

70 

Pedagogická
fakulta
Faculty
of Education

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice



Veletrh nápadů učitelů fyziky 23

Sborník z mezinárodní konference

31. 8. – 2. 9. 2018

České Budějovice



Editor: Ing. Michal Šerý, Ph.D.

První vydání.

Konference a vydání sborníku byly podpořeny: Jednotou českých matematiků a fyziků, Nadací České spořitelny a AV Media.

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

© Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2018

ISBN: 978-80-7394-719-4

Sponzoři:



Obsah

Úvodní slovo k Veletrhu nápadů učitelů fyziky 23.....	6
P. Adámek, P. Varnuška: Detektor bouřek	8
W. Aschauer: Elektrische und magnetische Felder im Physikunterricht	14
B. Balek: Principy měření průtoku tekutin trubící	23
J. Blažek, V. Burdová: Čemu se rovná rychlost světla v látkovém prostředí?	31
V Boček: Magnety a cívky s proudem	40
P. Böhm: Přírodovědný Inspiromat 2018	47
Z. Bochníček: Jednoduché výpočty ve fyzice živé přírody	48
V. Burdová, J. Tesař: Využití populárně naučných pořadů při výuce fyziky	54
L. Dvořák, P. Kácovský: Další nápady z Malé Hraštic (jednoduché pokusy se slavnými jmény v pozadí)	64
I. Dvořáková: Hrajeme si se zatměním	74
R. Holubová: Miniexperimenty odvozené z pozorování každodenního života.....	77
J. Hrdý: Fyzikální principy letu kvadrokoptéry	83
J. Hrdý, I. Rohlena: Fyzikální demonstrace s využitím LED pásků	93
Z. Hubáček: Experimenty do kabelky.....	110
J. Hubeňák, J. Hubeňák: Souprava pro experimenty s elektromagnetickou vlnou	113
P. Kácovský: Elektrické obvody očima termovizní kamery	117
O. Kéhar, M. Netrvalová: Vzájemné vzdálenosti planetek	121
J. Kohout: Sturmova fontána	132
K. Kolář: Fyzika teplokrevnosti.....	136
P. Kratochvíl: Stroboskop pro školní experimenty	140
F. Lustig: Postav si tradiční a současně vzdálený experiment za 10 Euro a 10 minut.....	145
J. Machalická, V. Koudelková: Fyzikální vystoupení: Fyzika všemi smysly.....	149
J. Machalická, M. Hájek, J. Reichl: Několik projektů z tábora, tentokrát na téma „Když dva dělají totéž, nemusí to být totéž“	153
D. Mandíková, Z. Drozd: Pár štěků z akustického workshopu	161
J. Matoušek: Vzájemné ovlivnění fyziky a techniky	167
J. Novotný: Problém dvou obálek, problém tří dveří a Jánošíkův paradox	171
L. Podzimková, I. Dvořáková: EarthKAM – využití mezinárodního projektu NASA ve škole	175
J. Reichl, J. Dvořák: Rubensova trubice.....	182
M. Snětinová, P. Kácovský, Z. Koupilová, D. Mandíková: Interaktivní prvky ve Sbírce řešených úloh a fyzikálních pokusů	189
M. Staněk: Čerstvý vítr z hor – představení projektu budování center kolegiální podpory	193
E. Svoboda: Přehled PLUS - Elektronický doplněk k Přehledu středoškolské fyziky	194
J. Svobodová: Ukázky z Newtonových Principií	198

J. Škrabánková, L. Koníček: Reflexe badatelských dnů a pracovních listů v rámci projektu PŘÍRODA	203
J. Šestáková: Peer Instruction – Nové úlohy	215
J. Šůstek, L. Richterek: Fyzikální procházky Olomoucí	219
J. Tesař, F. Jáchim: Moderní technologie při výuce fyziky z pohledu žáků.	228
V. Vochozka, M. Šerý: Tvorba fyzikálních pomůcek 3D modelováním, 3D tiskem a CNC frézku	235
V. Vícha: Záhada Střelkového mysu.....	243
V. Žák: Tíhové zrychlení na několik žakovských způsobů	251
V. Žák, V. Koudelková, S. Gottwald: Může být další sbírka fyzikálních úloh pro ZŠ něčím nová?	256

Úvodní slovo k Veletrhu nápadů učitelů fyziky 23

JIRÍ TESAR

Tato tradiční konference se uskutečnila ve dnech 31. 8. – 2. 9. 2018 v Českých Budějovicích. Celým jejím průběhem se neslo motto „Fyzika je pro život“. Není náhodou, že pořádáním byla pověřena katedra aplikované fyziky a techniky Pedagogické fakulty JU, která Veletrh organizovala naposledy před 15 lety. Pedagogická fakulta v Českých Budějovicích letos totiž slaví 70 let od svého vzniku a Veletrh nápadů učitelů fyziky se tak stal významnou součástí těchto oslav. Záštitu nad konferencí převzal rektor Jihočeské univerzity doc. Tomáš Machula, Ph.D. Th.D., který ve svém zahajovacím projevu vyzdvihl význam fyziky a technického vzdělávání pro rozvoj společnosti. Akce tohoto rozsahu se neobešla bez sponzorů, nejvýznamnějšími byly Jednota českých matematiků a fyziků, AV Media a Nadace České spořitelny. Hlavním mediálním partnerem byl Čs. časopis pro fyziku.

Celé jednání Veletrhu včetně ubytování a stravování proběhlo v areálu Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích. Účastníci se tak mohli naplno věnovat zajímavým a inspirujícím příspěvkům stejně jako získávat nové kontakty a spolupracovníky pro další rozvoj didaktiky fyziky, aniž by ztráceli čas přejížděním nebo hledáním vhodného stravovacího zařízení. Neodmyslitelnou součástí Veletrhu byl už tradičně společenský večer, který se rovněž uskutečnil v univerzitním kampusu. I ten přispěl k dobré pohodě účastníků a nenechal nikoho na pochybách, že komunita didaktiků a učitelů fyziky je „skvělá parta“. Součástí konference také bylo předání vyznamenání JČMF, která oceněným účastníkům předal předseda Fyzikální pedagogické společnosti JČMF doc. RNDr. Zdeněk Drozd, Ph.D.

Konference se zúčastnilo 131 učitelů fyziky a osob spřízněných s výukou fyziky na všech typech škol. Účastníci vyslechli 41 příspěvků a prohlédli si 9 posterů a výstavek pomůcek, včetně prodejní výstavy učebnic od nakladatelství SPN Praha. Úvodní přednáška Dr. Aschauera z Pädagogische Hochschule Linz se zabývala netradičním přístupem k výuce elektrického a magnetického pole. Toto vystoupení vyvolalo u účastníků mnoho připomínek, zejména v reakci na široké uplatnění analogie mezi povrchovým napětím a elektrickým a magnetickým polem. Oprávněný ohlas sklidilo vystoupení žáků ZŠ Vítka Peterky a Olivera Morgana, kteří dokázali auditorium přesvědčit, že i mezi dorůstající generací se vyskytují nadaní žáci se zájmem o fyziku, kteří navíc umí zaujmout tak náročné publikum, jaké tvořili účastníci konference.

Většina přednesených příspěvků byla velmi zajímavá a přínosná. Stejně jako v minulých ročnících největší ohlas sklidily příspěvky zaměřené na klasický experiment, resp. na názorné pomůcky pro výuku fyziky. Potěšitelné je, že nezanedbatelnou část příspěvků tvořila vystoupení doktorandů a mladých začínajících učitelů. Tato skutečnost oprávněně vyvolává optimismus, že výuka fyziky přes všechny současné obtíže bude i v budoucnu zajišťována kvalitními učiteli, kteří jsou pro svůj obor nadšeni a dokáží pro něj nadchnout i své žáky a studenty.

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

Příspěvky, přednesené na 23. Veletrhu, 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 čj. MSMT-970/2018-1-67.

Za organizační výbor Jiří Tesař

Detektor bouřek

PETR ADÁMEK, PAVEL VARNUŠKA
Pedagogická fakulta JU, České Budějovice

Resume

Příspěvek se zabývá praktickými konstrukcemi elektronických detektorů úderu blesků pro mladé členy kroužku elektroniky. Těm odpovídá i složitost a sofistikovanost použitých zapojení, dostupnost použitých součástek a ekonomické náklady na jejich pořízení.

Úvod

Bouřkovou činnost dnes může být sledována i s mobilní aplikací, a to aktuálně lokálně na hodinu a místo. V současnosti je to poměrně aktuální téma, když u nás poklesl počet efektivních srážek, které přinášejí vláhu. S uplynutím delší doby, časově odpovídající délkou přes celé dvě generace vývoje polovodičové elektroniky mohou detektory bouřkové činnosti působit jako překonané anachronismy. Za uvedenou dobu bylo publikováno, především radioamatéry relativně velké množství více, či méně složitých elektronických detektorů pro monitorování bouřkové činnosti. Za současnou moderní aplikaci pro detekci bouřek lze považovat s mikrořadičem-mikroprocesorovou stavebnicí Arduino [1]. Zde nabízíme zde dva přístupy z hlediska analogové techniky, vhodnější pro pochopení funkce jak elektronických obvodů, tak fyziky a problematiky přírodního jevu. Nejjednodušší tranzistorový detektor blesků a složitější provedení v podobě dlouhovlnného přijímače, který umožňuje zobrazit četnost úderů blesků, vzdálenost zdroje atd. Oba principy analogových systémů je možno následně doplnit vlastní zvolenou nebo dostupnou digitální technikou (procesorovou stavebnicí) pro monitorování, případně i následné vyhodnocení naměřených dat.

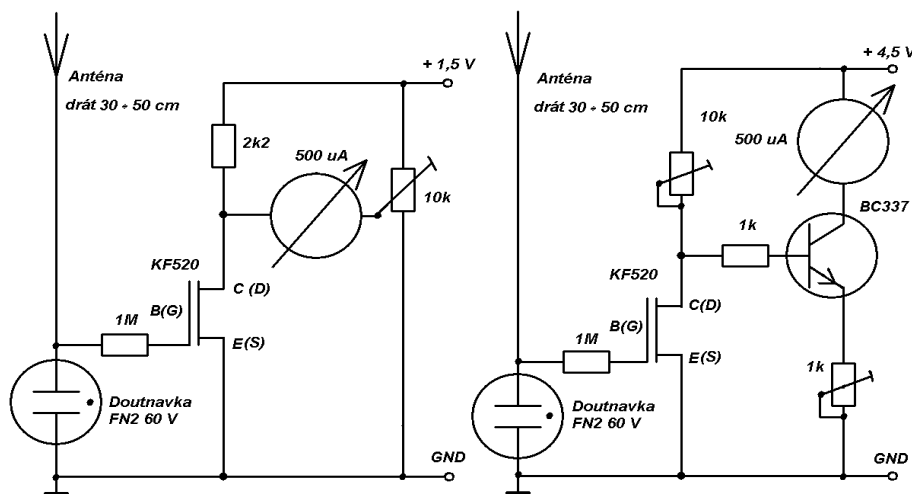
Bouřky

Bouřková činnost a zvýšené proudění vzduchu je provázána vznikem atmosférické elektřiny. Nejčastějším [2] viditelným a slyšitelným projevem vyrovnání náboje mezi mraky vzájemně a mezi mraky a zemským povrchem je známý hluk hromu, jako akustický projev jiskrového výboje za atmosférického tlaku-blesku. Vzniklý výboj můžeme registrovat nejenom akusticky, ale i na vzdálenosti desítek i stovek kilometrů jako rádiové poruchy. Tyto poruchy jsou širokospektrální a šíří se elektromagnetickými vlnami od nízkých frekvencí až po mikrovlny [3]. Tyto poruchy jsou pro komunikaci a přenos dat více či méně účinně cíleně potlačovány především principy rádiového přenosu informací. Samozřejmě, to není tak jednoduché, jak z hlediska elektrického výboje, tak souvisejícího předcházejícího vzniku elektrických nábojů. V nedávných dobách, před 30 lety, bylo možné bouřkovou činnost nechtěně sledovat klasickými přijímači televizního a rozhlasového vysílání. Bouřková činnost, konkrétně bleskový výboj se projevoval akustickými poruchami, praskání, výpadky signálu přijímače díky poruchám přijímaného elektromagnetického signálu, u televizního přijímače rušením zvuku a poruchami obrazu. V některých případech jeho úplným výpadkem signálu. Při úderu blesku do vysílačů je tento jev patrný i dnes, při jejich poškození nebo zničení. Nejsnazší je detekce na starším rádiovém přijímači nejvíce na dlouhých vlnách i středních vlnách s amplitudově modulovaným signálem. Funkční a účinný případ by byla aplikace přijímače s diodovým detektorem, jediným polovodičovým prvkem, v učebnicích fyziky a techniky-

elektroniky a nejen v nich bývá uvedeno pod názvem „krystalka“. Z použitých zapojení je vyjmuta, protože vyžaduje některé součásti (např. otočný ladící kondenzátor a další), které jsou dnes těžko dostupné. Pokud nemáme uvedený přijímač k dispozici, třeba zapomenuté starší stavebnice elektroniky, můžeme si podobné zařízení nejen pro školní aplikace postavit. Předkládané detektory by neměly atmosférické poruchy potlačovat, ale cíleně detekovat, eliminovat detekci signálů, kterých je v současnosti v prostoru nesrovnatelně více a umožnit člověku přijatelnou signalizaci bouře-blesků a její vyhodnocení, alespoň vzdálenosti. Dalším požadavkem je jejich jednoduchá konstrukce, snadná a rychlá realizovatelnost a nízké náklady.

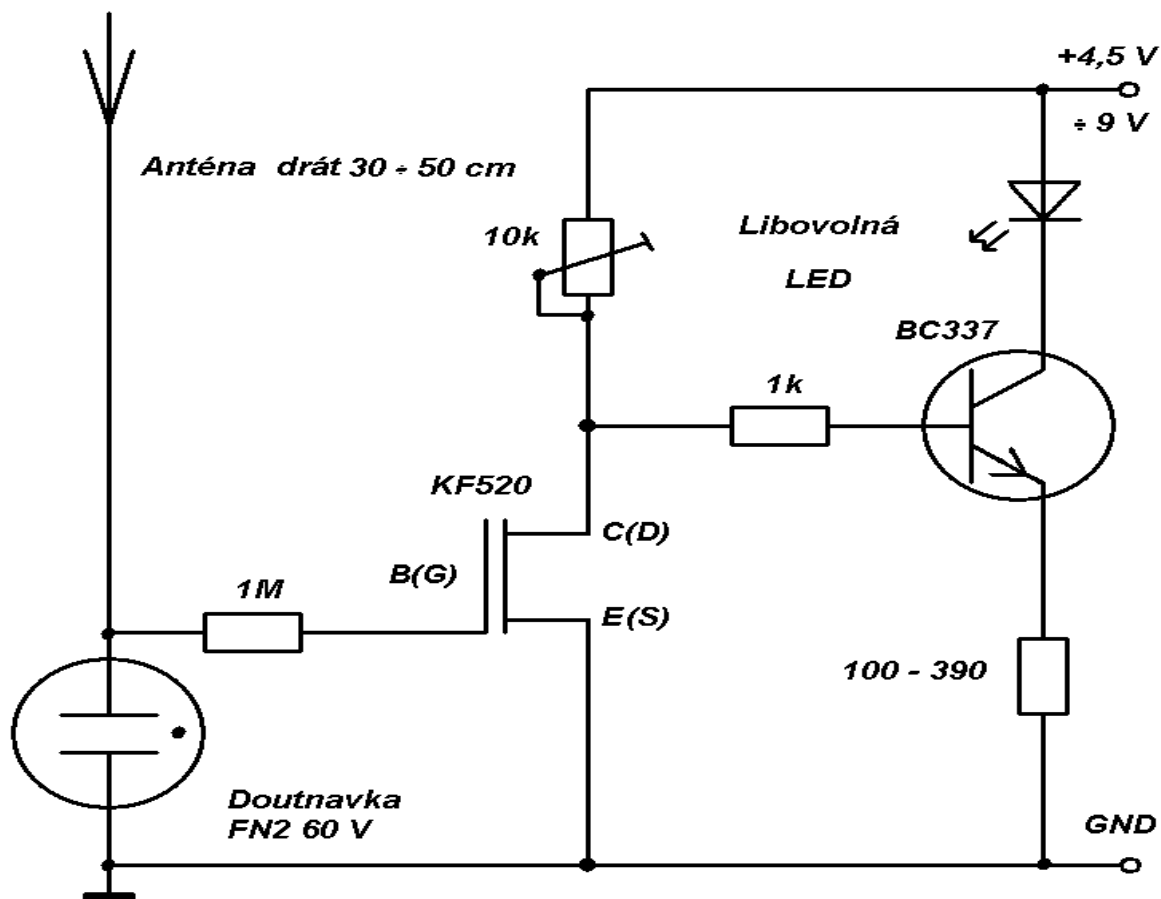
Konstrukce detektorů bouřkové činnosti

Jedním z nejjednodušších méně citlivých detektorů, který obsahuje pouze jeden aktivní prvek [4], je detektor s tranzistorem MOS-FET KF520 [5], který se vyznačuje velkým vstupním odporem a velkými průraznými napětími mezi elektrodami na obrázku 1. vlevo. S použitím starého značení elektrod, v závorkách je uvedeno nové obvyklé značení. Toto zapojení polem řízeného tranzistoru reaguje na změny elektrického náboje – napětí v ovzduší, tj. statickou elektřinu. Detektor bude také reagovat na blízký elektrický náboj způsobený třením syntetického oblečení, nebo nabitý Van de Graafův generátor, zajiskření vodiči nebo jiným zdroji výboje nebo vysokého napětí. Přijímací „anténu“ tvoří (30÷50) cm dlouhý vodič. Toto zařízení je uvedeno ve třech provedeních dle [4]. Jako indikace je použito méně citlivého dostupného mikroampérmetru (500 μ A) [6], můžeme použít i citlivější a napájecí napětí poskytuje jediný tužkový článek 1,5 V. Druhé citlivější zapojení na obr. 1. vpravo, je doplněno jednostupňovým zesilovačem s libovolným tranzistorem NPN, např. BC337 [7], indikace je provedena opět mikroampérmetrem a napájení je z ploché baterie 4,5 V. Z velikosti výchylky můžeme usuzovat „velikost“, intenzitu blesku a z časového zpoždění mezi indikací a příšlým zvukem hromu jeho vzdálenost. Všechna zapojení vyžadují experimentování s nastavením 10k Ω odporových trimrů, pro nastavení (ideálně středové) výchylky měřidel v klidu, případně maximální citlivosti. Jiné provedení detektoru je opět s polem řízeným tranzistorem KF520 a jednostupňovým jednotranzistorovým (BC337) zesilovačem na obr. 2., s pevnými hodnotami součástek a indikací libovolnou svítivou diodou s možným napájením 4,5 V ÷ 9 V.



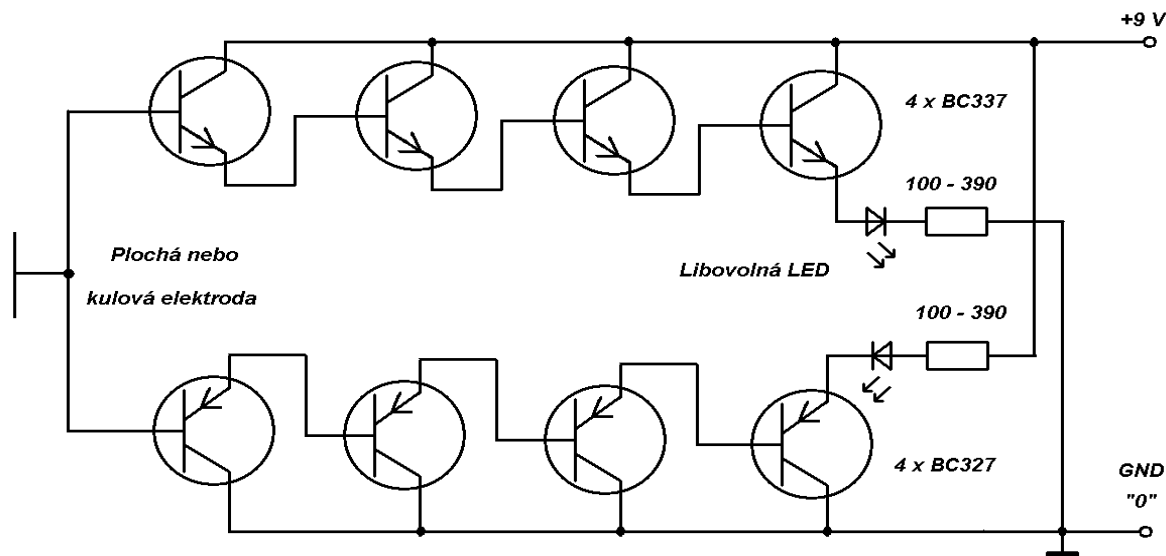
Obr. 1. Zapojení jednoduchého detektoru s KF520 a mikroampérmetrem vlevo a citlivějšího s přidaným tranzistorem BC337 vpravo, upraveno dle [4].

Všechny tyto detektory elektrického pole je třeba chránit před zničením polem řízeného tranzistoru. Optimálním technickým řešením byla doutnavka s malým zapalovacím napětím kolem 60 V, tranzistor KF520 je možné nahradit dle uvedeného schématu typem KF910 dle [4]. Pozn. Autora: tranzistory KF910, KF907 dosahují nižších hodnot průrazného napětí (± 30 V) mezi řídicí elektrodou, U KF520 a (dle některých katalogů součástek dosahuje až 70 V) označovanou báze B(Gate), a elektrodou označovanou emitor E(Source), kolektor C(Drain). Značení elektrod u KF520 v katalogu TESLA odpovídá spíše značení bipolárního tranzistoru PNP. Obvyklé současné značení je Gate, Drain, Source. Takže hledáme parametr napětí UGS, nebo VGS. V současnosti nabízené produkci polovodičových součástek MOS FET tranzistory pro speciální použití se vzdáleně blíží dosahovanému napětí mezi řídicí elektrodou G a zdrojovou elektrodou S. Hodnoty dosahují polovičních hodnot $U_{GS} = 30$ V u nejlepších MOS FETů. Takže tranzistor MOS FET nelze chránit před průrazem doutnavkou. Každá ochrana před průrazným napětím degraduje především parametry vstupního odporu. Nicméně tranzistor KF520 je v současném doprodeji starších součástek a je ještě stále dostupný



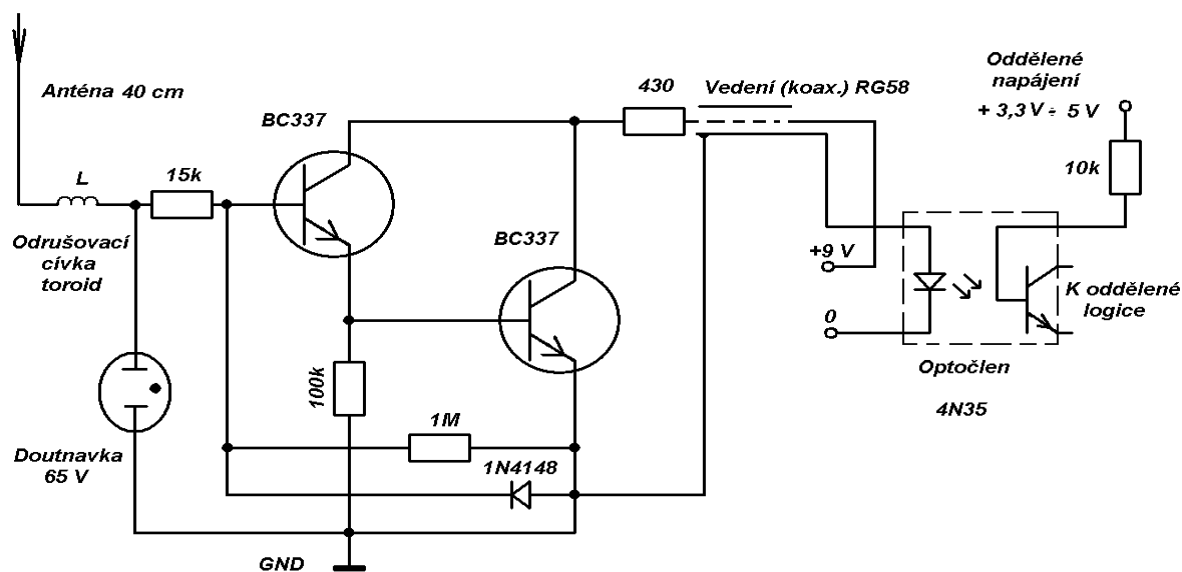
Obr. 2. Zapojení citlivějšího detektoru s KF520, svítivou diodou a s jednotranzistorovým zesilovačem s BC337, převzato a upraveno dle [4].

Elektrický náboj, i jeho změnu, kterou způsobí úder blesku, je možné indikovat i s bipolárními tranzistory v upraveném zapojení na obr. 3., nedosahuje však tak vysokého vstupního odporu a má menší citlivost a dosah. Pro indikaci klasického blesku s tranzistory NPN a pro indikaci opačné polarity s tranzistory PNP. Zapojení je upraveno na dnešní součástkovou základnu podle zapojení „Elektroskop s tranzistory“ dle [8].



Obr. č. 3 Detektor elektrického pole s bipolárními tranzistory dle elektroskopu [8] a upraveno na současnou součástkovou základnu.

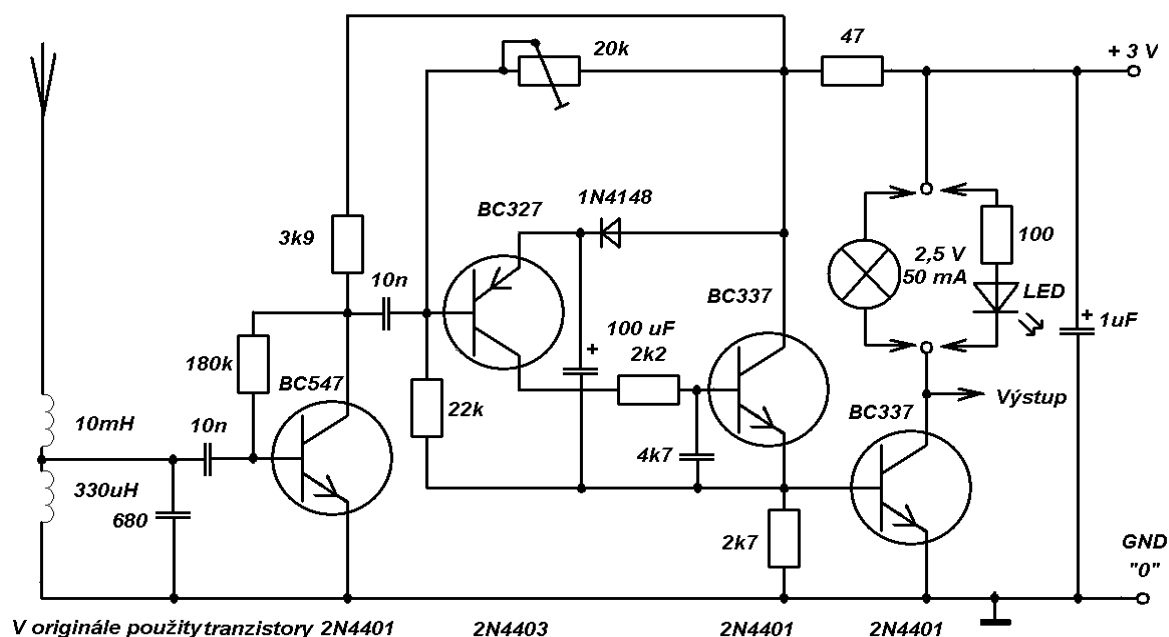
Detekci bouřek, blesků pomocí příjmu elektromagnetických vln volí autor [9], aplikací jednoduchého dvoutranzistorového nízkofrekvenčního rádiového přijímače.



Obr. č. 4. Detektor s bipolárními tranzistory, přizpůsobený k připojení k číslicovému systému a chráněný před přepětím doutnavkou a optoelektrickým izolačním členem.

Anténa je opět jednoduchá – s libovolnou tlumivkou z elektrického spotřebiče - vodič délky (30÷50) cm. Obvod je přizpůsoben pro připojení k výpočetnímu (Arduino a jiné) systému galvanickým oddělením optoelektrickými izolačními členy například viz uvedenými 4N35 [10]. Na obr. 4. je uvedeno upravené schéma dle [9]. Připojené zařízení chrání, dle typu optoelektrického členu, před napětím 3,5 kV až 7,5 kV. Dvojice tranzistorů, původně zastaralých KC 508 je nahrazena dvojicí BC337 [7], Anténa je přizpůsobena tlumivku (není

kritické) a chráněna před atmosférickou elektřinou, nejlépe doutnavkou, použita je běžně dostupná doutnavka bez omezovacího rezistoru na zapalovací napětí kolem 65 V.



Obr. č. 5. Detektor bouřek s použitím signálů elektromagnetického pole, přijímač, upraveno dle [3] i na moderní dostupné polovodiče.

Jiný přístup je detekce bouřkové činnosti pomocí elektromagnetických vln na vyšších kmitočtech, které je několikrát zpracováno i jako závěrečná práce například v [3]. Tento rádiový přijímač respektuje volné kmitočtové pásmo kolem 300 kHz, aby nepodléhal rušení jinými zdroji, vysíláči používanými pro komunikaci a navigaci nebo jinými. Zapojení z obr. 5. nejprve zesílí přijímaný signál z antény (BC547) [11], potom se tvaruje (BC327, [12], BC337 [7], diodou 1N4148 [13] klopném obvodu a je zobrazen třeba blikáním klasické žárovky nebo svítivou diodou. Zapojení se vyznačuje komplikovanějším přizpůsobením induktivním s cívkou (zkrácením) antény přijatelných rozměrů. Téma pro příjem elektromagnetických vln pro detekci bouřkové činnosti je vícenásobně zpracováno i jako diplomové práce [3] nebo [14]. Uvedené zapojení však přesahuje požadované jednoduché a časově nenáročné zpracování, které původně zlepšuje motivaci. Takže pro naše účely není vhodné.

Z prostorových důvodů není předložený článek ani zdaleka vyčerpávající. Další možný přístup je využití magnetické složky elektromagnetických vln, mikrovln...atd.

Literatura

- [1] https://www.hwpro.cz/oc/index.php?route=product/product&product_id=441A
- [2] SEDLÁK, B., ŠTOLL, I.: *Elektřina a magnetismus*. Praha: Academia, 2002, 2. vydání.
- [3] https://www.google.cz/search?ei=n3F1W8rVMNDOwQLjqLOICg&q=detektor+bou%C5%99ek+Totkov%C3%A1+UTB&oq=detektor+bou%C5%99ek+Totkov%C3%A1+UTB&gs_l=psyab.3..33i160k1.6470.8169.0.9387.4.4.0.0.0.163.401.3j1.4.0...0...1c.1.64.psy-ab..0.4.395...0.rDmD8XITPuA
- [4] <http://vmiksik.sweb.cz/indikator.html>
- [5] <http://teslakatalog.cz/KF520.html>

- [6] <https://www.conrad.cz/analogove-panelove-meridlo-voltcraft-am-60x46-100ua-dc-100-ua.k103537>
- [7] <https://www.gme.cz/bipolarni-tranzistor-bc337-25-to92>
- [8] Elektroskop s tranzistory. Amatérské radio B č. 4/ 1986, str. 146
- [9] <https://www.lphard.cz/modules.php?name=News&file=article&sid=93>
- [10] https://www.gme.cz/vysledky-vyhledavani?search_keyword=4n35&page=1
- [11] https://www.gme.cz/vysledky-vyhledavani?search_keyword=bc547&page=1
- [12] https://www.gme.cz/vysledky-vyhledavani?search_keyword=bc327&page=1
- [13] <https://www.gme.cz/dioda-1n4148>
- [14] https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=82870

Elektrische und magnetische Felder im Physikunterricht

WOLFGANG ASCHAUER

Pädagogische Hochschule Oberösterreich, Linz, Österreich

Folie 1:

Begrüßung zum Vortrag „Elektrische und magnetische Felder im Physikunterricht“

Folie 2:

Inhaltlich stehen zwei Schwerpunkte im Zentrum meines Vortrags.

Im ersten Teil möchte ich einen Überblick geben, welche Schülervorstellungen im Themengebiet Elektrizität und Magnetismus sowohl bei internationalen Studien als auch bei meinen eigenen empirischen Untersuchungen identifiziert werden konnten.

Im zweiten Teil werde ich die Grundzüge eines Unterrichtskonzepts zur Einführung elektrischer und magnetischer Felder vorstellen, welches im Rahmen eines meiner Forschungsprojekte entwickelt und evaluiert wurde.

Folie 3:

Die Schülervorstellungen wurden sowohl in der Sekundarstufe I, abgekürzt mit Sek I, als auch in der Sekundarstufe II, abgekürzt mit Sek II, erhoben. Zur Information, in Österreich erstreckt sich die Sekundarstufe I von der 5. bis zur 8. Schulstufe, also von den 11 bis 14-jährigen und die Sekundarstufe II von der 9. bis zur 12. Schulstufe, also von den 15 bis 18-jährigen.

Als Erhebungsinstrumente wurden Interviews und Fragebögen verwendet, die auf die Lerninhalte der jeweiligen Sekundarstufe angepasst waren. Das Sample VU, für „vor Unterricht“, hatte in der entsprechenden Stufe noch keinen Unterricht über elektrische und magnetische Felder. Das Sample NU, für „nach Unterricht“, hatte bereits Unterricht in der jeweiligen Schulstufe über diese Themengebiete.

Folie 4:

In Übereinstimmung mit anderen internationalen Studien konnten im Schnitt nur wenige Items richtig gelöst werden bzw. es zeigten sich zahlreiche lernhinderliche Vorstellungen.

Abweichend zu anderen Studien, schnitten die Schülerinnen und Schüler des NU-Samples nicht wesentlich besser ab. In der Sekundarstufe II konnten sie im Schnitt nicht einmal eine Frage mehr richtig beantworten. Noch drastischer ist das Ergebnis in der Sekundarstufe I. Hier schnitten die Schülerinnen und Schüler des NU-Samples sogar etwas schlechter ab. Und dies obwohl doch durch den Unterricht deutliche Vorteile zu erwarten waren.

Es zeigte sich, dass gerade die Vorstellungen über die Quellen der Felder sehr problematisch sind. Ein zweites Problem betrifft die Interpretation der Wechselwirkungen. Die Schülerinnen und Schülern neigen sehr stark dazu diese im Sinne des Fernwirkungsprinzips zu interpretieren. Nur wenige tendieren zum Nahwirkungsprinzip.

Folie 5:

Ich werde ihnen nun einige ausgewählte Ergebnisse präsentieren. Die ersten Resultate beziehen sich auf die Quellen elektrischer Felder. Nach den Quellen elektrischer Felder befragt, entschied sich die Mehrheit der Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe I entweder für bewegte Ladungen, beim VU-Sample, bzw. für die richtige Antwortmöglichkeit c, beim NU-Sample.

Folie 6:

Interessanterweise tendierten die Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe II, eher zu bewegten Ladungen, im NU-Sample sogar noch ausgeprägter. Es zeigte sich deutlich, dass je mehr die Lernenden Unterricht über Elektrizität hatten, desto eher tendierten sie zu bewegten Ladungen. So verwies auch in den Interviews die Mehrheit der Schülerinnen und Schüler auf den Umstand, dass die Ladungen sich unbedingt bewegen müssen. Eine spezielle Begründung dafür konnten die meisten Probanden nicht nennen. Allerdings gaben einige Schülerinnen und Schüler an, dass ihnen beim Begriff Elektrizität sofort Gleichstromkreise und elektrischer Strom, also bewegte Ladungen einfallen. Möglicherweise werden elektrische Felder daher mit bewegten Ladungen assoziiert.

Folie 7:

Dies zeigt sich auch bei einer Frage zum Themenbereich „Gleichstromkreise“. Nur wenige Probanden konnten einen korrekten Zusammenhang zwischen elektrischem Strom und elektrischem Feld herstellen. Sehr viele Schülerinnen und Schüler stellten eine falsche Kausalbeziehung her. So war mehr als die Hälfte der Probanden des NU-Samples der Meinung, dass der elektrische Strom das elektrische Feld hervorrufen würde. Eine mögliche Ursache dafür ist, dass Gleichstromkreise meist nicht mit E-Feldern behandelt werden – schlussendlich ist daher meist die Spannung die Ursache des Elektronenflusses.

Folie 8:

Die Vorstellung, dass nur bewegte Ladungen die Quellen elektrischer Felder sind, wirkt sich auch auf andere Themengebiete aus. So wird die Wechselwirkung von elektrischen Feldern und Isolatoren von den meisten Lernenden falsch interpretiert und zwar in zweierlei Hinsicht:

Erstens werden Isolatoren nicht als Quellen elektrischer Felder angesehen, unabhängig davon, ob sie geladen sind oder nicht.

Als Beispiel hier der Auszug eines Interviews eines Schülers der Sek II. Für ihn würde eine positiv geladene Holzkugel kein elektrisches Feld hervorrufen, da Holz ja ein Isolator ist.

Folie 9:

Ein ähnliches Ergebnis liefert diese Frage auch in der Sek I und zwar sowohl im VU- als auch im NU-Sample. Der Großteil der Probanden war der Meinung, dass eine geladene Holzkugel weder ein elektrisches noch ein magnetisches Feld hervorrufen würde. Im Falle einer positiv geladenen Kupferkugel sieht das Ergebnis ganz anders aus. Hier war die Mehrheit der Schülerinnen und Schüler der Meinung, dass ein Feld hervorgerufen wird. Beim VU-

Sample, blau markiert, war der Anteil jener, die ein elektrisches bzw. ein magnetisches Feld nannten fast gleich groß. Die Probanden des NU-Samples tendierten eher zu einem magnetischen Feld.

Folie 10:

Nicht nur, dass Isolatoren nicht als Quellen elektrischer Felder betrachtet werden, die Mehrheit der Schülerinnen und Schüler geht davon aus, dass keine Wechselwirkung zwischen elektrischen Feldern und Isolatoren existiert. So ging die Mehrheit der Schülerinnen und Schüler, 68 % vom VU-Sample und 54 % vom NU-Sample, davon aus, dass die geladene Wand das Gummiblatt nicht beeinflusse, da Gummi ein Isolator sei. Nur 5 % der Befragten der VU-Gruppe gab an, dass das Gummiblatt zur Wand biege. Im NU-Sample betrug der entsprechend Anteil auch nur 15 %.

Eine mögliche Erklärung liegt eventuell darin, dass viele Lernende die Vorstellung haben, dass in einem Isolator kein elektrisches Feld vorliege. Ein Umstand, der in anderen Studien (Bilal & Erol, 2009; Viennot & Rainson, 1992; Rainson et al., 1994) gezeigt werden konnte.

Folie 11:

Wie sieht es nun beim magnetischen Feld aus?

Obwohl Schülerinnen und Schüler bereits sehr bald, teilweise auch schon in der Primarstufe, mit magnetischen Phänomenen im Unterricht konfrontiert werden, konnten im Rahmen der empirischen Untersuchung, wie auch in anderen Studien, zahlreiche problematische Schülervorstellungen identifiziert werden.

Viele Schülerinnen und Schüler, sowohl der Sekundarstufe I als auch II, hatten die Vorstellungen, dass magnetische Felder von ruhenden Ladungen erzeugt würden. Die Pole eines Magneten werden als Bereiche angesehen, in denen ein positiver bzw. negativer Ladungsüberschuss vorliegt. Die Mehrheit betrachtet dabei den Nordpol als positiv und den Südpol als negativ geladen. Als Beispiel hier zwei Zitate von Schülern der Sek II.

Beide Schüler verweisen darauf, dass der Nordpol positiv und der Südpol negativ geladen sei.

Folie 12:

Ein ähnliches Resultat lieferte auch die Fragebogenuntersuchung in der Sek I. Die Mehrheit betrachtete die Pole als geladene Bereiche. Interessanterweise erzielten bei dieser Frage die Schülerinnen und Schüler des VU-Samples ein wesentlich besseres Ergebnis.

Ein möglicher Grund für die Vorstellungen geladener magnetischer Pole könnte die Farbkennzeichnung der Magnete sein. Die Probanden verwiesen in den Interviews immer wieder darauf, dass wegen der unterschiedlichen Ladungen ja auch die eine Hälfte rot und die andere grün gekennzeichnet sei, bzw. dass der Nordpol deshalb rot markiert sei, weil er ja positiv geladen ist.

Folie 13

Trotz der zahlreichen lernhinderlichen Schülervorstellungen im Zusammenhang mit Elektrizität und Magnetismus, finden sich in der Fachliteratur nur wenige evaluierte Lösungsansätze. Einer meiner Forschungsschwerpunkte ist daher die Entwicklung und Evaluation eines Unterrichts über elektrische und magnetische Felder, der Lernende bei der Entwicklung physikalisch angemessener Vorstellungen unterstützen soll.

Das Projekt ist noch nicht abgeschlossen, ich kann aber zumindest ein Konzept zur Einführung der Felder in der Sekundarstufe II vorstellen.

Entsprechend dem Paradigma des Design-Based Research wurde zuerst theoriebasiert ein erstes Unterrichtskonzept erstellt, welches anschließend in mehreren Zyklen aus Evaluation und Re-Design optimiert wurde.

Folie 14:

Die Konzeption des Einführungsunterrichts folgte dabei folgenden Prinzipien:

Im Mittelpunkt stehen die beiden Basiskonzepte Feld und Materie und deren Interaktionen, wie sie in den Maxwellgleichungen bzw. der Lorentzkraft repräsentiert werden – allerdings wird auf eine Spezifizierung der einzelnen Gesetzmäßigkeit bzw. eine formale Beschreibung verzichtet, sondern die zentralen Aussagen werden nur qualitativ behandelt.

Die Felder werden parallel eingeführt. Dadurch können sowohl Gemeinsamkeiten aber auch die Unterschiede besser unterstrichen werden.

Visualisiert werden die Zusammenhänge der Basiskonzepte mithilfe eines Concept Maps, welches in Anlehnung an Bagno & Eylon entwickelt wurde. Dadurch sollen die Schülerinnen und Schüler nicht nur besser die Zusammenhänge lernen, sondern von Anfang an beim Aufbau einer hierarchischen Wissensstruktur unterstützt werden.

Folie 15:

Das fertige Concept Map hat folgendes Aussehen und wurde sowohl in der Sek I und II eingesetzt.

In der Elektrizitätslehre stehen die beiden Konzepte Materie und Feld im Mittelpunkt. Materie in Form von Ladungen – ruhend bzw. bewegt, also elektrische Ströme. Ruhende und bewegte Ladungen rufen elektrische Felder hervor. Magnetische Felder werden nur von bewegten Ladungen hervorgerufen.

Bei zeitlicher Änderung können die Felder sich gegenseitig hervorrufen.

Elektrische Felder werden von allen Ladungen hervorgerufen. Daher werden elektrische Felder auch Kräfte auf alle Ladungen, ruhende als auch bewegte, ausüben. Da magnetische Felder nur von bewegten Ladungen hervorgerufen werden, üben diese nur Kräfte auf bewegte Ladungen bzw. elektrische Ströme aus.

In dieser Form stellt das Concept Map die zentralen Zusammenhänge, wie sie in den Maxwellgleichungen und der Lorentzkraft formal beschrieben sind, visuell dar.

Folie 16:

Traditionell wird in Österreich der Feldbegriff als Funktion eingeführt, die jedem Punkt den Wert einer ort- und zeitabhängigen physikalischen Größe zuordnet. Als Beispiele werden hier oft ein Höhenfeld, Temperaturfeld oder ein Strömungsfeld verwendet.

Dabei erhält das Feldkonzept aber oft den Status eines mathematischen Hilfsobjekts. In der klassischen Feldtheorie sind die Felder aber mehr als nur eine Funktion. Sie sind vielmehr eigenständige physikalische Objekte.

Im neu konzipierten Unterricht wird daher der Feldbegriff über seine historische Bedeutung in der Physik eingeführt. Die Lernenden sollten erkennen, dass der Feldbegriff in der Interpretation von Kraftwirkungen über Distanzen eine zentrale Rolle spielt

Das Feld ist ein sehr abstraktes physikalisches Konzept. Daher sollte die Einführung des Feldbegriffs durch eine Analogie unterstützt werden. Idealerweise sollte die eingesetzte Analogie aus einem anderen Teilgebiet der Physik stammen und die Interpretation des Feldes als eigenständiges physikalisches Objekt ermöglichen.

Nach sehr langem Suchen und Überlegen stieß ich in einer Dissertation auf einen Versuch zur Oberflächenspannung.

Wird ein Reißnagel vorsichtig auf die Wasseroberfläche gelegt, schwimmt dieser auf Grund der Oberflächenspannung. Interessanterweise befindet sich der Reißnagel immer in der Mitte des Becherglases und nicht am Rand. Selbst wenn man den Reißnagel etwas in Richtung des Randes stößt, wird dieser noch bevor er den Rand erreicht, zurückgestoßen.

Wird ein zweiter Reißnagel auf die Wasseroberfläche gelegt, schwimmen sie zu einander. Man könnte fast von einer Kraftwirkung ausgehen – und zwar ohne, dass sich berühren.

Der Rand des Glases und der Reißnagel stoßen sich gegenseitig ab, aber zwei Reißnägel ziehen sich gegenseitig an. In beiden Fällen tritt eine Wechselwirkung ohne direkten Kontakt auf, analog zur Wechselwirkung zwischen Ladungen oder zwischen elektrischen Strömen.

Im Fall der Reißnägel liegt der Grund in der Oberflächenspannung bzw. in der Bestrebung des Wassers die Oberfläche zu minimieren. Bekannt ist dieser Effekt auch unter dem Begriff „Cheerios effect“ (Vella & Mahadevan, 2005).

Folie 17:

Das Verhalten der Reißnägel auf der Wasseroberfläche bietet sich als Analogie sehr gut an, da sowohl Anziehung und Abstoßung auftritt und für Lernende leicht erkennbar ist, dass die gegenseitige Wechselwirkung nicht direkt von den Reißnägeln ausgeht, sondern durch die veränderte Wasseroberfläche vermittelt wird, was die Interpretation der Wechselwirkung im Sinne des Nahwirkungsprinzips erleichtert.

Sieht man seitlich auf die Wasseroberfläche oder legt man unter das Becherglas ein Millimeterpapier erkennt man, dass am Reißnagel sich konvexe Menisken ausbilden.

Im Vergleich zu anderen Analogien, wie das Höhenfeld oder Temperaturfeld, kann durch das Verhalten der Reißnägel auf der Wasseroberfläche der ontologische Status des Feldbegriffs besser vermittelt werden. Schließlich steht in der Analogie auch die Wechselwirkung zwischen Körpern (Reißnagel und Becherglas bzw. Reißnagel und Reißnagel) im Vordergrund. Außerdem ist klar erkennbar, dass die Veränderung der Wasseroberfläche durch einen Reißnagel immer vorhanden ist, unabhängig davon, ob ein zweiter Reißnagel anwesend

ist bzw. ob eine Wechselwirkung zwischen den Reißnägeln erkennbar ist. So wie in der klassischen Feldtheorie jede Ladung ein Feld in ihrer Umgebung hervorruft, unabhängig davon, ob eine zweite Ladung anwesend ist oder nicht. Die Existenz des Feldes ist also nicht an eine beobachtete Kraftwirkung gebunden.

Die verwendete Analogie hat aber auch noch einen weiteren Vorteil. Die Schülerinnen und Schüler akzeptieren sofort, dass die Ausbreitung der Störung auf der Wasseroberfläche etwas Zeit benötigt, so wie sich auch Felder nicht instantan ausbreiten.

Folie 18:

In der Sek II wurde der Einführungsunterricht für 2 Unterrichtseinheiten geplant und gliederte sich in 6 Sequenzen.

Den Ausgangspunkt bildete ein Demonstrationsexperiment zur Informationsübertragung mit Dezimeterwellen.

In der zweiten und dritten Sequenz wurden der Feldbegriff und die Quellen elektrischer und magnetischer Felder eingeführt.

In der vierten Sequenz stand die Sendeantenne im Mittelpunkt, also die Felder an der Sendeantenne, die Abschnürung der Felder und die gegenseitige Erzeugung.

Die Kraftwirkung der Felder wurde am Beispiel der Empfangsantenne besprochen und in der letzten Sequenz wurden die zentralen Inhalte wiederholt.

Im werde nun etwas genauer auf die ersten drei Sequenzen des Unterrichts für die Sek II eingehen.

Folie 19:

Zentraler Bestandteil des Einführungsunterrichts bildet die Informationsübertragung mit Dezimeterwellen. Konkret wird ein Ton von der Sendeantenne zur 3 bis 4 Meter entfernten Empfangsantenne übertragen.

Warum gerade dieser Versuch?

Traditionell wird die Elektrizitätslehre in Österreich mit den Feldern von Punktladungen eingeführt. Dynamische Prozesse erlauben es, Phänomene zu behandeln, die stärker in der Alltagswelt der Lernenden verankert sind. Im Gegensatz dazu handelt es sich bei Feldern von Punktladungen um sehr abstrakte Probleme, bei denen der Bezug zum Alltag nicht sofort herstellbar ist.

Dynamische Prozesse erlauben es außerdem, beide Felder gleichzeitig einzuführen.

Der Versuch der Informationsübertragung zieht sich wie ein roter Faden durch den Unterricht, da an ihm alle wesentlichen Inhalte thematisiert werden können.

Im Mittelpunkt steht erstmals nur die Frage:

- *Wie ist es möglich, dass der Ton vom Sender zur Empfangsantenne übertragen wird bzw. wer oder was überträgt die Information?*

Andere Teilaspekte des Versuchs, wie z. B. die Funktionsweise von Schwingkreisen, die Ein- bzw. Auskopplung der Signale oder das Resonanzverhalten wurden während des Einführungsunterrichts ausgeblendet.

Erklärte wurde nur:

- *Durch das Dezimeterwellengerät werden Elektronen in der Sendeantenne zum Schwingen angeregt.*
- *Die hin und her schwingenden Elektronen rufen elektrische und magnetische Felder hervor.*
- *Diese Felder koppeln sich von der Antenne ab und breiten sich im Raum aus.*
- *Die Felder gelangen zur Empfangsantenne und regen dort die Elektronen wieder zum Schwingen an, rufen also einen elektrischen Strom hervor. Der elektrische Strom wird verstärkt und schließlich im Lautsprecher in Schallwellen umgewandelt.*

Folie 20:

In der zweiten Sequenz ist der Ausgangspunkt die Anziehung zweier Stabmagnete mit den Fragen:

- *Wie ist das möglich, dass sich beide Stabmagnete anziehen, ohne in direkten Kontakt zu sein?*
- *Wie weiß der eine Magnet von der Anwesenheit des anderen Magneten?*

Um diese Fragen zu beantworten wird die Analogie mit den Reißnägeln verwendet und beide Situationen gegenübergestellt:

So wie jeder Reißnagel eine Veränderung der Wasseroberfläche hervorruft, so verändert auch jeder Magnet den Raum. Er ruft ein magnetisches Feld hervor. Und so wie die gegenseitige Anziehung der Reißnägeln durch die veränderte Wasseroberfläche hervorgerufen wird, so wird die gegenseitige Anziehung der Magnete durch das magnetische Feld vermittelt. Jeder einzelne Magnet nimmt also nicht den anderen wahr, sondern das Magnetfeld an dieser Stelle.

Die Veränderung der Wasseroberfläche nimmt mit der Entfernung ab. Auch die Stärke des Magnetfeldes, die sogenannte Feldstärke, nimmt mit der Entfernung ab. Das Magnetfeld selbst ist grundsätzlich unendlich weit ausgedehnt, aber die Kraftwirkung wird sehr schnell immer kleiner und ist daher fast nicht mehr messbar.

Die Veränderung der Wasseroberfläche kann sich nur mit einer gewissen Geschwindigkeit ausbreiten. Auch das Magnetfeld breitet sich mit einer gewissen, wenn auch sehr großen Geschwindigkeit, aus. Daher treten die Kraftwirkungen immer etwas zeitverzögert auf.

Folie 21:

In der nächsten Sequenz werden nun die Quellen der elektrischen und magnetischen Felder eingeführt. Verwendet wurden hierfür der Versuch von Oersted und die Abstoßung zweier geladener Luftballons. Als Zusammenfassung dienen eine Tabelle und die Visualisierung mittels Concept Map.

Folie 22:

Nun zu den Ergebnissen. Insgesamt wurde der Einführungsunterricht zehnmal in einem Laborsetting mit Zweiergruppen und in vier Schulklassen evaluiert.

Der vermeintlich komplexe und schwierige Einstieg mit einem dynamischen Prozess, im speziellen die Informationsübertragung mit elektromagnetischen Wellen, wurde von den Lernenden im Rahmen der Intervention akzeptiert und erwies sich als lernförderlich.

Die verwendete Analogie mit den Reißnägeln auf der Wasseroberfläche unterstützte die Einführung des Feldbegriffs.

Die Probanden konnten in den Aufgaben wesentlich besser zwischen den Quellen elektrischer und magnetischer Felder differenzieren.

Die Probanden wiesen über die Kraftwirkung der Felder adäquate Vorstellungen auf.

Folie 23:

Nach diesen vielversprechenden Ergebnissen wird nun sowohl für die Sek I als auch für die Sek II der Unterricht ausgebaut. Ziel ist einen gesamten Lehrgang über Elektrizitätslehre zu entwickeln. Zurzeit kann ich aber nur einzelne Kernstücke vorstellen.

In der Sek I zeigen die ersten Ergebnisse, dass die Behandlung der Gleichstromkreise mit dem Potentialbegriff sehr wirksam ist.

In Anlehnung an das Konzept des Münchner-Teams, untersuchen die Schülerinnen und Schüler Gleichstromkreise immer mithilfe von vier Grundregeln:

Regel 1:	Die elektrische Spannung entspricht dem Potentialunterschied.
Regel 2:	Am Pluspol einer Spannungsquelle ist der Potentialwert größer als am Minuspol (meist mit 0 V angenommen).
Regel 3:	Entlang eines (idealen) Kabels ändert sich der Potentialwert nicht.
Regel 4:	Ist der Stromkreis geschlossen, nimmt das Potential an einem Widerstand entsprechend dem Ohm'schen Gesetz ab.

Dafür werden bei allen Gleichstromkreisen die Potentialbalken eingezeichnet.

Folie 24:

Alternativ können auch Simulationen eingesetzt werden, wie jene von Yenka oder Härtel. Bei Yenka sind ebenfalls die Potentiale als Balken eingezeichnet, bei Härtel ist das Potential als Höhenmodell dargestellt.

Folie 25:

In der Sek II werden Gleichstromkreise konsequent mit dem Feldbegriff in Verbindung gebracht. Es wird also genau thematisiert, dass Oberflächenladungen ein elektrisches Feld im Leiter hervorrufen, welches für den Elektronenfluss verantwortlich ist. Es wird aber auch auf die Einschaltvorgänge und auf die Wirkung von Widerständen auf die Verteilung der Oberflächenladungen eingegangen. Die Vorgehensweise ist dabei angelehnt an Chabay und Sherwood.

Folie 26:

Sehr lernwirksam haben sich bis jetzt auch die Animationen des TEAL-Projekts des MIT erwiesen. TEAL steht dabei für Technology Enabled Active Learning. Das MIT hat mit diesen Animationen einen eigenen Lehrgang über Elektrizitätslehre entwickelt. Gestartet wird mit Animationen zu Flüssigkeitsströmungen, sowohl mit Quellen, Senken und Rotation, um später auf die unterschiedlichen Eigenschaften von Quellen- und Wirbelfelder eingehen zu können. Alle Animationen sind sehr plastisch, dynamisch und anschaulich. Sie sehen hier zum Beispiel eine Animation zur Abstrahlung oder zur geometrischen Verteilung des elektrischen Feldes bei einer Antenne. Im folgendem Beispiel, ist die Abstoßung zweier positiv geladenen Kugeln dargestellt. Auch hier sieht man sehr gut, wie die Energie im Feld gespeichert wird und das Feld die Abstoßung vermittelt.

Folie 28:

Bedanke mich für die Aufmerksamkeit und freue mich auf ihre Fragen.

Principy měření průtoku tekutin trubicí

BRONISLAV BALEK

Úvod

Ve fyzice a biofyzice se měří objemový průtok Q_v [m^3/s , $\text{l}/\text{min.}$] plynů a kapalin trubicemi různými způsoby. V některých případech se měří rychlost proudění tekutin v [m/s]. Při znalosti průřezu trubice S [m^2] se určuje objemový průtok jako součin rychlosti proudění v a průřezu trubice S : Q_v [m^3/s , $\text{l}/\text{min.}$] = v [m/s] * S [m^2]

Protože autor tohoto příspěvku se zabývá biofyzikálními experimenty, budou principy rychloměrů a průtokoměrů popsány u lékařských přístrojů. Ve workshopu bude ukázáno několik principů měření průtoku plynů a kapalin v trubicích. Jedná se o:

Měření průtoku plynů

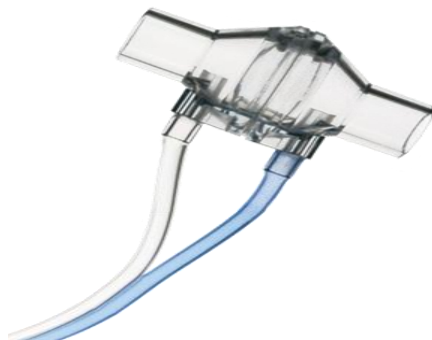
- 1) Měření průtoku plynu na principu rozdílu tlaku Δp na škrťacím orgánu (aerodynamickém/pneumatickém odporu) snímače
- 2) Anemometrické měření průtoku plynu rotující vrtulkou - turbínou (spirometr)
- 3) Měření spirometrické křivky termistorovým snímačem

Měření průtoku kapalin

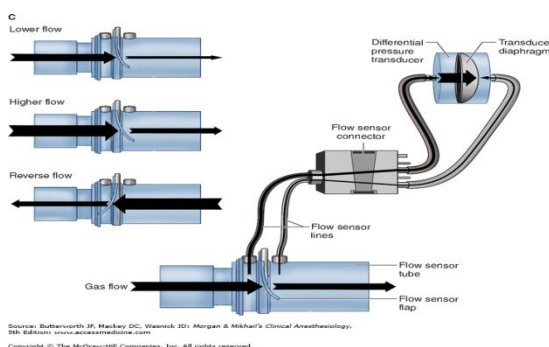
- 4) Měření toku krve v tepnách ultrazvukovým Dopplerovským rychloměrem (cévní Doppler)
- 5) Měření hemodynamických pulsních vln velkých tepen fotoelektrickým reflexním snímačem
- 6) Měření pulsových vln periferních tepen prstovým pulsním oxymetrem
- 7) Měření průtoku infuse fotoelektrickým reflexním nebo transmisním snímačem.
- 8) Měření minutového srdečního výdeje digitálním tonometrem a empirickým vzorcem

Měření průtoku plynu na principu rozdílu tlaku Δp na škrťacím orgánu (aerodynamickém / pneumatickém odporu) snímače (Obr. 1-4)

Škrťacím orgánem bývá clona, dýza, Venturiho trubice, Pitotova trubice atd. Clona může být ve tvaru vlny jako kruhové výseče viz obr. 1. Detailní vysvětlení funkce snímače dle obr. 1 je na obr. 2. Další způsob škrťacího orgánu je Pitotova trubice na obr. 3. Oba tyto snímače se používají pro měření minutové ventilace Q_v [$\text{l}/\text{min.}$] u dýchacích přístrojů na jednotkách intenzivní péče nebo operačních sálech. Napojují se mezi endotracheální rourku a dýchací okruh ventilátoru a jsou pro jedno použití. Tlakový rozdíl Δp se měří diferenciatním tlakoměrem. Potom průtok je úměrný Δp dle vzorce: $Q_v = k * \Delta p$ [$\text{l}/\text{min.}$; kPa]



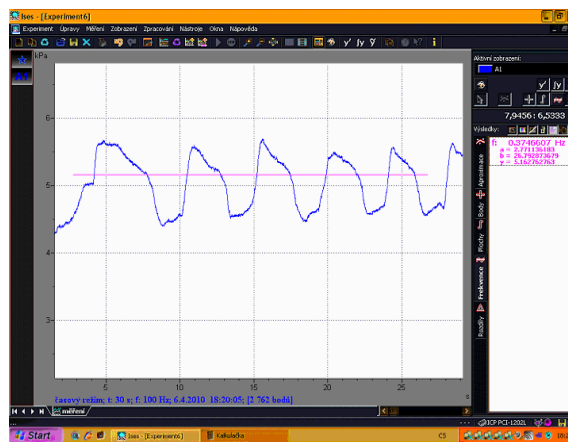
Obr. 1. Snímač průtoku s vlajkovou clonou (Honeywell)



Obr. 2. Princip snímače dle obr. 1. (google/obrázky)



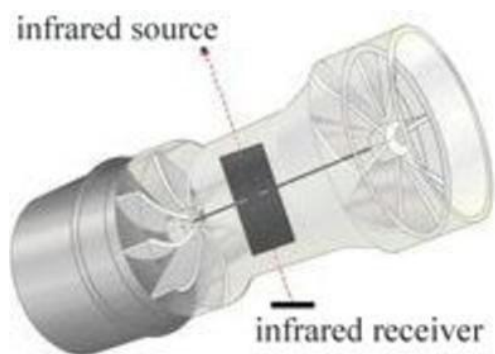
Obr. 3. Snímač s Pitotovou trubicí (autor)



Obr. 4. Spirometrická křivka měřená snímačem dle obr.1.

