://home.zcu.cz/~jkohout4/EMG.doc> [cit. 15.8.2019].
- [4] Biolek Z.: Problém dvou kapacitorů v pedagogické praxi. Dostupné z <http://www.valachnet.cz/biolek/articles/sto10.pdf> [cit. 15.8.2019].

RGB LED aneb skládání barev jednoduše

VĚRA KOUDELKOVÁ
KDF MFF UK

Abstrakt

Cílem příspěvku je představit součástku, pomocí které lze jednoduše ukazovat experimenty týkající se jak skládání barev, tak i vlastností LED jako takových.

Úvod

Pomůcek k tématu skládání barevných světél je mezi učiteli fyziky známo několik: do roku 2010 jsou datovány barevné čelovky Vaška Piskače [1], v roce 2016 vedl na konferenci Dílny Heuréky v Náchodě Zdeněk Hubáček dílnu na téma RGB míchačka [2], komerčně lze koupit RGB žárovku atd.

RGB LED dostupná v současnosti v GME ([3]) je jednak dostatečně výkonná (výrobce uvádí součet výkonů jednotlivých LED 3 W), aby byly experimenty vidět po celé třídě i bez zatemnění, současně je i levná a zapojení je časově a technicky velmi nenáročné.

Pomůcky a výroba

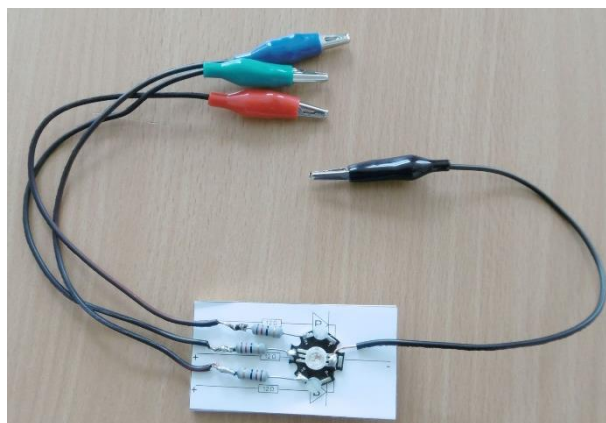
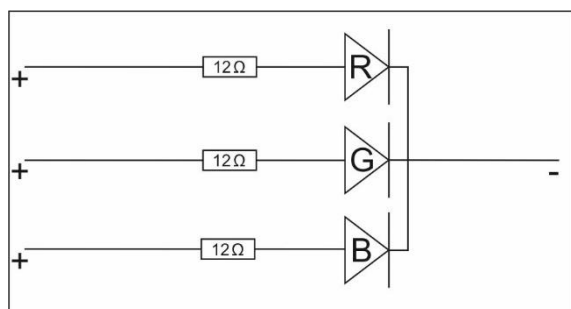
RGB LED má tvar šestiúhelníku, na destičce je 12 vývodů – každá ze tří LED má kontakty vyvedené jednak na kraj šestiúhelníku, jednak jsou vždy všechny kladné a všechny záporné kontakty vyvedené vedle sebe (viz obr. 1).



Obr. 1 - RGB LED. Vpravo detail připojení kontaktů.

Vzhledem k výkonu jednotlivých LED je potřeba součástku chladit. V našem případě jsme jako chlazení využili hliníkovou destičku, kterou jsme k LED přišroubovali plastovými šroubky. Jako zdroj napětí je použita plochá baterie 4,5 V. Jako ochranné rezistory se osvědčily 12 Ω / 2 W, pokud ale sestavíte dvě pomůcky s různými hodnotami odporů, je vidět rozdíl v odstínu „bílého světa“ – pomocí rezistorů tak lze „bílou“ ladit.

Schéma zapojení a výsledná pomůcka je vidět na obr. 2.

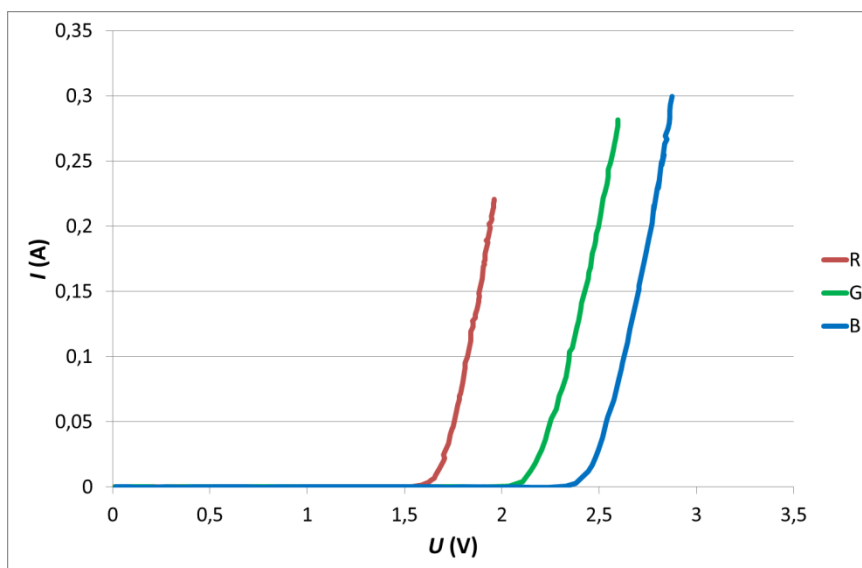


Obr. 2 - Schéma zapojení (vlevo) a výsledná pomůcka (vpravo)

Experimenty

VA charakteristika

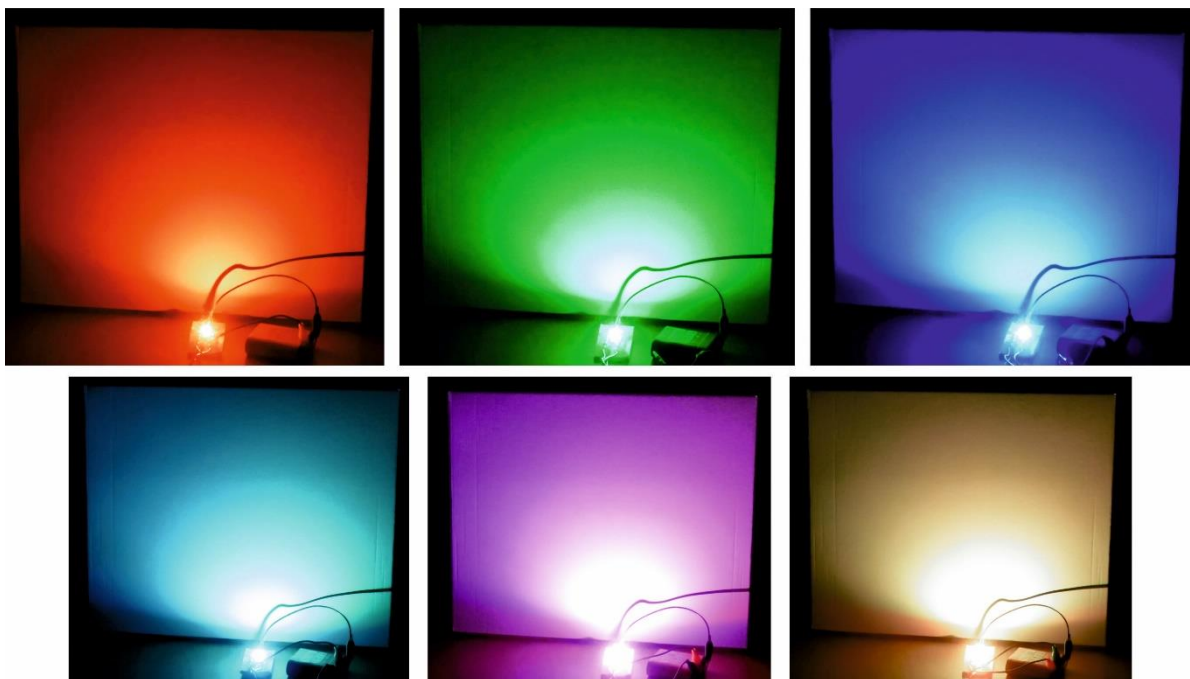
Pomůcku lze s výhodou použít k měření VA charakteristiky – jedná se o tři různé LED na jedné destičce, experiment tak může být přehlednější. Výsledek měření je vidět na obr. 3.



Obr. 3 - VA charakteristika RGB LED

Skládání barev

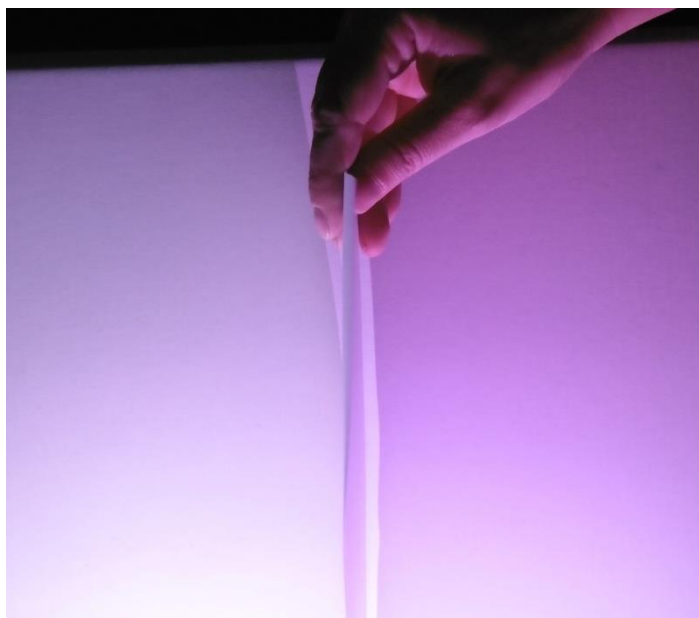
Na fotografiích na obr. 4 jsou vidět základní i doplňkové barvy vytvořené pomocí RGB LED (v tomto případě svítila na bílou desku). Barvy jsou naživo velmi věrné, na fotografiích se projevuje vliv nastavení bílé na fotoaparátu.



Obr. 4 - Skládání barev pomocí RGB LED (základní barvy v horním řádku, doplňkové ve spodním)

„Bílá“

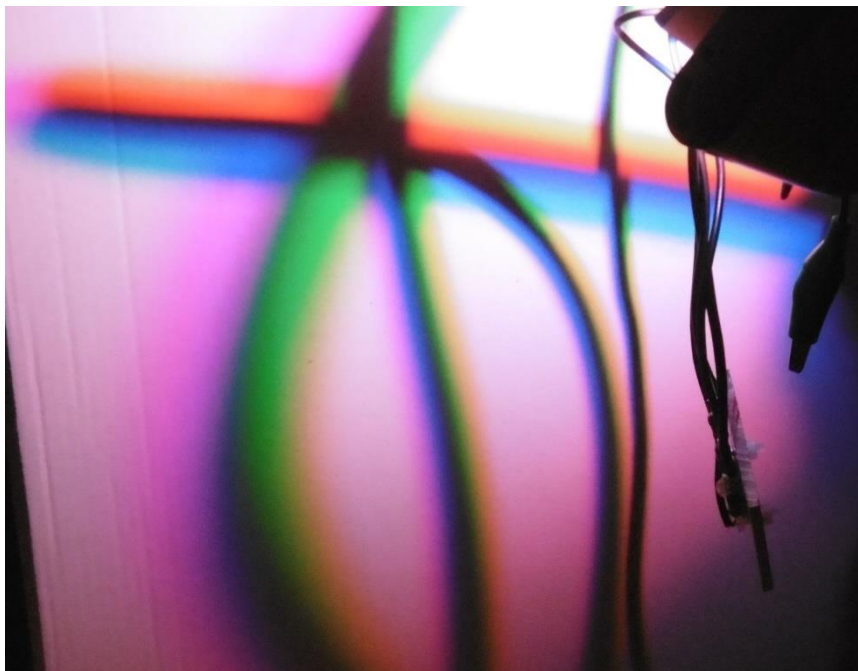
Volbou odporu rezistoru lze „ladit“ bílou barvu. V našem případě jsme vyzkoušeli „potlačit“ zelenou pomocí rezistoru $17\ \Omega$ (ostatní barvy měly rezistor $12\ \Omega$). I na fotografii je vidět rozdíl v podání bílé (viz obr. 5, vlevo RGB se stejnými rezistory, vpravo „potlačená“ zelená).



Obr. 5 - „Bílá“ zobrazená pomocí dvou RGB LED s různě nastavenými ochrannými rezistory (vlevo: všechny barvy mají rezistor $12\ \Omega$, vpravo je zelená barva „potlačena“ pomocí rezistoru $17\ \Omega$)

Barevné stíny

Mezi studenty oblíbeným experimentem jsou „barevné stíny“ vyrobené pomocí barevných LED. Vzhledem k tomu, že plocha těchto RGB LED je poměrně malá, je vhodnější, je-li zastíněný předmět malý. Skvěle tak poslouží např. vodiče samotné LED. Možný výsledek je vidět na obr. 6.



Obr. 6 - Barevné stíny

Závěr

Příspěvek popisuje pouze několik z mnoha experimentů, které lze s popsanou RGB LED dělat. Budete-li mít další zajímavé experimenty či zkušenosti s touto pomůckou, budu ráda, pokud mi dáte vědět.

Literatura

- [1] Barevné čelovky. (cit. 17. 9. 2019). Dostupné z:
http://fyzikalnisuplik.websnadno.cz/jaknato/barevne_celovky.pdf
- [2] Hubáček, Z.: RGB míchačka. In: Dílny Heuréky 2016. Ed. Koudelková, V. MatfyzPress 2017. ISBN: 978-80-7378-338-9. s. 42-44. Dostupné z:
http://kdf.mff.cuni.cz/heureka/sborniky/DilnyHeureky_2016.pdf
- [3] LED 3W RGB 70LM120° HEXAGON GT-P6PRGB4303. (cit. 17. 9. 2019)
Dostupné z: <https://www.gme.cz/led-3w-rgb-70lm-120-hexagon-gt-p6prgb4303>

Fyzika pro ajťáky

JAN KOUPIL

DELTA – Střední škola informatiky a ekonomie, s.r.o., Ke Kamenci 151, Pardubice

Tento text vychází ze zkušenosti s prací fyzikáře na střední škole zaměřené na IT a popisuje především nástroj pro simulace jednoduchých fyzikálních dějů, který autor vyvinul pro nadstavbovou výuku fyziky (2 hodiny nad povinnou dotaci, ve 3. ročníku studia na IT škole, pro studenty) pro své studenty – středoškoláky u kterých těžiště zájmu neleží ve fyzice ale v počítačových technologiích (nastoupili na obecnou IT školu a zvolili si po dvou letech obor programování oproti oboru marketing).

Videoměření

Jedním z úspěšných způsobů, jak zaujmout „počítačově motivované“ děti fyzikou, se ukázalo být videoměření. V našem případě se jednalo o skupinový projekt, v rámci kterého jsme nejprve společně analyzovali videozáznam jednoduchého pohybu, a následně si třída vytvořila několik videí pohybu v tíhovém poli (volný pád, šikmý vrh) a analyzovala je. Vzhledem ke znalostem třídy se jednalo jen o kinematickou analýzu a ukázkou, že jde o pohyb se zrychlením ve směru osy y . V této fázi bylo záměrem seznámit studenty s videoanalýzou, zopakovat kinematiku a také je trochu překvapit myšlenkou, že Excel se může hodit do fyziky. Zajímavý moment vznikl, když jedna skupina (ve snaze předvést se) natáčela vysokorychlostní video a následně musela (ručně) analyzovat větší počet snímků a navíc jim zrychlení napoprvé nevyšlo a museli počítat s jinou snímkovou frekvencí, protože telefon do videa nezapsal skutečná data high-speed videa.

O několik hodin později následovala videoanalýza předpřipravené sekvence (kolize dvou puků), která je dodávána spolu s prostředím Tracker. Zde šlo o upevnění nového učiva „hybnost“ a také o myšlenku, že osy nemusí být vždy vodorovně a svisle: Zákon zachování hybnosti „vychází“ stejně dobře i pokud zvolíme jiný počátek souřadné soustavy i směry os, přestože všechny hodnoty jednotlivých hybností a jejich složek jsou jiné)

K analýze pohybu kaštanu (šikmý vrh) se pak vracíme ještě jednou, kdy přidáváme i mechanickou energii, ověřujeme zákon zachování mechanické energie a také porovnáváme měřená data s numerickou simulací.

Numerické simulace

Podle reakcí studentů byla asi nejzajímavější součástí hodin část věnovaná numerickým simulacím. K tomuto účelu byl kdysi používán DOSový program Famulus a později nezávisle vzniklý Modellus (s dnes již nedostupnými webovými stránkami). I když by oba dva programy patrně bylo možné najít a „rozchodit“, rozhodl se autor pro jinou cestu – cestu JavaScriptového modelu a použití prohlížeče jako uživatelského rozhraní.

Tento přístup má jistě celou řadu nevýhod, především nepřesnost v JavaScriptových výpočtech a pomalost zobrazování, které navíc běží na jediném procesorovém vlákne s výpočtem, pro zamýšlený účel ale bylo velmi vhodné, protože se jedná o prostředí, se kterým se cílová skupina přinejmenším rok a půl zabývala v jiných předmětech v rámci svého studia a ovládala ho.

Tak vznikl nástroj s pracovním názvem Simulus. Simulus je plně open source a může být stažen z Githubového repozitáře [1] a libovolně upravován. Níže v textu jsou také odkazovány online „živé“ simulace na serverech projektu repl.it, podobným způsobem může své simulace poskytnout ostatním jakýkoli jiný uživatel.

Myšlenku numerické simulace byla se třídou budována postupně – prvním krokem bylo simulování rovnoměrného pohybu v MS Excelu, krok za krokem, nastavením velikosti kroku a „roztažením“ vzorce. Teprve poté následovalo řešení stejného problému pomocí JavaScriptu, přidání druhého pohybu a následně analýza klasické triády tohoto typu úloh o pohybu (pohyb proti sobě, časové zpoždění, náskok dané délky [2]).

Podruhé byl Simulus použit pro simulaci pohybu v homogenním tíhovém poli – nejprve v jedné souřadnici jako volný pád, později vrh vzhůru, následně přidáním souřadnice jako vrh vodorovný a šikmý [3] – v tomto bodě jsme se vrátili k videoanalýze kaštanu a zkusili do simulace vložit naměřená počáteční data a pozorovat shodu modelu s měřením. Celá série byla zakončena přidáním odporu vzduchu a následně ještě, na přání studentů, rychlosti větru.

Potřetí pak jsme s pomocí Simulu modelovali pohyb v centrálním gravitačním poli pomocí Newtonova zákona. Zde jsme nejprve napsali vlastní knihovnu pro vektorovou algebru, následovalo oživení sluneční soustavy s reálnými daty pro Slunce a Zemi [4] a ladění poloh a rychlostí obíhající „Země“, tak aby byla kometou atd. Následně jsme vypočítávali také mechanickou energii a pozorovali její zachování a význam znaménka celkové energie systému (záporná energie znamená vázaný systém, kladná únik tělesa).

Za domácí úkol po této hodině studenti dostali umístit do modelu nejméně 3 tělesa a dosáhnout takových podmínek, aby simulace běžela alespoň 20 sekund. Zatímco s programovací částí si poradili všichni víceméně snadno, fyzikální problém 3 těles přinesl pro žáky překvapivá zjištění. Bylo nalezeno několik stabilních situací – jednak model Sluneční soustavy, tedy těžké centrální těleso a lehké oběžnice dostatečně daleko, aby se neovlivňovaly (student jich rovnou přidal několik), jednak víceméně identická tělesa obíhající se navzájem uprostřed zobrazovaného pole a k nim oběžnice na relativně vzdálené orbitě.

Zajímavá byla také diskuze o tom, že i když je systém stabilní, stejně někdy postupně opouští zobrazované pole jako celek, a z tohoto pozorování vyplývající opakování zákona zachování hybnosti.

Použití nástroje Simulus

Simulus se skládá z několika souborů, z nichž jsou pro uživatele důležité jen tři:

1) soubor `index.html`, který nijak nemodifikujeme, ale otevíráme ve webovém prohlížeči a po otevření v něm probíhá celá simulace

- 2) soubor model.js, který obsahuje logiku celé simulace
- 3) soubor layout.js, který popisuje vzhled v simulace prohlížeči

V následujícím textu budou popsány hlavní součásti, pro příklady konkrétních implementací je doporučeno nahlédnout do příkladů odkazovaných výše, resp. V sekci Reference.

Model.js

Soubor model.js deklaruje třídu Model, která reprezentuje fyzikální model a ve které se především vypočítává na základě předchozího stavu stav následující. Obsahuje několik metod:

Konstruktor – V konstruktoru musí být deklarovány všechny proměnné, které mají být vidět napříč metodami objektu, typicky tedy ty, které uchovávají stav simulace nebo je zobrazujeme. Kromě toho jsou na začátku nastaveny hodnoty časového kroku dt , pořadového čísla aktuální iterace `stepCount` a hodnota `displayedPointRatio`, která pomáhá urychlit zobrazování. Např. výchozí hodnota 200 znamená, že je vykreslován jen každý dvoustý stav. Vzhledem k tomu, že vykreslování je časově nejnáročnější operace, je takto simulace významně urychlena.

Metoda `step()` – Je volána opakovaně a vytváří příští iteraci z předchozí. Typicky obsahuje kód jako $x_1 += v_1 \cdot dt$; který říká, že k hodnotě proměnné x_1 má být přičtena změna o $v_1 \cdot \Delta t$. Pokud je ze této funkce vrácena hodnota `false`, simulace se zastaví.

Metoda `getCoordinates()` – Pomocí této metody předáváme vykreslovacímu jádru souřadnice bodu / bodů, které má vykreslit. Pokud vykreslujeme jedinou sadu bodů (typicky pohyb jediného tělesa), vrátíme z metody pole obsahující dvojici čísel – souřadnic $[x, y]$. Pokud vykreslujeme několik datových řad, vrátíme z metody pole těchto bodů $[[x_1, y_1], [x_2, y_2], [x_3, y_3], \dots]$. Při vykreslování časových vývoju v ní obvykle využíváme metodu `getTime()`, která vypočítává a vrací aktuální čas v simulaci.

Metoda `getVarDescriptions()` – tato metoda slouží k tomu, abychom naplnili okno se zobrazovanými číselnými hodnotami proměnných popiskami. Je volána jen jednou při inicializaci rozhraní a vrací objekt obsahující tolik položek, kolik proměnných chceme zobrazovat, přičemž klíče se musí shodovat s klíči, kterými budeme předávat data, a položkami jsou objekty obsahující zobrazené jméno proměnné, jednotku a počet zobrazených desetinných čísel.

Metoda `getVars()` – Volá se podobně jako `getCoordinates()` pokaždé, když mají být zobrazeny hodnoty proměnných. Hodnoty k zobrazení předáváme jako objekt, který má klíče shodné s klíči deklarovanými v předchozí metodě a hodnotami jsou čísla určená k zobrazení.

Vzhledem ke svobodné povaze projektu celého projektu i jazyka JavaScript jako takového je možné a přirozené doplnit si pro konkrétní simulaci do modelu další datové položky a metody nebo si napsat vlastní třídy a knihovny a v modelu je připojit a používat.

Layout.js

Konfigurační soubor layout.js je významně jednodušší než předchozí. Obsahuje konfigurační data pro vykreslování a jedná se vlastně o konfigurační objekt tak, jak jej

vyžaduje knihovna canvasjs, která se o vykreslování datových bodů stará. Kompletní dokumentaci obsahují webové stránky projektu canvasjs [5]. Pro nás jsou nejdůležitější tyto položky:

- `historyLength`, která říká, kolik bodů z historie má být zobrazeno. Typicky používáme hodnoty 1 (jen aktuální pozice) a 0 (všechny předané body)
- `axisX` resp `axisY`, které určují minimální a maximální hodnoty na osách a také tloušťku případných čar mřížky.
- `Data`, která obsahuje pole objektů, které má tolik prvků, kolik datových řad budeme chtít vykreslovat a každý prvek popisuje přinejmenším typ grafu (používáme `scatter`), barvu značky `color` a její velikost `markerSize` a případně typ značky `markerType` (`circle`, `triangle`, `square`, `cross`).

Závěr

Přirozenou cestou, jak pracovat ve fyzice se studenty IT, je použití počítačových technologií. Kromě videoměření se autorovi osvědčilo zkoumat vlastnosti systému pomocí numerických simulací.

Popisovaný nástroj Simulus je možné použít k simulaci jednoduchých fyzikálních dějů, nejčastěji – ale ne výhradně – z oblasti kinematiky a dynamiky hmotných bodů. Vzhledem ke své povaze může být Simulus provozován jak lokálně, na počítači uživatele, tak na některém ze serverů, které podporují vykonávání kódu a jeho dynamické změny, jako je například <https://repl.it>.

Po úvodním zaškolení a seznámení se s nástrojem jsou žáci střední školy schopni měnit parametry připravených simulací a diskutovat vliv jednotlivých proměnných, a případně vytvářet i simulace vlastní.

Simulus není chápán jako hotový nástroj ve finální verzi, ale jako věčný polotovar, který si každý uživatel pro každou aplikaci upraví tak, jak vyhovuje jeho potřebám.

Reference a odkazy

- [1] <https://github.com/jan-koupil/simulus>
- [2] <https://repl.it/@JanKoupil/simulus-linear-motion>
- [3] <https://repl.it/@JanKoupil/simulus-motion-in-gravity>
- [4] <https://repl.it/@JanKoupil/simulus-Sun-Earth-system>
- [5] <https://canvasjs.com/>

Kvantová kryptografie pro SŠ

ZDENKA KOUPILOVÁ

Katedra didaktiky fyziky, MFF UK

Abstrakt

V tomto příspěvku představím náplň dvouhodinového semináře na téma kvantová kryptografie. V semináři je na konkrétním příkladu naznačen princip kvantového šifrování, ale kromě toho se do uvedeného času vejde i výklad potřebných základů kvantového chování elektronů/fotonů. Seminář byl úspěšně pilotován na třech středních školách a využit i ve výuce budoucích učitelů na VŠ.

Úvod

Kvantová fyzika je velmi často vnímána jako velmi obtížná partie fyziky, a proto nevhodná k tomu, aby se učila již na středoškolské úrovni. Na druhou stranu je ale třeba kvantové jevy stále častěji brát v úvahu při konstrukci současných přístrojů a rychle probíhá i rozvoj technologií ryze kvantových. Z toho plyne potřeba, aby budoucí vývojáři a technici získali během studia dostatečné základy kvantové fyziky. Ze stejných důvodů roste i potřeba, aby s myšlenkami kvantové fyziky byla seznámena i široká veřejnost. Obě tyto tendence lze vysledovat jak z nové velké výzkumné iniciativy nazvané Quantum Flagship,⁴ tak ze závěrů jednání z nově vytvořené skupiny pro výuku kvantové mechaniky na úrovni střední školy v organizaci GIREP.⁵ Závěry setkání této skupiny v červenci 2019 v Budapešti jasně uvádějí, že kvantová fyzika by na střední škole měla být vyučována, ale je třeba najít vhodné metody a přístupy – opustit komplikovanou matematiku a zaměřit se na pochopení základních myšlenek.

Šifrování a šifrovací klíč

Na začátku semináře je obvykle třeba strávit nějaký čas vysvětlením, jak lze zašifrovat zprávu a k čemu slouží šifrovací klíč.

Nejlépe se vše ukazuje pomocí příkladu. Chceme poslat například zprávu AHOJ. Nejprve „přeložíme“ písmena na čísla (použijme pořadové číslo v abecedě) a tato čísla převedeme do dvojkové soustavy (použijeme „šestibitová čísla“, tj. každé písmeno bude zakódováno pomocí šesti nul či jedniček. Postup je uveden v tab. 1.

Takto převedenou zprávu dokáže lehce rozluštit každý, kdo zná přiřazení písmen a čísel. Proto se při předávání zpráv používá tzv. šifrovací klíč = sekvence nul a jedniček, kterou je třeba uchovat v tajnosti. Uvažujme, že klíč je 0110001101. Tento klíč budeme neustále opakovat, s jednotlivými bity zprávy provedeme operaci XOR (stejně hodnoty = nula, různé hodnoty = jednička) a tím získáme zašifrovanou zprávu. Celý postup ukazuje tab. 2. Dekódování probíhá úplně stejně, viz tab. 3.

⁴ <https://qt.eu/>

⁵ <http://girep.org/>

písmeno	A	H	O	J
poř. číslo	1	8	15	10
binárně	000001	001000	001111	001010

Tab. 1: Převedení zprávy na posloupnost nul a jedniček. Převedená zpráva je uvedena na posledním řádku.

zpráva	0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 0 1 1 1 1 0 0 1 0 1 0
šifrovací klíč	0 1 1 0 0 0 1 1 0 1 0 1 1 0 0 0 1 1 0 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1
zašifrovaná zpráva	0 1 1 0 0 1 1 1 1 1 0 1 1 0 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0

Tab. 2: Postup zašifrování zprávy pomocí klíče, třetí řádek vznikl jako XOR bitů prvního a druhého řádku.

zašifrovaná zpráva	0 1 1 0 0 1 1 1 1 1 0 1 1 0 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0
šifrovací klíč	0 1 1 0 0 0 1 1 0 1 0 1 1 0 0 0 1 1 0 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1
odšifrovaná zpráva	0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 0 1 1 1 1 0 0 1 0 1 0

Tab. 3: Postup odšifrování zprávy pomocí klíče, třetí řádek vznikl jako XOR bitů prvního a druhého řádku. Porovnáním s tabulkou 2 vidíme, že jsme získali původní zprávu.

V tento okamžik se nám může použití klíče jevit jako zbytečné, protože bychom přeci mohli měnit přiřazení čísel k písmenům. Je třeba si ale uvědomit, že šifry, ve kterých je každé písmeno zakódováno vždy stejným způsobem, jsou méně bezpečné, protože je lze prolomit např. lexikálními metodami. Proto se při šifrování používají klíče, které se často mění a jsou významně delší, než je klíč v naší ukázce.

Důležité je si hned na začátku zdůraznit, že náš modelový příklad neslouží k přenosu nějaké konkrétní zprávy, ale k bezpečnému vygenerování klíče – tj. náhodné posloupnosti nul a jedniček. Tak, aby stejnou posloupnost měl jak ten, kdo zprávu vysílá (obvykle nazýván Alice), i tak ten, kdo zprávu přijímá (Bob). V ideálním klíči je stejná pravděpodobnost, že konkrétní bit má hodnotu nula, jako že bude mít hodnotu jedna.

Polarizace fotonů a polarizační filtry

V tomto článku uvedu modelový příklad předání klíče pomocí fotonů a jejich polarizace, proto se u ní na chvíli zastavme.⁶

V klasické fyzice bereme světlo jako vlnění elektromagnetického pole. Toto vlnění je příčné, tj. kmitá kolmo na směr šíření. Polarizační filtr propustí pouze světlo

⁶ Nejedná se o rozbor tohoto jevu, ale o ukázkou velmi zjednodušeného výkladu, který je ale pro pochopení dalších kroků postačující.

polarizované v nějaké konkrétní rovině, tuto rovinu lze nastavit natočením filtru. Pokud světlo kmitá vůči směru natočení polarizátoru „šikmo“, pak si toto kmitání rozložíme na dvě složky – ve směru filtru a ve směru na něj kolmém (podobně jako se dělá třeba rozklad sil na nakloněné rovině). Filtrem projde jen složka v jeho směru, druhá složka je pohlcena.

Odtud je vidět, že pokud dáme za sebe dva filtry ve stejném směru, druhým filtrem projde veškeré světlo, které prošlo prvním. Pokud jsou filtry vůči sobě kolmé, tak světlo, které prošlo prvním filtrem, druhým neprojde. Pokud jsou filtry vůči sobě „šikmo“, druhým filtrem projde část světla. Pro další úvahy je zajímavý případ, kdy oba filtry svírají vzájemný úhel 45° . Potom projde druhým filtrem právě polovina světla,⁷ která prošla prvním filtrem.

Jak ale víme, vlnový pohled na světlo není úplný. Pokud budeme světlo považovat za proud fotonů, pak průchod světla polarizační folií lze vysvětlit takto: Foton má vlastnost, kterou nazýváme polarizace. Pokud projde filtrem, pak víme, že jeho polarizace míří ve stejném směru jako směr filtru. S jistotou víme, že dalším stejně natočeným filtrem projde a že filtrem, který by byl na první z nich kolmý, s jistotou neprojde. Pokud je druhý filtr natočen „šikmo“:

- Potom je nenulová pravděpodobnost toho, že filtrem projde, ale i že filtrem neprojde. Tuto pravděpodobnost můžeme spočítat ze vzájemného úhlu obou filtrů.
- Nemůže se ale stát, že by prošla „část“ fotonu, buď projde celý foton, nebo neprojde.
- Nelze nijak dopředu určit, který foton projde a který ne, protože se jedná o náhodný jev.
- Foton, který filtrem prošel, změní svoji polarizaci tak, že je poté shodná se směrem natočení filtru.

Pokud je úhel vzájemného natočení obou polarizačních filtrů roven 45° , pak je pravděpodobnost toho, že foton projde, stejná jako pravděpodobnost toho, že bude pohlcen.

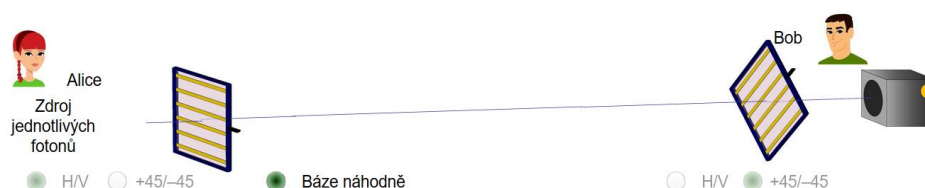
Předchozí odstavec v sobě obsahuje základní myšlenky kvantové fyziky (zdůrazněné odrážkami), které ale může být obtížné správně uchopit, což znamená nejenom přijmout jejich platnost, ale také ještě před tím „objevit“, v čem jsou jiné v porovnání s klasickou fyzikou.

Přenos šifrovacího klíče pomocí fotonů a protokolu BB84

Nadpis této části naznačuje, že pro přenos šifrovacího klíče máme více možností. My si popíšeme tzv. protokol BB84 (jedná se o způsob nastavení filtrů a měření, způsobů je více) s fotony a měření jejich polarizace. K výkladu lze použít aplet [1], ale mnohem

⁷ Ve skutečnosti to, co se „vlní“, je elektrická intenzita, co je vektorová veličina, která má tedy i směr. „Množství“ světla, tak jak ho vnímáme my, odpovídá druhé mocnině tohoto vektoru.

lépe se to vysvětluje, pokud celou situaci zdramatizujeme. Vybraní žáci hrají Alici, Boba, foton, „náhodu“ (přírodu, osud, ...) a Evu. K určení výsledků náhodných jevů používají např. hod korunou nebo hrací kostkou.



Alice s Bobem se domluví, že budou používat dvě dvojice natočení polarizačního filtru. První z nich nazveme „rovné směry“ a jde o směr svislý a vodorovný. Druhou dvojici nazveme „šikmé směry“ a jedná se o směry odkloněné o 45° vpravo a o 45° vlevo od svislého směru. Pro další úvahy je podstatné, že směry jsou v obou dvojicích na sebe navzájem kolmé a že úhel mezi směry z různých dvojic má vždy velikost 45° . Dvojici přiřadíme značky a směřům hodnoty 1 a 0 dle tab. 4.

Označení dvojice	Označení směru	Bitová hodnota
Rovné +	↑ H	1
	→ V	0
Šikmé ×	↖ -45°	1
	↗ $+45^\circ$	0

Tab. 4: Přiřazení značek dvojicím a hodnot 0 a 1 jednotlivým směřům

Alice na úvod zvolí, kterou dvojici směrů použije, a vybere i konkrétní směr. Obě volby dělá náhodně, např. pomocí koruny. Poznamená si jak dvojici, tak hodnotu, které zvolený směr odpovídá (0 nebo 1). Nakonec dá vědět Bobovi, že posílá foton, a pošle mu foton, který prošel takto natočeným filtrem.

Bob postupuje podobně. Náhodně zvolí dvojici i konkrétní směr filtru. Následně provede měření = vyzkouší, zda foton filtrem projde. Pokud Bob zvolil stejnou dvojici jako Alice, pak výsledek měření známe – stejný směr = foton projde, kolmý směr = foton neprojde. Odtud může Bob odvodit polarizaci fotonu a přiřadit mu správnou binární hodnotu (nulu nebo jedničku). Pokud Bob zvolil odlišnou dvojici směrů než Alice, pak je vždy pravděpodobnost průchodu fotonu 50 %. V tomto případě tedy přijde na řadu „náhoda“, která náhodně rozhodne o výsledku. Pokud foton projde, pak je jeho polarizace shodná s natočením filtru, pokud neprojde, pak odpovídá druhé z dané dvojice. Bob tedy může i v tomto případě přiřadit výsledku měření binární hodnotu (nulu nebo jedničku) a společně se zvolenou dvojicí směrů si ji zapsat.

Obvykle trvá tak tři či čtyři měření, než se studenti zorientují v průběhu celého procesu; vyučující by je měl poměrně jasně instruovat. Potom již vše běží rychle a bez pomoci. Záznamy Alice i Boba děláme na tabuli, aby na ni všichni viděli (zde lze zapojit další žáky jako zapisovatele). Získáme tabulku podobou tabulce 5.

Alice		Bob		Klíč
Dvojice	Směr	Dvojice	Směr	
+	1	×	1	
×	0	×	0	
×	1	+	0	
+	0	×	0	
+	1	+	1	
×	0	×	0	
×	0	+	0	
×	0	×	0	
+	1	+	1	
×	1	×	1	
+	0	×	0	
+	1	+	1	
×	0	+	1	
×	1	×	1	
×	0	×	0	
×	0	+	0	
×	1	×	1	
+	0	+	0	
+	1	+	1	
×	0	×	0	
×	0	+	0	
×	1	×	1	
+	0	+	0	

Alice		Bob		Klíč
Dvojice	Směr	Dvojice	Směr	
+	1	×	1	
×	0	×	0	0
×	1	+	0	
+	0	×	0	
+	1	+	1	1
×	0	×	0	0
×	0	+	0	
×	0	×	0	0
+	1	+	1	1
×	1	×	1	1
+	0	×	0	
+	1	+	1	1
×	0	+	1	
×	1	×	1	1
×	0	×	0	0
×	0	+	0	
×	1	×	1	1
+	0	+	0	0

Tab 5. (vlevo): Tabulka se záznamem měření.

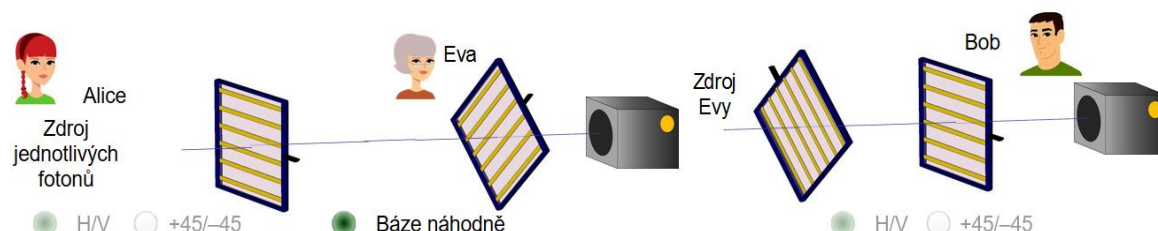
Tab 6. (vpravo): Vyhodnocení měření a vytvoření klíče (řádky s tmavým pozadím jsou vyřazeny, protože Alice s Bobem se neshodli ve volbě dvojice).

Poté, co proběhne dostatečný počet měření (ve třídě zhruba deset, ve skutečnosti tisíce až milióny), Alice s Bobem si „zatelefonují“ (spojí se jakýmkoliv způsobem, který může být zcela veřejný) a navzájem si porovnají, kterou dvojici směrů použili při jednotlivých měřeních. Pokud v daném měření (řádku) použili stejnou dvojici, pak ho ponechají a naměřená hodnota (kterou si ale telefonem nesdělují) se stanou součástí klíče. Pokud použili různé dvojice směrů, pak dané měření vyloučí. Zpracování je naznačeno v tab. 6.

Na tomto místě zdůrazníme, že vše, co si Alice s Bobem potřebují sdělit (kromě posílání vlastních fotonů), si mohli Alice s Bobem sdělovat zcela veřejně. Přesto vytvořili šifrovací klíč, který znají pouze oni a pro každý bit je stejně pravděpodobné, že bude mít hodnotu nula i jedna, což je vlastnost, kterou dobré šifrovací klíče mají mít.

Přidání odposlechu

Z předchozího textu je patrné, že citlivou částí je posílání fotonů. Pojďme tedy do procesu vytváření klíče přidat „špiona“, který dokázal vložit svoji měřicí aparaturu (svoje polarizační filtry, detektor a zdroj fotonů) mezi Alici a Boba. Tento „špion“ se obvykle označuje jako Eva (označení vychází z anglického slova eavesdropper).



Následující úvahy vycházejí z platnosti tzv. non-cloning (neklonovacího) teorému, který říká, že nelze přenést stav částice na jinou částici, aniž by došlo ke změně stavu původní částice. Při diskuzi se žáky je třeba zdůraznit **princip nerozlišitelnosti částic**, tedy skutečnost, že dva fotony (či elektrony) opravdu nemohu jakkoli odlišit. Vytvoření stejného fotonu tedy znamená nastavit jeho stav (zde hlavně jeho polarizaci) stejně, jako ji má originální foton. „Kopírování“ stavu je tedy nemožné.⁸ Platnost non-cloning teorému lze s žáky zhlédnout pomocí diskuze povahy měření v kvantové mechanice – kromě jeho pravděpodobnostního charakteru je podstatná skutečnost, že **měření** (v našem případě průchod filtrem) **nevratně změní stav** fotonu a informace získané měřením nejsou postačující k tomu, aby bylo možné původní stav fotonu zrekonstruovat.

Eva zná proceduru měření, na které se Alice s Bobem domluvili. Také ona použije polarizační filtr a bude náhodně volit jeho směr. Potom ze svého zdroje fotonů pošle Bobovi foton s přesně takovou polarizací, kterou naměřila.

Všichni tři si vedou záznamy o měření, které mohou vypadat třeba tak jako v tab. 7. Alice s Bobem svoje měření vyhodnotí stejně jako v předchozím případě, viz poslední sloupec tab. 7. Ve sloupečku klíč jsme poznamenali buď hodnotu bitu klíče, pokud se v něm Alice s Bobem shodli, nebo je zde uvedeno „chyba“, pokud oba mají odlišné hodnoty. Protože ale Alice s Bobem si konkrétní hodnoty neřekli (pomocí veřejného kanálu, který mají k dispozici, by to ani nebylo vhodné), tak o tom, že nemají stejný klíč, nevědí.

Alice		Eva		Bob		Klíč
Dvojice	Směr	Dvojice	Směr	Dvojice	Směr	
+	1	×	1	×	1	
+	0	×	0	+	0	0

⁸ Je ale možné stav fotonu přenést na jiný foton, pokud nám nevadí, že stav originálního fotonu bude změněn (podstata kvantové teleportace).

×	1	+	0	+	0	
+	0	+	0	×	1	
+	1	×	1	+	1	1
×	0	+	0	×	1	chyba
×	0	×	0	+	0	
×	0	+	0	×	1	chyba
+	1	×	0	+	1	1
×	1	+	1	×	0	chyba
+	0	×	0	×	0	
+	1	+	1	+	1	1
×	0	+	1	+	1	
×	1	+	0	×	1	1
×	0	×	0	×	0	0
×	0	+	1	+	1	
×	1	+	1	×	1	1
+	0	×	1	×	1	

Tab. 7. Záznam měření i s odposlechem, v posledním sloupečku je vyhodnocení měření (tmavé pole značí vyřazené měření, chyba označuje řádky, kde došlo k narušení měření díky odposlechu)

Když si to pořádně rozmyslíme, Evino odposlouchávání by mělo způsobit odlišné hodnoty ve čtvrtině bitů. Zajímavé jsou pouze případy, kdy Alice a Bob zvolili stejnou dvojici směrů, v opačném případě měření nepoužijí. Eva má 50 % pravděpodobnost, že zvolí stejnou bázi jako Alice s Bobem. V tomto případě naměří polarizaci, kterou Alice poslala, a Bobovi pošle foton také s touto polarizací. Měření Evy tedy neovlivní Bobův výsledek. Pokud ale Eva zvolila druhou dvojici směrů, pak naměří některou z polarizací pootočenou o 45° od směru Bobova polarizátoru a Bobovi pošle foton s touto polarizací. V takovém případě je pravděpodobnost průchodu i absorpce fotonu na Bobově filtru rovna 50 %. Bob tedy naměří stejnou hodnotu, jako by naměřil i bez Evina vměšování, v polovině případů. Celkově tedy pouze ve čtvrtině případů Evino měření a odeslání jiného fotonu Bobovi způsobí to, že Bob naměří nesprávnou hodnotu.

Uvažujme, že Alice s Bobem mají podezření, že je Eva odposlouchává. Proto si porovnají čtvrtinu bitů z klíče, který vytvořili. Pokud najdou bity, které se neshodují, tak vědí, že jejich komunikaci se pokusil někdo odposlouchávat. Pokud bude vše v pořádku, tak zveřejněné bity z klíče vyřadí.

Celá tato procedura má tu výhodu, že kromě postavené aparatury, tj. „trubky“, kterou si Alice a Bob mezi sebou posílají fotony, mohou vše ostatní – např. konstrukci a nastavení aparatury – domlouvat zcela veřejně. Ani úplná informace o tom, jak se bude klíč předávat, neumožní Evě („špionovi“) klíč získat.

Závěr

Seminář podle obdobného scénáře jsem úspěšně realizovala na třech různých středních školách a v rámci semináře pro budoucí učitele fyziky. Během výkladu kvantové kryptografie se studenti setkají s většinou základních myšlenek kvantové fyziky, a to v dobře přístupné formě. Shrňme si je: korpuskulárně-vlnový dualismus (vyskytuje se při výkladu průchodu světla/fotonu polarizační fólií), nerozlišitelnost částic stejného druhu, pravděpodobnostní charakter měření, skutečnost, že měření ovlivní měřenou částici. V případě, že bychom se rozhodli při výkladu použít přenos pomocí elektronů, potom ještě mnohem jasněji vystoupí kvantování (je i u protokolu s fotony, při průchodu fólií, ale není to zde tak zřejmé) a ryze kvantový jev, tzv. provázanost (entanglement). Je jen na vyučujícím, které z těchto myšlenek zdůrazní a rozebere se studenty podrobněji.

Literatura

- [1] Aplet patří do kolekce anglické kolekce QuVis (<https://www.st-andrews.ac.uk/physics/quvis/>), vybrané aplety jsou přeloženy do češtiny (<http://fyzweb.cz/materialy/kvantovka/>). Na stejném principu lze použít i elektrony a měřit průmět jeho spinu, případně použít novější protokol BB92. Pro tyto možnosti také naleznete v uvedené kolekci vhodné aplety.
- [2] Stix G. *Innovation: Best-Kept Secrets*. Scientific American, Volume 292, Number 1, January, 2005. (Stručný a jednoduchý úvod do problematiky včetně zmínky o praktickém použití)
- [3] Bennett Ch. H., Brassard G. *Quantum cryptography: Public key distribution and coin tossing*. Theoretical Computer Science 560 (2014) 7–11 (<https://doi.org/10.1016/j.tcs.2014.05.025>, první článek navrhuje způsob přenosu, dnes základ protokolu BB84)
- [4] Lo, Hoi-Kwong & Lütkenhaus, Norbert. *Quantum Cryptography: from Theory to Practice*. 2007. arXiv:quant-ph/0702202v3. (úvod do problematiky na vyšší úrovni)

Fyzika a hra

ZDENKA KOUPILOVÁ

Katedra didaktiky fyziky, MFF UK

Úvod

Každoročně mnoho příspěvků na konferenci Veletrhu nápadů učitelů fyziky prezentuje, jak udělat fyziku hravější. V tomto příspěvku budou představeny tři příklady her (v deskové i venkovní verzi), které vznikly naopak vložením fyzikálního obsahu do hry. Společným rysem všech tří her je využití různých způsobů, jak reprezentovat fyzikální jev či zákon, což od hráčů vyžaduje výrazně pokročilejší přemýšlení či zvládnutí příslušných partií než jen zapamatování a reprodukci faktů či zvládnutí rutinních postupů.

Šestiúhelníková fyzika

Tato hra využívá principu hry Dobble⁹ – hráči hledají na dvou kartách obrázek či slovo, které se na obou vyskytuje. Kdo ho nalezne, tak se karty zbaví nebo ji získá, podle konkrétní hry, kterých lze s těmito kartami hrát několik. Celá hra spočívá v tom, že každá dvojice karet má společný právě jeden symbol. Nejobvyklejší jsou verze s 31 kartami po šesti obrázcích nebo 51 kartami po osmi obrázcích, i když lze vyrobit i sady s jiným počtem. Více o matematickém pozadí této hry naleznete v [1].



Obr. 1 - První hra Dobble

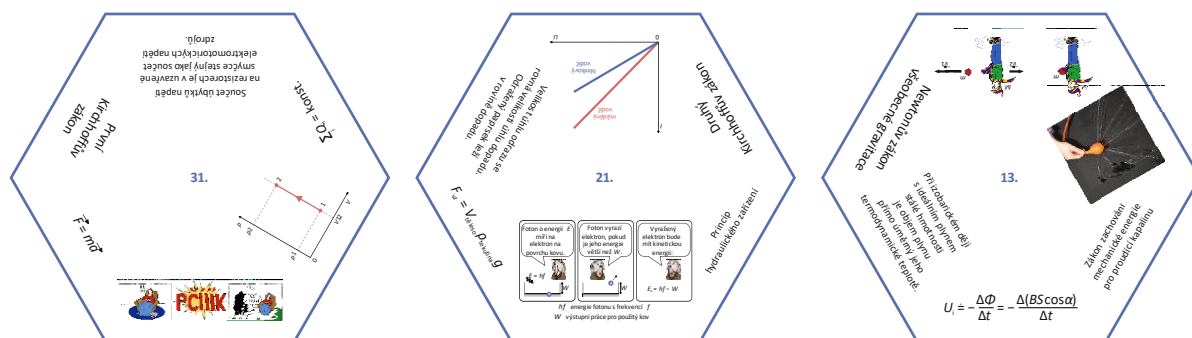
Na internetu se dá najít velmi mnoho variant na různá témata – všechna ale mají společné to, že příslušná věc (slovo, obrázek) je na všech kartách zobrazena zcela totožně a vyhledávání stejných symbolů tedy může být pouze na základě vizuální podobnosti.

V šestiúhelníkové fyzice (viz obr. 2) je na 31 kartách šestiúhelníkového tvaru znázorněno vždy šest různých fyzikálních zákonů – způsoby zachycení zákonů jsou ale různé: název, slovní vyjádření, vzorec, heslovité vyjádření, obrázek, graf, fotografie, praktické využití, vtip, ... Úkol hráčů je stejný – na dvojici karet najít společný fyzikální zákon, ale díky různosti způsobu, jakým je zákon zachycen, musí být hráč v případě nutnosti připraven přesvědčit spoluhráče o správnosti nalezeného řešení.

S danými kartami lze hrát všechny varianty hry Dobble i několik dalších. Např. šestiúhelníkový tvar umožňuje sestavování různých obrazců, hraní domina, ... Karty jsme využili jak v učebně, tak i v přírodě (viz obr. 3), kde se přemýšlení nad fyzikou příjemně spojilo s pohybem. V obou variantách bylo podstatnou složkou hry i vzájemné

⁹ <http://dobble.cz/>

vysvětlování si mezi hráči, proč zrovna tato část jedné karty představuje stejný fyzikální zákon zachycený i na druhé kartě.



Obr. 2 - Ukázka tří karet Šestiúhelníkové fyziky



Obr. 3 - Fotografie z použití karet přímo v terénu a ve výuce

Hra je dostupná v nakladatelství MatfyzPRESS (<http://matfyzpress.cz/>).

Matfyzácká piktomanie

Druhá hra vznikla jako drobná hříčka inspirovaná hrami Activity¹⁰ a Pictomania¹¹ (obr. 4). Osvědčila se týmová varianta, kdy si jeden člověk z týmu vylosuje kartičku s termínem (z matematiky nebo fyziky, viz tab. 1) a jeho úkolem je ho nakreslit tak, aby ostatní členové týmu uhodli, o co se jedná. Nesmí přitom mluvit ani vydávat jakékoli jiné informace nesoucí zvuky a obrázek nesmí



Obr. 4 - Hry Activity a Pictomania

¹⁰ <https://www.eshop-piatnik.cz/3-activity>

¹¹ <http://www.mindok.cz/cz/hry/puvodni-ceske-hry-15/pictomania-8595558303328-373>

obsahovat žádná písmena a čísla (v jakýchkoli abecedách či systémech). V drsnější variantě jsou zakázané veškeré symboly. Zajímavé je pozorovat, jak někteří hráči využívají vnější podobnost (např. zvukovou) a někdy je využito opravdu pochopení daného termínu či jeho aplikace do nějaké konkrétní situace.

<i>primitivní funkce</i>	<i>cyklotron</i>	<i>dioptrie</i>
<i>supravodič</i>	<i>kondenzace</i>	<i>ultrazvuk</i>
<i>prvočíselný rozklad</i>	<i>úplná indukce</i>	<i>desetinná čárka</i>
<i>mimoběžky</i>	<i>společný jmenovatel</i>	<i>Coulombův zákon</i>

Tab. 1 - Ukázky termínů ve hře Matfyzácká piktománie ve verzi pro studenty VŠ, celkově se hrálo s cca 100 různými termíny



Obr. 5 - Fotografie ze dvou uvedení hry Matfyzácká piktománie, vlevo ve variantě pro dvojice, uprostřed v týmové variantě, vpravo ukázka ztvárnění názvu jednoho fyzikálního zákona.

Hru jsme hráli (viz obr. 5) vždy jako hříčku, takže pravidla jsme vykládali volněji a bylo otázkou osobní cti každého hráče, jak zvládne daný pojem nakreslit. Lze ale hrát i více soutěžně, např. lístečky rozdělit na několik hromádek podle obtížnosti s různým bodovým ohodnocením, mít možnost se za nějaké záporné body vzdát a vzít si jiný lísteček, ...

Učíme fyziku dle RVP, MŠMT a ČŠI

Poslední uvedená hra vznikala původně jako velká venkovní hra pro Jarní soustředění pro posluchače učitelství fyziky MFF UK a „spřízněné duše“ v Malé Hrašticí¹², ale její použití je také univerzálnější. Herní princip vychází ze společenské hry Slož to,¹³ ve které mají hráči k dispozici oboustranně potištěný kousek látky s obrázky 16 jídel (obrázky jsou „protištěné“ skrz látku) a jejich úkolem je tuto látku poskládat tak, aby byla vidět pouze ta jídla, která jsou na právě vylosované kartě. Při skládání je nutné dodržet pravidlo, že přehyby mohou být pouze po hranicích obrázků (tj. žádný obrázek,

¹² <https://kdf.mff.cuni.cz/hrastice>

¹³ <https://www.albi.cz/hry-a-zabava/sloz-to/>

nesmí být „přeložen“ na půl či jinak). Ve chvíli, kdy je třeba látku poskládat tak, aby byly vidět tři či čtyři konkrétní obrázky, které nejsou nakresleny u sebe, je hra poměrně náročná na prostorovou představivost.

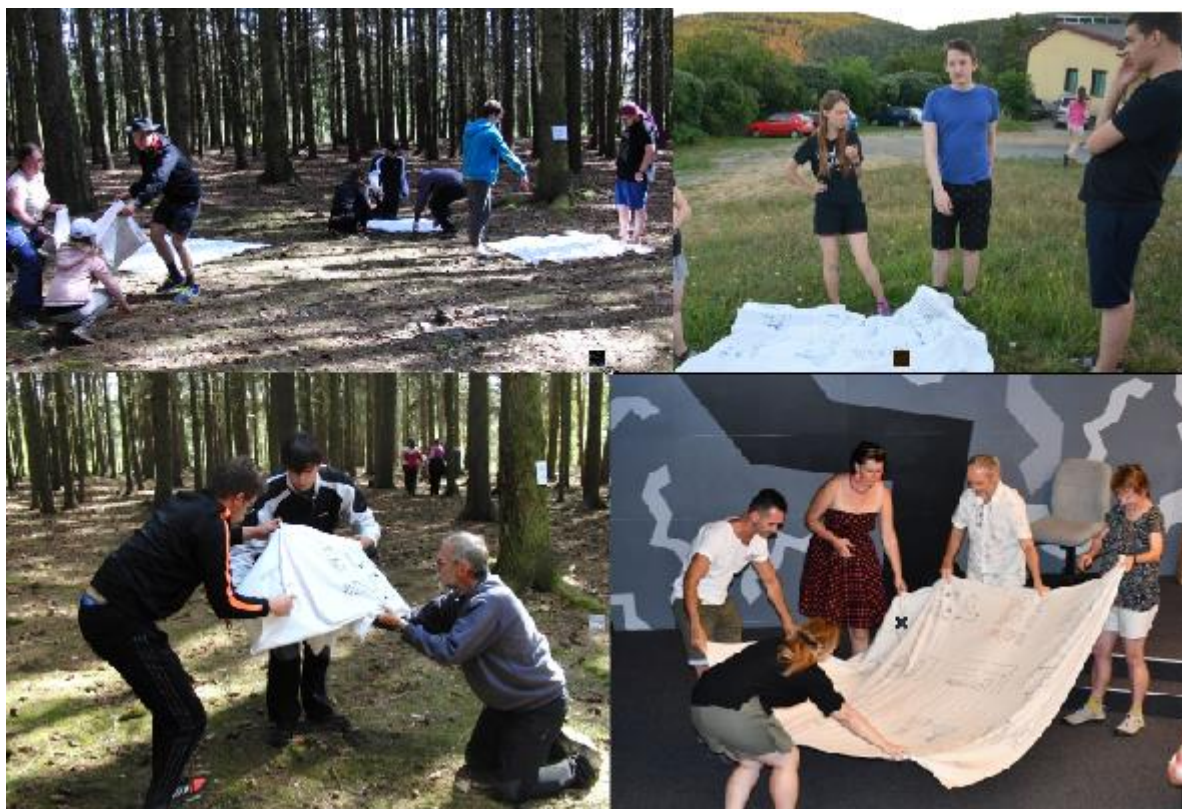
V naší variantě bylo cílem každé skupiny hráčů získat ve vymezeném čase od ČŠI (zastoupené zemskou školní inspektorkou = vedoucí) co nejvíce bodů za odučené hodiny. Každá hodina měla určené svoje očekávané výstupy, které musela část týmu zjistit v místě nazvaném MŠMT a bez použití jakýchkoli zvuků sdělit k nim příslušná témata druhé polovině týmu. Druhá část týmu byla v místě nazvaném Fyzikální kabinet a měla zde k dispozici látkový čtverec o straně více než 2 m s nakreslenými obrázky, které určovaly 16 vybraných fyzikálních témat. Tato látka představovala „univerzální přípravu na vyučovací hodinu“ a bylo třeba ji poskládat¹⁴ podle stejných pravidel jako v původní společenské hře (viz obr. 6). Zemská školní inspektorka, před kterou se obě poloviny týmu sešly, hodnotila jednak správnost poskládání příprav a jednak i doslovnou přesnou znalost očekávaných výstupů.

Několik příkladů z 50 použitých očekávaných výstupů:

- Žák **zakreslí**, jak se odráží typická česká vánoční atmosféra na vánočních baňkách.
- Žák **porovná** trajektorii ptačího lejna z hlediska letícího ptáka a osoby tímto lejnem zasažené.
- Žák **navrhne** takové zapojení pojistek, aby přepálení jedné z nich ochránilo ty ostatní.
- Žák z barevnosti olejové skvrny **odvodí** objem nádrže havarovaného ropného tankeru.
- Žák **uvede** praktickou **aplikaci** matematického vztahu

$$\sin(\phi) + \sin(\phi + 2\pi/3) + \sin(\phi + 4\pi/3) = 0.$$
- Žák **analyzuje** rozdíly mezi natahováním na skřípec a lámáním kolem.
- Žák **obhájí** nutnost pěti drátů u spotřebiče zapojeného čtyřvodičovým rozvodem trojfázové soustavy.
- Žák **kriticky posoudí** reálnost úspěchu postavení vejce na špičku Kryštofem Kolumbem v roce 1495.
- Dostane-li žák k dispozici pevný bod, pohne Zemí.

¹⁴ Velikost látkového čtverce vyžadovala při skládání kromě prostorové představivosti i značnou šikovnost a spolupráci jednotlivých lidí.



Obr. 6 - Realizace hry na soustředění budoucích učitelů (vlevo nahoře a dole), na soustředění středoškoláků¹⁵ (vpravo nahoře) a ukázka na Veletrhu (vpravo dole)¹⁶

Jedním ze zajímavých momentů z přípravy hry byl výběr obrázků, které musí jednoznačně určovat fyzikální téma a musí „fungovat“ i převráceně, tj. propisné na druhou stranu látky. Tím se výběr omezil na různá schémata či náčrtky, grafy šlo použít jen upravené a i využití textu (písmen a číslic) bylo velmi omezené. Očekávané výstupy musely být jednoznačně přiřaditelné právě k jednomu obrázku, protože pokud by jejich výklad umožnil přiřadit jiný obrázek, tak by to mohlo vést k situaci, že by přípravy nešly podle zadaných pravidel poskládat.

Protože hra byla vytvářena pro budoucí učitele fyziky, tak jsme do ní vnesli i didaktické téma – konkrétně formulaci cílů hodiny, které jsou všechny konkrétní, velmi často praktické, určité měřitelné, využívají aktivních sloves (viz zvýraznění v ukázce výše) a pokrývají všechny stupně Bloomovy taxonomie cílů [2]. Protože se ale jednalo o hru, jsou formulovány s velkou mírou nadsázky.

S pozměněnými pravidly byla hra uvedena i na soustředění pro středoškoláky, kde se ale její legenda týkala skládání maturitní zkoušky z fyziky (přípravy se dělaly na potítku a místo výstupů šlo o zadání dílčích otázek).

¹⁵ Soustředění mladých fyziků a matematiků, <https://kdf.mff.cuni.cz/tabor/>

¹⁶ Fotografie převzata z webových stránek konference <http://uni.uhk.cz/vnuf/>

Poděkování

Autorka příspěvku by ráda poděkovala všem svým kolegům, studentům, žákům i účastníkům soustředění, bez jejichž pomoci, podpory a nadšení při hře by dané hry nespatřily světlo světa.

Literatura

- [1] Stehlík P. (2019) Matematika za karetní hrou dobble. *Pokroky matematiky, fyziky a astronomie*, 64 2, s. 69-90
- [2] Bloom, B. S.; Engelhart, M. D.; Furst, E. J.; Hill, W. H.; Krathwohl, D. R. (1956). Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals. Handbook I: Cognitive domain. New York: David McKay Comp

Využitie projektovej metódy vo vyučovaní fyziky ZŠ

KATARÍNA KOZELKOVÁ, OTÍLIA PLENCNEROVÁ

Gymnázium, Opatovská cesta 7, 040 01 Košice

Abstrakt

Vyučovanie fyziky na základných školách a v nižších ročníkoch osemročných gymnázií je zamerané nielen na polozenie základov vedomostí a zručností, ale najmä na to, aby učitelia ukázali žiakom krásu fyziky a vzbudili záujem žiakov o jej štúdium. V rámci vyučovania je preto žiaduce využiť aktivizujúce metódy, ktoré žiakov vtiahnu do deja vyučovacej hodiny nie ako pasívny prvok, ale ako aktívneho člena vytvárajúceho si vlastný systém vedomostí a zručností. Jednou z vhodných metód je projektová metóda. Príspevok je zameraný na využitie projektovej metódy vo vyučovaní fyziky v nižších ročníkoch osemročného gymnázia so zreteľom na získavanie a využitie vedomostí a zručností žiakov. Opisuje skúsenosti so zadávaním projektov a ich vyhotovením, ako aj ukážky projektovej činnosti žiakov rozdelené podľa času vypracovania.

Projektová metóda

Pod projektovou metódou sa rozumie metóda vyučovania, pri ktorej žiaci samostatne riešia problémy a úlohy vychádzajúce z bežného života. Riešenie problémov je spojené s praktickou činnosťou a experimentovaním. Charakteristickým znakom tejto metódy je ukončenie riešenia formou konkrétneho výstupu. Témy majú často nadpredmetový charakter – jedná sa o témy integrované, pri ktorých žiaci využívajú poznatky ale aj zručnosti nadobudnuté v rôznych predmetoch.

Využitie projektovej metódy v rámci vyučovania má tieto základné fázy:

1. Voľba témy projektu. Špecifikácia témy, a určenie cieľov. V závislosti od projektu môže tému voľiť učiteľ, resp. samotný žiak.
2. Plánovanie riešenia projektu. Vypracovanie plánu projektu, rozdelenie žiakov do skupín, pridelenie úloh, určenie časového limitu na vypracovanie.
3. Riešenie projektu. Realizácia vopred stanoveného plánu. Učiteľ je v tejto fáze len v roli pozorovateľa, resp. pomocníka, do riešenia projektu zasahuje len okrajovo.
4. Zverejnenie výsledkov riešenia projektu. Prezentácia a zhodnotenie práce na projekte.

Projektová metóda je náročná na čas potrebný na realizáciu, na schopnosti žiakov a učiteľov, či pomôcky a materiálno-technické vybavenie školy. Na druhej strane ponúka priestor na rozvoj rôznorodých žiackych zručností a schopností, ako napríklad tvorivosť, samostatnosť, spolupráca v skupine, kritické myslenie, schopnosť riešiť problémy, či prezentovať výsledky vlastnej práce. [1] [2]

Žiacke projekty

V rámci vyučovania fyziky sa žiaci môžu stretnúť s rôznymi typmi projektov, ktoré sa líšia rôznymi podmienkami na vypracovanie. Na základe jednej z podmienok, ktorou je čas na vypracovanie, sú projekty rozdelené do nasledovných kategórií:

- Krátkodobé
- Strednodobé
- Dlhodobé.

Projekty v daných kategóriách sa líšia aj na základe ostatných podmienok, ako je zadanie úlohy, počet riešiteľov, náročnosť prípravy a materiálneho zabezpečenia, či využitie medzipredmetových vzťahov.

Projekty krátkodobé

Čas na vypracovanie krátkodobých projektov je zväčša týždeň, resp. na nasledujúcu hodinu. Tieto projekty majú tému zadanú učiteľom, ktorá je v súlade s preberaným učivom. Jedná sa o materiálno nenáročné projekty, ktoré vyžadujú už vopred získané poznatky a zručnosti. Žiaci pracujú samostatne, resp. v skupinách v závislosti od témy projektu. Vypracovanie projektov je ponechané na čas po vyučovaní. Námety na takto zamerané projekty sú z učebníc fyziky [3], [4], [5], ich úpravou, či z iných zdrojov. Výsledky projektov je možné využiť na nasledujúcich hodinách fyziky.

Príkladmi takto zameraných projektov sú doma zostrojené kalorimetre, hydraulické zariadenia, modely vodováhy, rovnoramenných váh, silomeru, či meteorologickej búdky a jednotlivých meracích prístrojov ako základ školskej meteorologickej stanice (anemometer, ukazovateľ smeru vetra, zachytávač prachových častíc, barometer). Vlastnoručne vyhotovené pomôcky žiaci na hodine prezentovali a následne využívali pri pokusoch. Takto prevedené pokusy ich zaujali omnoho viac, než pokusy so školskými pomôckami.

Pri príležitosti prírodovedného dňa si žiaci pripravili pre svojich spolužiakov rôzne pokusy, ktoré následne predviedli a objasnili ich fyzikálnu podstatu. Jednalo sa najmä o pokusy s jednoduchými pomôckami, pričom téma bola kúzelná fyzika (Obr. 1). Pokusy boli zamerané na rôzne oblasti – povrchové napätie kvapaliny, obtekanie kvapalín (Bernoulliho rovnica), hustota kvapalín, ale aj s využitím medzipredmetových vzťahov - výbuch sopky na modeli vlastnoručne zhotovenej sopky.



Obr. 1 - Kúzelná fyzika

Projekty strednodobé

Tieto projekty potrebujú na vypracovanie dlhší čas – približne mesiac. Ich vypracovanie môže prebiehať počas alebo mimo vyučovania. Ak je riešenie projektov realizované počas vyučovania, je potrebné zabezpečiť dostatočný počet hodín na vypracovanie. Výhodou však je, že učiteľ môže kontrolovať a napomôcť nielen vo fáze plánovania ale aj riešenia projektu. Strednodobé projekty sú náročnejšie na prípravu a materiálno-technické zabezpečenie (niektoré pomôcky žiakom zapožičala škola, iné museli získať a doniesť sami). Tieto projekty sú realizované v skupinách. V rámci vypracovania žiaci využívajú nielen zručnosti a vedomosti z fyziky ako aj iných predmetov a aplikujú ich na riešenie daného problému. Témy projektov zadáva učiteľ, pričom sa jedná o problém, ktorý nemá len jedno riešenie.

Príkladom strednodobého projektu bol model nízkoenergetického domu. Zadanie projektu bolo inšpirované projektom ESTABLISH [6]. Zadanie, ktoré sa mohlo zdať nejednoznačné, nabádalo žiakov zvoliť si vlastný spôsob riešenia. Žiaci dostali za úlohu zostrojiť model nízkoenergetického domu (Obr. 2) a dokázať, že daný model domu je tepelne odizolovaný. Žiaci pracovali v skupinách, čas na vypracovanie bol počas vyučovania – 5 vyučovacích hodín na plánovanie a realizáciu riešenia projektu a jedna vyučovacia hodina na prezentáciu výsledkov, ktorá obsahovala aj experiment, ktorý dokázal efektívnosť izolácie jednotlivých modelov. Počas vypracovania projektu učiteľ diskutoval so žiakmi o ich riešení a napomáhal s kritickými bodmi riešenia, avšak nezasahoval a nemenil riešenia jednotlivých skupín.

Žiaci zvolili odlišné spôsoby riešenia. Dve skupiny porovnávali rôzne materiály a ich izolačné vlastnosti. V tomto prípade mali pripravených viac rovnakých modelov, v ktorých použili rôzne izolačné materiály. Pri tomto spôsobe museli mať na zreteli, aby dodržali podmienky experimentu a nemenili viac premenných. Ďalšie skupiny zisťovali pokles teploty vo vnútri modelu. Ako zdroj tepla použili vodu známeho objemu a teploty. Aby vedeli určiť, či je model domu efektívny, porovnávali pokles teploty vody vo vnútri domu a mimo domu. V tomto prípade bolo taktiež dôležité aby bola dodržaná základná podmienka experimentu. Jedna zo skupín vytvorila model domu, ktorý okrem zdroja tepla obsahoval aj rôzne technické prvky (ventilátor, model slnečného kolektora) a rôzne materiály. Ako zdroj tepla bola použitá stolná lampa modelujúca slnečné žiarenie. Meranie pozostávalo v pozorovaní vnútornej teploty modelu pričom bolo poukázané na využitie obnoviteľných zdrojov energie.



Obr. 2 - Modely nízkoenergetických domov

Dlhodobé projekty

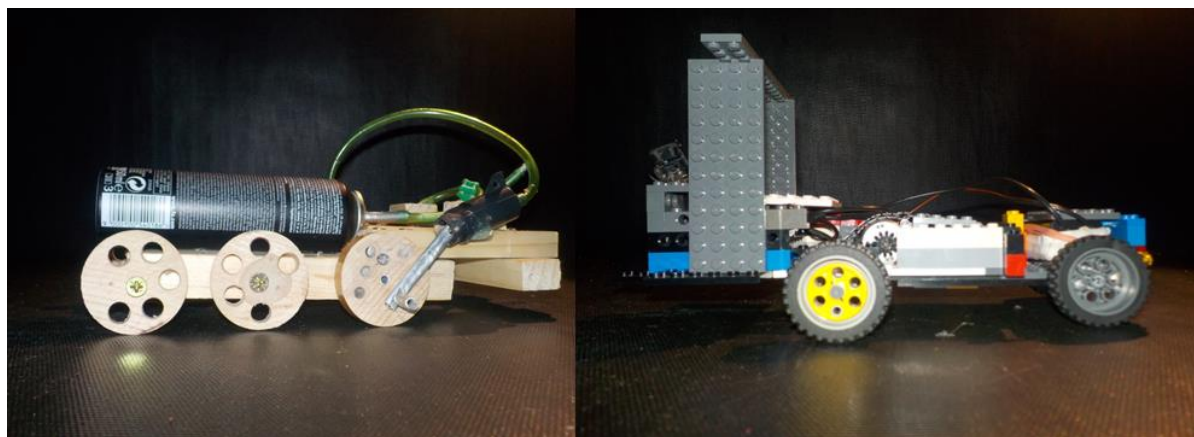
Dlhodobé projekty sú zamerané na samostatnú prácu žiakov v dlhodobom horizonte. Čas na vypracovanie je 4 – 5 mesiacov, počas ktorých žiak samostatne pracuje na zvolenej téme. Tento typ projektov je náročný na čas vypracovania, ktorý je mimo vyučovacieho procesu. Avšak je podstatné, aby mal žiak možnosť konzultovať riešenie s učiteľom, respektíve s odborníkom vo zvolenej oblasti. V rámci riešenia žiak aplikuje nadobudnuté vedomosti a zručnosti z rôznych predmetov. Výstupom projektu je prezentácia výsledkov. Tému projektu môže zadať učiteľ, respektíve si ju zvolí žiak sám. Témami sú väčšinou otvorené otázky a problémy z bežného života.

Pri realizácii projektu, nazvaného mini-SOČ si žiaci zvolili tému samostatne, jedinou podmienkou bolo, aby bola téma z oblastí prírodných vied. Cieľom projektu bolo pripraviť žiakov na samostatnú tvorivú činnosť a naučiť sa tvoriť práce v zmysle prác SOČ (Stredoškolská odborná činnosť). Žiaci dostali časový plán a podmienky na vypracovanie projektu. Časový plán bol rozdelený na tieto časti: určenie témy a školiteľa – vypracovanie projektu – odovzdanie písomnej časti práce – príprava prezentácie – prezentácia výsledkov.

Práce žiakov z oblasti fyziky boli nápadité, zaujímavé a inšpirujúce. Žiaci si volili rôzne témy, niektoré z nich boli postavené na vopred dosiahnutých vedomostiach, iné mali aplikačný charakter. Avšak v rámci riešenia bol vysoko hodnotený vlastný prínos, teda rôzne pokusy, vlastné pozorovania, či zostrojené zariadenia. Žiaci si opisovali hydraulické zariadenia, gravitáciu, činnosť a vývoj rôznych typov vlakov, typy bleskov a ochranu pred nimi, pozorovania fáz mesiaca a jeho čiastočného zatmenia. Aplikačné témy projektov sa týkali najmä vlastnoručne zostrojených modelov rôznych prístrojov – rovníramenných váh, doma zostrojeného modelu cirkulárky (Obr. 3), snežného dela (Obr. 3), modelu premietacky, či autíčka z lega na elektrický a stlačený vzduch (Obr. 4) (práca bola obohatená meraniami výkonnosti áut pri rôznom zaťažení). Žiaci, ktorí zhotovili vlastné zariadenia, boli obrovskou inšpiráciou a impulzom pre ostatných spolužiakov. Žiaci preukázali rôzne zručnosti, a pri záverečných prezentáciách prekvapili vysokou úrovňou prezentačných a argumentačných zručností.



Obr. 3 - Vľavo – model cirkulárky, vpravo – model snežného dela



Obr. 4 - Modely autíčok z lega na elektrický pohon a stlačený vzduch

Záver

V rámci fyzikálneho vzdelávania na základných školách je podstatné aby žiaci vedomosti nielen prijímali, ale ich aj aplikovali. Jednou z metód aktívneho učenia, ktorá zo žiaka spraví aktívny prvok vyučovania je projektová metóda. Pri riešení projektov žiaci využívajú dosiahnuté vedomosti z rôznych predmetov a zručnosti s cieľom vytvoriť konkrétny výstup riešenia zadaného problému, pričom nadobúdajú a rozvíjajú zručnosti rôzneho charakteru.

V rámci učiva fyziky základnej školy je možné realizovať rôzne typy projektov obohacujúce vyučovanie fyziky. Výsledkami žiackych projektov sú rôzne pomôcky a meracie zariadenia, ktoré boli následne využívané na vyučovaní. Realizované projekty vzbudili u žiakov zvedavosť, obdiv, motiváciu a ukázali im, že fyzika môže byť naozaj kúzelná.

Literatúra

- [1] TUREK, I., 2010. *Didaktika*. 2. vydanie. Bratislava: Iura Edition, spol. s r.o. ISBN 978-80-8078-322-8.
- [2] BAČOVÁ, NOVAK DUCKÁ, ONUŠKOVÁ. 2014. *Projektové vyučovanie v edukačnom procese*. 1. vydanie. Bratislava : Metodicko-pedagogické centrum v Bratislave. ISBN 978-80-565-0643-1. Dostupné na internete:< https://mpc-edu.sk/sites/default/files/publikacie/bacova_kol_projekt_vyucovanie_web.pdf>
- [3] LAPITKOVÁ, V. et al., 2010a. *Fyzika pre 6. ročník základných škôl*. 1.vyd. Bratislava: EXPOL PEDAGOGIKA, ISBN 978-80-8091-173-7.
- [4] LAPITKOVÁ, V. et al., 2010b. *Fyzika pre 7. ročník základných škôl a 2. ročník gymnázia s osemročným štúdiom*. Bratislava: Didaktis, ISBN 978-80-89160-79-2.
- [5] LAPITKOVÁ, V. et al., 2012a. *Fyzika pre 8. ročník základných škôl a 3. ročník gymnázia s osemročným štúdiom*. 1.vyd. Martin: Vydavateľstvo Matice slovenskej. ISBN 978-80-8115-045-6.
- [6] ESTABLISH FP7 PROJECT. 7th General Programme of EU, based on the no. 244749 agreement. Dostupné na internete: <http://www.establish-fp7.eu/home.html>.

Balistika a její demonstrace v praxi

MATĚJ LÁZNIČKA

Gymnázium Špitálská

V tomto příspěvku se budu věnovat jednotlivým částem balistiky, vysvětlím princip balistického kyvadla a na závěr představím způsoby demonstrace v praxi.

Jednotlivá odvětví balistiky

Balistika je věda zabývající se pohybem a účinkem střely (projektilu, náboje).

Klasická balistika se dělí na podobory:

- Vnitřní balistika
- Přejíhová balistika
- Vnější balistika
- Terminální balistika

Vnitřní balistika

Tato část balistiky se zabývá ději v palné zbraní, od stisknutí spouště až po opuštění hlavně. Hlavním cílem je určit, jaké složení a tvar mají mít prachová zrna, aby byla projektilu maximální energie, neroztrhla se komora či hlaveň a aby nevyšlehávalo příliš nespáleného prachu při výstřelu.

Existují tři základní typy. Degresivní, které mají velký počáteční tlak, ale se zmenšující plochou jejich síla rapidně ubývá. Jsou to například kuličky, nebo neperforované válce. Konstantní, u nichž je sice menší maximální tlak, ale trvá déle. Tyto zrna mívají tvar válce s jedním otvorem. Posledním typem jsou progresivní, které hoří nejdéle, ale s nejmenší silou, hořící plocha se u nich zvětšuje. Bývají to válce s více otvory, většinou sedmi a více.

Přejíhová balistika

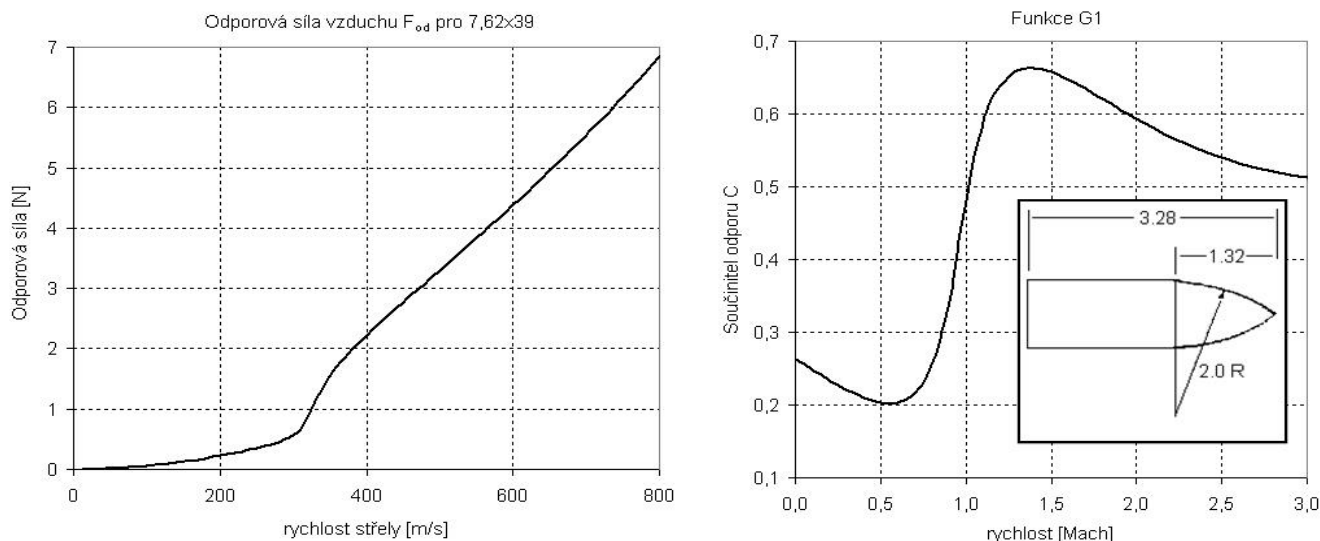
Přejíhová balistika se zabývá jevy od doby, kdy celý projektil opustí hlaveň zbraně až do okamžiku, kdy na ní přestanou působit povýstřelové plyny. Kromě vlivu na let projektilu zkoumá především vznikající tlakovou vlnu a jak pomocí tlumičů zmírnit její nežádoucí projevy.

Vnější balistika

Vnější balistika zkoumá pohyb projektilu od vyrovnání tlaku okolo střely až po dopad na cíl. Tato problematika se dá uchopit velice jednoduše, ale čím větší přesnost chceme, tím složitější se stává. Dobře to je vidět na příkladu takzvaného Pařížského děla, které Němci používali z první světové války k bombardování Paříže na neuvěřitelných 120 kilometrů. Běžný rozum nám říká, že muselo střílet pod úhlem 45 stupňů, ale to se plete.

Reálný úhel byl 60 stupňů, takže projektil během své cesty vystoupal 40 km vysoko, čímž se díky řidší atmosféře násobně prodloužil dostřel.

Ted' k samotným výpočtům. Nejjednodušší částí je působení gravitace. Stačí nám znát hmotnost projektilu, vzorec $F_g = m \cdot g$ a máme tuto sílu zahrnutou. Další je odpor vzduchu. Tady už začíná být situace složitější. Pro jednoduché výpočty nám stačí vzorec $F_{od} = 1/2 \cdot C \cdot S \cdot \rho \cdot v^2$. Odporová síla se ale mění v závislosti na rychlosti projektilu, viz graf:



V balistice proto byly zavedeny balistické funkce (například funkce G1 zobrazená výše) pro určitý typ kulky a výrobce udává koeficient, kolikrát je daná kulka lepší, či horší. Dále byl zavedený takzvaný balistický koeficient, jehož vzorec je $BC = m / (d \cdot d \cdot T)$, kde m je hmotnost, d průměr kulky a T koeficient k dané balistické funkci. Tento balistický koeficient je jediná věc co musíme znát o kulce při používání balistické kalkulačky.

Další prostor pro zlepšení nám dává zahrnutí Coriolisovy síly. Ta na severní (respektivně jižní) polokouli stočí kulku vždy doprava (respektive doleva). Tento efekt je závislý na směru, úhlu výstřelu a zeměpisné šířce, nezávisí tedy na parametrech projektilu. Běžné menší zbraně mají tuto odchylku malou, viz tabulka pro puškové střelivo Sierra MK 168 gr, $v_0 = 800$ m/s, záměrná vzdálenost 1000 m, 50° severní šířky:

Směr střelby	Výšková odchylka (cm)	Odchylka vpravo (cm)
Sever	0	9,9
Východ	8,3	9,9
Jih	0	9,9
Západ	-8,3	9,9

Pro dělostřeleckou munici se ale již jedná o podstatný faktor, zde pro 155 mm střelu, 43 kg vážící, $v_0 = 700$ m/s, 50 stupňů severní šířky, úhel výstřelu 45 stupňů:

Směr střelby	Dostřel (m)	Odchylka vpravo (cm)
Sever	18174	44
Východ	18199	61
Jih	18174	77
Západ	18150	60

Posledním místem pro zpřesnění je zahrnutí derivace projektilu. Ta vzniká v důsledku rozdílu mezi směrem vektoru rychlosti projektilu a vektoru odporu vzduchu. Čím větší rozdíl, tím větší efekt, který se projeví stranovým posunem projektilu ve směru rotace. Tato rotace je mu dělena drážkováním hlavně za účelem stabilizace. Opět efekt na ruční zbraně je malý, ale výrazně se projeví u zbraní střelejících vrchní sférou úhlů. Příklad pro 105 mm, 14,97 kg, $v_0 = 493$ m/s, standardní atmosféra:

Úhel výstřelu	Dostřel (m)	Doba letu (s)	Derivace (m)
45 stupňů	11500	52	290
70 stupňů	7500	69	560

Pro 70 stupňů je to již efekt srovnatelný s větrem o rychlosti 90 km/h.

Terminální balistika

Tento finální obor balistiky se zabývá efekty projektilů na cíle živé, i neživé. V závislosti na požadovaném efektu určuje potřebnou ráži, tvar a složení projektilů. U ručních zbraní se určuje například zraňující profil v těle cíle.

Balistické kyvadlo

Balistické kyvadlo je jedním z prostředků měření rychlosti letících projektilů. Jedná se o kyvadlo, na jehož konci je nádoba naplněná pískem, či jiným materiálem, schopným zastavit projektil. Při nárazu se poté měří buď úhel výchylky, nebo výška, o níž se zvedlo těžiště nádoby. Aplikují se zde dva zákony zachování. Tím prvním je zákon zachování hybnosti. Z něj můžeme vyjádřit rychlost kyvadla v závislosti na hmotnosti nádoby, rychlosti a hmotnosti projektilu:

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}$$

$$m * \vec{v}_1 = (m + M) * \vec{v}$$

Rychlosti leží v jedné přímce, můžeme je tedy přepsat skalárně a vyjádřit v:

$$v = \frac{mv_1}{m + M}$$

Druhým zákonem je zákon zachování mechanické energie:

$$E_k = E_p$$

$$\frac{1}{2} * (m + M) * v^2 = (m + M) * g * h$$

Pokud dosadíme za v předchozí vzorec, dostaneme toto:

$$\frac{1}{2} * (m + M) * \frac{m^2 v_1^2}{(m + M)^2} = (m + M) * g * h$$

Poté už zbývá jen vyjádřit rychlost projektilu:

$$v_1 = \left(1 + \frac{M}{m}\right) * \sqrt{2 * g * h}$$

Určování rychlosti dle rázové vlny

Tento způsob je principálně velice jednoduchý a pracuje s definicí Machova čísla. Největším problémem je získat obraz (nadzvukového) projektilu a jeho rázové vlny:



Nyní nám stačí pouze změřit úhel mezi rázovou vlnou a osou kulky, dosadit do vzorce a máme rychlost v Machově čísle:

$$M = \frac{1}{\sin \alpha}$$

Demonstrace v praxi

Při demonstraci máme možností mnoho a velice se liší v praktičnosti, ceně i bezpečnosti.

Luky, kuše, praky

Tyto střelné zbraně bych hodnotil jako nejméně praktické. Jsou drahé na pořízení, u luku a praku je těžké dosáhnout konzistentního nátahu a s ostrými šípy/šipkami mohou být velice nebezpečné.

Airsoftové zbraně

Airsoftové zbraně se jeví jako jedna z lepších variant. Jsou relativně levné, mají konzistentní sílu i přesnost. Stále je ale nutné dodržovat minimálně ochranu očí.

Vzduchovky

Vzduchovky jsou drahé na pořízení, ale jako pomůcky pro balistiku jsou jedny z nejlepších. Opět je ale nutný velký důraz na bezpečnost, protože vzduchovky dokážou napáchat slušné škody

Potato gun

Potato guny (též někdy loktarovky) jsou z těchto prostředků nejméně známé. Přitom ve skutečnosti jsou asi nejjednodušší. V základě jde jen o plastovou trubku se šroubovacím uzávěrem, do níž umístíme projektil, vstříkneme deodorant jako pohon a ten zapálíme. Může to znít nebezpečně, opak je však pravdou. Jako projektily používám mirelonové trubky zatížené látkou s molitanovými špičkami, takže odpadá nebezpečí ze strany projektilu (ve skutečnosti se na LARPových akcích těmito projektily střílí do lidí). „A co ten deodorant?“ ptáte se. Ano, v hlavní sice dojde k malé explozi, ale deodorant nemá dostatečnou sílu trubce poškodit. Časem je potřeba zkontrolovat, jestli se něco nepropaluje, jiné riziko však neexistuje. Správná dávka deodorantu záleží na velikosti komory, ale obvykle jsou to 1-2 krátká stříknutí z 10-15 centimetrů. Pokud ho dáte větší množství, v komoře nebude dost kyslíku a potato gun nevystřelí. Cenově navíc vyjde do cca 150 korun – v Hornbachu apod. za plastovou kanalizační trubku se šroubovacím uzávěrem víc nezaplatíte. Vyvrtáte díru na zapalování a máte hotovo. A co je na potato gunu nejlepší? Dělá pěknou ránu při výstřelu a děti (hlavně kluky) nadchne.