Anemometrické měření průtoku plynu rotující vrtulkou–spirometr (Obr.5-7)

Otáčky vrtulky se snímají fotoelektrickým průchozím nebo odrazovým snímačem. Z naměřené křivky se pak určuje např. usilovný výdech při spirometrických vyšetřeních a další spirometrické parametry. Na obr. 3 je náustek s měřicí vrtulkou. Spirometr je zobrazen na obr. 4.



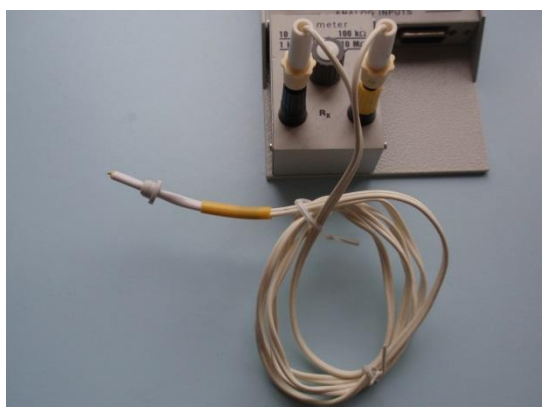
Obr. 5. Náustek s měřicí vrtulkou a optickým snímačem



Obr.6. Ruční spirometr

Měření spirometrické křivky termistorovým snímačem (Obr.9-11)

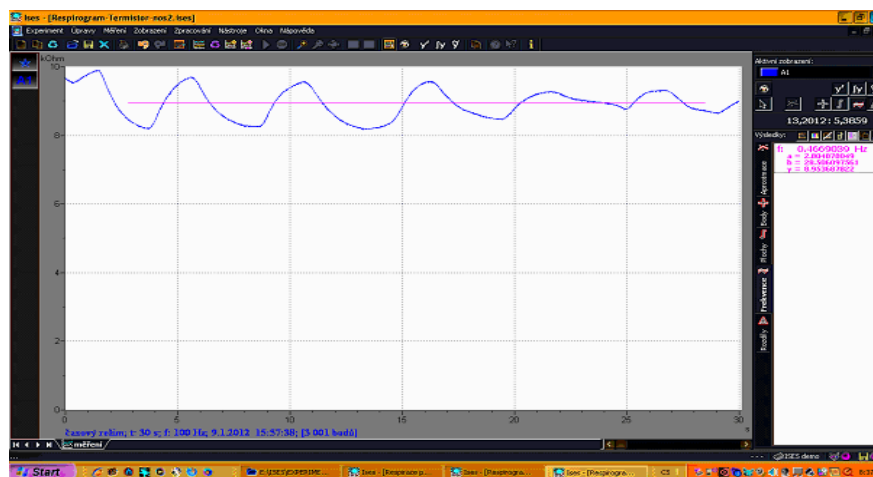
Ve středu trubice je umístěn velmi rychlý perličkový termistor malých rozměrů a hmotnosti. Díky rychlé odezvě může tento snímač zobrazit spirometrickou křivku pomocí modulu ohmmetr ISES a měřicího systému ISES. Pomocí funkce **Odečet frekvence** obr. 11 lze určit dechovou frekvenci zkoumané osoby. Po zahřátí termistoru mírně poklesne amplituda a stejnosměrná úroveň signálu, protože termistor má záporný teplotní koeficient odporu. Termistorem lze také snímat dechovou křivku z nosní dírky. Druhou nosní díрку je vhodné utěsnit.



Obr. 9. Perličkový termistor s ohmmetrem (autor)



Obr. 10. Perličkový umístěný v kanyle (autor)



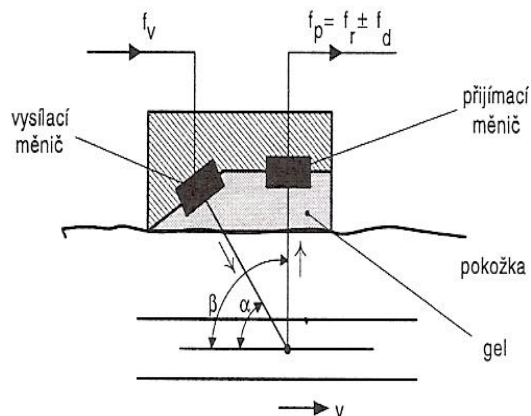
Obr. 11. Graf dechové křivky snímané perličkovým termistorem (autor)

Měření pulsové vlny ultrazvukovým rychloměrem toku krve - cévní Doppler (Obr. 12–15)

Cévní doppler obr. 12 umožňuje diagnostikovat stav cév nemocných. Princip cévního Doppleru znázorňuje obr. 13. Vysílací ultrazvuková sonda vysílá ultrazvukový signál o kmitočtu f_v [MHz].



Obr. 12. Cévní Doppler (Huntleigh)



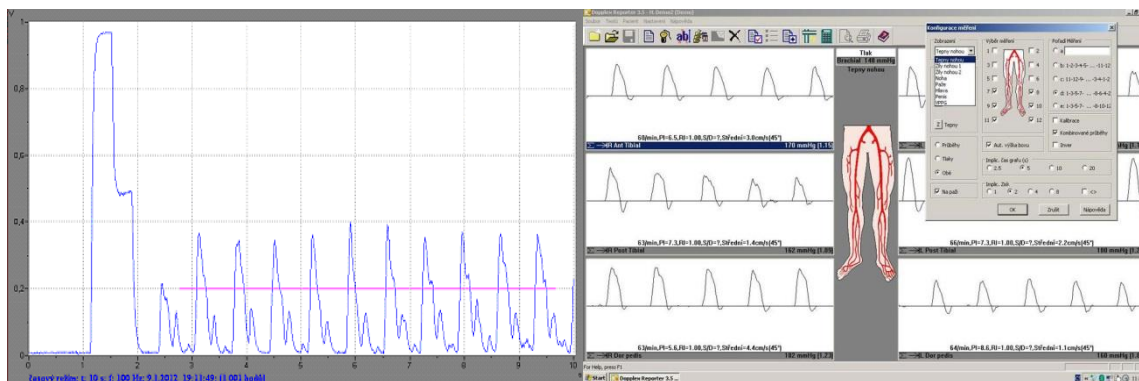
Obr. 13. Princip cévního Doppleru. (Rozman)

Signál f_v se odrazí od proudících erytrocytů v cévě ale s jiným kmitočtem f_p [MHz]. Rozdíl obou kmitočtů vytvoří tzv. Dopplerův frekvenční zdvih, který je dán vztahem:

$$f_d = f_v \pm f_p = 2 f_v (v/c) \cos \alpha$$

kde v - rychlost erytrocytů v cévě, c – průměrná rychlost ultrazvuku ve tkáni, α -úhel, který svírá vysílací ultrazvukový měnič s osou cévy. Tento frekvenční zdvih f_d je úměrný rychlosti toku krve v [m/s] v cévě.

Příklad toku krve radiální tepnou je na obr. 14. Kmitočty ultrazvukových sond bývají 2 MHz pro hlubkové cévy a 8 MHz pro povrchové cévy. K zobrazení toku krve radiální tepnou byl užit cévní doppler Huntleigh MD1 a měřicí systém ISES.

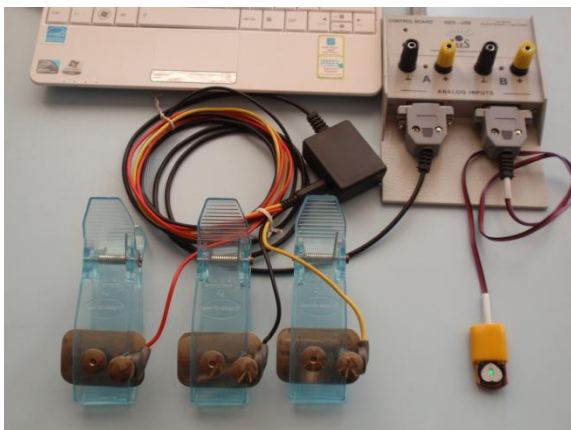


Obr. 14. Tok krve radiální tepnou (autor). Obr. 15. Počítačový protokol dolních končetin (Huntleigh)

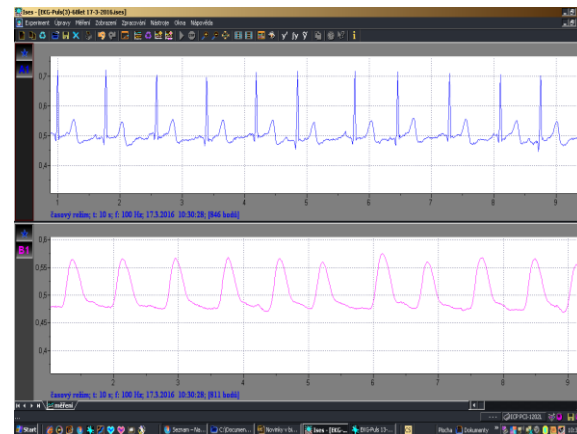
Cévní Doppler je spojen s počítačem pro vyhodnocení naměřených křivek, uložení do paměti a vtištění protokolu (obr. 15)

Měření hemodynamických pulsních vln velkých tepen fotoelektrickým reflexním snímačem (Obr.16-19)

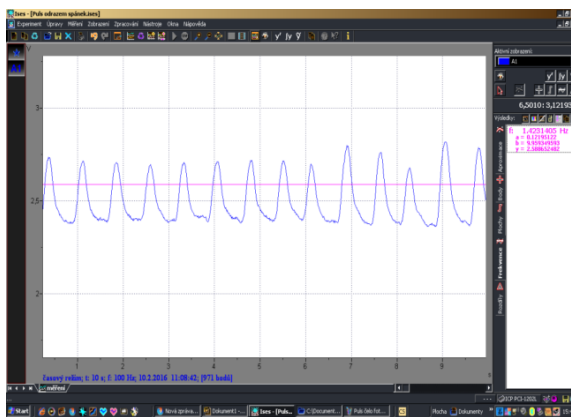
Pulsové vlny se také snímají reflexním fotoplethysmografickým snímačem emitujícím zelené světlo. Na obr. 16. je černá krabička nový EKG modul ISES. Vpravo dole na obr. 16 je fotoplethysmografický reflexní snímač (žluté pouzdro, zelená LED dioda). Na obr. 17. je nahoře 1. stopa EKG (modře), dole 2. stopa KTG karotidogram snímaný z krční tepny–krkavice (fialově). KTG je důležitý signál pro polygrafii hemodynamiky krevního řečiště. Na následujících obrázcích (18 – 19) jsou ukázky různých pulsových vln velkých tepen.



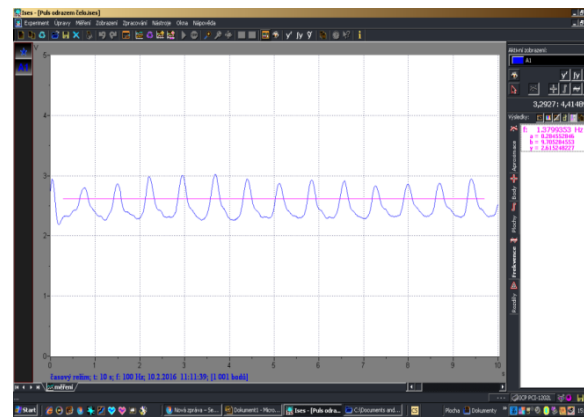
Obr.16. Fotosnímač (žluté pouzdro, LED)pulsová



Obr.17. 1.stopa EKG modře, 2.stopa zelená vlna z arterie



Obr.18. Pulsová vlna ze spánku (autor)



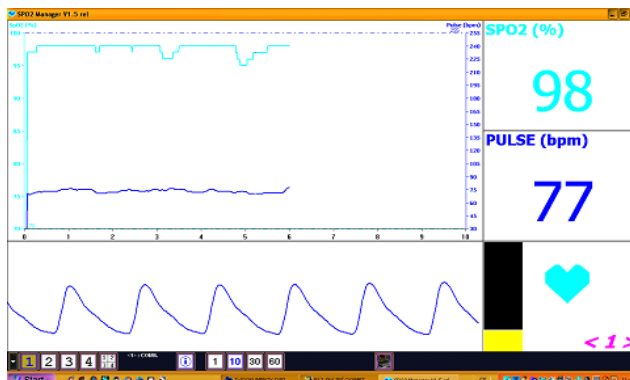
Obr. 19. Pulsová vlna z čela - Palencefalogram (autor)

Měření pulsních periferních vln prstovým pulsním oxymetrem (Obr.20-23)

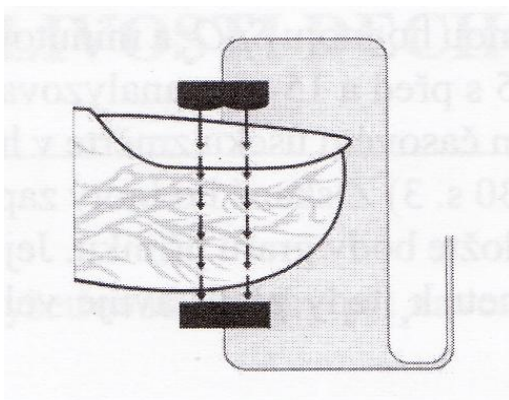
Pulsní vlna se také měří prstovým pulsním oxymetrem (obr. 20) umístěným v klipsu a navíc v pulsním oxymetru se vypočítá nasycení krve kyslíkem SpO_2 [%]. Prstový pulsní oxymetr má konektor mini USB pro spojení s počítačem, který slouží k přenosu dat do počítače a také k dobíjení vestavěného akumulátoru USB dobíječkou. Na obr. 21 vlevo nahoře jsou zobrazeny grafické trendy saturace SpO_2 (zeleně) a srdeční frekvence (modře). Dole vlevo je pulsní křivka (modře). Vpravo od shora je digitálně zeleně saturace kyslíkem SpO_2 a pod ní srdeční frekvence (modře). Blikající zelené srdíčko indikuje jednotlivé tepley.



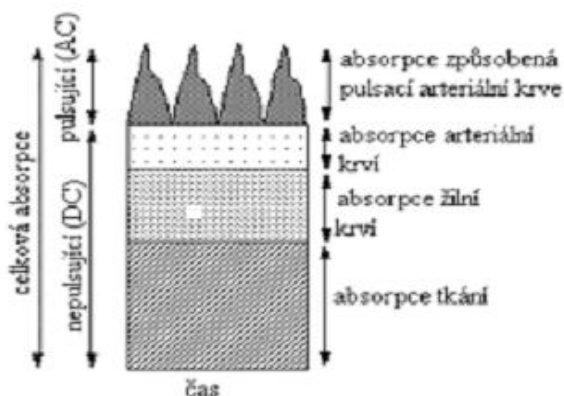
Obr. 20. Prstový pulsní oxymetr



Obr. 21. Zeleně trend a hodnoty SpO2, modře pulsní vlna tep



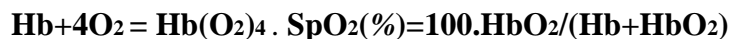
Obr. 22. Průchod paprsků R a IR prstem (R=660nm, IR=940nm)



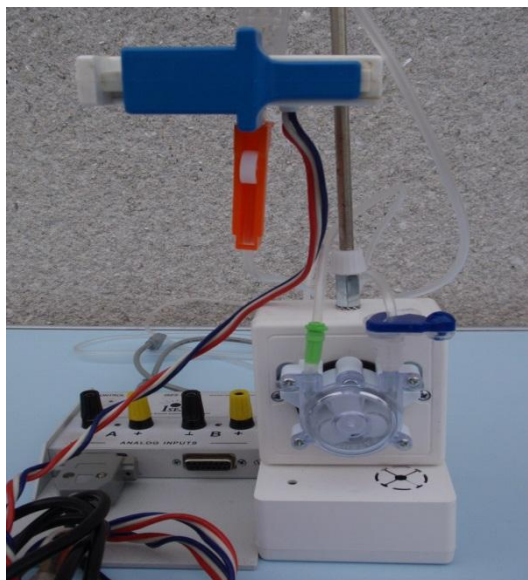
Obr. 23. Absorbance tkáně ve které pulsuje krev

Princip měření je na obr. 22. Měří se na konečcích prstů fotoelektrickým průsvitovým snímačem. Prst se prosvětluje střídavě červeným světlem o vlnové délce 660 nm a infračerveným světlem o vlnové délce 940 nm. Absorpce prošlých světél kyslíkem obsaženým v hemoglobinu je mírou měřené veličiny tedy SpO₂ [%]. Pro zjištění SpO₂ obr. 23 se využívá pouze pulsuující (AC) složka.

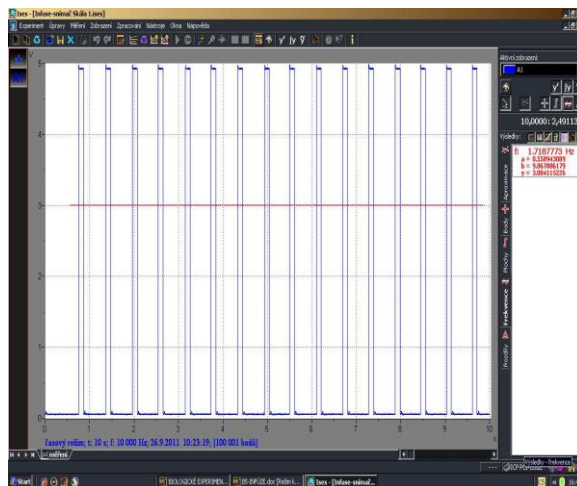
Vznik oxyhemoglobinu: Saturace tepenné krve kyslíkem (prst, ucho):



Měření průtoku (kapkování) infuze fotoelektrickým snímačem (Obr.24-25)



Obr. 24. Model infuzní pumpy (světlemodrý) (autor)
Modře snímač kapek Skála. Vlevo ISES-USB.
Červeně tlačka pro zastavení infuze.



Obr. 25. Graf kapkování infuze. Snímač Skála. (autor)

Infuze v medicíně je léčba nemocných infusními roztoky vpravovanými do žil nebo tepen. Infusí se může např. zvyšovat krevní tlak nemocnému, dodávat nemocnému potřebné medikamenty vstříknuté do infusního roztoku ve vaku, po určitý časový interval nebo dodávat intravenózní (nitrožilní) výživu. Kapkování infusí lze snímat optickou závorou, zobrazit na obrazovce a akusticky indikovat pomocí reproduktoru.

Protože 20 kapek odpovídá 1ml roztoku lze podle počtu kapek určit jaký objem infuze nemocný dostane za určitý časový interval. Na obrázku 22. je model infusní pumpy. Na obr. 23. je graf kapkování infuze.

Měření minutového srdečního výdeje digitálním tonometrem a empirickým vzorcem (Obr. 26)

Minutový srdeční výdej (Cardiac Output): $V_m = 66,67 \cdot f \cdot (P_s + 2 \cdot P_d) / (P_s + P_d) = f \cdot V_s$

Objem jedné systoly (Stroke Volume): $V_s = (60-80)\text{ml, při zátěži } (100-150)\text{ml}$

Kde: f [tepů/min.]-srdeční frekvence (tep), P_s [mmHg-torr]-systolický tlak, P_d [mmHg-torr]-diastolický tlak



Obr. 26. Digitální tonometr s naměřenými údaji

Objem krve u dospělého člověka bývá cca 5 litrů. Z toho vyplývá, že minutový srdeční výdej V_m [l/min.] bude cca 5 litrů/min. Vzorec pro V_m je jen empirický a tedy informativní.

Příklad výpočtu minutového srdečního výdeje (obr.23) $V_m=?$, $f=70$ tepů/min.,
 $P_S=118$ mmHg, $P_D=78$ mmHg **$V_m=5,6$ litrů/min.**

Závěr

Všechna výše uvedená zapojení a měření provedl autor tohoto příspěvku. Detailní vysvětlení jednotlivých principů je uvedeno v literatuře [1]. V medicínské technice se vyskytuje velké množství měření neelektrických veličin. Tento příspěvek v malé míře přispívá k objasnění principů měření některých neelektrických biosignálů.

V medicínské praxi právě, kromě několika elektrických biosignálů, převažují tyto neelektrické biosignály.

Literatura

- [1] Balek B.:Biologické experimenty se systémem ISES. Návodů pro laboratorní cvičení: skripta Ivančice 2012
- [2] Rozman J. a kol.: Elektronické přístroje v lékařství. Academia Praha 2006

Čemu se rovná rychlost světla v látkovém prostředí?

J. BLAŽEK, V. BURDOVÁ

Katedra aplikované fyziky a techniky PF JU v Českých Budějovicích

Úvod

Ve středoškolských učebnicích se rychlostí světla v látkovém prostředí rozumí výhradně fázová rychlost

$$v = \frac{c}{n}, \quad (1)$$

kde c je rychlost světla ve vakuu a n je index lomu daného prostředí. Ve skutečnosti jde pouze o jednu formu rychlosti vlnění, kterou jeho způsobu šíření v látkovém prostředí můžeme přisoudit. Od absolutizace této rychlosti je jen krůček k nerovnosti $n > 1$. Implicitně a někdy i explicitně je tato nerovnost zdůvodňovaná požadavkem nepřekročit mezní rychlost c , jak to vyžaduje teorie relativity. Přitom se zapomíná, že teorie relativity nevyžaduje tuto podmínku pro každou rychlost. Fázová rychlost není spojená s přenosem energie či informace.

Na vysoké škole se vedle fázové rychlosti studenti setkají i s rychlostí grupovou, která představuje rychlost vlnového balíku, vzniklého superpozicí vln o různých frekvencích. I v tomto případě se můžeme setkat s tvrzením, že grupová rychlost energii a informaci vždy přenáší, a proto nemůže nikdy přesáhnout rychlost světla ve vakuu. Ani toto tvrzení obecně neplatí.

Kolik je rychlostí světla?

Položme si nejdříve otázku, kolik vlastně je rychlostí světla. V článku [1] je jich vyjmenováno hned osm. Důležité jsou především první čtyři:

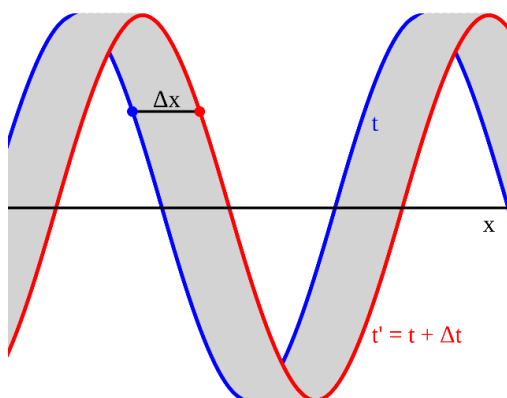
- Fázová rychlost
- Grupová (skupinová) rychlost
- Rychlost přenosu energie
- Signální rychlost (rychlost přenosu informace)

Pro obvyklá prostředí a pro oblast viditelného světla jsou všechny tyto rychlosti prakticky totožné. Obecně je ale nutné mezi nimi rozlišovat. Například v anizotropních krystalech se směr šíření fáze (směr vlnového vektoru \mathbf{k}) obecně liší od směru, kterým se šíří elektromagnetická energie (směr Poyntingova vektoru \mathbf{S}) [2].

Je nutné si uvědomit, že světlo – obecněji elektromagnetické záření – se prostorem nikdy nešíří ve formě ideální harmonické vlny. Reálné vlnové útvary, omezené v prostoru a čase, představují z matematického hlediska superpozici nekonečně mnoha harmonických vln o různých frekvencích. Jelikož index lomu n je obecně závislý na úhlové frekvence ω , šíří se každá harmonická složka jinou fázovou rychlostí. Výsledný útvar – vlnový balík, vlnový paket či vlnové klubko – pak může mít velice komplikovanou strukturu, která se v průběhu času chaoticky vyvíjí, může např. docházet k jejímu rozpadu na více částí. Časový vývoj takového útvaru je nemožné popsat jedinou veličinou.

Problém, jak charakterizovat pohyb vlnového balíku, si můžeme přiblížit analogií z mechaniky. Pohyb automobilu či jiného tuhého tělesa jako celku snadno charakterizujeme rychlostí kteréhokoli jeho bodu. Jakou rychlost ale přisoudíme vodě, kterou jsme vychrstli z vědra, a která se po opuštění vědra roztrhne na mnoho částí a kapiček? Můžeme se zaměřit na rychlost některé konkrétní kapky – hrubou analogií je fázová rychlost. Nebo můžeme sledovat rychlost těžiště celé soustavy, tu bychom v naší analogii mohli ztotožnit s grupovou rychlostí. A nakonec signální rychlost bude zřejmě rozumné ztotožnit s rychlostí, jakou postupuje čelo letící vody.

Fázová rychlost



Obr. 1. Zavedení fázové rychlosti $v_f = \Delta x / \Delta t$

Připomeňme si nejdříve některá základní fakta, týkající se této rychlosti. Harmonická vlna, šířící se ve směru osy x , je popsána rovnicí $y = A \cos(\omega t - kx + \varphi_0)$. Úhlová rychlost ω a vlnový vektor k nejsou na sobě nezávislé, jejich vzájemný vztah $\omega = \omega(k)$ vyplývá z konkrétního tvaru vlnové rovnice.

Body, v nichž má vlna konstantní fázi (tj. $\omega t - kx + \varphi_0 = konst.$) se pohybují prostorem fázovou rychlostí $v_f = \omega / k$. Z Maxwellových rovnic pro elektromagnetické vlny, šířící se bezeztrátovým dielektrikem, vyplývá $\omega / k = 1 / \sqrt{\epsilon \mu}$, kde ϵ je permitivita a μ permeabilita prostředí. Ve vakuu je ovšem $1 / \sqrt{\epsilon_0 \mu_0} = c$. Porovnáním fázových rychlostí v daném prostředí a ve vakuu dostáváme index lomu

$$n = \frac{c}{v_f} = \sqrt{\frac{\epsilon \mu}{\epsilon_0 \mu_0}} = \sqrt{\epsilon_r \mu_r}, \quad (2)$$

kde ϵ_r je relativní permitivita a μ_r relativní permeabilita daného prostředí. Běžná optická prostředí jsou jen nepatrně magnetická, $\mu_r \approx 1$. Pro ně $n \approx \sqrt{\epsilon_r}$.

Je hned několik důvodů, proč s fázovou rychlostí světla ve středoškolské výuce vystačíme. Pro běžná prostředí, která ve viditelném rozsahu spektra vykazují pouze slabou disperzi, tj. pro něž $n \approx konst.$, se fázová rychlost prakticky shoduje se zbývajícími třemi rychlostmi, jak jsme je v úvodu vyjmenovali. Fázová rychlost rovněž vystupuje v zákonu lomu, tvořícím základ geometrické optiky. A navíc je pojem fázové rychlosti názorný a její vzorec je jednoduchý.

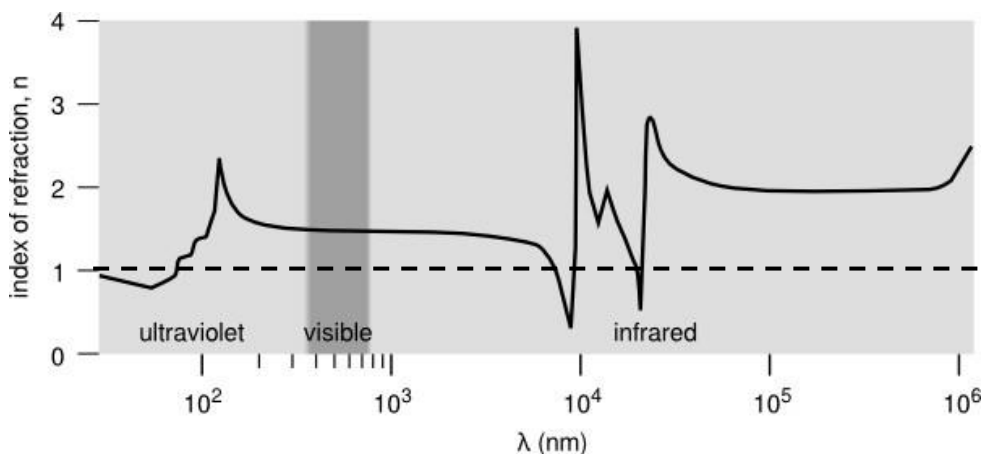
Co je ale středoškolským učebnicím třeba vytknout, je, že po zavedení indexu lomu vztahem $n = c / v_f$ následuje (téměř) vždy nerovnost $n > 1$. Je to nepochopení toho, že fázovou rychlostí není přenášena ani energie, ani informace, tato rychlost má čistě geometrickou povahu

[3, kap. 31] a není proto v rozporu s teorií relativity, je-li index lomu menší než 1. Např. index lomu prostředí, které obsahuje volné elektrony (kovy, plazma, ionosféra, ...) je dán vztahem [2, str. 274]

$$n^2 = 1 - \frac{\omega_p^2}{\omega^2}, \quad (3)$$

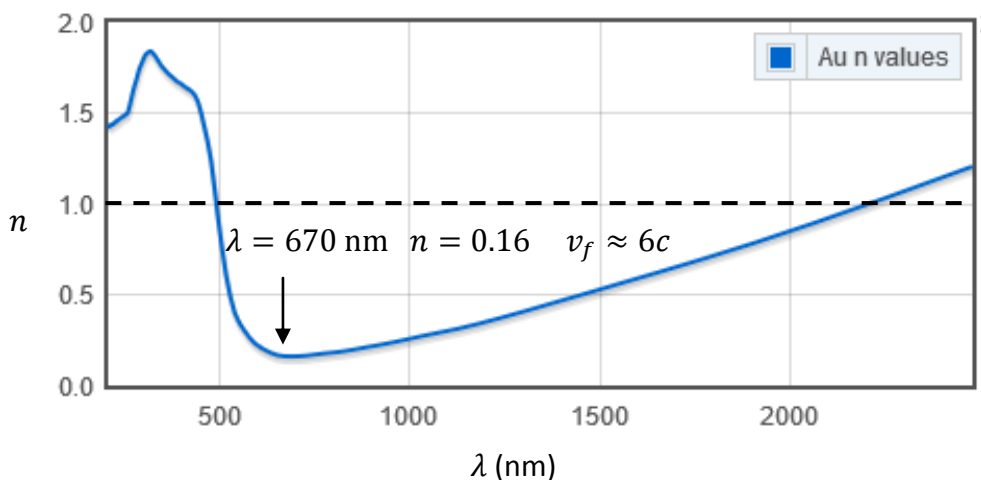
kde konstanta ω_p (plazmová frekvence) je dána koncentrací volných elektronů. Elektromagnetické záření o frekvenci $\omega > \omega_p$ tak prochází prostředím s fázovou rychlostí $v_f > c$. (Pro $\omega < \omega_p$ dochází k jeho odrazu.)

U mnoha dalších látek lze najít frekvenční oblast (nebo i několik oblastí) s indexem lomu menším než 1. Dva příklady jsou zachyceny na obrázcích 2 a 3. Upozorňujeme především na průběh indexu lomu u zlata. Oblast, v níž je index lomu menší než 1, spadá přibližně do oblasti vlnových délek od 490 nm do 2200 nm, zahrnuje tedy větší část viditelné části spektra. Minima $n = 0,16$ je dosaženo pro vlnovou délku 670 nm. Fázová rychlost pro tuto vlnovou délku překračuje rychlost světla ve vakuu více než šestinásobně!



Obr. 2. Průběh indexu lomu – sklo

Kitamura R. a kol.: Optical constants of silica glass from extreme ultraviolet to far infrared at near room temperature. *Appl. Opt.* **46**, 8118-8133 (2007). Dostupné z: <http://i.stack.imgur.com/Kc2ZB.jpg>

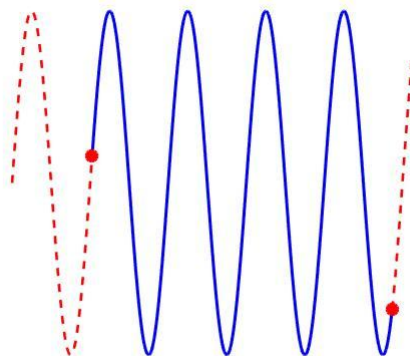


Obr. 3. Průběh indexu lomu – zlato

Dostupné z: <https://www.filmetrics.com/refractive-index-database/Au/Gold>

Grupová rychlost

Jak již bylo řečeno, ideální harmonické vlny, které by vyplňovaly celý prostor a existovaly neomezeně dlouhou dobu, v přírodě neexistují, reálné vlny jsou vždy omezené v prostoru a čase. Bylo by ale naivní představovat si reálné vlny jako jakési „kousky“ vln ideálních. V místech „řezu“ by totiž nutně došlo k nepřipustnému narušení vlnové rovnice, v našem případě by byly narušeny rovnice Maxwellovy (obr. 4).



Obr. 4. Ideální harmonické vlny ani jejich „kousky“ v přírodě reálně neexistují – v místech „řezu“ by byla narušena vlnová rovnice.

Lokalizované vlnové balíky jsou vždy výsledkem konstruktivní a destruktivní interference nekonečně mnoha harmonických složek o různých frekvencích. V širokém balíku jsou nejvíce zastoupené frekvence lokalizovány v úzkém intervalu, naopak spektrum prostorově úzce vymezeného balíku je široké. Avšak ve spektru každého prostorově vymezeného vlnového balíku se vyskytují jak frekvence velmi nízké, tak frekvence velmi vysoké.

Výsledný vlnový útvar lze uzavřít do obálky, jejíž tvar se v čase může měnit. To je způsobeno disperzí prostředí, čímž se rozumí závislost indexu lomu na frekvenci: $n = n(\omega)$. Každá harmonická komponenta se může prostorem pohybovat jinou rychlostí. Obálka se pak může rozplývat a jinak deformovat, může se i rozpadat. Rychlost, s jakou se obálka pohybuje prostorem (pokud pro ni lze pojem rychlosti zavést), se obecně liší od fázových rychlostí jednotlivých harmonických složek.

Připomeňme si nejdříve elementární odvození vztahu pro grupovou rychlost, které spočívá v superpozici pouze dvou harmonických vln o blízkých frekvencích ω_1 a ω_2 a jim odpovídajících vlnových vektorů k_1 a k_2 :

$$E(x, t) = A \cos(\omega_1 t - k_1 x) + A \cos(\omega_2 t - k_2 x) = 2A \cos(\Delta\omega t - \Delta k x) \cdot \cos(\omega_0 t - k_0 x). \quad (4)$$

Na pravé straně této identity jsme vztahy

$$\omega_0 = \frac{\omega_1 + \omega_2}{2}, \quad \Delta\omega = \frac{\omega_2 - \omega_1}{2}, \quad (5)$$

$$k_0 = \frac{k_1 + k_2}{2}, \quad \Delta k = \frac{k_2 - k_1}{2}$$

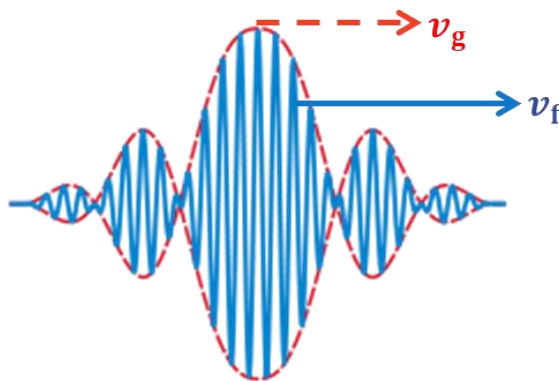
zavedli střední hodnoty a odchylky od středních hodnot.

Výsledkem superpozice (4) je harmonická vlna o fázové rychlosti $v_f = \omega_0 / k_0$ s modulací amplitudy, šířící se rychlostí $v_g = \Delta\omega / \Delta k$.

Mají-li být balíky (v akustice nazývané zázněje či rázy) nekonečné posloupnosti až na jeden potlačeny, musíme superponovat nekonečně mnoho vln o různých frekvencích Fourierovým integrálem [2, str. 64]. Pokud lze v tomto integrálu závislost $\omega = \omega(k)$ aproximovat dvěma nebo třemi členy Taylorova rozvoje, je rychlost obálky vln dána vztahem

$$v_g = \frac{d\omega}{dk}(k_0), \quad (6)$$

který nahrazuje vzorec z elementárního odvození. Hodnota k_0 je dána výběrem výchozího členu v Taylorově rozvoji, nemusí nutně jít o „střední“ hodnotu.



Obr. 5. Vlnový balík

Ale ne vždy lze disperzní relaci dobře aproximovat několika členy Taylorova rozvoje. V literatuře se proto setkáváme s pokusy nahradit grupovou rychlost (6) rychlostmi definovanými obecněji [1,4].

Na rozdíl od fázové rychlosti neomezené a stále stejně periodicky se opakující harmonické vlny je přirozené pokládat vlnový balík za nositele informace (která je zakódovaná v modulaci amplitudy) a energie (tok energie je úměrný kvadrátu amplitudy). Odtud je jen krůček k závěru, že grupová rychlost nemůže přesáhnout rychlost světla ve vakuu, viz např. [5, str. 61].

Ve skutečnosti ne vždy tomu tak je, grupová rychlost může nabývat téměř jakýchkoli hodnot. Abychom pochopili důvod, vyjádříme ze vztahu pro fázovou rychlost $\omega/k = c/n$ vlnový vektor $k(\omega) = \omega \cdot n(\omega)/c$ a dosadíme za něj do vzorce (6) pro grupovou rychlost:

$$\frac{1}{v_g} = \frac{dk}{d\omega} = \frac{1}{c} \left(n + \omega \frac{dn}{d\omega} \right) \quad (7)$$

Odtud

$$v_g = \frac{c}{n_g}, \quad n_g \equiv n + \omega \frac{dn}{d\omega}. \quad (8)$$

Posledním vztahem zavedená veličina n_g představuje „index lomu“ pro grupovou rychlost.

Jak je ze vztahu (8) zřejmé, vedle indexu lomu n rozhoduje o velikosti grupové rychlosti i člen $\omega \cdot dn/d\omega$. Pokud lze tento člen zanedbat, je grupová rychlost shodná s rychlostí fázovou a vlnový balík (signál) se pohybuje beze změny tvaru stejnou rychlostí jako jeho jednotlivé harmonické složky. To je poměrně častý případ, nedochází ale k němu vždy. Ukazuje se, že derivace indexu lomu $dn/d\omega$ může obecně nabývat jakýchkoli hodnot. V případě kladné hodnoty (normální disperze) je grupová rychlost menší než rychlost fázová. V posledních letech se v laboratořích podařilo realizovat prostředí se značně velkými hodnotami tohoto

členu a světlo v nich tím téměř „zastavit“ [6]. Pokud je tento člen záporný (anomální disperze), může grupová rychlost nabývat hodnot libovolně velkých, pro $n_g < 0$ i hodnot záporných, což znamená, že se obálka bude posouvat v opačném směru než nosná vlna.

Pro ilustraci vztahu mezi fázovou a grupovou rychlostí uvažujme vlnu ve tvaru (4), složenou pouze ze dvou harmonických složek, šířící se v prostředí s disperzí, jež úhlové frekvenci $\omega_1 = 10$ (bez uvedení jednotek) přiřadí vlnový vektor $k_1 = 10$ a frekvenci $\omega_2 = 40$ přiřadí vlnový vektor $k_2 = 11$. Zadané hodnoty a jim odpovídající rychlosti jsou přehledně uvedeny v tab. 1.

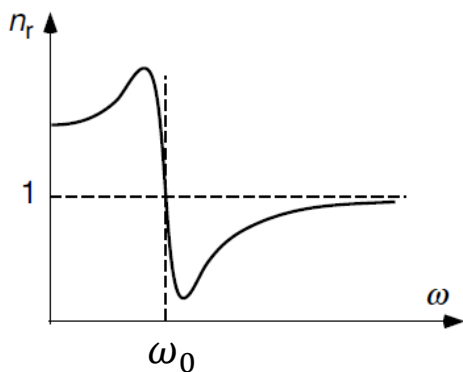
Tab. 1. Modelový příklad fázových rychlostí a rychlosti grupové pro superpozici dvou harmonických vln.

	ω	k	v_f	v_g
první složka	10	10	1	—
druhá složka	40	11	3.6	—
nosná vlna	25	10.5	2.4	—
obálka	15	0.5	—	30

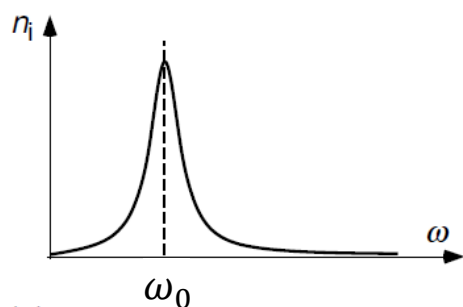
V tomto ilustrativním příkladu grupová rychlost o řád překročila fázové rychlosti obou harmonických komponent. Prohodíme-li v tabulce hodnoty vlnových vektorů, obdržíme zápornou grupovou rychlost.

Interakci elektromagnetického záření o dané frekvenci ω s elektrickými dipóly v dielektrickém prostředí lze zjednodušeně popsat rovnicí pro klasický oscilátor, který je z makroskopického hlediska charakterizovaný rezonanční frekvencí ω_0 a útlumem γ a jenž je buzený harmonickou silou o frekvenci ω [2, str. 268]. Řešení rovnice vede ke komplexnímu indexu lomu, jehož reálná část popisuje stejně jako dříve fázovou a grupovou rychlost vlnění, kdežto imaginární část popisuje jeho útlum. Typický průběh obou složek indexu lomu ukazuje obr. 6. Jak je z něj zřejmé, v bezprostředním okolí rezonanční frekvence ω_0 je derivace $dn/d\omega$ záporná. Současně je tato oblast tzv. anomální disperze doprovázena silným útlumem. V absolutní hodnotě může derivace indexu lomu v této oblasti nabývat takových hodnot, při kterých grupová rychlost překročí hodnotu mezní rychlosti c .

Nedostáváme se tím do sporu s teorií relativity? Řešení našli krátce po vzniku speciální teorii relativity A. Sommerfeld a jeho student L. Brillouin. V roce 1914 publikovali ve stejném čísle časopisu *Annalen der Physik* a pod stejným názvem dva články [7,8]. L. Brillouin se k této problematice vrátil v dodnes stále dotiskované publikaci [9].



Obr. 6. Závislost reálné a imaginární složky indexu lomu na frekvenci v okolí rezonanční frekvence elektrických dipólů.



A. Lipson a kol.: Optical Physics, Cambridge University Press 2011, str. 478

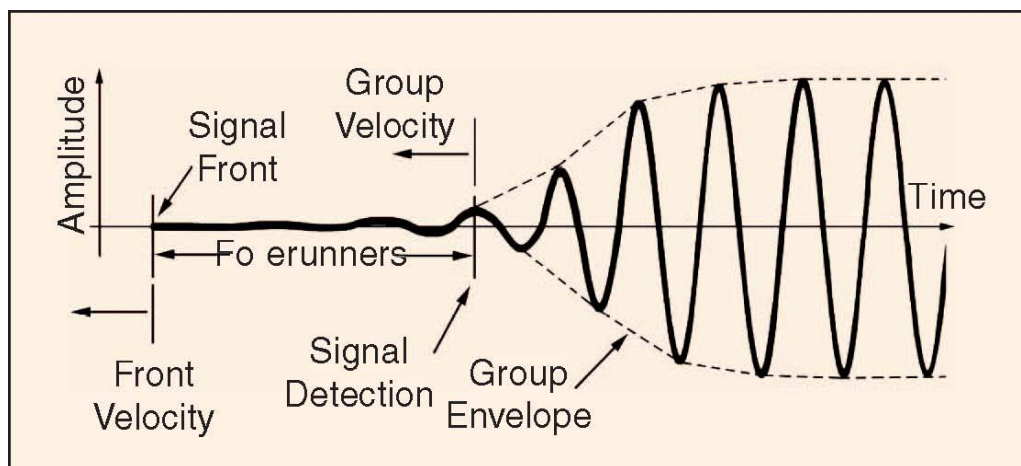
Podle jejich teorie, experimentálně ověřené na konci 60. let minulého století, předcházejí vlnovému balíku v disperzním prostředí dva „předběžci“, tzv. prekurzory (obr. 7). V čele vlny je Sommerfeldův prekurzor, tvořený velmi vysokými frekvencemi. Jak je z mechaniky známo, oscilátor nereaguje na budící sílu, pokud je její frekvence podstatně vyšší než jeho rezonanční frekvence. Proto vlny o frekvencích $\omega \gg \omega_0$ prostředím procházejí, aniž by s ním interagovaly, jejich index lomu je roven jedničce a jejich fázová a současně i grupová rychlost je rovna mezní rychlosti c .

Za Sommerfeldovým prekurzorem následuje prekurzor Brillouinův. Ten je tvořen vlnami o nízkých frekvencích, kterým přibližně odpovídá statický index lomu $n(0)$.

Teprve za oběma těmito prekurzory následuje samotný vlnový balík. Jeho maximum se posouvá rychlostí, která v oblasti anomální disperze může přesáhnout rychlost c . Maximum balíku jakožto výsledek konstruktivní interference vln je „pouhým“ geometrickým jevem. V tomto případě je balík v důsledku silné absorpce současně utlumován. Maximum balíku se tak sice posouvá k čelu nadsvětelnou rychlostí, ale zaniká dříve, než čela vlny dosáhne.

Za rychlost přenosu informace můžeme proto považovat rychlost Sommerfeldova prekurzoru, pokud je detekovatelný, nebo rychlost čela vlnového balíku. Žádný z obou těchto signálů se nešíří rychlostí, přesahující mezní hodnotu c .

Není bez zajímavosti, že grupová rychlost může přesáhnout rychlost světla ve vakuu i pro jiné formy vlnění. Toho se podařilo dosáhnout u ultrazvuku, šířícího se v suspenzi vody a plastových zrněk o vhodném poloměru a koncentraci [10].



Obr. 7. Časová struktura vlnového balíku podle teorie Sommerfelda a Brillouina.

Dostupné z: <https://www.sec.gov/Archives/edgar/data/1545061/000154506112000011/filename1.htm>

Závěr

Ve středoškolské výuce je přirozené charakterizovat rychlost světla (obecněji elektromagnetického záření) v látkovém prostředí vzorcem $v = c/n$. Avšak absolutizace této jedné formy rychlosti vede k chybné představě, že index lomu nemůže být menší než 1. Z četných zdrojů na internetu i z učebnic se zdá, že je tato miskoncepce poměrně rozšířená. Zřejmě ji autoři textů pro středoškoláky přebírají jeden od druhého, v seriózních vysokoškolských materiálech se s ní nesetkáme.

Složitější je situace s grupovou rychlostí, neboť s tou přenos elektromagnetické energie a informace běžně spojujeme. Proto se občas – především v internetovských zdrojích – můžeme setkat s tvrzením, že velikost grupové rychlosti nemůže nikdy přesáhnout hodnotu c . Jak jsme si ukázali, tato rychlost může být větší než c , může být téměř nulová, může být i záporná a menší než $-c$. I tento omyl stále přetrvává navzdory tomu, že řešení problému s nadsvětelnou hodnotou grupové rychlosti je známé více než 100 let.

Problematika šíření světla v látkovém prostředí je značně komplikovaná. V současnosti jsou způsoby interakce záření s látkou předmětem velmi intenzivního výzkumu, připomeňme si v této souvislosti alespoň vývoj metamateriálů, majících záporný index lomu. K tomu přistupují nejrůznější kvantové efekty, které jsme zde nezmiňovali. Podstatné je, že všechny dosud realizované experimenty potvrzují, že rychlost přenosu informace nepřekračuje hodnotu c . Platnost teorie relativity tedy není – alespoň prozatím – ohrožena.

Literatura

- 1] Bloch S. C.: Eighth velocity of light. Am. J. Phys. **45**, 538 (1977)
- [2] Malý P.: *Optika*. UK v Praze, nakl. Karolinum, 2008
- [3] Feynman R. P. a kol.: *Feynmanovy přednášky z fyziky I*. Fragment 2000
- [4] Smith R. L.: The velocities of light. Am. J. Phys. **38**, 978 (1970)
- [5] Štrba A., Mesároš V., Senderáková D.: *Svetlo. Vlny – lúče – fotóny*. Enigma, Nitra 2011
- [6] Hau L. *et al.*: Light speed reduction to 17 m/s in an ultra-cold atomic gas. Nature **397**, 594
- [7] Sommerfeld A.: Über die Fortpflanzung des Lichtes in dispergierenden Medien. Ann. Phys. 1914, **44**, 177
- [8] Brillouin L.: Über die Fortpflanzung des Lichtes in dispergierenden Medien. Ann. Phys. 1914, **44**, 203
- [9] Brillouin L.: *Wave Propagation and Group Velocity*. Academic Press, London 1960
- [10] Mobley J., Heithaus R. E.: Ultrasonic Properties of a Suspension of Microspheres Supporting Negative Group Velocities. Phys. Rev. Lett. **99**, 124301 (2007)

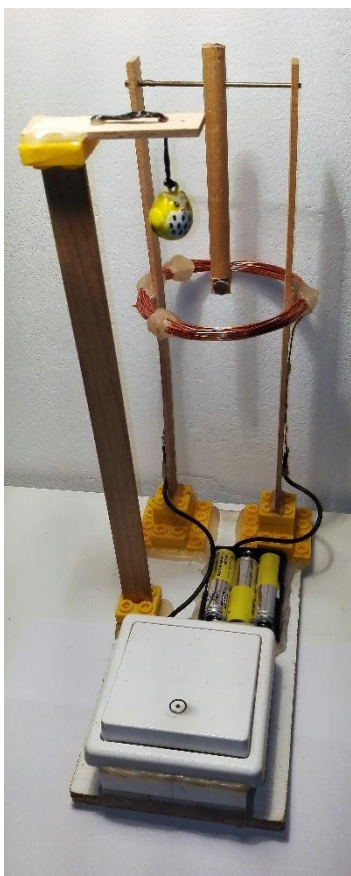
Magnety a cívky s proudem

VÍT BOČEK
KDF MFF UK

Elektromagnetické kyvadlo

Zaměříme na zařízení – elektromagnetické kyvadlo (obrázek 1, obrázek 2), jehož závaží – magnet, je umístěno do magnetického pole cívky. Na magnet tak působí různé síly, které jej vychýlí. Tyto síly podrobně prozkoumáme a pokusíme se jejich prostřednictvím popsat pozorované jevy.

Hlavní smysl experimentu spočívá v zapínání a vypínání proudu do cívky. Při správných intervalech spínání totiž najdeme rezonanční frekvenci kyvadla, čímž bude docházet k jeho maximálním vychýlením a účastníkovi experimentu se podaří „chytnout“ magnetem magnetický předmět zavěšený poblíž místa maximální výchylky magnetu.



Obrázek 1 Elektromagnetické kyvadlo



Obrázek 2 Elektromagnetické kyvadlo (rozebrané)

Cíl experimentu

Experiment má díky své interaktivní povaze značný potenciál zaujmout studenty. Mělo by tak být snazší upevnit v nich poznatek, že elektřina a magnetismus jsou provázané jevy, což je také stěžejní sdělení experimentu. Ve vyšších ročnících lze propojit elektromagnetické

jevy s jevy mechanickými, jako jsou např. rezonanční frekvence kyvadla, působení sil a momentů sil, rozklad sil atp.

Součástky a jejich cenová kalkulace

Součástky	Cena [Kč]
1 AA článek (3 ks)	30
2 Držák na články (1 ks)	15
3 Zvonkový spínač (1 ks)	80
4 Izolovaný vodič (1 m)	5
5 Lakovaný vodič (0,7 mm, 5 m)	50
6 Neodymový magnet (váleček, 2 ks)	20
Celkem	200

Návod na výrobu a popis konstrukce

Prvním krokem při výrobě zařízení je zhotovení cívky o průměru cca 7 cm. Na láhev např. od vína přes sebe namotáme cca 30 závitů lakovaného drátu. Vzniklou cívku z láhve opatrně stáhneme a slepíme ji např. lepicí páskou, či pomocí tavné pistole tak, aby se nerozmotala. Následně ji ve dvou protějších bodech na svém obvodu přilepíme ke dvěma dřevěným laťkám. Každou z nich provrtáme ve stejné vzdálenosti od svého konce a do jednoho z otvorů vsuneme kovovou osičku. V tomto otvoru ji pevně (např. pomocí tavné pistole nebo lepidla) uchytlíme. Druhý konec osičky necháme nefixovaný, což umožní snadno na ni nasouvat druhou laťku. Spodní konce laťek pevně uchytlíme k podložce. Dále vytvoříme otvor v dřevěné tyčince (místo dřevěné tyčinky lze použít dostupnější a snadno upravovatelné brčko), tak aby měl nepatrně větší průměr, než je průměr osičky. Tím při otáčení tyčinky nedojde k výraznému tření a zároveň se tyčinka nebude v širokém otvoru chaoticky „viklat“. Důležité je, aby byl otvor v takové vzdálenosti od spodního konce tyčinky, že se konec tyčinky po vsunutí osičky do otvoru nachází cca 5 mm nad středem cívky. Vsuneme tedy tyčinku na osičku a přes její dolní konec přichytíme dva malé neodymové magnety (v našem případě válečky). Tím v podstatě vznikne jeden magnet. Je však třeba dbát na to, aby „severojižní“ osa magnetu byla vodorovná a zároveň kolmá k ose otáčení. Konce cívky připojíme přes zvonkový spínač k baterii tří článků typu AA v sérii.

Jako efektní prvek doinstalujeme například kovový přívěsek, který se studenti budou snažit „chytit“.

Technické poznámky

Z obrázku je patrné, že jsou v naší konstrukci použity žluté kousky plastu pod konci dřívěk. Jde o čtyři části stavebnice, přičemž jedna „kostička“ je vždy pevně připevněna k podkladovému prkénku a druhá je pevně připevněna k dřívku. Díky tomu lze dřívka odepnout a položit, což je výhoda zejména při přesouvání experimentu na delší vzdálenosti.

Za zmínku stojí také průměr lakovaného vodiče. Otázkou je, zda by mohl být vodič tenčí – dvě tužkové baterie totiž nemohou dodat dostatečně velký proud, aby se drát zahřál na rizikovou teplotu. Důvod, proč byl použit vodič o takovémto průměru (0,7 mm) je čistě praktický. Po odepnutí dřívěk by se totiž cívka z tenčího vodiče mohla při transportu zařízení snadno deformovat, zatímco drát se zmíněným průměrem činí cívku robustní a odolnou.

Fyzika experimentu a jeho průběh

Naším cílem je popsat proč, jak, a s jakou silou se kyvadlo s magnetem jakožto závažím vychýlí v magnetickém poli cívky. Fyzika experimentu není triviální, a proto ji rozebereme postupně a podrobně prostřednictvím následujících náhledů. Nejprve se zaměříme na základní jevy, které mohou nastat při umístění magnetu do magnetického pole. Poté se zaměříme na zjednodušenou verzi experimentu a následně výsledky úvah aplikujeme na náš experiment.

Popis chování válcového magnetu v magnetickém poli

Jestliže axiálně (směr standardní magnetizace) zmagetovaný volný magnet umístíme do homogenního magnetického pole, dojde k natáčení magnetu do směru indukčních čar tohoto pole.

Pokud bychom magnet umístili do nehomogenního pole (např. pole dalšího magnetu), kromě zmíněného „natáčení“ magnetu se zde uplatní ještě další účinek – „vtahování“ magnetu do místa s vyšší hustotou indukčních čar (do silnějšího pole), případně (při opačné orientaci jednoho z polí) „vypuzování“ magnetu z místa větší hustoty indukčních čar. Tyto jevy jsou příčinou toho, že se dva magnety odpuzují nebo přitahují.

Nyní se přiblížíme našemu experimentu. Jako zdroj nehomogenního magnetického pole slouží cívka s proudem. Magnet je axiálně zmagetovaný, ale na rozdíl od předchozí úvahy je fixně připevněný ke konci dřevěné tyčinky volně zavěšené na svém horním konci, která mu nedovolí, aby se zorientoval ve směru indukčních čar, nebo vtáhnul do cívky. Pokusíme se tedy zjistit, proč se magnet s tyčinkou vychýlí. Jinými slovy se ptáme, jaké síly na kyvadlo působí a jaká je jejich výslednice. Spíše, než kvantitativní závěry pro nás budou podstatné ty kvalitativní, tedy kterým směrem, a proč, kyvadlo vykývá.

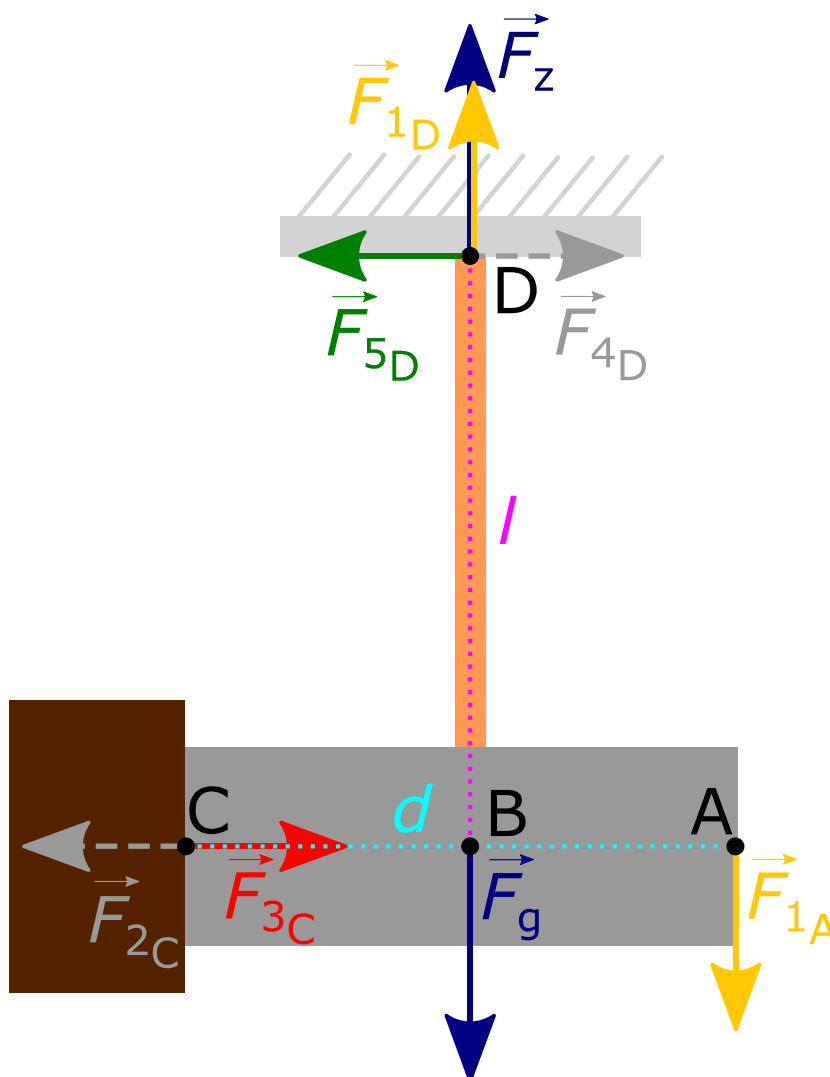
Rozbor sil a momentů sil působících na magnet v magnetickém poli (obrázek 3)

Uvažujme tedy kyvadlo – vodorovně orientovaný magnet (váleček) délky d – který je fixně uchycen v polovině své délky k pevnému závěsu (např. dřevěné tyčince) délky l . K levé straně závaží umístíme „zátaras“ tak, aby kyvadlo nemohlo na tuto stranu vykývnout. V tom případě se kyvadlo nebude pohybovat a při rozboru situace využijeme toho, že výslednice sil tím pádem musí být nulová. Předpokládejme, že se magnet nachází v *homogenním* magnetickém poli směřujícím (bez újmy na obecnosti) svisle zdola nahoru.

Jak bylo řečeno, magnet *se snaží* zorientovat do směru pole – pro jednoduchost si představme, že na jeden pól působí síla směrem dolů a na druhý pól druhá síla směrem nahoru. Uvažujme nyní pouze sílu působící směrem dolů. Místo magnetu a homogenního pole si také představíme válcové závaží a sílu \vec{F}_{1A} s působištěm v bodě A (krajní bod závaží na jeho ose) směřující svisle dolů.

Rozeberme postupně síly, které působí na různé části kyvadla. Na kyvadlo působí tíhová síla \vec{F}_g , kterou kompenzuje síla závěsu \vec{F}_z . Těmito dvěma silami se tedy již nemusíme zabývat. V bodě A působíme svisle dolů silou \vec{F}_{1A} , kterou kompenzuje síla \vec{F}_{1D} . Závaží na zátaras působí silou \vec{F}_{2C} , ale díky 3. Newtonovu pohybovému zákonu (Zákon akce a reakce) působí také zátaras na závaží stejně velkou silou \vec{F}_{3C} , ovšem opačného směru. Kromě těchto sil pů-

sobí na kyvadlo také síla bodu uchycení \vec{F}_{5D} a na bod uchycení (opět podle 3. NPZ) působí opačná síla \vec{F}_{4D} tyčinky. Závaží se tedy nepohybuje – síly jsou v rovnováze, takže výslednice sil je nulová.