Literatura

- [1] <https://www.vihtavuori.com/tech-blog-powder-grain-shapes/>
- [2] <https://www.gtac.cz/clanky/o-zakladech-balistiky/>
- [3] https://en.wikipedia.org/wiki/Paris_Gun
- [4] http://www.balistika.cz/vnejsi_teorie.html
- [5] <https://en.wikipedia.org/wiki/Ballistics>

Konečně školní měřicí systém s výstupním analogovým signálem

FRANTIŠEK LUSTIG

Univerzita Karlova, Matematicko-fyzikální fakulta Praha, KVOF

Abstrakt

Príspevok stručne shrne vlastnosti školních měřicích systémů podporovaných počítačem hlavně z pohledu experimentálních možností. Nové široké možnosti uplatnění přináší měřicí systémy, které mají programově nastavitelný analogový výstupní řídicí signál, který poslouží jako vstupní signál do školního experimentu. Výstupní signál se chová jako multifunkční generátor signálu. V příspěvku objasníme problematiku USB zařízení z pohledu vstupních a výstupních signálů v jednoduchých měřicích systémech. Představíme nový jednoduchý měřicí systém ISES-USB-IN/OUT s výstupním analogovým signálem a několik ukázkových experimentů.

Úvod

Jenom velice stručně, protože měřicí systémy podporované počítačem spadají až k roku 1985, kdy se poprvé objevují CAE (Computer Aided Experiment), CBL (Computer Based Laboratory), aj. V této době se poprvé objevují počítače jako součást původně hads-made experimentů. Ve světě 8-mi bitové počítače typu Sinclair, u nás IQ-151 a PMD-85. Je zajímavé, že ještě dříve než se objevil software typu Office aj., nalézají tyto jednoduché počítače uplatnění v řízení experimentu, též i školního. A zároveň je zajímavé, že tyto experimenty využívají nejenom analogový vstup (jako nyní), ale též i počítačový analogový výstup, tzv. Analogově Digitální (AD) a Digitálně Analogové (DA) převodník. Tyto převodníky se dříve připojovaly přímo na sběrnici počítače, resp. též na rozhraní LPT (tiskárna) nebo COM (sériový port). Softwarová obsluha převodníků byla jednoduchá a hlavně přímá, byla rychlá z pohledu elektroniky. Později se objevují lepší počítače se sběrnici ISA, PCI, vznikají profesionální měřicí systémy LabVIEW, též i český ISES [1] aj. s měřicí kartou v počítači, které mají opět vstupní i výstupní kanály. Nové počítačové rozhraní USB přináší nové jednoduché měřicí systémy bez nutnosti instalovat ADDA kartu do počítače. Přicházejí měřicí systémy Vernier, Pasco, ISES-USB aj., které jsou s USB rozhraním, ale mají pouze vstupní AD převodníky, *nemají výstupní analogový signál* vhodný pro řízení experimentů. Používají se externí napájecí zdroje, externí signální generátory, což komplikuje a rovněž prodražuje vlastní experiment.

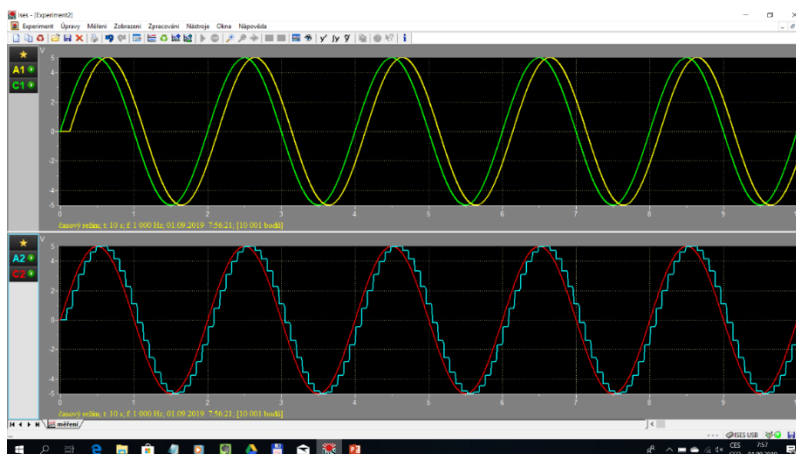
Metody řešení výstupního DA analogového signálu s USB rozhraním

USB rozhraní typu 1.0, 2.0, 3.0 samozřejmě umožňuje vstupní i výstupní komunikace. Umožňuje nahrávat i přehrávat multimediální přenosy (hudbu, video) ve velmi slušné kvalitě. Snímá se i vysílá se velice rychle, i když ne úplně precizně. V těchto blokových

přenosech mohou být výpadky jednotlivých přenášených dat (drop-out). To je normální, protože tok multimediálních dat ven i dovnitř je vysoký a výpadek malého počtu dat se v multimediálním audio/video signálu plně ztratí. Tento režim USB přenosu se ale nemůže použít pro měření a řízení. Pro měření a řízení tzv. „point to point“ (bod za bodem) se musí přepínat směr řízení přenosu, jeden bod výstup, jeden bod vstup. A to je pro USB rozhraní typu 1.0 až 3.0) pomalé a téměř nepoužitelné. Dochází totiž ke zpoždění výstupního a vstupního signálu, (který by měl být pro experiment samozřejmě synchronní). A proto se jednoduché měřicí systémy s USB rozhraním převážně řeší pouze jako vstupní měřicí systémy pouze s analogovým vstupem, ale bez výstupního analogového výstupu.

Nové rozhraní USB-C, které se nově již objevuje, které má mimochodem oválný symetrický konektor (nezáleží, zda je zasunut vrchem, či obráceně) a má 2 x 12 pinů. USB 3.0 má pouze 4 piny – jeden datový pár vodičů, napájení 5 V a zem. USB-C má hlavně dva datové páry a ty se mohou současně využívat pro přenos do zařízení a ven ze zařízení. Takže již nebude problém se synchronizací vstupu a výstupu, Ale s tímto rozhraním USB-C se zatím neobjevily žádné školní měřicí systémy.

V novém měřicím systému ISES-USB-IN/OUT jsme problém nesynchronního vstupního a výstupního signálu (viz obr. 1) trochu „obešli“, ale vyřešili!



Obr. 1 - Ukázka problematického nesynchronního vstupního a výstupního signálu (viditelný fázový posuv), rovněž zde vidíme „zubatost“ výstupního signálu.

Vyřešili jsme to tak, že nezobrazujeme přímý výstupní signál (v našem případě kanál „C“, ale zobrazujeme ho prostřednictvím vstupního signálu v kanálu „A“ nebo „B“. A protože se většinou bude jednat o experimenty s časovým záznamem nebo o voltampérové charakteristiky, kde se měří voltmetry nebo ampérmetry, je možné pro zobrazení těchto závislostí využít jenom vstupní kanály. A pouze vstupní signály jsou již samozřejmě synchronní. Takže žádný fázový posuv vstupu a výstupu již neuvidíme, ale fakticky ani nebude.

Měřicí systém ISES-USB-IN/OUT (viz obr. 2) disponuje 2 vstupními kanály „A“ a „B“, které umožňují připojení vlastních modulů ISES pro F_y , C_h i B_i , ale i připojení

analogových modulů jiných systémů např. Vernier, Pasco aj. přes redukční konektor a má nově programovatelný analogový výstupní kanál „C“ přístupný na svorkách.



Obr. 2 - Panel měřicího systému ISES-USB-IN/OUT, dva vstupní analogové kanály „A“ a „B“ (vzork. frekvence 100 kHz, 12-bit), výstupní analogový kanál „C“ (vzork. frekvence 50 kHz, 12-bit), svorky, multifunkční programovatelný signál.

K dispozici jsou tyto výstupní signály: sinus, pila, pulzy, trojúhelník, pila pro VA charakteristiky, rozmítaný signál od jedné do druhé frekvence, synchronizační signál, vše samozřejmě s nastavitelnou periodou, amplitudou a ofsetem. K dispozici je i ruční ovládání výstupního signálu během měření přes klávesnici nebo též i programovatelný výstupní signál, který si můžeme definovat zápisem libovolných matematických funkcí. A v neposlední řadě je to i možnost podmíněného ovládání výstupu v závislosti na vstupních měřených hodnotách např. pro automatizace.

Měřicí systém ISES-USB-IN/OUT má 2 vstupy 0 V až 5 V, 1 výstup -5 V až +5 V. Vzorkovací frekvence 100 kHz pouze pro vstupy a 50 kHz při současném použití vstupů a výstupu.

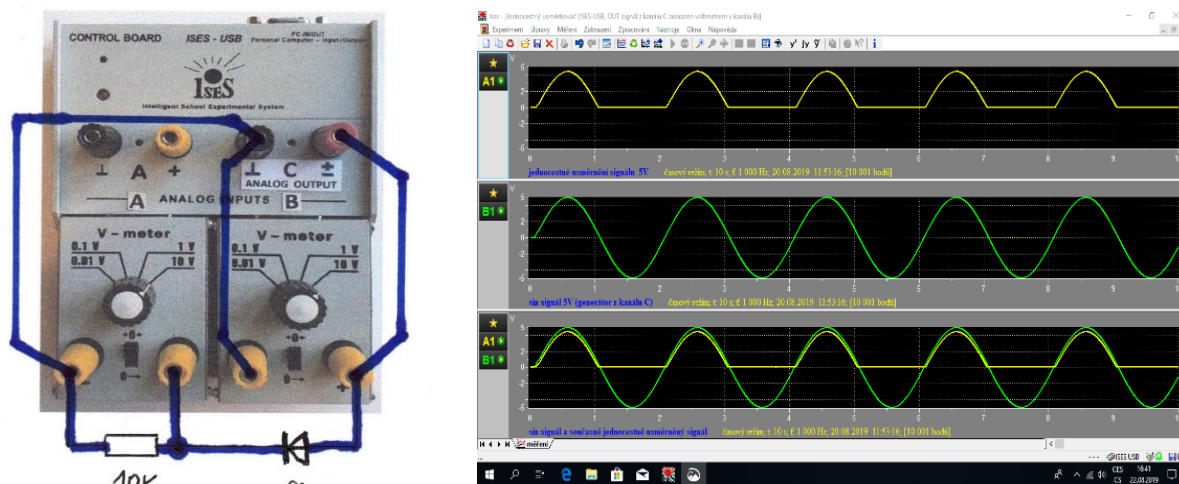
Ukázkové experimenty se soupravou ISES-USB-IN/OUT s využitím výstupního analogového signálu

Obecně, jak jsme již výše popsali, budeme pro zobrazení výstupního kanálu „C“ používat voltmetr nebo ampérmetr ve vstupech „A“ nebo „B“. A ještě jedno důležité upozornění, budeme používat vzorkovací frekvenci 1.000 Hz a výše (pozn.: ISES-USB má implicitní frekvenci 100 Hz), tím odstraníme problém „zubatosti“ signálu (viz obr. 1).

Jednocestný usměrňovač.

Na obr. 3 je zapojení i grafický výstup experimentu „Jednocestný usměrňovač“. Výstup „C“ je zobrazován pomocí voltmetru v kanálu „B“. Usměrněné napětí je zobrazováno voltmetrem v kanálu „A“. Samozřejmě lze zopakovat podobný experiment

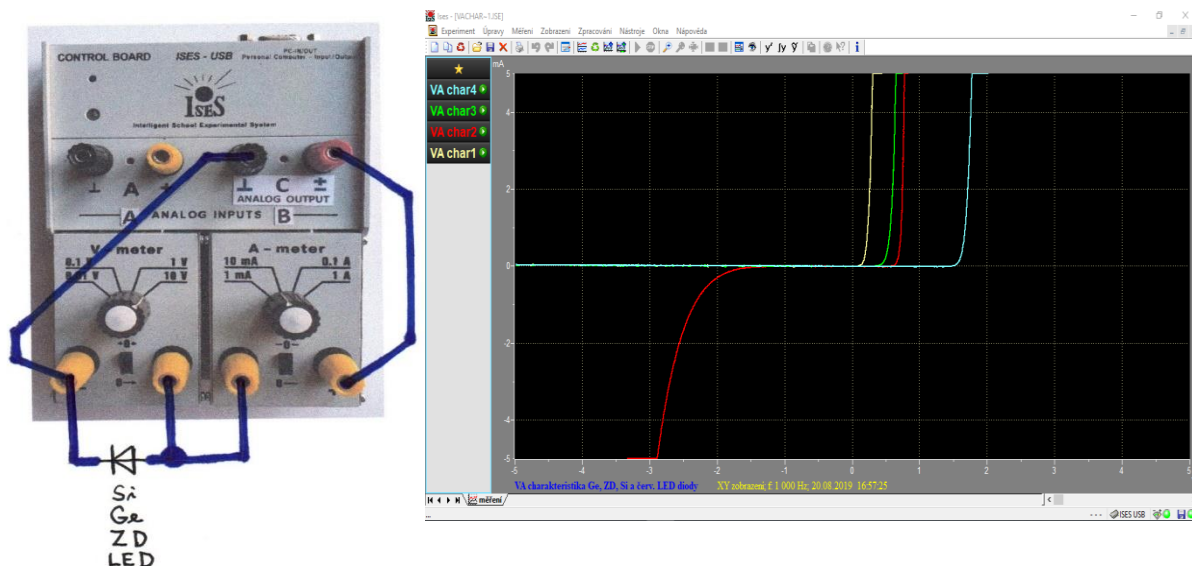
s dvoucestným usměrňovačem, dále pak též studovat vliv zátěže, vyhlazení kondenzátorem, úbytek napětí na diodě aj.



Obr. 3 - Zapojení a grafický výstup signálů z experimentu „Jednocestný usměrňovač“.

Voltampérová charakteristika diod

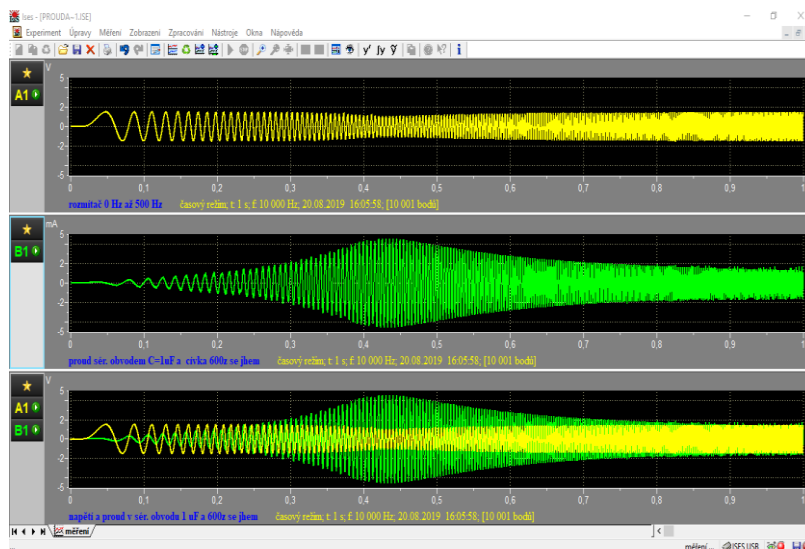
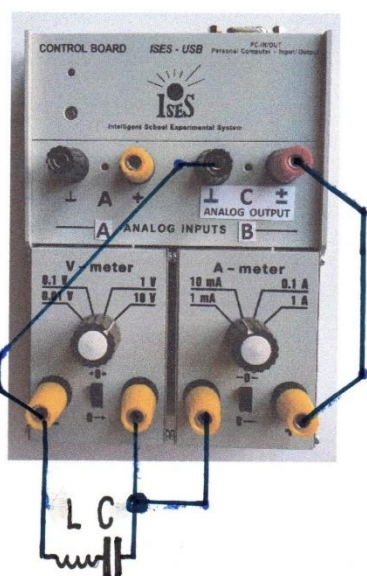
Na obr. 4 je zapojení i grafický výstup experimentu „Voltampérová charakteristika diod“. Výstup „C“ je zapojen do ampérmetru v kanálu „B“. Napětí na diodě je zobrazováno voltmetrem v kanálu „A“.



Obr. 4 - Zapojení a grafický výstup signálů z experimentu „Voltampérové charakteristiky Si, Ge, ZD a LED diod“.

Rezonance v sériovém LC obvodu

Na obr. 5 je zapojení i grafický výstup experimentu „Rezonance v sériovém LC obvodu“. Cívka 600 závitů se jhem ze školního rozkládacího transformátoru, $C = 1 \mu\text{F}$. Příklad na složitější experiment, kde se využívá výstupní rozmítaný sinus signál s proměnnou frekvencí od 0 Hz do 500 Hz. Sériový LC obvod vykazuje proudovou rezonanci při cca 215 Hz. Zajímavý je fázový posun proudu a napětí před rezonancí a po rezonanci. Na počátku předbíhá proud napětí proud a ke konci napětí proud.



Obr. 5 - Zapojení a grafický výstup signálů z experimentu „Rezonance v LC obvodu“.

Závěr

Příspěvek nepřináší nové experimenty. Vše již existovalo s měřicími systémy, které používaly ADDA kartu na sběrnici počítače. Příspěvek chtěl ukázat, že lze zkonstruovat jednoduché USB experimentální měřicí systémy, které disponují *analogovým multifunkčním výstupním signálem*, který zjednoduší experimentování bez nutnosti externího zdroje, či externího funkčního generátoru.

Literatura

[1] ISES, available: <http://www.ises.info>, [Online], [Accessed: 01-September-2019].

Výukový kurz „Jednoduché Hands-on-Remote fyzikální experimenty s Arduinem

FRANTIŠEK LUSTIG

Univerzita Karlova, Matematicko-fyzikální fakulta Praha, KVOF

Abstrakt

V příspěvku chceme představit připravený výukový kurz/workshop na tvorbu tradičních hands-on fyzikálních experimentů a vzdálených fyzikálních experimentů podporovaných počítačem s dostupným a laciným Arduinem. Cílem tohoto kurzu je zpřístupnit, zpopularizovat tuto problematiku zájemcům, studentům, učitelům. Kurz má 3 úrovně podle vstupních znalostí. Myslíme si, že jsme schopni celý kurz s opravdu úplnými začátečníky, (kteří nikdy neviděli Arduino ani vzdálený experiment) probrat za cca 8 hodin (!) Začátečníky, kteří již vědí, co je Arduino, ale nikdy si s ním nic nezkusili, vše naučíme za 5 hodin a ti, co si již Arduino někdy vyzkoušeli, naučíme novou problematiku se vzdálenými experimenty s Arduinem za pouhé 3 hodiny. V závěru kurzu představíme nový typ školního experimentu tzv. „Hands-on-Remote“ experiment, který je zároveň hands-on a zároveň remote experiment.

Úvod

Autor příspěvku je autorem a spoluautorem měřicího systému ISES a rozsáhlého webu (www.ises.info) [1], který obsahuje volně stažitelné příručky s cca 200 počítačem podporovaných experimentů, volně přístupné vzdálené experimenty, aj. Všechny lokální i vzdálené experimenty byly prováděny na měřicím systému ISES, neboť jiných měřicích systémů v té době nebylo. Asi před 15 lety se objevil laciný jednodeskový počítač Arduino (aktivního rozšíření nabyl asi před 10 lety), který disponoval analogovými vstupy, případně i výstupy, které se dají využít pro počítačem podporované experimenty. Autor se poslední 3 roky zaměřil právě na tuto desku Arduino, aby čtenářům umožnil provádět lokální i vzdálené experimenty téměř komukoliv, neboť Arduino je snadno dostupné a velice laciné. A protože má autor tyto zkušenosti s Arduinem odzkoušené se studenty ve své výuce, dovolil si nabídnout „Kurz Jednoduché hands-on-remote fyzikální experimenty s Arduinem“, který by pomohl *tvůrcům* k rychlému pochopení a vyzkoušení této problematiky.

Arduino a lokální fyzikální hands-on experimenty

Naučit se pracovat s Arduinem a vytvořit první fyzikální měření se dá naučit za 3 hodiny i s úplnými začátečníky. Máme toto odzkoušeno v „Praktikum elektroniky“, kde za 3 hodiny studenty seznámíme s deskou Arduino, vyzkoušíme základní ovládání IDE prostředí včetně naprogramování Arduina a na konci praktika studenti již konstruují s Arduinem měření hodnot ze senzorů, které zobrazují na digitálním displeji a též i v grafu. Po třech hodinách odevzdávají z této laboratorní úlohy protokol se schématy, s výpisem programu a s naměřenými hodnotami. Úlohu zvládají všichni studenti a oceňují ji jako nejlepší úlohu ze všech praktik, co kdy měli ...

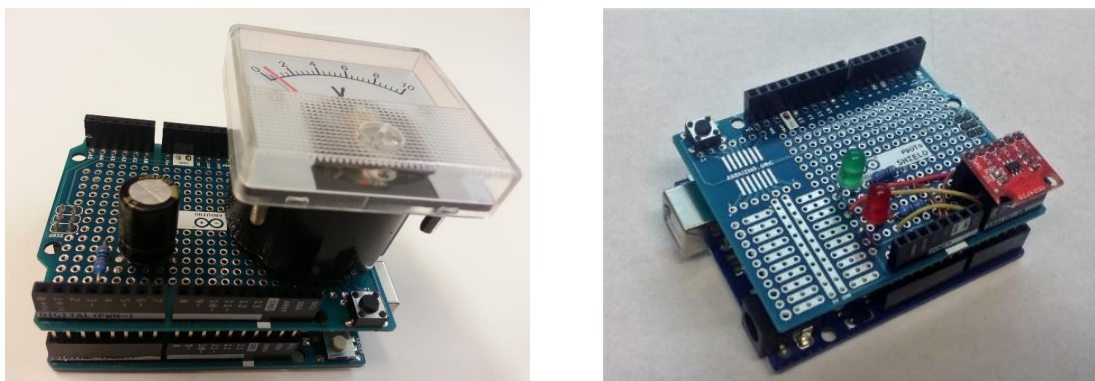
Studenty nejdříve pěkně pomalu seznámíme s deskou Arduino, s jeho piny pro připojování senzorů a atenuátorů aj. Seznámíme je s různými senzory (teploměr, siloměr, fotočlánek, mikrofon, snímač srdečního tepu aj. Nainstalují si volně stažitelné vývojové prostředí „Arduino IDE“. Během několika minut je seznámíme s ovládáním tohoto prostředí. Předpokládáme, že studenti mají nějaké programátorské znalosti, ale úplně stačí *nejzákladnější příkazy*, neboť se ze začátku využívají základní programy, které jsou nainstalované přímo v prostředí IDE a tyto programky se pouze otevrou. A program (cca 5 řádků) si vysvětlíme a hned si ho vyzkoušíme. První blikání LED diody je povzbudivé. Tento triviální prográmek si studenti modifikují (délka blikání, využití 3 barevné LED diody aj.). Další programky jsou již časové závislosti hodnot za senzorů (teploměr, fotodioda, siloměr aj.), které se zobrazují digitálně i graficky pomocí vestavěného ploteru (zobrazovače). Opět se využije již nainstalovaný program „AnalogInput“, který se opět modifikuje dle vlastní představy. No a ke konci praktika studenti již zapojují Arduino a senzor a digitální display. Opět podle doporučeného zapojení a se staženým programem. A to už je poměrně složitá úloha na správné zapojení i na bezchybný program.

Základní dovednosti s Arduinem jsou popsány v mnoha příspěvcích i publikacích, na internetu aj. Mnoho publikací je právě pro začátečníky, pro děti. Ale i v těch nejjednodušších příkladech samotný jedinec přece jenom tápe. Nejde to a nejde to. Ale pokud má student k dispozici, okolní studenty, kterým se to podařilo, tak je první seznámení s Arduinem opravdu velmi krátkodobá záležitost. A proto v „Kurzu Jednoduché hands.on-remote experimenty s Arduinem“ nabízíme pro úplné začátečníky i toto prvotní seznámení s Arduinem.

Arduino a vzdálené fyzikální experimenty

Vzdálené experimenty existují také již hodně dlouho, více než 15 let. Vzdálené experimenty se systémem ISES vznikly na Matematicko-fyzikální fakultě a jsou stále volně přístupné na www.ises.info. Aby se rozšířil počet nových tvůrců vzdálených laboratorí, vytvořili jsme softwarovou stavebnici „ISES Remote Lab SDK“ [2], ze které se daly vzdálené experimenty sestavovat. Tvůrce vzdálených experimentů nemusel být programátor, stačilo „slepovat“ dohromady jednotlivé moduly pro vstup, výstup, zobrazení, záznam a export dat. Ale pořád byli tvůrci vázáni na hardware ISSES. A proto jsme celou stavebnici vzdálených experimentů přeorientovali na laciný a volně dostupný jednodeskový počítač Arduino. Vytvořili jsme novou stavebnici „Remduino Lab SDK“ [3]. Lite verze "Remduino Lab SDK" je volně stažitelná na úvodní stránce www.ises.info [1]. Podporuje měření na vstupní pinu A0 (např. pro snímač teploty) a ovládání jednoho digitálního výstupního pinu D3 (např. pro relé). Plná verze stavebnice „Remduino Lab SDK“ podporuje všechny Arduino desky a všechny vstupní/výstupní piny, XY záznam, ovládání posuvníkem, dlouhodobý záznam, analogový výstup, aj. Obě verze samozřejmě poskytují živý kamerový pohled, datový záznam a funkci exportu dat např. do MS Excel. Příklady ze softwarové stavebnice "Remduino Lab SDK" mají nejjednodušší možný kód a většinou používají výchozí nastavení pro všechny komponenty. Tyto jednoduché příklady lze libovolně sloučit a kombinovat, takže též začátečníci jsou schopni rychle sestavit i složité vzdálené měřicí a řídicí rozhraní.

Pro kurz „Jednoduché hands-on-remote fyzikální experimenty s Arduinem“ jsme připravili kompletní jednoduché vzdálené experimenty jako např. „Nabíjení a vybíjení kondenzátoru“, „Voltampérová charakteristika LED diod“, „Snímání srdečního tepu“ aj. Popsané vzdálené experimenty jsou realizovány na tzv. univerzálních Shield deskách (prázdný tištěný spoj, kde se sestaví, naletuje vzdálený experiment). Tyto desky mají univerzální letovací pole a konektory, které se nasazují na konektory desky Arduina. Vznikne kompaktní sendvič, viz obr. 1 se vzdáleným experimentem. Experiment se nemusí propojovat drátky, což je opravdu rychle použitelné pro užití v kurzu.



Obr. 1 - Jednoduché vzdálené experimenty používané na kurzu: „Nabíjení a vybíjení kondenzátoru“ a „Volt-ampérová charakteristika LED diod“ experimenty postavené na Shield deskách a zasunuté do Arduina bez propojovacích vodičů.

Výukové kurzy „Jednoduché hands-on-remote fyzikální experimenty s Arduinem“

Na internetu na úvodní stránce www.ises.info [1] je k dispozici volně stažitelný software „Remduino Lab SDK“, rovněž je zde popsáno i elektrické zapojení jednoduchých fyzikálních experimentů a rovněž je zde krok za krokem popsána instalace a nahrání programu pro vzdálený experiment. Máme zpětnou vazbu, že si šikovní uživatelé opravdu sami bez naší pomoci sestavili vzdálený experiment s Arduinem pouze z tohoto našeho WWW zdroje a poslali nám internetový odkaz na tento jejich vzdálený experiment.

Na prvních kurzech „Základy ovládání Arduina“ a „Vzdálené experimenty s Arduinem“ jsme pochopili, že první kroky s Arduinem se nejpohodlněji a nejrychleji zvládají s pomocí spolužáků, učitelů, lektorů. A proto jsme připravili „Výukový kurz Jednoduché hands-on-remote fyzikální experimenty s Arduinem“, který zahrnuje nezbytné zvládnutí samotného Arduina, tak i problematiku vzdálených experimentů.

Kurz pro úplné začátečníky (cca 8 hodin):

1. Úvod – Co to jsou klasické hands-on experimenty, počítačem podporované experimenty, vzdálené experimenty, virtuální experimenty a hands-on-remote

experimenty.

2. Tradiční hands-on lokální fyzikální experimenty s Arduinem.

2.1. Seznámení s Arduinem.

2.2. Programátorské prostředí IDE, stažení, instalace, popis.

2.3. Připojení Arduina k počítači, typ desky, virtuální port Arduina.

2.4. První programy s Arduinem, zobrazení měřených hodnot z různých senzorů, sériový monitor, sériový ploter.

2.5. Měření, ale též řízení s Arduinem, analogové/digitální vstupy/výstupy.

3. Vzdálené fyzikální experimenty.

3.1. Co to je to vzdálený experiment, server, client, LAN, WiFi, IP adresa, WWW stránka, prohlížeč.

3.2. Práce s dostupnými hotovými vzdálenými experimenty např.

<http://www.ises.info/index.php/cs/laboratory>, aj. zahraniční zdroje vzdálených experimentů.

3.3. Vzdálené experimenty s Arduinem.

3.3.1. Seznámení s volně dostupnou softwarovou stavebnicí Remduino Lab SDK (www.ises.info) pro tvorbu vzdálených experimentů.

3.3.2. Realizace prvního DIY (Do It Yourself) vzdáleného měření, řízení, záznamu dat, exportu dat s Arduinem, podpora WEB kamery.

3.3.3. Vlastní tvorba jednoduchých fyzikálních vzdálených experimentů s Arduinem např. „Nabíjení a vybíjení Kondenzátoru“, „Snímač srdečního tepu“, „Voltampérová charakteristika LED diod“, ovládání vzdáleného experimentu z počítače, tabletu, mobilního telefonu, (BYOD - Bring Your Own Device).

4. Hands-on-remote experiment – nové pojetí školních experimentů integrujících tradiční a vzdálený experiment.

Kurz pro mírně pokročilé (cca 5 hodin):

(pro ty, kteří již alespoň trochu pracovali s Arduinem)

1. Úvod – Co to jsou klasické hands-on experimenty, počítačem podporované experimenty, vzdálené experimenty, virtuální experimenty a hands-on-remote experimenty.

2. Krátké zopakování Arduina.

3. Tradiční hands-on lokální fyzikální experimenty s Arduinem.

4. Vzdálené fyzikální experimenty.

4.1. Co to je to vzdálený experiment, server, client, LAN, WiFi, IP adresa, WWW stránka, prohlížeč.

4.2. Práce s dostupnými hotovými vzdálenými experimenty např.

<http://www.ises.info/index.php/cs/laboratory>, aj. zahraniční zdroje vzdálených experimentů.

4.3. Vzdálené experimenty s Arduinem.

4.3.1. Seznámení s volně dostupnou softwarovou stavebnicí Remduino Lab SDK (www.ises.info) pro tvorbu vzdálených experimentů.

4.3.2. Realizace prvního DIY (Do It Yourself) vzdáleného měření, řízení, záznamu dat, exportu dat s Arduinem, podpora WEB kamery.

4.3.3. Vlastní tvorba jednoduchých fyzikálních vzdálených experimentů s Arduinem

např. „Nabíjení a vybíjení Kondenzátoru“, „Snímač srdečního tepu“, „Voltampérová charakteristika LED diod“, ovládání vzdáleného experimentu z počítače, tabletu, mobilního telefonu, (BYOD - Bring Your Own Device).

5. Hands-on-remote experiment – nové pojetí školních experimentů integrujících tradiční a vzdálený experiment.

Kurz pro pokročilé (cca 3 hodiny):

(pro ty, kteří již pracovali s Arduinem a též trochu znají síťovou problematiku)

1. Úvod – Co to jsou klasické hands-on experimenty, počítačem podporované experimenty, vzdálené experimenty, virtuální experimenty a hands-on-remote experimenty.

2. Krátké zopakování hands-on lokálního fyzikálního experimentu s Arduinem.

3. Vzdálené fyzikální experimenty.

3.1. Co to je to vzdálený experiment, server, client, LAN, WiFi, IP adresa, WWW stránka, prohlížeč, síťová problematika stručně.

3.2. Práce s dostupnými hotovými vzdálenými experimenty např.

<http://www.ises.info/index.php/cs/laboratory>, aj. zahraniční zdroje vzdálených experimentů.

3.3. Vzdálené experimenty s Arduinem.

3.3.1. Seznámení s volně dostupnou softwarovou stavebnicí Remduino Lab SDK (www.ises.info) pro tvorbu vzdálených experimentů.

3.3.2. Realizace prvního DIY (Do It Yourself) vzdáleného měření, řízení, záznamu dat, exportu dat s Arduinem, podpora WEB kamery.

3.3.3. Vlastní tvorba jednoduchých fyzikálních vzdálených experimentů s Arduinem např. „Nabíjení a vybíjení Kondenzátoru“, „Snímač srdečního tepu“, „Voltampérová charakteristika LED diod“, ovládání vzdáleného experimentu z počítače, tabletu, mobilního telefonu, (BYOD - Bring Your Own Device).

4. Hands-on-remote experiment – nové pojetí školních experimentů integrujících tradiční a vzdálený experiment.

Tradiční a současně vzdálený „hands-on-remote“ experiment

Na závěr ještě připomeneme, co že je to ten „hands-on-remote“ experiment. Nejdříve jsme měli v laboratoři pouze hands-on experimenty, později s příchodem počítačů počítačem podporované experimenty, no a nyní v době Internetu máme ještě virtuální experimenty a vzdálené experimenty. Nové technologie a možnosti zahájily diskuse odborníků, jaké experimenty jsou nejpřínosnější. Tak jak se nejdříve experimenty rozdělily na hands-on, virtuální a vzdálené, tak se nyní opět objevuje snaha o integraci vzdálených a virtuálních experimentů (integrováný e-learning). My se nyní pokoušíme o propojení hands-on a vzdálených experimentů. Přicházíme s „hands-on-remote“ experimentem, který je zároveň hands-on a zároveň vzdálený. Student nebo učitel sestaví školní experiment a klasicky (hands-on, resp. na počítači) ho demonstruje před třídou. Ale ovládací program tohoto experimentu umožňuje bez jakýchkoliv úprav, aby tento experiment mohli sledovat ale i řídit studenti ze svých lavic prostřednictvím svých mobilních zařízení (BYOD, Bring Your Own Device). Takovýto experiment nazýváme

„*near remote experiment*“ (blízký vzdálený experiment). A úplně nakonec – ten samý experiment, bez jakýchkoliv úprav, je ihned vzdáleně přístupný mimo školní budovu prostřednictvím internetu jako standardní vzdálený experiment, který zde pro odlišení nazýváme „*far remote experiment*“ (daleký vzdálený experiment = klasický vzdálený experiment).

Naše nové "hands-on-remote" experimenty nevyžadují žádné další instalace, vzdálený experiment může být publikován na webu a sdílen za cca 10 minut. Experimenty na dálku jsou dostupné prostřednictvím smartphonů a dalších mobilních zařízení. S naším novým přístupem „hands-on-remote experimentem“ student zažívá všechny důležité fáze experimentování: 1. může vlastníma rukama sestavit (instalovat) experiment (lokální), 2. může vytvořit, či se seznámit s tvorbou řídicí webové stránky, 3. s experimentem pracuje rukama lokálně na své, resp. učitelské lavici, 4. studenti ale mohou zároveň ten samý experiment "vzdáleně" (near remote) ovládat a řídit ze svých mobilních zařízení v rámci třídy a 5. ten samý experiment je současně standardní vzdálený experiment přístupný i mimo školu a po školním vyučování.

Závěr

Po dlouholetých zkušenostech s hands-on a se vzdálenými experimenty nabízíme výukový kurz „Jednoduché hands-on-remote fyzikální experimenty s Arduinem“, aby si Arduino a nové technologie vzdálených experimentů mohl odzkoušet každý zájemce. Kurz je odzkoušený s úplnými začátečníky. Pokud byste měli zájem o nějaký výše popsáný kurz, ozvěte se autorovi příspěvku. Kurz je možné po domluvě realizovat jak na vašem pracovišti, tak i na pracovišti autora na Matematicko-fyzikální fakultě v Praze. K dispozici je nyní 5 kompletních pracovišť, ale lze je snadno rozšířit i na 10 pracovišť.

Literatura

- [1] Projekt e-Laboratoř iSES, available: <http://www.ises.info>, [Online], [Accessed: 01-September-2019].
- [2] Dvorak, J. Kuriscak, P. Lustig, F. (2013) iSES Remote Lab SDK – internet School Experimental Studio for Remote Laboratory Software Development Kit, Business and License Agreement: SME RNDr. Frantisek Lustig. U Druhe Balerie 29, 162 00 Praha 6, phone +420 602 858 056, 2013, available: <http://www.ises.info/index.php/en/systemises/sdkisesstudio>, [Online], [Accessed: 01-September-2019].
- [3] Lustig, F., Brom, P., Kuriščák, P., Dvořák, J.: "Hands-on-Remote" Laboratories, Proceedings of the 15th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV 2018), 21.-23. 3. 2018, University of Applied Science Düsseldorf (HSD), Germany, 2018, str. 446-455.

Několik projektů z tábora, tentokrát na téma „Jak málo stačí k matematikově a fyzikově radosti“

JANA MACHALICKÁ¹, JAROSLAV REICHL²

¹Katedra didaktiky fyziky MFF UK, Praha, ²SPŠST Panská, Praha

V příspěvku je popsán další ročník Soustředění mladých fyziků a matematiků, které pořádá MFF UK Praha a které letos proběhlo na Hořovické chatě v Cholině. Pozornost je věnována zejména vybraným projektům, na kterých účastníci soustředění pracovali.

Soustředění v roce 2019

Soustředění mladých fyziků a matematiků je určeno pro žáky ve věku 14 až 19 let, kteří mají zájem nejen o fyziku, matematiku a informatiku, ale také je láká zažít něco nového nebo pokořit své vlastní dosavadní hranice. Letošní soustředění bylo v Hořovické chatě v Cholině, pár desítek metrů od Slapské přehrady. Mezi nové výzvy patřilo nejen (téměř) tradiční přespání v lese ve vlastním spacáku, ale i možnost pádlovat na kánoi přes Vltavu či shazování zásob z mostu na vedoucí, kteří se pod mostem plavili na pramicích.

Mimoodborný program

Nedílnou součástí soustředění je i tzv. mimoodborný program. Ten je každý rok zastřešen určitou legendou, které jsou přizpůsobeny všechny odpolední, noční i ranní hry. Letos účastníci v rámci her mapovali polární expedici k severnímu pólu, které se v roce 1928 zúčastnil pod vedením italského kapitána Umberta Nobileho na vzducholodi *Italia* i český fyzik František Běhounek. Všechny důležité milníky této expedice (radiotelegrafování, ztroskotání, stavba stanu, záchrana sovětským ledoborcem *Krasin*, ...) vedoucí mimoodborného programu zařadili do svých her.

Cílem této části programu je oddech po s fyzikou, matematikou a informatikou strávených (minimálně) třech hodinách každý den, „přepnutí“ na jiný typ zábavy a v neposlední řadě i pohyb na čerstvém vzduchu.

Letošní téma se (soudě podle tradiční závěrečné ankety) všem líbilo a až na drobné výjimky se do všech aktivit zapojovali velmi nadšeně všichni účastníci soustředění.

Mimoodborný program vyvrcholil tradiční dvoudenní „šifrovačkou“, jak řada účastníků očekávala. Letos byl ale závěr celého mimoodborného programu postaven spíše jako zážitkový, aby si účastníci vyzkoušeli řadu nových dovedností (samostatné vaření večere z dodaných ingrediencí, sportovní aktivitu, na jejímž základě pak získali suroviny pro snídani, již zmíněný přejezd Vltavy na kánoích, ...).

Odborný program

Druhou základní částí soustředění je odborný program, který byl letos zastřešen tématem „Jak málo stačí k matematikově a fyzikově radosti“. Odborný program tradičně

začíná tzv. miniprojektem, v rámci kterého se mají účastníci připravit na to, co je čeká. Letos měli sestavit z daných pomůcek zařízení, které odměří dobu 23 s. Nápady byly velmi zajímavé. Tato aktivita (stejně jako žádná jiná na soustředění) nemá vítěze ani poražené - všichni jdou většinou do všech připravených aktivit s nadšením; mírným hendikepem může být pouze věk účastníků. Ale i to se snažíme kompenzovat.

Další část odborného programu tvoří každodenní kurzy fyziky, matematiky (oba ve třech úrovních) a výpočetní techniky. Přednášejícími jsou vedoucí soustředění - tj. studenti KDF MFF UK Praha nebo učitelé z praxe.

Dále si zveme lektory, kteří přednesou jednu přednášku na dané téma. Letos nás navštívili Irena Dvořáková s *Matematickými hřítkami*, Leoš Dvořák s workshopem *Hřítky s magnety*, Mirko Rokyta s přednáškou *Prvočísla a šifrování RSA* a Matěj Ryston s workshopem na téma *Obecná teorie relativity*.

Hlavní částí odborného programu jsou přitom projekty, na kterých účastníci soustředění pracují po dobu přibližně 10 dnů. Letos byly řešeny tyto projekty (názvy tučně vysázených jsou dále popsány):

3D obrázky

Euklidovská a neeuklidovská geometrie (modely)

Euklidovská a neeuklidovská geometrie (učebnice OTR)

Fotoaparát a mikroskop

Fyzika do kapsy

Goniometrie a trigonometrie

Infinity cube

IR Zeppelin

Levitátor

Mechanická binární kalkulačka

Mlžná komora

Nekulatá kola

Oblouková lampa

Perspektivní klamy

Sirény

Statistika

Termoelektrický článek

Teslova turbína

Umělá inteligence

Vlnění a rezonance

Jednotlivé projekty jsou v tomto článku popsány na základě dokumentace od účastníků, kteří se řešením daného projektu zabývali.

Fyzika do kapsy

Projekt, na kterém pracovala Soňa Husáková, byl zaměřen na návrh a tvorbu jednoduchých fyzikálních experimentů, které „by se vešly do kapsy“. Autorka navrhla a vyrobila řadu jednoduchých zařízení, pomocí kterých lze demonstrovat důležité fyzikální jevy a zákony:

vozičky pro demonstraci pružného a nepružného rázu (viz obr. 1);

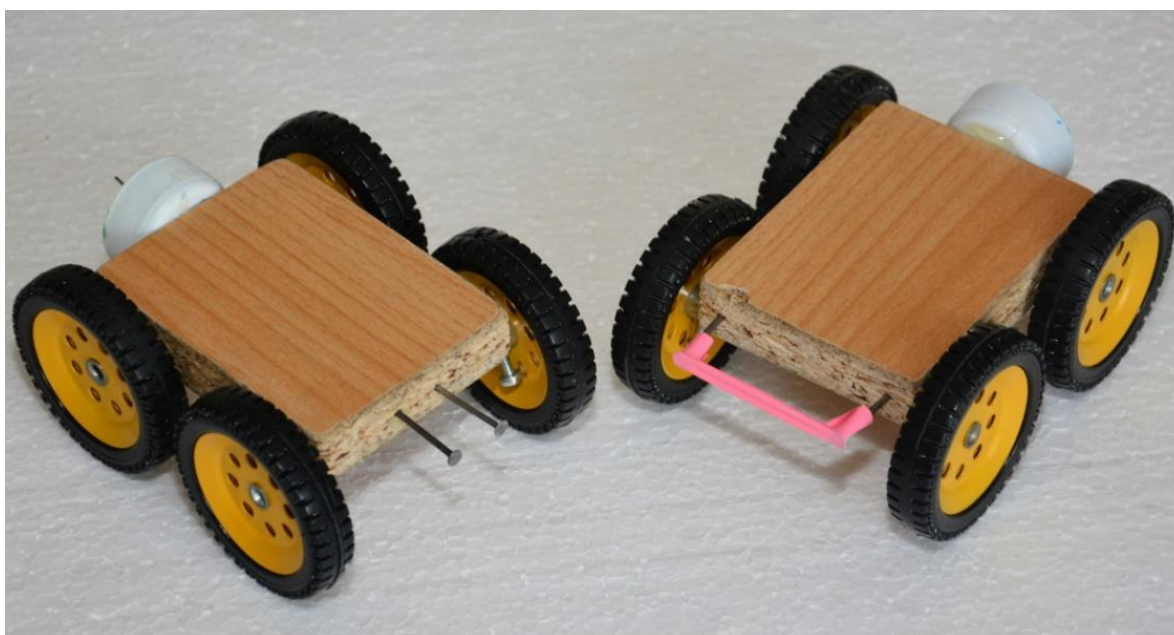
točnu pro demonstraci chování těles v neinerciální soustavě (včetně ukázky působení Coriolisovy a Eulerovy síly) a některých optických klamů;

kreslírko magnetických indukčních čar (viz obr. 2);

pístový karteziánek;

zákon zachování mechanické energie při valení dvou zdánlivě stejných těles z nakloněné roviny;

sklenici vhodnou k demonstraci šíření zvuku, ukázky existence odporových sil (a tedy neplatnosti zákona zachování mechanické energie ve vzduchu), dějů probíhajících s plynem a zobrazení válcovou čočkou.