Obrázek 3 Síly působící na kyvadlo

Nyní rozebereme momenty sil, které na kyvadlo působí. Moment síly \vec{M} určíme obecně podle vztahu:

$$\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F},$$

kde \vec{r} je rameno síly \vec{F} .

Pro velikost momentu \vec{M} pak platí $M = rF \sin \alpha$, kde α je úhel mezi ramenem \vec{r} a silou \vec{F} .

Vzhledem k bodu B (středu závaží) je velikost momentu síly \vec{M}_1 rovna:

$$M_1 = \frac{d}{2} F_{1A} \sin \alpha.$$

Úhel α je roven 90° , neboť síla \vec{F}_{1A} a její rameno o délce $\frac{d}{2}$ jsou kolmé, tedy $\sin \alpha = 1$ a $M_1 = \frac{d}{2} F_{1A}$.

Velikost momentu síly \vec{M}_2 (který působí opačným směrem než \vec{M}_1) spočteme jako

$$M_2 = lF_{3C} \sin \beta.$$

Úhel β je roven 90° , neboť síla \vec{F}_{3C} a její rameno o délce l jsou kolmé, tedy $\sin \beta = 1$ a $M_2 = lF_{3C}$.

velikosti momentů sil musí být v rovnosti, neboť se kyvadlo nepohybuje. Platí tedy

$$\frac{d}{2} F_{1A} = lF_{3C}.$$

Z této rovnosti můžeme vyjádřit velikost síly \vec{F}_{3C} jako

$$F_{3C} = F_{1A} \frac{d}{2l}.$$

Pokud tedy odstraníme zátaras, kyvadlo vykývne díky síle \vec{F}_{3C} .

Nyní se vraťme k situaci, kdy je závažím magnet v homogenním magnetickém poli. Díky tomu na závaží – magnet – působí svisle vzhůru také síla \vec{F}_{1C} s působištěm v bodě C. Její velikost bude shodná se silou \vec{F}_{1A} , ale bude mít opačný směr. Přesto však po jednoduché úvaze dojdeme k závěru, že její účinek na zátaras má stejný směr i velikost jako účinek síly \vec{F}_{1A} . Celková velikost síly $\vec{F}_{\Sigma 3C}$ působící na kyvadlo tedy bude:

$$F_{\Sigma 3C} = F_{1A} \frac{d}{l}.$$

Nyní provedeme experiment s cívkou, kterou prochází proud, a malým magnetem na tyčince. Kyvadlo budeme posouvat z výšky h nad středem cívky svisle dolů do výšky $-h$. Pozorujeme, že v polorovině nad cívkou působí na magnet síla směrem k jedné straně cívky. V polorovině pod cívkou však působí síla na opačnou stranu. Tento jev pomocí předchozích úvah neobjasníme. Příčinou je totiž nehomogenita pole cívky, kterou jsme neuvažovali. Na pomoc si tedy vezmeme teorii „magnetických množství“.

Popis pomocí „magnetického množství“ [1] (obrázek 4)

Myšlenka teorie „magnetických množství“ [L. Dvořák, 2016] tkví v představě konců magnetických pólů jako míst s magnetickými množstvími Q_{m_1} a Q_{m_2} , která charakterizují „jak silné jsou magnetické póly“. Pro výpočet magnetické síly F_m mezi póly dlouhých tyčových magnetů platí vztah (analogický Coulombovu zákonu):

$$F = \frac{1}{4\pi\mu_0} \frac{Q_{m_1} Q_{m_2}}{r^2}.$$

V elektrostatice počítáme sílu působící na náboj pomocí pole elektrické intenzity jako $F = QE$. V magnetickém poli počítáme „sílu na magnetické množství“ jako

$$F = Q_m H,$$

kde H je intenzita magnetického pole. Kombinací vztahů dostaneme pro intenzitu v okolí pólu dlouhého tyčového magnetu vztah

$$H = \frac{1}{4\pi\mu_0} \frac{Q_m}{r^2},$$

kde Q_m je magnetické množství daného pólu. Mezi magnetickou intenzitou a magnetickou indukcí platí vztah

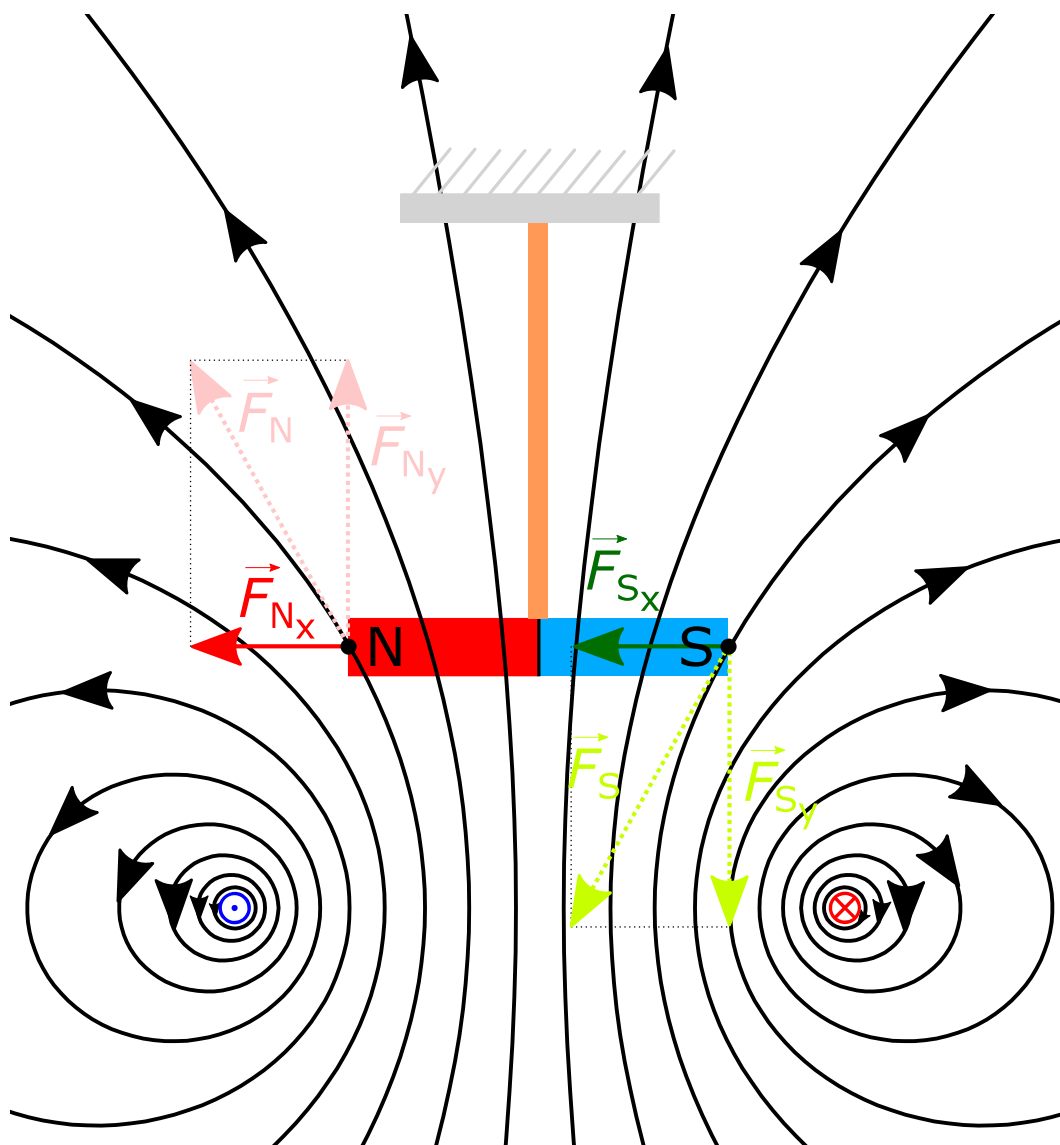
$$B = \mu_0 H.$$

Pro sílu F působící na pól tyčového magnetu tedy platí

$$F = \frac{BQ_m}{\mu_0}.$$

Magnet v našem experimentu není tyčový, proto pro něj tento vztah neplatí. Můžeme jej však prodloužit, a pak jde o rozumnou aproximaci.

V magnetickém poli cívky tedy působí na magnetická množství na koncích magnetu síly \vec{F}_N a \vec{F}_S . Jejich směr je tečný k indukčním čarám magnetického pole cívky. Podstatné jsou pro nás síly \vec{F}_{Nx} a \vec{F}_{Sx} , které jsou průmětem sil \vec{F}_N a \vec{F}_S do x-ové osy. Síly \vec{F}_{Nx} a \vec{F}_{Sx} směřují stejným směrem, a tak je zřejmé, že výsledná síla na magnet působí v našem případě směrem doleva.



Obrázek 4 Síly působící na magnetická množství

Závěr a začlenění do výuky

Pomocí výše uvedených náhledů jsme tedy kvalitativně popsali, z jakého důvodu se kyvadlo vychyluje. Mějme však na paměti, že jsme užívali různá přiblížení a některé efekty jsme zanedbávali. Uvědomme si například, že jakmile se magnet vychýlí z rovnovážné polohy, situace se stane značně nesymetrickou a začnou se uplatňovat síly, které v rovnovážné poloze neexistovaly. Magnet se např. bude chtít vtáhnout do místa s vyšší hustotou indukčních čar, jak jsme komentovali výše.

Je na zvážení, jaký popis experimentu volit pro vysvětlování jevu studentům. Rozbor sil a momentů sil působících na magnet v magnetickém poli je sice obtížný, ale studentům blízký z hodin mechaniky. Popis pomocí magnetických množství pro studenty může být nezvyklý, ale pro základní představu je zřejmě jednodušší. Je však třeba dávat pozor, aby studenti nenabyli dojmu, že na konci magnetů jsou umístěny jakési „magnetické náboje“.

Začlenění experimentu do hodiny může být pro studenty zajímavé také díky tomu, že si sami vyzkouší chytání přívěsku, což bývá velmi oblíbenou aktivitou. V případě, že by si studenti takto hráli, musíme počítat se značnou časovou náročností, neboť většině z nich se ani po minutách úsilí nepodaří úkol splnit. Zajímavé je, že přívěsek bez obtíží chytanou většinou studenti, kteří hrají na hudební nástroj, tancují, případně provozují jinou činnost, která vyžaduje cit pro rytmus. Ten, kdo postrádá tuto schopnost, s chycením přívěsku značně zápasí. Lze to vysvětlit tím, že spínač je nezbytné mačkat ve správných intervalech, a to je výsadou právě lidí vnímajících rytmus.

Literatura

- [1] DVOŘÁK, Leoš, 2016. *O magnetu, magnetických tělesech a velikém magnetu Zemi* [online]. [cit. 1. 10. 2018]. Dostupné z: http://kdf.mff.cuni.cz/vyuka/Fyzika2elmag/OmagnetuMagnetickychTelesech_DilnyHeureky2016.pdf

Přírodovědný Inspiromat 2018

PAVEL BÖHM

KDF MFF UK & EDUFOR

Přírodovědný Inspiromat je tradiční každoroční seminář pro učitele fyziky, chemie a přírodopisu ze základních i středních škol, který pořádají pracovníci KDF MFF UK a společnosti Edufor ve vybraných městech po celé ČR.

Shrnutí letošních Inspiromatů

Letošní Inspiromaty proběhly během února a března v 8 městech (Brno, České Budějovice, Hradec Králové, Olomouc, Ostrava, Plzeň, Praha, Teplice), přihlásilo se 364 učitelů.

Během 120 minut jsme ukázali 18 počítačem podporovaných experimentů, většina z nich měla mezioborové přesahy (fyzika, přírodopis, chemie).

Na webové adrese [1] je shrnutí posledních dvou Inspiromatů a v lednu na této adrese bude také přihlašovací formulář na Přírodovědný Inspiromat 2019.

Ukázka experimentu – „kouzelný větráček“



V tomto experimentu jsme se nechali inspirovat loňskými ukázkami z Veletrhu nápadů učitelů fyziky, které předváděl Vít Boček. Použili jsme „kouzelný USB větráček“ připojený k powerbance.

Kromě toho, že tento větráček větrá, umí také vykreslovat barevné obrazce. K vykreslování využívá sadu svítivých diod umístěných na jednom listu vrtule. Dojem barevného kreslení umožňuje setrvačnost oka a tři druhy světločivných buněk, tzv. čípků.

Vykresluje-li tento „kouzelný větráček“ na určitém místě nějaké písmeno nebo obrazec, má náš mozek pocit, že tam daná věc je stále. Ve skutečnosti ale na daném místě krátce bliknou příslušné diody pouze v okamžiku, kdy je správně natočen list vrtulky. Abychom se o tom přesvědčili, namířili jsme na obrazec luxmetr a nechali jej zaznamenávat s vysokou frekvencí. Ukázalo se, že světlo bliká s frekvencí 45 Hz.

Následně jsme k větráčku přiložili mikrofon, což je vlastně senzor změn akustického tlaku. List vrtule před sebou tlačí vzduch, čímž způsobuje nárůst akustického tlaku. Před pohybujícím se listem by tedy mikrofon měl naměřit nárůst tlaku, za listem jeho pokles. To jsme skutečně naměřili. Frekvence těchto změn byla zhruba 90 Hz, což je dvojnásobek frekvence změřené luxmetrem – zatímco svítivé diody byly jen na jednom ze dvou listů vrtule, změny akustického tlaku způsobovaly oba listy vrtule.

Pomocí spektrometru jsme zjistili, že k míchání barev větráček používá klasické RGB míchání pomocí červené, zelené a modré diody. Když jsme například viděli žlutou barvu, spektrometr hlásil přítomnost červených a zelených fotonů, ale žádné žluté fotony.

Literatura

[1] <http://www.vernier.cz/inspiromat>

Jednoduché výpočty ve fyzice živé přírody

ZDENĚK BOCHNÍČEK

Přírodovědecká fakulta MU, Brno

Abstrakt.

V příspěvku je ukázáno několik příkladů použití jednoduchých fyzikálních modelů na popis dějů v živé přírodě, převážně v souvislosti s lidským tělem. Příklady z mechaniky a termiky vyžadují pouze znalosti fyziky střední, nebo dokonce základní školy. Modely přes svou jednoduchost poskytují výsledky dobře shodné s experimentem, nebo s naší každodenní zkušeností.

Úvod

Objekty živé přírody podléhají fyzikálním zákonům stejně jako vše ve vesmíru. Detailní popis dějů v živé přírodě může být velmi komplikovaný, ať se jedná například molekulární interakce v živé buňce nebo činnost pohybového aparátu člověka během nějakého sportovního výkonu. Pokud se však spokojíme s přibližnými odhady, může být vhodný fyzikální model velmi jednoduchý.

V příspěvku je popsáno několik modelů konkrétních situací souvisejících s lidským tělem. Tematicky jsou modely omezeny na oblast mechaniky a termiky nevyžadují hlubší než středoškolské nebo dokonce základoškolské znalosti fyziky.

Svalová síla

Tahová síla svalu je u jednoduchých, tzv. nezpeřených svalů dána počtem svalových vláken, tedy v podstatě příčným průřezem svalu. Udává se, že maximální napětí σ , která je schopen sval vyvinout, je asi 300 kN/m^2 . Reálně je tato hodnota ovlivněna trénovaností jedince, ale jako přibližný odhad nám postačí.

Pro popis je asi nejjednodušší situace u dvouhlavého svalu pažního, bicepsu, který přes loketní kloub přitahuje předloktí k paži. Zkusme odhadnout, jaké maximální závaží udržíme v jedné ruce při vodorovném předloktí. Situace je znázorněna na obrázku 1.

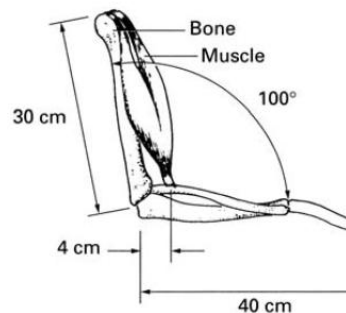
Dvouhlavý sval je upevněn asi v jedné desetíně vzdálenosti mezi loketním kloubem a dlaní. Sílu svalové kontrakce snadno spočítáme jako

$$F_{\text{svalu}} = \sigma \cdot S$$

Odhaduji, že můj dvouhlavý sval má průřez asi 50 cm^2 , pak je síla svalu rovna

$$F_{\text{svalu}} = 300 \cdot 10^3 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 1500 \text{ N}$$

Vzhledem k pákovému mechanismu je síla v dlani asi desetinou, tedy



Obr. 1

$$F_{ruký} = \frac{F_{svalu}}{10} = 150\text{N}$$

to odpovídá tíhové síle 15 kg závaží, což je v dobrém souladu s mými reálnými schopnostmi.

Rychlost chůze

Podle zkušenosti i podle objektivních měření existuje jen úzký interval rychlostí chůze, ve kterém je chůze dostatečně rychlá, vytrvalá a efektivní. Předpokládejme tedy, že optimální rychlost chůze odpovídá vlastní frekvenci kmitů nohy. Noha je fyzické kyvadlo s osou v kyčelním kloubu a tedy periodu kmitů lze vyjádřit známým vztahem jako

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{J}{mga}}$$

Pro odhad momentu setrvačnosti uvažujeme nohu jako homogenní tyč délky l . Nehomogenitu nohy/tyče částečně zohledníme předpokladem, že těžiště nohy je ve vzdálenosti 40 % délky nohy od kyčelního kloubu. Dostaneme tak odhad periody kmitů

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\frac{1}{12}ml^2 + m(0,4 \cdot l)^2}{mg \cdot 0,4 \cdot l}} = 2\pi \sqrt{\frac{\frac{1}{12}l + (0,4)^2 \cdot l}{g \cdot 0,4}} = 2\pi \sqrt{\frac{\frac{1}{12} \cdot 1 + (0,4)^2 \cdot 1}{10 \cdot 0,4}} \div 1,5\text{s}$$

kde jsme za délku nohy dosadili hodnotu 1m.

S uvážením délky kroku 0,8m pak pro rychlost chůze dostaneme

$$v = \frac{2 \cdot d}{T} = \frac{2 \cdot 0,8\text{m}}{1,5\text{s}} = 3,8 \text{ km/h}$$

Kmity fyzického kyvadla nejsou standardní součástí středoškolského učiva. Pokud aproximujeme nohu jako matematické kyvadlo délky 40 % celkové délky nohy, vychází rychlost chůze 4,4 km/h.

Obě získané hodnoty jsou blízké skutečné obvyklé rychlosti chůze dospělého člověka.

Rychlost chůze a velikost chodce

Je zajímavé si všimnout, jak souvisí rychlost chůze s velikostí chodce (resp. s délkou dolních končetin). Snadno odvodíme, že rychlost je úměrná druhé odmocnině z délky nohy (pro model fyzického i matematického kyvadla). Což je pravidlo přibližně platné pro suchozemská zvířata.

Rychlost běhu a velikost běžce

Vyjdeme ze vztahu pro periodu kmitů nohy při chůzi

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\frac{1}{12}ml^2 + m\left(\frac{l}{2}\right)^2}{mg \cdot 0,4 \cdot l}}$$

Při chůzi nohu urychluje tíhová síla (výraz mg ve jmenovateli), při běhu je to síla svalů, která je úměrná ploše průřezu svalu (tedy druhé mocnině délky nohy). Hmotnost je přitom úměrná třetí mocnině lineárního rozměru těla (délky nohy). Použijeme-li zmíněné úměrnosti, dostaneme

$$T \approx \sqrt{\frac{l^5}{l^3}} = l.$$

Perioda kmitů nohy je při běhu úměrná její délce. Délka kroku je ovšem také úměrná délce nohy a z této úvahy vychází, že rychlost běhu na velikosti běžce nezávisí. Skutečně v přírodě pro středně velké živočichy nenacházíme žádnou závislost rychlosti běhu na jejich velikosti. Například žirafa běží rychlostí 50km/h zatímco mnohem menší zajíc 60 km/h.

Skok o tyči

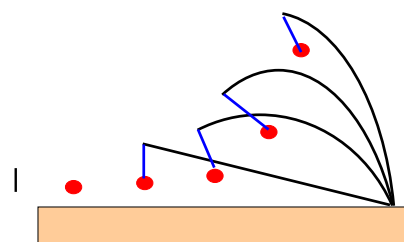
Při skoku o tyči je výšky dosaženo tak, že s využitím elasticity tyče je vodorovný běh atleta převeden do svislého směru., viz obr. 2. Vlastní úsilí atleta během letu je pro celkovou výšku skoku podstatně méně významné. Za tohoto předpokladu můžeme výšku skoku o tyči odhadnout ze zákona zachování mechanické energie

$$E_{K(\text{při rozběhu})} = E_{P(\text{maximální při výstupu})}$$

$$\frac{1}{2}mv^2 = mgh \Rightarrow h = \frac{v^2}{2g}$$

Nejlepší mužští atleti se při rozběhu blíží rychlosti 10m/s. Takto pro výšku skoku dostaneme

$$h = \frac{10^2}{2 \cdot 10} = 5\text{m}$$



Obr. 2

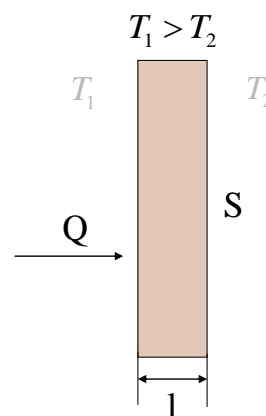
S uvážením skutečnosti, že těžiště atleta se při rozběhu pohybuje přibližně ve výšce přibližně 1m, je výsledná výška skoku rovna 6 m, což je hodnota velmi blízká světovému rekordu 6,16 m ([Renaud Lavillenie, 2014](#))

Tepelné ztráty člověka

Pokusme se odhadnout, jakou vrstvou je tepelně izolované lidské tělo. Předpokládejme, že při okolní teplotě cca 26 °C by se klidný, spoře oděný člověk cítil po delší dobu teplotní komfort. To znamená, že tepelné ztráty jsou za těchto podmínek vyrovnány s klidovým tepelným výkonem lidského těla.

Za ustáleného stavu je tepelný výkon procházející napříč velkou homogenní deskou dán vztahem

$$P = \frac{Q}{t} = \frac{S(T_1 - T_2) \lambda}{l}$$



Obr. 3

Kde význam symbolů je buď jasný nebo zřejmý z obrázku 3. Tloušťka izolační vrstvy a její tepelná vodivost jsou v případě komplikované struktury lidského těla zcela nejasné veličiny. Provedeme tedy substituci, ve které jsme poměr těchto veličin nahradili veličinou β .

$$S\Delta T \frac{\lambda}{l} = S\Delta T \beta$$

Z rovnice snadno určíme

$$\beta = \frac{P}{S\Delta T} = \frac{80}{1,5 \cdot 10} = 5,5 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}},$$

Kde jsme za klidový tepelný výkon dosadili 80W a za plochu povrchu těla 1,5 m².

Význam číselné hodnoty β si není snadné nějak názorně představit. Spočítejme tedy, jakou tloušťku by musel mít obvyklý izolační materiál (pěnový polystyrén nebo minerální vata), aby bylo dosaženo stejné hodnoty β .

$$\beta = \frac{\lambda}{l} \Rightarrow l = \frac{\lambda}{\beta} = \frac{0,035}{5,5} = 0,006\text{m} = 6\text{mm}$$

Naše tělo je tedy izolováno tak, jako by bylo pokryto 6mm vrstvou stavebního izolačního materiálu. Možná se to zdá málo, ale je to v souladu s našimi zkušenostmi. Jsme-li izolováni jen tenkou vrstvou, pak přidání další tenké vrstvy, například košile, bude mít velký vliv na naši tepelnou pohodu za nižší okolní teploty. A tak to skutečně je.

Pocení maratonce

Za jistých předpokladů lze velmi jednoduše odhadnout, kolik maratonec vypotí během závodu, a kolik by tedy měl pít.

Předpokládejme, že závod se koná za takových teplotních podmínek, kdy by se maratonec v klidu ve svém běžeckém dresu dlouhodobě cítil v teplotním komfortu (viz obdobná úvaha v předchozím příkladu). Mechanický výkon vrcholového sportovce při vytrvalostním běhu je asi 300 W. Je-li účinnost práce lidských svalů 20 % - 25 %, pak se při tomto mechanickém výkonu uvolňuje tepelný výkon asi 1200 W. Tento výkon se musí uchládit odpařováním vody (potu) z povrchu kůže. Snadno sestavíme rovnici

$$Q = P \cdot t = m \cdot l_{\text{vyp}} \Rightarrow m = \frac{P \cdot t}{l_{\text{vyp}}}$$

kde l_{vyp} je skupenské teplo výparné, ostatní symboly mají obvyklý význam. Dosazením (předpokládáme, že maratonec běží 2,25 hodiny) dostaneme

$$m = \frac{1200 \cdot 3600 \cdot 2,25}{2,5 \cdot 10^6} = 4\text{kg},$$

což velmi dobrá shoda s obvyklým doporučením vypít během závodu 4 - 5 litrů vody.

Ztráty tepla dýcháním

V chladném počasí ztrácíme značné množství tepla dýcháním. Studený vzduch se v našich plicích jednak ohřívá, a jednak zvlhčuje. Odhadněme, kolik tepla takto ztrácíme při okolní teplotě např. 0 °C. Předpokládejme, že v klidu dýcháme v průměru 0,3 l/s a vydechujeme vzduch o teplotě našeho těla a 100% relativní vlhkosti.

Vliv ohřevu vzduchu

Výkon tepelných ztrát lze určit jako

$$P = \frac{Q}{t} = \frac{mc\Delta T}{t} = \frac{V\rho c\Delta T}{t},$$

kde c je měrná tepelná kapacita vzduchu, m je hmotnost vydechovaného vzduchu, V jeho objem a ρ hustota. Dosazením číselných hodnotu dostaneme

$$P = \frac{0,3 \cdot 10^{-3} \cdot 1,3 \cdot 1000 \cdot 36}{1} = 14\text{W}$$

Vliv zvlhčení vzduchu

Maximální hmotnost vodní páry ve vzduchu - absolutní vlhkost - velmi silně závisí na teplotě, viz tabulka. Při ohřevu se v kontaktu se sliznicí vzduch zvlhčuje

a tepelný výkon potřebný k odparu vody lze určit jako

$$P = \frac{Q}{t} = \frac{m_{\text{voda}} l_{\text{vyp}}}{t},$$

kde m_{voda} je hmotnost odpařené vody. S využitím tabulky dosadíme číselné hodnoty

$$P = \frac{(41,5 - 4,9) \cdot 10^{-3} \text{kgm}^{-3} \cdot 0,3 \cdot 10^{-3} \text{m}^3 \cdot 2,5 \cdot 10^6 \text{Jkg}^{-1}}{1\text{s}} = 28\text{W}$$

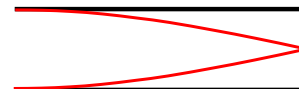
teplota (°C)	abs. vlhkost (g/m ³)
0	4,9
10	9,4
20	17,3
30	30,4
36	41,5
40	50,2

V součtu jsou ztráty tepla za těchto podmínek obrovské; tvoří asi 50 % našeho klidového tepelného výkonu. Znalost této skutečnosti může mít pro nás velký význam. Pokud například spíme za nepříznivých podmínek a je nám v noci zima, velmi pomůže, pokud si zcela přikryjeme hlavu a dýcháme do nějaké odvětrávané kapsy. Pak totiž částečně vdechujeme předchozími výdechy ohřátý a zvlhčený vzduch a tepelné ztráty tak významně snížíme. Podle osobních zkušeností autora, je efekt takového opatření značný.

Rezonance ve vnějším zvukovodu

Zvukovod je trubice, kterou je do středního ucha přiváděn zvuk. Je ukončena bubínkem a má délku asi 2,5cm. Na zvukovod se můžeme dívat jako na rezonanční trubici s jedním uzavřeným a jedním otevřeným koncem. První rezonanční mód tedy odpovídá situaci, kde délka trubice je rovna čtvrtině vlnové délky zvuku, tedy rezonanční frekvence je rovna

$$f = \frac{c_{\text{zvuku}}}{\lambda} = \frac{340}{0,1} = 3400\text{Hz}.$$



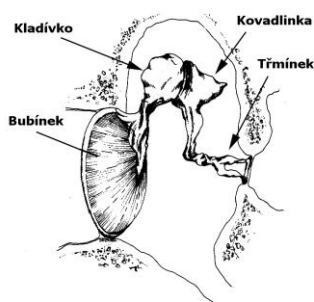
Obr. 4

Skutečně v oblasti frekvencí kolem 3000 Hz má lidské ucho nejvyšší citlivost.

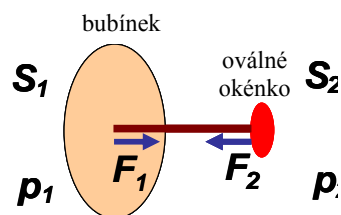
Zesílení zvuku ve středním uchu

Střední ucho převádí zvukové vlnění do vnitřního ucha. Ale nejen to, Střední ucho je současně velmi účinným zesilovačem intenzity zvuku, který pracuje na jednoduchém fyzikálním principu.

Střední ucho je ohraničeno bubínkem a oválným okénkem. Základní trik je v tom, že bubínek má asi 20krát větší plochu než oválné okénko (60mm² resp. 3mm²), viz obrázek 5. Předpokládejme nejprve, že bubínek je s oválným okénkem spojen tuhou tyčkou, která pouze přenáší tlakovou sílu zvuku na bubínek přímo na oválné okénko, viz obr. 6.



Obr. 5



Obr. 6

Pak zřejmě platí

$$F_1 = F_2$$

$$p_1 S_1 = p_2 S_2$$

$$p_2 = \frac{p_1 S_1}{S_2},$$

kde p_1 a p_2 jsou příslušné akustické tlaky. Vzhledem k tomu, že oválné okénko (S_2) je asi 20krát menší než bubínek (S_1), je tlak na oválné okénko 20krát vyšší, než původní akustický tlak na bubínek.

Ve skutečnosti středoušní kůstky nepřevádějí tlakovou sílu z bubínku na oválné okénko ve stejné velikosti, ale pracují jako páka se zesílením asi 1,5krát. Celkově je tedy akustický tlak ve středním uchu zesílen přibližně 30krát. Intenzita zvuku je úměrná druhé mocnině amplitudy akustického tlaku, tedy intenzita je zesílena téměř 1000krát, tj. o 30 dB.

Závěr

Fyzika popisuje svět kolem nás. Přesto se, paradoxně, často žákům jeví jako abstraktní a od reality odtržená věda. Využití příkladů popisujících dobře známé jevy z bezprostředního okolí žáků může být pro žáky nejen zajímavé a atraktivní, ale může zvýšit respekt k fyzice jako takové.

Oblast živé přírody a lidské tělo zejména patří k nejvhodnějším objektům pro žákovské fyzikální zkoumání. Posílení nyní tak propagovaných mezipředmětových vztahů je jen dalším bonusem navíc.

Využití populárně naučných pořadů při výuce fyziky

VERONIKA BURDOVÁ, JIŘÍ TESAŘ
Katedra aplikované fyziky a techniky PF JU

Anotace

V dnešní době vzniká mnoho pořadů s fyzikální a technickou tematikou. Jsou natočené tak, aby diváka zaujaly a vtáhly do děje. Kromě populárně naučných pořadů se objevují i show s fyzikální tematikou např. Zázraky přírody. Tento příspěvek ukazuje možnosti využití těchto pořadů při výuce fyziky na základní a střední škole.

Annotation

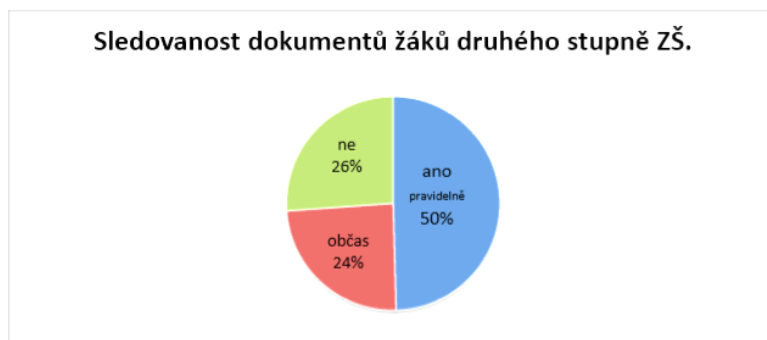
Nowadays there are many programs with physical and technical themes. They are shot so that the viewer gets intrigued and intrigued. In addition to popular educational programs, there are also presentations with physical themes such as Miracles of Nature. This paper shows the possibilities of using these programs in teaching physics at primary and secondary schools.

Úvod

V dnešní době se hledají výukové metody, které by mohly zvýšit oblíbenost fyziky. Sledování populárně naučných pořadů mezi tyto výukové metody určitě patří a v tomto příspěvku se pokusíme ukázat naučné pořady, které lze při výuce využít.

Mimo naučné pořady se budeme věnovat i fyzikálním show, které znalosti fyziky využívají také. Na naučné pořady a jejich významný motivační prvek upozorňuje Trna, který je řadí mezi významné motivační výukové metody. Tuto domněnku potvrdili ve výzkumu i samotní žáci. Položka: Sledovat film či videopořad o fyzikálních jevech dosáhla nejvyššího kladného hodnocení ze všech nabízených položek [1].

Naučné pořady dokáží v žácích probouzet zvědavost a budovat poznávací potřebu, která je základem motivace žáků ve vzdělávacím procesu. Sledovanost naučných pořadů samotnými žáky potvrzuje i pedagogická sonda, ve které 50 % žáků uvedlo pravidelné sledování dokumentárních pořadů [2].



Obrázek 1 upraveno a převzato [2]

Tyto pořady můžeme rozdělit do dvou skupin. První skupinu tvoří pořady, které vznikají s přímým cílem objasňovat fyzikální zákony. Druhá skupina využívá znalosti fyzikálních zákonů a jejím základním cílem je pobavení diváků. U obou skupin pořadů nalezneme mnoho zástupců. V našem příspěvku vybíráme ty, které žáky nejvíce bavily a jsou volně dostupné na internetu. V příspěvku ukazujeme i nepříliš známé zajímavé pořady.

Populárně naučný pořad

Zobrazení fyzikálních jevů a zákonů pomocí filmu v sobě skrývá řadu výhod. Největší výhodou této výukové metody je její dynamičnost. V didaktice fyziky k danému tématu nalezneme následující shrnutí: „Dynamika obrazového znázornění skutečnosti nejlépe odpovídá obrazovému myšlení žáků, a to činí z filmu jeden z nejvýznamnějších prostředků názorného vyučování“ [3].

Druhou předností této metody je její motivační prvek. Naučné pořady se tak stávají incentívou, která žáky stimuluje a probouzí v nich zájem o fyziku a její aplikace. Fyziku ukazují v běžném životě s důrazem na její praktičnost a užitečnost. Pokud učitel tuto metodu vhodně doplňuje s dalšími výukovými metodami, tak může pomoci k budování kladného vztahu k danému předmětu.

Naučný pořad může žáky vzít do míst, kam není vstup možný. Ukázat pokusy, které při hodině fyziky nelze demonstrovat, nebo by jejich demonstrace byla finančně náročná. Ukazuje jevy, které probíhají velmi rychle nebo naopak velmi pomalu. U těchto jevů je důležité žákům vysvětlit způsob jejich natočení a diskutovat skutečný časový průběh daného fyzikálního jevu. Film může nahlédnout „pod pokličku“ a ukázat skryté fyzikální principy v daných strojích a zařízeních. Žákům ukazuje zajímavá místa jako jsou například jaderná elektrárna – radioaktivní zóna, různé továrny a vědecká pracoviště.

Film musí být spojen s aktivitou žáků, aby se nestal jen kulisou hodiny. Musí splňovat následující požadavky: vysokou kvalitu, věkovou a mentální srozumitelnost, fyzikální správnost, vysoký motivační prvek a didaktickou správnost.

Filmy můžeme z pohledu didaktiky fyziky rozdělit na jednopojmové a komplexní. První skupinu filmů si při dnešních možnostech může připravit i sám učitel fyziky. Tyto pořady se věnují právě probíranému tématu, které ilustrují. Často se v nich pomocí syntézy vysvětluje probíraný fyzikální jev. Učitel si videosekvenci může vytvořit z pořadu komplexního. Ten naopak ukazuje žákům propojenost fyziky. Poznatky, které vytvářejí jejich poznatkovou strukturu, ukazuje v jejich komplexnosti. V reálném životě se setkáváme většinou s více fyzikálními pojmy najednou. Komplexní film představuje složitější uvedení žáků do jeho obsahu a hůře se u něho určuje výukový cíl. Žáci v něm mohou být přehlceni danými informacemi. Práce s takovým pořadem vyžaduje vysoký didaktický cit a pedagogickou erudici daného učitele. V našem příspěvku ukážeme zajímavé komplexní i jednopojmové pořady. U některých komplexních pořadů vtipujeme jednopojmové videosekvence.

Přehled vybraných naučných pořadů

Atom – třídílná dokumentární série popisující velmi působivým způsobem atom od jeho



Obrázek 2 Atom – objev elektronu

první zmínky až po objev kvarků a dalších elementárních částic. V sérii provádí rekonstrukci pokusů provázející jeho objev. Příběh atomu se podává jako fascinující příběh mnoha fyziků, který byl plný zápletek. Přístupnou formou seznamuje s tajuplnou podstatou hmoty. Proniká do tajemství samotného jádra atomu. Podtitul Souboj titánů, který série nese, ukazuje souboj vědců, kteří se nakonec utkávají i s názory samotného Alberta Einsteina, který vysvětlil fotoelektrický jev. Sám ale kvantovou teorii nikdy nepřijal [4].

Příběh elektřiny – Britská dokumentární série natočená v podobném duchu jako Atom. Pro-



Obrázek 3 Příběh elektřiny – jiskra

vází ji profesor fyziky. Ten tento příběh podává fascinujícím způsobem od první jiskry až po její ovládnutí člověkem. V celé sérii ukazuje i příběhy fyziků, kteří u pochopení fyzikálních zákonů elektřiny stáli. Elektrikáři byli původně podomní kouzelníci, kteří svými kousky a záhadnou elektřinou nejdříve bavili své publikum [5].

Tajemný příběh kvantové fyziky – Profesor Jim Al-Khalili seznamuje ve dvojdílném doku-



Obrázek 4 Tajuplný příběh kvantové fyziky – průchod částice překážkou

mentu s dějinami kvantové fyziky. Základem této fyziky je jedna z nejzajímavějších vědeckých teorií na světě. Historie kvantové fyziky má svůj počátek na začátku dvacátého století. V tomto období řešili poměrně jednoduchý problém, konkrétně výzkum mechanismu fungování žárovky. Ten fyziky zavedl do fascinujícího světa kvantové fyziky. Pořad srozumitelnou formou seznamuje diváky se základními poznatky našeho světa [6].

Rande s fyzikou – třináctidílná dokumentární série České televize snažící se ukázat, že na



Obrázek 5 rande s fyzikou – zrychlení

rande se dá jít i s fyzikou. Série prolíná téměř celou mechanikou. Na základě tohoto pořadu vznikla i kniha [7]. Na rande s fyzikou se podílela katedra didaktiky fyziky Matematicko-fyzikální fakulty UK Praha. Překvapující se jeví neznámost tohoto dokumentu na našich školách [8]. Zajímavá je i facebooková stránka, která je stále aktivní a lze na ní nalézt mnoho dalších zajímavostí.

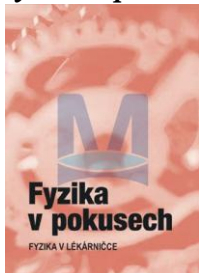
Fyzika názorně – Desetidílná sada na DVD, která krátkými videy objasňuje základy fyziky.



Obrázek 6 Fyzika názorně – tření

Výuková videa jsou doplněná animacemi. V DVD nalezneme např. zviditelněné kmitání, skládání kmitů, princip šíření světla, Torricelliho pokus se rtutí, co má společného muž s bičem s nadzvukovou stíhačkou apod. [9].

Fyzika v pokusech – série několika DVD pokrývající experimenty fyziky pro základní školy.



Obrázek 7 Fyzika v pokusech obal

Odborným garantem pokusů se stal Josef Trna. Pokusy mohou být využity i jako videonávody pro žáky. Celá série byla rozšířena o 3 DVD – fyzika v peněženke, fyzika v lékárnice, fyzika v kuchyni, fyzika na toaletě. V každém dílu se nachází kolem 40 pokusů. Pokusy jsou doplněny animacemi. Některé pokusy jsou netradiční, např. z injekční stříkačky se stává akcelerometr nebo píšťala apod. [10].

Já budu Einsteinem – naučný pořad, který natočila Česká televize. Tento pořad podává fyziku jako fascinující hru.



Obrázek 8 Tonda s panem profesorem v jeho laboratoři

Zábavná vědecká show plná experimentů a překvapivých poznání. Matěj, Tonda, Stázka a profesor Tomáš Tyc odhalují svět fyziky díky zajímavým pokusům. Všechny díly se dají zhlédnout na internetu. Celá série obsahuje 25 dílů ze všech částí fyziky. Pořad je vhodný pro žáky druhého stupně ZŠ. Každý díl má ústřední fyzikální myšlenku. Tonda, Stázka a Matěj jsou zvědavé děti, které rády experimentují. Při svých objevných výpravách objevily záhadnou laboratoř s profesorem. V té se setkávají s panem profesorem. Ten jim vysvětluje jejich zvědavé otázky. V pořadu se také objevují různé fyzici z minulosti. Ty hlavní hrdiny seznamují se svými objevy a vynálezy. V některých dílech se setkávají i s aplikovanou fyzikou, např. navštíví kino, ordinaci kožní lékařky. Využití tohoto pořadu může být v krátkých videosekvencích ale i v samotných dílech [11].

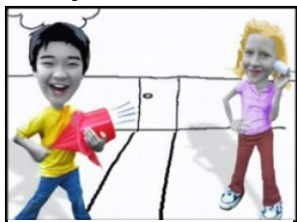
Věda na vlastní kůži – Francouzský dokumentární naučný seriál, který má již několik sérií s mnoha díly. Jednotlivé díly se dají zhlédnout na internetu [12].



Obrázek 9 tým Vědy na vlastní kůži se svým figurantem

V každém díle se věnují třem hlavním úkolům (otázkám) ze světa vědy. Tři hlavní hrdinové berou diváky na fascinující experimentální výpravy. Při nich navštíví např. aerodynamický tunel, cirkus, let horkovzdušným balonem, kaskadéry, krykomoru apod. Experimenty vyskytující se ve filmu mohou dokreslit výuku a ukázat i experimenty, které se díky své náročnosti při běžné výuce dělat nedají [13].

Věda je zábava – zábavné pokusy, které provádějí děti. Australský cyklus, určený pro zvědavé děti zhruba od osmi do dvanácti let. Nalezneme v něm pokusy všeho druhu s využitím nejrůznějších nepotřebných věcí, zejména použitých obalů, PET lahví, plechovek či novin. Děti například zkouší různé rakety, dělají odposlouchávací zařízení ap. Pokusy si mohou žáci sami vyzkoušet, jednotlivé díly lze použít jako video-návody k domácím experimentům [14].



Obrázek 10 Věda je zábava – zvuk

Proč se, co děje Greeg Foot si pokládá zajímavé otázky. Na jeho otázky hledá odpovědi i



Obrázek 11 Lze vyrobit malou hvězdu na Zemi?

mnoho našich žáků. Tyto otázky probouzejí lidskou zvědavost. Při hledání odpovědi Greg zjišťuje „Proč se, co děje.“ V díle hledá většinou odpovědi na 3 otázky a vyvrací pověry, které jsou považovány za pravdivé. Hledá odpovědi např. Jak velký skok je na měsíci? Může člověka zabít placák? Proč můžeme chodit po žhavém uhlí? Může zvuk zabíjet? Lze přežít pád výtahu? Pokusy zodpovídající jeho zvědavé otázky jsou velmi kreativní a mnohdy nákladné. Pořad se snaží vtáhnout do svého dění samotného diváka. V rámci jednotlivých dílů se ptají v anketách lidí, jak by si s daným úkolem poradili [15].

Technické souvislosti (Technické divy světa) - Americký dokumentární cyklus, kterým pro-



Obrázek 12 Jak souvisí most v oblacích s teflonem?

vází Richard Hammond. Tento cyklus přichází s velmi zajímavým nápadem. Ukazuje unikátní technické výtvořky a jejich propojení se základními fyzikálními poznatky. Inspirace vedoucí k těmto stavbám pochází z dávné i nedávné minulosti. Pořad objevuje překvapivé množství nečekaných nápadů a odkazů táhnoucích se historií a pramenících v nejrůznějších koutech světa. Pomocí pestrých velkorozměrových ukázek analyzuje klíčové technologie umožňující jejich vznik. Nahraným výbuchem lodi např. ukáže, jak mohou zvuková čidla

ochránit loď před minami. Při letu orla vysvětluje princip letek, bez kterých by nemohl vzniknout Airbus 380 a mnohé další [16].

Vesmír – dokumentů o vesmíru existuje mnoho. Většina z nich je volně dostupná na You-



Obrázek 13 Vesmír

Tube. V našem přehledu vybíráme dokumentární cyklus seznamující se základními a zajímavými poznatky o vesmíru. Snaží se o jednoduchá vysvětlení. K vysvětlením používají jednoduché analogie, experimenty apod. Např. ke srovnání hmotnosti Slunce s jinou hvězdou využívají auta mající stejný poměr hmotností odpovídají Slunci a dané hvězdě [17].

Granko Vesmír – zajímavý edukativní projekt od společnosti Nestlé, jímž provází učitel fyziky Martin Kotmel. Ve 12 4minutových videích shrnují základy o našem vesmíru. Na webu si mohou žáci udělat test a stát se Grankonautem. Celý projekt se snaží oslovit žáky a studenty na Facebooku a YouTube, na nichž tráví dost velkou část volného času. Zajímavým se na tomto projektu stává i samotné zapojení firmy Nestlé. Všechny lekce jsou volně dostupné na YouTube [18].



Obrázek 14 Granko vesmír

Byl jednou jeden vynálezce – Francouzský animovaný seriál, na který se rádi podívají i maturanti. Přibližuje populární formou životní příběhy mnohých fyziků. I když bylo jeho první vysílání uskutečněno již v roce 1994, tak dosahuje stále velké oblíbenosti. Tento pořad ukazuje životy fyziků, které nebyly vždy jednoduché a než dokázali o svých objevech přesvědčit ostatní, tak uplynulo mnoho let. Na našich školách se jedná o seriál, který se při výuce používá nejvíce. Jednotlivé díly jsou volně dostupné na internetu [19].



Obrázek 15 Byl jednou jeden vynálezce

Vědecky prověřeno – pořad, který už dosáhl několika sérií. Jedinečný se stává ve svém nápadu. Na internetu se dnes objevuje mnoho videí, při kterých lidé nedomyšlejí základní fyzikální zákony. Tvůrci tohoto pořadu tato videa analyzují a fyzikálně rozebírají. Richard Hammond představuje rozmanité druhy nehod, při kterých se jedinci snažili ukázat svou statečnost. Na těchto příkladech s použitím animace a zpomalených záběrů vysvětluje z vědeckého hlediska příčiny jejich selhání. Tento pořad ukazuje, že neznalost a nepochopení fyziky má dalekosáhlé důsledky. Ukázky jsou vybírány tak, aby dané jevy ukázaly, ale neskončily tragicky. Analýza dává návod, jak se podobným hloupostem vyhnout, ukazuje zároveň fyziku v každodenním životě. Pořad stále běží a jednotlivé starší díly jsou volně dostupné na internetu [20].



Obrázek 16 Vědecky prověřeno – ukázka z analýzy smeče při volejbalu

Geniální vynálezy Michael Mosley se svým týmem vybírá různé vynálezy a zkoumá, jak změnily náš život. Jak a proč vznikly? Vysvětlují jejich vznik – od první myšlenky až po dokončený přístroj (vychytávku). U slavných otců těchto vynálezů se snaží oddělit fakta od mýtů. V seriálu je např. vysvětlen vznik generátorů, motorů, parních strojů, telegrafu, televize [21].



Obrázek 17 Geniální vynálezy

Moderní zázraky – několikasériový pořad, který se zabývá nejnovějšími technologiemi a nejen jimi. Ukazuje například, jakými všemi zkouškami prochází automobil, co všechno musí vydržet černá skříňka u letadla. Některé díly se věnují i technickým selháním – proč shořel raketoplán, spadl Boeing 747 a mnohé další. Co má společného silnice a polystyren? Tento seriál ukazuje aplikovanou fyziku v praxi. Série je mezi žáky hodně známá [22].



Obrázek 18 Moderní zázraky

Zázraky přírody – zábavná show, kde hvězdou se stává příroda sama. V tomto pořadu České televize se dá nalézt plno zajímavých experimentů. Pořad dosahuje i dobré sledovanosti a může se na něj dívat celá rodina. Někteří žáci tento pořad dobře znají. Hosté v pořadu dostávají otázky a z tří možností vybírají správnou odpověď, tu pak většinou ukáží pomocí experimentu [23].



Obrázek 19 Zázraky přírody – Unesou 4 hrnečky automobil?

Dokonalé zvířecí smysly – 3 dílný dokument, kterým provází fyzička a biolog. Každý z nich vysvětluje čich, zrak a sluch ze svého úhlu pohledu. V tomto dokumentu je pěkně ukázána i mezipředmětová propojenost fyziky a biologie. Celou třídílnou sérii natočili zábavnou formou, ukazuje rekordmany v oblasti smyslů [24].



Obrázek 20 Dokonalé zvířecí smysly – aligátoří vábení

Nezkreslená věda – Tento několikadílný cyklus vytvořila Akademie věd. Zajímavou a vtipnou formou ukazuje základní fyzikální zákony. Celá série je animovaná a vydává se do různých oblastí vědy a poznání. Série dosahuje vysoké oblíbenosti [25]. Videá jsou volně dostupná na internetu. Jednotlivé díly se věnují nejen fyzice, ale i dalším oblastem vědy. Díly jsou spíše pro studenty SŠ, ale některé se mohou použít i pro žáky ZŠ [25].



Obrázek 21 Nezkreslená věda – atom

Ukázka využití v hodině a zkušenosti z výuky

V následující části příspěvku vytipujeme a ukážeme konkrétní využití ukázek při výuce fyziky. Ukázky do této části vybíráme z pořadů představených výše. V příloze jsme k nim vytvořili pracovní listy. Tyto pořady byly využívány při výuce na gymnáziu v Táboře. Zkušenosti z výuky popisujeme u daných ukázek. Vytipovali jsme ukázky jednopojmové i komplexní povahy.

Vědecky prověřeno – Tření v praxi

První jednopojmová ukázka je z pořadu Vědecky prověřeno, který se mezi žáky stal nejoblíbenějším pořadem. Na základě těchto ukázek přinesli studenti vlastní videosekvence, které našli na internetu a pokusili se o jejich fyzikální analýzu. K této ukázce jsme vytvořili tematický list. Téma probíraného učiva je tření. Může být využit u výkladové i opakovací části hodiny. Žáci vidí chyby, které působí komicky, ale mohou mít i fatální následky. V dané ukázce se aktéři snaží vyrobit dokonalou skluzavku. Ke snížení součinitele smykového tření používají mýdlovou vodu. Při prvním pokusu je ukázán pokus o sklouznutí bez snížení součinitele smykového tření. Při druhém pokusu je naopak ukázáno, jak to dopadne při vysokém snížení součinitele. Po této ukázce se můžeme žáků zeptat, proč se na tobogánech používá voda a jak by to dopadlo bez ní. Druhá otázka zní, proč se nemusí voda používat na dětských skluzavkách v parku.



Obrázek 22 Vědecky prověřeno – ukázka tření

Proč se, co děje – jak se zachovat při bouřce

Proč se, co děje – jak se zachovat při bouřce

Druhá jednopojmová ukázka je vybrána z tematického celku elektřina. V první části této ukázky jsou dotazováni lidé na ulici, jak se zachovat při bouřce. Druhá část ukázky hledá na tuto otázku odpověď. Blesky vytvářejí pomocí Teslova transformátoru. Tato ukázka může být použita při výkladu a opakování, žákům ukazuje i neznalost fyziky mezi dospělými. Při této ukázce se někteří studenti zmínili o své zkušenosti s elektrickými ohradníky. Z názoru jednoho žáka: Zkoušeli jsme s kamarády, jak velký „kopanec“ dokáže dát el. ohradník. V ukázce je nastíněn fyzikální princip břišního pásu na hubnutí. Tato ukázka nabízí mezipředmětový vztah s biologií a výchovou ke zdraví. Na konci videosekvence ukazují blesky, které sklouzávají po karoserii automobilu – Faradayova klec. V ukázce je i ukázán důvod, proč schování se pod strom při bouřce může skončit fatálně. Nabízí se zde fyzikální otázka směrem k danému pořadu. Z jakého materiálu vyrobili danou figurínu? Ve fyzikálním zdůvodnění vysvětlují složení člověka z vody. Figurína je vyrobená z plastu. Můžeme se studenty diskutovat o vodivosti plastů. K této diskuzi při hodině nedošlo. Zajímavá diskuze se ale rozvinula okolo náušnic a piercingů. Vytvořený pracovní list vychází ze základních znalostí elektřiny a informací získaných při zhlédnutí videosekvence. V pracovním listu vyplňují v první části křížovku, jejíž tajenkou je příjmení Tesla. Následující otázka se věnuje chování za bouřky.



Obrázek 23 ukázka auto – Faradayova klec

Následující otázka se věnuje chování za bouřky.

61

Zvířecí smysly – sluch a zrak Oba dva tyto pořady jsou komplexní povahy o zraku a



Obrázek 24 sobí vidí svět v UV oblasti

sluchu. V obou dílech studenti vidí mezipředmětové propojení fyziky a biologie. Na oba tyto díly jsme vytvořili myšlenkové mapy, které z pohledu fyziky shrnují každý díl. V této komplexnosti žáci vidí důležitost fyziky i pro ostatní vědní disciplíny. Tento pořad se nabízí pro domácí přípravu. Na gymnáziu se na dané díly dívali v závěrečných hodinách školního roku. Pro mnohé to byl pohled na fyziku úplně z jiného úhlu pohledu. Fyziku vnímají jako předmět spojený s výpočty a experimenty v laboratořích. Hodně se jim líbili následující scénky. Při první z nich poslouchají sloni nízké frekvence a následně na tyto frekvence reagují. K této scénce museli využít speciální aparaturu. U druhé scénky pomocí silných reproduktorů vyvodili frekvenci, která donutila krokodýly k „flirtování“, kdy tancováním kapek na svém hřbetu lákají samci samičky k páření.

Technické souvislosti

Druhá komplexní ukázka je z dokumentu technické souvislosti, ukázkový díl se věnuje Air-



Obrázek 25 ukázka deformačního účinku střetu letadla s ptákem

busu A 380. Toto letadlo se stalo největším dopravním letadlem. Rozpětí křidel 80 m a hmotnost přes 500 tun. Daný díl ukazuje fyzikální principy umožňující let tohoto „kolosu“. První tématem je aerodynamika. Vytvořit dostatečnou vztlakovou sílu se stalo prvním zásadním úkolem – Bernoulliho rovnice. Inspiraci inženýři našli z letu ptáka, konkrétně orla. Druhým úkolem bylo snížení hmotnosti letounu. U tohoto úkolu se inspirovali starým mongolským lukem. Mongolové vytvořili první kompozit – z jedné strany luku byly šlachy jelena a z druhé bůvolí kůže. Rozložení sil bylo ideální a tento princip

využívá A 380, tvoří ji pouze hliník, ale kompozit sklolaminátu prokládaného hliníkovou folií. V této části je ukázán rozbor sil působících při napnutí luků, vlastnosti materiálů (látek). Poslední část se týká záchranných nafukovacích skluzů – Pascalův zákon, rozložení hmotnosti a využití rakety na rychlé naplnění vaku. V této části je využita rovnice kontinuity a Bernoulliho rovnice. Kromě rakety využívá A 380 ejektor. Poslední část se věnuje podvozku a principu hydraulických zařízení. V pracovním listu se ptáme na poznatky popsané výše a na jejich fyzikální vysvětlení.



Obrázek 26 princip tlumičů ukázaný pomocí pumpiček naplněných vodou

Zkušenosti z výuky

Studenty tyto ukázky motivují a zvyšují jejich zájem o fyziku. Ukazují jim propojení základních fyzikálních zákonů s praxí. Některé pořady zákony rovnou vysvětlují, v některých je musí objevovat. Videosekvence doplňují výuku a při spojení s následnou diskuzí si někteří žáci poté doma naučný pořad pustí sami. Studenti sami pak přišli s videy, která sami fyzikálně rozebrali a svými referáty zpestřili hodiny. U mnohých se změnil jejich názor na potřebnost fyziky v běžném životě. Tuto výukovou metodu propojenou s pokusy hodnotili velmi kladně. Nevýhodou je vysoká časová náročnost přípravy takové vyučovací



Obrázek 27 motivovaný žák

hodiny a potřebná znalost dokumentů. Celá metoda volá po hlubší pedagogické sondě a vytvoření „filmotéky s výukovými videosekvencemi“.

Závěr

Tento příspěvek ukazuje využití naučných pořadů při hodině fyziky. Tato metoda podle našeho názoru může přispět k větší atraktivnosti tohoto předmětu. Má své klady i zápory. Pokud se vhodně spojí s ostatními výukovými metodami, ztraktivňuje výuku a ukazuje její propojení s reálným životem. V žácích probouzí poznávací incentivu a následně rozvíjí poznávací potřebu. Vytváří kritické myšlení a učí žáky vidět fyziku v běžných situacích.

Literatura

- [1] TRNA, Josef. Jak motivovat žáky ve fyzice se zaměřením na nadané. Brno: Paido, 2012. ISBN 978-80-7315-238-3.
- [2] BURDOVÁ, Veronika. Fyzika ve filmu. České Budějovice, 2014. Bakalářská. Jihočeská univerzita. Vedoucí práce Jiří Tesař.
- [3] KAŠPAR, Emil. Didaktika fyziky: obecné otázky. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1978. Knižnice metodické literatury.
- [4] <https://zoom.iprima.cz/atom>
- [5] <https://www.dailymotion.com/video/x11ugyu>
- [6] <http://movies.prehraj.me/cs/player/tajemny-svet-kvantove-fyziky-e1-2014>
- [7] ŠOFR, Radomír, Martin VLACH a Zdeněk DROZD. Rande s fyzikou. Praha: Česká televize, 2015. Edice České televize. ISBN 978-80-7404-150-1.
- [8] <https://www.ceskatelevize.cz/porady/10319921345-rande-s-fyzikou/dily/>
- [9] <https://obchod.skola.sk/vyucbovy-softver/157943-fyzika-nazorne-vlnenie-dvd.html>
- [10] <https://www.ucebnipomucky.net/dvd-fyzika>
- [11] https://www.youtube.com/watch?v=SoPX_ZbaMIQ
- [12] <https://decko.ceskatelevize.cz/ja-budu-einsteinem>
- [13] <https://www.ceskatelevize.cz/porady/10557473677-veda-na-vlastnikuzi/213382556830011/>
- [14] <https://www.ceskatelevize.cz/porady/10096431862-veda-je-zabava/dily/>
- [15] <https://zoom.iprima.cz/proc-se-co-deje>
- [16] <https://www.natgeotv.com/cz/technicke-souvislosti>
- [17] <https://www.youtube.com/watch?v=A4YfsBoBO6Y>
- [18] <https://www.youtube.com/watch?v=lbkEB3KbkIo>
- [19] <https://www.youtube.com/watch?v=Ln8ftvkwtpg>
- [20] https://www.youtube.com/results?search_query=v%C4%9Bdecky+prov%C4%9B%C5%99eno+cz
- [21] <https://zoom.iprima.cz/genialni-vynalezy>
- [22] <https://www.youtube.com/watch?v=qeVvdzR1gkU>
- [23] <https://www.ceskatelevize.cz/porady/10214135017-zazraky-prirody/>
- [24] <https://www.ceskatelevize.cz/porady/11105416534-dokonale-zvireci-smysly/>
- [25] <http://www.otevrenaveda.cz/nezkreslena-veda/>

Další nápady z Malé Hraštic (jednoduché pokusy se slavnými jmény v pozadí)

LEOŠ DVOŘÁK, PETR KÁCOVSKÝ
Katedra didaktiky fyziky, MFF UK, Praha

Abstrakt

Příspěvek popisuje několik pokusů spojených se jmény slavných fyziků: 1) pokus „skoro Rutherfordův“, v němž jde o odpuzování makroskopických předmětů, 2) jednoduché ověřování Ampérova zákona celkového proudu, 3) odpuzování magnetů, kdy póly tenkých dlouhých magnetů se odpuzují v analogii s Coulombovým zákonem, ovšem u kratších magnetů je to složitější a 4) Oerstedův pokus. Ve všech případech jde o jednoduché pokusy, které mají pomoci pochopení příslušných konceptů a zákonitostí.

Úvod

Jarní soustředění pro budoucí učitele fyziky pořádané již 22 let Matematicko-fyzikální fakultou UK jsou příležitostí k vyzkoušení i méně tradičních nápadů na pokusy využitelné ve výuce fyziky. Soustředění samo zde nebudeme podrobně popisovat; v minulosti o něm informoval například článek [1]. Náměty na pokusy, které vzešly ze soustředění v různých letech, byly popsány v řadě příspěvků na konferenci Veletrh nápadů učitelů fyziky – pod jmény autorů jdou dohledat v „supersborníku“ [2] na webu.

V roce 2018 byl hlavním tématem soustředění „Příběh aneb cestou objevů a vynálezů“. Šlo tedy o pokusy více či méně volně spojené se jmény objevitelů a vynálezců, po nichž jsou pojmenovány fyzikální zákony či známé pokusy apod. Představu o atmosféře soustředění i některých provedených pokusech a konstrukcích vytvořených účastníky může dát webová stránka [3]. V tomto příspěvku popíšeme pokusy a pomůcky, které jsme na letošní Hraštic zkoušeli my sami; některé navíc později trochu dotažené a rozšířené. Pokusy resp. skupiny pokusů 1, 2, a 4 navrhl a vyzkoušel první z autorů (L.D.), pokusy 3 jsou pak produktem druhého autora (P.K.); ten navíc vedl celý odborný program.

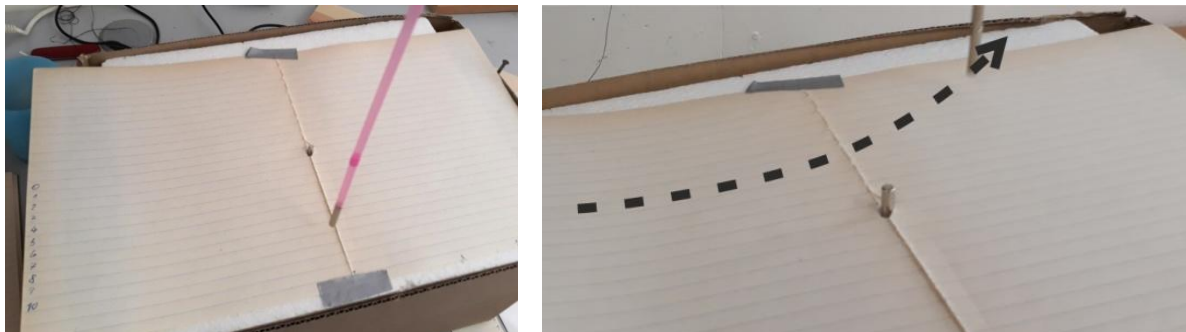
1. Pokus „skoro Rutherfordův“

Rutherfordův pokus s rozptylem částic alfa na jádrech zlata můžeme ve výuce popsat teoreticky, případně ukázat na nějakých apletech. Nešlo by ale udělat názorný makroskopický model, který by tento pokus ilustroval?

Občas se jako názorný používá model, kdy kulička koulející se po stole najede na „kopeček“ a na něm změní svůj směr. Nešlo by ale odpuzování vyřešit nějak „bezkontaktně“, podobně jako je tomu při skutečném odpuzování částic alfa od jádra zlata? Nejlepší analogií by bylo elektrostatické odpuzování, ale to by vyžadovalo velmi lehké kuličky a náboj by patrně „utíkal“ – pro pokus „v polních podmínkách“ se toto nejevilo moc schůdné. Bylo jasné, že vhodnější by byla větší odpudivá síla. To vedlo k nápadu zkusit odpuzování magnetů, přesněji řečeno pólů dlouhých magnetů. Tam pro sílu platí analogie Coulombova zákona (viz např. [4]).

Dále popsáný pokus, vyzkoušený na Hraštici, je zatím spíše jen námětem, jehož provedení bude nutno výrazně dopracovat. Kvalitativně však rozptyl umí ukázat.

Místo jádra zlata užitíme dlouhý tyčový magnet (sestavený z více neodymových magnetů, v našem případě průměru 5 mm a délky 2,5 cm). Magnet byl umístěn svisle, jeho horní konec trochu vyčníval z polystyrenové desky položené na papírové krabici, viz obr. 1.



Obr. 1. Model Rutherfordova pokusu, v němž odpuzování je mezi póly magnetů.

Druhý magnet je analogií pohybující se částice alfa. Je zavěšen na dlouhém závěsu jako kyvadlo. Na začátku ho vychýlíme (na obrázku je to na levou stranu od pevného magnetu) a pustíme tak, aby se pohyboval rovnoběžně s linkami na papíře položeném na polystyrenové desce. Odpuzování od pevného magnetu jej vychýlí. Stejně jako při skutečném Rutherfordově pokusu je odchylka větší, když se pohyblivý magnet „strefí blíže“ k pevnému. (Tedy, řečeno fyzikálními termíny, když je menší srážkový parametr.)

Experimentování s popsáním provedením samozřejmě ukázalo řadu problémů. Aby odpuzování opravdu odpovídalo Coulombovu zákonu, bylo by třeba, aby i pohyblivý magnet byl dlouhý. Jenže takový magnet má velkou hmotnost, takže se „rozumně“ odchyluje až při malé vzdálenosti od pevného magnetu. Velká síla při těsném přiblížení ale způsobovala, že se pohyblivý magnet (jehož závěs byl řešen nití) výrazně rozkmital. Kmitání se omezilo, až když byl použit kratší magnet nasunutý v plastovém brčku. V tomto případě ovšem už síla není úměrná $1/r^2$. Pokud by měl být experiment alespoň zčásti kvantitativní, bylo by tedy potřeba pro dané uspořádání proměřit nebo spočítat sílu pro různé vzdálenosti, odvodit, jaké trajektorie by v tomto případě předpovídala teorie, a ty pak porovnat s experimentem. Navíc: magnet na závěsu bychom mohli považovat za volně se pohybující částici jen v případě nekonečně dlouhého závěsu a tak vysoké školy, aby se do nich takový závěs vešel, u nás nemáme... ☺

Takže je nutno přiznat, že daný pokus je zatím jen inspiračním námětem – ale snad stojí za další rozpracování.

2. Ampérův zákon celkového proudu

Trocha teorie – a jak se na ni podívat jednoduše

Ampérův zákon konstatuje, že integrál magnetické intenzity \vec{H} podél uzavřené křivky c je roven celkovému proudu $I_{\text{celk.}}$, který protéká plochou, kterou daná křivka ohraničuje:

$$\oint_c \vec{H} \cdot d\vec{r} = I_{\text{celk.}} \quad (1)$$

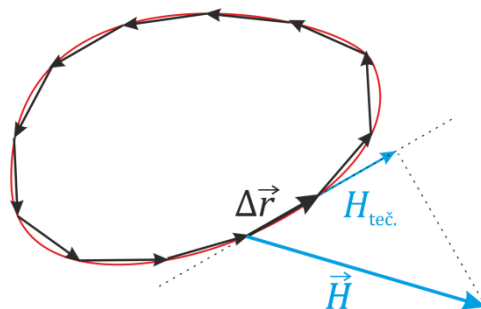
Takto se to alespoň učí ve vysokoškolské fyzice, viz např. učebnici [5]. Obvykle se ale daný zákon při výuce spíše jen konstatuje, a pokud se ilustruje, tak většinou poněkud komplikovanějšími pokusy. Navíc v prvním roce studia, kdy se obvykle tento zákon probírá, je křivkový integrál pro studenty novým a proto leckdy obtížným pojmem. Nešlo by tento zákon ověřit (v nějaké konkrétní situaci) jednoduchým pokusem? A nešlo by se přitom i názorněji seznámit s tím, co je to ten křivkový integrál vlastně zač?

Můžeme vyjít z názorné představy, že integrál je vlastně „součet mnoha hodně malých kousků“. (Matematici snad prominou tuhle hodně nepřesnou formulaci... Následující úvahy by samozřejmě šlo precizovat, ale pro pochopení principu zde popisovaného měření to není nezbytné.) Rozdělíme tedy křivku na malé části a sečteme příslušné příspěvky.

Samozřejmě, „součtem mnoha malých kousků“, nedostaneme přesnou hodnotu integrálu – ale budou-li části křivky dostatečně malé, bude malá i chyba, které se dopustíme. Integrál tedy můžeme (přibližně) nahradit součtem:

$$\oint_c \vec{H} \cdot d\vec{r} \doteq \sum_{i=1}^N \vec{H}_i \cdot \Delta\vec{r}_i = \sum_{i=1}^N H_{\text{teč. } i} \Delta s_i \quad (2)$$

kde \vec{H}_i je vektor magnetické intenzity na i -tém kousku křivky a $\Delta\vec{r}_i$ malý vektor, který přibližně představuje část křivky. (Viz obr. 2, kde pro jednoduchost nepíšeme index i .) $H_{\text{teč. } i}$ je průmět této intenzity do tečného směru, tedy do směru vektoru $\Delta\vec{r}_i$. Δs_i je délka tohoto vektoru, $\Delta s_i = |\Delta\vec{r}_i|$.



Obr. 2. Křivkový integrál nahradíme sčítáním přes znázorněné kousky křivky

Jak tyhle teoretické úvahy souvisí s pokusem a ověřováním Ampérova zákona? Velice úzce. Dávají nám totiž návod, **jak křivkový integrál na levé straně (1) změřit**:

Stačí rozdělit křivku na malé části, na každé části změřit hodnotu magnetické intenzity $H_{\text{teč. } i}$ v tečném směru ke křivce, vynásobit ji délkou části křivky Δs_i a všechny příspěvky sečíst.

V praxi namísto magnetické intenzity \vec{H} měříme magnetickou indukci \vec{B} a poté vezmeme $\vec{H} = \vec{B}/\mu_0$. Integrál na levé straně Ampérova zákona tedy budeme z měření určovat jako

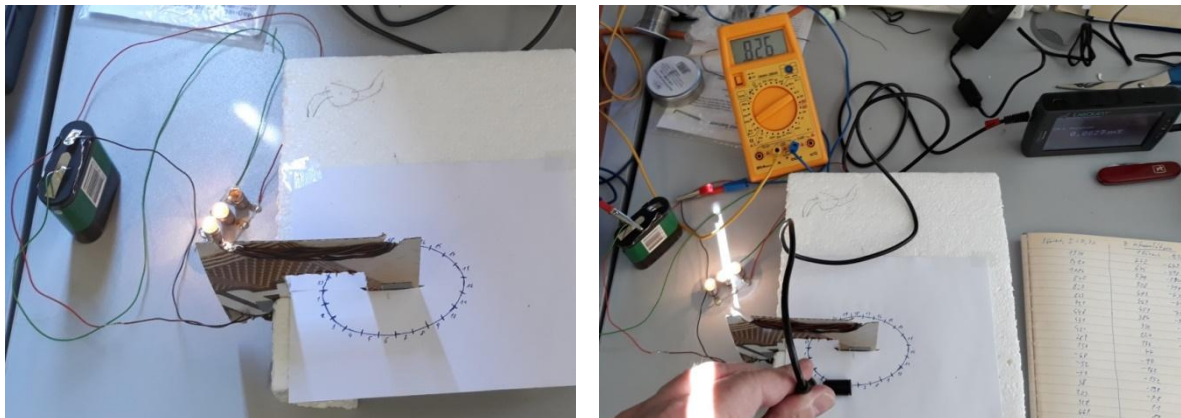
$$\oint_c \vec{H} \cdot d\vec{r} \doteq \frac{1}{\mu_0} \sum_{i=1}^N B_{\text{teč. } i} \Delta s \quad (3)$$

(V našem případě měly kousky křivky stejnou délku, proto už u Δs nepíšeme index.) A teď jak to realizovat experimentálně.

Trocha měření – kousek po kousku...

Jednoduchý pokus pro změření součtu na pravé straně vztahu (3) ukazuje obr. 3. Křivka nakreslená na papíře byla rozdělena na 25 částí stejné délky, v daném případě po 1 cm. Plochou, kterou křivka ohraničuje, prochází několik vodičů s proudem. (V daném případě šlo o „cívku“ navinutou na kusu kartonu, měla 14 závitů.) Proud byl omezen několika paralelně zapojenými žárovkami, měřen byl multimetrem.

Magnetická indukce byla měřena senzorem magnetického pole firmy Vernier připojeným k jejich systému Labquest 2. Sonda pro měření magnetické indukce byla vždy natočena tak, aby byla tečně ke křivce – tím měří právě „tečnou hodnotu“ $B_{teč}$.

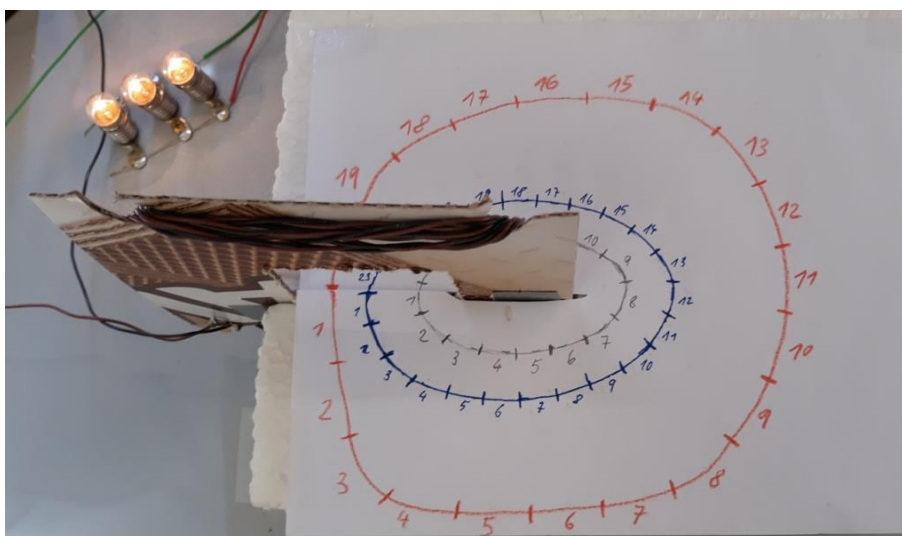


Obr. 3. Experimentální ověřování Ampérova zákona

Měření vyžadovalo trochu trpělivosti: Bylo nutné přiložit sondu ke všem 25 částem křivky, zapsat hodnotu magnetické indukce a pak všechny tyto tečné hodnoty sečíst (a vynásobit délkou $\Delta s = 1$ cm).

Měření byla provedena pro tři různé křivky, viz obr. 4. (Vnější červená křivka měla úseky po 2 cm.) Měření bylo provedeno pro každou křivku dvakrát, podruhé při sondě otočené o 180° .

A jaké byly výsledky?



Obr. 4. Měření bylo provedeno pro tři různé křivky

Naměřené výsledky

Proud z baterie byl asi 0,8 A, při 14 závitech to dává celkový proud asi 11,5 A. Tabulka 1 ukazuje porovnání hodnot celkového proudu (14-násobku proudu měřeného multimetrem) a hodnot určených sečtením příspěvků přes všechny části křivky – tedy z pokusu zjištěných hodnot křivkového integrálu $\oint_c \vec{H} \cdot d\vec{r}$.

Tab. 1. Porovnání hodnot $\oint_c \vec{H} \cdot d\vec{r}$ zjištěných z měření s celkovým proudem

Křivka	Výsledek měření $(\frac{1}{\mu_0} \sum_{i=1}^N B_{\text{teč. } i} \Delta S)$	Celkový proud ($I_{\text{celk.}} = 14I$)	Rozdíl v %
Modrá	12,1 A	11,6 A	4,3 %
Černá	12,2 A	11,6 A	5,1 %
Červená	11,6 A	11,0 A	5,5 %

Vidíme, že hodnoty se shodují s přesností na asi pět procent – což při měření, kdy byla sonda magnetické indukce k částem křivky přikládána „od ruky“ lze považovat za velmi rozumný výsledek.

Celý zde diskutovaný problém samozřejmě odpovídá spíše vysokoškolské úrovni a bude vhodný do úvodní přednášky o elektřině a magnetismu pro budoucí učitele fyziky. Dané měření snad může názorně přiblížit, oč v křivkovém integrálu $\oint_c \vec{H} \cdot d\vec{r}$ vlastně jde.

Poznamenejme, že popsaný pokus bude vhodné ještě doplnit a rozšířit, například o křivky, které nejsou rovinné.

3. Odpuzování magnetů

V souvislosti se stacionárním magnetickým polem se studenti na střední škole postupně setkávají se vztahy pro výpočet magnetické indukce v okolí přímého vodiče s proudem, magnetické indukce v dutině solenoidu či síly působící na vodič s proudem v magnetickém poli. Opomíjena však zůstává jedna z nezákladnějších otázek, kterou si student může v tomto kontextu položit – na čem závisí velikosti síly, kterou na sebe působí dva magnety?

Gilbertův model

Pokud by se stejná otázka týkala bodových nábojů, dává jasnou odpověď Coulombův zákon. Magnetické působení je ovšem mnohem složitější a zahrnuje velikost, tvar, materiál, vzdálenost či vzájemnou polohu působících magnetů. Aby bylo vůbec možné pracovat s nějakými číselnými odhady, uchýlíme se v tomto experimentu k analogii s právě zmíněným elektrostatickým působením, a budeme pracovat s přiblížením daným pomocí tzv. Gilbertova modelu. Tento model pracuje s představou magnetu jako spojení kladného a záporného „magnetického náboje“, které ztotožňuje se severním a jižním magnetickým pólem [6]. Na základě této představy lze dohledat vztah pro magnetickou sílu působící mezi dvěma identickými válcovými tyčovými magnety o délce l a poloměru podstavy R (viz [7]):

$$F(x) \doteq \frac{B^2 S^2}{\pi \mu_0} \left(1 + \frac{R^2}{l^2} \right) \left(\frac{1}{x^2} + \frac{1}{(x+2l)^2} - \frac{2}{(x+l)^2} \right), \quad (4)$$

kde S je plocha průřezu magnetů, μ_0 permeabilita vakua a B velikost vektoru magnetické indukce bezprostředně u pólu jednoho z magnetů. Magnety jsou umístěny souose tak, že jejich póly se nacházejí ve vzdálenosti $x \gg R$. Ze (4) je patrné, že pro $l \rightarrow \infty$, kdy lze situaci vnímat jako interakci dvou nejbližších „monopólů“ (s důrazem na to, že nic takového neexistuje!), je

$$F(x) \rightarrow \frac{1}{\pi\mu_0} \frac{B^2 S^2}{x^2}, \quad (5)$$

což formálně připomíná coulombické působení.

Uspořádání měření

Pro ověření vztahu (4) můžeme použít jednoduché měření repulzivní síly pomocí laboratorních vah. Jeden z magnetů je přitom umístěn vertikálně několik centimetrů nad váživou plochu, druhý pak připevněn ke zvedáku, který umožňuje měnit vzdálenost x konců magnetů (obr. 5); nástavce na magnety byly jednoduše vytvořeny z plastových brček.



Obr. 5. Měření síly mezi dvěma magnety ($l = 25$ mm; $R = 2,5$ mm)

Osvědčilo se provádět experiment postupným přibližováním magnetů, nikoliv naopak. Při tomto přibližování je zásadní zajistit, aby byly magnety skutečně umístěny souose, případně vlivem rostoucí síly nedocházelo k jejich vyklánění do stran. Jakmile se tento efekt začne projevovat, je na místě měření ukončit.

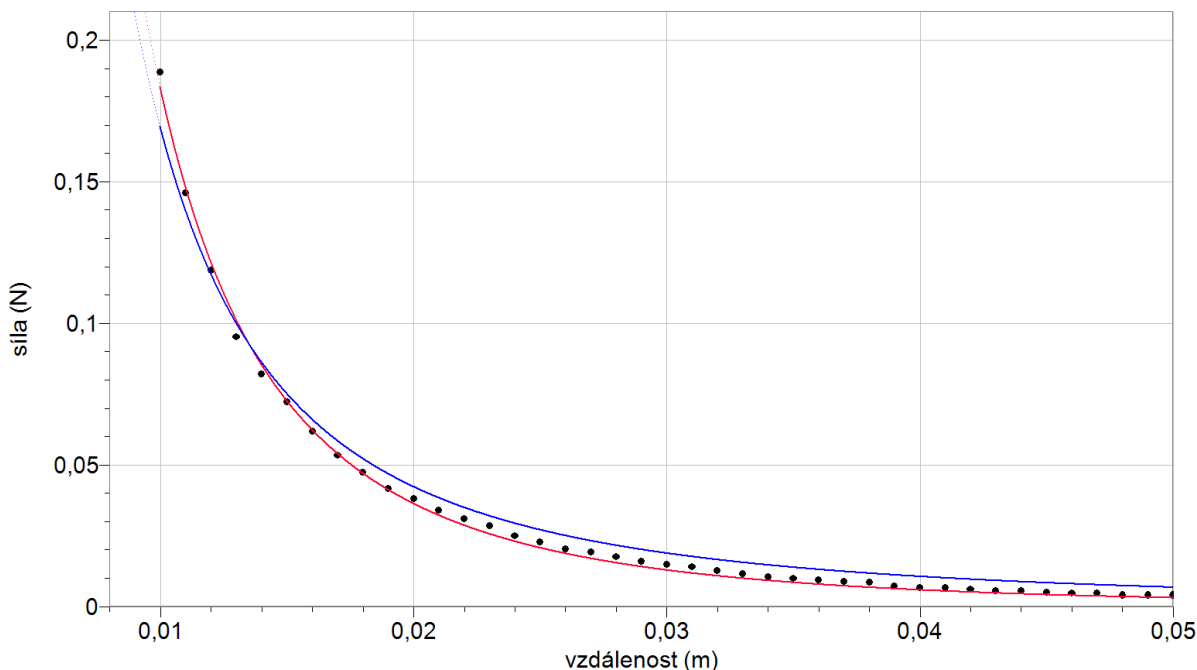
A jak to dopadlo?

Naměřená data ukazuje obr. 6, naměřené body jsou černé. Červená křivka představuje proložení funkcí $F = F(x)$ dle vztahu (4), modrá křivka proložení dle vztahu (5). Je patrné, že korekce na konečné rozměry magnetů daná vztahem (4) dává přesnější aproximaci získaných dat.

V programu Logger Pro byla data proložena funkcí $F(x) = A \left(\frac{1}{x^2} + \frac{1}{(x+2l)^2} - \frac{2}{(x+l)^2} \right)$ a získaná číselná hodnota $A = 2,31 \cdot 10^{-5} \text{ Nm}^2$ umožnila odhadnout velikost magnetické indukce při pólu každého z magnetů:

$$B = \frac{l}{R^2} \sqrt{\frac{A\mu_0}{\pi(l^2 + R^2)}} \doteq 0,48 \text{ T.}$$

Získaná hodnota koresponduje s výsledky uváděnými v [8], kde je také vysvětleno, proč jsou hodnoty remanence (uváděné výrobcem magnetů) výrazně vyšší.



Obr. 6. Naměřená hodnoty repulzivní síly v závislosti na vzdálenosti

Experimenty se dvěma plochými magnety ($l = 5 \text{ mm}$; $R = 15 \text{ mm}$) také ukázaly, že předpoklad $x \gg R$ je pro měření zásadní. Hodnoty naměřené pro dvojici plochých magnetů již průběhu danému vztahem (4) neodpovídají, neboť aproximace Gilbertovým modelem zcela selhává v bližším okolí plošně rozsáhlých (řekli bychom asi „výrazně nebodových“) pólů.

4. Oerstedův pokus a směr magnetické indukce u vodiče s proudem

Oerstedův pokus bývá obvykle demonstrován pomocí kompasu: blízko vodiče se strelka vychýlí, když do vodiče zapneme proud. Pro výraznou výchylku většinou musíme použít velký proud – a ani potom většinou neukazuje strelka přesně kolmo na vodič, jak bychom očekávali z učebnicových obrázků indukčních čar kolem vodiče. Ovlivňuje ho totiž i magnetické pole Země, jehož vliv bývá často převažující.

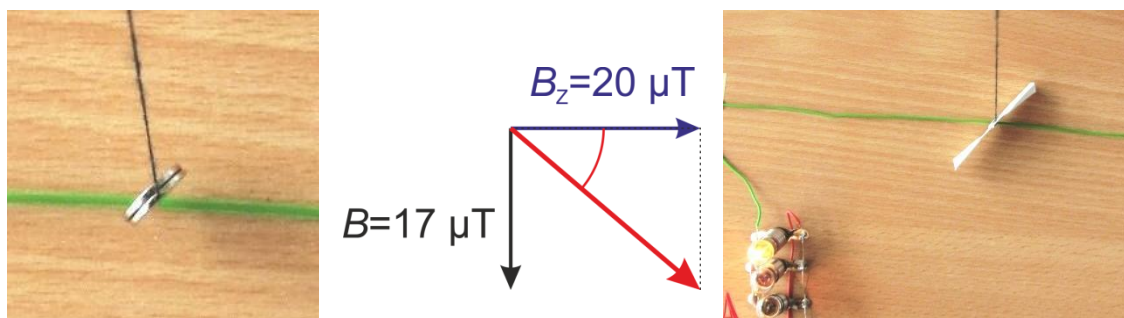
Výzvou tedy pro nás může být, jak udělat jednoduché pokusy, při nich by:

výchylka kompasu či nějakého magnetu byla výrazná i pro menší proudy,
strelka ukázala opravdu směr magnetické indukce kolmo na vodič.

Vyjdeme-li ze známého vzorce pro magnetickou indukci v blízkosti dlouhého (teoreticky nekonečně dlouhého) vodiče,

$$B = \mu_0 \frac{I}{2\pi R} \quad (6)$$

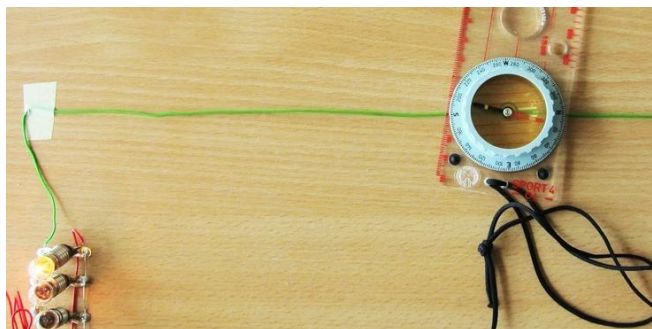
vidíme, že aby byl vliv pole buzeného proudem výrazný, je třeba, aby bylo R co nejmenší, tedy dát magnet co nejbliž vodiče. Použijeme proto malé neodymové magnety. Například dva ploché magnety o průměru 1 cm „přicvaknuté“ na niti (viz pokusy v [4]) můžeme k vodiči přiblížit tak, že například $R = 7 \text{ mm}$. Dosazením do (6) pak dostaneme při proudu 0,6 A hodnotu $B = 17 \mu\text{T}$. Protože vodorovná složka indukce magnetického pole Země je u nás asi $20 \mu\text{T}$, znamená to, že magnet, jehož osa byla původně rovnoběžná se směrem vodiče, se natočí skoro o 45° . Situaci ukazuje obr. 7.



Obr. 7. Natočení malých magnetů blízko vodiče s proudem

Aby byl směr magnetů lépe vidět, můžeme mezi magnety vložit kus papíru představující „papírovou stříčku“, jak to ukazuje pravá část obrázku. (Ovšem pozor, tato stříčka neukazuje směr sever-jih, ale východ-západ, je tedy kolmá na směr magnetické indukce.) Poznamenejme, že fotografie byla pořízena uvnitř budovy, kde pole je ovlivněno feromagnetickými materiály v budově, ve stolech apod. V našem případě byla vodorovná složka zemského mag. pole v místě měření jen necelých $10 \mu\text{T}$, proto je výchylka skoro 45° už při proudu asi $0,3 \text{ A}$.

A proč tak velkou výchylku neukáže běžný kompas, i když ho přiložíme těsně nad vodič? Jak ukazuje obr. 8, střed stříčky je sice blízko vodiče, ale póly stříčky se při výchylce dostávají od vodiče dále, do míst, kde je pole už slabší. Proto se kompas zdaleka nevychýlí tak, jako malé neodýmové magnety.

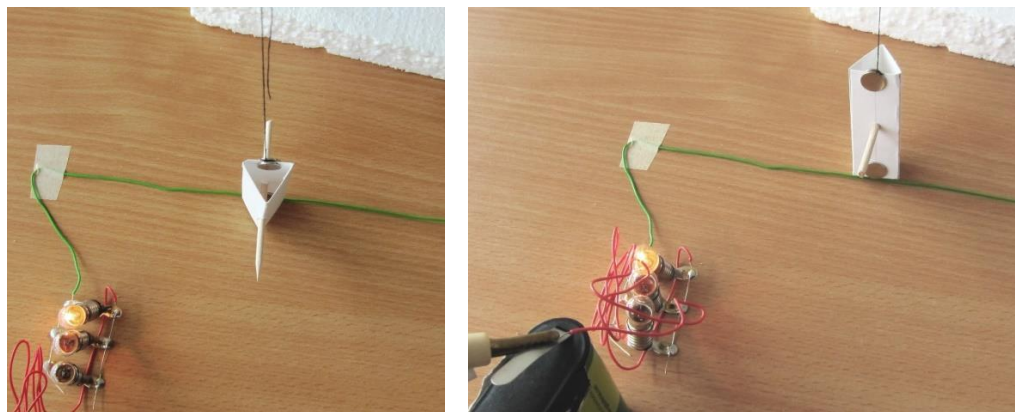


Obr. 8. I když kompas přiložíme těsně nad vodič, póly stříčky se při výchylce dostávají výrazně dále od vodiče

A jak ukázat, že magnetické pole u vodiče je opravdu kolmé na vodič? Buď použijeme hodně velký proud, nebo bychom museli nějak odstínit vliv zemského magnetického pole – nebo zkusíme jeho vliv nějak kompenzovat. Následující nápad, který ukazuje obr. 9, se ukázal překvapivě funkční.

Na papírovém trojhranu visícím na niti jsou přicvaknuty dvě stejné dvojice plochých neodýmových magnetů, ale opačně orientované. Díky tomu magnetické pole Země (které zde můžeme považovat za homogenní) samo trojhran nikam nenatáčí.

Spodní dvojice magnetů je ovšem vodiči mnohem blíže. Na tuto dvojici magnetů proto působí pole vodiče výrazně víc než na horní, od vodiče vzdálenější – takže naši pomůcku natočí. Kousek špejle prostrčený trojhranem pak opravdu ukazuje, že magnetická indukce je kolmá na vodič.



Obr. 9. Pomůcka ukazující směr magnetické indukce u vodiče.
Směr proudu na obrázcích vlevo a vpravo je opačný.

Závěr

Všechny výše uvedené pokusy bude možné a vhodné dále rozpracovávat a hodláme se jim dále věnovat. Budeme proto vděčni za vaše komentáře, jak k otázkám technického provedení či k fyzikálním aspektům problematiky, tak k jejich využití ve výuce.

Poděkování

Soustředění na Malé Hrašticí bylo finančně podpořeno z nadačního příspěvku Elixíru do škol (jehož prostřednictvím na rozvoj fyzikálního vzdělávání přispívá Nadace České Spořitelny) a z prostředků Institucionálního rozvojového plánu MŠMT pro UK.

Další práce na rozvoji fyzikálních pokusů, které budou přispívat k odstraňování bariér v pochopení fyzikálních konceptů a zákonů, a tedy i tento příspěvek byly podpořeny programem Univerzitní výzkumná centra UK č. UNCE/HUM/024.

Literatura

- [1] Dvořák L.: Labs outside labs: miniprojects at a spring camp for future physics teachers. Eur.J.Phys. 28 (2007), S95-S104
- [2] KDF MFF UK: *Souhrnný sborník Veletrhu nápadů učitelů fyziky*. Dostupné online: <http://vnuf.cz/sbornik/>
- [3] Jarní soustředění pro posluchače učitelství fyziky MFF UK a „spřízněné duše”. Malá Hraštice, 4. – 8. 5. 2018. Dostupné online: <http://kdf.mff.cuni.cz/hrastice/2018/hrastice2018.php>
- [4] Dvořák L.: *O magnetu, magnetických tělesech a velikém magnetu Zemi*. In: Dílny Heuréky 2016. Sborník konference projektu Heuréka. E.: V. Koudelková. Matfyzpress Praha 2017. ISBN 978-80-7378-338-9 (online, PFD) s. 7-23. Dostupné online: http://kdf.mff.cuni.cz/heureka/sborniky/DilnyHeureky_2016.pdf
- [5] Sedlák, B., Štoll, I.: *Elektrina a magnetismus*. Karolinum, Praha, 2013.
- [6] Griffiths, D. J.: *Introduction to Electrodynamics (Third Edition)*. Prentice Hall, Upper Saddle River, 1999.
- [7] Šuriansky, J., Petráš, R.: *The Simulation of Magnetic Force that acts on the Micro-robot*. In: Annals of DAAAM for 2012 & Proceedings of the 23rd International DAAAM Symposium, Volume 23, No.1, ISSN 2304-1382. Dostupné online: http://www.daaam.info/Downloads/Pdfs/proceedings/proceedings_2012/0377_Suriansky&Petras.pdf
- [8] Dvořák L.: *Další nápady z Malé Hraštice 5: Jak silné jsou magnety?* In: Sborník konference Veletrh nápadů učitelů fyziky 20. E.: V. Koudelková. Nakladatelství P3K, Praha 2016. ISBN 978-80-87343-58-6 (online, PDF) s. 58-63. Dostupné online: http://vnuf.cz/sbornik/prispevky/pdf/20-08-Dvorak_L.pdf

Hrajeme si se zatměním

IRENA DVOŘÁKOVÁ
KDF MFF UK Praha

Abstrakt

Příspěvek je věnován několika námětům k výuce části tematického celku Astronomie, konkrétně k výuce vzájemného pohybu Slunce, Země a Měsíce.

Úvod

Astronomie je téma, které je pro žáky obvykle zajímavé a přitažlivé. Mnozí žáci někde slyšeli či četli o černých dírách, neutronových hvězdách, myslí si, že rozumějí tomu, jak vypadal Velký třesk (to, že jsou jejich představy velmi vágní a nepřesné, nyní neřeším), avšak pořádně nerozumějí tomu, co mohou pozorovat na obloze. Aktivita, kterou v tomto příspěvku nabízím, je určena žákům 9. ročníku. Doporučuji ji zařadit **bez předchozího výkladu** (proto, aby žáci byli nuceni skutečně nad úlohami přemýšlet) na začátek tematického celku Astronomie. Žáci pracují ve dvojicích; pokud je to možné, doporučuji využít půlené hodiny (například laboratorních prací).

Popis aktivity

Hodinu zahajuje učitel. Upozorní žáky, že budou pracovat ve dvojicích, jeden z dvojice přijme roli Země, druhý Měsíce, místo Slunce je okno. Žáci budou řešit čtyři úkoly (pozn. v tomto příspěvku se budu věnovat pouze prvním třem úkolům), až bude mít nějaká skupina vyřešeny první dva úkoly, přihlásí se, a někde stranou od ostatních žáků učiteli předvede, co vymysleli.

Úkoly:

- 1. Předved'te vzájemnou polohu Slunce, Země a Měsíce při různých fázích Měsíce. (nov, 1. čtvrt' – dorůstá, úplněk, 3. čtvrt' – couvá)*
- 2. Předved'te vzájemnou polohu Slunce, Země a Měsíce při zatmění Slunce a Měsíce.*
- 3. Rozhodněte, zda se Měsíc otáčí kolem své osy.*
- 4. Vysvětlete vznik ročních dob a různou délku dne a noci v průběhu roku.*

Žáci dostanou nějaký čas na přemýšlení. Dvojice, která si myslí, že zná řešení, přejde do volné části učebny společně s učitelem (ostatní žáci přitom pracují dál). Učitel pak klade žákům otázky typu: „Předved'te mi, jak vypadá vzájemné postavení Země a Měsíce při první čtvrti.“ „Jak vypadá vzájemné postavení Země a Měsíce při novu?“ „Jak vypadá vzájemné postavení Země a Měsíce při zatmění Slunce?“ „Jak to, že teď stojíte úplně stejně jako při předchozím úkolu? Copak zatmění Slunce nastává každý měsíc?“ Obvykle v tuto chvíli dojde k tomu, že si žáci uvědomí, že vlastně neví, jak to se vzájemnou polohou Slunce, Měsíce a Země při zatmění je. Učitel je pošle zpět do lavice, a mohou přemýšlet dál.

Je možné, že některé dvojice budou znát správné řešení hned. V tom případě je učitel pochválí, požádá je, aby spolužákům neprozrazovali řešení, a nechá je řešit další dva úkoly.

Když všechny skupiny odprezentují svoje nápady, učitel požádá některou úspěšnou skupinu, aby řešení předvedla, případně to s pomocí nějaké dvojice vysvětlí sám.

Přestože žáci v 6. ročníku v zeměpise pravděpodobně probírali vzájemnou polohu Slunce, Země a Měsíce při fázích Měsíce a při zatmění, správnou představu často nemají. Není pro ně tak obtížná úvaha, že při zatmění Slunce či Měsíce je Slunce, Měsíc a Země v jedné rovině (dokonce v jedné přímce), avšak velké problémy jim dle mých zkušeností dělá úvaha, že při novu či úplňku je Měsíc „nad“ či „pod“ rovinou, ve které se pohybuje Země kolem Slunce. Tato aktivita, při které jsou nuceni skutečně vlastními těly předvádět pohyb vesmírných těles, jim snad pomůže správnou představu vytvořit.

Třetí úkol, který jsem obvykle řešila se všemi žáky současně, vyvolal často značnou diskuzi. Všichni žáci věděli, že má Měsíc přivrácenou a odvrácenou část. Část žáků ale byla přesvědčena, že se Měsíc točí kolem Země, ale netočí kolem své osy. Bylo potřeba požádat nějakou dvojici a ukázat, jak by vypadal pohyb Měsíce kolem Země, kdyby se kolem své osy netočil (a tedy žák, který ho předvádí, by se při pohybu kolem „Země“ stále díval na jedno místo ve třídě). Je užitečné, když učitel po tomto úkolu vysvětlí žákům pojem *vázaná rotace* a nechá je (třeba za domácí úkol) najít, zda jsou ve Sluneční soustavě měsíce nějakých planet, které také mají vázanou rotaci.

Čtvrtý úkol přesahuje možnosti tohoto článku, nechávám tedy na laskavém čtenáři, aby při vysvětlování těchto jevů použil svoje zkušenosti a fantazii.

Další zdroje inspirace

Při výuce tohoto tématu jsem využívala i další zdroje:

Sci-fi literatura

Tento typ literatury je vhodným zdrojem ať již relevantních informací k danému tématu, nebo naopak podkladem k diskuzi, zda a proč jsou nějaké prvky použité v knize fyzikálně možné či nemožné.

Knihy A. C. Clarka obvykle patří do první skupiny. Jeho fyzikální vědomosti byly velmi dobré, je proto možné použít jeho knihy jako zajímavý zdroj informací či úkolů. Z knihy *Měsíční prach* [1], jsem vycházela při formulaci otázek, které jsem dávala žákům jako samostatnou práci a místo řešení jsem četla úryvky z knihy.

Otázky:

Jak vypadá Země při pohledu z Měsíce? Jakou má barvu, jak se pohybuje na měsíčním nebi?

Jak je dlouhý den na Měsíci?

Co je vidět při pohledu na nebe na Měsíci?

Čím se liší start rakety na Zemi a na Měsíci?

Jak je daleko obzor na Měsíci?

Pokud vás zajímají správné odpovědi podle pana Clarka, doporučuji si knížku přečíst.

Výroba modelů sluneční soustavy

Tuto aktivitu je možné zařadit například v rámci projektových dnů, kdy žáci nejprve spočítají velikosti a vzdálenosti planet, případně dalších objektů ve Sluneční soustavě, ve vhodném měřítku a pak model Sluneční soustavy vyrobí. Je možné také navštívit nějakou planetární stezku, pokud ji v dostupné vzdálenosti máte.

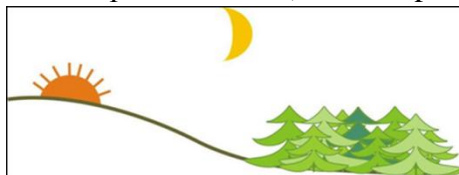
Práce s počítačem

Programů, které pomáhají žákům porozumět astronomickým jevům, je mnoho. Jako velmi zdařilý a relativně málo známý mohu doporučit program Země ve vesmíru [2]. Podle mých zkušeností je však potřeba zadat žákům konkrétní úkoly, které mají pomocí tohoto programu splnit. V opačném případě jen proklikávají jednotlivé části a vůbec nepřemýšlí, co se tam vlastně ukazuje.

Úlohy na procvičení či opakování

Nabízím i několik úloh, které mohou učitelé i samotným žákům pomoci ověřit, nakolik probíraným jevům porozuměli.

1. Malíř nakreslil obrázek východu Slunce nad krajinou. Může tato situace v přírodě opravdu nastat? Zdůvodni odpověď.



2. Vyber a zdůvodni správnou odpověď:

Jestliže Měsíc couvá, je zastíněna Zemí

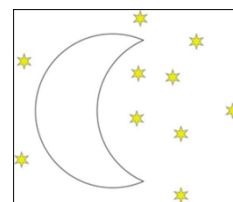
a) jeho levá část (z pohledu ze Země)

b) jeho pravá část

c) ani jedna odpověď není správně

3. Včera byl úplněk. V novinách psali, že za týden bude zatmění Slunce. Je to v některých případech možné, nebo je to nesmysl? Zdůvodni odpověď.

4. Najdi chybu na obrázku Měsíce a hvězd.



5. Urči, co vidí kosmonaut při pohledu na Zemi, je-li na Měsíci v době, kdy na Zemi lze pozorovat

a) úplné zatmění Měsíce

b) úplné zatmění Slunce.

Závěr

Věřím, že výše uvedené aktivity pomohou vašim žákům k vytvoření správných představ o jevech na naší obloze a třeba je i dovedou k tomu, že se budou s větším zájmem dívat na oblohu a všimnout si toho, co na ní vidí.

Literatura

[1] Clarke A. C.: *Měsíční prach*. Laser, 2015.

[2] Černík V.: *Země ve vesmíru*. (online) <https://www.zemevevesmiru.cz/>

Miniexperimenty odvozené z pozorování každodenního života

RENATA HOLUBOVÁ

Přírodovědecká fakulta UP Olomouc

Abstrakt

V příspěvku jsou uvedeny příklady několika experimentů s brčkem a netradičního tepelného stroje. U každého experimentu je uvedeno jeho vysvětlení. Všechny pokusy vycházejí z problematiky každodenního života a lze je realizovat pomocí jednoduchých pomůcek.

Klíčová slova

Experiment, brčko, tepelný stroj

Brčko dříve a nyní

Lidstvo užívá brčka od nepaměti. Nejstarší důkazy o jejich použití pocházejí ze sumerské hrobky postavené asi 3000 let před naším letopočtem. V té byla nalezena kresba zobrazující dva muže popíjející pivo ze sklenice s brčkem. Ve stejné hrobce byla navíc nalezena luxusní brčka ze zlata a drahých kamenů.

Několik dalších tisíciletí byla používána výhradně brčka z rostlin. Až na konci 19. století došlo ke změně. Američan Marvin Chester Stone jednoho dne popíjel svůj oblíbený koktejl. Stéblo žita, které používal jako brčko, se jako vždy v tekutině rozpadalo, takže se muži do pusy dostávaly kousky obilí, navíc žito dodávalo nápojům jinou chuť.

Stona tehdy napadlo vzít tužku, omotat ji papírem a ten slepit. Brzy začal používat voskováný papír s vyšší trvanlivostí. Svůj design si nechal patentovat v roce 1888 a dodnes je považován za kmotra brček.

Zahnuté brčko vzniklo také náhodou

Také za druhým zásadním zvratem ve výrobě brček je jednoduchý lidský moment. Američan Joseph B. Friedman pozoroval svou malou dceru, jak se snaží pít mléčný koktejl brčkem, které trčelo ze sklenice výš, než kam dosáhla.

Friedman strčil do brčka šroub a podél jeho závitů jej omotal dentální nití. Tím vytvořil nám dnes již dobře známé zákruty, takže šlo brčko pohodlně ohnout. Jeho výrobek, patentovaný v roce 1937, zamířil nejprve do nemocnic, kde se hodil k podávání tekutin pacientům, kteří se nemohli zvednout.

Pití nápoje brčkem

Určitě jste pozorovali následující jev – brčko ponoříme do minerálky a ono se nepotopí, ale vystupuje vzhůru. Kamarád, který si napustil obyčejnou vodu do sklenice, tento problém neřeší. Je brčko vyrobeno nějak špatně, že se v minerálce, popř. ve sladké vodě nepotopí?

Provedeme tyto jednoduché experimenty:

1. Brčko ponoříme do obyčejné vody.
2. Brčko ponoříme do minerálky (sladké vody).
3. Brčko ponoříme do vody a foukáme do něj.
4. Brčko ponoříme do mléka a foukáme do něj.

Vysvětlení

Minerálky jsou syčené nápoje – roztoky vody a oxidu uhličitého. Rozpustnost oxidu uhličitého závisí na tlaku a teplotě – rozpustnost se zvyšuje se vzrůstajícím tlakem o snižující se teplotou. Když brčko ponoříme do minerálky, je teplota brčka vyšší než teplota roztoku. Roztok v okolí brčka se zahřívá, v důsledku toho se uvolní část oxidu uhličitého. Vlivem adheze se bublinky plynu „přilepí“ na povrch brčka. Bubliny na brčku zmenší střední hustotu brčka a brčko se začne vynořovat. Kdy tento proces skončí? Jak se brčko postupně vynořuje, zkracuje se část brčka obalená bublinkami plynu. Postupně se vyrovnají vztlaková síla a síla tíhová, vzestup brčka se zastaví. Pokud se brčko nakloní a opře o okraj sklenice, může se proces zastavit i dříve. Je to proces podobný experimentu s rozinkami v minerálce. A jaký je praktický význam tohoto poznatku?

Již koncem 19. století byl pomocí vzduchových balónů vyzdvižen potopený vrak lodi.

Foukáme-li brčkem do vody ve sklenici, bubliny velmi rychle praskají. Foukáme-li do sklenice s mlékem, bubliny postupně zaplní celý prázdný objem sklenice. Vysvětlení je opět jednoduché. Mléko obsahuje několik základních stavebních prvků – vodu, cukry, tuky, bílkoviny, vitaminy, minerály a různé protilátky. Proteiny obsažené v mléce tvoří dlouhé řetězce, v bublině vytvářejí síť, které snižují povrchové napětí (zvyšují viskozitu). Menší povrchové napětí zajistí dlouhodobější trvání bublin. Lipidy, mléčný tuk, se nemísí s vodou a nemá tedy vliv na změnu povrchového napětí. Méně tučné mléko vytváří snadněji bubliny než mléko tučné. Značný je také vliv teploty – povrchové napětí závisí na teplotě. V případě studeného mléka jsou bubliny velké a stabilní, v případě mléka pokojové teploty jsou bubliny menší a méně stabilní.

Jak si ukázat rozdíl v chování mléka a vody? Postupně foukáme do sklenice čisté vody, poté přidáme do vody cukr. Bubliny se stále nevytvářejí. Přidáme rostlinný olej. Olej má menší hustotu než voda a plove na povrchu. Bubliny se stále nebudou vytvářet. Nyní přidáme do vody bílkoviny (vaječný bílek) a dobře promícháme. Bubliny se začnou vytvářet. Tím jsme dokázali, že proteiny mají vliv na tvorbu bublin, snižují povrchové napětí vody.

Pomocí foukání do kapaliny lze porovnat jejich hustoty. Připravíme si 2 sklenice a 2 brčka. Sklenice plníme následujícím způsobem:

1. První sklenice naplněná vodou do jedné třetiny, druhá sklenice téměř plná. Do poloprázdné sklenice postupně přiléváme vodu. Současně foukáme do obou brček ponořených ve sklenicích. Pozorujeme, jak se vytváří bubliny.
2. Sklenice naplníme do stejné výšky dvěma různými kapalinami – do jedné dáme vodu a do druhé roztok soli popř. cukru. Opět foukáme současně do brček ponořených v kapalinách.

Závěr pozorování:

Bublinky vystupují v kapalině o menší hustotě. Rozdíl v hustotě by měl být alespoň $0,2 \text{ g/cm}^3$. Bublinky vystupují ve sklenici, kde je méně vody. Pokud se hladiny vody v obou sklenicích vyrovnají, vystupují bublinky v obou sklenicích.

Zdůvodnění: Vyjádříme tlak u dna nádoby pomocí vztahu $p_x = p_a + \rho g h_x$,

kde ρ je hustota vody, p_a je atmosférický tlak a h_x je výška kapaliny (vody) v nádobě. Jestliže současně foukáme do obou brček, je tlak vzduchu v obou brčkách stejný. Jestliže tlak zvyšujeme, potom překročí tento tlak celkový tlak v sklenici na konci brčka s menším množstvím vody dříve, a vzduch začne vystupovat. Jestliže tlačíme nadále vzduch do brček, tlak se zvyšuje, protože vzduch nedokáže tak rychle vnikat do vody, což má za následek, že i v případě různě vysokých hladin v nádobách budou v obou vystupovat bublinky. Tento efekt se objeví o to rychleji, čím blíže leží výšky hladin k sobě a nakonec, když se hladiny vyrovnají, bublinky vystupují v obou sklenicích současně. (Výšku hladiny ve sklenici lze zvyšovat přiléváním vody během experimentu.)

Kmitání vodního sloupce mezi dvěma „konvicemi“

Příklad realizace nestandardního tepelného stroje, který pracuje mezi dvěma zásobníky tepla – horkou vodou v konvicích a studenou vodou v U-trubici. Píst představuje vodní sloupec v U-trubici. Pracovní látka je vodní pára, změny skupenství lze pozorovat na vzniku páry v U-trubici a ve spojovacích hadicích. Lze studovat vliv rozdílu teploty na pohyb vodního sloupce, dobu kmitání v závislosti na množství vody v trubici, průřezu trubice, objemu vody v konvicích atd.



Obr. 1. Tepelný stroj

Uspořádání experimentu je patrné na obrázku 1. Dvě konvice (baňky) jsou uzavřené zátkou, kterou prochází skleněná trubička. Tato je spojena gumovou hadicí s jedním ramenem U-trubice. V trubici je studená voda. Vodu v konvicích zahříváme až k bodu varu, potom hadicí propojíme konvice s U-trubicí. Pozorujeme kmitání vodního sloupce. Periodu pohybu lze vyjádřit vztahem

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{2kS^2 \frac{p_0}{V_0} + 2\rho Sg}} \quad (1)$$

kde m je hmotnost studené vody, k je adiabatická konstanta (Poissonova), S je průřez U-trubice, p_0 je normální tlak, V_0 je objem za normálního tlaku, ρ je hustota vody, g je gravitační zrychlení. Násobek 2 vyjadřuje použití dvou konvic. Uvedený vztah byl odvozen na základě vztahů pro velikost síly způsobující výchylku vodního sloupce, Poissonovy rovnice pro adiabatický děj a vyjádření tlaku. Nebereme v úvahu, že při každém pohybu sloupce část vodní páry nad vodním sloupcem kondenzuje, a tím se mění hmotnost vody.

Uvedený pokus je možné zařadit do výuky jako problémový experiment – žáci mohou sledovat závislost periody kmitání na faktorech ve vztahu (1), např. průřezu trubice, množství vody v trubici, množství vody v konvicích.

Různé další experimenty

Oheň hořící pod vodou

Efektní experiment, kdy žákům prezentujeme oheň hořící pod vodou. Zapálíme prskavku a ponoříme ji do vody. Prskavka stále hoří.

Pomůcky: dlouhé prskavky (40 cm), izolepa, zápalky, odměrný válec 2000 ml, voda

Prskavku obalíme izolepou, zapálíme a ponoříme do válce naplněného vodou. Prskavku můžeme do vody opakovaně vkládat a vytahovat. Stále hoří.

Prskavka vytváří charakteristický plamen díky chemické reakci, které probíhá mezi složkami, ze kterých je tělo prskavky vyrobeno. Hlavní složky tvoří hliníkové (železné) piliny, palivo (dřevěné uhlí), oxidovadlo (dusičnan draselný – KNO_3 , barnatý – $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$, příp. strontnatý – $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$). Vše drží pohromadě pomocí škrobu. Po zapálení probíhá chemická reakce paliva s oxidovadlem za velmi vysoké teploty (1000 -1100 °C). Pomocí této teploty se rozžhaví piliny železa, které reagují se vznikajícím kyslíkem a vzniká oxid železitý a oxid hlinitý. Spalováním škrobu potom vzniká oxid uhličitý a vodní pára. Izolepa brání proniknutí vody k palivu a škrobu.



Obr. 2. Oheň hořící pod vodou

Tančící špagety

Pomůcky: voda, ocet, vařené špagety, prášek do pečiva, barvivo, průhledné sklenice, lžíce

Odměřte dva hrníčky vody a nalijte je do průhledné sklenice. Odměřte dva hrníčky octa a přilijte ho k vodě do sklenice. Přidejte několik kapek barviva. Do sklenice vhod'te několik špaget. Poté nasyp'te do sklenice lžičku prášku do pečiva. Pokud špagety přestanou tančít, přidejte trochu prášku.

Pohyb špaget trvá několik minut. Povrch špaget je hrubý, drobné bublinky oxidu uhličitého na něm ulpívají. Tím se podstatně zvětší objem špagety, ale hmotnost se změní jen velmi málo. Tím se zmenší hustota špaget a ty se pohybují směrem vzhůru v tekutině o větší hustotě, která je obklopuje. Platí Archimedův zákon. Špagety o větším objemu vytlačí více vody, vztlaková síla je větší. Když špagety dosáhnou povrchu, bubliny se dostanou do kontaktu se vzduchem a praskají. Hustota nudlí se zvětší a ty klesají ke dnu. Tam se opět obalí bublinkami oxidu uhličitého a proces se opakuje. Pokus lze rozvinout do projektu, pokud žáky vedeme k tomu, aby identifikovali proměnné a sledovali, jak pokus probíhá v závislosti na jejich změnách. Např. místo prášku do pečiva použijeme sodu, místo špaget použijeme jiné drobné předměty (čočku, rozinky, zrní), měníme teplotu vody.

CD jako umělecké dílo

CD nosič mírně nahřejeme nad svíčkou a do zahřáté plošky (kterou jsme očistili od potisku) prudce foukneme. Vznikají různé bizarní tvary.



Obr. 3. CD jako umělecké dílo

Závěr

Podobných experimentů v různých variantách lze prezentovat velké množství. Některé z nich žáci znají, jiné jsou pro ně nové. I když je experiment známý, ne vždy žáci umí vysvětlit fyzikální podstatu daného jevu. Takže pokud se nejedná jen o „show“ v rámci popularizačních akcí, ale pokusy předvádíme během vyučování, je vždy třeba dbát na správné vysvětlení fyzikální podstaty prezentovaného experimentu.

Příspěvek byl připraven za podpory projektu CZ.02.3.68/0.0/0.0/16_011/0000665 Didaktika - Člověk a příroda A.

Literatura

- [1] Hilscher, H. et al: Physikalische Freihandversuche.-CD-ROM-Multimedia Physik Verlag-Scheidegg. 1998.
- [2] Physik in der Schule 37(1999) 3, str. 179-180.
- [3] Reinhold, P.: Schwingende Teekessel. Physik in der Schule 34(1996)6, str. 216-219.
- [4] <https://radiozurnal.rozhlas.cz/genialni-vynalez-brcko-na-piti-jaka-je-jeho-historie-6234507>

Fyzikální principy letu kvadrokoptéry

JAN HRDÝ

Gymnázium Jana Pivečky a SOŠ Slavičín

Tento příspěvek si všímá základních fyzikálních principů, ze kterých vychází konstrukce a funkce kvadrokoptéry. Pro názornost je provedeno zevrubné porovnání funkce kvadrokoptéry a vrtulníku, který se konstrukčně a funkčně od kvadrokoptéry dosti podstatně liší. Příspěvek je doplněn stručným přehledem aktuální legislativy a praktickými ukázkami letu poloprofesionální kvadrokoptéry *DJI PHANTOM 3 SE*.

Kvadrokoptéra kontra vrtulník

Kvadrokoptéra a vrtulník mají jednu základní společnou vlastnost. K vytváření vztlaku potřebného pro létání nepoužívají lehký plyn jako balóny nebo vzducholodě nebo pevnou nosnou plochu jako klasické letouny, ale **vrtule** (rotory) **se svislou osou** poháněné vhodným motorem. Ale tady již veškerá podobnost končí. Jedná se o tyto dílčí odlišnosti:

Vrtule se stavitelnými listy

Odbočme nyní na chvíli ke klasickým letounům, kterými jsou letouny s pevnou nosnou plochou. Vrtule u těchto letounů má vodorovnou osu a u malých strojů je poháněna spalovacím motorem. Letouny poháněné turbovrtulovými, proudovými nebo raketovými motory v tomto příspěvku pomineme. Spalovací motor má stejně jako vrtule silně **nelineární charakteristiku**. U spalovacího motoru se jedná o závislost kroutícího momentu motoru na jeho otáčkách (motor se sám nerozběhne, maximální kroutící moment má jen v poměrně úzkém rozmezí otáček, se vzrůstajícími otáčkami kroutící moment rychle klesá). U vrtule se jedná o závislost potřebného kroutícího momentu k jejímu pohonu na jejích otáčkách. Sladit tyto dvě charakteristiky je velmi obtížné. Nejmenší letouny obvykle používají nejjednodušší a nejlevnější řešení, kterým je pevná vrtule. V tomto případě se jedná o značný kompromis a vrtule má stoupání svých listů optimalizováno na nejběžnější režim, kterým je obvykle vodorovný let při ekonomické rychlosti. Dokonalejší, ale také dražší a komplikovanější, je **vrtule se stavitelnými listy**. Změnou úhlu náklonu lze měnit v určitém rozmezí charakteristiku vrtule a lépe ji přizpůsobit použitému spalovacímu motoru.

Kvadrokoptéry jsou však vždy poháněny **elektromotory**, které mají snadno nastavitelný kroutící moment i otáčky ve velkém rozsahu, táhnou už od nulových otáček, lze je krátkodobě značně přetěžovat a proto se dokáží bez problémů přizpůsobit prakticky jakémukoliv režimu letu. Vše je jen otázka vhodné **elektronické regulační jednotky**. Proto se u kvadrokoptér vždy používají jen pevně nastavené vrtule. Takovéto vrtule jsou nejen levné, ale také velmi odolné a prakticky bezporuchové. Nelze si ale prakticky představit konstrukci kvadrokoptéry s využitím čtyř spalovacích motorů, a to právě kvůli jejich silně nelineární zatěžovací charakteristice a relativně pomalé odezvě na řídicí signály.

Komplikované nosné rotory u vrtulníků

Jen nejmenší a nejjednodušší vrtulníky řídí směr svého pohybu nakláněním svislé osy nosného rotoru. V některých případech vystačí dokonce i jen s pevně nastavenou vrtulí. Jedná se

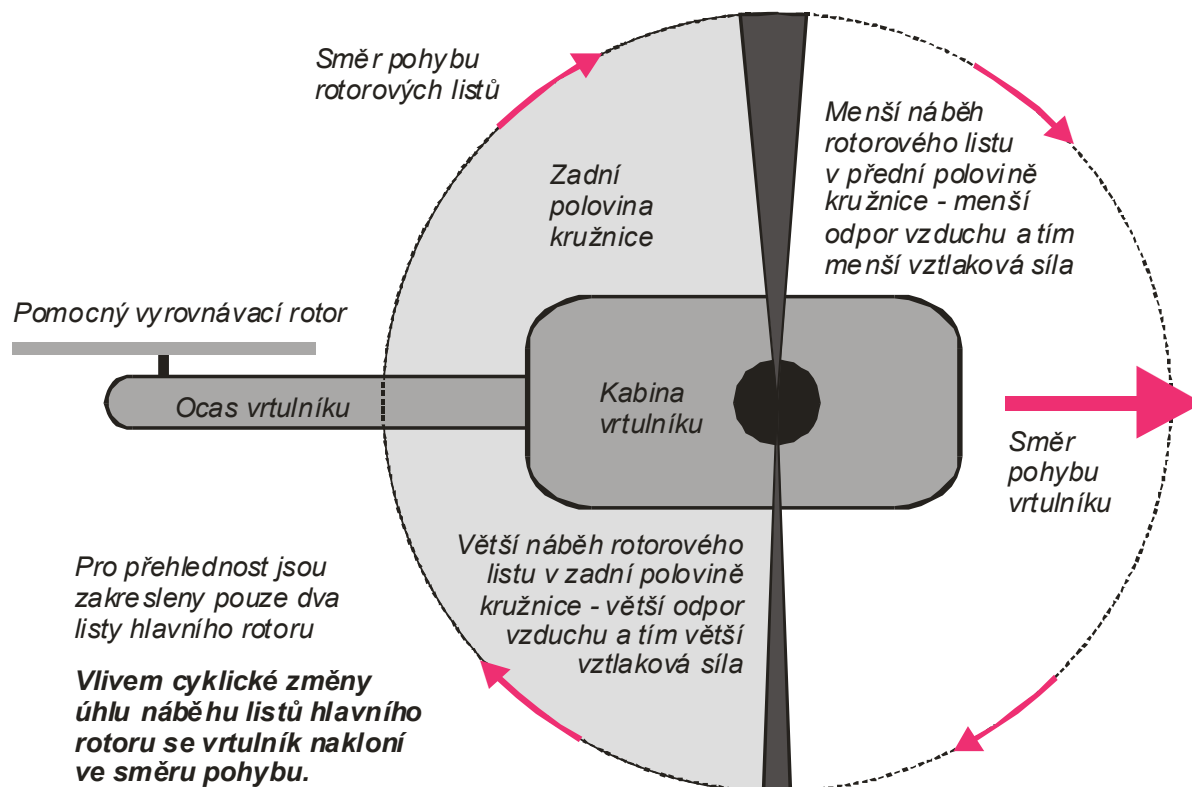
však většinou jen o „hračky“, která si staví svépomocí zájemci o amatérské létání vrtulníkem.