Obr. 1 - Vozičky pro demonstraci rázů (ze zobrazené strany pro ráz pružný)



Obr. 2 - Kreslítka magnetických indukčních čar

Všechny experimenty autorka na závěrečné konferenci předvedla a vysvětlila prezentovaný fyzikální jev či zákon.

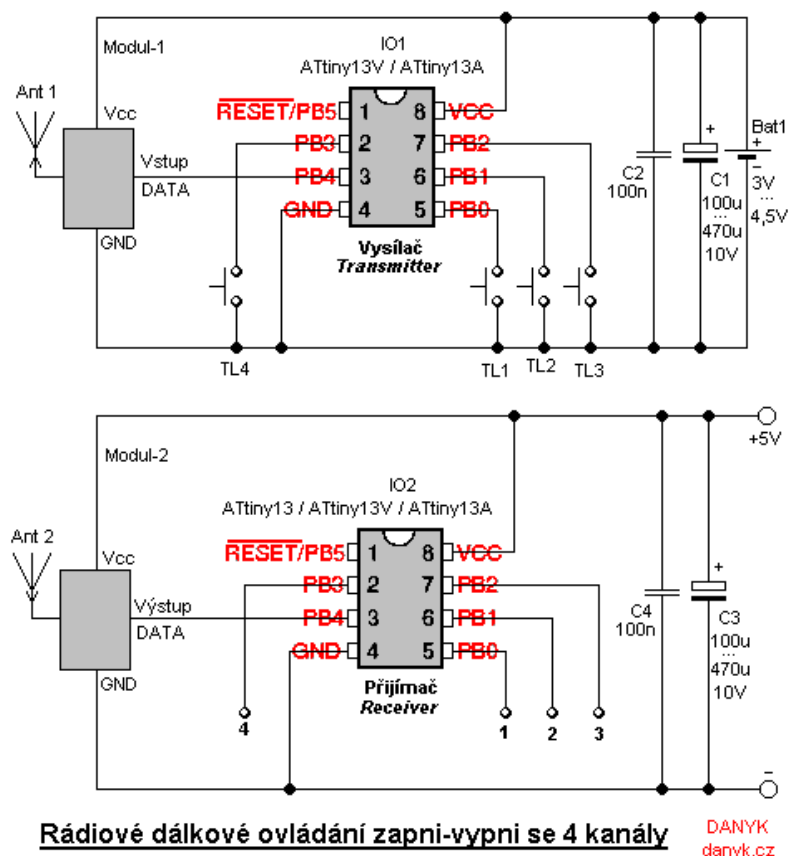
IR Zeppelin

Na projektu s poněkud tajemným názvem pracovali Tomáš Janovský, Kateřina Charvátová a Petr Kalina. Cílem bylo postavit vzducholod' nadnášenou heliem naplněnými balonky, která by byla ovladatelná pomocí dálkového ovladače vysílající infračervené elektromagnetické vlnění.

K pohonu vzducholodi byly použity 13gramové modelářské motory řízené čtyřkanálovým dálkovým ovládáním (viz schéma na obr. 3). Po stisknutí tlačítka na ovladači je signál modulován mikročipem a následně vyslán infračervenou diodou. V přijímači umístěném na gondole vzducholodi je signál demodulován dalším mikročipem. Proud tekoucí do motorku je spínán tranzistorem. Motorky jsou zapojeny paralelně s diodou, která slouží k odfiltrování proudu vzniklého vlivem indukovaného napětí při vypínání motorku. Kondenzátory v obvodu vyhlazují tzv. proudové špičky.

Původní plány o stavbě gondoly z balzy byly díky malé nosnosti balónků přehodnoceny. Gondola je tak tvořena dvěma rovnoběžnými špejlemi, na kterých jsou umístěny dva motorky. Vhodným nakloněním těchto motorků se může vzducholod' pohybovat jak ve vertikálním, tak v horizontálním směru (viz obr 4).

Vysílač pracuje s elektrickým napětím 3 V, přijímač s motorky je napájen modelářským akumulátorem o elektrickém napětí 3,7 V a kapacitě 220 mAh.



Obr. 3 - Schéma obvodu čtyřkanálového dálkového ovládání



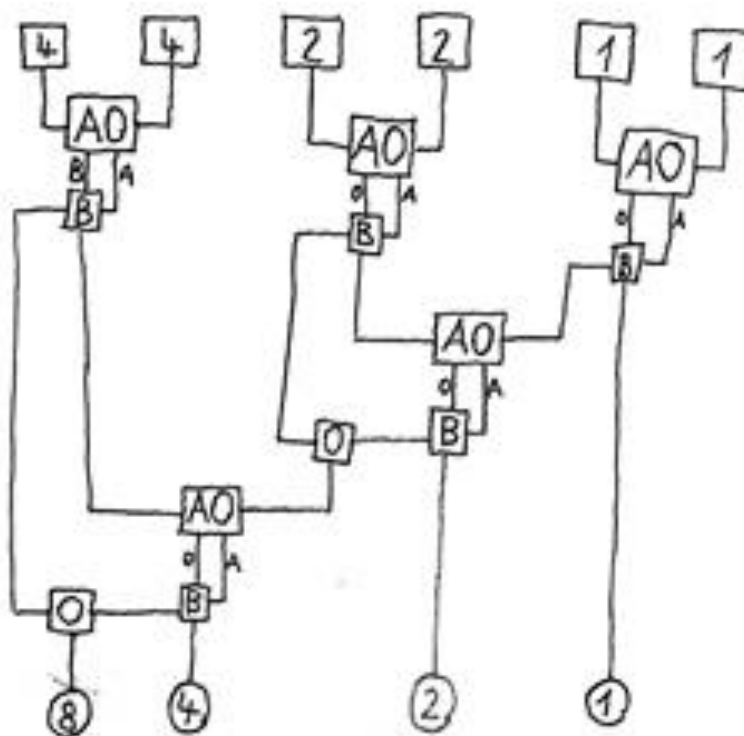
Obr. 4 - Testování hotové vzducholodi

Mechanická binární kalkulačka

Matěj Dvořák, který mechanickou binární kalkulačku stavěl, nejdříve musel vyřešit, jak logická hradla AND, OR, ... (běžně používaná v digitální technice) převést do mechanické podoby. Kalkulačku sestavoval na polystyrenové desce a sčítaná čísla byla reprezentována pomocí kuliček spouštěných z horní části pomůcky. Vodicí mantinely pro kuličky autor stavěl z kartonu. Hradla realizoval pomocí kartonových vahadel, která se sklápěla po dopadu kuliček. Čísla ve dvojkové soustavě tvořená třemi bity (tj. čísla od 1 do 7) byla reprezentována maximálně třemi kuličkami, které byly vhozeny do příslušného slotu pomůcky. Jakmile byly vhozeny kuličky reprezentující první bit, následovalo ve správném časovém odstupu vhození kuliček reprezentujících druhý bit a poté i kulička reprezentující třetí bit. Správný časový odstup byl nutný proto, aby se kuličky ve vodicích mantinelech nepotkávaly, případně aby byla použita hradla připravena (změnou své polohy) na příchod další kuličky.

Postupným zjednodušováním příslušného „obvodu“ dospěl autor k obvodu zobrazenému na obr. 5. Díky autorově invenci jsou hradla multifunkční: v případě, že jimi procházejí dvě po sobě se pohybující kuličky, chovají se hradla pro každou kuličku jinak - buď jako OR nebo jako AND.

Výsledná pomůcka je zobrazená na obr. 6. Autor má rozmyšlené i varianty, jak kalkulačku pozměnit, aby bylo možné s její pomocí realizovat i odčítání.



Obr. 5 - Schéma „obvodu“ mechanické kalkulačky



Obr. 6 - Mechanická binární kalkulačka

Závěr a pozvání na další ročník

I letošní soustředění proběhlo ve velmi přátelské a pohodové atmosféře. A stejně jako v minulých letech bylo všem líto, že už je konec. Sice se všichni (jak účastníci, tak vedoucí) těšili, až se zase pořádně vyspí, ale současně bylo všem líto, že prima strávených 14 dní končí.

Nemalou měrou ke zdárnému a příjemnému průběhu přispěl i personál Hořovické chaty v Cholíně. Paní majitelce stačilo nenápadně naznačit, že bychom měli nějaké atypické přání a ona velmi ochotně a rychle přání splnila. Prostředí na závěrečnou hostinu (místo poslední večere) bylo pověstnou třesinkou na dortu.

Bohužel i letos nás někteří účastníci museli kvůli svému věku opustit. Věříme, že s lidmi kolem soustředění zůstanou nadále v kontaktu a že se přijedou za rok podívat. A kam? Na stejné místo jako letos!

Soustředění je otevřené všem žákům ve věku 14 až 19 let se zájmem o fyziku, matematiku, informatiku, hraní si, překonávání výzev, ... Všichni takoví jsou v létě 2020 do Cholína srdečně zváni!

Více informací o soustředění lze nalézt na webových stránkách soustředění [1] a v příspěvcích minulých ročníků *Veletrhu nápadů učitelů fyziky* (např. [2]) či v příspěvku z mezinárodní konference ICPE-EPEC 2013 v Praze (anglicky, [3]).

Literatura

- [1] Soustředění mladých fyziků a matematiků [online]. Dostupné z: <http://kdf.mff.cuni.cz/tabor> [citováno 7. 8. 2019].
- [2] Žilavý, P., Koudelková, V.: Pár věcí (nejen) z tábora 9. In: Veletrh nápadů učitelů fyziky XI, sborník konference, Olomouc, 2006.
- [3] Kácovský, P. et al.: The Summer Maths and Physics Camp. In: ICPE-EPEC 2013 Conference Proceedings, Praha, 2014. Dostupné z: <http://www.icpe2013.org/> [cit. 7. 8. 2019]

Stavíme vzdálený experiment řízený kartou K8055

RNDr. MIROSLAV PANOŠ, Ph.D.

Gymnázium Jaroslava Vrchlického, Klatovy

Anotace: Příspěvek představuje koncepci vzdálených experimentů postavených na USB desce Velleman K8055, která je kupříkladu užívána ve většině experimentů vzdálené laboratoře Gymnázia J. Vrchlického v Klatovech. Na příkladu tvorby jednoduchého ilustrativního vzdáleného experimentu je formulován obecně platný a využitelný způsob použití karty K8055 pro vznik dalších internetově řízených experimentů. Cílem příspěvku je inspirovat případné zájemce o stavbu vzdáleně řízených experimentů z řad učitelů a studentů.

Úvod

O přínosech i úskalích tzv. vzdálených internetových experimentů bylo již napsáno mnoho, a to z pohledu didaktického i technického (za všechny např. [1]). Lze se ale shodnout, že vzdálené experimenty, stejně jako další moderní výukové prostředky, mají v současném vzdělávacím systému své místo. Dokonce by se mohlo zdát, že současný rozmach v oblasti „didaktické elektroniky“ (Arduino, Raspberry apod.) by rozvoji těchto forem výuky měl přát. Proč je tedy na českém internetu tak málo vzdálených experimentů? Je to dáno celkovou složitostí stavby, značnou nákladností nebo se již ztrácí pověstné české „bastlířství“, kterým stále musí současný fyzikář oplývat?

Na následujícím příkladu stavby ilustrativního vzdáleného experimentu se pokusím ukázat, že by tomu tak být nemuselo. Ukážeme si, jak relativně jednoduše vytvořit internetově řízený experiment, ve kterém budeme načítat počet radioaktivních částic z Geiger-Müllerova čítače soupravy GAMABETA (digitální signál) a zároveň budeme měřit teplotu pomocí teploměru z experimentální sady ISES (analogový signál).

USB deska Velleman K8055

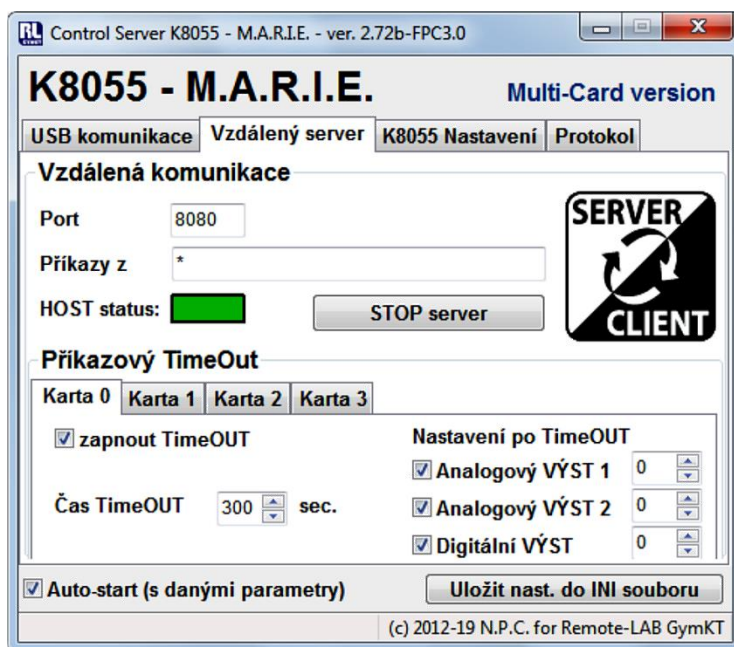
Častým problémem připojení reálného experimentu k počítači (PC) je problém samotného propojení a pochopitelně i problém čidel. Než se pouštět do vývoje nějakého rozsáhlého DIY elektronického systému, je asi lepší se poohlédnout, zda někde již tento problém není vyřešen. A právě jedním z takových možných způsobů je využití USB desky K8055 firmy Velleman.

Tato deska byla již několikrát popsána (např. v [2]), shrnu tedy jen její základní vlastnosti. Univerzální experimentální deska K8055 je profesionálním výrobkem firmy Velleman, deska disponuje pětici digitálních vstupů (dva s funkcí čítačů), dvěma analogovými vstupy (s možností tlumení i zesílení), dále pak osmi digitálními výstupy a dvojicí analogových výstupů (jak napěťové, tak šířkově modulované). Deska je napájena přímo z USB rozhraní počítače. K desce je dodán i ovládací software včetně, příslušných DLL knihoven pro vývoj vlastních aplikací.

Aplikace K8055-MARIE

Asi největším úskalím celého vzdáleného experimentu je pochopitelně samotné vzdálené řízení. Jinými slovy: Zvládneme-li vzdálené ovládání USB desky K8055, máme otevřenou cestu k tvorbě téměř libovolného vzdáleného experimentu, neboť je již zcela jedno, co k vstupům/výstupům desky připojíme.

Po několika letech vývoje a testů různých aplikací pro naši vzdálenou laboratoř jsme pro účely vzdáleného řízení desky K8055 vyvinuli řídicí aplikaci K8055-MARIE. (podrobný popis a možnost stažení na [3]). Aplikace umožňuje plné vzdálené ovládání experimentální desky K8055 – nastavení analogových i digitálních výstupů, načítání analogových i digitálních vstupů a práci s parametry čítačů. Aplikace K8055-MARIE pracuje pod operačním systémem Windows a musí být spuštěna na počítači, ke kterému je připojena deska K8055, kterou chceme vzdáleně ovládat. Desku pak řídíme pomocí webové stránky umístěné na webovém serveru, který nemusí být totožný s počítačem řídicím (aplikace zvládá i tzv. crossdomain řízení).



Obrázek č. 1 – Nastavení vzdálené komunikace v aplikaci K8055-MARIE

Obrázek č. 1 zobrazuje aplikaci K8055-MARIE v náhledu karty Server-Klient, na které se nastavuje vzdálený přístup. Zvolíme komunikační port (zde nastaveno 8080), na kterém bude aplikace přístupná přes Internet. Počítač s aplikací musí mít tzv. pevnou IP adresu, na kterou se bude řídicí webová stránka dotazovat. V poli „Příkazy z“ se zadává adresa URL serveru řídicí webové stránky, ze které budou příkazy akceptovány, z jiné adresy budou příkazy ignorovány (*bezpečnostní opatření*). Standardně je nastavena hodnota „*“, která tuto kontrolu vypíná, což se hodí pro prvotní testy. Zapnutím řídicího serveru (tlačítko „START serveru“) již lze řídit nastavenou desku K8055 přes Internet. Aplikace umožňuje další nastavení vztahující se k desce K8055 a jejímu ovládání – zájemcům doporučujeme nastudovat na [3].

Řídicí webová stránka

Pro vzdálené řízení je třeba vytvořit řídicí webovou stránku. K aplikaci K8055-MARIE je vytvořena řídicí javascriptová knihovna K8055.js, kterou k webové stránce připojíme stejně jako každý jiný javascriptový soubor v sekci <head>...</head>. Tím „obyčejnou“ webovou stránku rozšíříme o javascriptové příkazy vzdáleného řízení, které lze vyvolávat standardními událostmi JavaScriptu (např. načtení stránky, kliknutí na prvek, vypršení časovače...). Příkazy se snaží svou syntaxí korespondovat s originálními příkazy použitými v DLL knihovně příkazů firmy Velleman, což usnadní vývojáři tvorbu kódu. Popis těchto příkazů opět najdete na [3].

Ukázkový HTML kód (obr. č. 2) ukazuje zdroj webové stránky pro registraci pulzů z GM čítače (digitální vstup 1 desky) a teploty z modulu ISES teploměru (analogový vstup 1 desky). Načítání probíhá v pravidelných intervalech 1× za sekundu. Příkazy pro vzdálené řízení jsou v kódu zvýrazněny červeně. Do proměnné MARIE_URL je třeba doplnit IP adresu počítače, na kterém je aplikace K8055-MARIE spuštěna (přepsat K8055-MARIE_IP:PORT – zvýrazněno černě) Obdobně je třeba nastavit adresu použité USB desky K8055 příkazem *SetCurrentDevice()*, jehož parametrem (označeno jako K8055-ADR) je hodnota v rozmezí 0–3 – dle adresy nastavené spínači jumper na desce K8055.

```
<html>
<head>
<title>Načítání ISES teploměru a GAMABETA GM-čítače</title>
<meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=UTF-8">
<!-- ZACATEK - Javascripty NUTNE pro vzdalene rizeni -->
<script src="jvs/jquery.min.js" language="JavaScript" type="text/javascript"></script>
<script language="JavaScript" type="text/javascript">
    var MARIE_URL = 'http://K8055-MARIE_IP:PORT';
</script>
<script src="jvs/K8055.js" language="JavaScript" type="text/javascript"></script>
<script language="JavaScript" type="text/javascript">
    SetCurrentDevice(K8055-ADR);
</script>
<!-- KONEC - Javascripty NUTNE pro vzdalene rizeni -->
<script>
function NactiHodnoty() {
    var count = ReadCounter(1); // načte čítač na D1
    var temp = Math.round(0.5018* ReadAnalogChannel(1) -19.311); // načte AD1 a přepočítá na °C
    $('#name=radioaktivita').val(count); // vloží hodnotu do prvku "radioaktivita"
    $('#name=teplota').val(temp); // vloží hodnotu do prvku "teplota"
}
function time() { // každou 1s zavolá funkci NactiHodnoty
    NactiHodnoty(); setTimeout("time()",1000);
}
</script>
</head>
<body onLoad="time();">
<h1>Ukázka načítání teploměru a GM-čítače</h1>
<p><label>částic</label> <input type="TEXT" name="radioaktivita" value="0" size="3"/>
<label>vynulovat čítač</label> <input type="BUTTON" value="RESET" onClick="ResetCounter(1);" /></p>
<p><label>teplota (&deg;C)</label> <input type="TEXT" name="teplota" value="0" size="3" /></p>
</body>
</html>
```

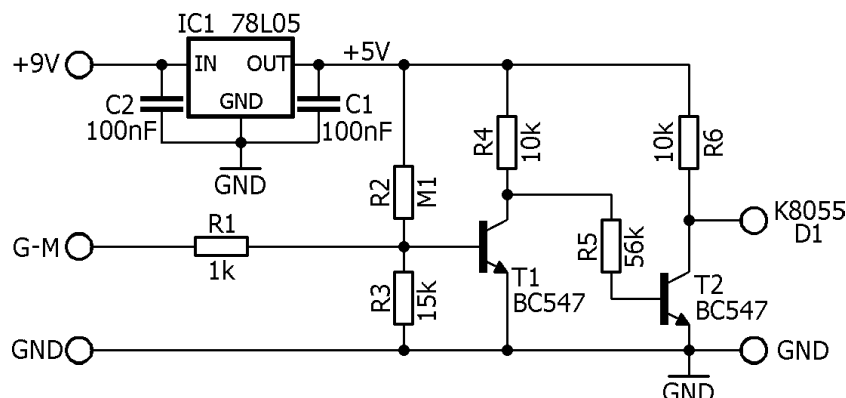
Obrázek č. 2 – Ukázka webové stránky vzdáleného přístupu k desce K8055

Hardwarová část

Nyní v našem ukázkovém příkladu zbývá vyřešit hardwarové připojení GM čítače a ISES teploměru. Pochopitelně k desce K8055 lze připojit i jiné moduly a čidla. Pokud bychom se rozhodli pro svůj experiment využít i analogový výstup desky K8055, doporučuji jej proudově posílit – vhodné zapojení naleznete v [4].

Geiger-Müllerův čítač GAMABETA

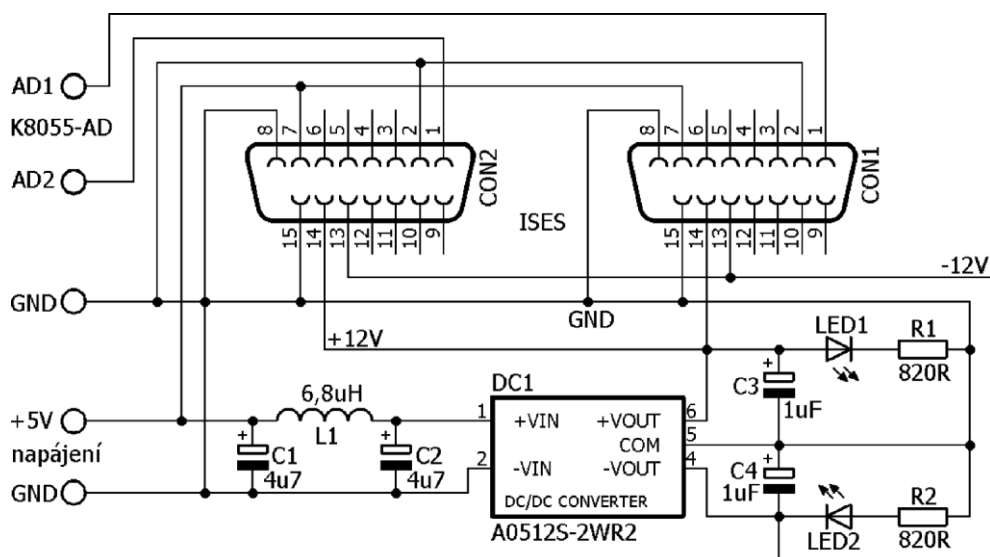
Pro jednoduché připojení GM čítače soupravy GAMABETA k počítači pomocí desky K8055 a malého interface využijeme zapojení přejaté z [5] – viz schéma na obr. 3. Zapojení vložíme mezi výstup GM čítače a digitální vstup D1 karty K8055, který slouží jako vstup čítače desky K8055.



Obrázek č. 3 – Schéma připojení GM čítače soustavy GAMABETA k desce K8055

ISES-ZOMBIE + ISES teploměr

Jako ukázkou připojení čidla k analogovému vstupu karty K8055 použijeme připojení modulu experimentální sady ISES. Výstupy čidel ISES jsou v napěťových úrovních 0–5 V, což umožňuje přímé připojení analogovému vstupu desky K8055. Problém nastává s napájením těchto modulů, které vyžadují kromě napětí +5 V i symetrické napájení ± 12 V. To jsme však vyřešili v rámci vývoje naší vzdálené laboratoře pomocí jednoduchého modulu nazvaného ISES-ZOMBIE, který umožňuje připojit až dva měřicí moduly ISES ke kartě K8055. Zde pro potřeby tohoto článku uvádím jen schéma celého zapojení, případným zájemcům o stavbu doporučuji prostudovat [6].



Obrázek č. 4 – Schéma připojení dvou ISES čidel k desce K8055

Tím je i hardwarová část naší vzdálené úlohy vyřešena. Jen si dovoluji zdůraznit, že modul ISES-ZOMBIE je zcela univerzální, můžeme tedy s jeho pomocí k desce K8055 připojit libovolné ISES čidlo – kupříkladu voltmetr a ampérmetr. Společně s proudovým posílením výstupu karty (viz [5]) pak okamžitě získáváte například aparaturu pro měření voltampérové charakteristiky. Pochopitelně realizace jiných konkrétních experimentů již plně závisí na samotném vývojáři. Postup tvorby vzdáleného experimentu je však vždy stejný – vyřešení připojení k desce K8055 a ovládání zprostředkované aplikací K8055-MARIE a jejím ovládacím JavaScriptem K8055.js.

Závěr

Díky aplikaci K8055-MARIE, kterou nabízíme ostatním vývojářům zdarma ke stažení na stránkách naší vzdálené laboratoře [3], ve spojení s užitím experimentální USB desky K8055 firmy Velleman lze poměrně rychle a s přijatelnými náklady vytvořit vzdálený experiment. Hlavním cílem zde popsané metody je především pomoc ostatním nadšeným vývojářům překonat prvotní strach ze zdánlivé celkové složitosti stavby vzdáleného experimentu. Pochopitelně jsem si vědom, že nejde o zcela dokonalý systém tvorby vzdálených experimentů – kupříkladu USB deska K8055 má své technické nedostatky. Přesto zde uvedený postup zejména díky své značné univerzálnosti a obecnosti se může stát základem prvních (třeba jen zkušebních) vzdálených experimentů, kupříkladu tak, jako se stalo v naší školní vzdálené laboratoři (<http://Remote-LAB.fyzika.net/>), kde využíváme nejen výše uvedený způsob vzdáleného řízení, ale i vyvíjíme způsoby další. Jakmile i u těchto způsobů vzdáleného řízení dosáhneme obecně platných závěrů použitelných pro další vývojáře, budeme je též pro zájemce publikovat.

Literatura

- [1] BÍLEK, M. a M. TURČÁNI. Vzdálené a virtuální laboratoře ve výuce a v přípravě učitelů přírodovědných předmětů. *Pedagogika*. 2006, **61**(4), s. 361–372. ISSN 2336-2189.
- [2] VOJÁČEK, A. TEST – Stavebnice měřicí / testovací USB desky Velleman K8055. HW [online]. HW server s r.o., 2012 [cit. 2019-04-27]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/mereni-a-regulace/test-stavebnice-merici-testovaci-usb-desky-velleman-k8055.html>
- [3] PANOŠ, M. K8055-M.A.R.I.E. *Remote-LAB GymKT* [online]. Klatovy, 2019 [cit. 2019-04-27]. Dostupné z: <http://remote-lab.fyzika.net/K8055/K8055-MARIE-popis.php>
- [4] PANOŠ, M. Booster – proudové posílení výstupu ISES. *Matematika – Fyzika – Informatika*. 2005/2006, **15**(8), s. 473–478. Dostupné z: http://mfi.upol.cz/old/MFI_15_pdf/Fyz_15_8.pdf
- [5] PAZDERA, M. USB Interface KV8055 a jeho použití ve fyzice. *Matematika – Fyzika – informatika*. 2007/2008, **17**(10), s. 596–602. ISSN 1210-1762
- [6] PANOŠ, M. ISES – Z.O.M.B.I.E. *Fyzikální kabinet GymKT* [online]. Klatovy, 2017 [cit. 2019-04-27]. Dostupné z: <http://kabinet.fyzika.net/dilna/zombie/ISES-zombie.php>

Stratosféra

JAROSLAV REICHL, JAKUB DVOŘÁK

Střední průmyslová škola sdělovací techniky, Panská 3, Praha

V rámci absolventského projektu Jakub Dvořák, žák 4. ročníku SPŠST Panská, navrhl, sestavil a do stratosféry Země vyslal dvě sondy, které nesly několik přístrojů. Data z těchto přístrojů poté graficky zpracoval a analyzoval. V příspěvku je popsána cesta od návrhu sondy, přes její vypuštění do stratosféry až po zpracování naměřených dat.

Úvod

Dávným snem Jakuba bylo zrealizovat technický projekt většího rozsahu, ve kterém by uplatil svého koníčka - elektrotechniku a navrhování elektrických obvodů. Měl za sebou bohaté zkušenosti s drobnostmi, kterými si zjednodušoval život nebo které vyrobil pro propagační akce školy. Návrh sondy, která by doletěla do stratosféry Země a nesla přístroje pro měření fyzikálních charakteristik atmosféry, byl jeho sen, na který se mu nedostávalo financí z vlastních zdrojů.

Ve školním roce 2017/2018 se zúčastnil soutěže *Vím proč* s videem popisující fyzikální princip šíření vlnění a jednu z jeho konkrétních realizací v Rubensově trubici (viz [1] a [2]). Video zaujalo odbornou porotu a Jakub získal ve své kategorii první cenu - příspěvek od Nadace ČEZ na tzv. Oranžovou učebnu. V rámci tohoto projektu bylo možné zakoupit pomůcky pro výuku fyziky; do těchto pomůcek Jakub zahrnul s mým svolením i svolením vedení školy i přístroje a vybavení nutné na návrh a stavbu vysněných sond. Let sondy a sběr dat popisujících parametry atmosféry je velmi sofistikované fyzikální měření, z něhož lze využít ve výuce fyziky využít získané videozáznamy a naměřená data.

Jakub vybral velmi pečlivě všechny pomůcky, ekonom školy je objednal a zakoupil, a když dorazily do školy, začal Jakub s návrhem a přípravou sondy.

Návrh a příprava sondy

Před samotným návrhem sondy prošel Jakub řadu různých zdrojů, aby se inspiroval stavbou sondy, umístěním přístrojů na její palubě, technickým spojením s přístroji na Zemi, ... V původní vizi chtěl uskutečnit přímý přenos videosignálu z letící sondy přímo na Zem. Vybraná frekvenční pásma, na kterých by byl přenos kvalitní a přitom by vysílač na sondě nevysílal příliš velký objem dat, nebyla pro amatéry s příslušným výkonem povolena. Jednání s Českým telekomunikačním úřadem o povolení výjimky nebylo úspěšné, proto musel Jakub své plány změnit. Video bylo nahráváno v průběhu letu na paměťovou kartu použité kamery.

Při konzultacích ohledně možného startu sondy s pracovníkem Českého hydrometeorologického ústavu Mgr. Martinem Motlem se s ním domluvil, že první sondu Jakub vyšle spolu se sondou, která je pravidelně z ČHMÚ vysílána několikrát denně. Tím byla ale Jakubova sonda omezena na hmotnost 520 gramů; celková zátěž

použitého padáku při návratu sondy zpět na Zem byla totiž jen 600 g; 80 gramů je přitom hmotnost sondy ČHMÚ. Proto Jakub musel velmi uvážlivě volit přístroje, které na palubu své sondy umístí.

První let

Vzhledem k předpokladu, že sonda doletí až do stratosféry, v níž se teplota okolního vzduchu pohybuje kolem mínus 40 stupňů Celsia, bylo nutné pro napájení přístrojů na palubě sondy volit vhodné baterie. Baterie *Energizer Ultimate Lithium*, u kterých výrobce deklaruje výdrž i při nízkých teplotách, Jakub před vypuštěním sondy otestoval v parách kapalného dusíku. Pomocí senzorů firmy Vernier měřil teplotu v okolí baterií a současně měřil úbytek jejího svorkového napětí. Baterie byla přitom připojena k uměle vytvořené zátěži, která jí vybíjela konstantním elektrickým proudem. Vlastní řídicí obvod porovnával úbytek napětí na výkonovém rezistoru s napětím nastaveným pomocí potenciometru. Podle potřeby byl spínán výkonový tranzistor typu MOSFET; tak byl udržován konstantní úbytek napětí na baterii.



Obr. 1 - Vypouštění sondy z areálu ČHMÚ

Podle měření baterie měly vydržet pracovat v předpokládané teplotě. Vzhledem k hmotnostnímu limitu sondy ale nebylo možné vybavit sondu záložními bateriemi. Proto veškerá naměřená data byla zaznamenána pouze při cestě družice směrem vzhůru. Téměř přesně v okamžiku dosažení maximální výšky sondy nad Zemí se baterie vybily.

První sonda byla vypuštěna spolu se sondou ČHMÚ v sobotu 3. 11. 2018 z areálu ústavu v Praze Libuši (viz foto na obr. 1) krátce po dvanácté hodině.

S Jakubovou sondou letěla i standardní meteorologická sonda, která se ale bohužel ve výšce přibližně 16 km nad povrchem Země odtrhla. Meteorologové tuto skutečnost zjistili a vyslali operativně druhou sondu. Tím měl Jakub možnost porovnat např. naměřené teploty oběma sondami (viz dále).

Jakubova sonda se pohybovala v souladu s předpovědí směrem na severovýchod od Prahy. Data o své poloze posílala prostřednictvím speciální internetové stránky do aplikace mobilního telefonu, tak jsme s Jakubem přesně věděli, kde sondu po dopadu hledat. Podle hlášení trackeru GPS měla sonda dopadnout na pole nedaleko od Střezetic u Hradce Králové. Tam jsme sondu skutečně našli (viz obr. 2). Sonda vystoupala do maximální výšky 35 km.



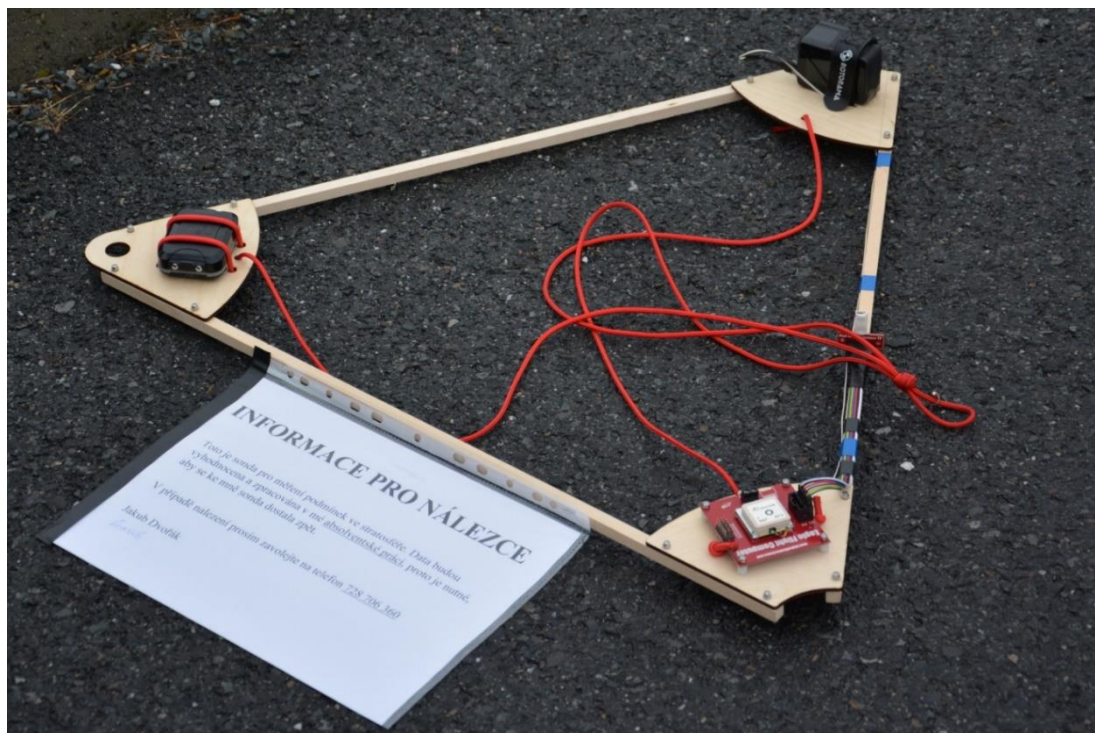
Obr. 2 - Místo nalezení sondy po návratu na Zem

Všechny přístroje, které byly na palubě sondy, byly po návratu zpět na Zem v pořádku. Jednalo se o tyto přístroje (viz obr. 3):

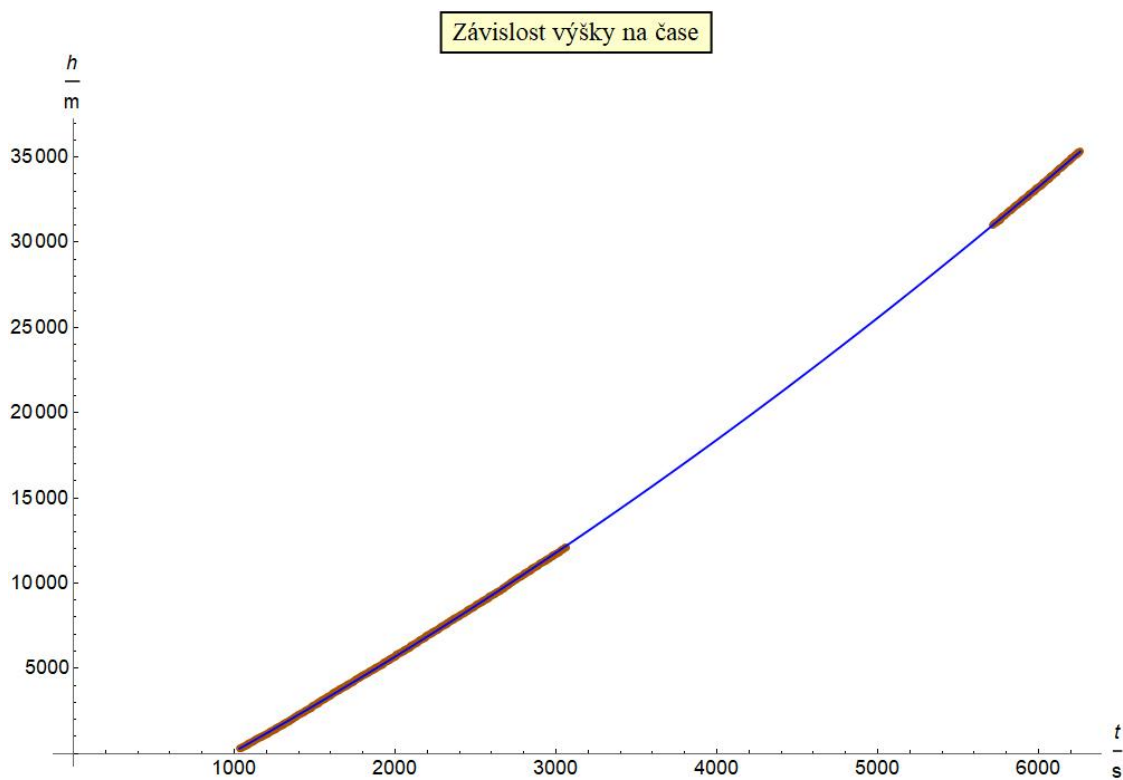
kamera *GoPro Hero 7 black* vhodná kvůli své bytelné konstrukci, vysoké teplotní odolnosti a možnosti nahrávat v rozlišení 4K s frekvencí 60 snímků za sekundu;

palubní počítač zakoupený spolu s rámem sondy od firmy *High altitude science*; počítač má instalovanou anténu systému GPS a byly k němu připojeny senzory tlaku a teploty, jejichž údaje jsou spolu s aktuální pozicí zapisovány každých 6 sekund na MicroSD kartu;

sledovač sondy - z několika možností byl vybrán satelitní sledovač *SpotTrace*; data o aktuální poloze jsou vysílána přes satelit a ukládána na server, odkud jsou přístupná z počítače nebo z aplikace mobilního telefonu.



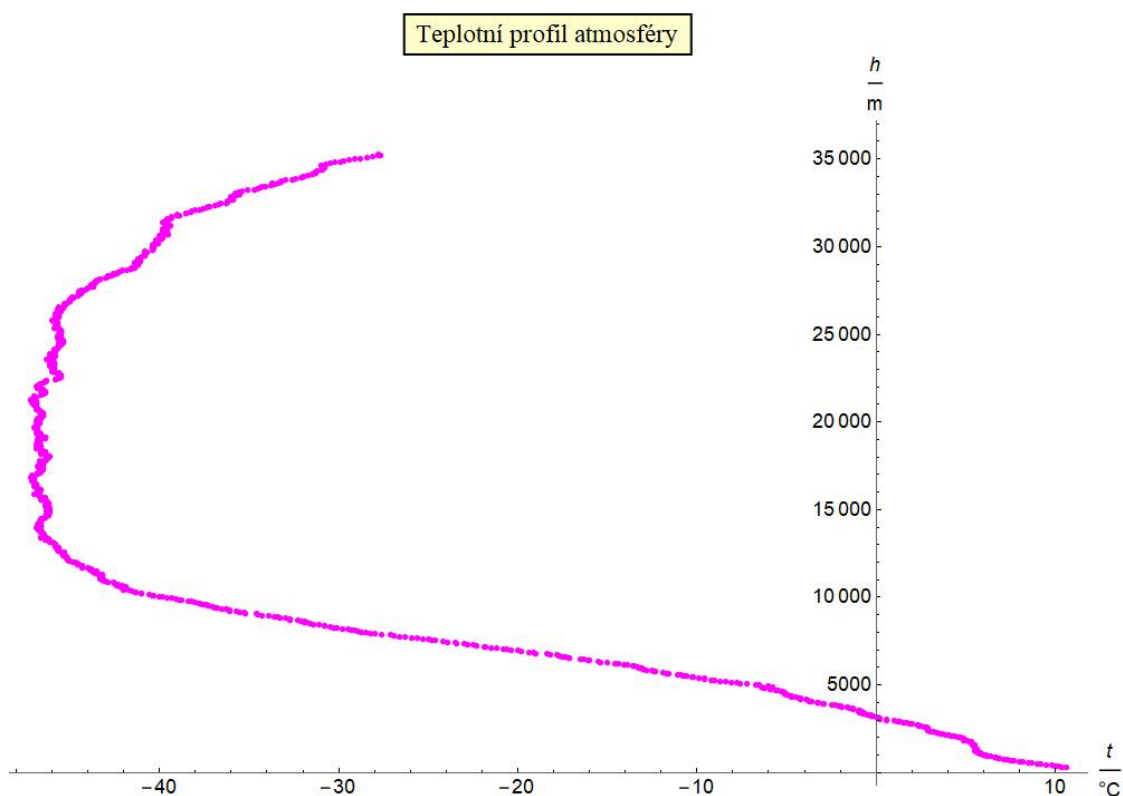
Obr. 3 - Přístroje na palubě sondy



Obr. 4 - Závislost výšky sondy nad zemským povrchem na čase

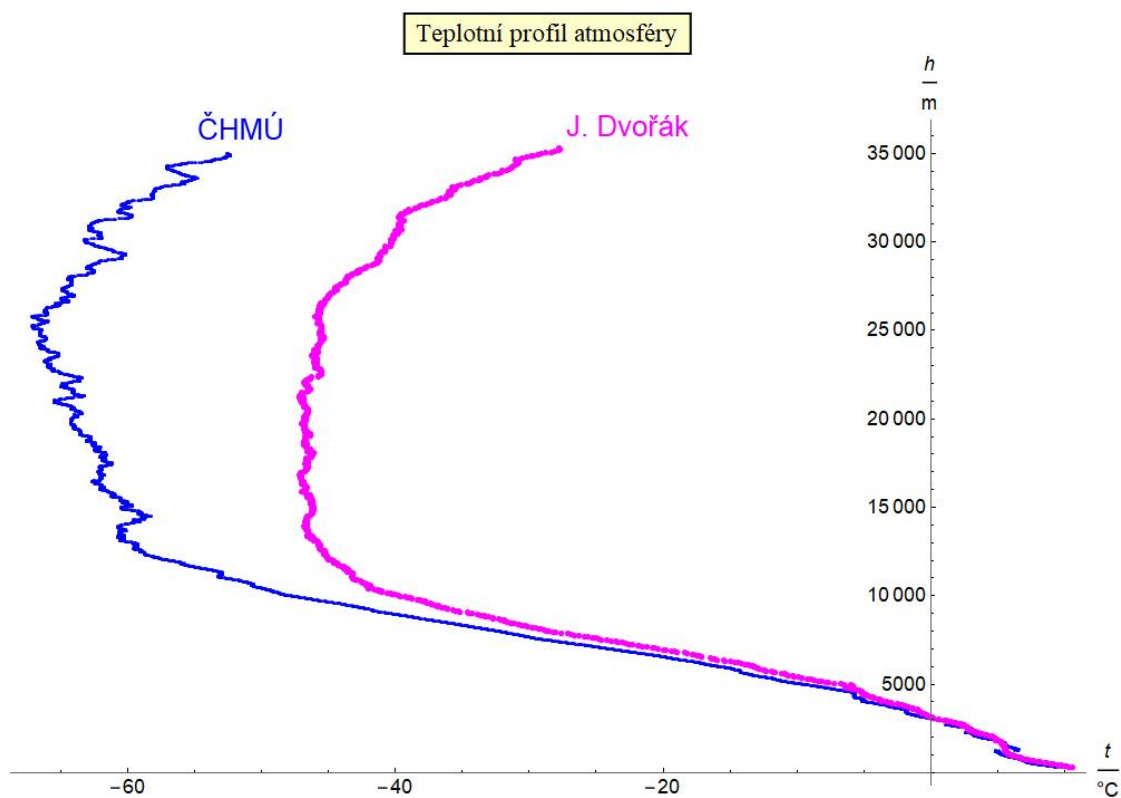
Naměřená data byla převedena do vhodného formátu a zpracována v programu *Mathematica*, jehož licenci škola vlastní.