Profesionální vrtulníky mají vždy pevnou (svislou) osu nosného rotoru, jehož listy konají poměrně komplikovaný pohyb. Během rotace se mění jejich úhel náběhu a to ve dvou režimech.

První režim (tzv. **kolektivní nastavení** – zkráceně **kolektiv**) reguluje úhel náběhu u všech rotorových listů stejně a je to obdoba výše popsané klasické nastavitelné vrtule. Např. při startu se úhel náběhu rotorových listů zvětšuje. Regulací otáček motoru a úhlu náběhu všech rotorových listů může vrtulník libovolně stoupat, viset v určité výšce nebo klesat [1].

Druhý režim (tzv. **cyklické nastavování** úhlu náběhu rotorových listů – zkráceně **cyklika**) umožňuje vrtulníku vodorovný pohyb. V tomto případě dochází ke změně nastavení úhlu náběhu jednotlivých listů během jedné otáčky. Během poloviny otáčky rotoru, kdy se námi sledovaný list pohybuje v zadní části kružnice vzhledem ke směru vodorovného pohybu vrtulníku, má list větší úhel náběhu a tím také větší vztlačovou sílu, než při pohybu v přední části kružnice. Vrtulník se tedy nakloní kupředu a část vztlačové síly nosného rotoru žene vrtulník vpřed (obr.1).

V běžném provozu je třeba pracovat v **obou režimech** současně a proto je zřejmé, že zařízení ovládající pohyb jednotlivých listů rotoru bude složité, drahé a bohužel i poruchové. Z uvedených faktů také vyplývá, že pilotovat vrtulník je náročnější, než pilotovat zhruba stejně velký klasický letoun. Je třeba podotknout, že směr vodorovného pohybu vrtulníku je určen cyklickým nastavením pohybu listů jeho rotoru a ne momentální polohou jeho kabiny. O natáčení kabiny vrtulníku do určitého směru bude řeč v následujícím odstavci.



Obr. 1 Cyklické nastavování náběhu listů hlavního rotoru vrtulníku při vodorovném letu

Kompenzace reakčního otáčivého momentu u vrtulníků

Představme si vrtulník s jedním hlavním (nosným) rotorem. Podle zákona akce a reakce působí motor na rotor určitým momentem síly, která jej roztáčí. Tato situace je pro fungování vrtulníku žádoucí. Ale stejným momentem síly **opačně** orientovaným působí motor na celý vrtulník. A protože vrtulník visí ve vzduchu a není spojen s žádným pevným tělesem, otáčel by se působením tohoto reakčního momentu v opačném směru. A protože má vrtulník podstatně větší hmotnost, než nosný rotor, otáčel by se opačným směrem sice pomaleji než rotor, ale stejně je tato situace nežádoucí. Situace se dá vyřešit dvěma způsoby. Buď se na ocas vrtulníku připevní malý ocasní rotor s vodorovnou osou (obr.1), který zamezí otáčení vrtulníku kolem svislé osy. Nebo se použijí dva protiběžné rotory. Ty mohou mít koaxiální nebo tandemové uspořádání. Použitím dvou rotorů, které se ovšem musí otáčet **opačným směrem**, se oba reakční otáčivé momenty vykompenzují na nulu. Možno konstatovat, že ocasní rotor je vhodný pro menší vrtulníky, dvojice koaxiálních rotorů pro středně velké vrtulníky a tandemové uspořádání nosných rotorů pro ty největší (nákladní vrtulníky, létající jeřáby).

Otáčení vrtulníku kolem svislé osy

Jak již bylo uvedeno, nejběžnějším způsobem kompenzace reakčního otáčivého momentu u vrtulníku je použití ocasního vyrovnávacího rotoru. Otáčky tohoto rotoru jsou zhruba pětkrát vyšší, než otáčky hlavního rotoru a jsou s nimi pevně svázány. Vyrovnávací účinek ocasního rotoru se reguluje nastavením **úhlu náběhu** jeho listů.

Jak vypadá kvadroptéra

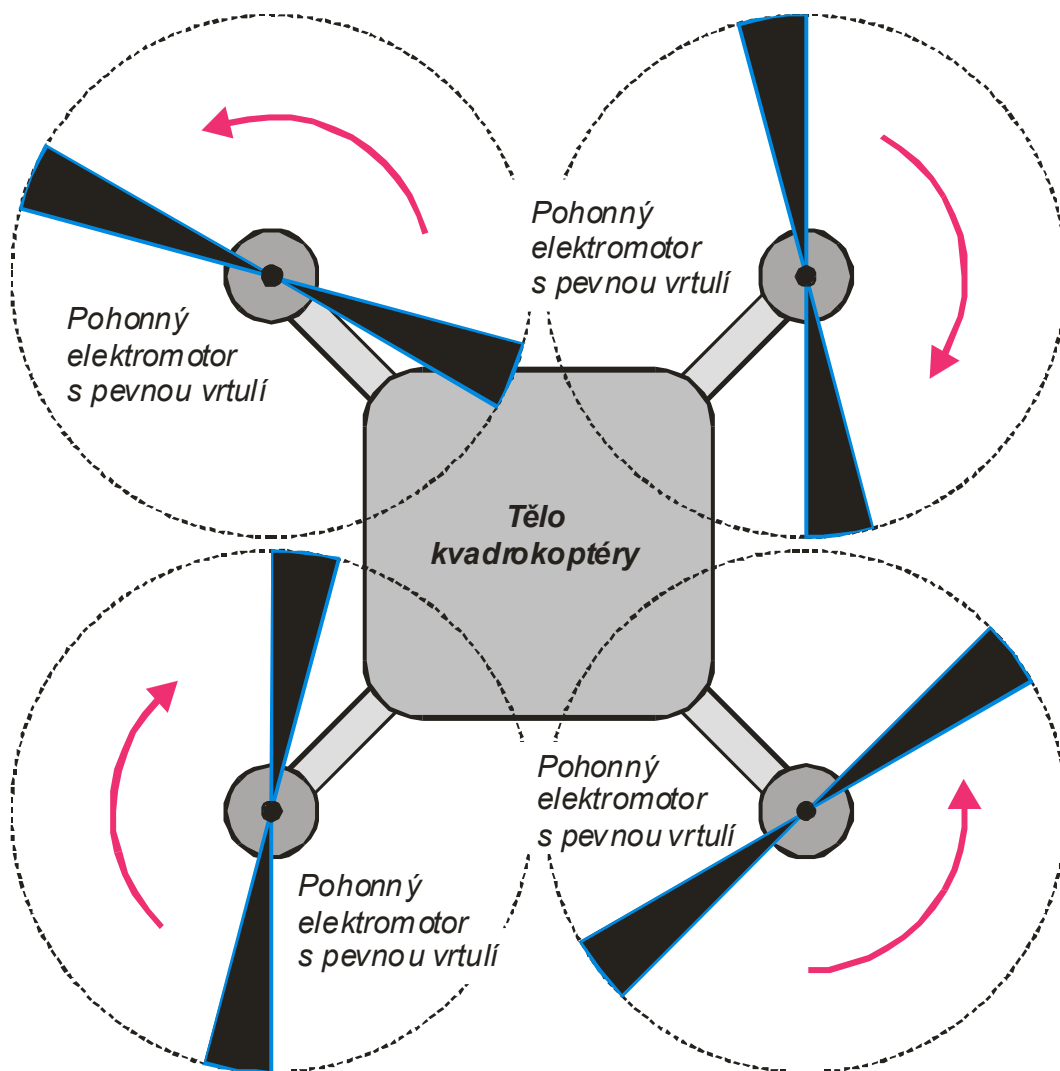
Kvadroptéra má **čtyři** nosné rotory, které jsou přímo spojeny s příslušnými elektromotory. Rotory mají pevně nastavené listy. Žádné další pomocné rotory kvadroptéry nepotřebuje. Vždy jedna protilehlá dvojice se otáčí jedním směrem a druhá směrem opačným. Tím se zcela kompenzuje reakční otáčivý moment (obr.2).

Stoupání a klesání kvadroptéry

Jak již bylo výše uvedeno, elektromotor se dokáže dokonale přizpůsobit charakteristice použité vrtule s pevnými listy a další jeho výhodou je velmi **rychlá odezva** na řídicí signály, která umožňuje přesné a rychlé řízení letu kvadroptéry. Použití čidla polohy umožní polohu kvadroptéry snadno v prostoru stabilizovat, což je výhodné např. při fotografování. Při letu v terénu je možné polohu dražších a kvalitnějších kvadroptér stabilizovat také pomocí satelitů GPS.

Otáčení kvadroptéry

Kvadroptéra se začne otáčet kolem svislé osy, jestliže poklesnou otáčky jedné dvojice elektromotorů a vrtulí otáčejících se stejným směrem, protože potom převládne reakční točivý moment druhé dvojice motorů a vrtulí. Aby při tomto manévru neměnila kvadroptéra polohu v prostoru, musí se současně trochu zvýšit otáčky této druhé dvojice motorů, aby celková vztlaková síla zůstala zachována. Přesné a rychlé provedení takovéto operace u elektromotorů řízených mikroprocesorem není žádný větší problém.



Obr. 2 Schéma rozmístění motorů a vrtulí kvadroptéry (včetně směru jejich otáčení)

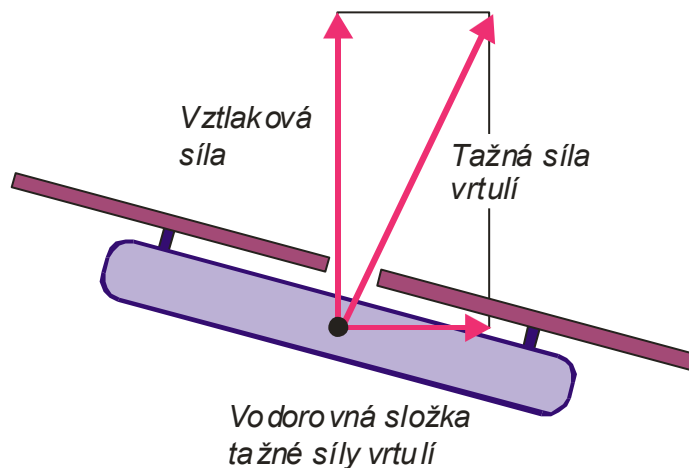
Jak se kvadroptéra pohybuje vodorovně

Základní princip je stejný jako u vrtulníku. Je třeba vytvořit náklon kvadroptéry požadovaným směrem. Čím větší je náklon, tím větší část tažné síly vrtulí se využije pro pohyb kvadroptéry ve vodorovném směru (obr. 3). Na rozdíl od vrtulníku lze naklonit kvadroptéru velmi snadno. Stačí snížit otáčky vrtulí na té straně kvadroptéry, kterým směrem chceme letět. Pro lepší orientaci ze země jsou ramena kvadroptéry označena svítícími ledkami. Je tak na první pohled vidět, který směr je u kvadroptéry *dopředu*, *dozadu*, *vlevo* a *vpravo*.

Drony s jiným počtem vrtulí

Jak již bylo uvedeno, kvadroptéra má **čtyři** nosné rotory (vrtule), hexakoptéra má potom šest motorů a vrtulí uspořádaných obvykle ve dvojicích nad sebou, přičemž motory v každé dvojici se navzájem otáčejí opačným směrem. Hlavní výhoda takto uspořádané hexakoptéry je úspora místa. Nechybí však ani klasické hexakoptéry s motory uspořádanými do kruhu. Stejně uspořádání mají také oktokoptéry, které mají osm motorů a vrtulí a jsou to vlastně dvě

spojené kvadrokoptéry. Toto řešení se používá zejména pro zvýšení nosnosti. Ojediněle se objevují drony se třemi, pěti nebo sedmi vrtulemi, které však nepřinášejí principiálně nic nového. Jedná se spíše o marketingovou záležitost.



Obr. 3 Vznik síly nutné pro vodorovný pohyb kvadrokoptéry

Použitá kvadrokoptéra *DJI PHANTOM 3 SE*

Použitá kvadrokoptéra je osvědčený model z poloprofesionální řady *PHANTOM 3*, která však byla z reklamních důvodů výrobcem vybavena kamerou s rozlišením 4K včetně kvalitního gimbalu (závěsu kamery), tak jak jsou montovány do profesionální řady *PHANTOM 4* (obr.4,5).



Obr. 4 Použitá kvadrokoptéra *DJI PHANTOM 3 SE* v přepravním batohu



Obr. 5 Detail použité kamery s rozlišením 4K včetně gimbalu (závěsu kamery)

Popis kvadroptéry – technické údaje

Hmotnost včetně akumulátoru:	1236 g
Max. rychlost stoupaní:	5 m/s
Max. rychlost klesání:	3 m/s
Max. rychlost (vodorovně):	16 m/s
Max. letová výška:	6000 m (softwarově omezeno na 120 m od místa vzletu)
Max. doba letu:	asi 25 min
Satelitní navigace:	GPS a GLONASS
Provozní frekvence:	2,4000 – 2,4835 GHz a 5,725 – 5,850 GHz
Inteligentní pohonný akumulátor:	4480 mAh – 15.2 V – 365 g (typ 4S LiPo)

Aktualizace firmwaru

Před použitím kvadroptéry je nutné se vždy nejdříve připojit k internetu a spustit aplikaci *DJI GO*. Tato aplikace automaticky zjistí, zda není k dispozici nová aktualizace pro daný typ kvadroptéry a použitého inteligentního akumulátoru. Vždy se řídíme pokyny na displeji použitého tabletu nebo chytrého telefonu. Létat se dá i **bez použití** firmware (aplikace *DJI GO*), ale v tomto případě je pro vyšší bezpečnost provozu kvadroptéry omezena výška letu na 30 m a vodorovná vzdálenost na 50 m.

Zásady bezpečného létání a letová omezení

- Vždy musíme dbát na to, abychom létali na bezpečném místě.
- Nikdy nelétáme za deště, silného větru (přes 10 m/s), sněžení nebo mlhy.
- Za letu vždy udržujeme kvadrokoptéru v bezpečné vzdálenosti od překážek.
- Nikdy nelétáme nad přihlízejícími osobami (neplatí pro operátora).
- Striktně dodržujeme všechny předpisy **ICAO** (Mezinárodní organizace pro civilní letectví) a zákonné předpisy platná v dané konkrétní zemi [2].
- Z bezpečnostních důvodů je třeba u kvadrokoptéry ponechat aktivovanou funkci *Letové limity a Bezletové zóny*. Jen tak lze kvadrokoptéru provozovat bezpečně a legálně.
- Všechny bezletové zóny jsou uvedeny na oficiálních stránkách výrobce [3].
- Průběžně je třeba sledovat nejen aktuality a informace na webu, ale také knižní a časopiseckou odbornou literaturu [4].

Kamera s rozlišením 4K

V počítačové grafice a digitálním filmu se používají dva standardy pro rozlišení obrazu. Starší je odvozen z počtu řádků (vertikální rozlišení). Např. údaj 720p znamená 720 řádků neboli vertikální rozlišení 720 pixelů. Novější standard je odvozen z počtu sloupců (horizontální rozlišení). Např. údaj 4K znamená přibližně 4000 sloupců (horizontální rozlišení asi 4000 pixelů). A protože ve filmové technice existuje několik formátů, které mají horizontální rozlišení asi 4000 pixelů, označují se všechny společně jako (nový) **standard 4K** [5]:

Nejčastější formáty 4K kamer:

UHD television 4K	3840 × 2160 px	16 : 9
Full Aperture 4K	4096 × 3112 px	
Academy 4K	3656 × 2664 px	
Digital Cinema 4K	4096 × 1714 px	
Digital Cinema 4K	3996 × 2160 px	

Kamera použitá v popisované kvadrokoptéře má maximální rozlišení **4000 × 3000 pixelů**.

Různé způsoby využití kvadrokoptéry a dosažené výsledky

Kvadrokoptéra se dá úspěšně využít při demonstraci některých fyzikálních principů, při různých předváděcích akcích a samozřejmě při fotografování. Zde je přiloženo několik ukázek:

- Snímky budovy naší školy (obr.6,7)
- Snímky nebezpečného železničního přejezdu v Uherském Brodě (obr.8,9)



Obr. 6 Budova Gymnázia Jana Pivečky před rekonstrukcí střechy (vestavba 4. a 5. patra)



Obr. 7 Počínající rekonstrukce půdních prostor budovy Gymnázia Jana Pivečky ve Slavičíně



Obr. 8 Dvojkolejný železniční přejezd v Uherském Brodě (je to přejezd stejného typu jako ve Studénce a je to vůbec nejnebezpečnější přejezd na celé trati Olomouc – Bylnice)



Obr. 9 Okolí železničního přejezdu v Uherském Brodě z větší výšky (žlutá budova vpravo je dnes již bývalá restaurace *DRUŽBA*, kde před několika lety došlo k tragické střelbě)

Závěr

Popisovaná kvadrokoptéra byla zakoupena pro fyzikální kroužek, aby jednak podpořila práci studentů v tomto kroužku a aby zároveň na zajímavém a atraktivním technickém problému demonstrovala některé základní **fyzikální zákonitosti** a zvyšovala tak zájem studentů o studium fyzikálních a technických věd. Nejšikovnějším a nejaktivnějším studentem v tomto kroužku je *Tobiáš Křek* z druhého ročníku čtyřletého gymnázia, který je současně hlavním pilotem (šéfpilotem) kvadrokoptéry.

Literatura

- [1] <https://www.aeroweb.cz/clanky/289-jak-se-ridi-vrtulnik-aneb-vsecky-packy-do-zatacky>
- [2] <http://www.droneweb.cz/legislativa-provozu-dronu/item/37-predpisy-pro-letani-s-drony-v-cr>
- [3] <http://www.dji.com/flysafe/no-fly>
- [4] Hohenlohe S.: *DRONY*. Alpress Frýdek-Místek, 2016. ISBN 978-80-7543-234-6
- [5] https://cs.wikipedia.org/wiki/Rozli%C5%A1en%C3%AD_4K

Fyzikální demonstrace s využitím LED pásků

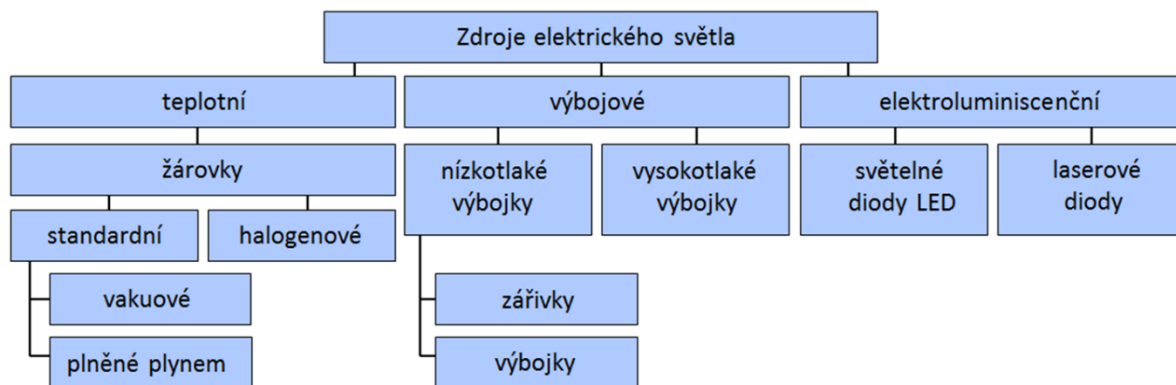
JAN HRDÝ, IVO ROHLENA

Gymnázium Jana Pivečky a SOŠ Slavičín

Tento příspěvek řeší použití barevných LED pásků [1,2] pro základní fyzikální demonstrace z oblasti skládání různých barevných světél (podle modelu RGB). Jedná se o alternativu k žárovkovým světelným zdrojům vybavených barevnými filtry. Předkládané řešení má výhodu především v příznivé pořizovací ceně, snadnosti regulace jednotlivých barevných složek a v podstatně vyšším světelném výkonu. Bylo vyzkoušeno také použití továrně vyráběných dálkově nastavitelných RGB LED světél o výkonu 10 W [3,4]. Toto řešení je obzvláště jednoduché, snadno ovladatelné a má vysoký světelný výkon za příznivou cenu. Pokud by někomu přesto tento výkon nestačil, jsou k dispozici RGB LED světla o výkonu také 30 W a 50 W [4,5]. Příspěvek si všímá i studené a teplé bílé barvy a rozdílů v jejich světelných spektrech. Spektra byla měřena školním spektrometrem *PASCO PS-2600* [6], který byl pro komfortnější obsluhu vybaven optickou sondou se světelným kabelem. Na závěr byl také tento příspěvek doplněn experimentem na subtraktivní skládání barev pomocí barevných filtrů *FOMA* [7].

Různé zdroje světla

Nejběžnější v praxi používané zdroje světla jsou podle principu činnosti seřazeny do následující přehledné tabulky (obr.1). Jsou rozděleny do tří funkčně zcela odlišných základních skupin (teplotní, výbojové a elektroluminiscenční zdroje) [8].



Obr. 1 Základní rozdělení světelných zdrojů podle principu funkce

V tomto příspěvku se budeme pro jeho omezený rozsah zabývat pouze světelnými zdroji na bázi LED. A to pásky LED, žárovkami LED a kompaktními dálkově regulovatelnými světly RGB LED.

Barevná teplota zdroje bílého světla

Barevná teplota neboli **teplota chromatičnosti** charakterizuje spektrum bílého světla. Je to absolutní teplota dokonale černého tělesa, které by vydávalo srovnatelné spektrum. Měří se proto v kelvinech. Za teplou bílou považujeme bílé světlo se zabarvením do žluté, oranžové nebo červené barvy, za studenou bílou se zabarvením do modré nebo fialové barvy (obr.2) [9].



Obr. 2 Přiřazení barevných teplot jednotlivým barvám ve světelném spektru

V následující tabulce jsou barevné teploty některých světelných zdrojů (tab.1) [9]. Dobře to odpovídá zdrojům na bázi LED použitým v tomto příspěvku.

Tab. 1 Barevné teploty některých zdrojů.

Barevná teplota	Zdroj
1900 K	Svíčka
2200 K	Sodíková výbojka
2700 K	Žárovka s wolframovým vláknem
2700 K – 3500 K	LED žárovka – teplá bílá
3000 K	Halogenová žárovka
3000 K – 4000 K	Západ a východ slunce
4000 K – 5000 K	Zářivka
5000 K	Přímé sluneční světlo
6000 K	Oblačná obloha
6000 K – 6500 K	LED žárovka – studená bílá
10000 K a více	Jasná polední obloha

Barevné pásy LED

Barevné pásy LED se vyrábějí buď jako jednobarevné (monochromatické) nebo trojbarevné (RGB). Jsou určeny na napětí 12 V (relativně levné, vhodné pro školské použití), na napětí 24 V (dražší provedení, vhodné pro vyšší výkony) a na 230 V (pro školství zcela nevhodné). Pro napájení pásek jsou k dispozici potřebné komponenty, které tvoří ucelenou

stavebnici (obr.3-8) [1,2]. Vzhledem k tomu, že se vyrábějí ve velkých sériích, jsou cenově dostupné.

Stavebnice vhodných komponent pro napájení pásků LED napětím 12 V

Jedná se především o síťový adaptér 12V/5A, o vypínače a bezztrátové regulátory, rozbočovací kabely a u trojbarebných pásků také o rádiem řízený ovladač. Používání těchto komponent je velmi intuitivní.



Obr. 3 Síťový adaptér 12V/5A pro napájení pásků LED



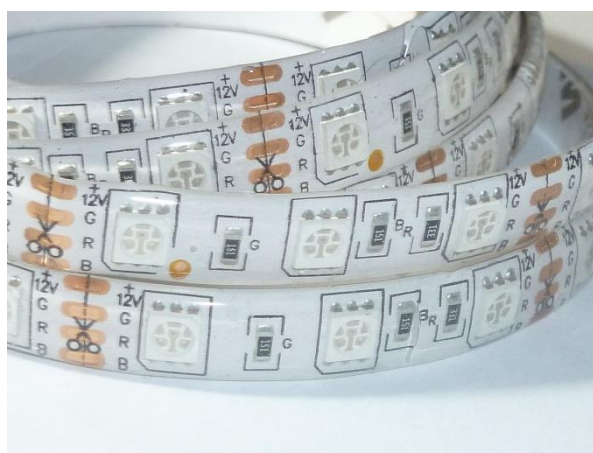
Obr. 4 Rozbočovací kabely pro dva, tři nebo pět výstupních konektorů



Obr. 5 Mezišňůrový vypínač a dva elektronické (bezztrátové) potenciometry



Obr. 6 Ukázka konstrukce jednobarevných LED pásek v porovnání s mincí 1 Kč. Horní dva pásy jsou běžného provedení, spodní dva jsou voděodolné (např. osvětlení akvária)



Obr. 7 Detail provedení trojbarevné pásky LED



Obr. 8 Rádiem řízení ovladač trojbarevných pásek LED



Obr. 9 Použitý spektrometr PASCO PS-2600 (s optickou sondou)

Jednobarevné a trojbarevné LED pásky

Nejdříve jsme zkoušeli volně rozvinuté pásky LED, ale docházelo k jejich rychlému opotřebování a v případě jejich ponechání ve svinutém stavu také k zahřívání - zejména u trojba-

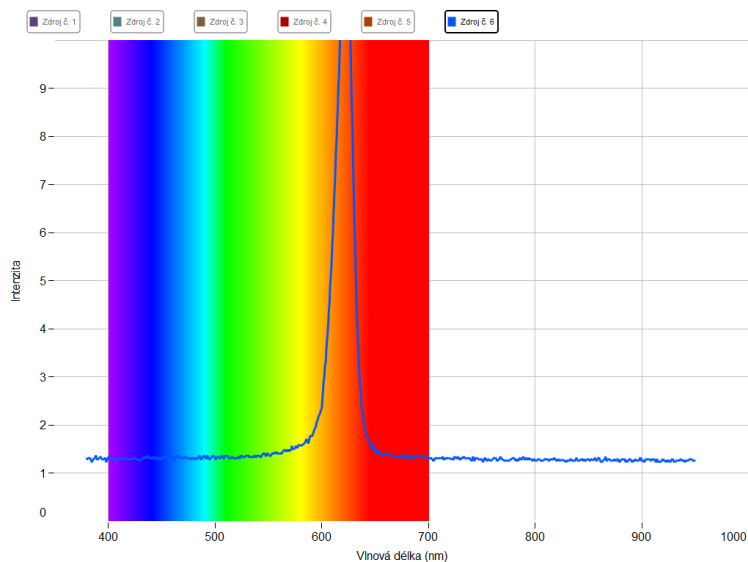
revného pásku (obr.7,8). Proto byly pásky v rozvinutém tvaru nalepeny na hliníkový plech a společně s ním připevněny na hranatou trubku délky 60 cm, výšky 10 cm a hloubky 5 cm, která se používá na rozvod vzduchu (zejména v domácnostech). Kvůli stabilitě byla trubka s namontovanými pásky LED opatřena improvizovanými nožkami a přívody elektrického proudu byly kvůli namáhání také doplněny odlehčovači tahu (obr.10).

Jednobarebné LED pásky

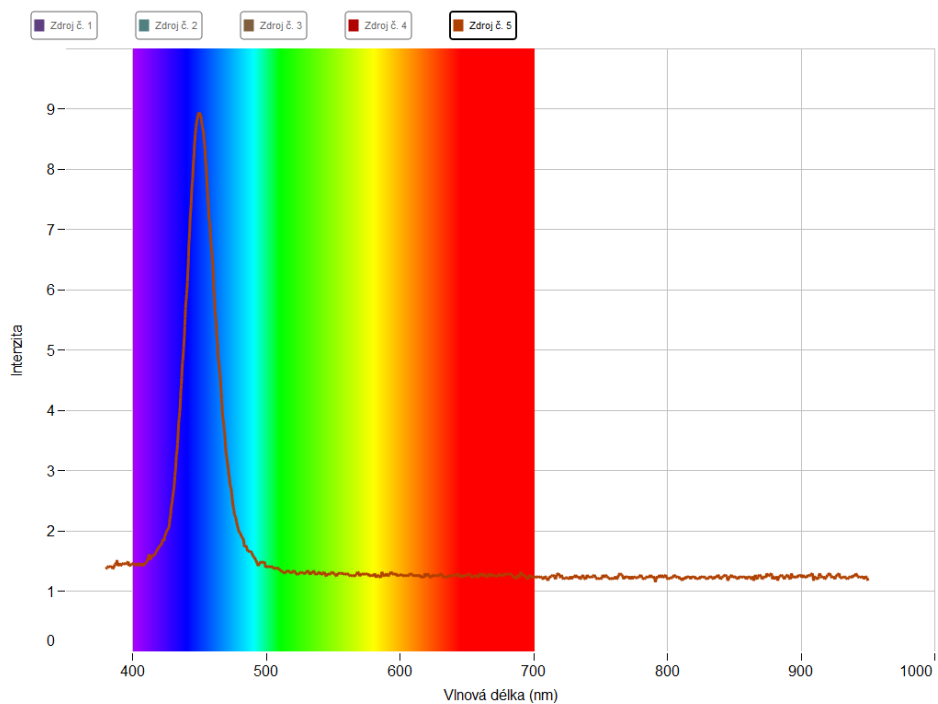
Zatím byly realizovány dva panely. Na prvním jsou tři jednobarevné pásky v barvách modelu RGB (obr.10), na druhém panelu jsou umístěny dva bílé pásky (studená a teplá bílá) a žlutý a modrofialový pásek. Naměřené spektrální průběhy jsou přiloženy (obr.11-15). Z měření je patrné, že žlutá barva byla realizována přímo (bez skládání z jiných barev) a že modrofialová barva zasahuje i do spektra blízkého ultrafialového záření.



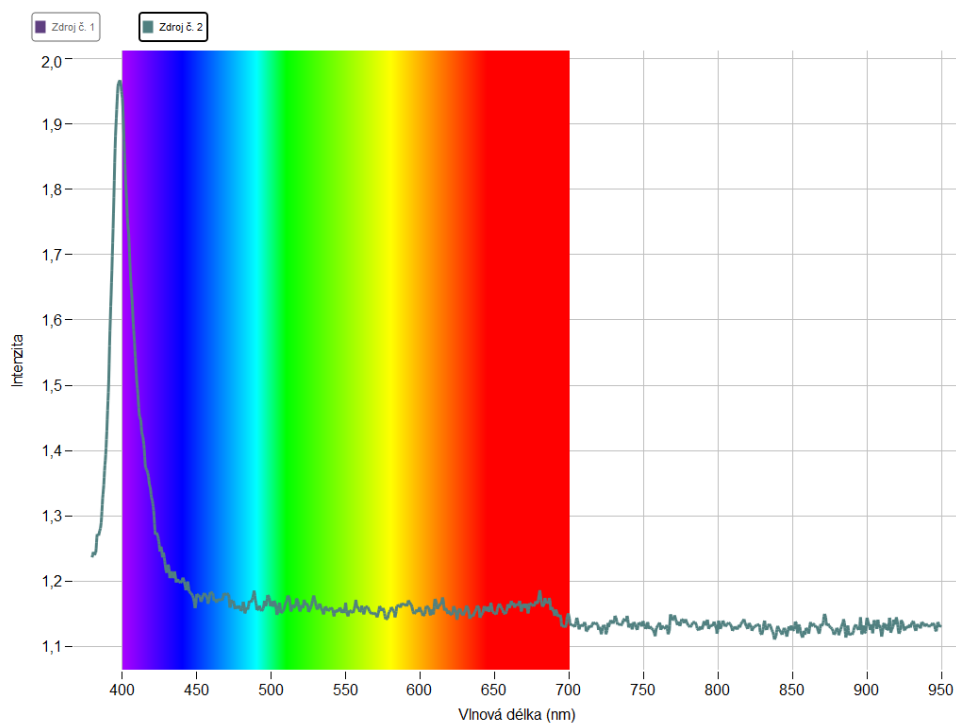
Obr. 10 Provedení montáže pásek LED (červený, zelený a modrý)



Obr. 11 Spektrální charakteristika červené LED (základní barva modelu RGB)

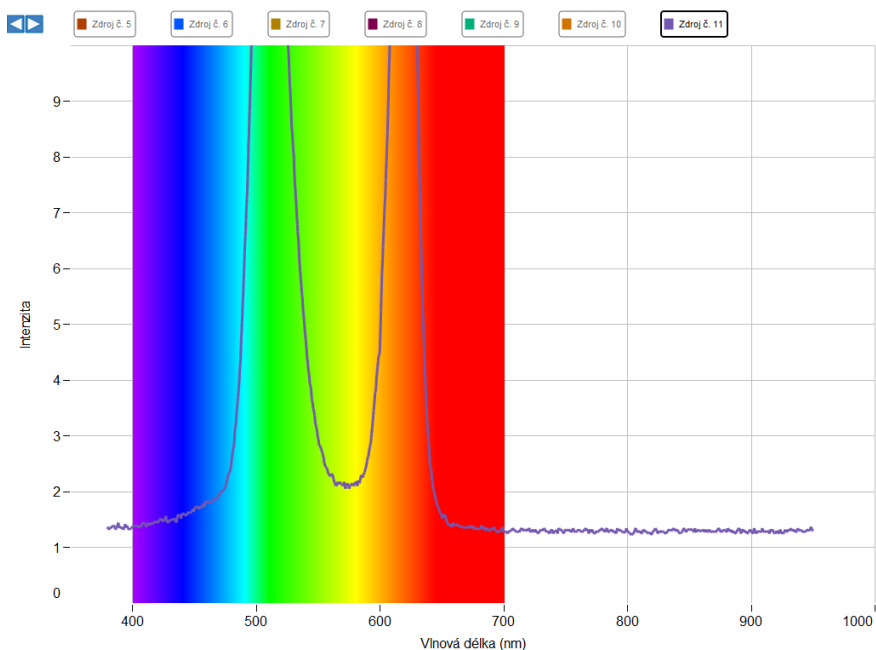


Obr. 12 Spektrální charakteristika modré LED (základní barva modelu RGB)

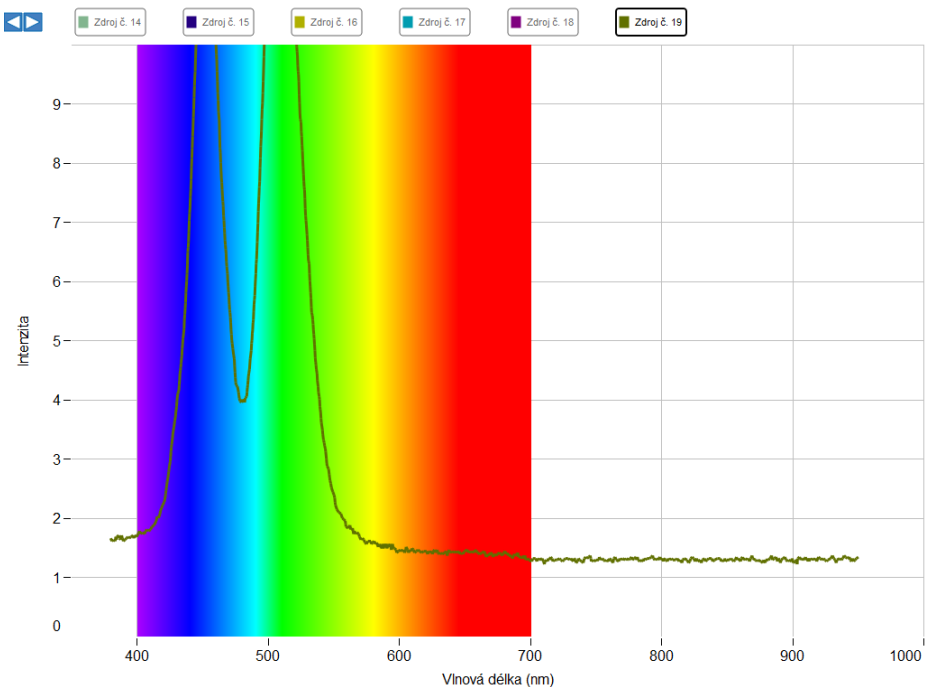


Obr. 13 Fialová LED zasahující částečně do oblasti blízkého ultrafialového záření

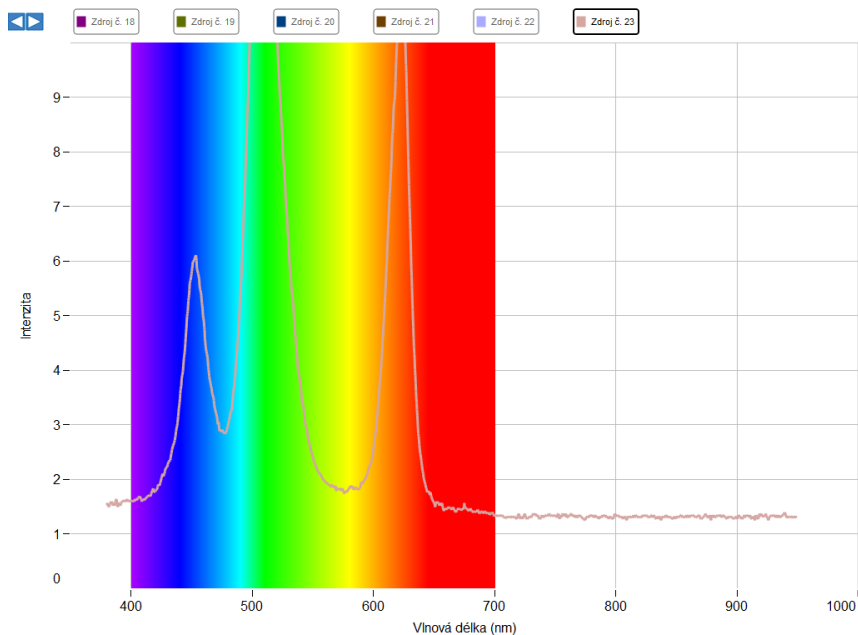
Trojbarevné LED pásky



Obr. 14 Spektrální charakteristika žluté LED barvy (vzniká aditivním smíšením dvou základních barev barevného modelu RGB – červené a zelené)



Obr. 15 Spektrální charakteristika LED azurové barvy (vzniká aditivním smíšením dvou základních barev barevného modelu RGB – zelené a modré)

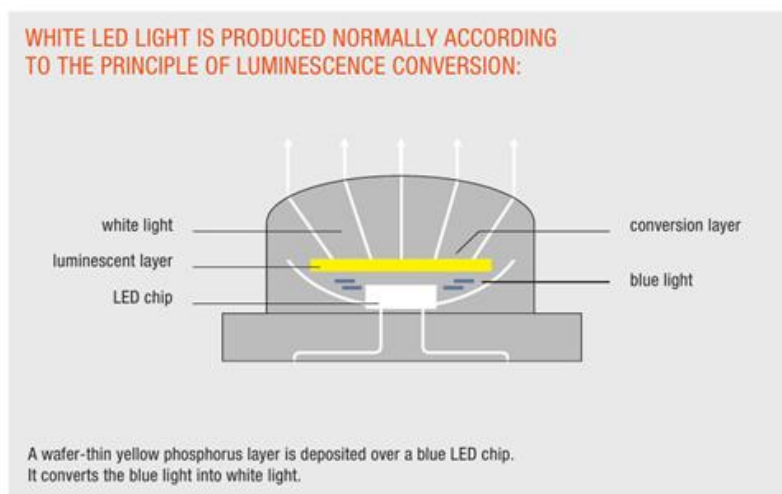


Obr. 16 Spektrální charakteristika LED s (neutrální) bílou barvou (vzniká aditivním smíšením všech tří základních barev barevného modelu RGB – červené, zelené a modré barvy). Podíl modré složky určuje barevnou teplotu výsledného světla

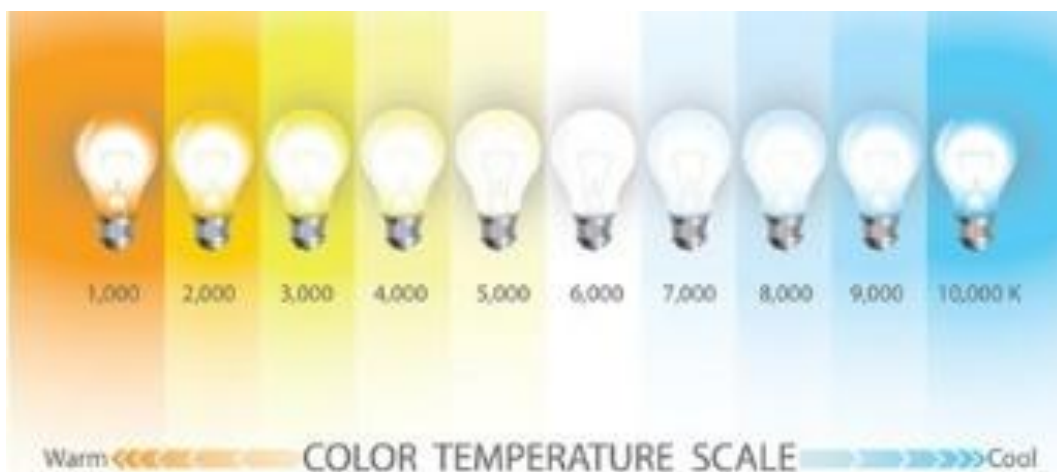
Teplé a studené bílé světlo

Bílé světlo může vznikat dvěma způsoby. První způsob je složením všech tří základních barevných složek modelu RGB (obr.16). Relativní zastoupení modré složky potom určuje, zda se jedná o teplou bílou (minimální množství modré barvy), neutrální bílou (modrá je obsažena, ale není dominantní) nebo studenou bílou (modrá barva je dominantní (obr. 20).

Druhý způsob vzniku bílé barvy je pomocí luminoforu (obr. 16,17). Je to stejný způsob, jako se používal u zářivek. Podle spektrálního složení emitovaného světla se rovněž u LED žárovek s luminoforem rozlišuje barevná teplota.



Obr. 17 Vytvoření bílé LED pomocí fotoluminiscence [8]

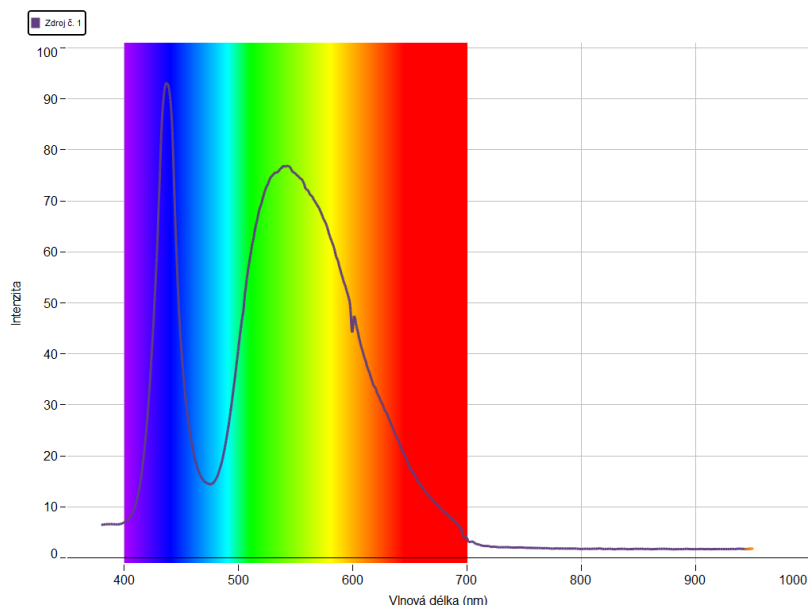


Obr.18 Stupnice barevných teplot pro porovnávání světelných zdrojů [9]



Obr. 19 Dvě svítilny používající výkonovou bílou ledku a lišící se pouze intenzitou vyzařovaného bílého světla. Svítilna uprostřed je určena pro armádu (má zaručený dosvit 1 km), druhá svítilna je běžného provedení

Ale pouze s využitím spektrometru můžeme podle naměřeného spektra rozhodnout, zda se jedná o trojbarevný zdroj RGB nebo světelný zdroj s luminoforem (obr. 20).



Obr. 20 Obě analyzované svítidly používají výkonovou LED s luminoforem. Navíc v oblasti modrého světla mají výrazné maximum, takže emitují studené bílé světlo s vysokou teplotou chromatičnosti

Použití kompaktního světla RGB LED

Bylo úspěšně experimentováno také s barevným osvětlením, které se ve školské praxi ve fyzikálních experimentech **doposud nepoužívá** a které má mnoho výhod. Jde o kompaktní LED reflektor napájený z rozvodné sítě 230 V a ovládaný infračerveným dálkovým ovládačem nebo radiovým ovládačem. První varianta je výrazně levnější a proto také pro školu dostupnější. Pokud se spokojíme s výkonem 10 W a s infračerveným ovládačem, dostaneme se pod hranici 400 Kč. Nabídka je poměrně bohatá [3,4]. Kompaktní světlo obsahuje tři skupiny ledek (červené, zelené a modré) a umožňuje nastavit celkem 16 různých barev, podle toho, v jakém poměru jsou jednotlivé barevné složky zastoupeny.



Obr. 21. Kompaktní dálkově ovládané světlo RGB 10 W



Obr. 22 Porovnání velikosti infračerveného dálkového ovladače a kompaktního světla RGB s mincí 10 Kč



Obr. 23 Výrobní štítek kompaktního světla RGB



Obr. 25 Červené ledky kompaktního dálkově řízeného světla RGB LED



Obr. 26 Zelené ledky kompaktního dálkově řízeného světla RGB LED



Obr. 27 Modré ledky kompaktního dálkově řízeného světla RGB LED



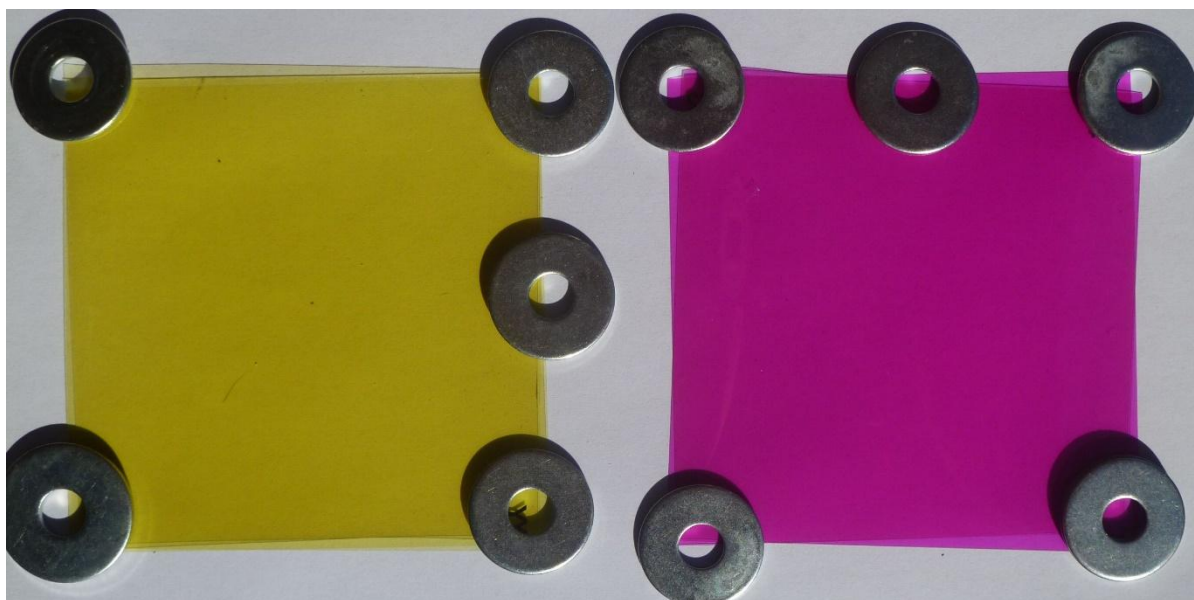
Obr. 28 Červené, zelené a modré ledky dálkově řízeného světla RGB LED svítí současně – výsledkem je vjem bílé barvy (zejména při sledování ze vzdálenosti větší než 1 metr)

Subtraktivní mísení barev

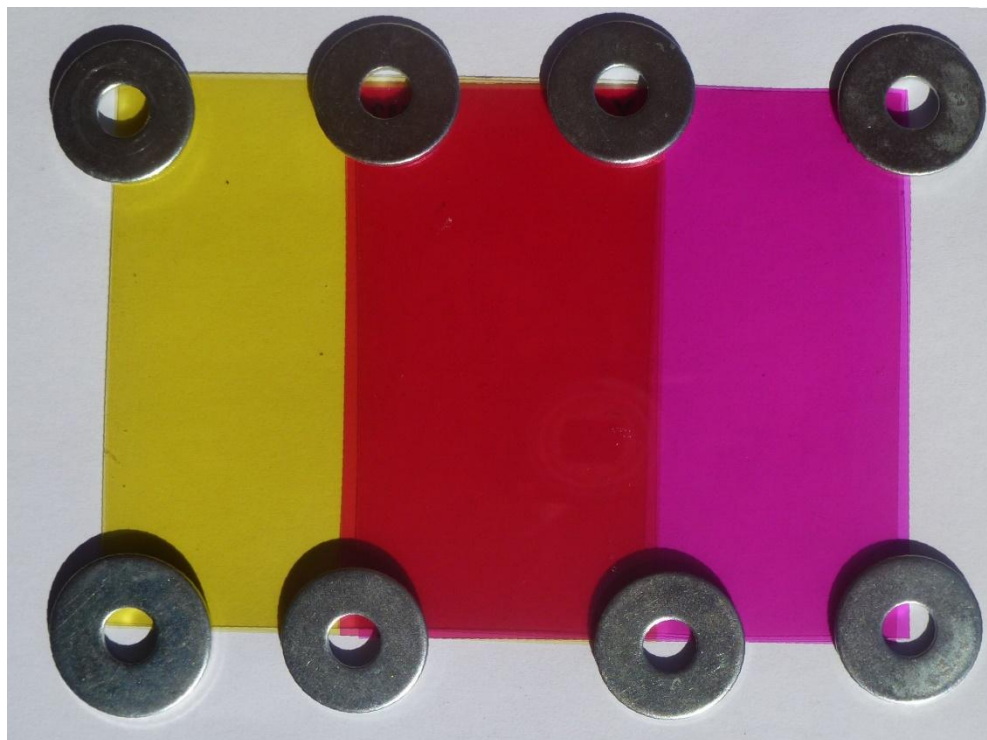
V současné době se dají běžně koupit žluté a purpurové filtry FOMA, které však paradoxně nejsou určeny pro barevnou fotografii, ale pro řízení kontrastu (gradace) speciálních černobílých fotografických papírů ve značném rozsahu. Použití těchto fotopapírů s proměnným kontrastem je v poslední době stále populárnější. Uvedené filtry jsou kvalitní a cenově dostupné (obr.29) [7].



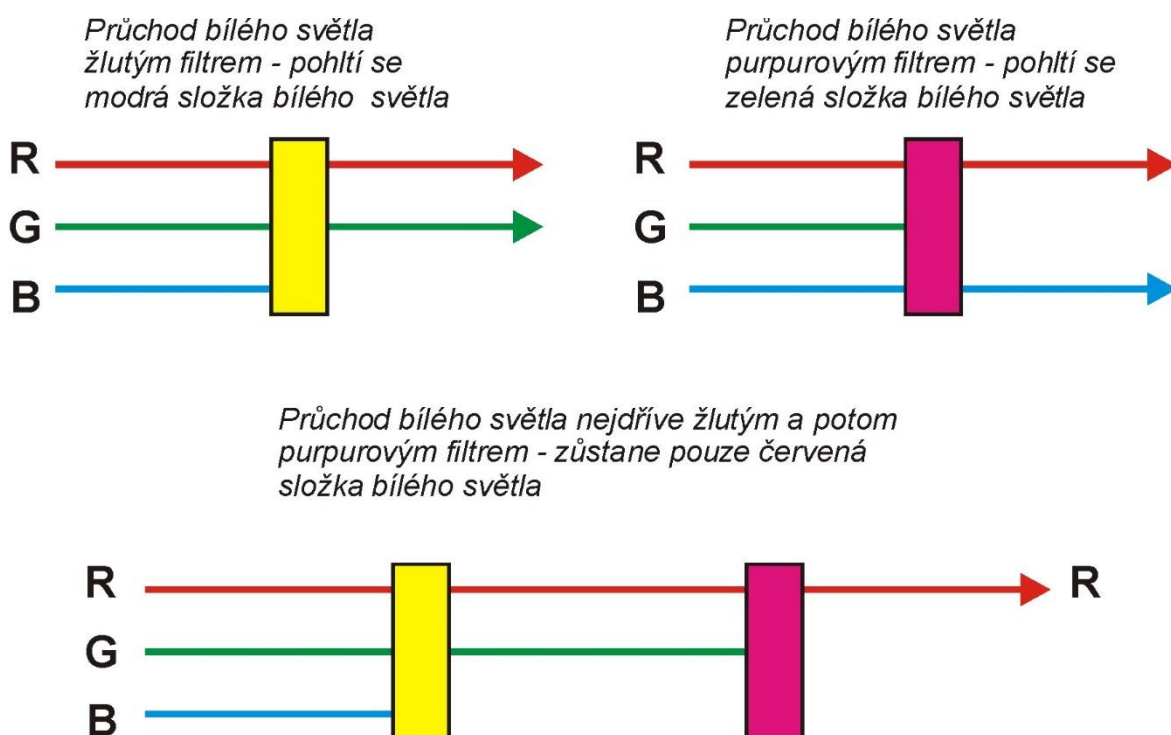
Obr. 29 Použité barevné filtry *FOMA* Variant



Obr. 30 Žluté a purpurové filtry (vždy dva a dva na sobě kvůli zvětšení optické hustoty)



Obr. 31 Při překrytí filtrů dostaneme kvalitní červenou barvu



Obr. 32 Vysvětlení předcházejícího experimentu na subtraktivní mísení barev (průchod bílého světla přes jeden nebo druhý filtr a průchod bílého světla postupně přes oba dva filtry)

Závěr

Popisované pokusy mají jednak posílit výuku učiva o vnímání a skládání barev, ale také podnítit zájem studentů o studium fyzikálních a technických oborů. Všechny popsané experimenty jsou snadno realizovatelné, efektní a cenově dostupné.

Literatura

- [1] https://www.t-led.cz/led-pasky/?gclid=EAIaIQobChMIqd6rs-i03QIVzIKyCh2T2QLVEAAYASAAEgIDF_D_BwE
- [2] http://www.wireliled.cz/produkty/?gclid=EAIaIQobChMIqd6rs-i03QIVzIKyCh2T2QLVEAAYAiAAEgJ9UPD_BwE
- [3] <https://zahradni-lampy.heureka.cz/premiumlux-led-reflektor-rgb-slim-ir-10-w-230-v-ip65/#>
- [4] https://www.goled.cz/led/reflektory/rgb-ovladani/?orderby=price&gclid=EAIaIQobChMIifu_re603QIViJPtCh1rFQZ5EAAAYAiAAEgLD4_D_BwE
- [5] https://www.ledakce.cz/rgb-barevne-reflektory/?gclid=EAIaIQobChMIr-fbzOq03QIVw8wYCh25yAsjEAAAYASAAEgJ4pPD_BwE
- [6] <http://www.pasco.cz/produkty/bezdratovy-spektrometr-pasco>
- [7] https://www.fotoskoda.cz/foma-variant-filtry-152x152-cm/?gclid=EAIaIQobChMI6qLK_fK03QIVSuJ3Ch3z2QIxEAAYASAAEglio_D_BwE
- [8] http://www.powerwiki.cz/attach/A1M15EST/A1M1EST-4-Svetelne_zdroje.pdf
- [9] https://www.wikiskripta.eu/w/Typy_sv%C4%9Bteln%C3%BDch_zdroj%C5%AF

Experimenty do kabelky

ZDENĚK HUBÁČEK

Gymnázium Uherské Hradiště

Abstrakt

Stěhování v rámci rozvrhu mě nutí přenášet pomůcky k výuce poměrně daleko. Snažím se minimalizovat rozměry a tak se většina experimentů vejde do malé příruční kabelky. U některých to na názornosti neubere, u jiných je třeba svolat třídu, aby vůbec něco viděla nebo poslat pomůcku po třídě. Několik takových experimentálních pomůcek nabízí příspěvek.

„Vztlaková“ síla v sypkých látkách (lavina)



V sypkých látkách se podobně jako v tekutinách uplatňuje „vztlaková“ síla, pokud to podmínky umožní. Je třeba zajistit snížení vzájemného tření mezi částicemi sypké látky. Ve výše zobrazeném experimentu je pominutí tření mezi jáhly zajištěno vibracemi, které způsobí střídavé vzájemné odsakování jáhel. Vibrace způsobuje excentrická zátěž na elektromotoru, který je uchycen tavným lepidlem na PET láhev. Ocelová kulička s velkou hustotou klesá ke dnu a pingpongový balonek vystoupá na hladinu jáhel.

Obdobný efekt je využíván v záchranných vzduchových vacích, používaných při skialpinismu. Člověk zasažený lavinou aktivuje airbag a po dobu pohybu laviny na něj působí síla, která jej táhne k hladině laviny a usnadní jeho záchranu [1].

Vodní válec a Bermudský trojúhelník

Vztlaková síla je rovněž námětem druhého experimentu. Zde se uplatňuje pokles vztlakové síly v důsledku snížení průměrné hustoty kapaliny obohacené bublinami vzduchu. Těleso plovoucí na hladině vody klesá, jestliže vodu zavzdušníme bublinami. Bubliny je možné vytvořit vzduchovacím kamínkem z akvaristiky. K vzduchovací hadičce připojují zpětný ventil, aby přes kamínek nevytekla voda z lahve. Vše je k dostání v akvaristických potřebách. Plovoucí těleso je jednorázová plastová pipeta zatížená maticí M8. Do pipety je třeba nasát takové množství vody, aby její průměrná hustota byla jen o málo nižší než hustota vody, jinak experiment nefunguje spolehlivě. Pozor, zaplyněná voda ráda přetéká z nádoby!



Efekty spojené s tímto jevem se projevují ve vodním válci pod jezem, v některých bazénech s protiproudem a údajně i v Bermudském trojúhelníku.

„Vývěva“

Odlehčení této běžně velmi hmotné pomůcky zajišťuje použití injekční stříkačky 60 ml a dvou jednocestných ventilů z akvaristiky v roli odsávací pumpy. Jako recipient je použita zavařovací sklenice. Demonstrovat lze za pár korun většinu běžně prováděných experimentů: „nafukování“ balonku, pěny na holení, přecherpávání vody pod recipientem či var za sníženého tlaku. Od pumpy nečekejte zázraky, mezní tlak uvnitř recipientu je okolo poloviny atmosférického tlaku. Obdobně jsou na tom i komerčně vyráběné pumpičkové vývěvy na víno a potraviny



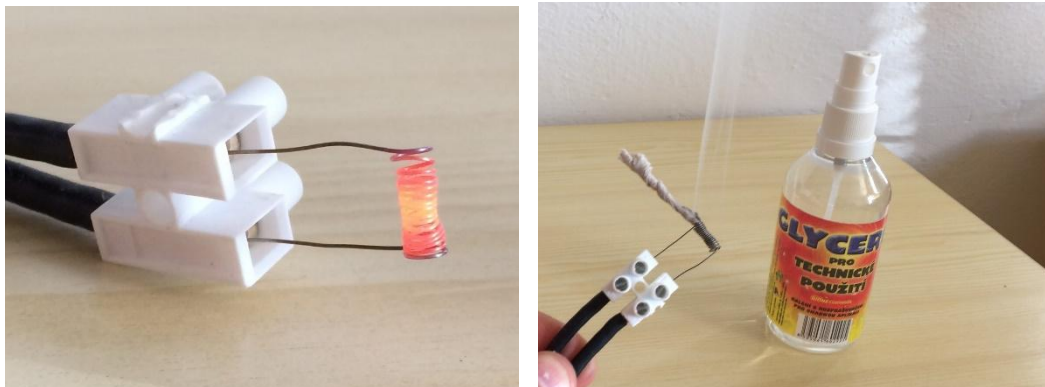
Z obrázku je patrná konstrukce zařízení. Oba jednocestné ventily (4 mm) mají shodnou orientaci. Připojení zajišťuje PVC hadička 6/4 mm a T kus (4mm) opět z akvaristiky. Těsnění průchodu hadičky přes víčko zajišťuje tavné lepidlo.

Orientační cena sestavy je 60 korun. Pozor na „chlopňové“ jednocestné ventily, nefungují tak dobře jako zde použité ventily membránové!

Vyvíječ dýmu

Občas se stane, že pro zviditelnění světelných svazků nebo proudnic v plynu potřebujete zdroj dýmu. Inspiroval jsem se elektronickou cigaretou. Jejím základem je spirálka z odporového drátu. Použil jsem slitinu Kanthal o průměru 0,4 mm, který napájím z tvrdšího laboratorního zdroje. Délku drátu ve spirále volíme tak, aby při daném napětí protékal spirálou proud okolo 5 A. (Do spirály jsem stočil asi 6 cm drátu a připojil na přibližně 8 V). Osou

spirály je protažen knot smočený ve vodném roztoku glycerinu – k zakoupení v drogerii viz foto. Na spirálu můžeme pro urychlení vývoje dýmu foukat.



Ornitoptera

Smysluplné výrobky plynoucí z výrobních linek 3D tiskáren můžete na své škole doplnit ornitopterou poháněnou gumovým svazkem zkonstruovanou ve Fablabu. Ten poskytl tiskové podklady na webu instructables [2].

Velmi důmyslný je kulisový převod klika – drážka, který je svou nelinearitou velmi vhodný pro mávavý let. Pomalý pohyb křídla do horní úvrati a rychlý návrat zpět při záběru je podmínkou ladhého letu a účinného převodu energie gumového svazku na energii pohybovou.



Literatura

[1] <http://www.snowpulse.cz/>

[2] <https://www.instructables.com/id/Worlds-first-Full-3D-printable-ornithopter-assembly/>

Souprava pro experimenty s elektromagnetickou vlnou

JOSEF HUBEŇÁK, JIŘÍ HUBEŇÁK

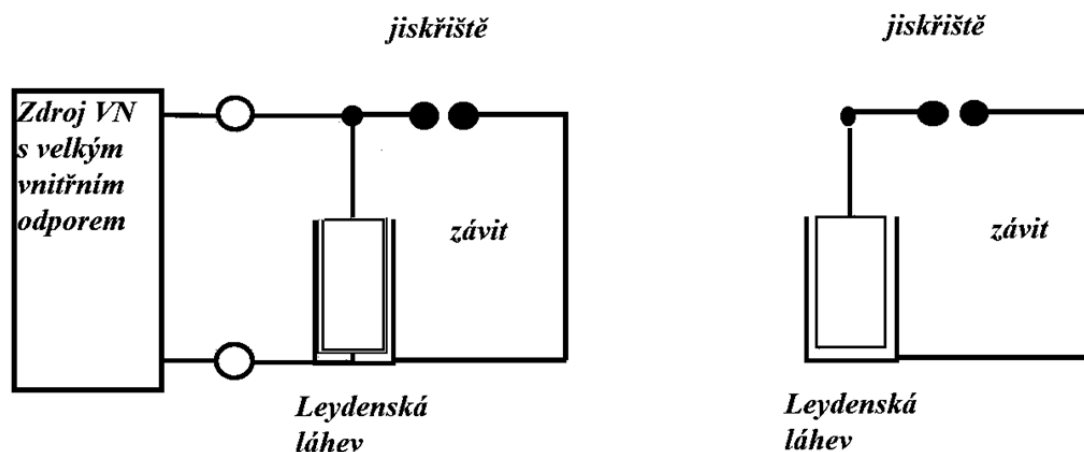
Přírodovědecká fakulta UHK

Abstrakt

Na výstavce viděli účastníci Veletrhu vybrané experimenty. Ne všechny a ne všichni – nestačil čas. Příspěvek obsahuje podrobné informace o soupravě i přehled experimentů.

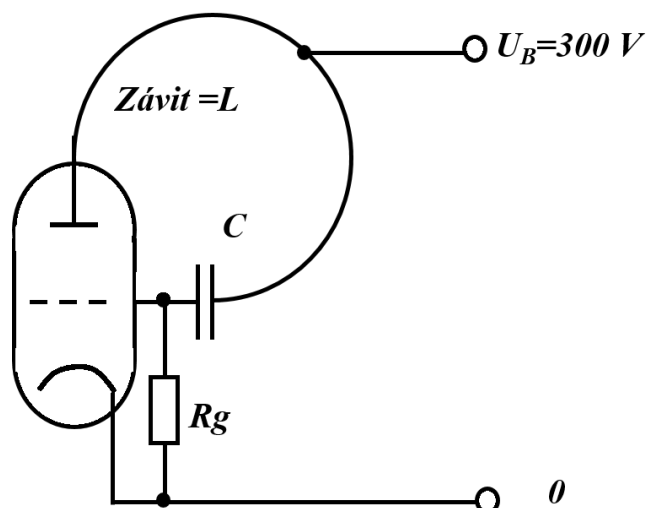
Od jiskřiště k elektronkám, od elektronek k polovodičům

V roce 1873 vyšla Maxwellova práce, shrnující všechny tehdy známé poznatky z oblasti elektrických a magnetických jevů. Dílo s názvem *Treatise on Electricity and Magnetism* zahrnuje i diferenciální rovnice, z nichž byl odvozen zcela nový teoretický závěr: proměnné elektromagnetické pole se šíří ve vakuu rychlostí světla jako elektromagnetické vlnění. Elektromagnetická vlna je spojena s dalšími jevy: odraz, lom, interference, přenos energie, šíření v dielektrickém prostředí atd. Prokázat existenci elektromagnetického vlnění se podařilo až v roce 1886; byl to Heinrich Hertz, který na Technické univerzitě v Karlsruhe dokázal s pomocí Ruhmkorffova induktoru a jiskřiště generovat tlumené elektromagnetické kmity. Ve sbírkách se ještě zachovaly Lodgeho soupravy pro demonstraci přenosu energie elektromagnetickou vlnou.



Obr. 1 Lodgeho souprava

Po objevu triody (Lee de Forest, USA, 1907) následoval relativně rychle zpětnovazební oscilátor s induktivní vazbou (Alexandr Meisner, Německo, 1912) a začíná éra vakuové elektroniky. Pro generaci elektromagnetického vlnění byly použity triody v oscilátoru s tříbodovým zapojením (Hartleyův oscilátor). Frekvence bylo možné zvýšit na přibližně 450 MHz. Napájecí napětí asi 300 V ovšem znamenalo jisté omezení – s oscilátorem mohl pracovat jen učitel. Vysokofrekvenční výkon bylo možné induktivně vázat na Lecherovo vedení a zde indikovat doutnavkou nebo žárovkou postupné nebo stojaté vlnění. Schéma takového oscilátoru je na obrázku 2.



Obr.2 Triodový oscilátor

S nástupem vysokofrekvenčních tranzistorů a zvládnutím frekvencí nad 100 MHz vznikaly laboratorní oscilátory s výkonem v řádu 10 mW. Ty umožnily měření vlnové délky na Lecherově vedení a výpočet frekvence, výkon ovšem nestačil na rozsvícení žárovky nebo doutnavky.

S hybridními výkonovými zesilovači bylo již možné vytvořit generátor na frekvenci 433,920 MHz s výkonem 10 W. Prvně byl představen na 7. Veletrhu nápadů učitelů fyziky v roce 2002. Autorem generátoru je RNDr. Jiří Hubeňák, Ph.D. Zdokonalená 2. verze generátoru byla představena na 23. Veletrhu v Českých Budějovicích. Generátor nyní obsahuje mikroprocesorem a teplotním čidlem řízenou tepelnou ochranu koncového stupně. Při překročení nastavené mezní teploty se automaticky vypíná buzení koncového stupně a znovu se buzení zapne až po vychlazení na stanovenou nižší teplotu. Na čelním panelu generátoru přibyla kontrolka přehřátí – viz obr. 3



Obr. 3 Generátor UHF 433,920 MHz, 10 W

Generátor je napájen ze stejnosměrného zdroje 13,8 V, 6 A a experimentování je pro učitele i žáky naprosto bezpečné. Pro indikaci pole lze vzhledem k dostatečnému výkonu použít dipól s žárovkou, napěťovou sondu s doutnavkou, proudovou sondu se žárovkou a 120 cm dlouhou zářivku. Pole lze sledovat na Lecherově vedení a také v prostoru; jako zářič slouží symetricky napájený skládaný dipól nebo čtvrtvlnný dipól napájený asymetricky. Na obr. 4 je ukázka stojatého vlnění na vedení zakončeném zkratem – sondy ukazují polohy napěťových a proudových kmiten.



Obr. 4 Kmitny proudu a napětí na vedení zakončeném zkratem

K soupravě patří text *Návod k experimentům* a podle něj lze spolehlivě ukázat kvalitativní experimenty:

Postupná vlna na vedení

Stojatá vlna na vedení, zakončeném zkratem

Stojatá vlna na otevřeném vedení

Napěťové a proudové kmitny na zkratovaném vedení

Vedení zakončené skládaným dipólem

Polarizační rovina elektromagnetické vlny

Odraz a interference elektromagnetické vlny

Vliv rezonance

Pole skládaného dipólu

Proudové a napěťové obložení dipólu

Elektrické siločáry v okolí čtvrtvlnného dipólu

Vyšší harmonické kmity dipólu

Rezonance dipólu s dielektrikem

Optimální délka zatíženého dipólu

Odraz na Hertzově mříži

Absorpce vř výkonu v živé tkáni – dotek vlastní rukou

Na vedení se stojatou vlnou lze s tolerancí jednotek milimetrů změřit vlnovou délku, a protože známe frekvenci, následuje snadný výpočet rychlosti šíření. Výsledek se liší při pečlivém měření od tabelované hodnoty rychlosti světla ve vakuu o méně než 1 %.

Součástí výše zmíněného textu je *Technický popis* ke všem položkám soupravy. Těch je celkem 27 a popis dává informaci o vlastnostech a užití každé z nich.

Samostatný studijní text *Experiment, teorie, praxe* obsahuje podrobné fyzikální vysvětlení všech experimentů – samotné pozorování jevů by bylo jen fyzikálním divadlem. V druhé části jsou uvedeny Maxwellovy rovnice a odvozeny charakteristiky rovinné elektromagnetické vlny. Tato část poskytne učiteli možnost zopakovat si potřebnou část teorie elektromagnetického pole i bez hledání ve vysokoškolských učebnicích. Třetí část podává přehled využití elektromagnetických vln v širokém rozsahu vlnových délek – od přenosu informací až po rentgenovou defektoskopii.

Pro další informace se lze obrátit přímo na autory soupravy. Mailové adresy:

josef.hubenak@uhk.cz

josef.hubenak@hubenak.cz

hubenak@hubenak.cz

Elektrické obvody očima termovizní kamery

PETR KÁCOVSKÝ

Katedra didaktiky fyziky, MFF UK, Praha

Abstrakt

Příspěvek popisuje tři experimenty, které využívají termovizní kameru pro sledování tepelných jevů v elektrických obvodech. První pokus ukazuje konstrukci vodivého bludiště, ve kterém je Joulovo teplo využito pro nalezení cesty mezi dvěma jeho východy. Druhý experiment se zabývá rozdílnou tepelnou kapacitou různě velkých rezistorů, která se projeví jejich nestejnoměrným zahříváním. Třetí pokus je pak věnován teplotním změnám v harmonickém střídavém obvodu s velmi nízkou frekvencí.

Úvod

Termovizní kamery se vzhledem k jejich setrvale klesajícím cenám postupně stávají stále častěji užitečným pomocníkem nejen ve stavebnictví a průmyslu, ale také na půdě škol. Bylo popsáno mnoho způsobů, jak termokamery využít ve fyzikálních pokusech (např. [1-4]), a to zejména v oblastech molekulové fyziky a termiky v souvislosti s tepelnou vodivostí, skupenskými přeměnami či vnitřní energií. Tento příspěvek navazuje na [5] a rozšiřuje využití termovizních kamer v oblasti elektřiny a magnetismu, konkrétně při studiu tepelných jevů v elektrických obvodech.

Všechny tři experimenty vycházejí z detekce nárůstu teploty, který je způsoben uvolňováním Joulova tepla generovaného při průchodu elektrického proudu vodičem. Pro vodič o odporu R , kterým prochází proud I po čas t , je Joulovo teplo Q_J :

$$Q_J = RI^2t,$$

kde RI^2 je výkon elektrického proudu ve vodiči.

1. Termografické bludiště

Myšlenka využít zahřívání elektrickým proudem pro vyřešení elektricky vodivého bludiště je publikována např. v [6], odkud je převzata i konkrétní podoba labyrintu, který je představen v tomto příspěvku. Fyzikální princip je triviální – připojíme-li dva vodivě spojené výstupy bludiště ke zdroji napětí, poteče mezi nimi proud a zvýší teplotu těch „chodeb“ bludiště, kterými protéká. Termovizní kamera pak snadno odhalí celou vodivou cestu. Existuje-li více různých řešení, ukáže termokamera všechny cesty, přičemž delší cesty budou vzhledem ke svému většímu odporu (předpokládáme homogenní materiál bludiště) méně zahřáté a tedy i méně zřetelné.

Konstrukce bludiště je o poznání obtížnější. Možnost vyřezat jej z tenkého plechu je určena spíše pro manuálně zdatné a v případě zapojení do výuky je takový způsob pro studenty z bezpečnostních důvodů nerealizovatelný. Využití vodivé barvy pro nakreslení bludiště je také značně omezené, pokud chceme, aby byla cesta z hlediska elektrického odporu homogenní. Použitelnější se zdála být možnost sestavit bludiště postupným nalepováním samolepicí měděné pásky, která je zespona opatřena elektrovodivým lepidlem a je možné ji běžně sehnat v elektrikářstvích. V levé části obr. 1 je ukázka takového bludiště vytvořeného

z přibližně 4 metrů pásky o šířce 5 mm. Proměrování takto vytvořené vodivé cesty však ukázalo, že v řádu sekund její odpor kolísá v rozmezí od desítek ohmů po desítky megaohmů, a to i bez vnějších zásahů (pohybu či změny polohy). Možnou příčinou takové nestability může být zřejmě velký počet přechodových odporů ve všech pravoúhlých spojích, ztráty kontaktu mezi kovem a lepidlem či špatné vodivé propojení mezi bludištěm a napájecími vodiči. Ať už jde o kombinaci těchto vlivů či některý z nich dominoval, celá konstrukce je pro pokus nepoužitelná.

Funkční model bludiště se podařilo vyrobit až díky použití vodivých plastů, které byly představeny na VNUF 19 v příspěvku [7], a to vyřezáním bludiště z kaptonové fólie. Fyzická podoba kaptonového bludiště je zachycena na obr. 1 uprostřed, termografický snímek zachycující vodivou cestu mezi dvěma jejími konci na témže obrázku vpravo.



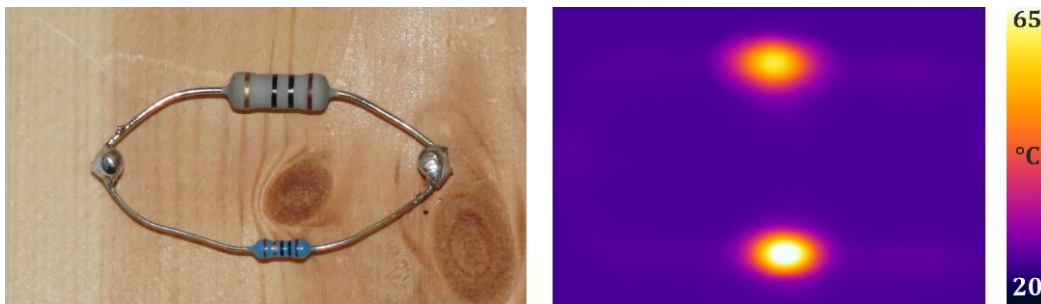
Obr. 1. Vlevo nefunkční bludiště z měděné pásky, uprostřed bludiště z kaptonové fólie a vpravo jeho termografický snímek po připojení napětí 40 V DC. Na termografickém snímku je patrné rozvětvení obvodu (v pravé dolní části) a také místo, kde byl obvod omylem rozstřížen a poté opraven vodivou pastou (jasně svítící bod vlevo nahoře).

2. Tepelná kapacita rezistorů

V příspěvku [5] se autor tohoto článku před dvěma lety věnoval mj. situaci, kdy elektrický proud prochází dvojicí paralelně zapojených rezistorů se stejným odporem. Termovizní měření v tomto případě velmi přesně korespondují s fyzikální teorií, podle které je proud oběma rezistory (a tedy i výkon na nich) stejný – oba rezistory se v takovém případě zahřívají stejně rychle.

Je třeba ovšem dodat, že tento jednoduchý závěr má jeden podstatný předpoklad – abychom dostali očekávaný výsledek, musí být také rozměry, geometrie a materiál rezistorů shodné. Tento experiment ukazuje, co se stane, pokud tomu tak není. Paralelně zde byly zapojeny dva rezistory o odporu $10\ \Omega$, kde ovšem horní rezistor byl výrazně hmotnější a objemnější (obr. 2 vlevo). Po připojení ploché baterie (napětí 4,5 V) se sice na obou rezistorech vyvíjí stejné Joulovo teplo, ovšem větší rezistor má výrazně vyšší tepelnou kapacitu a zahřívá se tak pomaleji (obr. 2 vpravo). Naopak, pokud zdroj odpojíme, bude větší rezistor pomaleji chladnout.

Experiment je zachycen na videu ve sbírce [8].



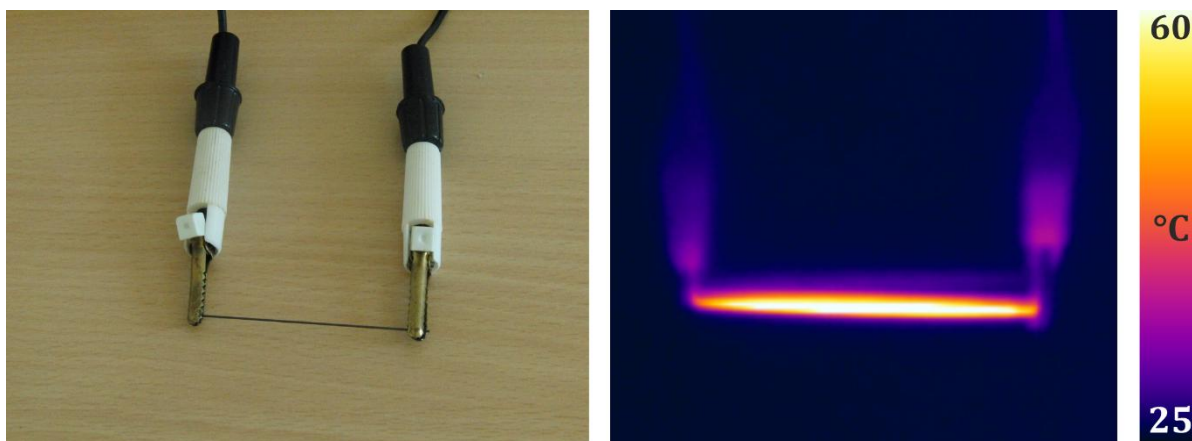
Obr. 2. Vlevo dvojice různě velikých rezistorů ve viditelném oboru, vpravo v IR oboru 10 sekund po připojení ploché baterie.

3. Teplotní změny v harmonickém střídavém obvodu

Ve střídavých obvodech, kde se proud periodicky mění, je také výkon na odporových prvcích proměnný. Konkrétně pro harmonický průběh dostáváme pro ideální rezistor o odporu R průběh výkonu $p(t) = RI_m \sin^2(\omega t)$, kde I_m je amplituda proudu a ω úhlová frekvence. Průběh funkce $\sin^2(\omega t)$ naznačuje, že za dobu jedné periody dosáhne výkon dvakrát svého maxima a dvakrát nulové hodnoty.

Termovizní kamera ovšem neměří výkon, ale teplotu vodiče. Je proto nutné použít vodič, který je schopen změny výkonu velmi rychle převádět na změny teploty, tedy vodič s velmi malou tepelnou kapacitou. Vhodným experimentálním nástrojem se pro tento účel ukázaly být tuhy do mikrotužky, jejichž elektrický odpor je při běžné délce 6 cm a průměru 0,5 mm v řádu jednotek ohmů a umožňuje tak průtok poměrně vysokých proudů.

V popisovaném experimentu byla tuha do mikrotužky připojena ke generátoru harmonických funkcí (obr. 3 vlevo) s efektivní hodnotou napětí 1 V a frekvencí 0,1 Hz. Ideální by bylo používat frekvenci ještě o něco nižší, aby měla tuha možnost v oblastech výkonových minim dostatečně zchladnout, ale běžné školní generátory obvykle s nižšími frekvencemi nepočítají. Každopádně i frekvence 0,1 Hz se ukázala být pro tento pokus použitelná a umožňuje v pětisekundových intervalech pozorovat teplotní maxima a minima. Autora příspěvku až překvapilo, že zpoždění mezi výkonovými a teplotními maximy bylo v jeho měřeních velmi malé.



Obr. 3. Připojení tuhy ke zdroji 1 V AC – ve viditelném i IR oboru

Poděkování

Tento příspěvek byl (coby součást vývoje experimentů určených k odstraňování bariér při porozumění fyzikálním konceptům a zákonitostem) podpořen programem Univerzitní výzkumná centra UK č. UNCE/HUM/024.

Literatura

- [1] The Concord Consortium. *Infrared Tube*. Dostupné online: <http://energy.concord.org/ir>
- [2] Vollmer, M., Möllmann, K.-P.: *Infrared Thermal Imaging: Fundamentals, Research and Applications*. Wiley-VCH, Weinheim 2010.
- [3] Short, D. B. *Thermal imaging in the science classroom*. *School Science Review*, 94 (346), 75-78, 2012.
- [4] Haglund, J., Jeppsson, F., Hedberg, D., Schönborn, K. J.: *Thermal cameras in school laboratory activities*. *Physics Education*, 50 (4), 424-430, 2015.
- [5] Káčovský, P.: *Fyzika očima termografie*. In: Sborník konference Veletrh nápadů učitelů fyziky 21. E.: T. Milěš, J. Válek. Masarykova univerzita, Brno 2016. ISBN 978-80-210-8465-0 (online, PDF) s. 99-103. Dostupné online: <https://katedry.ped.muni.cz/vnuf21/wp-content/uploads/sites/35/2017/02/sbornikvnuf21.pdf>
- [6] Ayrinhac, S.: *Electric current solves mazes*. *Physics Education* 49 (4), 443-446, 2014. Dostupné online: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/0031-9120/49/4/443/pdf>
- [7] Hubeňák, J.: *Vodivé plasty – zajímavý materiál pro laboratorní práci*. In: Sborník konference Veletrh nápadů učitelů fyziky 19. E.: V. Vochozka. Západočeská univerzita v Plzni, Plzeň 2015. ISBN 978-80-210-8465-0 (online, PDF) s. 55-60. Dostupné online: <http://vnuf.cz/sbornik/prispevky/19-05-Hubenak.html>
- [8] Sběrka fyzikálních pokusů. *Jouleovo teplo*. Dostupné online: <http://fyzikalnipokusy.cz/1657/jouleovo-teplo>

Vzájemné vzdálenosti planetek

OTA KÉHAR, MICHAELA NETRVALOVÁ

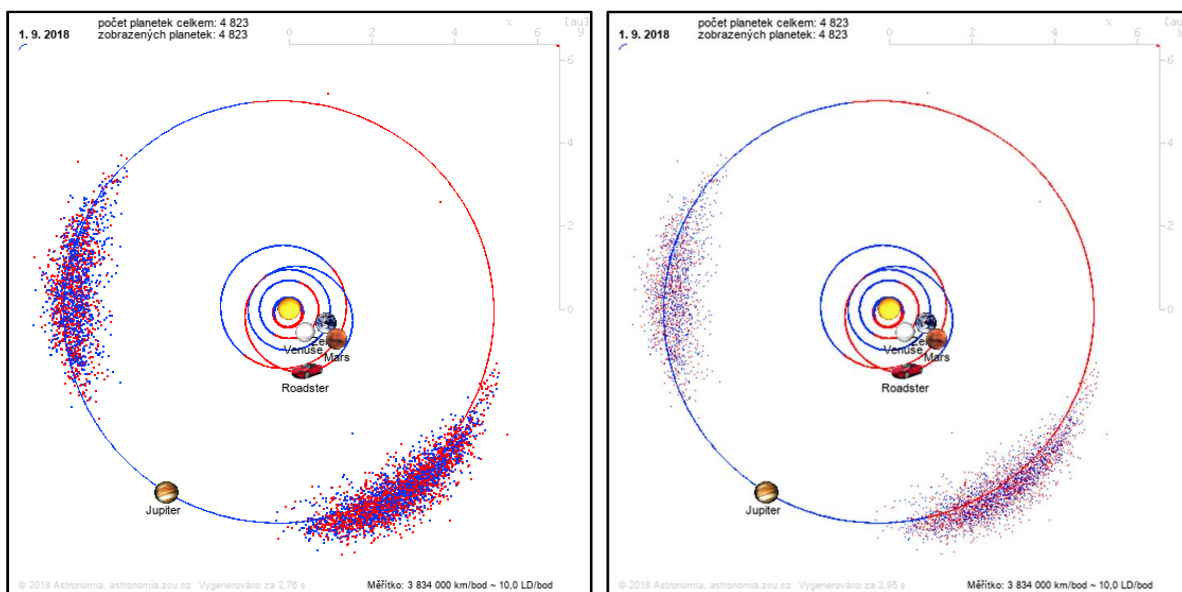
Fakulta pedagogická, Západočeská univerzita v Plzni

Správné představy o nepředstavitelných vzdálenostech objektů ve sluneční soustavě je nejenom pro žáky a studenty komplikovaná záležitost. Ukazují to nepovzbudivé výsledky dotazníkové šetření provedeného mezi 47 žáky gymnázia v Ostrově. Příspěvek by měl napomoci vylepšit naši představu o vzájemných vzdálenostech vybrané skupiny planetek ve sluneční soustavě. V příspěvku jsou popsány různé způsoby (kvalifikovaný odhad, statistické analýzy dat), jak dojít k hodnotám vzdáleností mezi analyzovanými objekty.

Vzdálenosti ve sluneční soustavě

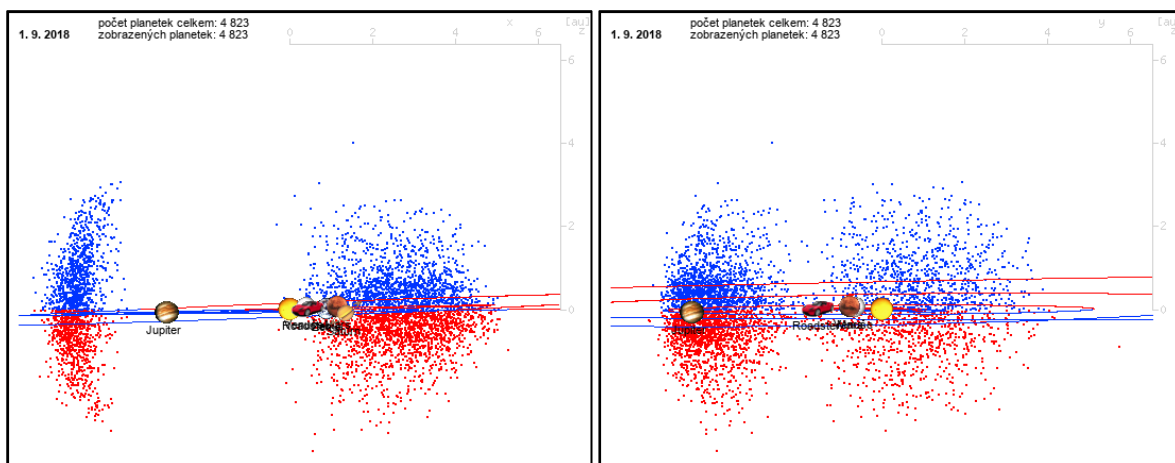
Zpracování tohoto tématu předcházely dvě situace. Jedna spočívala v položení dotazu posluchače při semináři, který se věnoval využití dat z astronomických katalogů. Dotaz při ukázce obrázku znázorňující aktuální polohy planetek skupiny Jupiterových Trojanů ve sluneční soustavě [1] zněl: „Jaká je vzájemná vzdálenost planetek v této skupině?“ Tehdy jsem musel jako přednášející přiznat, že správnou odpověď neznám. Druhá se týkala výsledků dotazníkového šetření věnovaného představám žáků o vzdálenostech těles ve sluneční soustavě. Jak zmiňuje Netrvalová [3], žáci mají tendenci odhadovat vzdálenosti planet rovnoměrně, aniž by si uvědomovali, že mohou být planety ve sluneční soustavě rozloženy jinak. Zarážející jsou i odpovědi, kdy byl Uran či Neptun umístěn do vzdálenosti menší než zadaná hodnota vzdálenosti Saturnu. Vždyť seřazení planet sluneční soustavy podle jejich vzdálenosti od Slunce je učivo nižšího stupně základní školy.

Při vytváření skriptu pro tvorbu obrázků znázorňující aktuální polohy planetek ve sluneční soustavě bylo nutné zvolit velikost bodu, který by představoval jednu planetku.

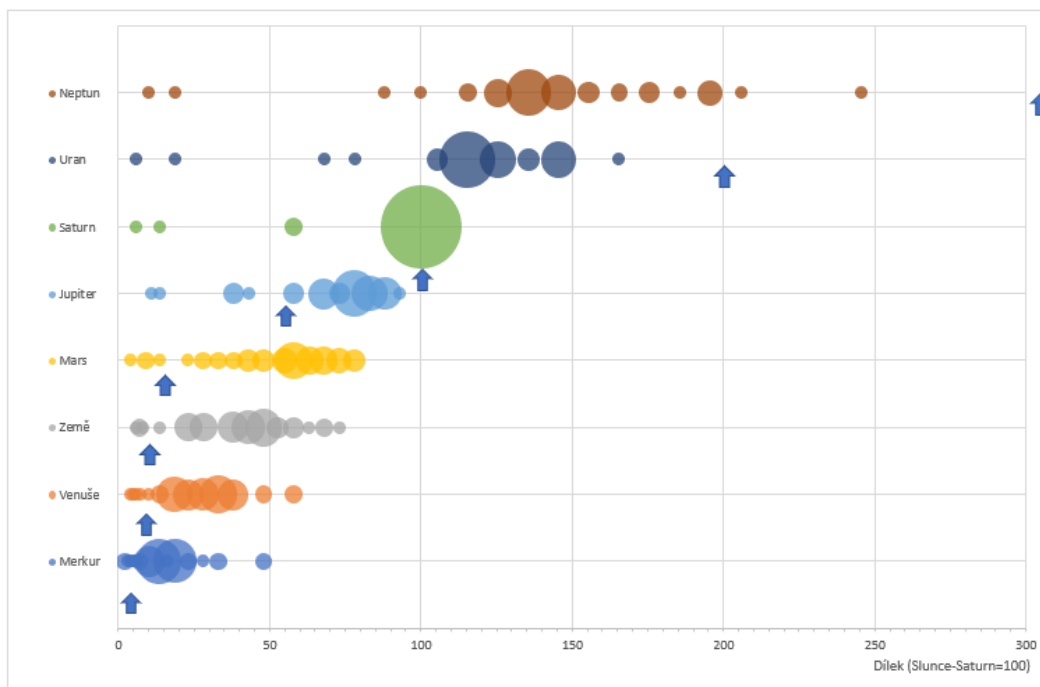


Obr. 1: Aktuální polohy planetek skupiny Jupiterových Trojanů ve sluneční soustavě pro 1. 9. 2018, průmět do roviny ekliptiky; jeden bod znázorňující jednu planetku je o velikosti 2×2 pixely (vlevo) a 1×1 pixel (vpravo)

Vzhledem k tomu, že obrázek reprezentuje standardně situaci v ploše, přičemž v základním nastavení zobrazuje polohy planetek v rovině ekliptiky, nabízelo se, aby bod byl odlišen barvou podle toho, zda se planetka nachází nad ekliptikou (modrá tečka) či pod ekliptikou (červená tečka). Velikost bodu byla stanovena na 2×2 obrazové pixely. Polohu planetek skupiny Jupiterových Trojanů je pro datum 1. 9. 2018 znázorněn na obr. 1 vlevo. Nutno dodat, že vzdálenosti objektů jsou v měřítku; velikosti planet, Slunce a planetek nikoli. Jeden obrazový pixel představuje vzdálenost odpovídající deseti vzdálenostem Země–Měsíc. Pokud by se pro jednu planetku zvolil bod o velikosti 1×1 obrazový pixel, výsledný obrázek by pro stejnou skupinu planetek a stejný den vypadal tak, jak je znázorněno na obr. 1 vpravo. Naši představivost o vzájemných vzdálenostech planetek ovlivní obrázek aktuálních poloh planetek, pokud se na vybranou skupinu planetek podíváme z boku (obr. 2).



Obr. 2: Pohled na aktuální polohy planetek skupiny Jupiterových Trojanů z boku



Obr. 3: Grafické zpracování výsledků dotazníkového šetření (zúčastnilo se ho v roce 2018 celkem 47 žáků dvou kvint gymnázia v Ostrově) týkající se představ vzdálenosti planet ve sluneční soustavě; velikost kolečka představuje četnost odpovědí; modrou šipkou je znázorněna správná vzdálenost planety od Slunce

Němečtí astronomové Titius a Bode vytvořili v druhé polovině 18. století model sluneční soustavy z tehdy známých planet tak, že rozdělili vzdálenost mezi Sluncem a Saturnem na 100 stejných dílků. Ve škole můžeme podobný model vyrobit pomoci nitě, na které bude navlečeno 100 korálků, vždy po 9 korálkách stejné barvy bude jeden korálek jiné barvy pro oddělení desítek. Vzdálenosti ostatních planet v tomto měřítku jsou Jupiter (52), Mars (16), Země (10), Venuše (7), Merkur (4), přičemž se může jednat o úkol pro žáky, kteří budou tyto vzdálenosti tipovat, odhadovat. Ve 21. století lze doplnit i vzdálenosti pro planety Uran (201) a Neptun (316), tyto planety byly postupně objeveny v roce 1781 a 1846.

Polohy planetek ve sluneční soustavě

Obrázek, který znázorňuje aktuální polohy vybraných skupin planetek ve sluneční soustavě, je k dispozici na stránkách Astronomie již od roku 2012. Nachází se na stránce astronomia.zcu.cz – Planety – Planetky – Analýza parametrů planetek: část Export dat / Speciální. V roce 2018 byla tato část výrazně rozšířena. Přibyla možnost zvolit konkrétní datum, pro který se mají aktuální polohy planetek ve sluneční soustavě vypočítat; je ovšem nutné dát pozor na skutečnost, že aplikace při výpočtech nebere v potaz průběžné ovlivňování dráhových elementů jednotlivých planetek, takže polohy planetek se mohou pro vzdálenější časové okamžiky lišit. Mezi další změny patří možnost uložit aktuální polohy vybraných planetek do textového souboru pro jejich následné zpracování v tabulkovém procesoru (obr. 5).

Formát:
 CSV (desetinná čárka) CSV (desetinná tečka) PNG

Speciální:

Kirkwoodovy mezery: rozlišení

Historický vývoj: rozlišení

Aktuální polohy planetek ve sluneční soustavě:

měřítko , pohled , ke dni , , ,

dráhy planet , dráha Tesla Roadster , analyzovat vzdálenosti (),

omezit oblast na x: od do , y: od do , z: od do

Uložit

(odhad velikosti souboru na 0,2 MB)

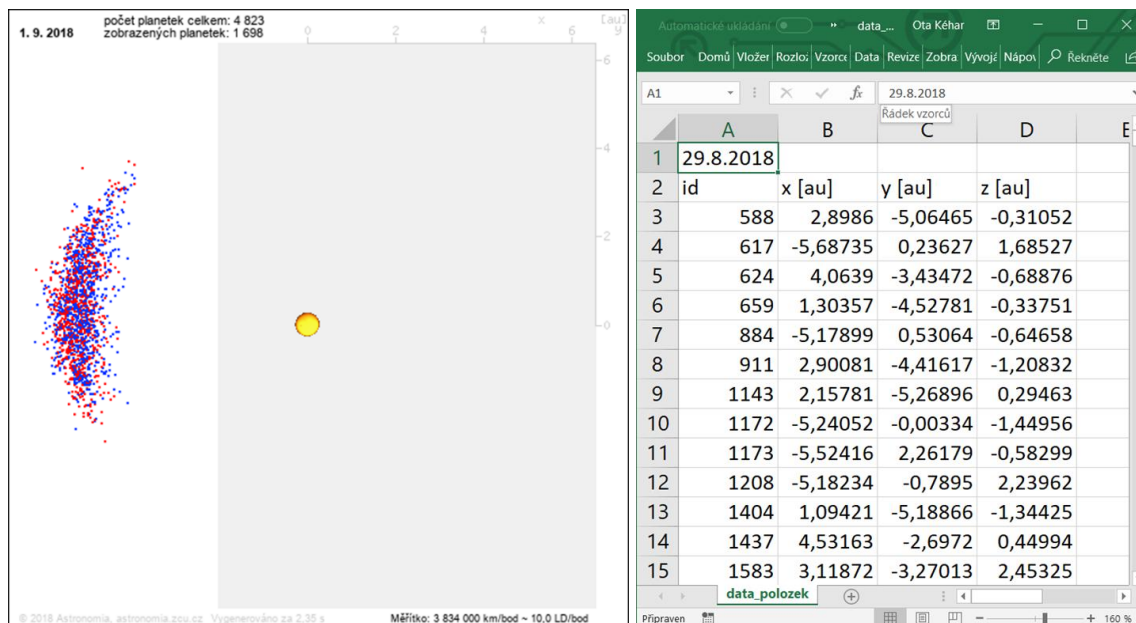
4 823

(počet nalezených planetek)

Obr. 4: Část Speciální pro Export dat u Analýzy parametrů planetek, vybrané jsou planetky patřící do skupiny Jupiterových Trojanů, aplikace se pokouší odhadnout velikost výsledného textového souboru (zde zhruba 0,2 MiB) astronomia.zcu.cz/planety/planetky/2381-analyza-parametru-planetek

Aby bylo možné uložit či dále zpracovávat pouze část vybraných planetek, umožňuje aplikace omezit zobrazenou oblast. Děje se tak nastavením souřadnic od – do u jednotlivých os ve třetím (spodním) řádku začínajícím slovy „omezit oblast“. Jaká část je nebo není uvažována, lze zobrazit přepnutím na formát výstupu PNG a kliknutím na „Zobrazit“, ukázka je na obr. 5 vlevo. Kromě zobrazení v rovině ekliptiky (pohled = shora), je možné použít i jiný pohled – z boku osy x, z boku osy y. Do výsledného textového souboru lze zahrnout i vy-

kreslení oběžných drah jednotlivých planet, případně oběžnou dráhu osobního automobilu Tesla Roadster vypuštěného do vesmíru v únoru 2018 raketou Falcon Heavy.



Obr. 5: **Vlevo:** Zobrazení poloh vybrané skupiny planetek ve sluneční soustavě včetně šedě zvýrazněné oblasti, která se nebude pro export uvažovat, tuto oblast je možné nastavit zvolením souřadnic (od – do) u jednotlivých os nástrojem dostupným na obr. 4 v řádce začínajícím textem „omezit oblast“; **vpravo:** Ukázka textového souboru otevřeného v tabulkovém procesoru se souřadnicemi poloh jednotlivých planetek; sloupec „ID“ obsahuje číselné označení planetky, v následujících třech sloupcích jsou souřadnice x, y, z v astronomických jednotkách (au)

První odhad vzdálenost (přes objem)

Vzájemnou vzdálenost vybrané skupiny planetek lze v prvním přiblížení odhadnout přes objem, který daná skupina planetek zaujímá, a počtu planetek ve skupině. Textový soubor získaný ze stránek Astronomie obsahuje prostorové souřadnice (x, y, z) planetek. Pomocí funkcí tabulkového procesoru (dále bude uvažován MS Excel) lze získat maximální (MAX) a minimální (MIN) hodnotu na jednotlivých osách x, y a z. Absolutní hodnota rozdílu minimální a maximální hodnoty $|min_{osa} - max_{osa}|$ pro každou osu odpovídá rozměrům (stranám) prostoru, ve kterém se planetky nacházejí. Tento prostor má tvar kvádra a jeho objem vypočítáme jako součin jeho stran. Jestliže budeme předpokládat (byť realita tomu neodpovídá, jak ukazuje obr. 6), že jsou planetky v tomto prostoru rozloženy rovnoměrně, můžeme při znalosti objemu celého prostoru a počtu planetek v něm obsaženém vypočítat objem krychle, která odpovídá prostoru, který připadá na jednu planetku. Odhad vzájemné vzdálenosti planetek nakonec vypočítáme jako stranu této krychle.

Pro skupinu planetek Jupiterových Trojanů, které následují planetu Jupiter, byla dne 2. 4. 2018 situace následující: Minimální hodnoty: na ose x = -6,1 au, na ose y = -1,8 au, na ose z = -2,8 au; Maximální hodnoty: na ose x = -3,1 au, na ose y = 4,5 au, na ose z = 3,4 au; Strany kvádra: a = 3,0 au, b = 6,3 au, c = 6,2 au; Objem kvádra: $V = abc = 120 \text{ au}^3$; Počet planetek: $n \sim 1700$; Objem prostoru okolo jedné planetky: $V_k = V / n = 120 / 1700 \text{ au}^3 = 0,07 \text{ au}^3$ (do tohoto objemu by se vešlo 166 tisíc Sluncí); Odhad vzdálenosti planetek (strana krychle): $V_k = d^3 \rightarrow d \sim 0,4 \text{ au}$ (střední vzdálenost Merkuru od Slunce). Výsledek jistě překvapí, mezi planetkami je obrovské množství prázdného prostoru. Samotná planetka může

mít průměr až 100 km. V porovnání se vzdáleností 0,4 au, což je téměř 60 miliónů kilometrů, se jedná o zanedbatelný rozměr.



Obr. 6: Rozložení vybrané skupiny planetek (Jupiterovy Trojané následující Jupiter) na jednotlivých osách x, y, z ukazuje, že planetky nejsou ve skupině rozloženy rovnoměrně

Soubor se vzdálenostmi planetek

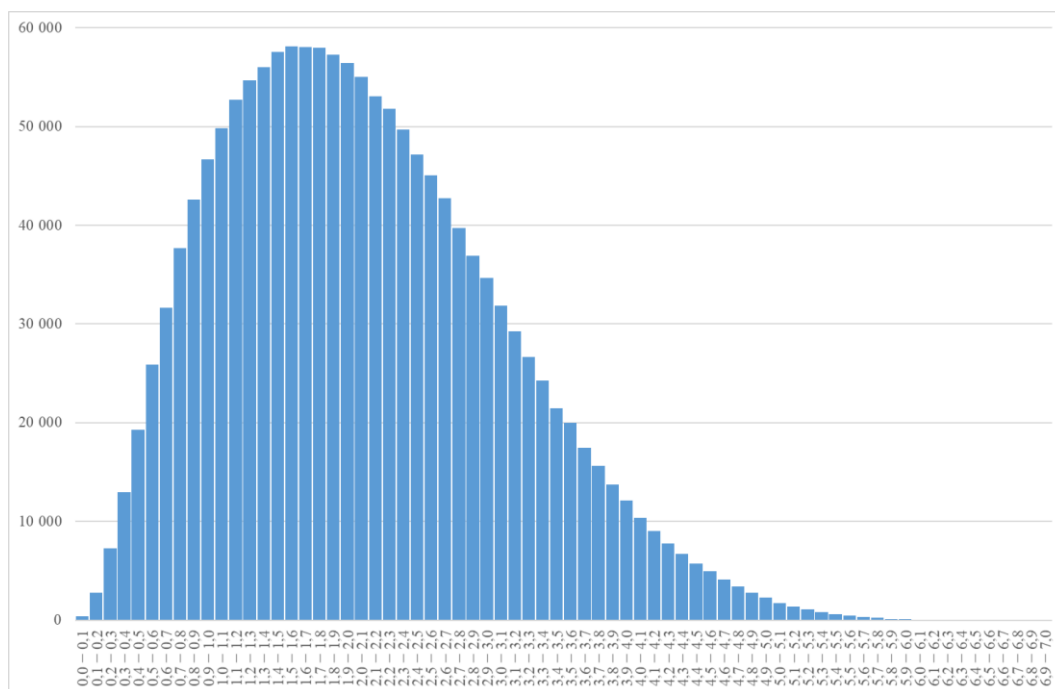
Export dat umožňuje i výpočet a uložení vzájemných vzdáleností vybrané, případně vhodně omezené (viz obr. 5 vlevo) skupiny planetek. K tomuto je určen přepínač ano/ne na obr. 4 v části „analyzovat vzdálenosti“. V závorce lze zvolit, jaké vzdálenosti požadujeme vypsát – vzájemné / nejmenší / 10 % nejbližších. Ukázka souboru obsahujícího vzájemné vzdálenosti planetek otevřeného v tabulkovém procesoru je na obr. 7. Soubor se vzájemnými vzdálenostmi může mít oproti souboru obsahujícím pouze souřadnice planetek mnohem větší velikost, několik desítek až stovek MiB, záleží na počtu planetek, protože množství hodnot (vzdáleností) roste s druhou mocninou počtu planetek. Aplikace se podle nastavení snaží velikost souboru odhadnout a uvést pod tlačítkem „Uložit“.

	A	B	C	D	E	W	X	Y	Z	AA
1701										
1702	vzájemné vzdálenosti planetek									
1703	d1 [au]	d2 [au]	d3 [au]	d4 [au]	d5 [au]	d23 [au]		id-id	id-id	id-id
1704	2,4867	3,7412	3,0212	1,2819	3,5746	2,9007		617-884	617-1172	617-1173
1705	2,6699	2,8798	4,5811	1,0504	1,3403	1,7773		617-4707	617-4708	617-4709
1706	4,2197	0,7993	2,6369	3,5353	2,5659	2,9939		617-5638	617-5648	617-5907
1707	4,4044	4,178	3,0406	4,8676	5,2795	2,1059		617-11887	617-12052	617-12126
1708	2,9591	1,7986	1,7062	1,9306	3,2509	5,4712		617-17418	617-17419	617-17420
1709	4,6756	2,4545	1,5441	2,1533	3,2268	4,3295		617-22180	617-22808	617-23463
1710	2,6358	3,5016	3,8642	2,2206	2,1882	2,383		617-25344	617-25347	617-25883
1711	2,1482	3,5809	1,3489	1,6384	1,7799	4,4385		617-30942	617-31037	617-31342
1712	4,9347	2,3873	0,9165	3,1199	1,9998	3,0987		617-32467	617-32471	617-32475
1713	2,3808	1,2552	0,604	3,2204	2,8548	4,8365		617-36624	617-36922	617-37519
1714	1,5874	5,2312	2,5024	3,1261	2,2228	2,2441		617-48764	617-48767	617-51339
1715	1,3607	1,5019	2,3698	2,6038	1,3812	3,4056		617-51984	617-51994	617-52273
1716	1,5354	1,3021	1,8292	0,7547	0,9036	1,6938		617-54652	617-54653	617-54655
1717	1,4723	1,6931	2,2343	2,81	3,0343	0,878		617-57644	617-57714	617-58008
1718	2,6304	1,4739	3,5896	3,9228	1,8295	1,9948		617-73641	617-73677	617-73795
1719	1,9539	3,6351	0,5909	1,7114	2,4751	4,2532		617-77902	617-77906	617-77914
1720	3,1608	1,8239	1,7076	2,1257	0,9433	2,7611		617-99311	617-99323	617-99327

Obr. 7: Část textového souboru se vzájemnými vzdálenostmi planetek; v prvních sloupcích (např. zde A až W) jsou jednotlivé vzdálenosti, v dalších sloupcích (např. zde Y a dále) jsou číselná označení planetek, kterým příslušná vzdálenost přísluší, např. planetky (617) Patroclus a (884) Priamus (údaj v buňce Y1704) jsou od sebe ve vybraný den vzdáleny 2,4867 au (údaj v buňce A1704)

Druhý „odhad“ vzdálenosti (statistické analýzy)

Vzájemné vzdálenosti vybrané skupiny planetek získané v textovém souboru je možné statisticky zpracovat. K tomu se hodí použití tabulkových procesorů, které obsahují vhodné funkce. Některé výstupy jsou ovšem k dispozici pouze v novějších verzích MS Excel, např. histogram se zde vyskytuje až od verze 2016. U histogramu ovšem pozor na data, která se nacházejí ve více sloupcích, toto MS Excel neumí zpracovat do jednoho histogramu. Pro starší verze či pro obejití technického omezení s histogramem je nutné použít kontingenční tabulku nebo použít funkci COUNTIFS s podmínkou od-do pro zjištění četnosti dat v závislosti na vzdálenosti.

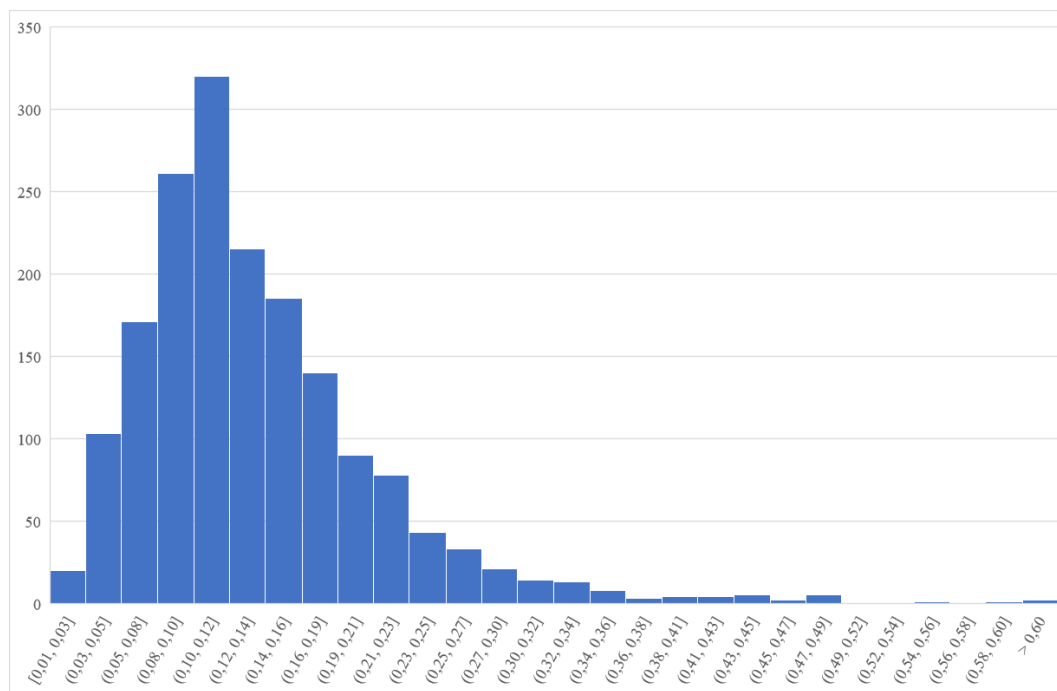


Obr. 8: Histogram vzájemných vzdáleností vybrané skupiny planetek (Jupiterovy Trojané následující Jupiter) pro 2. 4. 2018; vodorovná osa obsahuje vzdálenost v au, na svislé ose je vynesena četnost; celkem je pro 1 743 planetek k dispozici 1 518 153 vzdáleností

U každého souboru dat lze zkoumat řadu statistické vlastnosti. Pro určení typu rozdělení pravděpodobnosti spojitě náhodné veličiny zjistíme koeficient šikmosti, který popisuje nesymetrii rozdělení náhodné veličiny. V MS Excel použijeme funkci SKEW. Pro vzdálenosti z obr. 8 vyjde $SKEW = 0,55$. Můžeme tak vyloučit normální rozdělení, pro které by musel být koeficient šikmosti nulový. U log-normálního rozdělení je první podmínkou, aby byl koeficient šikmosti větší než nula. Toto je splněno, viz výše. Druhá podmínka říká, že náhodná veličina X má takovou vlastnost, že náhodná veličina $\ln X$ odpovídá normálnímu rozdělení, tzn. $SKEW(\ln X) = 0$. Pro data z obr. 8 vyjde $SKEW(\ln X) = -0,85$. Tím lze vyloučit i log-normální rozdělení. S největší pravděpodobností jde o Weibullovo rozdělení s parametrem tvaru $k = 2$ a parametrem měřítka $\lambda = 2$.

Kromě histogramu lze zjišťovat další základní statistické veličiny:

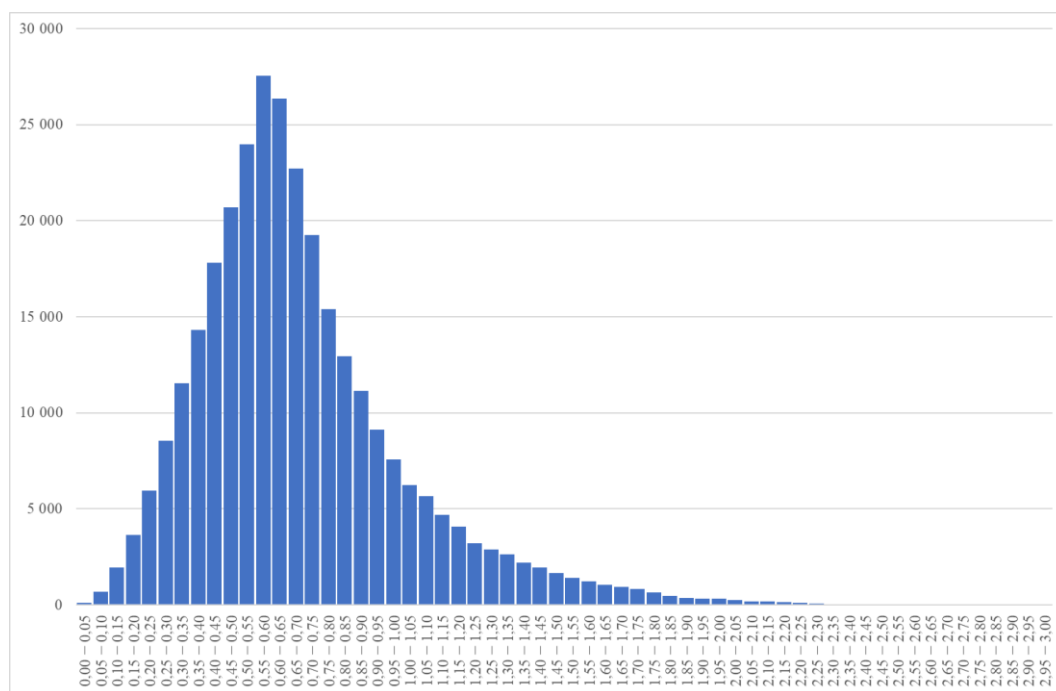
- **Minimální hodnota:** minimální hodnota z celého souboru dat, v MS Excel se použije funkce MIN(rozsah); $MIN = 0,01$ au (odpovídá vzdálenosti mezi planetkami s číselnými označeními 184985 a 187470);
- **Maximální hodnota:** maximální hodnota z celého souboru dat, v MS Excel se použije funkce MAX(rozsah); $MAX = 6,55$ au (mezi planetkami 133862 a 213180);
- **Aritmetický průměr:** součet všech hodnot dělený počtem hodnot, v MS Excel se použije funkce PRŮMĚR(rozsah); $\bar{x} = 2,07$ au;
- **Směrodatná odchylka:** odmocnina z rozptylu, což je proměnlivost rozdělení hodnot kolem střední hodnoty, vypočte se jako aritmetický průměr druhých mocnin odchylek jednotlivých hodnot od aritmetického průměru, v MS Excel se použije funkce SMODCH.P(rozsah); $\sigma = 1,01$ au.
- **Modus:** hodnota, která je v souboru dat nejčastěji zastoupena, v MS Excel se použije funkce MODE.SNGL(rozsah). Tato funkce platí pro verze 2013 a vyšší, ve starších se používala funkce MODE. S ohledem na velké množství dat, zejména u vzájemných vzdáleností všech planetek v souboru, může trvat nalezení nejčastější hodnoty delší dobu – několik minut, ale na méně výkonných počítačích i desítek minut. Dobu analýzy lze výrazně zkrátit, pokud by se hodnota vzdálenosti, která je standardně počítána na 4 desetinná místa, zaokrouhlila na 2 desetinná místa. Tím ovšem mohou získat nepatrně jinou hodnotu, ale přesnost na 2 desetinná místa je více než dostačující. $Mod(x \text{ na } 4 \text{ des. místa}) = 1,7222$ au (hodnota se v souboru objevuje 85krát), $Mod(x \text{ na } 2 \text{ des. místa}) = 1,53$ au (hodnota se v souboru objevuje 5920krát).
- **Medián:** hodnota, která se nachází v polovině vzestupně seřazeného souboru dat, v MS Excel se použije MEDIAN(rozsah). Pokud má soubor dat lichý počet hodnot, použije se hodnota uprostřed souboru dat. Pokud má soubor dat sudý počet hodnot, vypočítá se medián jako aritmetický průměr hodnot nacházejících se uprostřed souboru dat. $Med(x) = 1,95$ au.
- **Variační koeficient:** vyjadřuje míru kvality průměru, vypočítá se jako podíl směrodatné odchylky a aritmetického průměru – $v_x = \sigma / \bar{x}$. Na základě velmi hrubého pravidla prozrazuje variační koeficient s hodnotami vyššími než 50 % silnou nesourodost souboru dat, použití aritmetického průměru je pak na hranici oprávněnosti. $v_x = 49 \%$.



Obr. 9: Histogram minimálních vzdáleností vybrané skupiny planetek (Jupiterovy Trojané následující Jupiter) pro 2. 4. 2018; vodorovná osa obsahuje vzdálenost v au, na svislé ose je vynesena četnost; celkem je pro 1 743 planetek k dispozici 1 742 vzdáleností

Podobnou statistickou analýzu je možné provést pro nejmenší vzdálenosti vybrané skupiny planetek, stačí v aplikaci na Astronomia zvolit v části analyzovat vzdálenosti variantu „nejmenší“ (obr. 4). V tomto případě je výsledný soubor se vzdálenostmi podstatně menší, obsahuje pouze 1742 hodnot (o jednu méně, než je počet planetek ve skupině, protože se jedná o nejmenší vzájemné vzdálenosti).

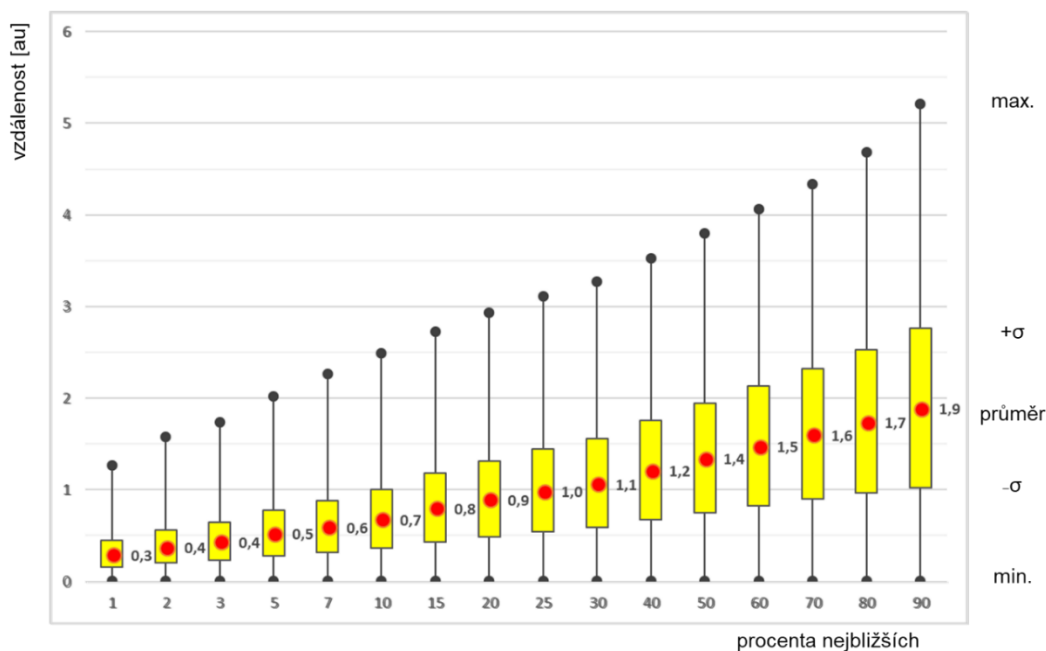
- Minimální hodnota: 0,01 au – mezi planetkami 184985 a 187470
- Maximální hodnota: 0,77 au – mezi planetkami (5144) Achates a 12126
- Aritmetický průměr: 0,14 au
- Směrodatná odchylka: 0,08 au
- Modus: 0,10 au
- Medián: 0,12 au
- Variační koeficient: 55 %



Obr. 10: Histogram 10 % nejbližších vzdáleností ve vybrané skupině planetek (Jupiterovy Trojané následující Jupiter) pro 2. 4. 2018; vodorovná osa obsahuje vzdálenost v au, na svislé ose je vynesena četnost; celkem je pro 1 743 planetek k dispozici 304 850 vzdáleností

Analyzovat je možné i určité procento nejbližších vzdáleností vybrané skupiny planetek. V aplikaci na Astronomia je nastavena možnost 10 % nejbližších vzdáleností. Výsledný soubor má zhruba 6 MiB a obsahuje 304 850 vzdáleností. Histogram těchto vzdáleností je k dispozici na obr. 10. Základní statistické hodnoty jsou:

- Minimální hodnota: 0,01 au – mezi planetkami 184985 a 187470
- Maximální hodnota: 2,38 au – mezi planetkami 418393 a 189214
- Aritmetický průměr: 0,69 au
- Směrodatná odchylka: 0,32 au
- Modus: 0,574 au – 549krát
- Medián: 0,63 au
- Variační koeficient: 46 %



Obr. 11: Vývoj statistických parametrů (minimální hodnota – černým puntíkem, maximální hodnota – černým puntíkem, aritmetický průměr – červeným puntíkem, směrodatná odchylka – znázorněna žlutým obdélníkem) pro různá procenta nejbližších vzdáleností ve vybrané skupině planetek (Jupiterovy Trojané následující Jupiter)

Závěr

Různými způsoby lze dospět ke konkrétním hodnotám vzdáleností, které jsou mezi planetkami nacházející se ve vybrané skupině, v tomto případě byla pro jeden okamžik analyzována skupina Jupiterových Trojanů následující planetu Jupiter. Následnými analýzami se ukazuje, že výsledky pro jiný den či skupinu Trojanů předcházející planetu Jupiter budou srovnatelné s těmi, co jsou uvedeny v tomto příspěvku.