Prvním problémem, který musel Jakub řešit, byl výpadek signálu senzorů v určitém intervalu výšek. Existující data závislosti výšky sondy na čase zobrazená v grafu na první pohled připomínala kvadratickou funkci. Proto se Jakub rozhodl data touto funkcí proložit a chybějící údaje dopočítat na základě nalezené kvadratické závislosti. Příslušný graf spolu s aproximační funkcí je zobrazen na obr. 4. Skutečnost, že graf začíná od okamžiku přibližně 1000 sekund po zapnutí přístrojů, odpovídá předstartovní kontrole funkčnosti jednotlivých přístrojů a přípravě samotného startu obou sond.

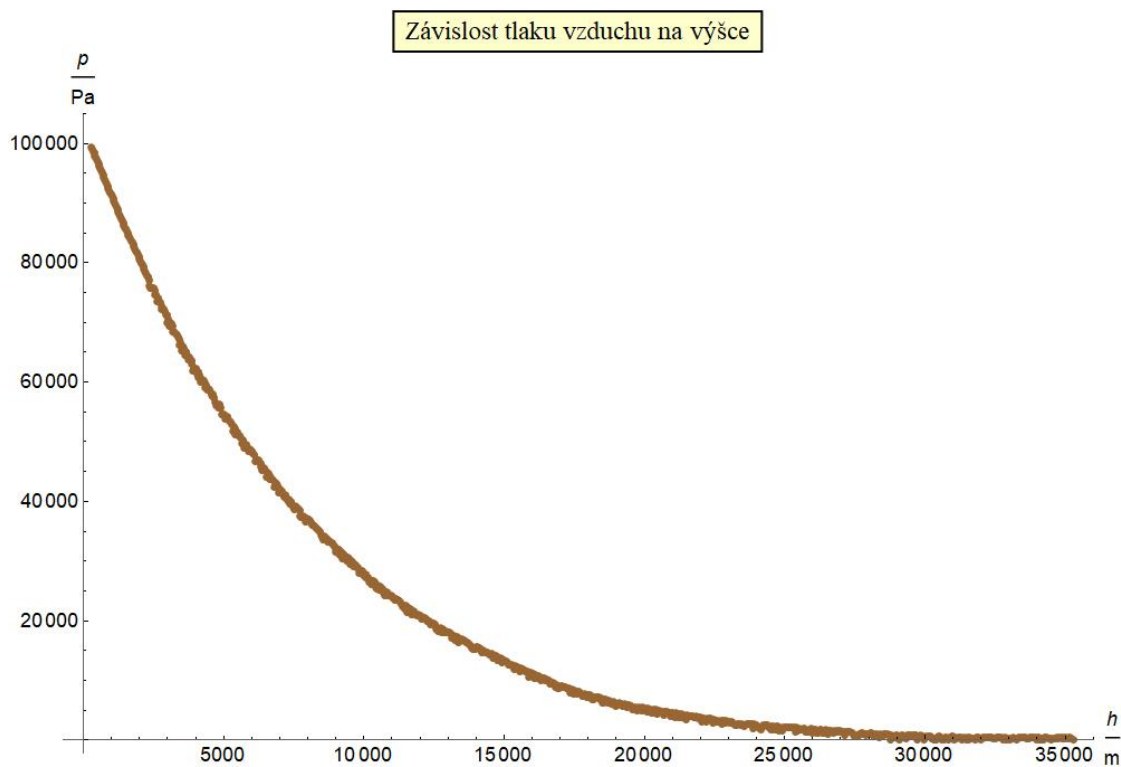


Obr. 5 - Teplotní profil atmosféry na základě Jakubova měření

Stav atmosféry (bližší dělení atmosféry je uvedeno ve [3]) meteorologové popisují pomocí tzv. teplotního profilu, tedy grafu závislosti výšky na teplotě. Tento graf sestavený na základě Jakubových měření je zobrazen na obr. 5. Jak již bylo uvedeno, téměř společně s Jakubovou sondou letěla i sonda ČHMÚ, proto bylo možné měření obou sond porovnat. Toto porovnání je zobrazeno v grafu na obr. 6. Je patrné, že Jakubův senzor teploty měřil téměř po celou dobu letu sondy vyšší teplotu než senzor umístěný na palubě sondy vyslané ČHMÚ. Důvodem je patrně skutečnost, že sondy ČHMÚ mají senzor umístěný v definovaném místě, které je odstíněno od přímého slunečního záření. Navíc Jakub svůj senzor před použitím nijak nekalibroval. Přesto jsou obě závislosti srovnatelné a liší se pouze naměřenou teplotou. Z grafu zobrazeného na obr. 5 je jasně patrná oblast atmosféry, v níž je v rozsahu téměř 15 kilometrů konstantní teplota.



Obr. 6 - Porovnání teplotních profilů naměřených Jakubovou sondou a sondou ČHMÚ



Obr. 6 Závislost tlaku vzduchu na výšce

Velmi pěkně i přes měnící se teplotu atmosféry během letu sondy vyšel i graf závislosti tlaku vzduchu na výšce (viz obr. 7). Pomocí nástrojů systému *Mathematica* Jakub zjistil, že naměřené hodnoty velmi dobře odpovídají exponenciální funkci (viz detailněji [4]).

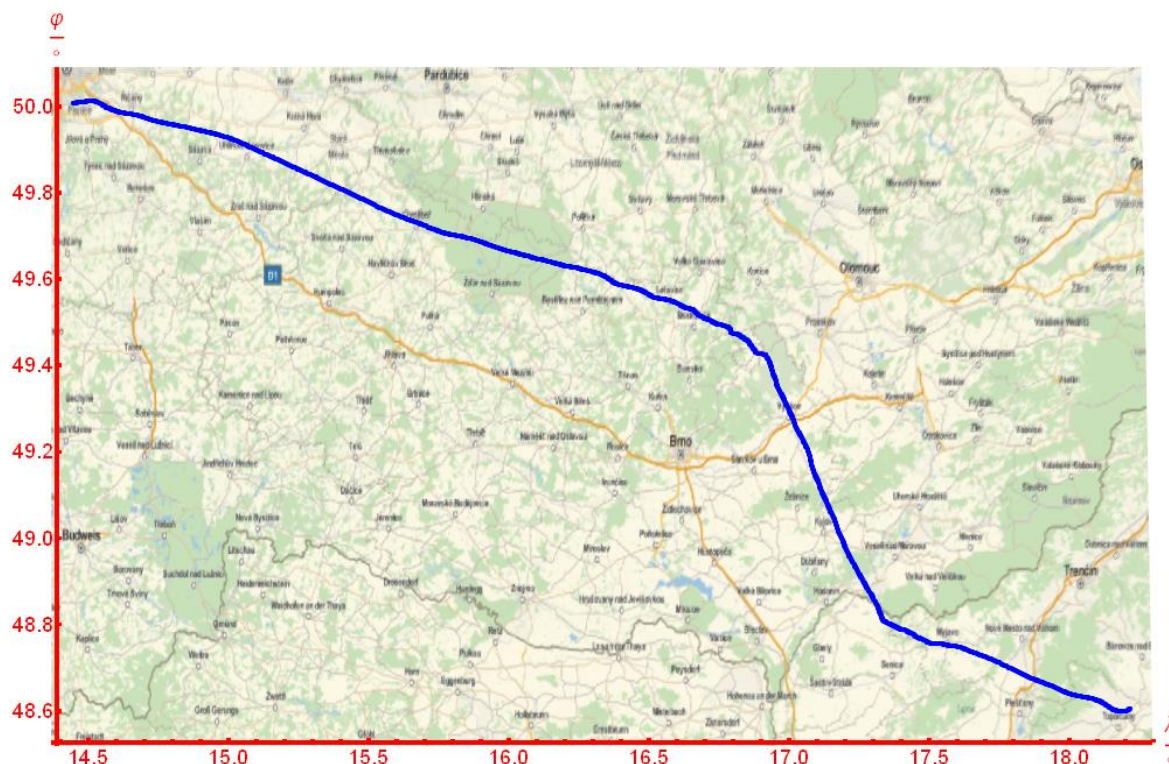
Druhý let

Druhý let byl plánován na sobotu 9. 3. 2019. Datum letu bylo voleno s ohledem na klidnější počasí po zimním období, ale i na termín odevzdání Jakubovy práce koncem března. Pro tento let Jakub připravil vylepšení původní sondy - kromě výše uvedených přístrojů navíc nesla i Geiger-Müllerův počítač od firmy *Safecast* měřící intenzitu radioaktivního záření a záložní baterie. Jakub zvolil balon o větším objemu, mohl tedy použít i zátěž o vyšší hmotnosti.

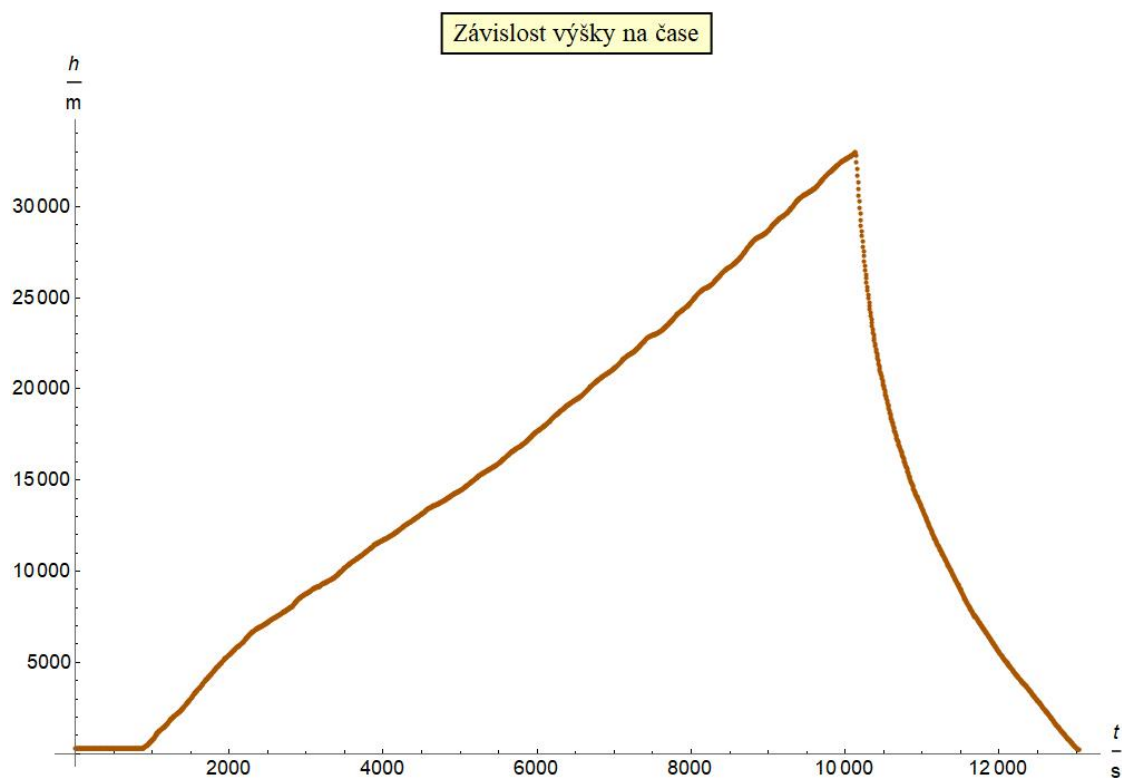
Pro takový balon (v žargonu Úřadu pro civilní letectví je to bezpilotní letadlo) bylo nutné od ÚCL získat povolení k letu. Jednou z podmínek pro vydání povolení bylo i sjednání pojištění odpovědnosti za případné škody způsobené sondou. Po několika měsících jednání a příprav bylo vše hotové. V pátek odpoledne jsme měli vyřízené povolení k letu, v autě naloženy láhve s heliem na naplnění balonu a mohli jsme tedy druhý den startovat. Jediným problémem se ukázalo být počasí. V onu sobotu foukal poměrně silný vítr, který komplikoval nejen start balonu (více viz [4]), ale i jeho let. Místo předpovězeného prasknutí balonu i následného přistání sondy zpět na Zem se vlivem silného větru posunulo o přibližně 150 km směrem na východ. Sonda tak porušila zákony České republiky, protože opustila její území a dopadla nedaleko obce Horné Chlebany u Topolčan (viz obr. 7).



Obr. 7 - Sonda ležící na poli nedaleko obce Horné Chlebany



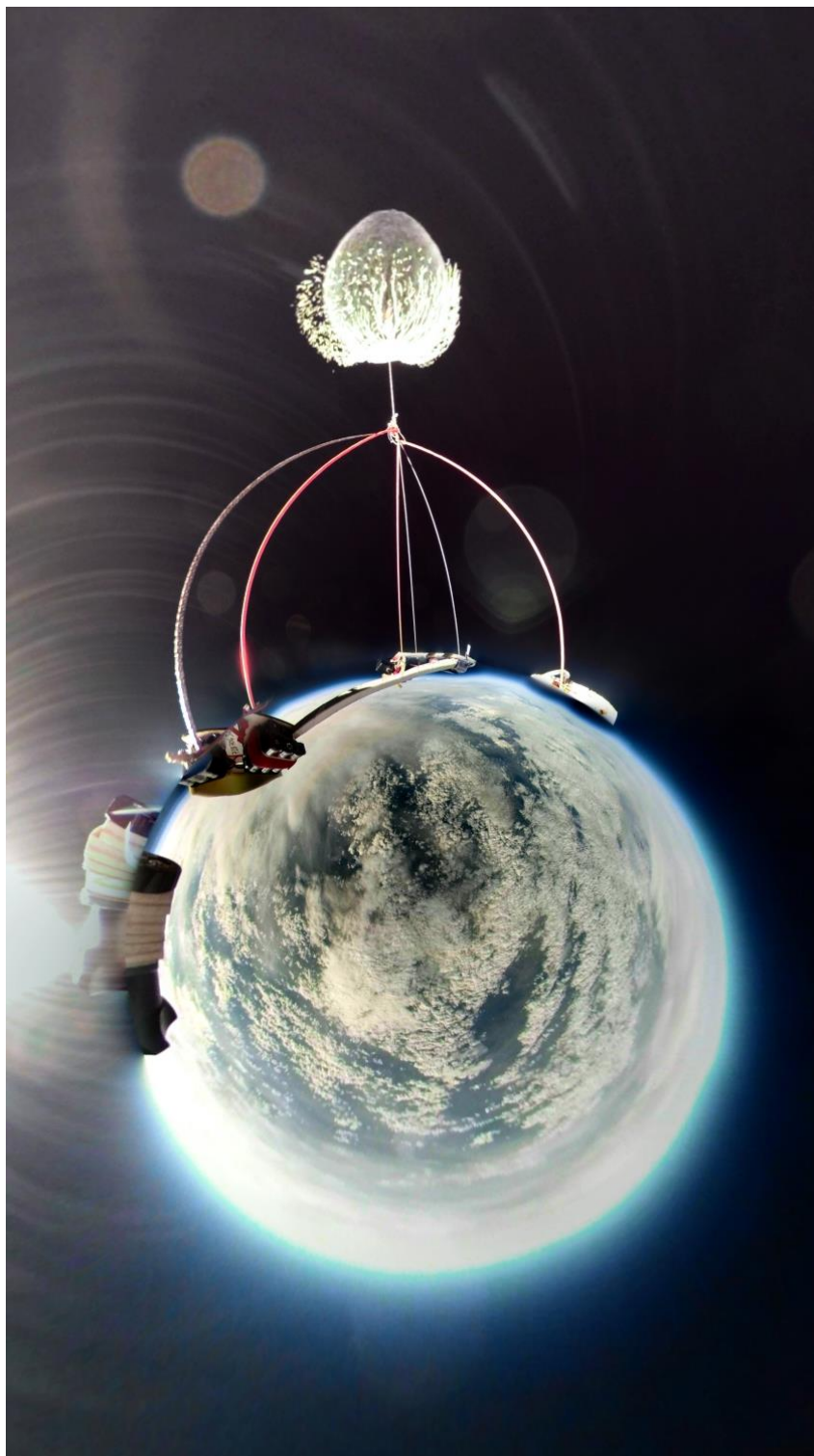
Obr. 8 - Trajektorie letu sondy



Obr. 9 - Závislost výšky sondy nad Zemí na čase

Rám sondy byl poškozen (už od menší nehody při startu), ale všechny přístroje fungovaly. Naštěstí starosta obce Jozef Ladický měl pochopení a sondu do Prahy poslal

poštou. Trajektorie letu sondy promítnutá na mapu České republiky je zobrazená na obr. 8. Maximální výška výstupu sondy byla 31 km.



Obr. 10 - Pohled na praskající balon ve výšce 31 km nad Zemí

Z dat naměřených sondou bylo možné opět v programu *Mathematica* sestavit řadu grafů a závislostí. Ze všech uvedme závislost výšky sondy nad zemským povrchem na čase (viz obr. 9), ze které jsou jasně patrné dvě části letu sondy (stoupání do maximální výšky

a pád sondy zpět na Zem). Také záznam z kamer na palubě sondy poskytl velmi zajímavé záběry - např. pohled na praskající balon na pozadí Země (viz obr. 10).

Závěr

Jakubova práce ukázala, že i na první pohled nerealizovatelný sen lze nakonec uskutečnit. Kromě sady dat, která sonda při obou letech naměřila, přinesla práce Jakubovi řadu zkušeností. Byl nucen zkonstruovat elektrické obvody sloužící pro testování baterií před letem, vyrobil úchyty na všechny přístroje tak, aby je bylo možné na sondu připevnit, naučil se jednat s úřady při řešení technických parametrů sondy s pracovníkem ÚCL i při sjednávání pojištění, pronikl více do metod zpracování dat a v neposlední řadě si splnil svůj sen. Všechny získané zkušenosti jistě dále ve své začínající kariéře využije.

Grafy získané z naměřených dat, naměřená data i detailní reportáže a fotodokumentace z obou startů sond lze nalézt na internetových stránkách [4].

Literatura

- [1] Ruben's tube, dostupné z <https://www.youtube.com/watch?v=TmbLOZCb60U>, [citováno 5. 8. 2019]
- [2] Reichl, J., Dvořák J.: Rubensova trubice. In *Veletrh nápadů učitelů fyziky 23, sborník z konference*, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2018, str. 182 - 188, ISBN: 978-80-7394-719-4
- [3] Dvořák J.: Stratosféra, absolventský projekt, SPŠST Panská, Praha, 2019
- [4] http://jreichl.com/fyzika/studenti/15m/29_stratosfera.htm, [citováno 5. 8. 2019]

Aplikační postery jako nástroj zefektivnění výuky fyziky na Univerzitě Pardubice

SVĚTLANA SAJDLOVÁ¹⁾, JAN MISTRÍK²⁾

Ústav aplikované fyziky a matematiky FCHT UPCE, Pardubice^{1), 2)}

Přírodovědecká fakulta UHK, Hradec Králové¹⁾

Abstrakt

Jak posílit dosažené znalosti z fyziky a ukázat souvislosti fyzikálních jevů s aplikacemi a nosnými tématy zvolených studijních programů u vysokoškolských studentů na technických školách? Na FCHT Univerzity Pardubice jsme se rozhodli vypracovat aplikační tematické postery, které jako nástroj zefektivnění výuky, pomůžou dovysvětlit a upevnit teoretické aspekty studovaných fyzikálních jevů. V našem příspěvku představíme vybrané aplikační postery, tak jak vznikaly a strategie, které byly při jejich přípravě použity.

Úvod

Výuka fyziky na technických vysokých školách je často sestavena z přednášek, seminářů a laboratorních cvičení. V ideálním případě jsou všechny tyto formy výuky vzájemně komplementární, přičemž každá z nich sehrává svou specifickou roli. V tomto příspěvku jsme se zaměřili na laboratoře. Laboratorní práce ve fyzice poskytují experimentální způsob studia fyzikálních zákonů, které hrají mimořádně důležitou roli: rozvíjí dovednosti studentů v experimentování, měření, zpracování dat a následné interpretaci výsledků, což je pro budoucího inženýra velmi důležité.

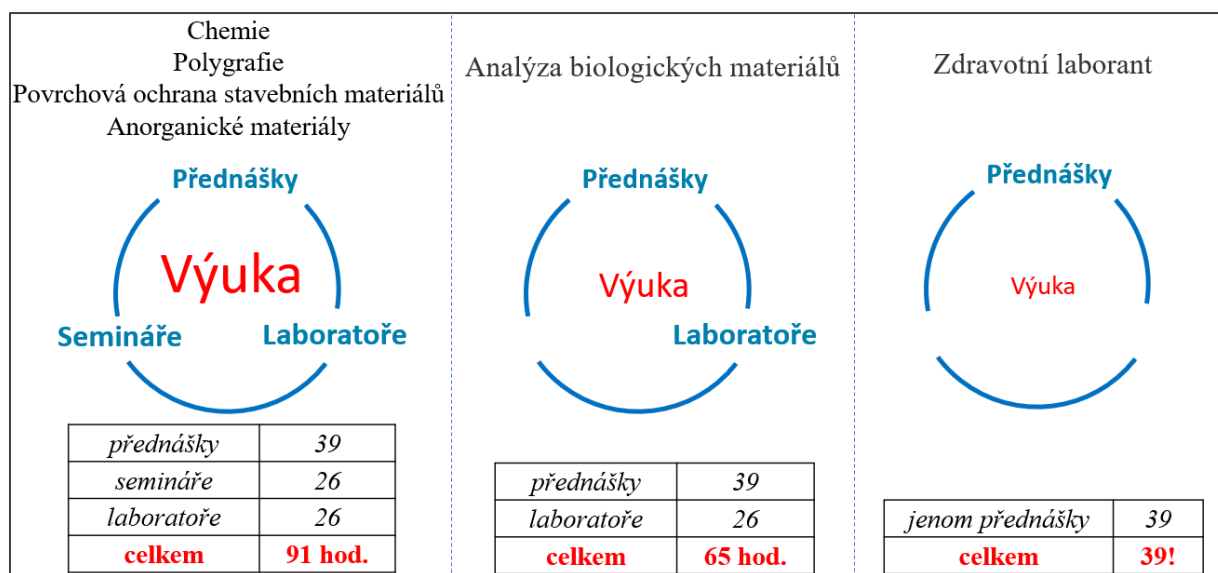
Přesto studenti povětšinou vykazují sníženou motivaci k tomuto předmětu, mnohdy vzhledem k mechanickému vyplňování tabulek, složitých výpočtů a náročnému zpracování protokolů. Což ve výsledku studenta vyčerpá natolik, že ztratí povědomí o studovaném jevu samotném. Tento nedostatek jsme se snažili částečně překlenout tvorbou aplikačně zaměřených posterů. Věříme, že jedním z nejdůležitějších aspektů při výuce fyziky je umění aplikovat studovaná fyzikální témata probíraná na přednáškách, procvičovaná početně na seminářích a experimentálně v laboratořích na problémy spojené se specializací nebo budoucím povoláním studentů.

Postery v grafické a intuitivní podobě stručně shrnují studovaný jev a především ukazují, kde se daný jev prakticky využívá s ohledem na studijní programy vyučovanými na FCHT Univerzity Pardubice.

Výuka fyziky na FCHT Univerzity Pardubice

Každému je známo, že Pardubice jsou „městem chemie“. Právě díky rozvoji chemického průmyslu na Pardubicku po druhé světové válce, který vyžadoval chemicky vzdělaných specialistů, byla nejprve založena Vysoká škola chemicko-technologická, ze které dnes je Fakulta chemicko-technologická Univerzity Pardubice. Fyzika je jeden ze základních jednosemestrálních kurzů v prvním ročníku bakalářského studia na této fakultě a každoročně jim „projde“ průměrně 350 studentů z různých oborů. Povinná výuka fyziky bývá pro mnoho studentů prvního ročníku náročná. V úzce vymezeném

časovém prostoru se jim nedostává povědomí o aplikacích velkého počtu studovaných jevů a mnohdy ani o návaznostech těchto jevů na jimi vybraný studijní program. Ještě náročnější je výuka pro nás, vyučující. Situace je taková, a každý to ví, že naučit vysokoškolskou fyziku během jednoho semestru je nemožné, proto jsme nuceni zkracovat obsah některých oddílů, mnohdy některá témata úplně vypouštíme a něco přesouváme na cvičení a do laboratoří. Na obrázku 1 je zobrazeno aktuální včetně její časové dotace schéma výuky fyziky na různých oborech.



Obr. 1: Schéma výuky jednosemestrálního kurzu fyziky na různých oborech FCHT

Jsme přesvědčeni, že znalosti fyziky jsou nutné pro práci a činnost budoucího inženýra a různými způsoby se to snažíme studentům ukázat a současně přizpůsobit výuku fyziky studijním programům na fakultě vyučovanými, i s tak krátkou časovou dotací.

Koncepce tvorby aplikačních posterů

Laboratoře z fyziky jsou povinným předmětem u většiny studentů prvního ročníku. Přitom jsou nejenom jednou z hlavních forem práce studentů na vysokých školách technického zaměření, ale pro nás učitele jsou také nejzajímavější formou výuky fyziky. Jsme v kontaktu se studenty, máme možnost lépe je poznat a pochopit problémy, se kterými se studenti potýkají v průběhu studia.

V laboratořích se studenti ptají!!!! Což není běžné s převládajícím stydlivým pocitem na přednáškách. A dost často jsme slyšeli otázky typu: „A k čemu mi to bude?“, „A jak to funguje?“, „A kdo na to přišel?“, „A co by bylo kdyby?“. Zpočátku jsme se snažili odpovědi na tyto otázky zahrnout do příloh návodů k úlohám. Takto postupně vznikaly příběhy, které stručně shrnovaly studovaný jev, a především ukazovaly, kde se daný jev prakticky využívá s ohledem na studijní program. Ale ze stručných návodů se postupně stávaly malé knižní kapitoly. Avšak návod by měl být stručný. Tak přišel nápad o posterech: dát tam zajímavé aplikace a témata, na které nezbyvá moc času na přednáškách. Ano, na internetu dnes najdete hodně fyzikálních posterů, ale většina z nich je převážně teoretická, s matematickým popisem a jen s malou ukázkou využití daných jevů. My jsme chtěli aplikační postery, bez zbytečně složité teorie a formalismů – „zabíjáků“ zájmu o jednu z neaplikovanějších věd v životě každého člověka.

Při tvorbě posterů jsme dospěli k několika koncepcím:

1. popsat jeden fyzikální fenomén (Polarizace světla);
2. ukázat souvislosti mezi úlohami nebo fyzikálními jevy (Světlo a zvuk);
3. vybrat vědeckou oblast a ukázat krásu fyziky v ní (Fyzika v medicíně);
4. najít fyziku v nějaké aplikační oblasti (Uroflowmetrie).

Navíc, obsah posterů jsme na vybraných místech doplnili QR kódy. Po jejich načtení chytrým telefonem se student může podívat na studovaný jev a jeho aplikaci podrobněji. Postery jsme umístili na chodbě v blízkosti laboratoří, aby je studenti mohli prohlížet při čekání na hodinu.

Postery „Fyzika v medicíně“ a „Polarizace světla“

Například, pro studijní obory Zdravotní laborant a Analýza biologických materiálů jsme vytvořili poster „Fyzika v medicíně“ (viz Obr.2). Zde je vhodné zmínit, že na tyto obory se většinou hlásí děvčata ze zdravotnických škol, na kterých se fyzika vyučuje jenom jeden rok... Komentovat situaci je zbytečné. Odstavec „Ohnisková vzdálenosti a lidské oko“ ukazuje propojení úlohy „Měření ohniskové vzdálenosti čoček“ se stavbou lidského oka jako optické soustavy. Geometrická optika je právě jeden z oddílů, který jsme z časových důvodů byli nuceni přesunout do výuky v laboratořích. Následuje odstavec o centrifugaci, metodě, která pomocí rotačního pohybu s vysokými úhlovými rychlostmi dokáže rozdělit složky tekuté směsi. Hlavní charakteristika každé centrifugy, jejíž použití je nezbytné v biochemii, je RCF (relative centrifugal force) a RPM (rotation per minute), což nejsou běžné pojmy, se kterými se pracuje v obecném kurzu fyziky. RPM je úhlová rychlost v otáčkách za minutu, což složité není. Jinak je to s RCF, která udává odstředivou sílu v násobcích g , tj. v jednotkách zrychlení. Informace v posteru by měla pomoci studentům lépe se vyznat v těchto pojmech, a také při budoucí práci s touto metodou při absolvování laboratorních prací z biochemie ve druhém ročníku. V poslední „bublině“ je popsáno, jak lze pomoci infračervené spektroskopie, která „zneužívá“ kmitání molekul a jejich světlem vynucené rezonanci v látce, například sledovat dobu degradace biodegradabilního implantátu jícnového stentu, což je klíčové pro jeho správnou funkci.

Poster „Polarizace světla“ (viz Obr.3) odpovídá nejen na často studenty kladené otázky typu „Kdo ten jev objevil?“, „Z čeho a jak je udělaná polarizační folie?“, a také ukazuje využití polarizace světla v přírodě u hmyzu, který má na rozdíl od člověka pravidelně uspořádané molekuly rodopsinu v oku, a dále také jak ten jev pomoci kalcitu dvojlomného používali již vikingové pro navigaci na moři při zatažené obloze.

Závěr

Při pilotním použití vytvořených materiálů se zjistilo, že studenti se zájmem na tyto materiály reagují a pracují s nimi. Studenti tak pomocí posterů dostávají možnost samostatně se seznámit s užitečností studovaných jevů a urovnat své základní fyzikální představy, které jsou důležité pro zdárné pochopení látky v pozdějších specializovaných předmětech. Co více, při vyplnění dotazníků na konci semestru na otázku „Jakým dílem přispěli různé formy výuky pro pochopení Vámi fyzikálních jevů?“ studenti odpověděli tak, že předmět Laboratoře z fyziky dostal 56 %, a zbytek do 100 % studenti rozdělili mezi přednášky a semináře. A největší radost nám dělají slova studentů: „Konečně jsem něco pochopil...“.

FYZIKA V MEDICÍNĚ

OHNISKOVÁ VZDÁLENOST A LIDSKÉ OKO

Oko je nejsložitější optická soustava. Světlo prochází systémem rohovka - čočka - sklivce, kde se postupně láme. Na sítnici se světelné paprsky schází v **ohnisku** oka zdravého člověka. Pokud ohnisko je posunuto před sítnici nebo za ní, je potřeba korekce oční vady - brýle, pomocné čočky (rozptylky nebo spojky).



Přístroj, který určuje parametry čočky - **dioptrie** a jiné - pomocí analýzy lomu světla v oku se nazývá **refraktometr**. Dioptrie je číslo, které vyjadřuje zakřivenost čočky a udává její schopnost lomit paprsky světla a, nakonec, ukazuje převrácenou hodnotu její ohniskové vzdálenosti.

- ✓ oko může měnit svou ohniskovou vzdálenost až do délky 6 m
- ✓ 25 cm od předmětu je neoptimálnější vzdálenost pro vidění, kdy oko není namáhané a nemusí se přizpůsobovat „akomodat“

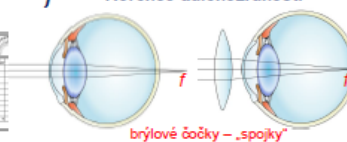
Korekce krátkozrakosti



brýlové čočky - „rozptylky“ (myopie)

$$D = \frac{1}{f}$$

Korekce dalekozrakosti



brýlové čočky - „spojky“

CENTRIFUGACE aneb kinematika rotačního pohybu v biochemii

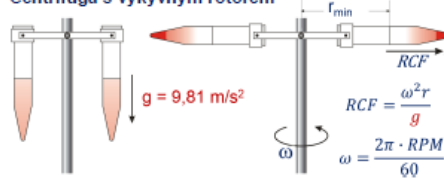
Centrifugace znamená odstředování a je jednou z laboratorních metod separace složek směsi na základě působení odstředivé síly, která vzniká při rotačním pohybu s vysokými rychlostmi. Centrifugace se provádí ve speciálních centrifugách, jejíž hlavní částí je rotor, který může být výkyvný, úhlový a svislý.

Úhlový rotor

Výkyvný rotor



Centrifuga s výkyvným rotorem



Hlavní parametry centrifugy:

- ✓ RPM – rotation per minute – počet otáček rotoru za minutu, 2000 až 800 000 ot/min;
- ✓ RCF – relative centrifugal force – vzniklá odstředivá síla, která ukazuje kolikrát je odstředivé zrychlení v centrifuze větší než tíhové zrychlení $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ a proto se uvádí v násobcích $g - 100\times g$ až $8500\times g$

Centrifugaci můžeme separovat buňky, viry, proteiny, nukleové kyseliny a to podle jejich velikosti, hustoty, tvaru, viskozity média a rychlosti rotoru.

Separace vzorku krve:

RCF 1000xg, doba 10 - 15 min



KMITY - REZONANCE - SPEKTROMETRIE

Pro nikoho není tajemstvím, že všechna tělesa se skládají z molekul, které jsou v neustálém pohybu.



Kmitání molekuly H₂O

INFRČERVENÁ SPEKTROSKOPIE je metoda, která „zneužívá“ tohoto kmitání molekul v látce a pomocí kouzelného **infračerveného záření (IČ)** molekulu prozrazuje (identifikuje).

Infračervené záření spektrálně pokrývá vlastní frekvence většiny molekul (800 nm – 500 mm). Při setkání IČ záření s molekulou může dojít k **rezonanci**. Změříme-li spektrum absorpce, případně transmitance, rezonance se v něm projeví jako ostrý pik s frekvencí téměř shodnou s vlastní frekvencí studované molekuly. Tím je molekula obnažena, a aby se jí snažila jakkoli se ubránit identifikaci, bývá většinou rozpoznána...

IČ spektrum prozradí jaké skupiny jsou obsaženy ve zkoumané látce a jaké složení má látka díky rozsáhlé světové databázi již známých struktur.

Každou molekulu si totiž můžeme představit jako systém oscilátorů, složených z atomů, které různě kmitají s nějakou frekvencí. Přitom každý druh vazby v molekulách má svou **vlastní frekvenci**.

Např. frekvence kmitání vazby O-H je vyšší, než frekvence kmitání vazby C-O, protože hmotnost atomů O a H je menší. Frekvence vazby C=O také je vyšší, než v C-O, protože dvojná vazba je silnější.

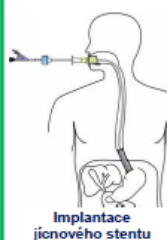


Vazba	Frekvence (cm ⁻¹)
O-H (alkoholy)	3200 - 3600
C-H	3000 - 3200
C-O (estery)	1200 - 1025
C=O	1650 - 1820

Další použití metody

Stanovení hormonů, vitamínů, patogenních látek v krvi a moči, diagnostika nádorů

Kontrola léčiv
Stanovení struktury DNA a jiných molekul



Implantace jícnového stentu

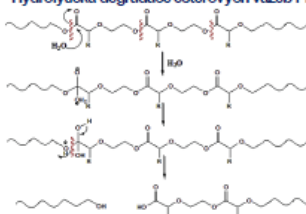


Degradabilní jícnový PDS stent (ELLA-CS, s.r.o.)

Praktické využití metody

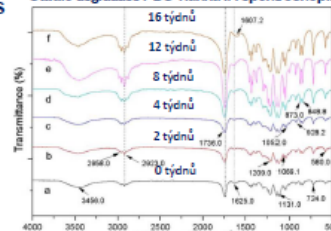
Biodegradabilní implantáty na bázi polymerů a speciálních slitin získávají důležitou roli v současné době narůstající důležitosti vzhledem k šetrné a účinné léčbě. Tyto implantáty se po požadované době (po kterou plnily v lidském těle svou funkci) rozpadají a z těla uvolňují. Není tedy nutná jejich následná extrakce.

Hydrolytická degradace esterových vazeb PDS



Nastavení a sledování doby degradace použitého materiálu je klíčové pro správnou funkci implantátu. Jednou z možností monitorování rychlosti degradace je optická spektroskopie v infračerveném (IR) oboru. Zde prezentovaná na příkladu hydrolytické degradace polydioxanonového (PDS) jícnového stentu.

Studie degradace PDS vlákní IR spektroskopií

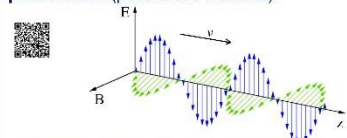


Vazba	Frekvence
C-O vazba esterů	1052 cm ⁻¹
C-O-C etherové skupiny	1131 cm ⁻¹
esterová karboxylová skupina	1736 cm ⁻¹
alifatické skupiny	2923 cm ⁻¹

POLARIZACE SVĚTLA

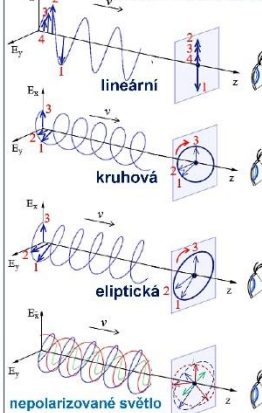
„UKÁZNĚNÉ“ CHOVÁNÍ SVĚTLA

Isaac Newton, uplývající na **korpuskulární teorii světla**, zastával názor, že **částice světla** představují malé **magnety s póly**. Francouzský fyzik **Etienne-Louis Malus** později navrhl, že tyto částičky v nepolarizovaném světle jsou orientované náhodně, ale po odrazu od povrchu nebo průchodu anizotropními krystaly (např. islandským vápencem nebo turmalinem) získávají určitou orientaci. Takové „ukáznuté“ světlo Malus pojmenoval **polarizované** (podle teorie Newtona).

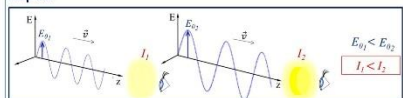


V roce 1873 Maxwell dokázal, že světlo je elektromagnetická příčná vlna. Příčná vlna může nést, na rozdíl od vlny podélné, dodatečnou informaci uloženou v pravidelné orientaci kmitů vektorů elektrického a magnetického pole. Toto pravidelné rozložení kmitů označujeme pojmem **polarizace**.

DRUHÝ POLARIZACE



Často se elektromagnetická vlna pro přehlednost reprezentuje pouze jednou svou komponentou a to **elektrickou intenzitou E** . Polarizační stav určíme podle toho, jak kmitá, nebo co opisuje koncový bod vektoru elektrické intenzity E při průchodu pomyslnou pozorovací rovinou (umístěnou kolmo na směr šíření). Pokud bod kmitá po úsečce, vlna je **lineárně polarizovaná**. Pokud koncový bod E v pozorovací rovině opisuje kružnici, mluvíme o **kruhové polarizaci**. **Eliptická** je polarizace, pro níž platí, že koncový bod elektrické intenzity E vykresluje v pozorovací rovině elipsu.



Lidské oko neumí polarizační stav světla rozpoznat, na rozdíl od očí hmyzu a ryb. Zvědavost a snaha o využití polarizace přivedla člověka ke konstrukci polarizátorů, které umožní polarizační stav světla určit nepřímo z pozorování změn intenzity světla.

PRINCIP FUNGOVÁNÍ A VÝROBA POLARIZÁTORŮ

Pro ukáznění nepolarizovaného nebo částečně polarizovaného světla používáme **polarizátory**.

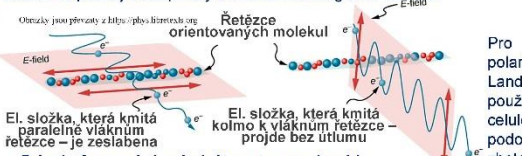


Polarizátorem může být např. hranol, ve kterém polarizace nastává pomocí jevu **dvojlomu**. Nejpoužívanější je Nikolův hranol z islandského vápence (dvojlojný kalcit), vyskytující se v přírodě. Hranoly najdeme např. v polarimetru nebo v elipsometru.

Další možnost, jak polarizovat světlo, je použití vyrobených **polarizátorů – polaroidů**. Jsou to filmy z řetězců orientovaných organických molekul nebo orientovaných anorganických mikrokrytalů, vykazujících dichroismus.

Použití: polarizační brýle, 3D brýle, LCD, polarizační filtry fotoaparátů.

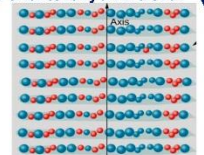
Anorganické polarizátory jsou zhotoveny ze dvou vrstev PVC folie, mezi nimiž se nachází umělé mikrokrystallky **herapetitu** - $(\text{CH}_3\text{N})_2 \cdot (\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot (\text{HI})_2 \cdot \text{I}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, které jsou při výrobě zorientované pomocí silného elektrického pole. „Tvůrcem“ prvních polarizátorů byl mladý dvacetiletý technický genius **Edwin Herbert Land**, budoucí zakladatel firmy Polaroid, která zpočátku prodávala polarizační brýle a o dvacet let později fotoaparáty s okamžitou fotografií Polaroid.



Princip fungování polarizátoru typu polaroid

Molekuly polymeru se orientují elektrickým polem nebo mechanicky v roztoku silné kyseliny (HI, H_2SO_4 , HBr a jiné) tak, aby byly zorientované v jednom směru. Kyselina interaguje s uhlovodíkovým řetězcem, čímž umožňuje pohyb nábojů podél makromolekul. Následuje žhání při teplotě $120^\circ\text{C} - 170^\circ\text{C}$. Elektrická složka E procházejícího světla, která je **paralelní** vláknům řetězce, se **zeslabuje**, protože pole musí vykonat práci na urychlení elektronů, pohybujících se podél vláken; přitom **kolmá složka el. pole** prochází polarizátorem téměř **bez útlumu**. Ve výsledku máme nejpoužívanější lineární polarizátor – „hřebek“ pro světlo.

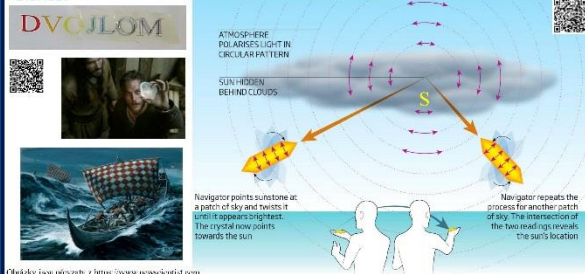
Řetězce orientovaných molekul



Pro výrobu **organických polarizátorů** (nejvíce využívaných) Land napadlo (psal se rok 1937) používat polymery z dlouhých celulóзовých řetězců (materiál podobný tomu, ze kterého je zhotovená potravinová fólie®).

TROCHU LEGENDY...

Nepolarizované sluneční světlo se rozptyluje na molekulách v atmosféře a tím se částečně polarizuje. Historici, kteří studovali skandinávské ságy o plavbách Vikingů, zjistili, že stateční námořníci již téměř před tisíci lety používali **polarizaci rozptýleného světla na obloze** pro navigaci. Když bylo Slunce skryté za mraky, což není neobvyklé v severních zeměpisných šířkách, Vikingové se dívali na oblohu skrz „sluneční kámen“, kterým pravděpodobně byl islandský vápenc (dvojlojný kalcit - CaCO_3). Při natáčení tohoto krystalu hledali polohu krystalu, kdy se jeví nejjasnějším. Toto opakovali v několika různých místech oblohy. Průsečík os orientovaných krystalů pak ukázal polohu Slunce.



Na konci XX. století tento předpoklad historiků otestoval pilot při přeletu letadla z Norska do Grónska, kdy jako navigační zařízení používal pouze krystal kordientu, který má vlastnosti podobné islandskému vápenci.

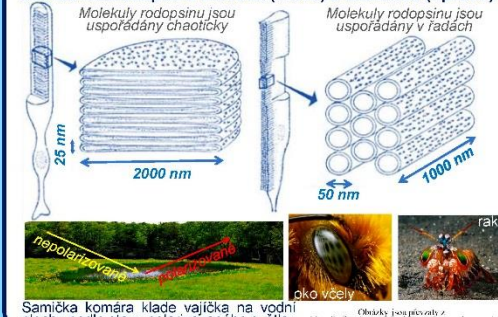
Univerzita Pardubice, Ústav aplikované fyziky a matematiky
Studijní materiál byl vytvořen v rámci Interní rozvojové soutěže

SVĚTLO jako prostředek pro orientaci

V přírodě polarizované světlo najdeme nejenom jako rozptýlené světlo na obloze, ale také po **odrazu světla od lesklých povrchů**, např. od vody (obecně od dielektrik). Lidské oko je citlivé na barvu a intenzitu světla, ale rozeznávat polarizaci neumí.