Samotné výsledky ovšem přinášejí další otázky, na které se ještě nepodařilo najít uspokojivé odpovědi. Např. která hodnota je ta „správná“ – minimální vzdálenost, maximální vzdálenost, průměrná hodnota spolu se směrodatnými odchylkami (zde je ovšem nutné podotknout, že variační koeficient dosahuje hodnoty, která vypovídá o jisté nesourodosti statistických dat, a proto je použití aritmetického průměru diskutabilní záležitostí). Otázkou i je, zda vzít k analýze všechny vzájemné vzdálenosti nebo jen ty nejmenší. Případně jaké procento nejbližších vzdáleností bude ideální pro utvoření správných představ o vzájemných vzdálenostech planetek.

Ukazuje se, že naše představy mohou být zkresleny pohledem na obrázky, které nejsou (a ani nemohou být) ve správném měřítku. Toto je nutné žákům a studentům neustále připomínat, aby se v nich nevytvořily různé miskoncepce. Vzdálenosti mezi planetkami jsou obrovské (obr. 12).

Planetky jsou objekty o velikostech maximálně několik set kilometrů, nicméně mezi nimi jsou prostory prázdnoty, jejich vzdálenosti jsou srovnatelné se vzdáleností Venuše od Slunce (0,7 au ~ 100 miliónů kilometrů), případně Země na své oběžné dráze mezi místy, kdy je v přísluní a odsluní (2 au ~ 300 miliónů kilometrů).



Obr. 12: Vypovídající ilustrace o vzájemných vzdálenostech mezi planetkami

Jak píše Netrvalová ve své diplomové práci [3], toto téma lze využít nejenom pro statistické analýzy většího množství dat, ale i pro tvorbu příkladů na výpočet gravitační síly mezi vybraným planetkami.

Literatura

- [1] Astronomia [online]. Plzeň: Fakulta pedagogická Západočeské univerzity v Plzni [cit. 2018-09-01]. Dostupné z: astronomia.zcu.cz
- [2] KÉHAR, O. Katalogy astronomických objektů na webových stránkách Astronomia a jejich použití ve školách. Plzeň, 2014. Disertační práce. Fakulta pedagogická Západočeské univerzity v Plzni. Školitel RNDr. Miroslav Randa, Ph.D.
- [3] NETRVALOVÁ, M. Statistický rozbor vzdálenosti planetek dané skupiny a možnost jeho využití ve výuce. Plzeň, 2018. Diplomová práce. Fakulta pedagogická Západočeské univerzity v Plzni. Vedoucí práce PhDr. Ing. Ota Kéhar, Ph.D.

Sturmova fontána

JIŘÍ KOHOUT

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

Sturmova fontána je starobylá pomůcka sloužící k demonstraci atmosférického tlaku. Je tvořena nádobou s otvory, do níž je nalita voda. Po otevření otvorů začne voda vytékat, v důsledku poklesu tlaku vzduchu v uzavřené nádobě však výtok po chvíli přestane. Do nádoby vede na obou koncích otevřená trubička, jejíž dolní konec je umístěn několik milimetrů nad dnem misky s otvorem, do které voda z nádoby teče. Poté, co hladina vody v misce poklesne tak, že se uvolní dolní konec trubičky, dostane se do nádoby vzduch a výtok se obnoví. Tím se však po chvíli opět tento konec zaplaví v důsledku stoupající hladiny v misce, v nádobě klesne tlak a výtok se opět zastaví. Proces se cyklicky opakuje. Zařízení je možné vyrobit ve škole a zkoumat vliv různých parametrů na periodu výtoků.

Úvod – fontány ve školské fyzice

Ve sbornících z předchozích veletrhů učitelů fyziky lze nalézt hned několik příspěvků [1-3] týkajících se fontán a jejich využití ve výuce či v zájmové činnosti žáků. Popisované pokusy jsou rovněž celkem klasickou součástí praktik školních pokusů na fakultách připravujících učitele fyziky a jejich popis a videozáznamy z realizace lze nalézt i na serverech jako je youtube.com apod. Poněkud matoucí může být pojmenování jednotlivých typů fontán, kdy se pro principiálně stejný experiment realizovaný typicky se dvěma lahvemi a nálevkou užívá někdy název Heronova fontána [2,3], někdy naopak Pascalova kouzelná fontána [1]. V [1] je pak pod pojmem Heronova sluneční fontána uveden jednoduchý pokus pouze s jednou lahví, v níž je zvýšen tlak vzduchu v důsledku intenzivního záření. Název Pascalova fontána lze najít (pro to, co je běžně označováno jako Heronova fontána) příležitostně ještě v němčině, v angličtině a francouzštině je pod tímto názvem někdy označován klasický pokus na demonstraci Pascalova zákona (tzv. ježek).

Bez ohledu na pojmenování však zůstává faktem, že v oblasti fontán se klasicky realizují dva výše popsané typy experimentů. Již od 17. století je však známá ještě další, v určitém ohledu ještě zajímavější, fontána nesoucí název **Sturmova** podle svého tvůrce, německého matematika a astronoma Johanna Christoha Sturma (1635-1703). Vzhledem k tomu, že pracuje cyklicky, se pro ni užívá rovněž název přerušovaná (anglicky *intermittent*). Ačkoliv jde o velmi starý experiment, v běžně dostupných českých ani zahraničních zdrojích se toho o něm dozvíme velice málo. Osobně jsem se ke Sturmově fontáně dostal v zásadě náhodou, když jsem v jednom kanadském muzeu v Montréálu získal ze známosti knihu *The art of teaching physics* [4] zabývající se starými fyzikálními pomůckami shromážděnými v 18. století francouzským popularizátorem vědy Jean Antoinem Nollem, jež se po jeho smrti soustředily ve fyzikálním kabinetu v Dijonu. Část těchto pomůcek se klikatými cestami osudu dostala právě do onoho montrealského muzea, některé další (včetně právě Sturmovy fontány) skončily například v muzeu v Ženevě. Nolletova sbírka pomůcek je natolik unikátní, že zaslouží bližší komentář.

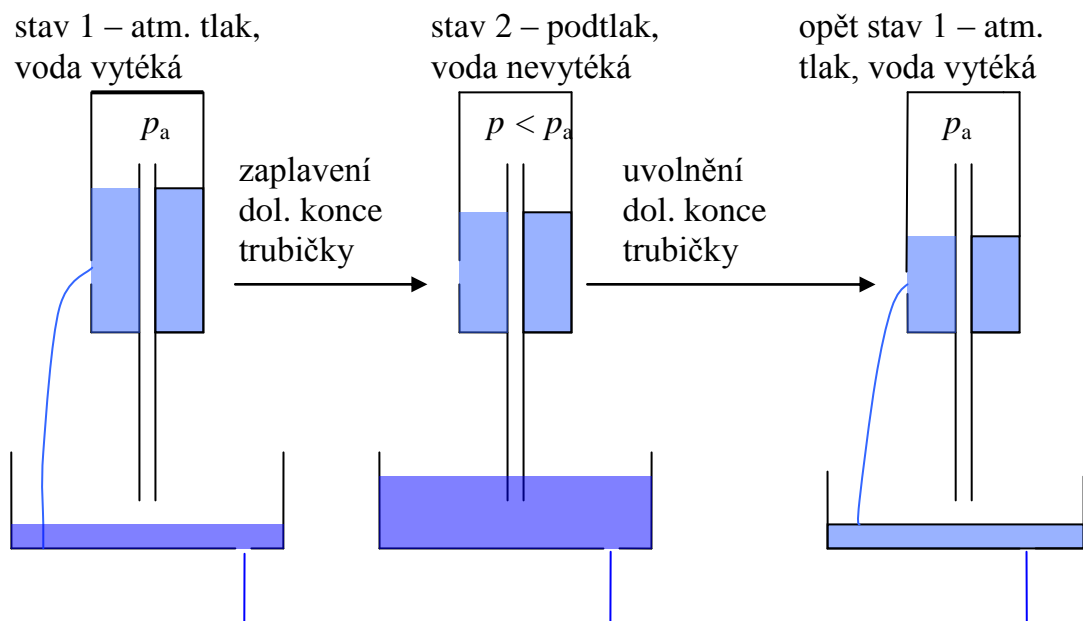
Jean Antoine Nollet a jeho přínos k popularizaci fyziky

J. A. Nollet se narodil v roce 1700 do chudé rodiny. I přesto díky pomoci místního kněze mohl vystudovat. Pozornost na sebe upoutal globusem, který daroval hraběti z Clermontu, jenž mu následně umožnil dostat se do tehdejších vědeckých kruhů. Postupem času se etabloval hlavně v oblasti elektřiny, kde platil za předního francouzského odborníka. Hodně experimentoval s kondenzátory a realizoval na dvoře ve Versailles např. pokus, kdy se 180 příslušníků gardy držících se za ruce začalo komicky svíjet po připojení lidského řetězu k Leydenské láhvi. Velký úspěch měly vedle popularizačních představení i jeho přednášky z fyziky, v nichž využíval více než 300 zpravidla vlastnoručně vyrobených pomůcek. Nollet se stal v roce 1753 profesorem fyziky na univerzitě v Paříži a v roce 1762 direktorem francouzské akademie věd. Zemřel v roce 1770.

Mnohé z pomůcek využívaných Nolletem se dodnes objevují ve školské fyzice. Namátkou jde například o známý pokus s dvojkuželem valícím se zdánlivě vzhůru po nakloněné rovině, již zmiňovanou Heronovu fontánu, Archimedův šroub či *cameru obscuru*. Nollet stál rovněž u zrodu dnes hojně užívané techniky elektrostatického sprejování, vynalezl elektroskop a uvádí se, že objevil hromosvodu dříve než Diviš a Franklin, ale z náboženských důvodů toto zařízení principálně odmítal a i po jeho popsání Franklinem jej označil jako přeštepku vůči Bohu. Součástí jeho sbírek byla i již uvedená Sturmova fontána, jejíž princip popíšeme v další podkapitole.

Princip Sturmovy fontány

Součástí výuky fyziky na základní škole je klasicky pokus s PET lahví opatřenou víčkem, z níž otvorem v plášti vytéká voda. Po chvíli se výtok utlumí v důsledku vzniku podtlaku vzduchu v lahvi a vyrovnání atmosférického tlaku vně se součtem tlaku vzduchu v lahvi a hydrostatického tlaku vodního sloupce. Sturmova fontána, jejíž schéma činnosti je na obrázku 1, tento jednoduchý pokus rozvíjí tím, že voda z otvoru vytéká do misky, v níž je vytvořen malý otvor. Klíčová pro funkci zařízení je však trubička, jejíž dolní konec je nad dnem misky a horní konec nad hladinou vody v uzavřené nádobě. Tato trubička je při dobrém utěsnění jediným přívodem vzduchu do nádoby. Při vhodně zvolené velikosti otvorů v nádobě a misce bude hladina vody v misce stoupat a po chvíli dojde k zaplavení dolního konce trubičky. V té chvíli však začne vznikat v nádobě podtlak a výtok se po chvíli zastaví. Následně však klesne hladina vody v misce natolik, že se uvolní dolní konec trubičky, do nádoby se nasaje vzduch a výtok se obnoví. Proces se cyklicky opakuje tak dlouho, dokud se daří zaplavovat dolní konec trubičky.



Obr 1. schéma činnosti Sturmovy fontány

Není překvapivé, že hlavním faktorem ovlivňujícím periodu cyklu a dobu výtoku v rámci cyklu je velikost otvoru v nádobě ve vztahu k otvoru v misce. Velké otvory by přitom měly odpovídat malé periodě. Intuitivně se dá rovněž čekat, že velký otvor v nádobě a malý otvor v misce povedou k tomu, že voda bude téci pouze krátkou dobu a poté se bude dlouho čekat na to, než se uvolní dolní konec trubičky a výtok se obnoví. Uvedené úvahy byly v principu experimentálně potvrzeny v práci [5], kde byly zaznamenány periody v poměrně širokém rozpětí 35 až cca 80 s.

Výroba Sturmovy fontány a její využití ve škole

Fontánu lze vyrobit pomocí PET lahve, do níž vytvoříme otvor požadované velikosti ideálně ostrým hrotem, na něž se umísťují magnetky, případně nažhaveným hřebíkem. Jako podstavnu misku lze užít obyčejnou plastovou jídelní misku, do níž uděláme ve dně odpovídající otvor. Využít lze rovněž podstavec pro Segnerovo kolo, které se občas ve školních sbírkách nachází. Části misky s otvorem dáme na hranu stolu a pod něj umístíme nádobu, do níž bude odtékat voda z misky. Jednoznačnější nejspolehlivější je správné provedení trubičky či hadičky (optimální je asi skleněná trubička) skrz zátku PET láhve tak, aby nevznikla netěsnost. Vhodnou možností je použít gumovou nebo korkovou zátku, která dobře pasuje do hrdla PET láhve, a následně v ní vyvrtat díru požadovaného průřezu korkovrtem nebo pomocí soustruhu. Touto dírou pak lze protáhnout odpovídající trubičku. Ideální je mít k dispozici rovnou gumové zátky s otvorem dané velikosti. Ty lze při troše štěstí pořídit v prodejně laboratorní techniky za celkem symbolickou cenu (10 Kč, společně s trubičkou pak za 20 Kč). Samozřejmě je zde stále určité riziko netěsností, některé tipy, jak se dá u konstrukci tohoto typu uvedené riziko omezit, lze nalézt v práci [2].

Je třeba si dát pozor na to, že pro trubičky malého vnitřního průměru (méně než 8 mm) nebude fontána dobře fungovat, protože v hrdle trubičky ulpí po jeho zaplavení a následném uvolnění určité množství vody, která brání průchodu vzduchu skrz trubičku PET láhve a obnovení výtoku vody. Proto je lepší použít trubičky většího průměru, u nichž je ale zase ob-

tížnější provedení odpovídajícím otvorem v gumové zátce v hrdle lahve. Možné řešení je užít lahve s větším průměrem hrdla (např. od mléka apod.).

Pokud již popsaná situace s trubičkou malého vnitřního průřezu nastane, je možné ošetřit vnitřní část hrdla trubičky hydrofobní impregnací na sklo, kterou lze snadno pořídit na internet (jedná se však již o částky v řádu stokorun). Rozumné je rovněž na skleněnou trubičku nasadit kousek gumové s větším vnitřním průměrem, u níž již uvedený problém s ulpěním vody nenastane. S pružnou gumovou trubičkou na konci se navíc v případě potřeby snáze manipuluje.

Sturmovu fontánu lze ve škole využít různým způsobem. Při nedostatku času je možné pustit video ukazující funkci fontány dostupné např. na <https://www.youtube.com/watch?v=uK6mHjnRAA> a následně diskutovat se žáky fyzikální mechanismus. V této souvislosti se je možné ptát, zda uvedené zařízení nefunguje jako perpetuum mobile. Žáci si totiž ne vždy uvědomí, že bez otvoru v misce, jímž odtéká voda pryč, by zařízení nikdy nemohlo pracovat, a že v důsledku úbytku vody v soustavě fontána po chvíli přestane fungovat. Samozřejmě ideální je při dostatku času si fontánu rovnou vyrobit a podrobněji prozkoumat její funkci. Jak již bylo řečeno, časově náročnější je provedení trubičky skrz hrdlo PET láhve, je zde však možné využít provázanost s prací v dílnách v rámci technické výchovy. Alternativně lze žákům již dát připravenou soustavu zátka s otvorem – trubička a nechat je udělat zbytek. Po vyrobení fontány lze testovat vliv velikosti otvorů na periodu cyklu a rovněž na to, jakou část cyklu voda teče. V rámci toho je možné realizovat i laboratorní práci. Celkově Sturmova fontána nabízí rozšíření stávajících možností experimentování při výuce příslušného tematického celku a je vhodnou ukázkou toho, jak starobylá fyzikální pomůcka může najít uplatnění i v současné školské fyzice.

Literatura

- [1] Novobilská V: *Mechanické vlastnosti kapalin a plynů demonstrováné pomocí improvizovaných prostředků – plastových lahví*. In: Sborník z konference Veletrh nápadů učitelů fyziky 1. Západočeská univerzita Plzeň 1996. s. 5-9.
- [2] Dvořák L: *Pár věcí z tábora 6*. In: Sborník z konference Veletrh nápadů učitelů fyziky 8. Ed.: Šerý M. Jihočeská univerzita České Budějovice 2003. s. 58-63.
- [3] Černá M: *Jednoduché pokusy*. In: Sborník z konference Veletrh nápadů učitelů fyziky 11. Ed.: Holubová R. Univerzita Palackého Olomouc 2006. s. 83-86.
- [4] Pyenson L a Gauvin J. F. *The Art of Teaching Physics*. Septentrion Sillery, Quebec 2002.
- [5] Maroto Centeno J.A., Quesada-Peréz, M., Bueno González-Tejero J.E. Use of copies of old scientific instruments for physics teaching. In: Ed.: I. V. Eriksson: *Science Education in the 21st century*. Nova Science Publishers New York 2008. s. 279-290.

Fyzika teplokrevnosti

KAREL KOLÁŘ

Matematicko-fyzikální fakulta, Univerzita Karlova

Příspěvek přináší základní pohled na zajímavé mezioborové téma, které může být motivací ke studiu fyzikálních jevů i pro ty, kteří jsou zaujati více například biologií, chemií či medicínou. Vysvětluje, co se pod, lidovějším, pojmem teplokrevnost skrývá a na jedné základní úloze, kterou je možné dále rozvíjet, ukazuje souvislost rozměrů živočicha a jeho tepelných ztrát.

Motivace

Motivací, proč se teplokrevností zabývat v hodinách fyziky, je právě motivace žáků. Je zajímavé zpestřit hodiny fyziky něčím, co má v očích studentů nějaké přímé důsledky na život kolem nich. Takové téma má pak šanci prorazit i u těch, kteří nejsou do fyziky úplně nadšení.

Navíc samotné téma je zajímavé a dodnes nejsou vyřešené všechny souvislosti toho, jak vývojem došlo k vzniku teplokrevnosti.

Co je teplokrevnost?

Teplokrevnost je nepřesný pojem, který je ovšem obecně používán, a i proto byl vybrán pro název příspěvku. Samotné slovo teplokrevnost nabádá k myšlení na zvyšování teploty, ale může jít i o její snižování. Nejde dokonce pouze o jeden pojem, ale spíše o tři různé. Pojmy a článek vychází z [1] a dalších zdrojů uvedených v literatuře – texty [2] a [3], videa [4] a [5]. Pojetí a přesné vysvětlení jednotlivých pojmů může být mírně odlišné od jiných zdrojů.

Přesnější označení než teplokrevnost, je teplotní homeostáze či ještě přesněji teplotní homeodynamika, tedy stav, kdy v živočichovi probíhají dynamické děje spojené s metabolismem tak vyváženě, aby se jeho teplota udržovala na relativně stálé hodnotě. Bližší rozlišení pak je

- Endotermie – Živočich má schopnost zvýšit teplotu rychlostí metabolismu či svalovým třesením. Opakem je ektotermie.
- Homeotermie – je schopnost udržet si stálou vnitřní teplotu odlišnou od okolí, což může znamenat i ochlazování. Opakem je poikilotermie, kdy teplota živočicha závisí zejména na vnější teplotě.
- Tachymetabolismus – je vysoká úroveň klidového metabolismu. Opakem je bradymetabolismus.

V dalším textu budeme opět pracovat s pojmem teplokrevnosti, ale již budeme mít na paměti, že nejde o optimální označení a že jde o živočichy, kteří mají všechny tyto tři charakteristiky.

(ne)Výhody teplokrevnosti

Teplokrevnost má velký vliv na celý „životní styl“ daného živočicha. Jde například o následující záležitosti:

- Stálá teplota vede k stabilitě a snadnější regulaci rychlosti metabolismu – chemických reakcí probíhajících v živočichovi. Je známá poučka, že s rostoucí teplotou se rychlost reakcí rapidně zvyšuje. Některé reakce pak při některých teplotách nemohou nastávat vůbec.
- Možnost ochladit své tělo je důležitá kvůli tomu, že se bílkoviny při vyšších teplotách rozkládají.
- Vyšší teplota má pravděpodobně pozitivní vliv na prevenci proti houbovým parazitům.
- Nevýhodou je, že většina teplokrevných nedokáže významně snížit svůj metabolismus a musí přijímat potravu v relativně krátkých časových intervalech.
- Výhodou je, že teplokrevní dokážou rychleji zvýšit svůj výkon – což se hodí jak při útěku před nebezpečím, tak při útocích na kořist, tak pro rozmnožování. Studenokrevní pak musí využívat vnější zdroje tepla – například můžete pozorovat
- Můžou být sledováni díky teplu, které vydávají – tedy například lidmi termokamerou. Například někteří hadi dokáží vycítit pomocí termoreceptorů i nízké změny teplot v okolí a tím přítomnost např. potenciální kořisti.

Úloha na odhad tepelných ztrát v závislosti na velikosti živočicha

Zadání: Jak rychle klesne teplota živočicha o 1 K v závislosti na jeho rozměru?

Východiska

Aby byla úloha dostatečně jednoduchá, zavedeme si mnoho předpokladů. Nejdůležitější z nich jsou

- Předpokládáme tepelné ztráty pouze zářením a žádné vedením či prouděním. Živočicha považujeme za dokonale černé těleso. Staphanovu-Boltmannovu konstantu značíme standardně σ .
- Abychom nemuseli nic integrovat, budeme chtít živočicha ochladit o $\Delta t = 1^\circ \text{C}$ tak, že budeme počítat s tím, že v průběhu té doby je teplota živočicha konstantní, a to $t_{in} = 36^\circ \text{C}$. Dále předpokládáme konstantní teplotu okolí $t_{out} = 5^\circ \text{C}$.
- Živočich je dokonalá plná koule vody (hustota $\rho = 1,0 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, měrná tepelná kapacita $c = 4,2 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$) s poloměrem r .

Samotné řešení

Povrch koule je $S = 4\pi r^2$ a její objem $V = 4\pi r^3/3$. Hmotnost je pak $m = \rho V = 4\pi\rho r^3/3$.

Tepelný výkon, který bude vyzařovat živočich ve formě koule s povrchem S , bude $P_e = M_e S$, kde M_e je intenzita daná jako $M_e = \sigma T_{in}^4$. Celkově jde tedy o $P_e = 4\pi\sigma r^2 T_{in}^4$. Současně bude přijímat tepelné záření od okolí o výkonu $P_a = 4\pi\sigma r^2 T_{out}^4$. Efektivně bude ztrácet teplo výkonem $P = P_e - P_a = 4\pi\sigma r^2 (T_{in}^4 - T_{out}^4)$.

Teplo, které musíme odejmout kouli, aby se ochladila o Δt je $Q = mc\Delta t = 4\pi\rho r^3 c\Delta t/3$.

Vztah mezi výkonem a časem je $t = Q/P$.

Celkově dostáváme vztah pro čas

$$t = \frac{c\rho\Delta t}{3\sigma(T_{in}^4 - T_{out}^4)} r.$$

Vidíme tedy, že čím větší je živočich, tím větší tepelná ztráty sice bude mít. Současně ale jak se zvětší jeho objem, tak bude efektivně trvat větší dobu, než ochladne. Když se na vztah podíváme, tak v našem přiblížení závisí pouze na konstantách daných situací a na poloměru živočicha pak závisí lineárně.

Pokud zkusíme dosadit nějaké typické hodnoty pro poloměr,

- pro $r = 10 \mu\text{m}$ dostáváme řádově $t = 0,1 \text{ s}$. Tedy vidíme, že u malých bakterií by docházelo k velmi rychlému ochlazení.
- pro $r = 1 \text{ cm}$ dostáváme řádově $t = 100 \text{ s}$.
- pro $r = 1 \text{ m}$ dostáváme řádově $t = 10^5 \text{ s}$.

Často se také říká, že člověk má typický tepelný výkon (bazální metabolismus) v řádu $P_{hu} = 100 \text{ W}$ (obvykle o něco méně, ale závisí na aktuální situaci, jeho rozměrech atd. Jakému poloměru koule by tento výkon odpovídal? Šlo by zhruba o $r_{hu} = 0,2 \text{ m}$, což by odpovídalo hmotnosti $m = 40 \text{ kg}$, což není sice zcela přesné, ale alespoň řádově máme odpovídající výsledek.

Zajímavé souvislosti s výsledkem je to, že i v životě člověka jednou musí dojít k rychlé změně rychlosti metabolismu, a to v průběhu hodin až desítek hodin po porodu. Novorozenec musí relativně rychle významně zrychlit svůj metabolismus, protože již není součástí těla matky a musí si „generovat“ teplo dostatečně rychle, aby se nepodchlادil.

Možná vylepšení/rozšíření

Určitě můžeme rozvádět úlohu dál. Zaujatý žák by takové téma mohl zcela jistě využít i např. ve školním projektu či středoškolské odborné činnosti. Jmenujme tedy další možnosti

- Můžeme uvážit různé další teploty a to, že jde o kontinuální tepelný tok.
- Ve skutečnosti se zapojí do tepelného toku i ztráty tepla vedením a prouděním (tedy náš odhad potřebného výkonu na danou velikost, byl podhodnocený). Minimálně ty vedením je opět možné odhadovat. Jako důležité se také ukazují tepelné ztráty dýcháním, zejména v suchém chladném vzduchu.
- Živočich není homogenní koule vody, ale složitější systém, kde hraje roli tepelný tok zevnitř těla směrem ven a blízko jeho povrchu jsou obvykle ochranné vrstvy (kůže, srst), co brání ztrátě tepla. Dále vzduchu v blízkosti kůže může působit jako izolant vůči dalším tepelným ztrátám, pokud se živočich nehýbe. Tedy náš odhad ztrát byl z tohoto pohledu nadhodnocený. Zrovna teplota 5°C je pro člověka docela nízká a většina lidí by se oblékla, aby svoje tepelné ztráty snížila.
- Žádný organismus není dokonale černý. Proto by měly být reálné ztráty zářením nižší.
- Kulový tvar je ten s nejmenším možným povrchem pro těleso s daným objemem. Tedy reálný tvar živočicha by měl vést k vyšším ztrátám z důvodu většího povrchu.
- Člověk není tvořen pouze z vody, ale i z dalších chemických látek.

Podotkněme, že je zajímavé, že přes velké množství zanedbání, nám shodou okolností vyšla řádově očekávaná reálná hodnota. Měli jsme tedy trochu štěstí s tím, že se jednotlivé faktory částečně vyrušily.

Nějaké další zajímavosti na závěr

- Dá se zhruba říci, že teplokrevní jsou savci a ptáci, kdežto studenokrevní jsou bezobratlí, ryby, plazi a obojživelníci, ale s různými výjimkami. Někteří dinosauři nejspíše byli mezotermové (dokázali částečně regulovat svou teplotu).
- Teplokrevnost byla pravděpodobně velice důležitá pro rozvoj tak komplikované centrální nervové soustavy a rozvoj mozku jako má člověk.
- Některé ryby (mečouni, tuňáci) a paryby (někteří žraloci) jsou částečně teplokrevné – mají lepší tepelnou izolaci a udržují si mozek a některé svaly na vyšší teplotě, než je teplota okolní vody.
- Podobně jako plazi na souši, některé ryby vyhledávají teplejší vodu, aby si upravily rychlost metabolismu.
- Teplokrevnost se pravděpodobně vyvinula vícekrát – napovídá tomu to, že je přítomná jak u ptáků, tak savců.
- Savci jsou sice teplokrevní, ale zimní spánek některých medvědů je příklad toho, že někteří dokážou výrazně snížit svůj klidový metabolismus a nejsou tedy čistí tachy-metabolisté.
- Bělozubka nejmenší (rejsek) má tak rychlý metabolismus, že během jednoho dne musí sníst zhruba 1,5 až 2násobek toho, kolik sama váží.
- Můžete dát žákům za úkol, aby sledovali rychlost pohybu mravenců v závislosti na jejich teplotě. Ale zase aby je nepálili lupou...

Literatura

- [1] *Wikipedia: The Free Encyclopedia: Warm-blooded* [online]. c2018 [citováno 12. 9. 2018]. Dostupné z WWW: <<https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Warm-blooded&oldid=858073226>>
- [2] *Wikipedie: Otevřená encyklopedie: Teplokrevnost* [online]. c2015 [citováno 12. 9. 2018]. Dostupné z WWW: <<https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Teplokrevnost&oldid=12347382>>
- [3] *Science World: O vzniku teplokrevnosti*. [online] c2004 [citováno 12. 9. 2018] Dostupné z WWW: <<https://www.scienceworld.cz/neziva-priroda/o-vzniku-tepokrevnosti-2621/>>
- [4] *YouTube: Warm-Blooded vs. Cold-Blooded: What's The Difference?*. [video, online] c2015 [citováno 12. 9. 2018] Dostupné z WWW: <<https://www.youtube.com/watch?v=LH1p1XOqfsg>>
- [5] *YouTube: How Cold-Blooded Sharks achieved Warm-Bloodedness* [video, online] c2018 [citováno 12. 9. 2018] Dostupné z WWW: <<https://www.youtube.com/watch?v=aHKcxyCbWu8>>

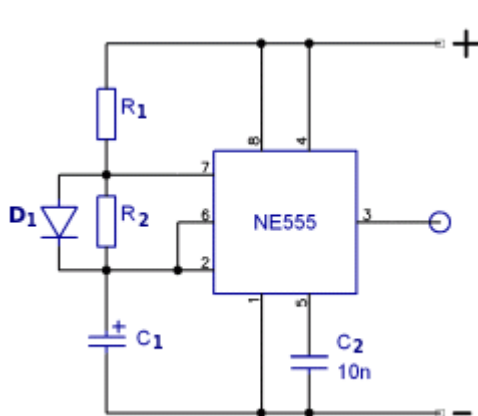
Stroboskop pro školní experimenty

PAVEL KRATOCHVÍL
ZČU, Pedagogická fakulta

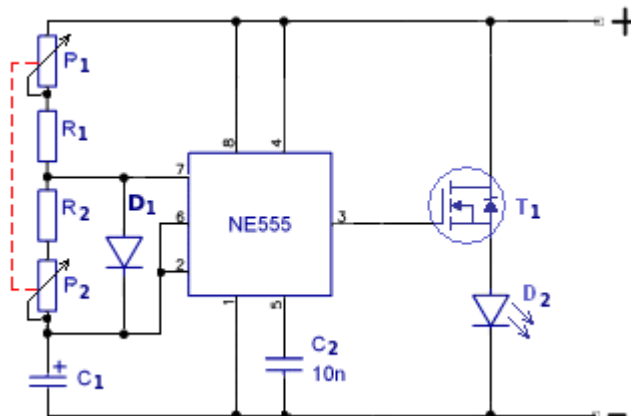
Demonstrace stroboskopického jevu může být zajímavým zpestřením výuky fyziky. Bohužel se jedná o okrajové téma, takže se školám nevyplatí investovat do drahého zařízení. Tento příspěvek popisuje zapojení jednoduchého obvodu, který může v mnoha směrech nahradit drahé komerčně prodávané přístroje. Sestavit ho může i zdatný student na elektronickém nebo fyzikálním kroužku.

Jako základní součástka se nabízí časovací integrovaný obvod NE555. V astabilním zapojení podle obr. 1 generuje obdélníkové impulzy s prakticky libovolně nastavitelnou dobou trvání nízké i vysoké úrovně výstupního napětí. Doba vysoké úrovně výstupu je dána vztahem: $T_1 = 0,7 \cdot R_1 \cdot C_1$, doba nízké úrovně: $T_2 = 0,7 \cdot R_2 \cdot C_1$, frekvence výsledného signálu: $f = 1 / (T_1 + T_2)$.

Nejprve je třeba zvolit vhodný poměr doby světelného impulzu vůči době tmy. Jako vhodný kompromis jsem zvolil poměr 1:20. Kratší doba záblesku má za následek snížení celkového osvětlení, delší doba sice zvýší osvětlení experimentu, má však za následek menší ostrost pozorovaného děje. V tomto poměru musí být zvoleny odpory rezistorů $R_1 : R_2$. Pro regulaci výstupní frekvence ke zmíněným rezistorům přidáme dvojitý (stereo) potenciometr s poměrem odporů jeho dvou částí také 1:20. Pro spínání výkonných LED pásek použijeme na výstupu spínací tranzistor (obr. 2).

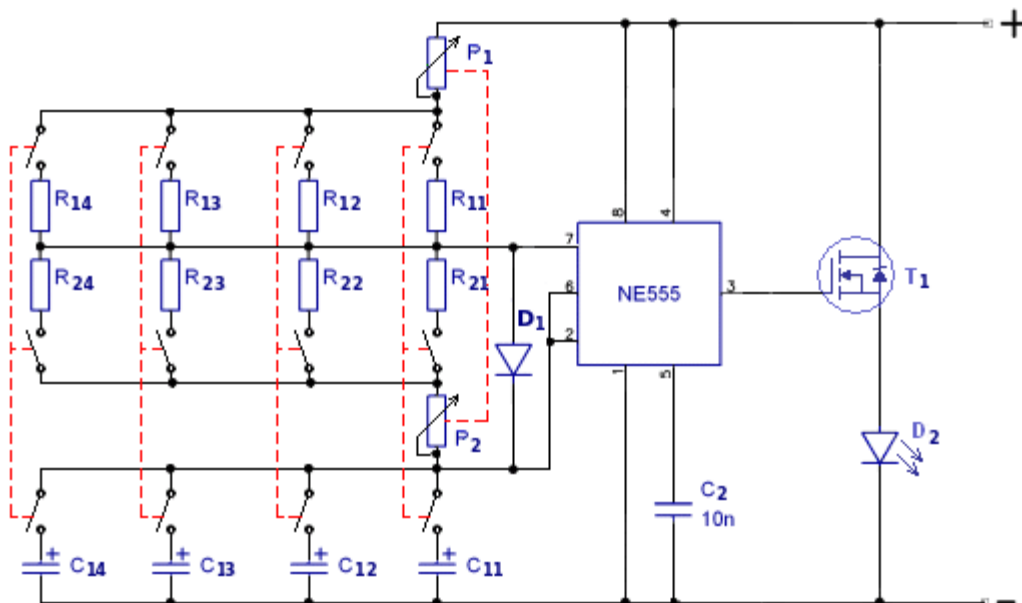


Obr. 1 Astabilní zapojení obvodu NE555



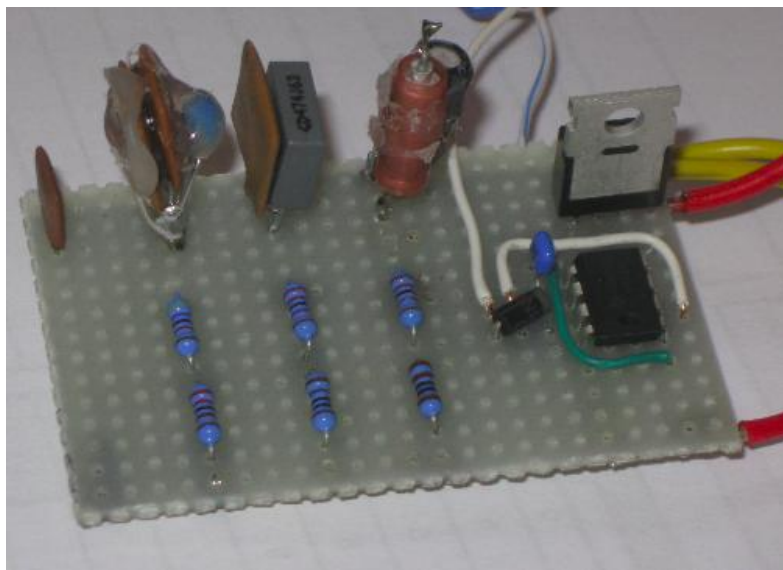
Obr. 2 Astabilní obvod s regulací frekvence a výkonovým výstupem

V případě, že budeme chtít sestavit stroboskop s více rozsahy, přidáme pro každý další rozsah další skupinu součástek R_1 , R_2 , C_1 připojovanou do obvodu třípólovým vypínačem (obr. 3).



Obr. 3 Schéma zapojení s více rozsahy

Obvod je poměrně jednoduchý, k jeho realizaci lze bez problémů použít univerzální pájecí pole. Výsledek pak může vypadat jako na obr. 4, kde pro lepší přehlednost ještě nejsou vyvedeny vodiče vedoucí k vypínačům. Na obr. 5 je znázorněno číslování vývodů integrovaného obvodu NE555.

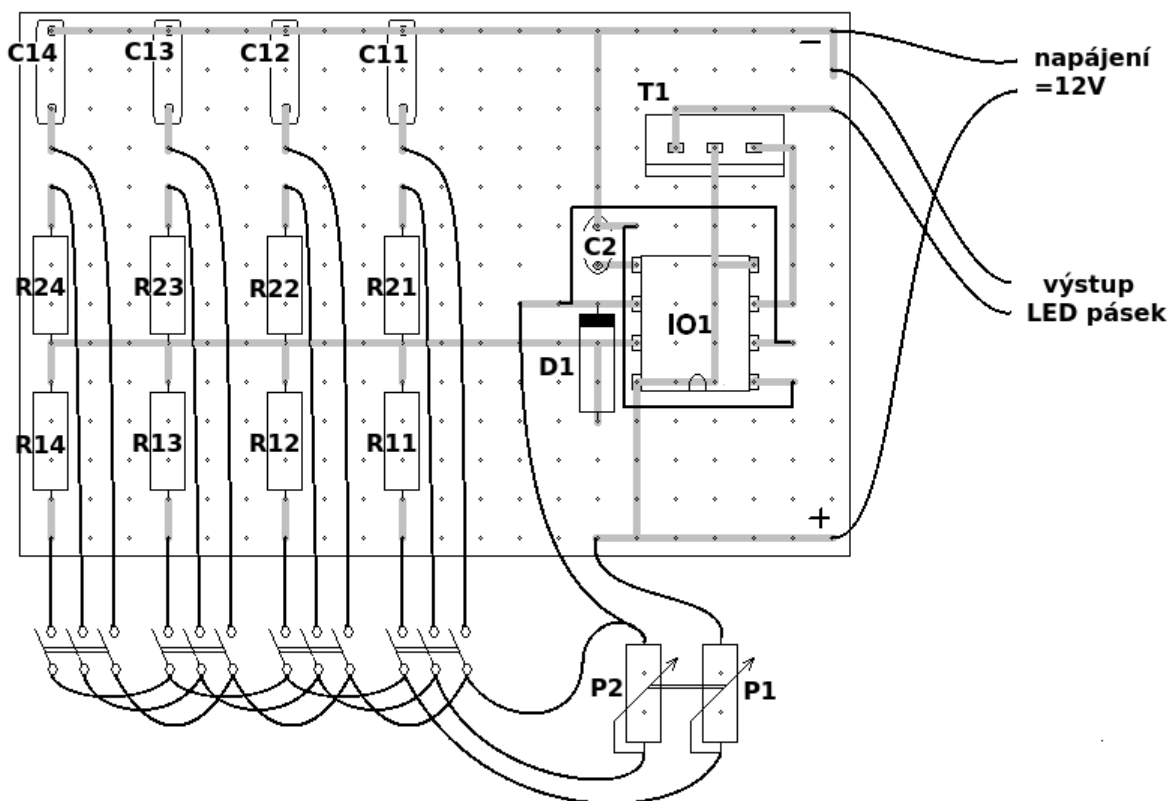


Obr. 4 Realizace obvodu



Obr. 5 Číslování vývodů časovače NE555

Na obr. 6 osazení součástek v pájecím poli. Šedými čarami jsou znázorněny propájené spoje na pájecí straně, černými čarami drátové propoje na straně součástek.



Obr. 6 Osazení součástek na univerzálním pájecím poli

Pro regulaci výstupní frekvence je použit dvojitý potenciometr s odpory 10k a 200k. Takový potenciometr není snadné sehnat, ale můžeme ho vyrobit. Stačí z jednoduchého (mono) potenciometru 10k vymontovat odporovou plošku a nahradit jí jednu plošku ve dvojitém 200k potenciometru, jak ukazují obrázky 7 a 8. Pozor, aby oba potenciometry měly lineární průběh odporu.



Obr. 7 Vymontovaná odporová ploška 10k



Obr. 8 Nahrazení odporové plošky ve stereo potenciometru

V tabulce 1 jsou uvedeny hodnoty použitých součástek. Byly zvoleny součástky pro rozsahy: 1 – 10 Hz, 10 – 100 Hz, 100 – 500 Hz, 420 – 480 Hz. První tři rozsahy jsou univerzální, čtvrtý rozsah je určen pro sledování kmitů ladičky 440 Hz (pro snadnější naladění stejné frekvence). Cílem této volby je ukázat, že i při zachování společných potenciometrů je možné volbou zbylých součástek vyrobit prakticky jakýkoliv rozsah.

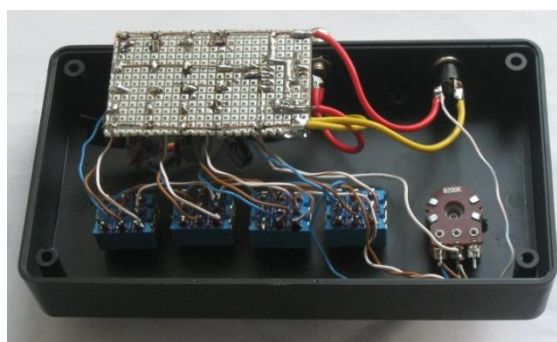
IO1	NE555
T1	IRFZ44
D1	např. 1N4007
R11	1 k Ω
R12	1 k Ω
R13	2,2 k Ω
R14	68 k Ω
R21	22 k Ω
R22	22 k Ω
R23	47 k Ω
R24	1,5 M Ω
C11	6,2 μ F (4,7 μ F + 1,5 μ F)
C12	670 nF (470 nF + 150 nF)
C13	57 nF (47 nF + 10 nF)
C14	1,9 nF (1,5 nF + 390 pF)
C2	10 nF
P1	10 k Ω
P2	200 k Ω
D2	LED pásek 18W/m (4m)

Tabulka 1 Specifikace součástek

Finální výrobek pak může vypadat jako na obr. 9 a obr. 10.



Obr. 9 Finální výrobek



Obr. 10 Vnitřní uspořádání stroboskopu

Literatura

- [1] NE 555. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2018 [cit. 2018-09-07]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/NE555>
- [2] Zapojení časovače 555. Mylms.cz [online]. [cit. 2018-09-07]. Dostupné z: <https://www.mylms.cz/text-zapojeni-casovace-555/>
- [3] GM Electronic [online]. [cit. 2018-09-07]. Dostupné z: <https://www.gme.cz/unipolarni-tranzistor-irfz44-to220>

Postav si tradiční a současně vzdálený experiment za 10 Euro a 10 minut

FRANTIŠEK LUSTIG

Univerzita Karlova, Matematicko-fyzikální fakulta Praha

Abstrakt

Příspěvek chce ukázat jednoduchou a levnou tvorbu vzdálených experimentů. K vytvoření vzdáleného experimentu nám bude stačit deska Arduino (např. UNO, 10 euro), volně stažitelný software „Remduino Lab SDK“, počítač na internetu a 10 minut času! A máme hotový vzdálený experiment s kamerou se vstupními a výstupními čidly se záznamem dat, s exportem dat přímo do Excelu. Druhým neméně významným cílem příspěvku je prezentovat nový „hands-on-remote“ typ experimentu, který integruje klasický a zároveň vzdálený experiment. Takovýto experiment je „hands-on“ přístupný ve třídě na stole učitele, či studenta, ale zároveň ho mohou přímo ve třídě sledovat a řídit studenti ze svých lavic na mobilních zařízeních a konečně je to zároveň i klasický vzdálený experiment, který je přes internet přístupný komukoliv, kdekoliv a kdykoliv i mimo třídu. Příspěvek je poměrně strohý, mnoho WWW stránek s veškerými podrobnosti, návody, schémata jsou ke stažení na titulní straně www.ises.info.

Úvod

V současné době se zdá, že počet vzdálených laboratoří na celém světě i v České republice stagnuje nebo spíše klesá. Například významný celoevropský projekt Go-Lab [1] zahrnuje pouze 63 on-line vzdálených experimentů. Naopak v ČR máme poměrně hodně vzdálených experimentů, běží zde asi 40 vzdálených experimentů, např. Projekt e-laboratoř iSES [2], RemlabNet [3] aj. Proč je toto číslo celosvětově tak nízké? Vývoj nových reálných vzdáleně řízených laboratoří je zřejmě příliš složitý a nákladný, vyžaduje trvalý servis apod. V příspěvku přicházíme s alternativním řešením, které nepoužívá profesionální systémy jako LabVIEW (ve světě) či ISES (v ČR). Máme sice k dispozici profesionální řešení vzdálených experimentů se systémem ISES (pozn.: nově jsme připravili zjednodušený systém ISES-USB a ISES-LAN - měřicí panel ISES včetně zabudovaného Windows počítače [8]), ale aby si mohl vzdálený experiment vyzkoušet opravdu každý DIY (Do It Yourself) začátečník a neprogramátor, tak nyní přicházíme s novou platformou - **Arduino** plus zdarma dostupná softwarová stavebnice „**Remduino Lab SDK**“ [4].

Vzdálené experimenty s Arduinem

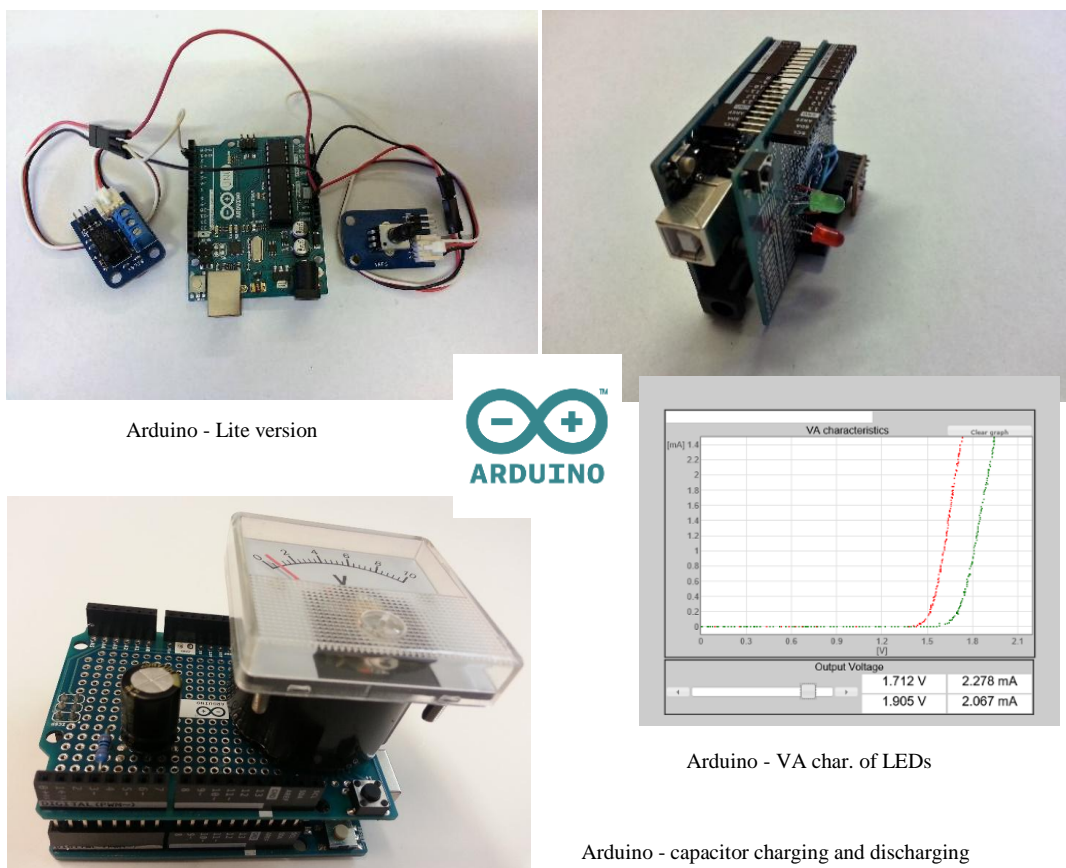
Vzdálené experimenty s Arduinem byly již realizovány - např. Kaluz [5], Sobota [6], Cvjetkovic [7]. Ale v těchto případech se využívalo spojení Arduino desky a Raspberry jednodeskového počítače. Raspberry se zde staral o WEB server a videopřenos, vlastní měření se provádělo přes Arduino.

My jsme použili spojení Arduino a počítač. Desku Arduino-Uno využíváme pouze jako převodník A/D a D/A, který je připojen přes USB port k PC s operačním systémem Windows. Lite verze "Remduino Lab SDK" je volně stažitelná na úvodní stránce www.ises.info. Jsou zde i kompletní vzdálené experimenty jako např. „Nabíjení a vybíjení kondenzátoru aj. včetně

ně podrobného „krok za krokem“ návodu. Je napsán pro úplného začátečníka s Arduinem i se vzdálenými experimenty.

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 Arduina, vznikne kompaktní sendvič, viz obr. 1 se vzdáleným experimentem.

Lite verze "Remduino Lab SDK" podporuje měření na vstupním pinu A0 (např. pro snímač teploty) a ovládání jednoho digitálního výstupního pinu D3 (např. pro relé). Plná verze „Remduino Lab SDK“ sady 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 i začátečníci jsou schopni rychle sestavit i složité vzdálené měřicí a řídicí rozhraní.



Obrázek 1 – Vzdálené experimenty s Arduinem: Softwarová stavebnice „Remduino Lab SDK“, Nabíjení a vybití kondenzátoru, VA charakteristika LED diod

První vzdálený experiment s Arduinem – softwarová stavebnice „Remduino Lab SDK“

Zakoupíte si Arduino-Uno. První kroky s Arduinem jsou popsány v *Quick user guide* na www.ises.info. Musíte si na počítači nainstalovat Arduino IDE prostředí a do Arduina nahrát náš univerzální firmware. Tím máte připravené Arduino ke vzdáleným experimentům. Tyto

kroky mohou být nezvyklé, ale takové je Arduino, musí se trochu naprogramovat, ale Vy neprogramujete, jenom stahujete, kopírujete a instalujete podle návodu v *Quick user guide*.

První vzdálený experiment (viz obr. 1) je jenom rozkouskovaná stavebnice „Remduino Lab SDK“. Vstupní senzor je např. potenciometr, či teploměr aj., výstupním členem je např. relé. Na www.ises.info je i elektrické schéma. Vzdálené experimenty jsou vlastně tyto samostatně funkční příklady:

Webkamera. Pouze zobrazuje vzdálený experiment.

Vstup analogový. Měří a zobrazuje graficky i digitálně signál na pinu A0 z analogových čidel.

Výstup digitální. Ovládání jednoho digitálního výstupního pinu D3 (např. pro relé).

Záznam dat. Data z pinu A0 a D3 jsou po celou dobu provádění vzdáleného experimentu zaznamenávána.

Export dat. Zaznamenaná vzdáleně naměřená data se dají stáhnout do Vašeho počítače rovnou ve formátu Excel.

Vzdálený experiment „Nabíjení a vybíjení kondenzátoru s Arduinem

Z těchto dílčích příkladů, viz předchozí odstavec, se dá ihned sestavit vzdálený experiment „Nabíjení a vybíjení kondenzátoru“ (viz obr. 1). Kompletní příklad si můžete stáhnout na www.ises.info. Je zde i elektrické schéma. Na WWW stránce vzdáleného experimentu pomocí tlačítek zapínáme a vypínáme nabíjení kondenzátoru. Vykresluje se exponenciální nabíjení a vybíjení kondenzátoru. Napětí na kondenzátoru se může též sledovat na analogovém ručkovém voltmetru přes WEB kameru. Data se samozřejmě zaznamenávají a mohou se exportovat přes WWW stránku přímo do Excelu.

Vzdálený experiment „Řízení teploty

Kompletně volně stažitelný příklad je opět na www.ises.info. Je zde též i elektrické schéma. Vzdálený experiment umožňuje zahřívání termistoru pomocí světelné žárovky, která ho ohřívá (svit žárovky je pozorován WEB kamerou, aby byl experiment „živější“ v online přenosu) a chlazení termistoru pomocí větráčku (pouze ON/OFF). Data se samozřejmě opět zaznamenávají a mohou se exportovat přes WWW stránku přímo do Excelu.

Vzdálený experiment „Voltampérová charakteristika LED diod“

Opět kompletní vzdálený experiment (viz obr. 1), kde se mohou proměřovat VA charakteristiky dvou kusů LED diod, ale i VA charakteristiky jiných prvků např. rezistorů aj. Tento vzdálený experiment využívá rozšířené stavebnice „Remduino Lab SDK- full version. Řídicí napětí na LED se ovládá na WWW stránce posuvníkem. Data se samozřejmě opět zaznamenávají a mohou se exportovat přes WWW stránku přímo do Excelu. V případě zájmu o tento experiment se obraťte na autora příspěvku.

Tradiční a současně vzdálený „Hands-on-Remote“ experiment

Hands-on experimenty jsou nezbytnou součástí přírodovědného vzdělávání. Rozšiřování počítačových technologií přineslo počítačem podporované (CAE) experimenty. S příchodem Internetu se objevily virtuální laboratoře s animacemi, simulacemi, či modelováním. O něco později se zrodily vzdálené laboratoře. Nové technologie a možnosti zahájily diskuse odborníků, jaké laboratoře jsou nejpřínosnější. Tak jak se experimenty rozdělily na hands-on, virtuální a vzdálené, tak se nyní objevuje snaha o integraci vzdálených a virtuálních

experimentů (integrovaný e-learning). My se nyní pokoušíme o propojení hands-on a vzdálených experimentů. Přicházíme s „**hands-on-remote**“ experimentem [7], 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-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 zařízeních v rámci třídy a 5. ten samý experiment je současně standardní vzdálený experiment přístupný i mimo školu a po školním vyučování.

Závěr

Očekáváme, že tato možnost postavit si svůj první vzdálený experiment na dostupné platformě Arduino, může vyvolat motivaci mezi potenciálními novými tvůrci vzdálených experimentů. Věříme, že vzdálené experimenty s Arduino a "Remduino Lab SDK" by se mohly stát zárodkem nové široké základny vzdálených experimentů.

Viděli jsme rovněž, jak se pozitivně změnil postoj studentů ke vzdáleným experimentům, když si je vyzkoušeli přímo ve škole během hodiny. Proto očekáváme, že by náš nový navrhovaný přístup pomocí „Hands-on-Remote“ experimentů, mohl vést k širšímu využívání vzdálených experimentů a k vytvoření vysněných masivních otevřených on-line laboratoří (MOOLs).

Literatura

- [1] GO-LAB, available: <http://www.golabz.eu/>, [Online], [Acc.: 01-September- 2018].
- [2] Projekt e-Laboratoř iSES, available: <http://www.ises.info>, [Online], [Accessed: 01-September-2018].
- [3] REMLABNET, available: <http://www.remlabnet.eu>, [Online], [Accessed: 01-September-2018].
- [4] 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 Baterie 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-2018].

Fyzikální vystoupení: Fyzika všemi smysly

JANA MACHALICKÁ, VĚRA KOUDELKOVÁ

Katedra didaktiky fyziky, Matematicko-fyzikální fakulta, Univerzita Karlova, Praha

Tento příspěvek popisuje dlouhodobý projekt Fyzika všemi smysly organizovaný Katedrou didaktiky fyziky. Fyzikální vystoupení ukazuje v devadesáti minutách přibližně 25 demonstračních experimentů, ke kterým je často potřeba i spolupráce se studenty z řad publika. V příspěvku jsou také popsány vybrané experimenty z tohoto vystoupení a nová soutěž, kterou pořádáme od září 2017 pomocí sociální sítě.

Úvod

Fyzikální vystoupení Fyzika všemi smysly vzniklo v létě 2012 jako součást grantu zaměřeného na propagaci Matematicko-fyzikální fakulty Univerzity Karlovy. Projekt si kladl za cíl přiblížit fyziku středoškolským žákům, ukázat ji jako atraktivní a srozumitelnou vědu a nabídnout možnost studia fyziky na naší fakultě.

Jedním z dalších cílů projektu je dát prostor studentům didaktiky fyziky k trénování svých schopností a dovedností pro jejich budoucí povolání. Proto je od samého zrodu celé vystoupení organizované právě studenty a mladšími zaměstnanci naší katedry.

Se vzrůstající popularitou pořádaného vystoupení, které už shlédlo přes deset tisíc studentů, se nám daří navazovat nové vztahy v komunitě českých středoškolských učitelů a předávat si díky tomu mnohé zkušenosti s výukou fyziky.

Průběh fyzikálního vystoupení

Vystoupení Fyzika všemi smysly je primárně určeno pro žáky druhého a třetího ročníku střední školy či odpovídajících ročníkům víceletých gymnázií. Učitel, který má o naše vystoupení zájem, si může vybrat z vypsání termínů na našem webu [1]. Po rezervaci termínu domluvíme s učitelem všechny podrobnosti návštěvy. Dva z našich vystupujících pak ve smlouvenou dobu předvedou v devadesáti minutách blok fyzikálních experimentů, které jsou inspirovány lidskými smysly. Bývá už zvykem, že během jedné návštěvy zvládneme sérii zopakovat i pro dvě skupiny. Velikost skupiny záleží jen na kapacitě místnosti, ve které vystoupení probíhá.

Veškeré pomůcky, které k vystoupení potřebujeme, si vozíme sami. Jsou voleny tak, aby se daly snadno transportovat i vlakem nebo autobusem. Jediné, co v místě vystoupení potřebujeme zajistit, je funkční projektor s možností připojení vlastního notebooku. Díky tomu jsme schopni navštívit téměř libovolnou střední školu v České republice, která o nás projeví zájem.

Průběh vystoupení se za uplynulé roky mnohokrát měnil, stále je však tvořen přibližně 25 demonstračními experimenty, které vyžadují zapojení publika. Experimenty jsou rozděleny do několika skupin podle lidských smyslů, mimo to jsme zařadili také „mysl pro techniku“.

Celé vystoupení je pro školy zdarma, nepožadujeme ani proplacení nákladů za dopravu. Zvláště v zimě však nepohrdneme hrnkem teplého čaje, v létě zase sklenicí vody.

Vybrané experimenty

Scénář vystoupení je značně limitován vybavením, které jsme schopni snadno převážet. Do vystoupení jsou zařazeny experimenty s běžnými pomůckami, které žáci znají, i s pomůckami, s kterými se většina z nich ještě neměla možnost setkat, jako např. USB mikroskop, čidlo na měření síly stisku ruky nebo kapalina NOVEC. Snažíme se i o to, aby z naší návštěvy mohli učitelé čerpat inspiraci do svých hodin.

Níže jsou popsány čtyři vybrané experimenty, další příklady lze nalézt v [2]. Některé pokyny k vybraným experimentům lze nalézt na webových stránkách [1].

USB mikroskop

První část vystoupení se věnuje zraku. Do toho spadá i minisérie experimentů využívající USB mikroskop. S jeho pomocí můžeme ukázat rozdíly mezi subtraktivním a aditivním mícháním barev, změřit velikost pixelu a podívat se na strukturu různých látek nebo lidské kůže. Z našeho pohledu jde o velmi užitečnou pomůcku, proto se snažíme ukázat její rozmanité využití.

Fresnelova čočka

Jednou z větších pomůcek, které využíváme, je velká Fresnelova čočka určená ke zvětšování obrazu starých televizních obrazovek. Ukazujeme ji v první části vystoupení, čímž zmírníme napětí mezi publikem a předvádějící dvojicí (obrázek 1). Poukazujeme zde mimo jiné na rozdíl mezi klasickou a touto čočkou, která je dodnes využívána například v konstrukci semaforu.