Některá zvířata (členovci) jsou v tomto ohledu dokonalejší než my a rozlišují přírodní polarizaci světla. Včely, stejně jako mravenci, využívají tuto schopnost pro orientaci, když je Slunce zakryto mraky. A to díky uspořádané struktuře fotoreceptorů v oku.

Stavba fotoreceptorů člověka (vlevo) a členovce (vpravo)



Samička komára klade vajíčka na vodní plochu podle stavu polarizovaného světla. Člověk je citlivý na polarizaci světla.

Autoři: Světlana Sajdllová, Jan Mistrík

Obr. 3 - Poster „Polarizace světla“

Jak se objevuje a vynalézá na Gymnáziu Mozartova

SVĚTLANA SAJDLOVÁ¹⁾, KAREL ŠILD²⁾

Gymnázium Mozartova Pardubice¹⁾,²⁾, Univerzita Hradec Králové¹⁾

Abstrakt

Již potřetí letos proběhl na Gymnáziu Mozartova v Pardubicích tematický den. Tentokrát s názvem „Objevy a vynálezy“. Tento den výuka probíhala formou workshopu. Každý žák gymnázia měl povinnost se přihlásit na jeden workshop do každého bloku: přírodovědného, literárně-jazykového a sportovního, do kterých byly rozděleny vyučované předměty. Žáci, kteří se přihlásili do sekce Fyzika, toho vůbec nelitovali, protože měli za úkol vyrobit funkční model křídla letadla, horkovzdušný balon nebo větrnou elektrárnu, vzpomenout na co nejvíce českých objevů a vynálezů, a ještě odhadnout pomocí „fyzikálních“ indicií věci, které schovávala „černá skříňka“. Formou soutěžení v týmech to žáky bavilo. Tento příspěvek popisuje, jak to vše probíhalo a je dobrým námětem zpestření výuky pro učitele fyziky.

Úvod

Fyzikální sekci tematického dne „Objevy a vynálezy“ jsme se rozhodli udělat formou soutěže a... vypsalí jsme výběrové řízení na místo nadšeného vynálezce a objevitele do smyšlené firmy „LABTECH aviation“, která se zabývá vývojem létajících a sílu větru využívajících zařízení. Celkem se do soutěže přihlásilo 32 zájemců z různých ročníků Gymnázia.

Hledáme právě Tebe!

Přijď posílit tým mladých vědců „LabTech aviation“ a zúčastni se výběrového řízení na místo
NADŠENÉHO VYNÁLEZCE A OBJEVITELE!!!



Ty →

→ máš dobré technické vlohy a množstevní příznaky intelektu a kreativity?

→ máš plochu levé nohy 99 až 299 cm²?

→ máš tíhovou sílu 399 až 899 N?

→ Tvá mozková kapacita je neomezená?

→ jsi dokonalým zdrojem infračerveného záření a zvukových kmitů?

→ skládáš se z atomů, molekul a jiných smysluplných částic?

Výběrové řízení formou soutěže se koná 19.12.2018 na adrese Gymnázium, Pardubice, Mozartova 449 v učebně fyziky

(tady chceme poděkovat vedení gymnázia za možnost zapůjčení prostor☺)

S sebou: krátký životopis, dobrou náladu a velký stupeň nápaditosti

Přednost mají uchazeči, kteří aspoň jednou sledovali seriál Teorie velkého třesku, trochu tuší kým byl Isaac Newton, Galileo Galilei a Georg Ohm, aspoň jednou stavěli Lego a umí...žonglovat nebo tak něco podobného

Obr. 1 - Reklama fyzikální sekce „LABTECH aviation“

Soutěž probíhala ve třech blocích, ve kterých se žáci vždy rozdělili na tříčlenné týmy. Jeden blok trval 1,5 hodiny. Po absolvování bloku se žáci vystřídalí a šli na další blok z jiných sekcí.

Každý z fyzikálních bloků obsahoval tři kola: „Černá skříňka“, „My a naše...díky nám“

a „Pracuj, dokonči, publikuj“, ve kterých žáci měli ukázat fyzikální a intelektuální znalosti, logické uvažování, spolupráci v týmech, kreativitu a zručnost. V průběhu akce týmy sbíraly body a členové týmu, který nasbíral nejvíce bodů, byli přijati na zkušební dobu do firmy „LABTECH aviation“.

První kolo „Černá skříňka“

Pomocí nápověd, vytvořených v PowerPointu, žáci měli odhadnout předmět (vynález) v „černé skřínce“, za kterou posloužila velká krabice od bot☺. Nápovědy obsahovaly fyzikální popis a princip fungování předmětů. Odpovědi k vynálezu se otevíraly postupně. Každý tým měl jenom jeden pokus na každou indicii.

Tady je příklad popisu osmi předmětů.

1. Tento vynález se přisuzuje Blaise Pascalovi přibližně v roce 1650; její předchůdce a princip použití však byl vyvinut již v 9. století n. l. chirurgem a oftalmologem íránsko-egyptského původu jménem Ammar ibn Ali al-Mawsili. (4 body)
2. Při použití tohoto vynálezu pracujeme s pojmy tlak, podtlak a stlačování (3 body)
3. Může být vyroben ze skla nebo průhledného plastu a často bývá cejchován v jednotkách objemu (2 body)
4. Zachraňuje životy a medicína je bez tohoto vynálezu nepředstavitelná (1 bod)

Odpověď: *injekční stříkačka*

1. Tento dětmi tolik oblíbený vynález vznikl jako pomůcka pro vojáky: americký inženýr Richard James měl v plánu vytvořit mechanismus, který by ochránil vojenský materiál během přepravy lodí (3 body)
2. S trochou šikovnosti dokáže sejít ze schodů (2 body)
3. Velká barevná pružina (1 bod)

Odpověď: *slinky* (začaly se prodávat v roce 1945 a během 90 minut bylo prodáno 400 kusů. James na svém vynálezu značně zbohatl ☺).

1. Toto drobné kancelářské technické zařízení pro svou práci používá pákový mechanismus (4 body)
2. Zařízení bylo vynalezeno v roce 1866 Američanem Georgem McGillem a najdete ji mimo jiné v nábytkářském průmyslu, ve stavebnictví i v každém malířském ateliéru (3 body)
3. Je náhradou za předtím používanou obyčejnou jehlou s nití (2 body)
4. Spojuje listy papírů k sobě (1 bod)

Odpověď: *sešívačka*

1. Tento vynález funguje na principu zahřívání tenkého vodiče elektrickým proudem, který jím protéká (3 body)
2. Jednoduché zařízení k přeměně elektrické energie na světlo (2 body)
3. Technologii výroby tohoto výrobku zdokonalil a patentoval Thomas Alva Edison v roce 1879, ale skutečným vynálezcem byl někdo jiný (1 bod)

Odpověď: *žárovka*

1. Když v roce 1908 zasílal newyorský obchodník Thomas Sullivan svým zákazníkům vzorky svého produktu, netušil, že vynalezl celosvětový fenomén ... Jeden z hloupějších zákazníků totiž omylem vzorek nerozbalil... (3 body)

2. Princip fungování tohoto vynálezu je založen na jevu difuze a metodě filtrace a používají ho miliardy lidí denně na celém světě (2 body)
3. Dneska je tento nápoj ve „vynalézavé“ podobě hned po vodě nejrozšířenějším nápojem na světě. Někdo jej využívá k osvěžení, někdo naopak k zahřátí nebo také k uhašení žízně. (1 bod)

Odpověď: *čajový sáček*

1. Vynález spatřil světlo světa v roce 1816, kdy jej vynalezl sir David Brewster. Ač si ho hned následujícího roku nechal patentovat, kvůli chybě v patentu na svém vynálezu nikdy moc peněz nevydělal. Využívá zákony optiky, kterou se mimo jiné Brewster zabýval (3 body)
2. Jeho název vznikl složením tří řeckých slov – v překladu dohromady „tvořící krásu pro diváka“ (2 body)
3. Jedná se o trubici se zrcadly, která odráží různé barevné korálky, barevná sklíčka a další třpytivé věci umístěné na jeho stěnách. Otáčením se vytváří tisíce různých krásných vzorů, které lahodí oku i duši (1 bod)

Odpověď: *krasohled*

1. Hlavní vlastností tohoto vynálezu je tvrdost (5 bodů)
2. Tento objev v dnešní podobě, bez kterého si dnes život nedokážeme představit, vynalezli na konci 18. století nezávisle na sobě Rakušan Josef Hardtmuth a Francouz Nicolas-Jacques Conté (francouzský důstojník) (4 body)
3. Jediný kus tohoto vynálezu může zanechat až 56 km dlouhou stopu... (3 body)
4. Díky své vrstvené struktuře, která se následným tlakem poruší, a třecí síle, můžeme tímto vynálezem znázorňovat myšlenky (2 body)
5. Hlavní komponenty – jíl a grafit, smíchané v určitém poměru pro dosažení požadované tvrdosti (1 bod)

Odpověď: *tužka*

1. Geniální myšlenka vynalézt „toto“ přišla bratrům ve Francii, když jednou pozorovali slečnu v lehké sukni u krbu (3 body)
2. Tento vynález pracuje díky Archimedovi a jeho zákonu (2 body)
3. Transport, jeho prvními pasažéry byli kachna, ovce a kohout (1 bod)

Odpověď: *horkovzdušný balon* (v krabici byl model ☺)

Druhé kolo „My a naše...díky nám“

Jednoduše: žáci měli během 10 minut vzpomenout na české vynálezy, ke kterým, jak všichni víme, patří, mimo jiné, „fyzikální“ vynálezy: oblouková lampa, polarografie, kontaktní čočky, bleskosvod, lodní šroub, semtex, nanovlákná a slovo „ROBOT“. Musím říct, že nejšikovnější v tomto kole byli žáci prvních a druhých ročníků. Proběhla i krátká diskuse ke každému vynálezu o jeho objevení. Remoska, krevní skupiny, kostka cukru, ruchadlo, kofola, patentky, silon, babyboxy, záchytné stanice... Zapomněli jsme na něco? Za každou správnou odpověď náležel 1 bod.

Třetí kolo „Pracuj, dokonči, publikuj“

Bylo nejzajímavější. Žáci měli vyrobit létající a sílu větru využívající zařízení, představit ho a ještě udělat svému výrobku reklamu.

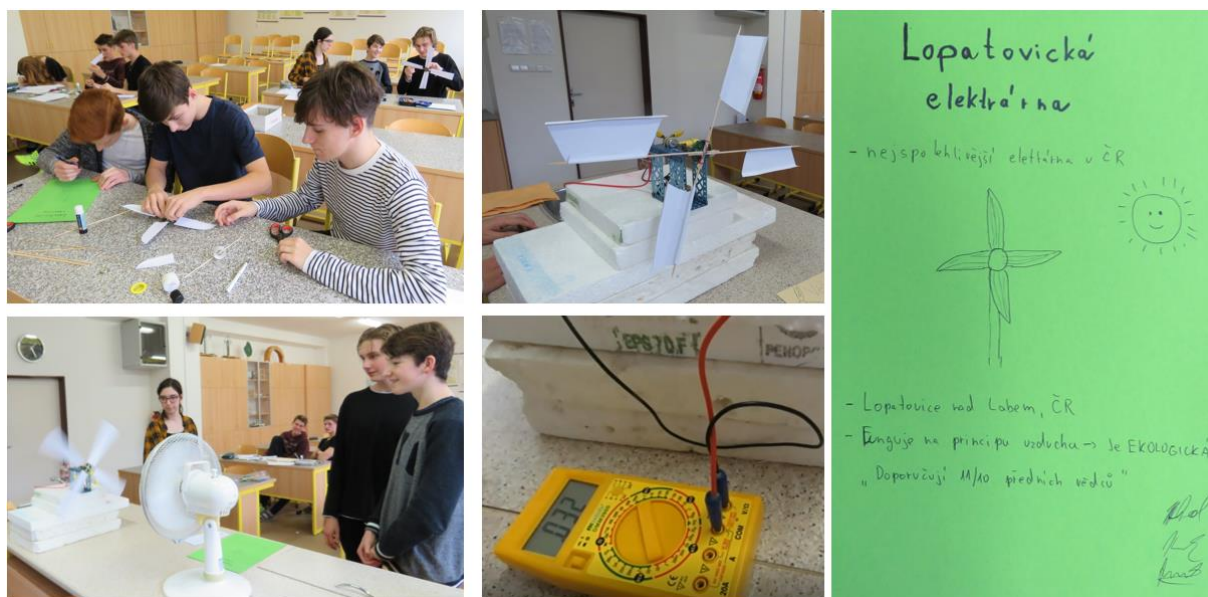
V prvním bloku žáci vyráběli horkovzdušný balon. Potřebovali k tomu velký pytlík na odpadky, alobal, kovářskou nit, špejle, lepicí pásku a dráty. Každý tým měl na to 40 minut. Ve výsledku balony přivázali ke krychli a „měřilo“ se nadlehčení, které ukazovaly váhy po „zprovoznění“ horkovzdušného balonu.



Obr. 2 - A můžeme letět

Ve druhém bloku žáci (už jiní) měli za úkol sestavit funkční model větrné elektrárny za použití papíru, špejlí, lepicí pásky, nůžek a lepidla. Bylo zajímavě pozorovat, jak vznikla diskuze mezi žáky: kolik má mít větrná elektrárna lopatek a jaký mají mít tvar.

Se stavebnicí „Merkur“ byly vyrobeny stojany (pro každý tým), na každém stojanu byl upevněn motorek. Model vrtule se nasadil na stojan a byl umístěn před ventilátor. Motorek se připojil k voltmetru a měřilo se vyrobené napětí v mV při třech různých rychlostech ventilátor.



Obr. 3 - Jak na model větrné elektrárny

Ve třetím bloku se navrhoval model křídla letadla. Stačily k tomu: papír, špejle, lepicí pásky, nůžky, lepidlo. Model křídla byl umístěn na připravený stojan, sestavený též se stavebnicí Merkur. A stejně jako u větrné elektrárny, před modelem se pouštěl větrák při 3 různých rychlostech a podobně jako u horkovzdušného balonu se měřilo nadlehčení. Hlavní podmínkou ještě bylo to, že křídlo se nesmělo rozpadnout a „ulítnout“ z místa☺.



Obr. 4 - Návrh modelu křídla letadla

Závěr

Jak vzniká vynález? Einstein na to odpověděl takto: „To všichni vědí, že je něco nemožné, a pak se objeví nějaký blázen, který neví, že je to nemožné, a udělá vynález“...

I v Česku byli tací☺. A po tematickém dni, který proběhl na Gymnáziu Mozartova, jsme si jisti, že budou další.

Teorie ploché Země ve výuce fyziky

JAN ŠLÉGR

Katedra fyziky, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Hradec Králové

Abstrakt: V tomto příspěvku je představena kritická analýza některých argumentů teorie ploché Země a je ukázáno, že tato analýza a vyvrácení falešných tvrzení může být užitečným cvičením v kritickém myšlení, které je v dnešní době tolik potřebné.

Úvod

Téma teorie ploché země v nedávné době rezonovalo nejen na internetu, který je živnou půdou pro různé konspirační teorie, ale také v médiích. Rappeři se snaží získat peníze na vypuštění satelitu, který by prokázal, že Země je plochá [1], amatéři stavějí parou poháněné rakety, aby prokázali totéž přímým pozorováním [2].

Přesvědčení o tom, že je Země plochá, můžeme najít u nejstarších civilizací. Myšlenka Země jako koule, se objevuje ve starověkém Řecku, odkud známe například Eratosthénův odhad poloměru Země. Aristotelés ve svých dílech popsal důkazy kulatosti Země, například že karavany cestující na jih vidí jižní souhvězdí stoupající nad obzor nebo že stín Země na Měsíci během zatmění Měsíce je kulatý.

Teorie ploché Země v moderním smyslu, kterou se budeme v tomto příspěvku zabývat, se objevuje na přelomu 19. a 20. století. Anglický spisovatel Samuel Rowbotham v roce 1849 zveřejnil výsledky mnoha experimentů, které testovaly zakřivení vodní hladiny v dlouhých vodních kanálech a podle kterých je Země plochá. V roce 1885 pak William Carpenter vydává stěžejní dílo 100 Proofs That The Earth Is Not A Globe [3].

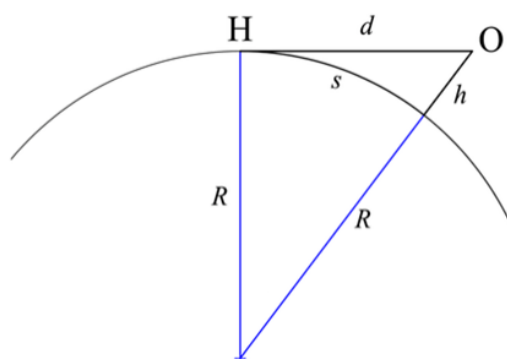
Do češtiny jsou tyto důkazy včetně např. původních chyb v zeměpisných názvech přeloženy na stránkách placata-zeme.cz, kde lze najít již “200 DŮKAZŮ, že země není rotující koule!”. Text jednotlivých “důkazů” je ze stránek převzat přesně, a to včetně nesprávných označení a rozličných vyšínutí z větné vazby. Budiž však řečeno, že velké množství z nich je principiálně velmi podobných. Jedná se o typický případ argumentačního faulu známého jako *zahlcení slovy* (též angl. proof by verbosity nebo Gish gallop), kdy je oponent zahlcen velkým množstvím (i zcela nepravdivých) informací.

Kritická dekonstrukce argumentů teorie ploché Země

Některé z „důkazů“ jsou naprosto triviální a lze je (v prvním přiblížení) vysvětlit například aplikací zákona setrvačnosti:

Důkaz číslo 21 – Rotace Země

„Kdyby Země byla skutečně Zeměkoulí východně rotující kolem své osy rychlostí přes 1,000 mil/h (1,600 km/h), helikoptéry a balóny plněné horkým vzduchem by měly být schopny jednoduše vystoupat vzhůru, vznášet se nad povrchem a čekat, než se pod nimi objeví jejich očekávaný cíl!“



Obr. 1 - K odvození dohlednosti na kulaté Zemi

Důkaz číslo 29 – Rotace Země a my

„Kdyby Země (a její atmosféra) konstantně rotovala východně rychlostí přes 1,000 mil/h, pak by to nějak a někde muselo být vidět, slyšet, cítit nebo být někým změřeno, ale nikdo v dějinách nezažil žádný takový údajný pohyb východním směrem; přičemž jsme schopni slyšet, cítit a experimentálně i změřit i ten nejjemnější západní vánek.“

Autor se obává, že jakákoliv smysluplná diskuse s oponentem, který neuznává základní principy vztažných soustav, je zhora nemožná. Již malé děti jsou schopny vlastním experimentováním zjistit, že když vyskočí v jedoucím autobuse nebo vlaku svisle vzhůru, dopadnou na téměř stejné místo, ze kterého vyskočily. Pro některé z nich je to ze začátku překvapení, protože (podobně jako autor pisatel výše uvedených „důkazů“) předpokládají, že během jejich výskoku pod nimi autobus nebo vlak o kousek popojede. Po vysvětlení, že se pohybují ve vodorovném směru stejnou rychlostí, jako jedoucí vozidlo, obvykle výsledek experimentu pochopí.

Důkaz číslo 83 – Žádné zakřivení Země – Majáky

„Maják Egerö Light v Norsku je 154 stop nad vodou a viditelný z 28 mil, přičemž by měl být 230 stop pod horizontem.“

Nejprve je nutné zjistit, zda existuje nějaký maják Egerö Light. Krátké hledání ukáže, že nikoliv. Podle Wikipedie však existuje maják norský Eigerøy, který je ve výšce 46,5 metru (153 stop) nad hladinou moře. V encyklopedickém hesle však není uvedeno, že by měl být vidět ze vzdálenosti 28 mil, ale pouze 21,6 mil (34,8 km) [4].

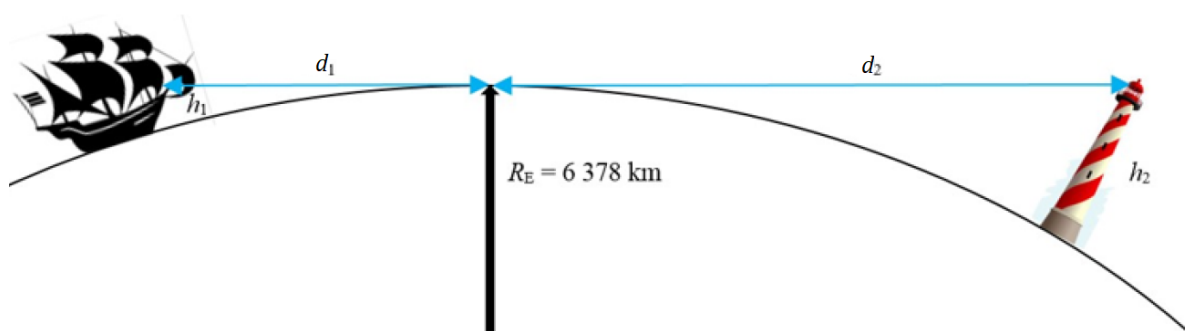
Dohlednost lze na kulaté Zemi vypočítat pomocí Pythagorovy věty (viz obr. 1). Platí

$$(R + h)^2 = R^2 + d^2,$$

$$R^2 + 2Rh + h^2 = R^2 + d^2,$$

$$d \cong \sqrt{2Rh} = 24,3 \text{ km} = 15,2 \text{ mil}$$

V posledním výrazu jsme zanedbali člen h^2 vůči členu $2Rh$. Výsledná dohlednost je téměř o třetinu nižší než ta, která je uvedena v encyklopedickém hesle [4].



Obr. 2 - Výpočet vzdálenosti, ze které je vidět maják

Pro vysvětlení této skutečnosti je nutné si uvědomit, že maják většinou nevyhlížíme z hladiny mořské, ale z paluby lodi nebo ze strážního koše. Celková vzdálenost, ze které je maják viditelný, je součtem vzdáleností d_1 a d_2 (obr. 2). Již pro výšku paluby $h = 5$ metrů dostáváme celkovou vzdálenost $32,3 \text{ km} = 20,2 \text{ mil}$. Rovněž je vhodné uvážit, že lom světla v atmosféře tuto vzdálenost zvyšuje o přibližně 7 % [5, 6]. Pak dostáváme finální hodnotu $34,1 \text{ km} = 21,6 \text{ mil}$.

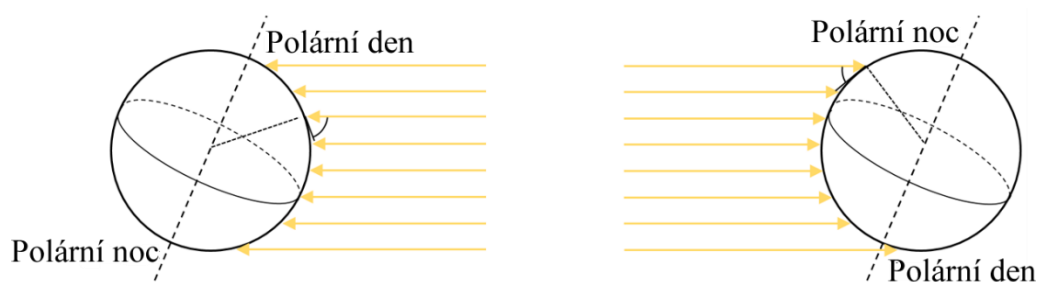
Důkaz 49 – Slunce není daleko

„Kdyby Země byla rotující koulí zahřívanou sluncem, které je 93 miliónů mil vzdáleno, pak by bylo nemožné, abychom měli v Africe parná léta a zároveň jen o několik tisíc mil dále mrazivé Arktické/Antarktické zimy, kde není cítit téměř žádné od stejného slunce. Kdyby teplo ze slunce urazilo 93.000.000 mil k Saharské poušti, je absurdní domnívat se, že by nedorazilo ještě dalších 4.000 mil (0,00004%) na Antarktidu a mezi Saharou a Antarktidou byl tak obrovský rozdíl.“

Proponenti ploché Země správně uvádějí, že rozdíl ve vzdálenosti zde není kritický, ale zapomínají uvést, že absorbovaná energie závisí na úhlu dopadu, neboť pro osvětlení platí

$$E = \frac{I}{r^2} \cos \alpha,$$

kde I je svítivost zdroje, α úhel dopadu paprsků a r vzdálenost od zdroje. Poměry při ozáření Země lze dobře vysvětlit pomocí obrázku 3, který i když není v měřítku, osvětluje geometrii problému. Žáci na levém obrázku jasně vidí, že v létě je severní polokouli za polárním kruhem polární den, kdežto z pravého obrázku je tamtéž zřetelná polární noc. K vysvětlení těchto jevů na ploché Zemi by bylo zapotřebí vytvořit značně komplikované myšlenkové veletačky, které obvykle nepřežijí setkání s Occamovou břitvou. Pro příznivce teorie ploché Země je typické, že se dovolávají „selského rozumu“ a argumentují každodenní zkušeností, nicméně neváhají zavírat oči nad jasnými případy, kdy jejich teorie každodenní zkušenosti odporuje, včetně například poměrně logické otázky, kde se na ploché Zemi nachází Slunce v noci.



Obr. 3 - Sluneční záření dopadající na kulatou Zemi

V některých případech je nutné nejen vedení, ale i vysvětlení učitele, protože některé „důkazy“ nelze vyvrátit pomocí trigonometrie či žákům známých fyzikálních zákonů:

Důkaz číslo 16 – Pohyb hvězd

„Experiment známý jako "Airy's Failure" (Airův nezdár) dokázal, že hvězdy se pohybují vůči nepohyblivé zemi a ne naopak. Prvně se naplnil teleskop vodou, aby se zpomalila rychlost světla uvnitř, pak se vypočítal sklon potřebný k tomu, aby se světlo z hvězdy dostalo přímo do trubice teleskopu. Airy neprokázal heliocentrickou teorii, protože světlo hvězdy již dorazilo pod správným úhlem bez žádné nezbytné změny, a naopak prokázal geocentrický model jako správný.“

Tento „důkaz“ využívá toho, že ne každý čtenář studoval speciální teorii relativity a že nikde jinde se o tomto experimentu nehovoří jako o Airyho nezdaru. Je zapotřebí si uvědomit, že Airyho pokus neměl dokázat plochost nebo kulatost Země, ale existenci strhávání světelnosného éteru pohybem Země. Airyho pokus stejně jako pokus Michelsonův-Morleyho dokázaly, že se Země vůči éteru nepohybuje. Na druhou stranu, aberace stálic pohyb Země dokazovala. Tento rozpor byl nakonec vyřešen Einsteinovou speciální teorií relativity s tím, že se světlo může šířit i vakuem. Navíc je „důkaz“ 16 krásnou ukázkou logického klamu zvaného *falešná dichotomie*: To, že výsledek Airyho experimentu popírá hypotézu A (Země se pohybuje éterem), neznamená to, že dokazuje hypotézu B (Země se nepohybuje). Správná je varianta C, že žádný éter neexistuje. Tuto možnost ale „důkaz“ 16 nepřipouští.

Závěr

Teorii ploché Země je možné šmahem zavrhnout jako nevědeckou. Snažit se diskutovat s jejími zastánci je zbytečné. Ale kritická dekonstrukce argumentů této teorie může být ve školních prostředí velmi přínosná. V dnešní době je více než kdy jindy důležité vést žáky k tomu, aby se učili kritickému a skeptickému myšlení a aby si osvojili metody, které jim pomohou rozlišovat mezi myšlenkami, které jsou považovány za vědecké, a těmi, které musíme považovat za součást pseudovědy. Rovněž účast studentů na vyvracení jednotlivých „důkazů“ je důležitá nejen pro upevnění jejich individuálních fyzických znalostí, ale také k tomu, aby viděli, k čemu je fyzika dobrá.

Literatura

- [1] Raper B.o.B chce do vesmíru vyslat vlastní satelit, aby dokázal, že je Země plochá (on-line). <https://refresher.cz/47481>
- [2] Placatozemec Mike Hughes oznámil nové datum startu své rakety. Chce dokázat, že Země není kulatá (on-line). <https://vtm.zive.cz/clanky/placatozemec-mike-hughes-oznamil-nove-datum-startu-sve-rakety-chce-dokazat-ze-zeme-neni-kulata/sc-870-a-191475/default.aspx>
- [3] Carpenter, W. One Hundred Proofs that the Earth is not a Globe. Baltimore, 1885.
- [4] Eigerøy Lighthouse. (on-line) Wikipedia, The Free Encyclopedia. Wikipedia. https://en.wikipedia.org/wiki/Eiger%C3%B8y_Lighthouse
- [5] Distance to the Horizon Assuming Refraction - Math Encounters Blog (on-line). <http://mathscinotes.com/2013/08/distance-to-the-horizon-assuming-refraction/>
- [6] Young, Andrew T. "Distance to the Horizon". Green Flash website (Sections: Astronomical Refraction, Horizon Grouping). San Diego State University. https://aty.sdsu.edu/explain/atmos_refr/horizon.html

Bádání s nadšením (Badatelská činnost v Klubech nadaných dětí na prvním stupni ZŠ)

KATEŘINA VÁGNEROVÁ

Masarykova základní škola Klatovy, tř. Národních mučedníků 185

JANA ROŽŇOVÁ

Masarykova základní škola Janovice nad Úhlavou

Zvědavost a radost z objevování světa kolem nás je pro děti přirozená záležitost. Pro nadané a mimořádně nadané děti je to však záležitost takřka nutná. Proto se, zvláště prvostupňové děti, s nadšením zapojují do badatelských aktivit. Na Klatovsku se nám pro ně podařilo vytvořit pestrou síť volnočasových aktivit. Mezi naše aktivity patří vědecké bádání, provádění experimentů, sestavování technických přístrojů, nebo řešení logických úkolů, hlavolamů, luštění šifer a hraní deskových her.

Vymezení pojmů nadaný a mimořádně nadaný žák

Zabezpečení vzdělávání nadaných a mimořádně nadaných žáků je na úrovni základního vzdělávání povinnou součástí ŠVP. Podle individuálního vzdělávacího plánu (IVP), se na úrovni základního vzdělávání mohou vzdělávat pouze žáci se speciálními vzdělávacími potřebami a žáci mimořádně nadaní.

„**Nadaným žákem** se rozumí jedinec, který při adekvátní podpoře vykazuje ve srovnání s vrstevníky vysokou úroveň v jedné či více oblastech rozumových schopností, v pohybových, manuálních, uměleckých nebo sociálních dovednostech.

Za **mimořádně nadaného žáka** se v souladu s vyhláškou č. 27/2016 Sb. považuje žák, jehož rozložení schopností dosahuje mimořádné úrovně při vysoké tvořivosti v celém okruhu činností nebo v jednotlivých oblastech rozumových schopností, v pohybových, manuálních, uměleckých nebo sociálních dovednostech.“ [1]

Množství žáků s mimořádným nadáním se odhaduje na 3 až 10 %. Mimořádně nadaný žák může disponovat jedním, ale i několika druhy nadání. Mimořádně nadaní žáci mají své specifické vzdělávací potřeby, na něž je třeba reagovat a vytvářet pro ně vhodné podmínky. „Škola je povinna vytvářet ve svém školním vzdělávacím programu a při jeho realizaci podmínky k co největšímu využití potenciálu každého žáka s ohledem na jeho individuální možnosti...Škola je povinna využít pro podporu nadání a mimořádného nadání podpůrných opatření podle individuálních vzdělávacích potřeb žáků v rozsahu prvního až čtvrtého stupně podpory.“ [2]

Pro rozpoznávání a rozvíjení mimořádného nadání má základní vzdělávání zcela zásadní význam. **Především jde o etapu vzdělávání, kterou prochází celá populace žáků.** Zároveň jde o období, které je dostatečně dlouhé pro systematické sledování žáků, pro rozpoznávání jejich nadání, pro vhodnou motivaci a rozvoj jejich nadání i pro možnost jejich uplatnění v konkrétních činnostech. Tito žáci potřebují specifickou péči a pomoc ze strany školy i rodiny, **především při stimulaci** a vytváření vhodných podmínek.

Možnosti podpory nadaných dětí na ZŠ

České školství nabízí hned několik způsobů podpory vzdělávání nadaných a mimořádně nadaných žáků. V zásadě je můžeme rozčlenit takto: dle způsobu úpravy vzdělávacího obsahu v čase **akcelerace** (urychlení vzdělávání) nebo **obohacení** (enrichment), dle způsobu úpravy vzdělávacího prostředí **inkluze** nebo **separace**.

České školství podporuje inkluzi nadaných a mimořádně nadaných žáků do běžných školních tříd. Nicméně za účelem podpory vzdělávání nadaných a mimořádně nadaných žáků mohou vznikat i oddělené třídy a školy pro nadané. Nebývá to však zvykem, proto se Kluby nadaných dětí a jim podobné aktivity na školách nabízí jako vhodná příležitost pro cílený rozvoj nadaných dětí.

Kluby nadaných dětí

Jedná se o volnočasovou aktivitu pro zvědavé děti přímo ve škole. Výběrovým kritériem je zájem dítěte. Cílem je podchytit nadané děti a poskytnout jim dostatečný prostor pro rozvoj jejich nadání. Naše kluby jsou určeny prvostupňovým dětem a nabízí komplexní rozvoj a uplatnění jejich schopností, dovedností i postojů.

Nadané děti mají často velice široké nebo/a velice detailní encyklopedické znalosti v jednotlivých oblastech svého zájmu a nadání, které ale nemohou nikde uplatnit, protože ve škole v takovémto rozsahu látka probírána není a ani o detailní výklad ze strany žáků na prvním stupni není zájem. Badatelská činnost na takové úrovni, aby tyto děti mohly své znalosti uplatnit a rozvíjet, se také prakticky nikde neděje – většina aktivit tohoto rozsahu a typu je zaměřena na nadané středoškoláky nebo alespoň děti II. stupně ZŠ.

Prvostupňové děti nemají zkušenosti. Jejich znalosti jsou encyklopedické, ale potřebují více zasadit do oborového rámce, navázat na zkušenosti a propojovat s dalšími (často oddělenými) znalostmi. Právě v tomto vidíme ohromný potenciál v Klubech nadaných dětí a podobných formátech aktivit v místech, kde nemají nadané děti šanci zvolit si upravený vzdělávací systém (třídu pro nadané apod.)

Bádání s nadšením

Badatelská činnost nabízí dětem rozvoj základních návyků pro úspěšné experimentování (zásady bezpečného chování v laboratoři, trpělivost, zásady opakování pokusu, ověřování výsledků a postupů...). Nespornou devizou nadšeného dětského badatelství je nácvik **vyvozování**.

V našich klubech mají opakovaně děti možnost zažít badatelský přístup k položené otázce / nastolenému problému. To znamená nejprve si ujasnit a shrnout všechny informace, které už k danému tématu máme. Navrhnout hypotézy, vyslovit domněnky, uplatnit schopnost predikce. Následuje tvorba strategie, návrh řešení problému, návrh provedení experimentu, jeho realizace a to nejdůležitější: závěr. Závěrem badatelské činnosti totiž není to, že experiment proběhl, ale popis jeho průběhu, pojmenování příčiny a důsledku.

Podle Piageta se u dítěte ve věku 7 – 12 let vyvíjí schopnost pojmenovat vnější příčiny jevů, takto staré děti ale nejsou ještě schopné abstrakce. Teprve ve věku od 12 let výše, dle Piageta věk formálních operací, nastupuje abstraktní myšlení, schopnost metodického postupu, vytváření hypotéz a prognostické myšlení. [3] Rozvinutí tohoto stadia nedosahují ani mnozí dospělí. Přitom schopností abstraktního myšlení je ovlivněna celá osobnost člověka.

Z našich vlastních zkušeností z badatelské činnosti ve zmíněných klubech nadané děti často předbíhají v kognitivní oblasti svůj věk. Již před 12. rokem života (některé i hluboce před 12. rokem) jsou schopné vytvářet relevantní hypotézy, predikovat na základě svých předchozích zkušeností nebo svých encyklopedických znalostí. Nicméně jako u všech lidských činností, je potřeba těmto dětem dát k takovým činnostem prostor a připravit podnětné prostředí.

Náplň Klubů nadaných dětí – rozvoj badatelství

Samostatná **badatelská činnost je komplexní aktivita** vyžadující uplatnění mnoha dílčích schopností. K tomu, aby byly děti schopné bádát, potřebují rozvíjet své kritické myšlení a vyjadřování. Za tímto účelem zařazujeme do aktivit klubů pravidelně také **čtenářské, jazykové a diskusní aktivity**. Byť by se mohlo zdát, že jsou vzdáleny přírodovědnému bádání. Některé lekce pro děti připravujeme dle metodiky RWCT (Reading and Writing for Critical Thinking). Hlavním cílem RWCT programu je, aby se žáci stali samostatnými mysliteli a čtenáři, kteří se dokážou na věci dívat z různých úhlů pohledu, jsou zvědaví a cítí lásku k vědění a zodpovědnost za svět, ve kterém žijí. [4] **Matematické, logické, prostorové, strategické hry a hlavolamy**, se kterými se dětmi v klubech také setkávají, rozvíjí logiku, usuzování, práci dle návodu, tvorbu strategií ke zvládnutí úkolu, spolupráci mezi sebou. Tyto schopnosti opět patří k dílčím potřebám pro badatelství.

V dětském badatelství se neomezujeme jen na experimenty proveditelné v laboratoři, naopak většinu z nich volíme takové, které se dají zopakovat v domácím prostředí. Z každého bádání totiž vzejdou další otázky a děti vybízíme, aby v bádání pokračovaly i doma. Mnoho badatelských aktivit směřujeme ven.

K badatelství patří i **využití moderních technologií**. Děti se tak učí nebát se používat přístroje a pochopit, co dělají. Samostatnou kapitolou je použití počítače / tabletu jako nástroje. Jednak se dá počítač / tablet využít jako programovací nástroj (s příslušným softwarem např. pro LegoBoost či LegoWEDO), dále pak ho lze využít k různým záznamům při experimentech (fotografie, záznam dat). Samostatnou kapitolou je využití statistických metod. Za tímto účelem spustil Český statistický úřad projekt Minisčítání [5], který umožňuje dětem vidět statistické zpracování dat a umožňuje jim s nimi pracovat. Relevantně posoudit zobrazená data, orientovat se v grafech a verbalizovat zjištěné skutečnosti jsou další z potřebných dovedností pro badatelskou činnost, které je potřeba postupně budovat.

Poslední možností využití počítače jako nástroje k badatelství dětí, je jeho využití ke komunikaci. Jednak je možné pomocí skypu komunikovat s jinými dětskými kolektivy napříč planetou, dále je také možné spojit se s odborníky z celého světa. V rámci

aktivity Virtual field trip (podrobnější popis všech virtuálních aktivit viz [6]) tak děti mohou navštívit muzea či zajímavá místa i s výkladem odborníka.

Samotná badatelská aktivita pro prvostupňové děti přitom nemusí být složitá na přípravu. Musí však pro děti znamenat zajímavý úkol adekvátní složitosti. Jako příklad takového úkolu uvádíme badatelský klub na téma vážení. Po praktickém seznámení se s principem vážení na rovnoramenných vahách byla položena otázka, jak zjistíme, kolik váží jedno zrnko rýže. Přitom k dispozici dostaly děti dohromady balík rýže. Klub se odehrával ve školní fyzikální laboratoři s dostatečným množstvím rovnoramenných vah, aby mohly děti pracovat ve dvojicích, maximálně trojicích. Dětské skupinky zkoušely nejprve zvážit opravdu jedno zrnko, což se experimentálně ukázalo jako nemožné. Po diskusi dětí mezi sebou vytvořily strategii zvážit 10 zrnok a následně dělením zjistit, kolik váží jedno zrno. Nicméně po provedení vážení a zapsání všech získaných výsledků, zjistily, že se výsledek výrazně liší pro každou skupinu. Chvilí děti diskutovaly příčiny, a pak stanovily další měření pro 100 zrnok, na jejímž odpočítání se podílely všechny skupinky (každá skupina měla za úkol odpočítat a přisypat 10 zrnok rýže). Závěrečná diskuse se zabývala zobecněním všech zajímavých poznání z provedených činností. Tato aktivita v sobě zahrnovala nejen činnost vědeckou měřicí a poznávací, ale také výraznou diskusní a dedukční část.



Sdílení nápadů a inspirace

Nejnáročnější při plánování náplně Klubů nadaných dětí je samozřejmě najít relevantní obsah. Za tímto účelem jsme zřídili uzavřenou FB skupinu s názvem Kluby nadaných

děti. Je určena všem učitelům a lektorům podobných volnočasových aktivit pro nadané děti pro rychlou výměnu nápadů – fotografii a komentář.

Literatura

- [1] § 27, odst. 2 vyhlášky č. 27/2016 Sb.
- [2] Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání (verze platná od 1. 9. 2017)
- [3] Piaget, J. C. - Inhereldová, B.: *Psychologie dítěte*. Portál Praha, 2001. ISBN: 80-7178-608-X
- [4] <http://www.kritickemysleni.cz/oprogramu.php>
- [5] <https://www.czso.cz/csu/miniscitani>
- [6] <https://education.microsoft.com/skype-in-the-classroom/overview>

ESA Education – kurzy pro učitele STEM

JAN VESELÝ

Gymnázium Boženy Němcové, HK & Planetárium Praha

VĚRA KRAJČOVÁ

Smíchovská střední průmyslová škola, Praha

Abstrakt

Umíte (aspoň trochu) anglicky? Chcete obohatit svoje hodiny o zajímavé pokusy nebo projekty a ukázat žákům, že poznatky ze školy se uplatní v současném špičkovém kosmickém výzkumu? Evropská kosmická agentura (ESA) pořádá řadu kurzů pro učitele základních i středních škol. Reportáž z místa, které je doslova „in the middle of nowhere“, kde není nikdo, komu by lišky mohly dát dobrou noc, zato se tu nachází školicí centrum ESA – a řídicí středisko evropských umělých družic Země.

Kosmické vzdělávání

Evropská kosmická poskytuje rozsáhlou a rozmanitou podporu učitelům STEM. Centrálním uzlem je webová stránka <http://www.esa.int/Education> [1] a podkapitola Teachers' Corner. Najdeme zde:

Materiály pro podporu výuky – aktivity pro učitele i žáky, např.:

- Teach with the Moon
 - Paxi a náš Měsíc
 - Paxi prozkoumává Měsíc
 - Práce ve třídě
 - materiály pro první stupeň (do 12 let)
 - materiály pro druhý stupeň
- Teach with space
- CanSat competition (ESERO)

Některé materiály jsou přeložené do češtiny, většina je (zatím) v angličtině. Soutěžního projektu CanSat se úspěšně zúčastnily i české studentské týmy [2].

Školní projekty – zapojuje se třída nebo skupina žáků z jedné školy pod vedením učitele, učitel musí s ESA komunikovat anglicky:

- CanSat
- Astro Pi

- Mission X
- Moon Camp Challenge
- Climate Detectives

Školení, semináře a dílny pro učitele – jsou určené pro učitele STEM z členských zemí ESA (ČR je členem od roku 2008) a přidružených zemí. V současnosti se nabízí tři aktivity:

- e-Technology Lab
 - Primary level workshops
 - Secondary level workshops
- ESA's summer and autumn teacher workshops
- Galileo Teacher Training (GTTP, 2009 IYA)

e-Technology Lab se koná ve vzdělávacím středisku ESEC-Galaxia. ESEC (European Space Security and Education Centre) je družicová radiokomunikační stanice poblíž belgického města Redu, školicí středisko je v relativně nedalekém Transinne. Tento vzdělávací program má dvě varianty – z hlediska našeho členění školní docházky je „primary level“ určen učitelům prvního stupně ZŠ, „secondary level“ je pak pro učitele středních škol, včetně víceletých gymnázií.

Letní a podzimní učitelské dílny se konají ve středisku ESTEC (European Space Research and Technology Centre) nedaleko Noordwijku v Nizozemsku.

Projekt GTTP vznikl v roce 2009 jako aktivita Mezinárodní astronomické unie při příležitosti Mezinárodního roku astronomie. Opakuje se v nepravidelných intervalech na celém světě, příležitostně pořádá akce GTTP také ESA. V následujících odstavcích tohoto příspěvku představíme vlastní zkušenost s jednou z dílen e-Technology Lab, která nesla název **e Robotics workshop** a konala se 14. až 17. 10. 2018.

Reportáž z místa, kde lišky nemají komu dát dobrou noc

Na webu [3] se objevují výzvy k přihlášení na aktivity pro učitele. Každá akce je vypsána zpravidla na dva až tři termíny, ale je možné se přihlásit pouze na jeden z nich. Přihlášení spočívá ve vyplnění elektronického formuláře on-line přímo na webu. Tady čeká první překvapení, protože součástí formuláře je bez předchozího varování i kolonka, do níž je třeba anglicky napsat krátký motivační dopis. Není však důvod k obavám (bratr překladač Google pomůže) – následující osobní zkušenost ukázala, že stačí základní úroveň angličtiny bez zběhlosti v použití sofistikovaných gramatických konstrukcí, někteří účastníci anglicky rozuměli pouze částečně a nemluvili vůbec, domlouvali se prostřednictvím kolegů. Počet přihlášených z jedné země není předem omezen, ovšem je pravděpodobné, že organizátoři při výběru z přihlášených dbají na pestrost národností účastníků. V přihlášce je možné uvést i přání ohledně ubytování

v samostatném pokoji či s konkrétním dalším účastníkem a případná stravovací omezení, která jsou pak pečlivě dodržována.

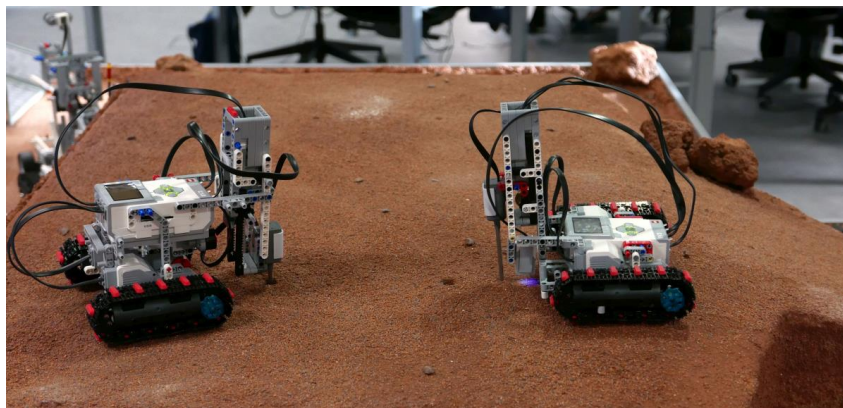
Po samotném přihlášení se na dílny nastává nejdobrodružnější a zároveň jediný problematický okamžik, tedy samotné plánování cesty, na kterou ESA přispívá paušálem 200 EUR. Místo pobytu i konání workshopů je na místech, která jsou velmi vzdálena, a to odkudkoli. Nejjednodušší a nejnákladnější variantou, je cesta autem (z Prahy 824,5 km; proplácí se však jen 0,35 EUR km⁻¹, tedy jen třetina cesty či společná cesta tří účastníků). Variantou druhou je doprava letecká a poté po kolejích – vybrat si lze hned ze 4 různých letišť, ze kterých je to k místu pobytu svorně něco přes 100 km. My si vybrali let do Bruselu a poté cestu třemi vlaky (dva přestupy). Samotná cesta i s nečekanými problémy nám trvala 8 hodin. ESA zajišťuje pro účastníky ubytování v krásném hotelu v místě, kde silnice končí a dál žijí jen lišky a lovná zvěř (místo se jmenuje Poix-Saint-Hubert). Odtud každé ráno vyjíždí pronajatý autobus do školícího centra. Kdo jej nestihne, má smůlu. Samotné školící centrum se nachází vedle návštěvnického centra ESA, jehož prohlídka je také jedním z bodů programu.



Obr. 1 - Hotel Gamines v Poix-Saint-Hubert (foto: Věra Krajčová)

Workshopy

Dílny jsou během tří dnů zaměřeny jen na dvě hlavní témata. I když přesnější by bylo mluvit spíše o projektové práci. Prvním tématem (projektem) bylo sestavení a programování vozítka ze stavebnice Lego® Mindstorms®, které bude plnit misi na Marsu (k dispozici byl umělý Mars) – někam dojedete, najde díru a změří v ní teplotu pod povrchem planety. Ve skupinkách po dvou až třech, kdy vždy jeden prakticky nemluvil anglicky a většina z nás nikdy neprogramovala, jsme dostali stavebnici a minimální úvod, jak začít. Snažili jsme se a zvládli to! Trvalo nám to, i s nástavbovými úlohami, kdy mezi sebou například komunikovaly dva marsochody různých týmů vysíláním optických signálů přes „družici“, dva dny.



Obr. 2 - Roboti na Marsu v akci (foto: Jan Veselý)

Druhým tématem (projektem) bylo vytvoření automatického zavlažovacího systému z hromady plastu a řízeného mikropočítačem Arduino. Po zaškolení v základech práce s Arduinem a otestování vlastností čidel, která byla k dispozici (klíčové bylo čidlo vlhkosti), jsme byli doslova hozeni do vody. Problémem nebylo ani tak spustit přívod vody, jako jej zastavit ve chvíli, kdy vlhkost zavlažované půdy dosáhla požadované hodnoty, a později zase spustit, když vlhkost pod žádanou hodnotu klesla. To vše bez možnosti ručního zásahu na místě, jen „na dálku ze Země“.

Exkurze

Součástí školení byly dvě exkurze. První vedla do návštěvnického centra ESA v Transinne. Tam jsme zhlédli expozici o vesmíru a o historii kosmonautiky, ale hlavně si prohlédli některé z trenažerů, které jsou zde využívány k výcviku evropských kosmonautů, kteří se účastnili misí raketoplánů Space Shuttle (trenažer kabiny raketoplánu, robotického ramene v nákladovém prostoru, modelové řídicí středisko) a současných misí na Mezinárodní kosmickou stanici (trenažer modulu Columbus).

Sami jsme vyzkoušeli chůzi po Měsíci a Marsu. Jsou realizovány jako pružinový závěsný systém pohybující se na kolejnici pod stropem, který nadnáší „kosmonauta“, a brýle pro virtuální realitu, v nichž pokusná osoba vidí odpovídající krajinu a objekty v okolí. Zjistili jsme, že mezi chůzí po Měsíci a Marsu je pozoruhodný rozdíl.



Obr. 3 - Trenažery v návštěvnickém centru ESA v Transinne (foto: Věra Krajčová)

Druhá exkurze směřovala na technické a vědecké pracoviště do stanice v Redu, odkud probíhá komunikace s evropskými družicemi. Její existence konečně vysvětlila, proč se centrum nachází uprostřed hvozdů – je to ochrana před nežádoucím rádiovým šumem. Kromě neuvěřitelné koncentrace parabolických antén rozmanitých velikostí byla nejzajímavější návštěva pracoviště, z nějž se řídí vědecké družice Proba.



Obr. 4 - Radiokomunikační stanice Redu (foto: Jan Veselý)

Závěr

Nebojte se přihlásit do kurzů a školení vedených v angličtině. Učitelé z ostatních evropských zemí jsou na tom s jazykovou výbavou podobně jako my. Kromě tašky, tužky, pravítka, sešitu a upomínkových předmětů si odnesete dobrodružný cestovatelský zážitek, zajímavé nápady, nové zkušenosti, a především kontakty a přátelství, jejichž trvání zdaleka překoná čas vymezený samotným školením.

Literatura

[1] <http://www.esa.int/Education>

[2]

http://www.esa.int/Education/CanSat/The_Winners_of_the_2019_European_CanSat_Competition_are

[3] http://www.esa.int/Education/Teachers_Corner

Hranaté bubliny

VLADIMÍR VÍCHA

Gymnázium Pardubice, Dašická 1083; ÚTEF ČVUT Praha

Abstrakt

Bublina je krásný fyzikální objekt. Vyfouknutá z malého bublifuku vytvoří tvar dokonalé koule, hraje barvami duhy a plave vzduchem, jako by na ni byla gravitace krátká. Za každým z těchto jevů se skrývá zajímavá fyzika. V našem příspěvku se zaměříme na tvar bublin, a to nejen těch kulatých.

Proč jsou kapičky a bubliny kulaté?

Kulaté bubliny zná každý, protože je lze pozorovat pouhým okem, ale fotografie padající kapky dokazuje, že je také kulatá. I vodní kapky na listech některých rostlin mají tvar koule. Proč právě tento tvar?

Úloha: Máte k dispozici 1 dm³ modelíny. Vytvarujte z ní nejprve krychli, pak kouli a pak dvě koule. Objem je vždy stejný 1 dm³. Porovnejte povrchy těles.

Experiment budeme považovat za spíše myšlenkový a nebudeme rozdávat každému studentovi hroudu modelíny. Studenti jistě dokážou vymyslet, že krychle o daném objemu má hranu 1 dm a povrch $S_{kr} = 6 \text{ dm}^2$. U koule je třeba z objemu určit poloměr a pak povrch, který vyjde $S_1 = 4,836 \text{ dm}^2$. Kdybychom vytvořili 2 stejné koule, bude jejich celkový povrch $S_2 = 6,093 \text{ dm}^2$. Jedna koule má tedy menší povrch než dvě koule a také menší povrch než krychle. Hovoříme o tom, že se kapalina snaží zaujmout tvar s co nejmenší povrchovou energií, tedy s co nejmenším povrchem, a to je právě tvar jediné koule.

Můžeme dotáhnout úlohu ještě kousek dál a odvodit, jak se mění celkový povrch S_N při vytvoření N stejných koulí. Středoškoláci by mohli odvodit, že

$$S_N = \sqrt[3]{36\pi V^2} \cdot \sqrt[3]{N}.$$

Tisíc stejných koulí má tedy povrch 10krát větší, než jedna koule o témže objemu.

Bubliny přichycené na mřížku

Jestliže např. do vody s rozpuštěným jarem ponoříme mřížku, na které se může kapalina přichytit, vznikají na ní po vytažení z kapaliny zajímavé tvary – hranaté bubliny. Neznalého člověka tvary asi překvapí (obr. 1) a ještě překvapivější je, že při opakování pokusu dostáváme vždy stejný tvar (pokud je bublina přichycena na všech hranách). Jako by si mřížka neomylně pamatovala tvar, který má na ní vzniknout.



Obr. 1 - Vlevo bublina v pravidelném čtyřstěnu, vpravo bublina v krychli.

Respektují i hranaté bubliny minimální povrch?

Hledání minima funkce je matematicky zajímavá úloha. Zkusme se nejprve zabývat nikoli prostorovou (3D) úlohou ale jen rovinnou (2D) úlohou.

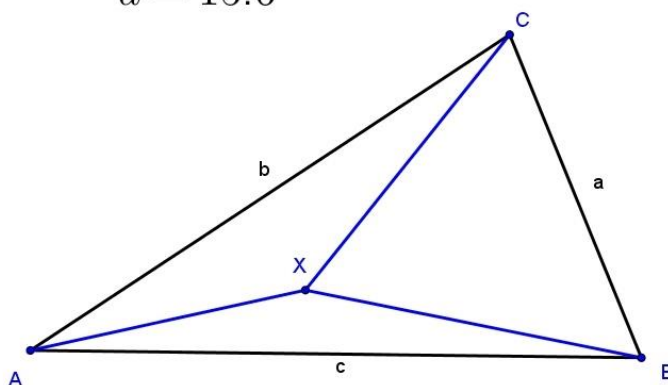
Úloha: V rovině je rozmístěno N bodů. Najděte spojnice, která je všechny propojí a má nejkratší délku.

Toto je matematická úloha spadající do teorie grafů vedoucí na tzv. **Steinerovy stromy**.

Trojúhelník

Úlohu budeme řešit nejprve pro $N = 3$. Můžeme začít pokusem a omylem. Ve volně dostupném programu GeoGebra (www.geogebra.org) můžeme vymodelovat obecný trojúhelník ABC a pohyblivý bod X , který spojíme s jeho vrcholy. Veličina d představuje zkoumanou délku, tedy součet $d = |XA| + |XB| + |XC|$. GeoGebra umožňuje dynamickou geometrii, proto je možné pohybovat bodem X , přičemž se mění aktuální délka d .

$$d = 15.6$$



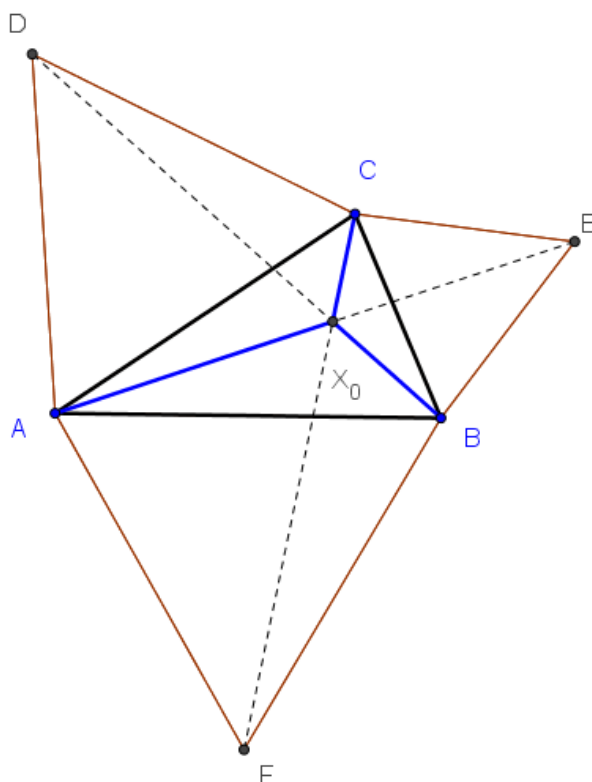
Obr. 2 - Hledání nejkratší spojnice vrcholů trojúhelníku.

Když bod X umístíme do některého ze tří vrcholů, nabývá d hodnot **19,47; 15,73; 15,14**. Možná nás napadne, že d bude minimální pro těžiště (vyjde $d = 14,61$), nebo pro

ortocentrum (vyjde $d = 14,42$), nebo pro střed kružnice opsané (vyjde $d = 15,32$), nebo pro střed kružnice vepsané (vyjde $d = 14,28$). Ze zkoumaných bodů vychází nejmenší d pro střed kružnice vepsané. Je to však opravdu minimum?

Tuto úlohu hledání bodu s minimální vzdáleností od vrcholů trojúhelníku zformuloval zřejmě poprvé P. Fermat (1601-1665) v dopise E. Torricellimu (1609-1647, který jej vyřešil [1].

Nad stranou AC trojúhelníku ABC sestrojíme rovnostranný trojúhelník ACD a vrchol D pak spojíme s B . Tento postup zopakujeme i pro zbývající dvě strany. Lze dokázat, že úsečky DB , EA a FC se protnou v jediném bodě X_0 , kterému se říká first isogonic center, nebo také **Fermat-Torricelliho bod**.

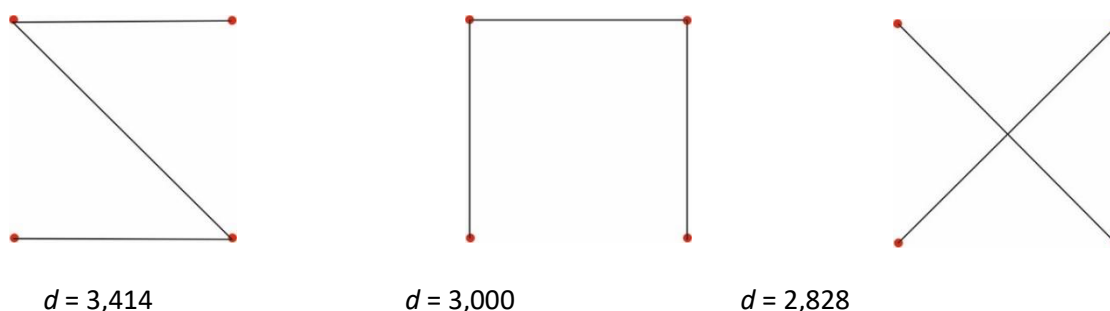


Obr. 3 - Konstrukce Fermat-Torricelliho bodu X_0 .

Na stránce [1] jsou tři důkazy minimální vzdálenosti a další vlastnosti bodu. Například, že každá strana trojúhelníka (s vnitřními úhly menšími než 120°) je z Fermat-Torricelliho bodu vidět pod úhlem 120° .

Čtverec

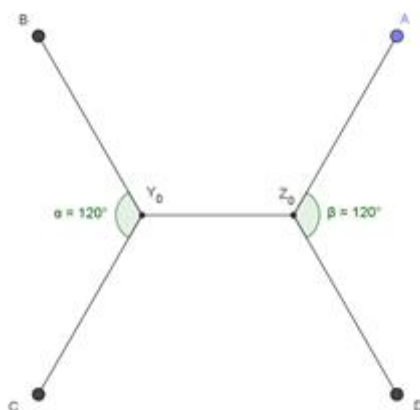
Nyní budeme řešit úlohu pro $N = 4$ a čtyřúhelníkem bude čtverec o straně 1. Spojnice budeme vytvářet z úseček, protože nejkratší spojnice dvou bodů v rovině je úsečka. Začneme opět pokusem a omylem.



Obr. 4 - Několik stromů s určením délky spojovací čáry.

Pomocí GeoGebry lze zmapovat, že umístění bodu do středu čtverce dává minimální hodnotu d . Ale existuje ještě kratší spojnice.

K absolutnímu minimu vede strom, který využívá dva body uvnitř čtverce (obr. 5).



Obr. 5 - Nejkratší cesta spojující vrcholy čtverce.

Hledání minima délky spojnice můžeme provést derivováním. Zajímavé je, že podobně jako u Fermat-Torricelliho bodu se i zde objevují úhly 120° .

Pravidelný čtyřstěn

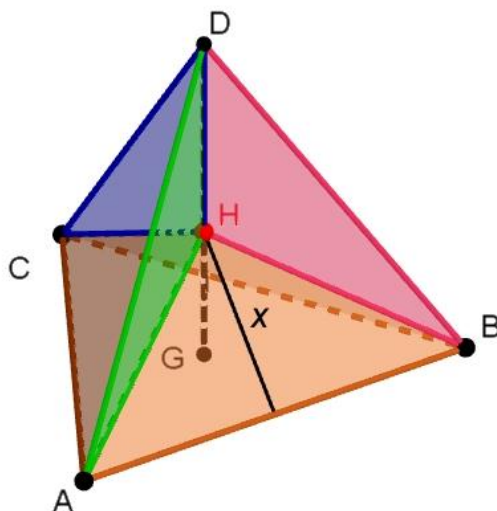
Nyní přidáme jeden rozměr a budeme již řešit minimální povrchy bublin vázaných na hrany prostorové mřížky.

Úloha: Bublina je přichycená na všech 6 hranách čtyřstěnu. Existuje blána (plocha), která má minimální povrch?

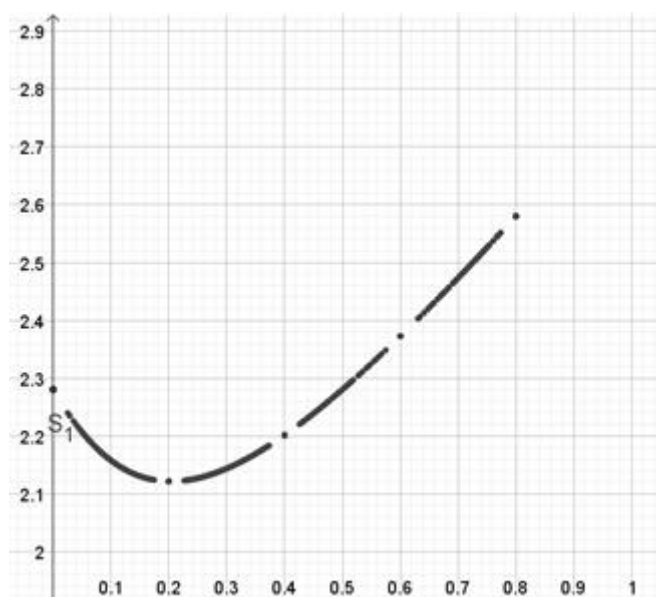
Bublina má na výběr třeba možnost, že by pokryla povrch čtyřstěnu, tedy vytvořila 4 trojúhelníky. Protože každá blána má 2 povrchy, budeme počítat povrch dvakrát (ale není to důležité). Dvojnásobný povrch čtyřstěnu o hraně délky 1 vychází $3,464 \text{ j}^2$. Zapamatujme si toto číslo.

GeoGebra umožňuje výhodně vymodelovat 3D tělesa, se kterými se dá libovolně otáčet a prohlížet si je tak z různých pohledů. Vymodelujeme (obr. 6) tvar bubliny podobný tomu, co reálně pozorujeme (obr. 1 vlevo) s pohyblivým bodem H na úsečce GD .

Tvar bubliny na obr. 6 se skládá z 6 trojúhelníků (každý se 2 povrchy) a při umístění pohyblivého bodu H do vrcholu D dostáváme povrch právě $3,464 \text{ j}^2$ a při umístění do dolní podstavy povrch $2,280 \text{ j}^2$, tedy menší. Nejmenší hodnota je však $2,121 \text{ j}^2$.



Obr. 6 - Hledání tvaru bubliny v pravidelném čtyřstěnu.



Obr. 7 - Závislost velikosti povrchu bubliny v čtyřstěnu na výšce bodu H nad podstavou.

Sestavíme funkci pro povrch bubliny a budeme hledat její minimum. Je výhodné zvolit jako proměnnou x výšku v trojúhelníku např. ABH . Dvojnásobný povrch bubliny S pak splňuje rovnici

$$S = 3x + \sqrt{2} - \sqrt{3x^2 - \frac{1}{4}}$$

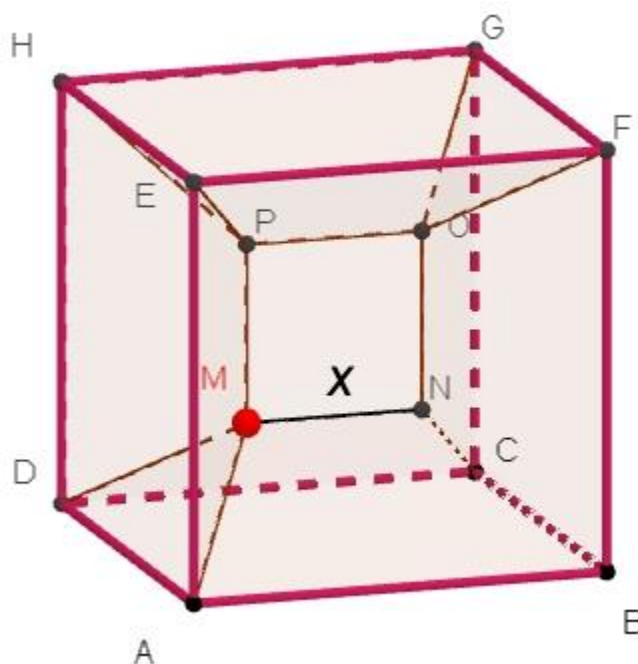
Minimální povrch nalezený pomocí derivace nastává pro $x = \frac{\sqrt{2}}{4}$. Pro tuto hodnotu se bublina skládá z 6 shodných rovnoramenných trojúhelníků s úhlem $109,471^\circ$ při hlavním vrcholu. Princip minimálního povrchu jsme tedy pro čtyřstěn ověřili.

Krychle

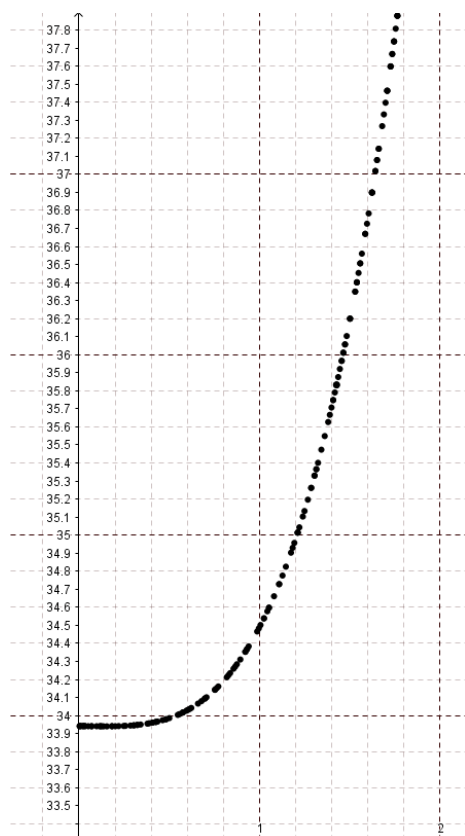
Úloha: Bublina je přichycená na všech 12 hranách krychle. Existuje blána (plocha), která má minimální povrch?

V GeoGebře můžeme vymodelovat krychli o hraně 1 a v ní bublinu skládající se z jednoho čtverce, čtyř shodných rovnoramenných trojúhelníků a osmi shodných rovnoramenných lichoběžníků, což odpovídá experimentálnímu pozorování (obr. 1 vpravo). Situace je teď v prostoru, ale cítíme analogii s obr. 5, který se týká roviny.

Bod M uděláme pohyblivý tak, že změnou jeho polohy budeme moci měnit velikost x strany čtverce a necháme si vykreslit závislost velikosti povrchu bubliny na proměnné x (obr. 9).



Obr. 8 - Hledání tvaru bubliny v krychli.

Obr. 9. Závislost velikosti povrchu bubliny v krychli na x .

Minimum funkce tedy nenastává v nule, ale velmi blízko u nuly pro $x = 0,0729$. Jak velký by tedy měl vzniknout čtverec v krychli, kterou jsme použili my (obr. 1 vpravo)? Krychle měla hranu o velikosti 105 mm a poměr strany čtverce k hraně krychle je pro minimální povrch roven 0,0729. Vychází $x = 7,7$ mm, což ale neodpovídá realitě. Strana čtverce je více než dvakrát větší a to opakovaně. Někde je problém.

Plateau border

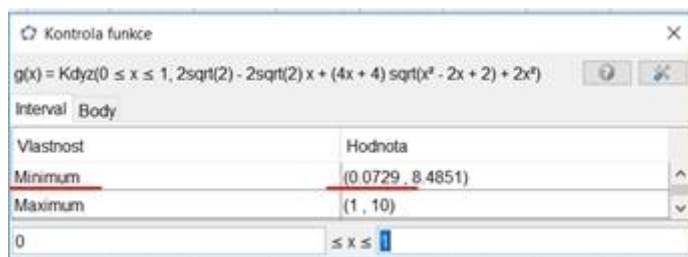
V předchozích úvahách jsme předpokládali, že bublina se skládá z rovinných povrchů, které se stýkají na úsečkách. Realita je ale taková, že v místě styku se povrch zakřivuje a vznikají jakési kanály připomínající v řezu plochu mezi třemi dotýkajícími se kružnicemi – Plateau borders (obr. 11). Články na internetu naznačují, že stabilní minimální povrch se hledá simulací na počítačích, a to již asi na střední škole studovat nebudeme.

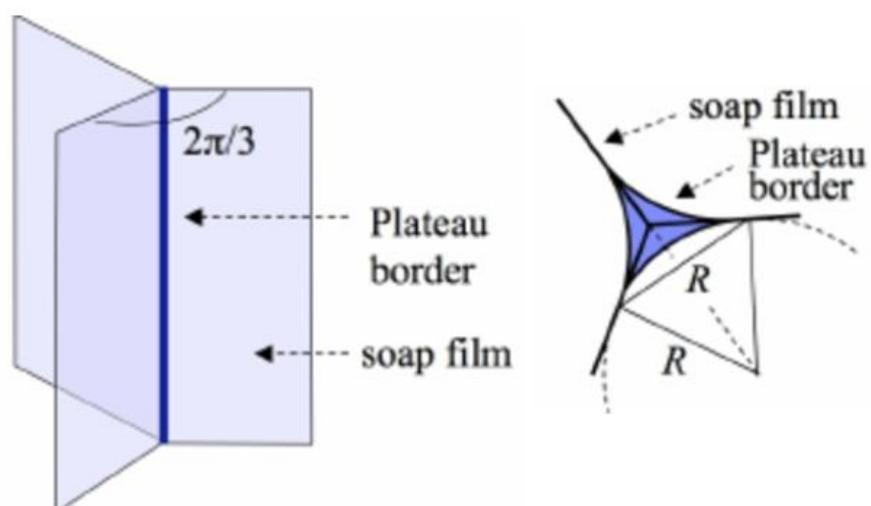
Lze snad shrnout, že u čtyřstěnu je geometrie bubliny taková, že vliv Plateau border se neprojevil, ale u krychle již výrazně ano. Analogie 2D (spojnice vrcholů) a 3D (spojnice hran) bohužel nevyšla úplně dobře.

Zatímco na obr. 7 vidíme jasné minimum funkce, na obr. 9 se zdá, že minimum nastává pro $x = 0$, tedy žádný čtverec. Zkusíme se podívat na funkční předpis pro závislost velikosti povrchu S na x .

$$S = 2x^2 - 2\sqrt{2}x + (4x + 4)\sqrt{x^2 - 2x + 2} + 2\sqrt{2}$$

K nalezení extrému lze také využít program GeoGebra, který nakreslí graf funkce a poskytne informace o extrémech (obr. 10).

Obr. 10. Extrémy funkce na intervalu $\langle 0; 1 \rangle$



Obr. 11 - Plateau border na styku tří rovinných povrchů [2].

Literatura

[1] https://en.wikipedia.org/wiki/Fermat_point

[2] https://www.researchgate.net/profile/Cyprien_Gay).

Kvantitativní vyhodnocení experimentu „Vejce v lahvi“

VLADIMÍR VOCHOZKA

Pedagogická fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Vejce v lahvi či vejce do skla je tradiční experiment, který je často vzpomínám v učebnicích, sbírkách pokusů, internetových zábavných videích i mezi laickou veřejností. Ve výuce fyziky najde své uplatnění především v učivu mechaniky plynů – o atmosférickém tlaku. Kvalitativní vyhodnocení je možné dohledat v mnoha verzích. [1]

Pro vysvětlení příčin známých důsledků pokusu je sestavena testovací nádoba s bodovým teplotním čidlem a čidlem tlaku plynu. Pokus byl prováděn s různými zdroji tepla: ohřátou vodou, ohřátým olejem, parafínovou svíčkou, papírem zažehnutým zápalkou, vatovou tyčinkou namočenou v lihu. Omezení délky příspěvku umožňuje popsat pouze výsledky nejvhodnějšího vybraného zdroje tepla, 55W halogenové autožárovky [2].

Teorie

Atmosférický tlak

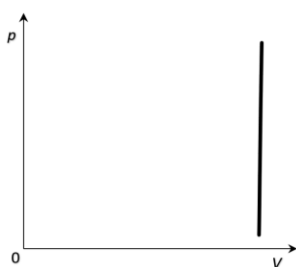
Síla, kterou působí atmosféra planety Země na jednotkovou plochu ve vybraném místě se nazývá *atmosférický tlak*. Průměrný atmosférický tlak se nazývá *barometrický*. Tlak větší než barometrický se nazývá *přetlak*. Tlak nižší než barometrický se nazývá *podtlak*. [3]

Izochorický děj

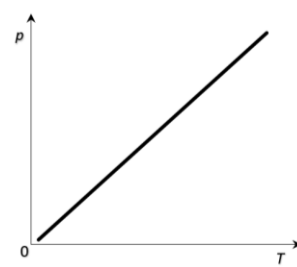
Termodynamický děj, při kterém zůstává objem termodynamické soustavy konstantní, se nazývá *Izochorický děj*. [3]

$$V = \text{konst.} \quad (1)$$

Izochora je přímka rovnoběžná s osou p v p - V diagramu zobrazující závislost tlaku p na objemu V při izochorickém ději (Obrázek 1a). [4]



Obrázek 1 - (a) p - V diagram ideálního plynu



(b) p - T diagram ideálního plynu

Závislost tlaku na teplotě T při izochorickém ději pro ideální plyn je naznačena v p - T diagramu (Obrázek 1b).

Charlesův zákon

Vztah pro Izochorický děj se nazývá *Charlesův zákon* [5]:

$$\frac{p}{T} = \text{konst.} \quad (2)$$

kde p je tlak plynu a T je termodynamická teplota.

Pomůcky

Vejce, skleněná lahev od mléka, papír a zápalky

Základem pokusu je slepičí vejce. Na provedení nemá vliv kvalita či cena. Během testování nebylo objevené žádné omezení vedoucí k neúspěchu experimentu. Tradiční pojetí experimentu vyžaduje oloupané vařené vejce, umístěné na hrdlo skleněné lahve, do které je vhozen zapálený papír. Doporučena je skleněná lahev od mléka, například 0,75l *Bohemilk* v COOP Ternu za 24,90 Kč (12.6.2019).

Plastová dóza na potraviny

Dominantní částí pro vytvoření soupravy na měření je vzduchotěsná plastová dóza na potraviny o objemu $V = 1,8$ l a rozměrech 151×108×185 mm od firmy *Lock&Lock* (Obrázek 2). [6] Průsvitné tělo je z polypropylenu. Těsnící guma víčka je ze silikonu. Cena v obchodní síti Albert je 129,90 Kč (26.6.2019).



Obrázek 2 - Dóza na potraviny Lock&Lock o objemu 1,8 l

Bodové teplotní čidlo

K měření změny teploty je využito bodové teplotní čidlo, *Surface Temperature Sensor STS-BTA*, od firmy *Vernier* v hodnotě 1 485 Kč (14. 6. 2019). Podle specifikace výrobce je rozsah čidla -25 – 125 °C s citlivostí $0,1$ °C. [7]

Čidlo tlaku plynu

K určení velikosti tlaku je zvoleno čidlo tlaku plynu, *Gas Pressure Sensor GPS-BTA*, v hodnotě 4 980 Kč (14. 6. 2019) měřicího systému *Vernier*. Pro potřeby úlohy má čidlo adekvátní parametry. Podle specifikace výrobce je rozsah čidla 0 – 210 kPa s citlivostí $0,06$ kPa. [8]

Plastová prodlužovací hadička infuze

Pro připojení konce tlakového čidla k nádobě je použit jeden konec plastové prodlužovací hadičky infuze. Společnost *Gama* nabízí za 9,80 Kč (12.06.2019) výrobek *Gamaplus 1,8×450 LL V606301-ND* [9], který je zakončen samicí i samcem typu *Luer Lock*.

Datalogger

Data zaznamenává logger *LabQuest Mini*, LQ-MINI, v hodnotě 8 195 Kč (14.6. 2019), který je připojen přes USB rozhraní s počítačem. K vizualizaci dat a jejich uložení běží

v počítači program *Vernier Logger Pro* (3.15) Vzorkovací frekvence rozhraní je až 100 000 Hz. [10]

Autožárovka

K ohřevu vzduchu je použita autožárovka *PX26d* od firmy *Economy*, která stojí 26 Kč (17. 06. 2019). Žárovka je pro napětí 12 V, příkon 12 W a patici H7. [11]

Patice žárovky

Keramická patice *H7* značky *Carface* pro napětí 12 V či 24 V se prodává v balení po dvou kusech za 109 Kč (13.06.2019), například v *Auto Kelly*. [12]

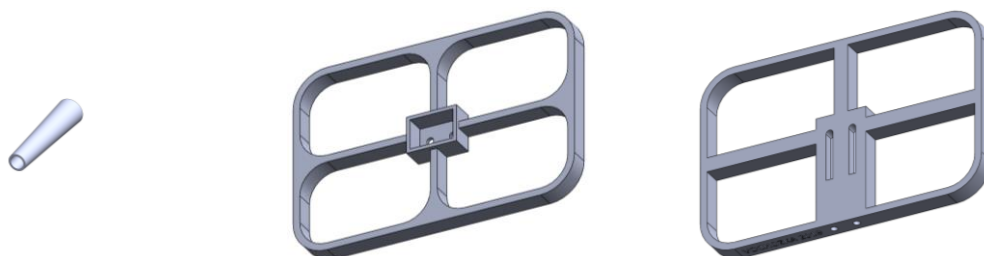
Otvor pro vejce s objímkou, přechodka pro teplotní čidlo, držák patice, podstavec pro vodiče a chránící síťka

Ve strojírenském 3D CAD softwaru *SolidWorks* (2018) pro platformu Microsoft Windows jsou vymodelovány části doplňující uzavíratelnou dózu.

Díly jsou tištěny na 3D tiskárně *Prusa i3 MK3S* z PETG (PolyEthylene Terephthalate Glycol) bez nutnosti podpor, tryskou s průměrem 0,4 mm, s výškou vrstvy 0,10 mm a hustotou výplně 50 %.

Sestavení a testování soupravy pro měření

Do boku nádoby jsou vyvrtány otvory pro umístění samce závitu Lock Luer pro připojení tlakového čidla a vložení vytisknuté přechodky pro bodový teploměr. Cena teplotního čidla není zanedbatelná, a proto je umístěno v přechodce kónického tvaru (Obrázek 3a), který je i u závitu Lock Luer.



Obrázek 3 - (a) Přechodka pro teplotní čidlo

(b) Držák patice

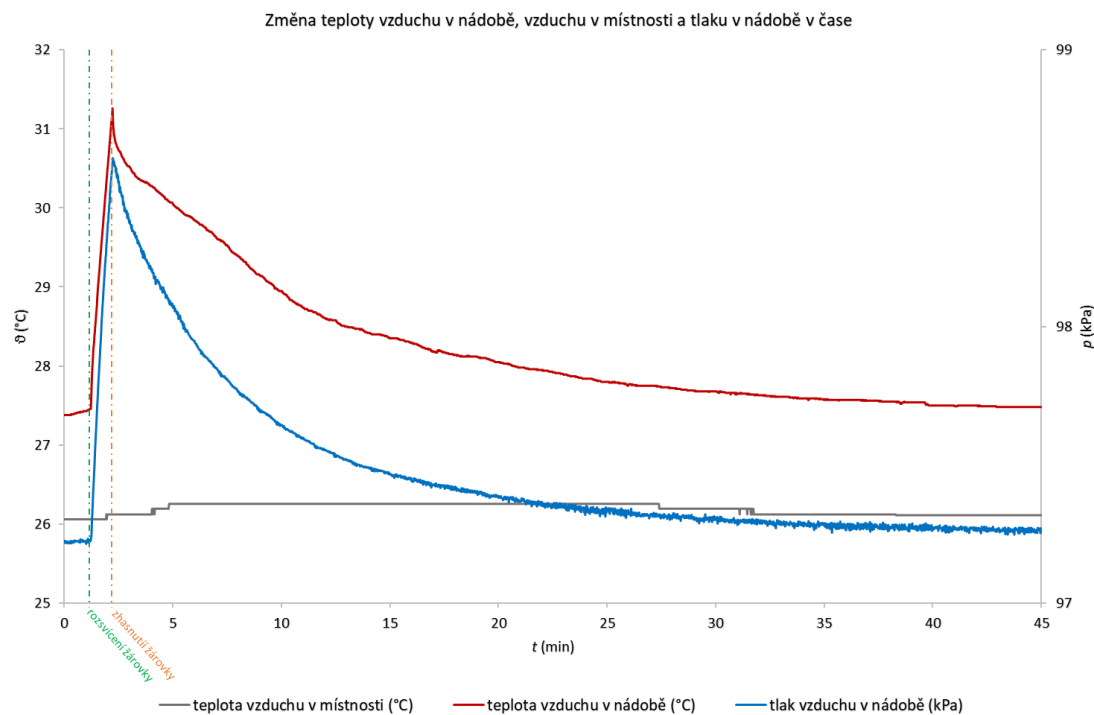
(c) Podstavec pro vodiče

Utěsnění teploměru uvnitř přechodky je zajištěno materiálem z tavné pistole, které je možné odstranit. Kónický tvar umožňuje postupné vtlačení k zachování nepropustnosti. Obě části jsou navíc zalepeny sekundovým lepidlem.

Do víka jsou vyvrtány otvory pro oba vodiče vycházející z patice. Keramická patice je přilepena k vytisknutému držáku patice (Obrázek 3b) a ten poté přilepen k vnitřní straně víka. Vodiče jsou protaženy otvory ve víku, utěsněny a na druhé straně vsunuty do podstavce pro vodiče (Obrázek 3c), který je přilepen k vnější straně víka.

Do patice je umístěna žárovka a nádoba je uzavřena víkem. Vodiče jsou připojeny ke 12 V zdroji napětí. S nádobou jsou spojeny čidla tlaku a teploty, které jsou dále propojeny přes logger s počítačem.

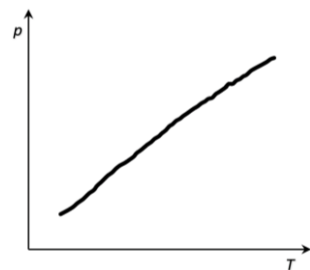
V programu Logger Pro je nastaven *Sběr dat* na *Trvání* 50 min a *Vzorkovací frekvence* 120 vzorků/min. V programu je spuštěn záznam hodnot tlačítkem *Zahájit sběr dat*. Po přibližně 1 minutě je uzavřen obvod a žárovka začne ohřívat objem nádoby. Po 3 minutách od začátku (2 minutách ohřevu) je obvod rozpojen. Naměřené hodnoty po 50 minutách shrnuje následující graf (Obrázek 4).



Obrázek 4 - Graf změny teploty vzduchu v nádobě, vzduchu v místnosti a tlaku vzduchu v nádobě v čase

V grafu můžeme pozorovat minimální změny hodnot pro všechny tři veličiny od začátku do dosáhnutí svislé čerchované úsečky **rozsvícení žárovky**. Úsečka **rozsvícení žárovky** protíná časovou osu v okamžiku sepnutí obvodu. Ohřev vzduchu žárovkou probíhá do dosáhnutí svislé čerchované úsečky **zhasnutí žárovky**, v tomto okamžiku dochází k rozpojení obvodu.

Úsek mezi úsečkami **rozsvícení žárovky** a **zhasnutí žárovky** ukazuje závislost změny tlaku vzduchu v nádobě na teplotě vzduchu v nádobě. p - T diagram vybraného úseku ukazuje podobné chování vzduchu v nádobě jako pro ideální plyn (Obrázek 5) při izochorickém ději popsané Charlesovým zákonem (2).



Obrázek 5 - p - T diagram vybraného úseku při ohřevu autožárovkou

Další část grafu zachycuje změny měřených veličin, tepelnou výměnu mezi vzduchem v nádobě, nádobou a vzduchem v místnosti. Se snižující se teplotou vzduchu v nádobě pozorujeme snižující se tlak vzduchu v nádobě. Křivka změny teploty vzduchu v místnosti v čase dokazuje, že okolní prostředí neovlivňuje zásadně průběh měření.

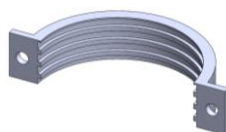
Na základě naměřených výsledků lze konstatovat, že nádoba je vhodná pro experimentování, je vzduchotěsná, nedochází u ní k zásadní výměně částic s okolím.

Úprava nádoby pro pokus

Pro pokus je dominantním dílem *otvor pro vejce* (Obrázek 6a), který je vložen zevnitř nádoby do její dolní podstavy a nahoře stažen *objímkami* (Obrázek 6b).



Obrázek 6 - (a) Otvor pro vejce



(b) Objímka s otvory pro šroub



(c) Řez sestavou otvoru a objímky

K zvýšení těsnosti je před umístěním na stykové plochy přidáno plastické mazivo. Objímky se spolu spojí šroubem M4×10 s maticí M4. Sestavení obou dílů naznačuje vymodelovaný řez (Obrázek 6c), kde prázdný prostor při montáži zabírá dolní stěna nádoby.

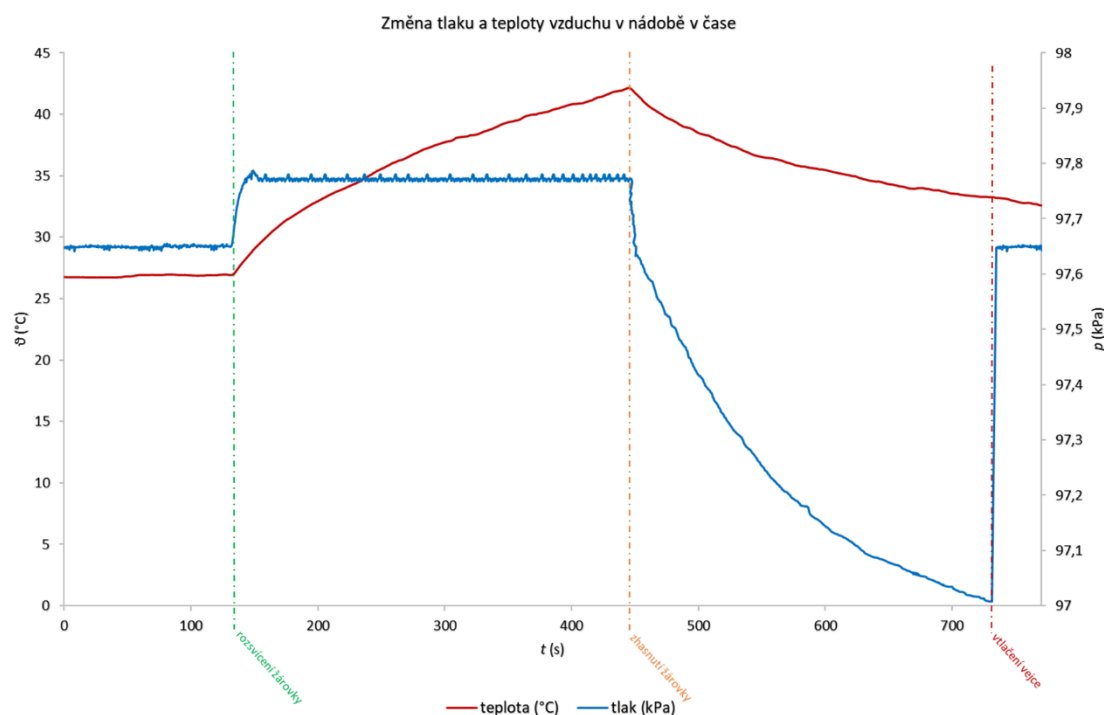
Ohřev halogenovou autožárovkou

Postup

1. Vařené a oloupané vejce bylo umístěno do otvoru nádoby.
2. *Sběr dat* byl spuštěn na 30 minut a *Vzorkovací frekvence* nastavena na 120 vzorků/minutu.
3. Po 130 sekundách od spuštění měření byla **rozsvícena žárovka**, v grafu můžeme pozorovat změny teploty a tlaku vzduchu v nádobě. Teplota postupně roste. Tlak se zvýšil o cca 6 kPa a poté se jeho změna relativně ustálí. Tento jev je doprovázen unikáním vzduchu okolo vejce, jeho postupným nadnesením a následným uzavřením otvoru.
4. Po uplynutí 445 sekund je **žárovka zhasnuta**. Teplota a tlak začnou okamžitě klesat.
5. Ve 720. sekundě je **vejce vtlačeno** dovnitř nádoby.
6. Tlak je po otevření nádoby shodný jako na začátku experimentu. K vyrovnání teploty dochází postupně.

Naměřené hodnoty

Popsaný průběh pokusu je možné pozorovat v následujícím grafu (Obrázek 7).



Obrázek 7 - Graf změny teploty vzduchu v nádobě a tlaku vzduchu v nádobě v čase

Výsledky

Z analýzy naměřených hodnot při ohřevu halogenovou žárovkou můžeme konstatovat, že dominantním jevem způsobujícím vtlačení vejce do nádoby je chladnutí vzduchu v uzavřeném prostoru, vedoucí k podtlaku.

Závěr

Pokus by měl být jednoduchý, opakovatelný a srozumitelný. Pro kvalitativní vysvětlení je varianta se zapáleným papírem vhozeným do skleněné nádoby ideální. Kvantitativní ověření vyžaduje složitější přípravu experimentu, ale dokazuje obdobný průběh, který lze pozorovat přímo a nalézt shodu s naměřenými hodnotami.

Literatura

- [1] ROJKO, Milan. *Omyly, které ovládly svět*. Praha: Pražské centrum vzdělávání pedagogických pracovníků, 1993. ISBN 80-7015-240-0.
- [2] KOUDELA, Zdeněk. *Termoregulační zařízení – návrh, konstrukce a měření*. České Budějovice, 2019. Diplomová práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Pedagogická fakulta. Vedoucí práce Mgr. Pavel ČERNÝ, Ph.D.
- [3] HLAVIČKA, Alois, ed. *Fyzika pro pedagogické fakulty*. 2. vyd. Praha: SPN, 1978. Učebnice pro vysoké školy (Státní pedagogické nakladatelství).
- [4] HALLIDAY, David, Robert RESNICK a Jearl WALKER, DUB, Petr, ed. *Fyzika*. 2., přeprac. vyd. Brno: VUTIUM, c2013. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 978-80-214-4123-1.

- [5] VOLF, Ivo a Miroslava JAREŠOVÁ. *Fyzika je kolem nás (Molekulová fyzika a termika): Studijní text pro řešitele FO a ostatní zájemce o fyziku.*
- [6] Lock & Lock dózy na potraviny. *Lock & Lock dózy na potraviny* [online]. Dostupné z: <http://locklock.eu/>
- [7] Vernier CZ – Vybavení pro výuku přírodovědných oborů – bodové teplotní čidlo. [online]. Copyright © 2019 [cit. 14.06.2019]. Dostupné z: <https://bit.ly/2KNWwzB>
- [8] Vernier CZ – Vybavení pro výuku přírodovědných oborů – čidlo tlaku plynu. [online]. Copyright © 2019 [cit. 14.06.2019]. Dostupné z: <https://bit.ly/2IJ31B9>
- [9] GAMAPLUS 1,8 x 450 LL | GAMA GROUP a.s. [online]. Copyright © 2007 [cit. 26.06.2019]. Dostupné z: <https://bit.ly/2XACHMO>
- [10] Vernier CZ – Vybavení pro výuku přírodovědných oborů – LabQuest Mini. [online]. Copyright © 2019 [cit. 14.06.2019]. Dostupné z: <https://bit.ly/2IUTNIF>
- [11] Žárovka H7 12V 55W PX26d ECONOMY | Svetzarovek.eu. *Světžárovek.eu - LED žárovky, LED pásky, úsporné žárovky* [online]. Copyright © 2007 [cit. 14.06.2019]. Dostupné z: <https://bit.ly/2KP2pMX>
- [12] Patice keramická H7 2 ks – DO CFCP08396 | E-shop Auto Kelly a.s. *Náhradní díly, autodíly – Auto Kelly E-Shop* [online]. Dostupné z: <https://bit.ly/305gcnc>

Problematika Archimedova zákona

BOHUMIL VYBÍRAL

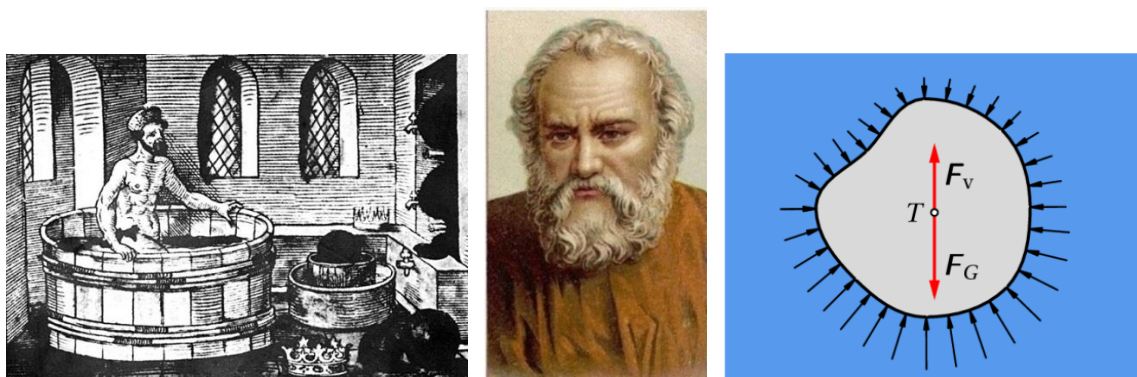
Přírodovědecká fakulta Univerzity Hradec Králové

Článek se zabývá problematikou platnosti Archimedova zákona. Jeho formulaci autor zpřesnil, čímž současně upozornil na omezení jeho obecnosti. Problém ilustruje na dvou příkladech. V jednom se válec při ponořování nachází v šesti situacích, z nichž ve třech případech nelze použít Archimédův zákon. Stejně tak i u dvou situací betonové přehradní hráze. V případě plovoucích těles a letů těles lehčích vzduchu, Archimédův zákon platí vždy.

K formulaci Archimédova zákona

Archimédův zákon je jednou ze základních součástí učiva fyziky na všech stupních škol. Obsahuje jej každá učebnice fyziky a odříkat jej umí téměř každý žák základní školy. Když autor této statě připravoval jeden ze studijních textů [1] pro Fyzikální olympiádu z roku 2003, zjistil, že znění tohoto zákona nezahrnuje všechny možné případy, kdy je těleso ponořováno do kapaliny (resp. tekutiny). K problému se pak ještě několikrát vrátil ([2], [3], [4]). Předložený článek předkládá obecné řešení problému o vztlakové síle tělesa ponořovaného do kapaliny (tekutiny).

Původní formulace zákona se připisuje řeckému mysliteli ARCHIMEDOVÍ ZE SYRAKUS (asi 287 až 212 př. n. l.), obr. 1, snad největšímu matematikovi a fyzikovi starověku. Formulace, stará asi 2 250 let, je sice jednoduchá, avšak není zcela obecná. Mlčky totiž předpokládá, že kapalina (tekutina) je v dotyku s celým povrchem ponořeného tělesa (u částečně ponořeného tělesa s jeho ponořenými částmi). U plovoucích těles, např. lodí, je sice tato podmínka splněna vždy, avšak obecně to neplatí, jak je dokumentováno na příkladech v závěru statě. Není-li část povrchu ponořeného tělesa v dotyku s kapalinou (nebo plynem), nepůsobí na ni hydrostatický (resp. aerostatický) tlak a Archimédův zákon neplatí. Proto je třeba formulaci Archimedova zákona upravit tak, aby se vyloučily výše zmíněné situace.



Obr. 1 - K formulaci Archimedova zákona – „Heuréka“ při koupání. Archimedes ze Syrakus. Hydrostatický tlak a vztlaková síla u tělesa obecného tvaru. Zdroje [5], [6]

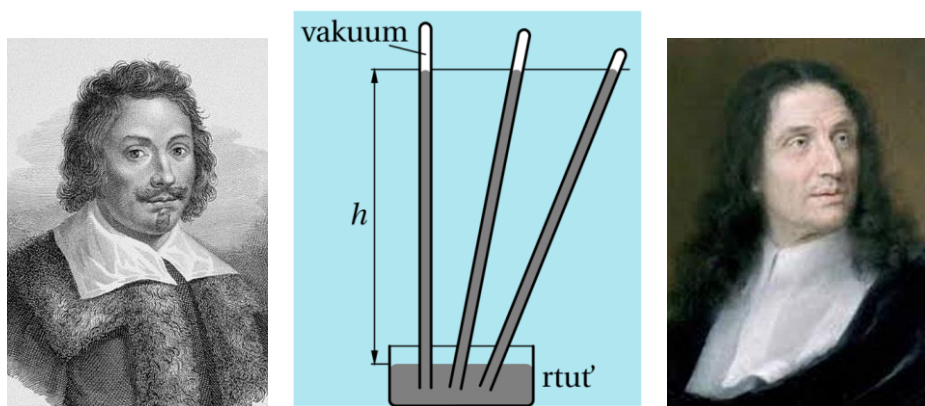
Zpřesněné znění Archimedova zákona je toto: Těleso ponořené do kapaliny (tekutiny) tak, že kapalina (tekutina) **působí na celý ponořený povrch**, je nadlehčováno vztlakovou silou, jejíž velikost je rovna tíze kapaliny (tekutiny) stejného objemu, jako je ponořený objem. Zvláštním případem je *plovoucí těleso*, u nějž kapalina vždy působí na celý ponořený povrch. Pak je formulace pro velikost vztlakové síly jednoduchá: Vztlaková síla působící na plovoucí těleso je rovna tíze objemu kapaliny vytlačené tělesem.

Uvedené zpřesněné znění Archimedova zákona naznačuje jisté omezení jeho původně obecně uváděnou platnost. O případech, kdy tekutina nepůsobí na celý ponořený povrch tělesa a které se v praxi vyskytují, pojednávají ilustrační příklady 1 a 2.

Bude ještě vhodné uvést, jakým myšlenkovým pochodem Archimedes k formulaci zákona pravděpodobně dospěl. V případě homogenního tělesa s povrchem obecného tvaru pomůže jednoduchá úvaha, která pravděpodobně pochází již od Archimeda. Představme si, že ve stojící kapalině myšlenkově vymežíme objem ve tvaru uvažovaného tělesa. Toto kapalinové těleso zůstává na místě, tudíž je nadlehčováno silou o velikosti jeho tíhy. Po náhradě kapalinového tělesa pevným tělesem o jiné hustotě, stejného tvaru a objemu (v kapalině nerozpustným) bude výsledná síla působící na vložené těleso rovna rozdílu tíhy obou těchto těles.

K tomu je třeba dodat, že Archimedes již znal pojem hustoty látek. Vyšel z úvahy o vztahu hustoty ponořeného tělesa a kapaliny. V souvislosti s objevem zákona se také uvádí historka o jeho koupání a o náhlém problesknutí mysli („heuréka“), když si uvědomil, že jej voda nadnáší. Mohl si představit, že kdyby měl stejnou střední hustotu jako voda ve vaně, vznášel by se, a tudíž by na něj působila nadlehčující síla rovná právě tíze jím vytlačené vody.

Důležitý pojem pro výpočet vztlakové síly je *hydrostatický tlak*, který pochází až ze 17. století od italského fyzika EVANGELISTY TORRICELLIHO (1608 – 1647), obr. 2. Bylo to v souvislosti s měřením atmosférického tlaku. Vlastní měření tohoto tlaku na popud Torricelliho roku 1643 provedl VINCENZO VIVIANI (1622 – 1703) pomocí rtuťového sloupce. Použití hydrostatického tlaku ($p = h\rho g$) k výpočtu vztlakové síly nás přivede ke správnému výsledku i v případech, kdy nejsou splněny podmínky pro použití zpřesněné formulace Archimedova zákona.



Obr. 2 - Evangelista Torricelli a vpravo Vincenzo Viviani. Torricelliho experiment ($h = 760 \text{ mm}$ rtuťového sloupce pro normální atmosférický tlak). Zdroje [7], [8]

Pro úplnost uvedeme, jak se Archimedův zákon dnes běžně odvozuje (přičemž se mlčky předpokládá, že kapalina působí na celý ponořený povrch tělesa). Uvažujme do kapaliny o hustotě ρ zcela ponořený kolmý válec se svislou osou, jehož délka je l a podstavy mají obsah S . Horní podstava je ve vzdálenosti h od hladiny. Hydrostatický tlak vyvolá na jeho plášti vzájemně se rušící síly a na podstavách síly $h\rho gS$, $(h + l)\rho gS$. Jejich rozdíl je

$$Sl\rho g = V\rho g = F_v.$$

Tedy velikost F_v vztlakové síly je rovna tíze kapaliny o objemu $V = Sl$ válce, která pro konstantní hustotu ρ kapaliny nezávisí na hloubce ponoření válce. Působení atmosférického tlaku nebylo nutné uvažovat, protože jeho působení na celý povrch tělesa se vzájemně vyruší. Pro těleso obecného tvaru je výpočet náročnější (z důvodu integrace po uzavřené ploše povrchu tělesa), avšak výsledek je stejný. Řešení pro tento případ lze ovšem nahradit úvahou o kapalinovém tělese, jak již bylo uvedeno.

Příklad 1 – ponořovaný válec

Uvažujme homogenní válec ($\rho_t = 2,70 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$) o poloměru $r = 30,0 \text{ mm}$ a výšce $l = 70,0 \text{ mm}$ a nádobu s vodou ($\rho = 1,00 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$), v níž ve všech sledovaných situacích budeme udržovat hladinu ve stejné výšce $h = 120 \text{ mm}$ ode dna. Atmosférický tlak uvažujme $p_a = 1,00 \cdot 10^5 \text{ Pa}$. Vodu považujte za ideální kapalinu. Válec nechť se nachází ve vztahu k nádobě v šesti různých situacích statické rovnováhy (obr. 3):

1. Válec je pomocí lanka částečně ponořen, přičemž pro hloubku ponoření platí $x \in \langle 0, l \rangle$.
2. Zavěšený válec je zcela ponořen, avšak nedotýká se dna, $x \in \langle l, h \rangle$.
3. Válec je postaven na dno nádoby, přičemž v důsledku drobných nečistot (např. zrněk písku) nebo nerovnosti styčných ploch nedosedá dokonale na dno.
4. Válec dokonale přiléhá k rovinnému dnu (je zabroušen či nerozpustně přitmělen).
5. Válec na ploše mezikruží o vnitřním poloměru $r_1 = r/\sqrt{2}$ dokonale přiléhá ke dnu a tvoří uzávěr výtoku otvoru (tento případ lze považovat za model výpustného ventilu nádrže).
6. Zavěšený válec volně prochází (se zanedbatelným třením) otvorem o poloměru r ve dně nádoby, přičemž jeho plášť těsní výtakový otvor. Tloušťka dna nádoby je zanedbatelná. Pro vzdálenost dna válce od hladiny platí $x \in \langle h, h + l \rangle$.

Vypočteme velikost síly F_i , která v jednotlivých případech působí na válec.

Řešení

1. $F_1 = \pi r^2 (l\rho_t - x\rho)g \leq F_G$, $F_{1 \max} = \pi r^2 l\rho_t g = F_G = 5,24 \text{ N}$ (pro $x = 0$), $F_{1 \min} = \pi r^2 l(\rho_t - \rho)g = 3,30 \text{ N}$ (pro $x \rightarrow l$).
2. Případ se od situace v bodě 1 liší tím, že hydrostatický tlak působí na celý povrch válce a síla má konstantní velikost $F_2 = F_{1 \min} = 3,30 \text{ N}$.
3. V důsledku netěsného uložení ke dnu působí hydrostatická tlaková síla i na spodní podstavu válce a výsledná síla je stejná jako v bodě 2: $F_3 = F_2 = 3,30 \text{ N}$.

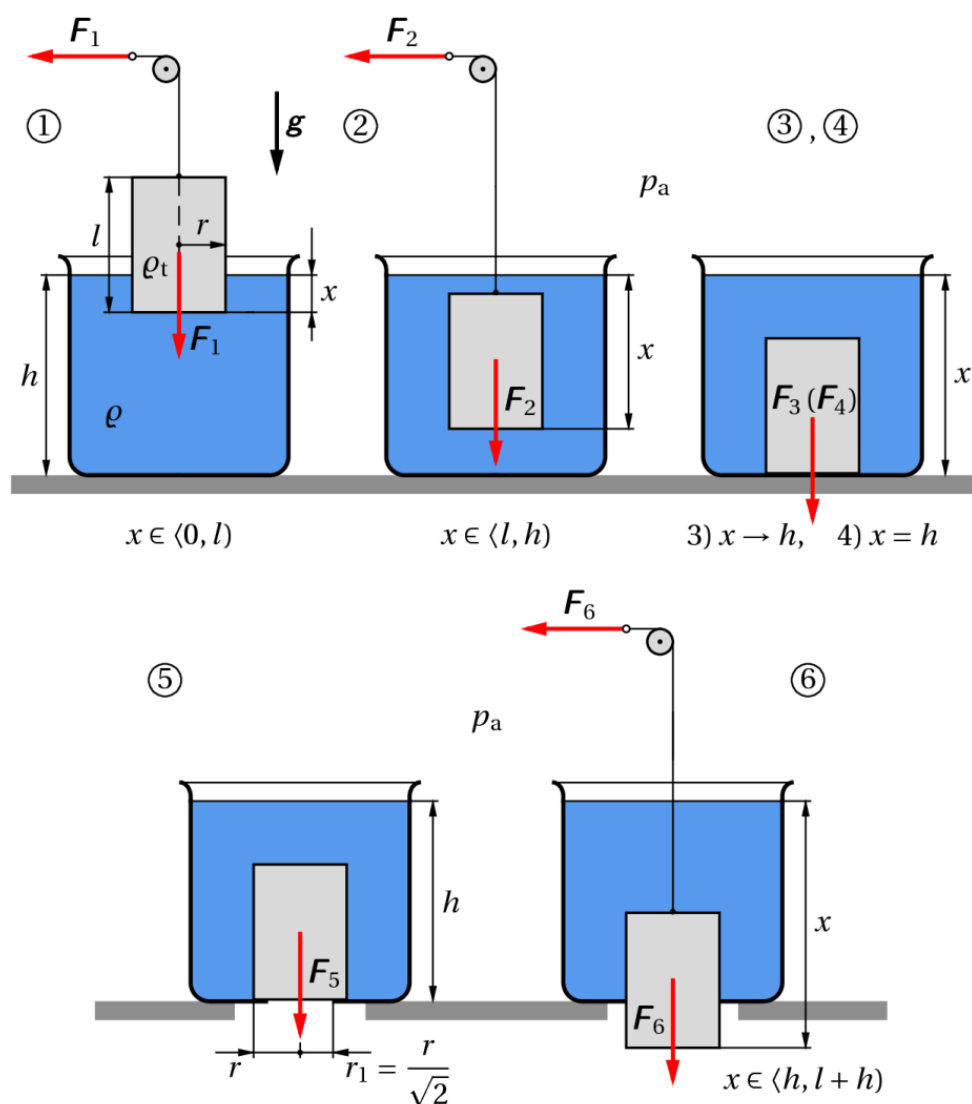
4. V důsledku těsného uložení ke dnu nemůže na spodní podstavu válce působit hydrostatická tlaková síla ani síla od atmosférického tlaku. Proto

$$F_4 = \pi r^2 [l \rho_t g + p_a + (h - l) \rho g] \gg F_G, F_4 = 289 \text{ N}.$$

5. Situace se oproti případu 4 liší tím, že působení atmosférického tlaku se částečně kompenzuje jeho působením u dna na kruhové ploše o poloměru r_1 . Pak

$$F_5 = F_4 - \pi r_1^2 p_a \gg F_G, F_5 = 148 \text{ N}.$$

6. Síla je proměnná, závisí na x : $F_6 = F_G + \pi r^2 \rho g (x - l)$. Její mezní hodnoty jsou pro $x = h + l$ (maximální velikost): $F_{6 \max} = F_G + \pi r^2 \rho g h = 8,56 \text{ N}$ a minimální velikost pro $x = h$: $F_{6 \min} = F_G + \pi r^2 \rho g (h - l) = 6,62 \text{ N}$.



Obr. 3 - K analýze sil působících na válec ponořovaný do vody

Analýza výsledků. Snadno nahlédneme, že v případech 1, 2, 3 je splněna v úvodu formulovaná podmínka pro použití Archimedova zákona a tudíž jej lze aplikovat. U případů 4, 5, 6 tato podmínka není splněna, Archimedův zákon neplatí a problém lze řešit jen využitím hydrostatického a atmosférického tlaku. Odchylka u případu 4 od

případu 3 je výrazná. Pravděpodobně je překvapující velikost síly ($F_4 = 289 \text{ N} \gg F_3 = 3,30 \text{ N}$), kde je síla F_4 především dána nekompenzovaným působením síly od atmosférického tlaku na spodní podstavě válce. U případu 5 atmosférický tlak přítlačnou sílu částečně zmenšuje. U případu 6 hydrostatický tlak působí jen na horní podstavu válce.

O tom, že v případech porovnání situací 3 a 4 nejde jen o akademickou úvahu, nás také přesvědčí příklad 2 o řešení přehradní hráz. Může jít rovněž o loď, která ztroskotala, potopila se, dosedla na měkké (bahnité) dno a vznikne problém jejího vyzdvižení na hladinu. To byl do jisté míry také případ zaoceánské výletní loď *Costa Concordia* [9], obr. 4, o délce 290,2 m a šířce 35,5 m. Ta se po nárazu na podmořský útes potopila nedaleko poměrně mělkého toskánského pobřeží Itálie. Po záchraně přes 4 000 lidí na palubě (32 jich zahynulo) byly přečerpány pohonné látky. K překlopení potopené lodě z polohy „na boku“ a k jejímu odtržení ode dna byly použity velké pryžové vaky, upevněné k boku lodě, do nichž kompresory pumpovaly vzduch. Vzniklá vztlačková síla, v souladu s Archimedovým zákonem, pomohla jeřábům na hladině k jejímu vyzdvižení na hladinu (mořské dno bylo v místě ztroskotání naštěstí převážně skalnaté, což bylo pro odtržení lodě ode dna příznivé). Po vyzdvižení byla loď odtažena do mateřského přístavu v Janově a zde (až mezi lety 2014 a 2016) sešrotována.

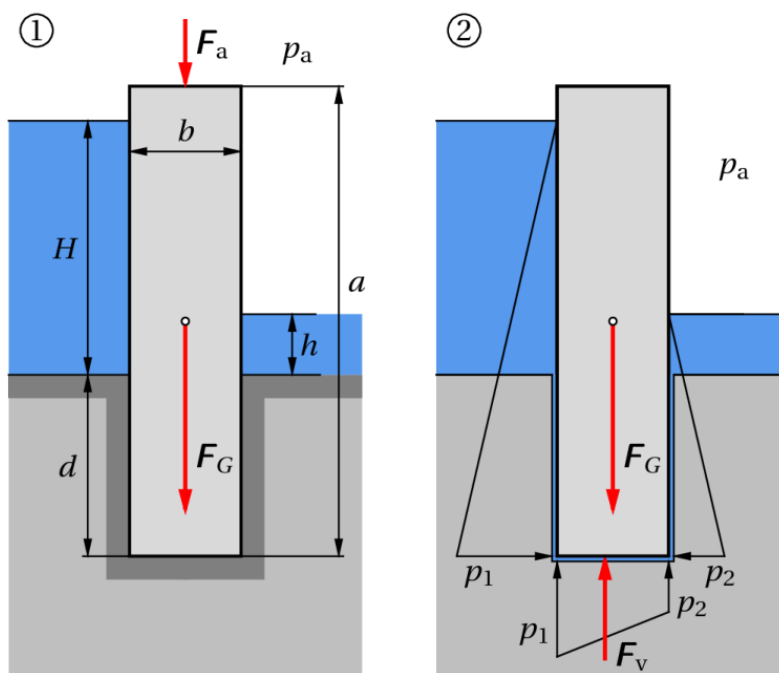


Obr. 4 - Hrdá italská výletní loď *Costa Concordia* a její zánik po nárazu na podmořský útes.
Zdroje [10], [11]

Příklad 2 – přehradní hráz

Jednoduchá betonová přehradní hráz ve tvaru kolmého kvádra výšky $a = 18,0 \text{ m}$, tloušťky $b = 4,00 \text{ m}$, šířky $c = 100 \text{ m}$ a hustoty $\rho_b = 2,10 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ je výškou $d = 7,00 \text{ m}$ zapuštěna do tvrdého podloží (obr. 4). Výška vodní hladiny před hrází je $H = 10,0 \text{ m}$, za hrází $h = 2,00 \text{ m}$. Hustota vody je $\rho = 1,00 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, atmosférický tlak $p_a = 1,00 \cdot 10^5 \text{ Pa}$. Vypočtěte velikost síly, kterou je hráz ve svislém směru vtlačována do podloží ve dvou ideálních mezních případech:

1. Hráz je v podloží dokonale utěsněna (jde o žádoucí situaci).
2. Hráz dokonale netěsní, tj. mezi hrází a podložím je po celé její délce souvislá (byť tenká) vrstvička vody, přenášející hydrostatický tlak vody i tlak vzduchu.



Obr. 5 - K analýze sil u přehradní hráze: a) dokonale utěsněné, b) dokonale neutěsněné

Řešení

1. Ve svislém směru působí tíhová síla tělesa hráze o velikosti F_G a na horní plochu hráze o obsahu bc síla atmosférického tlaku o velikosti F_a (obr. 5/1). Celková síla ve svislém směru

$$F_1 = F_G + F_a = bc(a\rho_b g + p_a) = 188 \text{ MN.}$$

2. Voda působí na spodní plochu bc vztlakovou silou, danou střední hodnotou hydrostatického tlaku z obou stran spodní hrany hráze, tj. $(p_1 + p_2)/2$ – viz obr. 5/2. Síla od atmosférického tlaku, která v případě ad 1) činila $F_a = 40,0 \text{ MN}$, je zde vykompenzována, protože atmosférický tlak zde prostřednictvím vody působí i na spodní stěnu. Celková síla tedy je

$$F_2 = F_G - F_v = bc \left[a\rho_b - \frac{1}{2}(H + h + 2d)\rho \right] g = 97,0 \text{ MN.}$$

Diskuse výsledků. Řešený příklad ukazuje situaci, kdy opět nelze použít Archimedův zákon. V prvním případě je přítlačná síla dána jednak tíhou vlastní hráze, jednak tíhou vzduchu, který leží nad horní stěnou hráze (je dána atmosférickým tlakem), přičemž jde o nezanedbatelnou hodnotu 40,0 MN, což je 27 % vlastní tíhy hráze. Ve druhém případě se přítlačný vliv tíhy hráze zmenšuje hydrostatickou vztlakovou silou, působící zespodu na dolní stěnu. Vliv tíhové síly vzduchu se zde naopak neuplatní, protože je kompenzován tlakem vzduchu na spodní stěnu hráze. Žádoucí svislé upevnění hráze svislou silou zde, oproti 1. případu, je jen pouhých 52 %; to může vést i k havárii hráze.

Poznámky ke konstrukci přehradní hráze. Řešená hráz je zjednodušeným řešením hráze, založené na tíhovém principu. Používá se u menších přehrad. Tloušťka stěny hráze se v reálném řešení s výškou zmenšuje, přičemž na horní straně se zpravidla vytváří

mostovka, protože hráz obvykle plní i funkci mostu. Jak z příkladu vyplývá, hráz musí být dobře utěsněna.

Hráze velkých přehrad mívají z pevnostních a ekonomických důvodů tvar obloukovité skořepiny, vyklenuté směrem do jezera. Pak se výslednice vodorovné hydrostatické síly na okrajích rozloží na složky ve směru tečny oblouku hráze v příslušném okraji. Tuto složku zachycuje tuhé (dostatečně pevné) skalnaté pomezí přehrady, do něž je hráz zapuštěna. Druhé složky sil z uvedeného rozkladu na okrajích mají směr tětiny oblouku hráze a směřují do jejího středu. Pevnostně je zachytí konstrukce hráze.

Literatura a zdroje obrázků (staženo k 20. 8. 2019)

- [1] Vybíral, B.: *Mechanika ideálních kapalin*. Knihovnička Fyzikální olympiády č. 62. MAFY Hradec Králové, 2003. Dostupné na <http://fyzikalniolympiada.cz/praha/texty/kapaliny.pdf>
- [2] Vybíral, B.: Rozumíme dobře Archimedovu zákonu? In: *Matematika – fyzika – informatika* 22 (2013); s. 116 – 121. Dostupné na <http://www.mfi.upol.cz/index.php/mfi/article/view/29/25>
- [3] Vybíral, B.: *Kapitoly z experimentální fyziky*. Gaudeamus Hradec Králové, 2014.
- [4] Vybíral, B.: *Technické aplikace fyziky*. Gaudeamus Hradec Králové, 2019. Viz také <https://www.sckn.cz/technicke-aplikace-fyziky-pn-540-596/>
- [5] Archimedes: <https://encrypted-tbn1.gstatic.com>
- [6] Heuréka: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/47/Archimedes_bath.jpg
- [7] Torricelli: <https://upload.wikimedia.org>
- [8] Viviani: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/06/Vincenzo_Viviani.jpg/220px-Vincenzo_Viviani.jpeg
- [9] Costa Concordia: https://cs.wikipedia.org/wiki/Costa_Concordia
- [10] Costa Concordia – v akci: <https://www.travelmag.cz/wp-content/uploads/2009/01/vyletni-lod-lizon.jpg>
- [11] Costa Concordia – zánik: <https://www.tyden.cz/obrazek/201203/4f636944b4706/crop-182336-costa-c-u.jpg>

Zase to těžiště

VOJTĚCH ŽÁK

Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy

V příspěvku jsou uvedeny čtyři náměty do výuky tématu těžiště, které jsou vhodné zejména pro střední školy, ale po zjednodušení i pro výuku fyziky na základních školách. Jedná se o analogii mezi polohou těžiště a průměrem známek, určování těžiště soustavy tvořené dvěma míčky a tyčkou, změna polohy těžiště činky a souvislost středu území s těžištěm jeho modelu. Náměty mají přesah do matematiky, geografie a sportu.

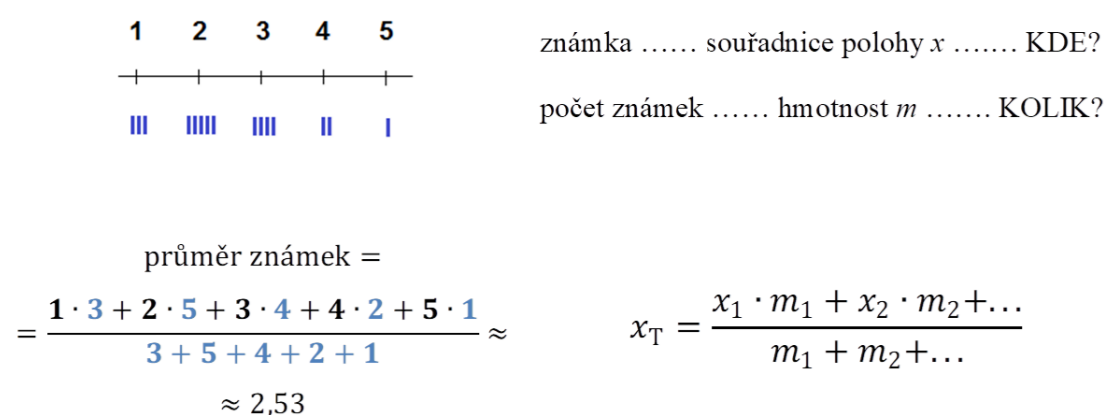
Úvod

Těžiště patří mezi klasická témata výuky fyziky jak na středních, tak na základních školách. Fakt, že se těší zájmu vzdělavatelů ve fyzice, můžeme doložit např. tím, že v *Souhrnném sborníku Veletrhu nápadů učitelů fyziky* [1] najdeme osmnáct příspěvků pod tímto klíčovým slovem. Kromě námětů do výuky fyziky, které jsou v těchto příspěvcích uvedeny, odkážme na článek [2], ve kterém je podrobně diskutován význam pojmu *těžiště*, ale také *střed hmotnosti* (resp. *hmotný střed*). V tomto příspěvku se držíme v praxi ustáleného označení těžiště, i když, jak bude zřejmé z následujícího, zejména při výpočtech polohy těžiště se opíráme o definici středu hmotnosti.

Náměty do výuky tématu těžiště

Poloha těžiště v analogii s průměrem známek ve škole

Výpočet polohy těžiště lze žákům přiblížit na základě analogie s výpočtem (váženého aritmetického) průměru známek. Schematicky je možný přístup znázorněn na obr. 1, kde počty čárek pod klasifikační stupnicí 1 až 5 znamenají počty příslušných známek.

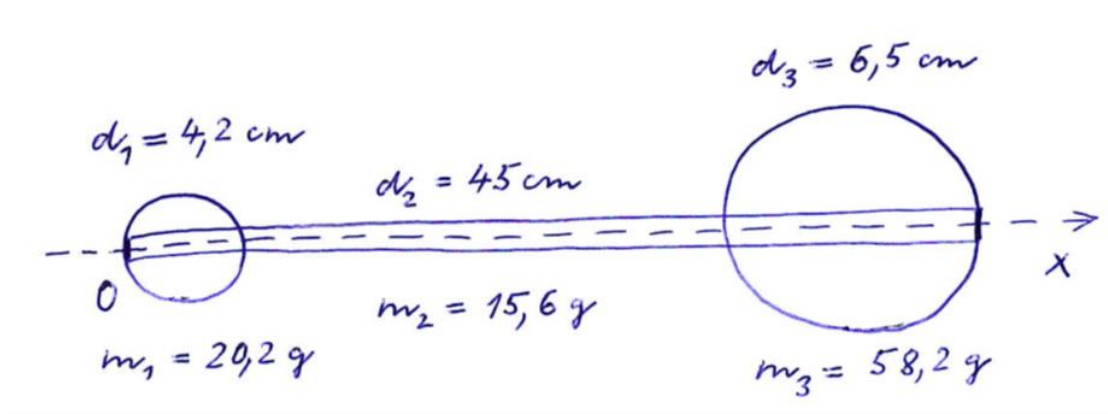


Obr. 1 - Výpočet polohy těžiště v analogii s výpočtem průměru známek

Výsledný vztah (vpravo dole na obr. 1) je možné zobecnit pro libovolný konečný počet hmotných bodů (těles) a v této podobě je vhodný k řešení jednorozměrné úlohy (těžiště hledáme v rámci jedné přímky).

Míčky a tyčka – kde je těžiště?

Ze dvou různých míčků, např. tenisového, gumového, plastového, pěnového apod., a z dřevěné tyčky je možné vyrobit soustavu těles, která připomíná nesymetrickou činku (viz obr. 2). Do míčků jsou udělány otvory, např. vyvrtány. Úlohou pro žáky může být zjistit polohu těžiště „činky“: a) experimentálně, b) na základě výpočtu (a měření délek a vážení).



Obr. 2 - Náčrtek soustavy tvořené dřevěnou tyčkou a dvěma míčky

Experimentálně mohou žáci úlohu vyřešit např. pomocí nitě s očkem a zavěšování nebo pomocí „sjíždění prstů“ pod tyčkou.

Pokud budeme řešit úlohu na základě výpočtu, je potřeba zvážit oba míčky a tyčku a dále určit jejich rozměry (průměry míčků a délku tyčky). Vzhledem k tomu, že úloha je jednorozměrná, zvolili jsme pro přehlednost osu x v ose tyčky (a míčků) s počátkem na levém konci tyčky (označen O na obr. 2).

Využitím výše uvedeného vztahu pro polohu těžiště (a dosazením změřených hodnot, viz obr. 2), dostáváme, že

$$x_T = \frac{\frac{d_1}{2} \cdot m_1 + \frac{d_2}{2} \cdot m_2 + \left(d_2 - \frac{d_3}{2}\right) \cdot m_3}{m_1 + m_2 + m_3} \approx 30,0 \text{ cm.}$$

Zkušenost z výuky ukazuje, že jsou-li hmotnosti těles v řádu desítek gramů a jejich typické rozměry v řádu centimetrů až decimetrů, dochází k velmi dobré shodě mezi polohou těžiště zjištěnou na základě metod a) a b). Rozdíly bývají typicky v řádu jednotek milimetrů. Předpokladem je, že použitá tělesa jsou souměrná (se žáky můžeme diskutovat, co přesně to v tomto případě znamená). Přemýšlivějším žákům můžeme dát k zamyšlení další otázku, např.:

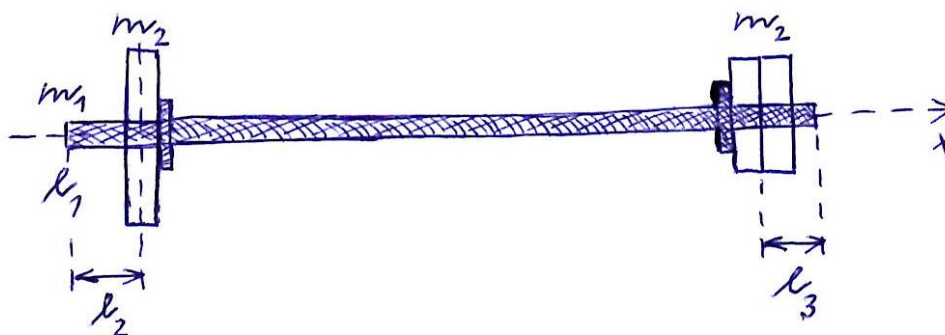
Kde všude může být na tyčce (mimo míčky) těžiště, když oba míčky na ní musí být zcela nasazeny (celým svým průměrem)?

Kolik rozmístění míčků existuje k jednotlivým polohám těžiště?

Jak se změní poloha těžiště činky?

Další úloha byla motivována cvičením v posilovně. Představme si, že člověk v posilovně chce použít činku, která bude mít na obou stranách po jednom 10kilogramovém kotouči.

Zjistí ale, že k dispozici je jen jeden 10kilogramový kotouč (ostatní jsou rozpůjčované) a dva 5kilogramové kotouče. Otázkou je, jak se změní poloha těžiště této nesymetrické činky oproti situaci, kdy byly po stranách 10kilogramové kotouče (symetrická činka)? Situace je znázorněna na obr. 3 (vyšrafovaná je symetrická tyč činky, jejíž parametry jsou označeny indexem 1).



Obr. 3 - Náčrtek nesymetrické činky

K početnímu řešení úlohy můžeme opět využít výše uvedený vztah pro polohu těžiště. Pokud budeme určovat změnu polohy těžiště jako rozdíl polohy těžiště „nové“, nesymetrické, činky a „původní“, symetrické, dostáváme (na základě obr. 3 a běžného označení), že

$$\begin{aligned}\Delta x_T &= x_2 - x_1 = \\ &= \frac{\frac{l_1}{2} \cdot m_1 + l_2 \cdot m_2 + (l_1 - l_3) \cdot m_2}{m_1 + m_2 + m_2} - \frac{\frac{l_1}{2} \cdot m_1 + l_2 \cdot m_2 + (l_1 - l_2) \cdot m_2}{m_1 + m_2 + m_2} = \\ &= \frac{1}{m_1 + 2m_2} m_2 [(l_1 - l_3) - (l_1 - l_2)] = \\ &= \frac{1}{2 + \frac{m_1}{m_2}} (l_2 - l_3).\end{aligned}$$

Nad výsledným vztahem se můžeme zamyslet z hlediska speciálních, limitních, případů. Bude-li $m_1 \ll m_2$, tj. tyč je velmi lehká oproti hmotnosti kotoučů, dostáváme $\Delta x_T \approx \frac{1}{2} (l_2 - l_3)$, což dobře odpovídá představě, že poloha těžiště je v tomto případě dána jen rozmístěním dvou stejně hmotných těles. Bude-li $m_1 \gg m_2$, tj. hmotnost kotoučů je zanedbatelná vůči hmotnosti tyče, dostáváme $\Delta x_T \approx 0$, což odpovídá představě, že poloha těžiště se po přidání dvou velmi lehkých kotoučů nezmění.

Můžeme také provést konkrétní výpočet pro reálné hodnoty, např. $m_1 = m_2 = 10$ kg a šířka libovolného ze tří kotoučů je 3 cm (z čehož vyplývá, že $l_2 - l_3 = 1,5$ cm). Po

jednoduchém výpočtu dostáváme $\Delta x_T = 0,5$ cm. V tomto případě je tedy zřejmé, že těžiště se posune jen málo.

Kde je střed území, např. Česka?

Poměrně známou aktivitou ve výuce fyziky je hledání středu území na základě polohy těžiště jeho modelu (viz např. fyzikální olympiáda, 1. kolo 57. ročníku, kategorie G – [3]). Úlohou pro žáky tedy může být *pomocí modelu z tužšího papíru najít střed České republiky*.

Jako pomůcky a materiál je možné použít tužší papír (např. desky od skicáku nebo část papírové krabice, formát A4), vtištěnou mapu ČR (stačí obrys), nůžky, špendlík, příp. závaží a nit.

Žáci mohou postupovat tak, že si vytisknou mapu ČR, podle ní vystřihnou tvar ČR z tužšího papíru (necháme je přemýšlet, jak tvar ČR z jednoho papíru na druhý převést) a najdou těžiště tužšího papíru. Těžiště mohou najít na základě podpírání tužšího papíru, pomocí závaží na niti nebo na základě „sjíždění prstů“.

Výsledek experimentu je možné porovnat s velmi názornou mapou v [4]. Jak už název odkazovaného příspěvku, *Hledáte střed Česka? Ale který?*, naznačuje, je pojem „střed území“ víceznačný. Kromě geometrického středu (u obce Číhošť), který může sloužit k porovnání experimentálně určeného výsledku, je zde uveden také např. střed podle hranic, střed diagonál nebo populační střed.

Ze zkušeností s touto aktivitou vyplývá, že poloha experimentálně určeného těžiště našeho modelu se od polohy geometrického středu ČR typicky liší pouze o jednotky kilometrů (převedeno na skutečnou vzdálenost). Obdobně můžeme nechat žáky experimentálně určovat střed vesnice, města nebo kraje, kde žijí.

Závěr

V tomto příspěvku byly představeny čtyři náměty týkající se těžiště. Jedná se o náměty spadající spíše do středoškolské fyziky, ale po mírném zjednodušení je lze využít i na základních školách. Aktivitu, které je možné na základě uvedených námětů realizovat, mohou do značné míry provádět samostatně žáci. Mohou je vést k hlubšímu přemýšlení nad fyzikou a obecněji nad okolním světem; náměty poukazují na využívání analogií, vztah model–realita a na mezipředmětové vztahy fyziky.

Literatura

[1] <http://vnuf.cz/sbornik/>

[2] Musilová J.: *Fyzikální omyly ve výuce mechaniky*. Československý časopis pro fyziku, 62(5–6), 2012, s. 346–357.

[3] http://fyzikalniolympiada.cz/archiv/57/fo57g1_z.pdf

[4] <http://www.skolnialtlassveta.cz/hledate-stred-ceska-ale-ktery/>

VELETRH NÁPADŮ UČITELŮ FYZIKY 24

Sborník z konference

Za odbornou správnost odpovídají autoři.

Příspěvky ve sborníku neprošly jazykovou úpravou.

Editor: RNDr. Michaela Křížová, Ph.D.

Vydání: první

Rok a místo vydání: Hradec Králové, 2019

Vydalo nakladatelství Univerzity Hradec Králové, Gaudeamus jako svou 1706. publikaci

ISBN 978-80-7435-770-1