Obrázek 1: Fresnelova čočka

Kuchyňská vakuovací nádoba

Během vystoupení ukazujeme několik experimentů souvisejících s atmosférickým tlakem. Jedním z nich je experiment s kuchyňskou vakuovací nádobou a pivem (obrázek 2). Po umístění sklenice čerstvě nalitého piva do nádoby odčerpáme vzduch a pozorujeme chování

pivní pěny. Zároveň necháme studenty přemýšlet, proč nejde nádoba s odčerpaným vzduchem otevřít.



Obrázek 2: Kuchyňská vakuovací nádoba

Měření síly stisku ruky

Abychom zapojili skutečně všechny žáky v publiku, zařadili jsme doprostřed vystoupení experiment s čidlem na měření stisku ruky. Postupně se během několika málo minut u čidla vystřídají nejdříve dívky a pak chlapci (obrázek 3). Z grafu pak můžeme určit například rozdíl v průměrné hodnotě síly stisku ruky mezi dívkami a chlapci v dané skupině nebo vliv některých sportů na sílu stisku. Také určíme nejsilnější dva jedince, kteří nám pomáhají s provedením dalšího experimentu.



Obrázek 3: Měření stisku ruky

Soutěž

Novou aktivitou, kterou jsme zahájili v září 2017, je video soutěž. Tato aktivita je určena pro všechny zájemce s přístupem na internet. Každý měsíc (od října do května) sdílíme nové video se začátkem experimentu na naší facebookové stránce [3]. Úkolem je správně zodpovědět otázku týkající se daného experimentu ve videu. Na konci měsíce vždy zveřejníme výsledek soutěžního experimentu.

Jednomu z autorů správných odpovědí, kterého vylosujeme po skončení soutěžního kola, zašleme balíček propagačních předmětů naší fakulty a jednu fyzikální hračku vytištěnou na 3D tiskárně. K soutěži jsme zatím měli velmi dobrou zpětnou vazbu, o soutěžních videích diskutují i naši kolegové na různých setkáních. Každý měsíc má příspěvek se soutěžním videem více než tisíc zhlédnutí.

Závěr

V příspěvku byl popsán průběh fyzikálního vystoupení Fyzika všemi smysly a vybrané experimenty, které jsou při tomto vystoupení předváděny. Dále byla popsána soutěž, kterou zveřejňujeme na facebookovém profilu Fyzika všemi smysly. Máte-li zájem, abychom přijeli i na Vaši školu, ozvěte se nám na mail fyzikavsemismysly@kdf.mff.cuni.cz.

Literatura

- [1] Fyzika všemi smysly [Online]. Dostupné z: <http://kdf.mff.cuni.cz/fyzikavsemismysly> (citováno: 30. 8. 2018).
- [2] Kácovský, P., Koudelková, V. (2016). Physics Through All Senses: Popularization of Physics by Using an Interactive Show. Hands-on. The Heart of Science Education. (ed.: M. F. Costa, B. V. Dorrio, J. Trna, E. Trnova). Braga: Hands-on Science Network, 23-26. ISBN: 978-84-8158-714-2. Dostupné: <http://www.hsci.info/hsci2016> (citováno: 30. 8. 2018).
- [3] Facebook: Fyzika všemi smysly [Online]. Dostupné z: <https://www.facebook.com/vsemismysly> (citováno: 30. 8. 2018)

Několik projektů z tábora, tentokrát na téma „Když dva dělají totéž, nemusí to být totéž“

JANA MACHALICKÁ¹, MARTIN HÁJEK², JAROSLAV REICHL³

¹Katedra didaktiky fyziky MFF UK, Praha, ²Meopta Přerov, ³SPŠST Panská, Praha

Příspěvek představuje šest z celkem 16 projektů, na kterých pracovali účastníci tradičního Soustředění mladých fyziků a matematiků, které je organizováno Matematicko-fyzikální fakultou UK a které se letos uskutečnilo v horské chatě Radost v Plasnici v termínu 14. – 28. 7. 2018.

Soustředění 2018

Soustředění mladých fyziků a matematiků je určeno pro mladé lidi ve věku 14 až 19 let, kteří chtějí během dvou týdnů prázdnin poznávat nové věci a věnovat svůj čas fyzice, matematice i informatice. Na jeho organizaci se v letošním roce podílelo 16 vedoucích z řad studentů i zaměstnanců MFF UK či zkušených učitelů.

Program soustředění má tradičně dvě hlavní složky, odborný a mimoodborný program, které se v některých situacích dokonce prolínají. Každodenní kurzy z matematiky, fyziky či informatiky a samostatná práce účastníků na projektech jsou čas od času zpestřeny přednáškami zvaných lektorů. V letošním roce naše pozvání přijali Mgr. Tomáš Ledvinka, Ph.D., prof. RNDr. Jan Valenta, Ph.D. a Mgr. MgA. Viktor Hruška, Ph.D. Vyvrcholením odborného programu je tradiční konference, která se koná na závěr odborné části programu a na které účastníci seznámí ostatní s prací na svém projektu a s dosaženými výsledky.

Hlavní část mimoodborného programu probíhá každé odpoledne a je provázána propracovaným příběhem. Účastníci si tak mohou protáhnout tělo, vyčistit mysl, vylepšit svoje týmové a komunikační schopnosti, užít si spoustu zábavy a postavit se i zdánlivě nepřekonatelným výzvám. Samozřejmostí jsou také tradiční táborové aktivity, jako celodenní výlet, táborák, taneční večery, kytarování a hraní společenských her. Mimoodborný program vrcholí poslední dva dny soustředění šifrovací hrou, v rámci které se účastníci projdou po blízkém i dalekém okolí objektu, potrénují luštění šifer a nezřídka vyzkoušejí i nové netradiční aktivity.

V tomto příspěvku jsou dále popsány pouze vybrané projekty z odborného programu soustředění. Další informace 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]).

Projekty

Hlavní částí odborného programu soustředění je práce účastníků na projektech, které jsou jim představeny spolu s krátkou ústní i grafickou anotací druhý den soustředění. Na práci na vybraném projektu mají účastníci přibližně 10 dní, každý den 3 hodiny času. Je ale běžné, že řada účastníků pracuje na svých projektech i v době osobního volna. Hotové projekty (provedená měření a jejich vyhodnocení, konstrukce výrobku a jeho stavební i fyzikální popis, vytvořený software, ...) pak účastníci prezentují na neformální „minikonferenci“, která se

koná v polovině trvání soustředění, a na závěrečné konferenci, na které jsou výsledky práce prezentovány před všemi ostatními účastníky i vedoucími.

Témata projektů jsou každý rok zastřešena určitým společným tématem. Letos v interním hlasování vedoucích zvítězilo téma *Když dva dělají totéž, nemusí to být totéž*. V letošním roce jsme si navíc jako vedoucí vytyčili cíl: při vymýšlení témat a náplní projektů se skutečně co nejvíce držet zvoleného tématu. Stejně tak se v letošním roce zvoleného tématu držela i témata kurzů, které vybraní vedoucí pro účastníky soustředění v devíti lekcích připravili. Účastníci si tak mohli vybrat např. mezi Paprskovou a vlnovou optikou, Limitami a derivacemi, Rovnicemi a jejich různými způsoby řešení či propojeným matematicko-fyzikálním kurzem (v matematické části byly definovány a odvozeny jisté matematické operace, které byly po přestávce aplikovány na řešení konkrétního fyzikálního problému).

Letos bylo nabízeno relativně hodně projektů zasahující svou náplní do matematiky; to se projevilo i výběrem a následnou realizací projektů účastníky soustředění - realizovalo se sedm projektů vysloveně matematických, v ostatních byla matematika (a v některých případech ne právě jednoduchá) přítomna jako nástroj. Ze seznamu nabízených témat projektů si účastníci vybrali následujících 16 projektů (tučně vyznačené projekty jsou podrobněji popsány dále v tomto příspěvku):

Beztížný stav

Derivační a integrační články

Fourierova řada

Geometrické důkazy algebraických vztahů

Kyvadla

Kyvadla kývající se v sobě

Matematické důkazy starověkých výpočetních metod

Metody řešení elektrických obvodů

Optická měření

Parabolická a sférická zrcadla

Posloupnosti a řady

Štěníce

Taylorova řada

Televize

Větrná elektrárna

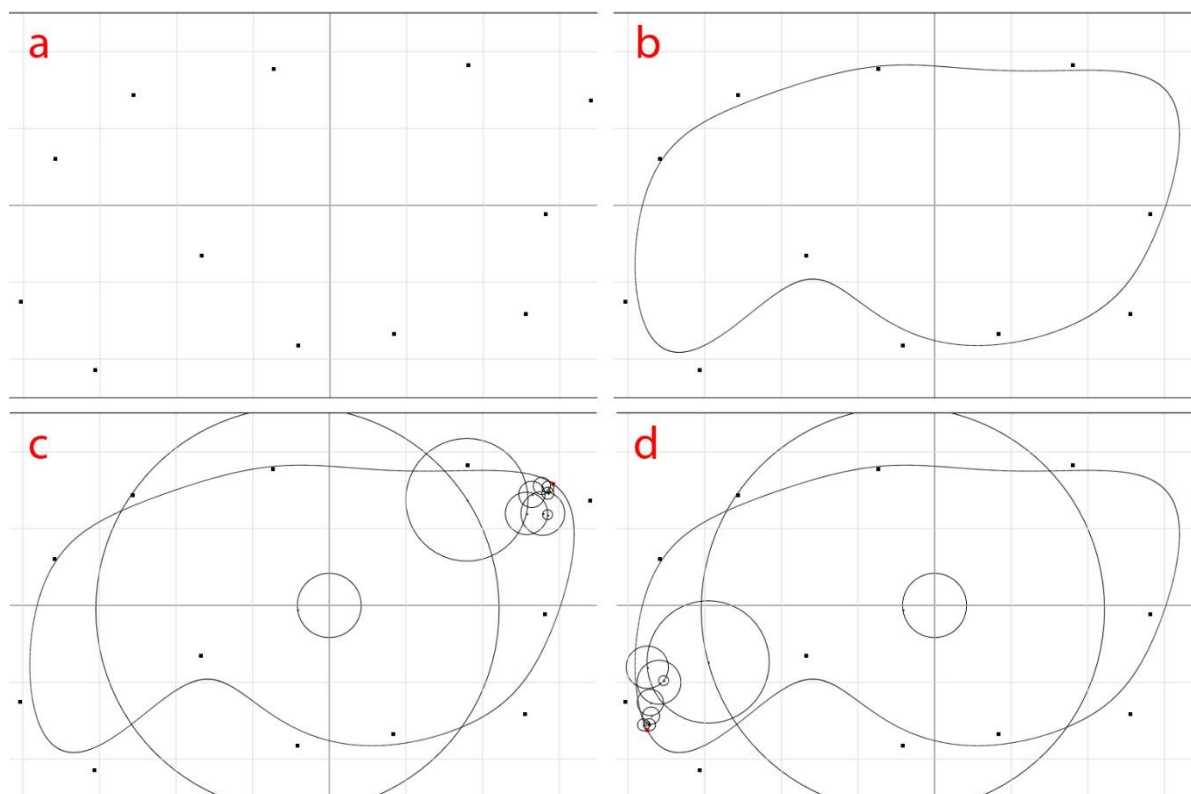
Vznášedlo

Popisy vybraných projektů vycházejí z dokumentace, kterou v rámci práce na svém projektu zpracovali účastníci soustředění.

Fourierova řada

V původním plánu byl nabízen projekt s tématem *Fourierova a Taylorova řada*. Přihlásili se dva účastníci a během dvou dnů bylo jasné, že každý z nich bude chtít pracovat pouze na jedné řadě. Proto byl původní projekt rozdělen na dva a oba při závěrečné prezentaci dopadly výborně.

Fourierovou řadou se zabýval Jan Benda. Prostudoval tuto řadu teoreticky a začal se zabývat její možnou vizualizací. Autor si navíc vybral ne právě jednoduchou a tradiční vizualizaci řady: rozhodl se pracovat v Gaussově rovině a pomocí Fourierovy řady aproximovat pomocí kružnic zadanou uzavřenou křivku. Tato aproximace probíhá tak, že se bod vykreslující křivku pohybuje po kružnici, jejíž střed se pohybuje po jiné kružnici. A právě počet kružnic a jejich poloměry jsou vypočteny na základě Fourierovy řady. Vlastní program psal autor v prostředí Javascript; výhodou je pak snadná prezentace ve webovém prohlížeči.



Obr. 1: Ukázka činnosti programu

Po spuštění programu zvolí uživatel body v Gaussově rovině (viz obr. 1a), které program následně s vybranou přesností aproximuje uzavřenou křivkou (viz obr. 1b). Nyní je možné spustit animaci, v rámci které se vybraná křivka vykreslí pomocí pohybu několika kružnic po sobě (viz obr. 1c a obr. 1d).

Z hlediska využití v učitelské praxi je vyrobený program vhodný též k ukázce principu Ptolemaiových snah popsat pohyb planet ve Sluneční soustavě pomocí soustavy deferentů a epicyklů.

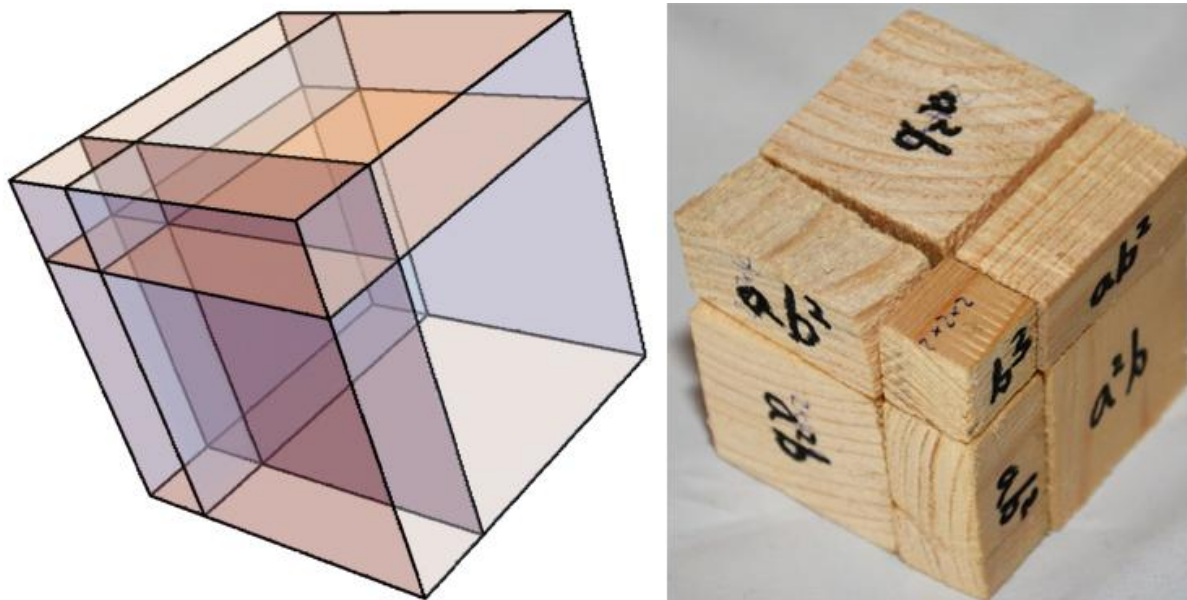
Geometrické důkazy algebraických vztahů

Projekt zaměřený na geometrické důkazy si vybrali Jan Dunder a Klára Hloušková. Po nastudování základních metod geometrických důkazů, které hojně využívali řeční matematické, se začali věnovat vlastním námětům.

Postupně zpracovali důkazy algebraických vztahů $(a + b)^2$ a $(a - b)^2$ a vyřešili důkaz vztahu $a^2 - b^2$. Důkazy provedené autory projektu se opíraly o známé důkazy těchto vztahů, ale jejich plné pochopení pomohlo autorům následně přejít k analogickým vztahům, v nichž ale vystupuje třetí mocnina. V tomto případě začali důkazem vztahu $(a + b)^3$ a vyrobili si dřevě-

nou pomůcku (viz obr. 2), pomocí níž platnost vztahu jasně demonstrovali. Se stejnou pomůckou pak v rámci závěrečné konference bravurně dokázali platnost i ostatních vztahů se třetí mocninou, tj. vztahů $(a - b)^3$, $a^3 - b^3$ a $a^3 + b^3$.

Poslední den práce na projektu dokázali autoři projektu pomocí geometrie i iracionalitu čísla odmocnina ze dvou.

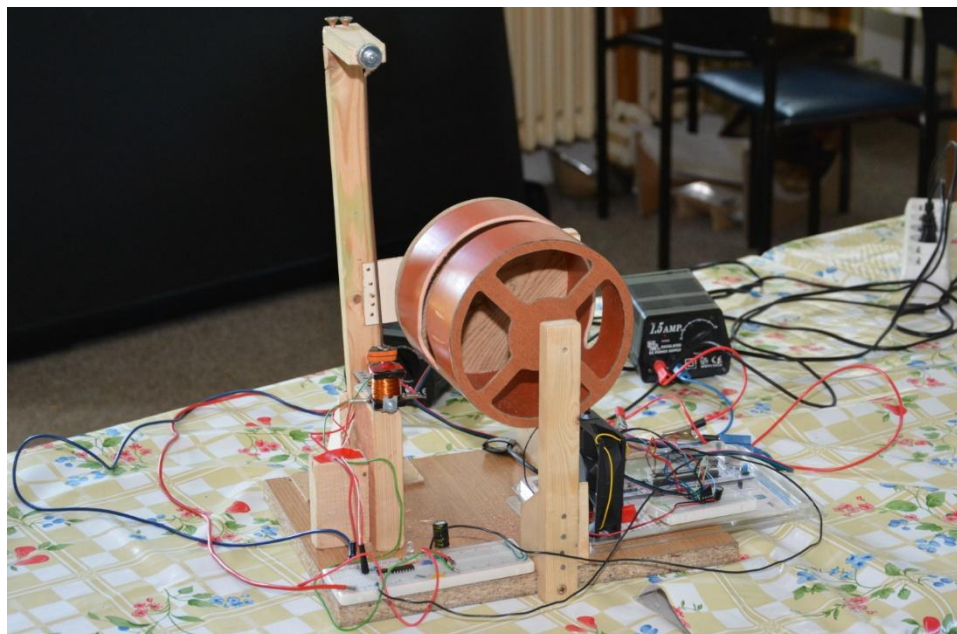


Obr. 2: Model krychle a dřevěná pomůcka pro důkaz kubických vztahů

Kyvadla kývající se v sobě

Inspirací pro Adama Janicha a Renátu Strnadlovou k výběru tohoto projektu bylo video [4], ve kterém bylo zobrazeno několik navzájem v sobě se pohybujících objektů; z nich si vybrali kyvadlo kývající v rotujícím válci (viz obr. 3). Od samého počátku práce na projektu bylo řešitelům jasné, že kyvadlo bude muset konat buzené kmity, aby se eliminovaly přeměny mechanické energie na překonání odporových sil vzduchu a třecích sil v závěsu kyvadlu. Buzení navíc bude muset být přesné, aby perioda kmitání kyvadla byla stále konstantní a nerušila se synchronizace kyvu kyvadla a rotace válce.

Realizace byla provedena pomocí krokového motorku 17HS4401, který byl řízen microcontrolerem STM32; jeho programování přitom zabralo poměrně značné množství doby práce na projektu. Na samotném kyvadle byl přidělán magnet, který svým pohybem nad cívkou připojenou k elektrické části aparatury indukoval napěťový puls. Na základě toho systém čekal na dosažení periodického kývání kyvadla (ustálení energetických ztrát, ...) a poté byla automaticky dopočítána perioda otáčení válce a ten byl ve správný okamžik uveden do pohybu. Vzájemné sladění těchto dějů si také vyžádalo jisté množství času.



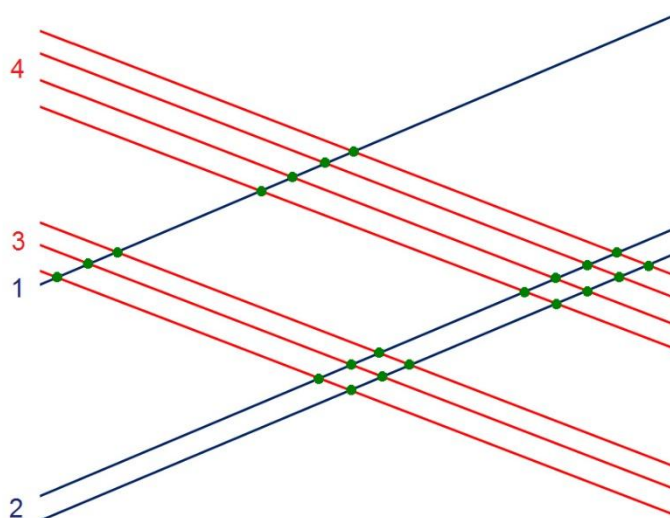
Obr. 3: Hotová pomůcka

Matematické důkazy starověkých výpočetních metod

Terezie Pixová, Kate Hellerová, Markéta Kocourková a Miloslava Patzeltová zkoumaly metody, které v dřívějších dobách usnadňovaly matematikům složitější výpočty (násobení dvou a víceciferných čísel, odmocňování, ...). Vybrané postupy se pokusily rekonstruovat, vyzkoušet si na některých (zejména atypických) konkrétních číslech a následně se pokusit dokázat platnost daného postupu obecně.

Postupně se autorky zaměřily na indické násobení pomocí jakési tabulky, která se později stala základem tzv. Napierových kostí, a na japonské násobení využívající reprezentaci násobených čísel pomocí čar (viz 4). Ač bylo autorek více, všechny se během práce na projektu zapojily velmi aktivně. Práci si rozdělily, vzájemně se podporovaly a dosažené výsledky konzultovaly navzájem mezi sebou i s vedoucí projektu.

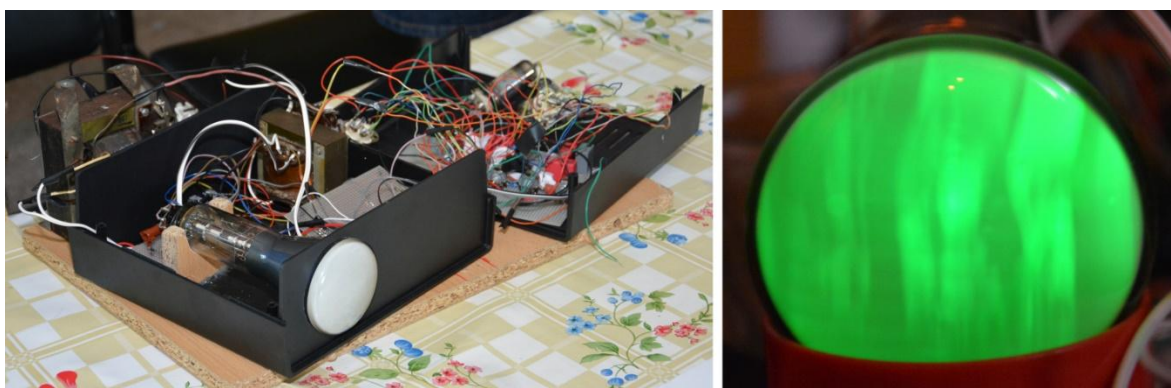
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	0/2	0/4	0/6	0/8	1/0	1/2	1/4	1/6	1/8
3	0/3	0/6	0/9	1/2	1/5	1/8	2/1	2/4	2/7
4	0/4	0/8	1/2	1/6	2/0	2/4	2/8	3/2	3/6
5	0/5	1/0	1/5	2/0	2/5	3/0	3/5	4/0	4/5
6	0/6	1/2	1/8	2/4	3/0	3/6	4/2	4/8	5/4
7	0/7	1/4	2/1	2/8	3/5	4/2	4/9	5/6	6/3
8	0/8	1/6	2/4	3/2	4/0	4/8	5/6	6/4	7/2
9	0/9	1/8	2/7	3/6	4/5	5/4	6/3	7/2	8/1



Obr. 4: Ukázka modelu Napierových kostí a japonského násobení (čísel 34 a 12)

Televize

Během práce na projektu se konstruktéři Jakub Dvořák, Dalibor Kramář a Jiří Löffelmann seznámili s principy snímání obrazu, jeho rozkladu na elektrický signál a zejména jeho opětovné zobrazení v televizním přijímači. Následně si za použití CRT obrazové elektronky sestrojili video monitor, který zobrazoval signál získaný ze set top boxu. Jednalo se o poměrně náročný projekt zaměřený na stavbu elektronického obvodu pro vychylování elektronového paprsku v obrazovce. Po odladění všech obvodů se podařilo monitor zprovoznit a zobrazovat pomocí něj program, který bylo možné pomocí set top boxu naladit. Přístroj neobsahoval obvod pro reprodukci zvuku. Obrazovka, která byla použita pro stavbu televize, měla průměr 8 cm a stínítko mělo zelenou barvu (viz obr. 5). Navzdory tomu, že tato obrazovka byla původně určena pro osciloskop, fungovala pro zobrazování obrazu poměrně spolehlivě.



Obr. 5: Celá otevřená televize a detailní pohled na vysílající obrazovku

Vznášedlo

Cílem projektu, na kterém pracovali Ondřej Gonzor, Tomáš Janovský a Jan Světlík, bylo sestavit funkční model vznášedla, který uveze dospělého člověka. K dispozici byly dva zahradní fukary, které posloužily jako zdroj tlakového vzduchu pro zdvihnutí vznášedla. Konstruktéři zvolili kruhový půdorys vznášedla jako nejvhodnější a zhotovili základnu z OSB desky. Následovalo osazení igelitového vaku, který umožňoval vznášedlu zdolávat nerovnosti povrchu podlahy a lépe distribuoval vzniklý vzduchový polštář. Po dokončení byla na „palubu“ vznášedla uchycena židle. Bohužel nebyl k dispozici dostatečně široký zdroj vzduchu (vrtule atd.), který by umožnil dopředný pohyb vznášedla a případné zatáčení. Tyto činnosti byly vykonávány odrazem od podlahy. Projekt byl zaměřen zejména na manuální zručnost a pečlivost zpracování. Konstruktéři podrobně popsali teoretickou podstatu modelu a dokumentovali úskalí praktického provedení vedoucího až ke vzniku funkčního modelu (viz obr. 6).



Obr. 6: Funkční vznášedlo a pohled na jeho spodní stranu

Závěr a pozvánka na další soustředění

Letošní ročník Soustředění mladých fyziků a matematiků proběhl opět ve velmi příjemné a přátelské atmosféře. Účastníci soustředění byli standardně spokojeni se všemi částmi připraveného programu, jak se vyjádřili v závěrečné anketě. Drobné výtky, které se v anketě vyskytly, se budou snažit vedoucí zapracovat při přípravě dalšího ročníku soustředění. Poslední den ráno nás pak čekalo tradičně smutné loučení, které se v některých případech neobešlo bez slz. Několik účastníků bylo na soustředění naposledy - dosáhli totiž hraničního věku pro možnost účasti na soustředění. Jak účastníci, tak vedoucí odjízďeli opět šťastní a spokojení. Zážitky ze 14 dní nabitých fyzikou, matematikou, ale i pohodou, kamarádstvím, někdy i adrenalinem při překonávání netradičních překážek nebo řešení zajímavých výzev, nám prostě již nikdo nevezme.

Do letošního ročníku bohužel zasáhlo ve větší míře odhlašování účastníků na poslední chvíli případně příjezd o den či dva později. Na jiných akcích tohoto typu by to nebyl vážný problém, ale v případě tohoto soustředění to problém je. Podle počtu účastníků jsou dimenzovány pomůcky na projekty, odpolední hry, ale je také volen objekt s odpovídající kapacitou. V případě, že by se odhlásil vyšší počet účastníků, nastaly by problémy spojené s nedodržením smlouvy s majiteli objektu. Pozdější příjezd zase narušuje běh jak odborného, tak mimoodborného programu. Obě části soustředění navazují na dny minulého dne, a proto se ti účastníci, kteří přijedou později, velmi problematičtě začleňují do již začatých aktivit.

S koncem jednoho ročníku soustředění se začíná již tradičně chystat ten další. Pokud proto mají vaši žáci ve věku 14 až 19 let zájem prožít podobné zážitky i příští rok, rádi je mezi sebou přivítáme. Příští rok se soustředění koná od 13. do 27. 7. 2019 v penzionu Artur v Janově nad Nisou (oblast Jizerských hor).

Literatura

- [1] Soustředění mladých fyziků a matematiků [online]. Dostupné z: <http://kdf.mff.cuni.cz/tabor> [citováno 17. 8. 2016].
- [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. 6. 8. 2014]
- [4] <https://www.youtube.com/watch?v=95cpYNoVeMU>, [citováno 25. 8. 2018]

Pár štěků z akustického workshopu

DANA MANDÍKOVÁ, ZDENĚK DROZD

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

Úvod

Akustický workshop je ucelená sada experimentů, se kterou jsme v uplynulých letech vystupovali na různých místech. V samotném workshopu postupujeme od zdrojů zvuku přes jeho šíření v různých prostředích, měření rychlosti zvuku, interferenci zvukového vlnění a podobně až k principům záznamu zvuku. Do tohoto příspěvku jsme vybrali popis a rozbor několika pokusů ze zmíněného workshopu: princip reprodukce zvukové nahrávky gramofonem, princip záznamu a reprodukce zvuku magnetofonem včetně mazání nahrávky, dále popis několika atypických zdrojů zvuku („kosmické zvuky“) a pokus, který ukazuje naši schopnost zaměřit zdroj zvuku. V následujícím textu jsme se pokusili popsat uvedené vybrané pokusy tak, aby je případný zájemce mohl snadno zopakovat a popřípadě zařadit do výuky fyziky ve svých hodinách. Uvádíme seznam potřebných pomůcek, popis provedení experimentu a metodické poznámky k jejich provádění.

Gramofon – nezmar zvukové techniky

Ještě před několika lety jsme tento pokus uváděli tak, že předvedeme dnes již zastaralý způsob reprodukce zvukových nahrávek. Přestože se již téměř nepoužívá, dodávali jsme, je užitečné seznámit se s jeho principem. Dnes s překvapením pozorujeme renesanci gramofonového záznamu. Gramofony se opět vyrábí a většina nově vydávaných hudebních alb vychází, mimo jiné, i na gramofonových deskách.

Gramofon sice není nejstarším přístrojem pro záznam a reprodukci zvuku, tím byl fonograf. S tímto přístrojem se již dnes ale setkáme jenom v muzeích, proto exkurzi do historie záznamu zvuku začínáme u gramofonu.

Pomůcky: papírová rulička z tvrdšího papíru (například od toaletního papíru), „pauzák“, jehla, lepidlo na papír, univerzální lepidlo (např. značky „UHU“), nůžky. Dále budete potřebovat jakýkoli starý gramofon, kterému se točí talíř (použitelný je i takový, který se již netočí – můžete jej roztáčet ručně), stará gramofonová deska (nejlépe s nahrávkami nějakých rychlých, rytmických písniček – babiččina deska s dechovkou, nebo dědovy nahrávky vojenských pochodů jsou pro naše účely velmi vhodné).

Provedení: Na papírovou ruličku nalepte membránu z pauzovacího papíru. Vhodné je obkreslit si průřez trubičky na pauzák a přikreslit zoubky, které budou sloužit jako „nalepovací chlopně“. Po důkladném zaschnutí lepidla přilepte na membránu jehlu tak, jak je ukázáno na přiložené fotografii (obr. 1). Použijte jehlu na šití, ne špendlík. Hrot špendlíku je málo ostrý a i svým tvarem je pro náš účel nevhodný. Jeh-



Obrázek 1. Jednoduchá přenoska

la by měla svým ostrým koncem přechřívát zhruba 5-10 mm přes okraj membrány.

Po dokonalém zaschnutí lepidla máte připravenou jednoduchou gramofonovou přenosku. Položte desku na gramofon, spusťte jeho otáčení a zlehka přiložte jehlu ke drážkám desky. Přenosku držte kolmo k drážkám desky, záznam je totiž nahrán „stranově“. Správné přiložení přenosky k desce vidíte na obr. 2. Reprodukovaný zvuk vás možná překvapí. Pokud je membrána dobře napnutá a jehla ostrá je zvuk překvapivě „kvalitní“. Můžete se pokusit o zesílení zvuku tím, že vyrobíte papírový kornout, který k přenosce přilepíte.



Obrázek 2. Přehrávání gramofonové desky

Jednu nevýhodu tento typ gramofonu přece jenom má. Jehla desku znatelně poškozuje, její přehrávání tedy nebudete moci opakovat příliš často.

Metodická poznámka: S trochou šikovnosti se obejdete i bez gramofonu. Desku můžete nasadit na hrot tužky. K přehrávání desky budete v tomto případě potřebovat pomocníka. Jeden z vás bude otáčet deskou, druhý přidržovat přenosku. V tomto improvizovaném případě je důležité nalézt správnou rychlost otáčení desky.

Princip magnetofonu

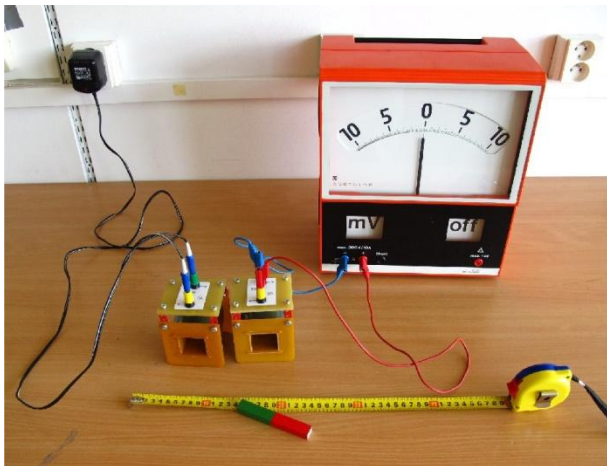
Jednoduchá gramofonová přenoska z předchozího pokusu sice nevynikala vysokou kvalitou reprodukce, přece jenom ale hrála. U magnetofonu by něco podobného bylo příliš složité, zaměříme se tedy pouze na demonstraci fyzikálního principu záznamu, reprodukce a mazání nahrávky u magnetofonu.

Na rozdíl od současné vlny zájmu o gramofony se u magnetofonu nic podobného neodehrává. Ukážeme tedy princip dnes již jen zřídka používaného přístroje. Jeho předchůdcem byl tzv. drátofon. Ten využíval k záznamu tenký drátek, na rozdíl od magnetofonového pásku. Náš pokus ukazuje stejně dobře princip drátofonu, jako magnetofonu. V porovnání s gramofonem měl magnetofon (i drátofon) jednu vlastnost navíc. Záznam bylo možné smazat a nahradit ho jinou nahrávkou.

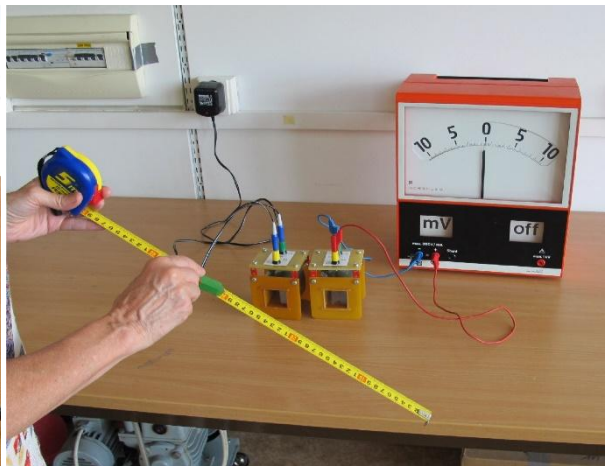
Pomůcky: cívky 600 a 1200 závitů ze soupravy rozkladného školního transformátoru, zdroj 12 V (střídavý), kovový svinovací metr, tyčový magnet, demonstrační voltmetr.

Provedení: K demonstračnímu voltmetru připojte cívku 600 z. Ta bude představovat přehrávací hlavu. Na voltmetru nastavte malý rozsah (např. 10 mV s nulou uprostřed). Druhou cívku (1200 z.) připojte ke střídavému zdroji 12 V. Tato cívka bude v našem modelu mazací hlavou. Sestava pokusu je vidět na obr. 3a. Vysuňte necelý metr dlouhý kus svinovacího metru, zasuněte ho do „mazací hlavy“ (cívky připojené ke střídavému zdroji) a několikrát protáhněte metr cívkou tam a zpět. Tím dosáhnete odstranění předchozího zmagnetování metru. Nyní provedete záznam nahrávky. Jedním pólem magnetu několikrát přejeďte značku 10 cm na metru, značku 30 cm přejeďte opačným pólem magnetu, magnet opět obraťte, přejeďte s ním značku 50 cm atd. (obr. 3b). Protahujte takto zmagnetovaný metr cívkou připojenou k voltmetru. Pozorujete výchylku ručičky v okamžicích průchodu prve

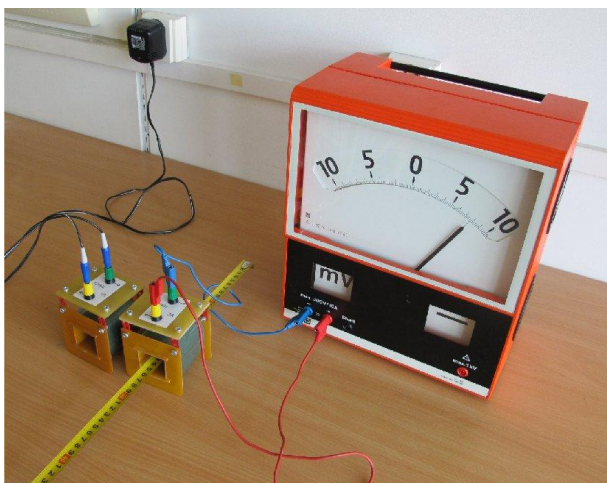
zmagnetovaných značek (obr. 3c). Tímto způsobem demonstrujete, jak lze na magnetofonový pásek zaznamenat nějaký signál a jak jej „přehrát“. Magnetofonový pásek, případně drátek drátوفonu je zde nahrazen svinovacím metrem. Chcete-li nahrávku smazat, protáhněte metr „mazací hlavou“ (obr 3d). Když budete nyní protahovat metr „přehrávací hlavou“, voltmetr žádné výchylky neukazuje.



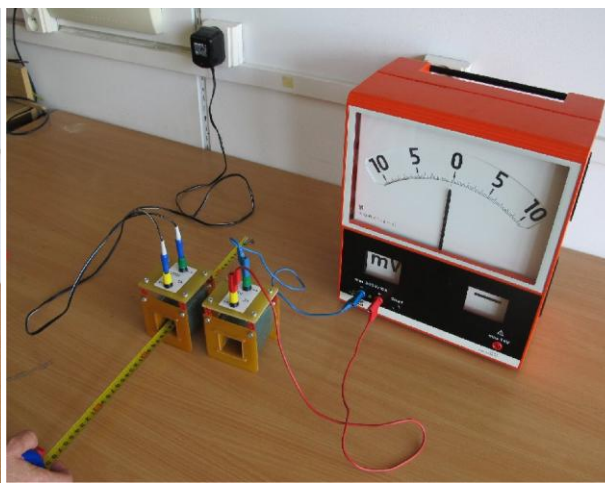
Obrázek 3a. Sestava modelu magnetofonu



Obrázek 3b. Nahrávání záznamu



Obrázek 3c. Přehrávání záznamu



Obrázek 3d. Mazání záznamu

Metodické poznámky: Magnetické „značky“ můžete samozřejmě dělat v jiných polohách, než doporučujeme. Mohou být blíže k sobě. Je ale dobré vědět, ve kterých místech jste je udělali, a upozornit žáky na to, aby sledovali výchylku voltmetru při průchodu těchto značek cívku. Je vidět, že v jednom případě se ručička vychyluje vpravo, když se značka zasouvá do cívky a vlevo, když cívku opouští, ve druhém případě, je tomu naopak. Záleží na tom, zda jsme značku dělali severním, nebo jižním pólem magnetu. Vše můžete vhodně skloubit se znalostmi, které žáci mají ohledně elektromagnetické indukce. Zároveň máte další ukázkou aplikace tohoto jevu.

Je zapotřebí vyzkoušet vhodný rozsah voltmetru. Klasický ručičkový voltmetr je lepší, než voltmetr digitální. Výchylka ručičky vlevo a vpravo je totiž mnohem názornější, než změť měnících se čísel s případným znaménkem minus.

Princip mazání magnetického záznamu můžete využít k jednoduché (i když poněkud „naivní“) představě o tom, co se odehrává ve feromagnetickém materiálu při jeho vložení do

magnetického pole. Pokud se kovového pásku metru dotýkáte jedním pólem magnetu, orientují se magnetické domény v materiálu jedním směrem podle magnetického pole přikládaného magnetu a vytváří jakýsi „lokální permanentní magnet“ uvnitř metru v tomto místě. V sousedním zmagnetovaném místě jsou domény natočeny opačně, protože jsme k metru přikládali opačný pól tyčového magnetu. Když potom prostrkujete metr cívkou, je to stejné, jako když do cívky zasouváte magnet. Dochází k indukovaní elektrického napětí mezi konci cívky. Prostrkujete-li zmagnetovaný metr cívkou se střídavým proudem, magnetické pole se velmi rychle mění a rozhazuje magnetické domény do neuspořádaného chaotického stavu. Materiál metru se potom chová jako nezmagnetovaný kus feromagnetického materiálu.

Není samozřejmě nutné používat svinovací metr. Stejně dobře poslouží např. ocelové měřítku, nebo něco podobného. Je ale užitečné, když jsou na našem „magnetofonovém pásku“ nějaké dobře identifikovatelné značky (v případě metru či měřítka měrná stupnice). Zmagnetovaná místa potom můžete lépe najít.

Kosmické zvuky

Tento pokus poslouží jako zábavná vložka při výuce akustiky. Žákům se velmi pravděpodobně bude líbit a možná budou zkoušet podobné zdroje zvuku vyrábět i doma.

Pomůcky: plechovky různých velikostí, dlouhá kovová pružina, kovová „maxipružina“ (je k sehnání např. v obchůdkách různých science center, popř. i v některých prodejnách hraček), hřebíček, kladívko.

Provedení: Do dna plechovky, přibližně uprostřed, prorazte hřebíčkem za pomoci kladiva úzký otvor o něco málo širší, než je průměr drátu použité pružiny. Konec pružiny prostrčte otvorem tak, aby pružina visela u dna plechovky (směrem ven, tedy od plechovky). Zajištění pružiny proti vypadnutí nemusíte řešit. Pokud konec pružiny zastrčíte do dna plechovky trochu více, bude pružina dobře držet i bez zajištění. Zatřepete plechovkou s volně visící pružinou, narážejte volným koncem pružiny do podlahy, běžte s plechovkou po schodech a táhněte konec pružiny za sebou po schodišti, přejíždějte prsty po pružině... Budou se ozývat roztodivné zvuky.

Použijte dvě plechovky a spojte je maxipružinou. Ve dvojici držte každý jednu plechovku, pružinu nechte prověšenou mezi plechovkami a cvrнкеjte do ní prsty (popřípadě přejíždějte klíčem, nebo něčím podobným). Budou se ozývat „kosmické zvuky“. Uspořádání pokusu vidíte na obr. 4 a 5.



Obrázek 4. Kosmické zvuky I



Obrázek 5. Kosmické zvuky II

Jako jinou variantu těchto zdrojů zvuku můžete použít kbelík s provrtaným dnem, kterým protáhnete provázek. Budete-li držet kbelík v ruce, do prstů vezmete mokrý hadřík, stisknete provázek a budete přejíždět směrem dolů, začnou se také ozývat zajímavé zvuky. Tentokrát budou připomínat bučení krávy.

Metodické poznámky: V dobách, kdy ještě elektronika nebyla na takové úrovni, jako je tomu teď, se údajně tímto způsobem nahrávaly zvuky do sci-fi filmů. Jako dobrovolný domácí úkol mohou žáci doma vyrobit podobné zdroje zvuku, nahrát zvuky, které se jim podaří z jejich zdrojů vyloudit, a následně můžete uspořádat přehlídku kosmických zvuků.

K čemu se hodí dvě uši

Odpověď na tuto otázku je jasná. Dvě uši nám umožňují zaměřit směr, z něhož přichází zvuk. Ke každému uchu jde zvuk trochu jinou dobu a to našemu důmyslnému smyslu, kterým je sluch, stačí k tomu, abychom poznali, odkud zvuk přichází. (Žák vtipálek nejspíš odpoví, že uši máme dvě proto, abychom měli jedno náhradní, když se jedno poškodí – no... i na tom asi něco pravdy je.)

Když se zamyslíte nad tím, jak malý je rozdíl vzdáleností k vašemu levému a pravému uchu od určitého zdroje zvuku, napadne vás nejspíš otázka, jaký je minimální rozdíl těchto vzdáleností, které ještě sluch rozezná. Odpověď dá následující pokus.

Pomůcky: zahradní hadice dlouhá něco více než jeden metr, tužka nebo nějaká tyčka, lžička apod.

Provedení: Pokus budete provádět ve dvojici. Jeden z vás si vezme hadici, dá ji za svá záda a její konce přiloží k uším (obr. 6). Druhý z dvojice klepne tužkou, lžičkou apod. do hadice. Úkolem posluchače s hadicí u uší je poznat, ze které strany zvuk přišel dříve. Svůj sluchový vjem oznamuje tak, že zvedne pravý, nebo levý ukazováček na znamení toho, ze které strany zvuk přichází.

Pravděpodobně budete překvapeni tím, jak přesně je sluch schopen zaměřit, ťuknuli-li jste do hadice blíže k jednomu, nebo druhému uchu.



Obrázek 6. Z které strany zvuk přichází?

Metodická poznámka: K pokusu je vhodné připravit si více hadic a nechat ho provádět více dvojicemi žáků. Vlastní prožitek je zde mnohem cennější, než kdyby celá třída pouze pozorovala pokus prováděný jednou dvojicí žáků.

Hadice vede zvuk velmi dobře. Upozorněte proto žáky, aby tůukání do ní bylo mírné. Silný úder může být velmi nepříjemný až nebezpečný!

Závěr

Akustika je velmi hezké fyzikální téma a lze v ní dělat velké množství pokusů. V tomto článku jsme z nich uvedli malý výběr. Doufáme, že vás aspoň některý z nich zaujal, a pomůže vám ve vaší výuce.

Vzájemné ovlivnění fyziky a techniky

JOSEF MATOUŠEK

ZŠ a MŠ Ústí nad Labem, Nová

Motto: Průměrný žák české základní školy ovládá chytrý mobilní telefon, průměrný žák čínské základní školy umí chytrý mobilní telefon vyrobit

V dnešní době se často mluví o nutnosti získání zájemců o technické vzdělávání. Stejně tak se mluví o nedostatku kvalifikovaných pracovníků v technických oborech jak středoškolsky, tak vysokoškolsky vzdělaných.

Je mnoho možností, jak vzbudit zájem o technické vzdělávání. Žáci a studenti těchto oborů uvádějí mnoho různých faktorů, které je přivedly ke vzdělávání se v technických oborech, například vliv rodičů či širší rodiny, přátel, zájmových činností atd. Žáci a studenti nedokáží tento rozhodující impuls určit a dovolím si tvrdit, že někteří žáci a studenti tento impuls nesprávně identifikují, kdy rozhodující impuls pro volbu technického vzdělávání byl jiný, než uvádí a jsou o něm přesvědčeni.

Důležitým faktorem k volbě druhu vzdělávání je škola, konkrétně základní škola, kdy si dovolím pominout vliv mateřské školy.

Se zaměřením na Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání a rámcové vzdělávací programy pro střední vzdělávání (Rámcový vzdělávací program pro gymnázia – nemá prakticky odborné vzdělávání, ale je důležitý pro směřování žáků na vysokoškolské technické studium, rámcové vzdělávací programy podle kategorií oborů vzdělání J, E, H, L a M, konzervatoře a nástavbové studium pomínu) je pro stěžejní technické obory – strojírenství, stavebnictví a elektrotechnika, včetně většiny jejich podoborů, naprosto zásadní kromě matematiky, jako způsobu myšlení a řešení problémů, právě fyzika. Zde mám na mysli odborné vzdělávání na jednotlivých středních školách a jejich odborné předměty, které jsou právě specifické a rozdílové oproti všeobecně vzdělávacím předmětům. Zjednodušeně řečeno předměty všeobecně vzdělávací navazují na stejný předmět, odborné předměty navazují především na fyziku. Zde by fyzice mohl už vzhledem k hodinovým dotacím na základní škole (obvykle 2 hodiny fyziky týdně) „pomoci“ předmět z oblasti Člověk a svět práce.

Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání v oblasti Člověk a svět práce:

5.9 ČLOVĚK A SVĚT PRÁCE

Charakteristika vzdělávací oblasti Oblast Člověk a svět práce postihuje široké spektrum pracovních činností a technologií, vede žáky k získání základních uživatelských dovedností v různých oborech lidské činnosti a přispívá k vytváření životní a profesní orientace žáků. Koncepce vzdělávací oblasti Člověk a svět práce vychází z konkrétních životních situací, v nichž žáci přicházejí do přímého kontaktu s lidskou činností a technikou v jejich rozmanitých podobách a širších souvislostech. Vzdělávací oblast Člověk a svět práce se cíleně zaměřuje na praktické pracovní dovednosti a návyky a doplňuje celé základní vzdělávání o důležitou složku nezbytnou pro uplatnění člověka v dalším životě a ve společnosti. Tím se odlišuje od ostatních vzdělávacích oblastí a je jejich určitou protiváhou. Je založena na tvůrčí myšlenkové spoluúčasti žáků. Na 2. stupni ZŠ je rozdělena na osm tematických okruhů, Práce s technickými materiály, Design a konstruování, Pěstitelské práce a chovatelství, Provoz a údržba domácnosti, Příprava pokrmů, Práce s laboratorní technikou, Využití digitálních technolo-

gií, Svět práce. Tematické okruhy na 2. stupni tvoří nabídku, z níž tematický okruh Svět práce je povinný a z ostatních školy vybírají podle svých podmínek a pedagogických záměrů minimálně jeden další okruh. Vybrané tematické okruhy je nutné realizovat v plném rozsahu.

Záleží na řediteli základní školy, který tematický okruh, či okruhy, zvolí ve školním vzdělávacím programu. Kromě povinného okruhu Svět práce musí ze zbývajících 7 tematických okruhů zvolit minimálně jeden další. Některé tematické okruhy však souvisí s technikou velmi vzdáleně. U vhodně pro technické vzdělávání zvolených okruhů závisí na práci učitele, jak předmět pojme, žáci mohou rozvojem manuálních dovedností vyrobit předmět pro svoji potřebu nebo předmět související s fyzikou (například věšák, lžice, stojánek, pinzeta atd.; či např. stmívač, blikač, atd.

Jako vhodné tematické okruhy se jeví - Práce s technickými materiály, Design a konstruování nebo Provoz a údržba domácnosti:

PRÁCE S TECHNICKÝMI MATERIÁLY

Očekávané výstupy

Žák

ČSP-9-1-01 provádí jednoduché práce s technickými materiály a dodržuje technologickou kázeň

ČSP-9-1-02 řeší jednoduché technické úkoly s vhodným výběrem materiálů, pracovních nástrojů a nářadí

ČSP-9-1-03 organizuje a plánuje svoji pracovní činnost

ČSP-9-1-04 užívá technickou dokumentaci, připraví si vlastní jednoduchý náčrt výrobku

ČSP-9-1-05 dodržuje obecné zásady bezpečnosti a hygieny při práci i zásady bezpečnosti a ochrany při práci s nástroji a nářadím; poskytne první pomoc při úrazu

Učivo

vlastnosti materiálu, užití v praxi (dřevo, kov, plasty, kompozity)

pracovní pomůcky, nářadí a nástroje pro ruční opracování

jednoduché pracovní operace a postupy

organizace práce, důležité technologické postupy

technické náčrty a výkresy, technické informace, návody

úloha techniky v životě člověka, zneužití techniky, technika a životní prostředí, technika a volný čas, tradice a řemesla

DESIGN A KONSTRUOVÁNÍ

Očekávané výstupy

Žák

ČSP-9-2-01 sestaví podle návodu, náčrtu, plánu, jednoduchého programu daný model

ČSP-9-2-02 navrhne a sestaví jednoduché konstrukční prvky a ověří a porovná jejich funkčnost, nosnost, stabilitu aj.

ČSP-9-2-03 provádí montáž, demontáž a údržbu jednoduchých předmětů a zařízení

ČSP-9-2-04 dodržuje zásady bezpečnosti a hygieny práce a bezpečnostní předpisy; poskytne první pomoc při úrazu

Učivo

stavebnice (konstrukční, elektrotechnické, elektronické), sestavování modelů, tvorba konstrukčních prvků, montáž a demontáž

návod, předloha, náčrt, plán, schéma, jednoduchý program

PROVOZ A ÚDRŽBA DOMÁCNOSTI

Očekávané výstupy

Žák

(ČSP-9-4-01 provádí jednoduché operace platebního styku a domácího účetnictví)

ČSP-9-4-02 ovládá jednoduché pracovní postupy při základních činnostech v domácnosti a orientuje se v návodech k obsluze běžných domácích spotřebičů

ČSP-9-4-03 správně zachází s pomůckami, nástroji, náradím a zařízením včetně údržby, provádí drobnou domácí údržbu

ČSP-9-4-04 dodržuje základní hygienická a bezpečnostní pravidla a předpisy a poskytne první pomoc při úrazu, včetně úrazu elektrickým proudem

Učivo

(finance, provoz a údržba domácnosti – rozpočet, příjmy, výdaje, platby, úspory; hotovostní a bezhotovostní platební styk, ekonomika domácnosti; údržba oděvů a textilií, úklid domácnosti, postupy, prostředky a jejich dopad na životní prostředí, odpad a jeho ekologická likvidace; spotřebiče v domácnosti)

elektrotechnika v domácnosti – elektrická instalace, elektrické spotřebiče, elektronika, sdělovací technika, funkce, ovládání a užití, ochrana, údržba, bezpečnost a ekonomika provozu, nebezpečí úrazu elektrickým proudem

Z mnoha možností propojení technické výchovy a fyziky na základní škole zde uvedu oblast elektromagnetických dějů na základě Rámcového vzdělávacího programu pro základní vzdělávání zařazeného do oblasti fyziky:

ELEKTROMAGNETICKÉ A SVĚTELNÉ DĚJE

Očekávané výstupy

Žák

F-9-6-01 sestaví správně podle schématu elektrický obvod a analyzuje správně schéma reálného obvodu

F-9-6-02 rozliší stejnosměrný proud od střídavého a změří elektrický proud a napětí

F-9-6-03 rozliší vodič, izolant a polovodič na základě analýzy jejich vlastností

F-9-6-04 využívá Ohmův zákon pro část obvodu při řešení praktických problémů

F-9-6-05 využívá prakticky poznatky o působení magnetického pole na magnet a cívku s proudem a o vlivu změny magnetického pole v okolí cívky na vznik indukovaného napětí v ní

F-9-6-06 zapojí správně polovodičovou diodu

Učivo

elektrický obvod – zdroj napětí, spotřebič, spínač

elektrické a magnetické pole – elektrická a magnetická síla; elektrický náboj; tepelné účinky elektrického proudu; elektrický odpor; stejnosměrný elektromotor; transformátor; bezpečné chování při práci s elektrickými přístroji a zařízeními.

Učitel má několik možností, jak vhodnou metodou předat teoretické poznatky, aby podal učivo a vzbudil zájem žáka o probírané téma. Může učivo vysvětlit, názorně předvést jev, žáci si mohou učivo přečíst v učebnici a prohlédnout si obrázky. Pokud mají vhodnou stavebnici, tak mohou sestavit model a analyzovat jeho funkčnost. Nebo si také sami mohou vyrobit zařízení, které jim zůstane pro jejich potřebu. Vlastním podílem na výrobě by se žáci mohli zajímat o teoretické fyzikální fungování jejich zařízení a mohl by tím povzbuzen větší zájem žáků o technické vzdělávání a přiblížení se technice v praxi.

Pro inspiraci učitelům základních škol jsem vybral dva konkrétní příklady vlastního výrobku žáků. Jako první při výuce o elektřině v domácnosti, světelných a zásuvkových obvodech v rámci okruhu Člověk a svět práce si mohou žáci z běžného vypínače sami vyrobit stmívač. Jako druhý jsem vybral výrobu vlastního blikáče.

Pro výrobu zařízení je vhodné pro žáka mít teoretické fyzikální znalosti ve většině probírané na základní škole o elektrickém obvodu, elektrickém proudu, elektrickém napětí, elektrickém odporu, Ohmovu zákonu, vodičích, izolantech, polovodičích, potenciometru, reostatu, rezistoru, kondenzátoru, diodě, tranzistoru atd.

V předmětu z oblasti Člověk a svět práce, který může mít různé názvy (pracovní činnosti, technická výchova, technické práce atd.), kromě uvedeného učiva dle rámcového vzdělávacího programu v oblasti elektrotechniky dále získává požadované dovednosti o materiálu, jeho dělení – řezání, opracování – pilování a broušení, vrtání a spojování nerozebíratelným spojem – cínové pájení.

Základem výrobků je vytvoření elektrického obvodu, v našem případě se nebude jednat o propojení izolovaných vodičů (kabelů), ale o plošný spoj, kde je elektrický obvod tvořen vodivými cestami vytvořenými například leptáním z měděných folií nalepených na izolační laminátové desce (cuprextit), který propojuje jednotlivé součásti elektrického obvodu.

Plošný spoj lze vytvořit mnoha způsoby, navrhnou tři možnosti. Požadované schéma elektrického obvodu je možné ručně nakreslit a vyfrézovat, v případě vhodného vybavení naprogramovat do frézky a plošný spoj vyfrézovat, schéma elektrického obvodu je možné nakreslit na desku a odleptat nepotřebnou měď, jako třetí možnost vytvoření plošného spoje nabízím vytisknutí schéma spoje na transparentní fólii na laserové tiskárně, dále je nutné osvitit desku fotocitlivého cuprextitu, vyvolat ji a vyleptat. Třetí možnost vyžaduje vhodné osvitové zařízení, v nouzi horské sluníčko. Pro vyvolání je nutný 1% roztok hydroxidu sodného (z kabinetu chemie) či speciální vývojku. Pro leptání je možné zakoupit speciální lázeň nebo použít (z kabinetu chemie) směs kyseliny chlorovodíkové, peroxidu vodíku a vody v poměru 3:2:15.

Dalším krokem je oříznout vytvořenou desku s plošným spojem, opílovat ji a obrousit do požadovaného tvaru bez narušení elektrického obvodu.

Následuje vyvrtání otvorů pro osazení součástek.

Posledním krokem je vodivé připojení součástek k obvodu cínovým pájením pomocí páječky.

Problém dvou obálek, problém tří dveří a Jánošíkův paradox

JAN NOVOTNÝ

Katedra fyziky, chemie a odborného vzdělávání, Masarykova univerzita, Brno

Abstrakt.

Paradox nastává v situaci, kdy za neproblematického použití běžně používaných a uznávaných metod dojdeme z přijatelných předpokladů k nepřijatelnému závěru. V současné době se výměnným pravděpodobnostním paradoxům věnují stovky článků ročně. Začneme paradoxem obálek a uvedeme dva další paradoxy podobného typu, přičemž poslední je náš původní. Upozorníme na nejasnosti způsobující paradoxy a podáme vysvětlení, které je odstraní. Zmíníme se o možnostech simulace situací, k nimž se vztahují paradoxy.

Paradox obálek

Paradox dvou obálek je problém považovaný různými autory za hádanku, logickou hříčku, filozofický problém či problém z oblasti teorie optimálního rozhodování a teorie pravděpodobnosti.

Jsou dvě navzájem nerozlišitelné obálky, v každé z nich je kladná suma peněz, přičemž v jedné obálce je dvojnásobné množství peněz než ve druhé. Můžete si vybrat libovolnou z obálek a ponechat si sumu, kterou daná obálka obsahuje. Náhodně si tedy jednu z obálek vyberete, ovšem předtím, než obálku otevřete, dostanete nabídku vyměnit ji za druhou obálku. Jaká je optimální reakce? Budete měnit?

Diskuse I

Uvedme zdánlivě přesvědčivou argumentaci, proč bychom měli volbu obálky změnit:

Částku ve vybrané obálce označíme A . Pravděpodobnost, že A je menší z částek v obálkách je $1/2$, a pravděpodobnost, že A je větší z částek v obálkách je také $1/2$. Jestliže A je menší z částek v obálkách, pak druhá z obálek obsahuje částku $2A$. Jestliže A je větší z částek v obálkách, pak druhá z obálek obsahuje částku $A/2$. Tedy druhá z obálek obsahuje částku $2A$ s pravděpodobností $1/2$ a částku $A/2$ s pravděpodobností $1/2$. Takže střední hodnota částky ve druhé obálce je

$$\frac{1}{2}(2A) + \frac{1}{2}\left(\frac{A}{2}\right) = \frac{5}{4}A$$

Toto je větší než A , v průměru se tedy dá na výměně obálek vydělat.

Vzniká však námitka: Po výměně obálek označíme obsah druhé obálky B a pokračujeme v úvahách stejným způsobem jako nahoře. Závěr je, že rozumné je znovu obálky vyměnit. Pak ovšem nelze s vyměňováním obálek nikdy přestat. Protože je jistě racionálnější vzít si obsah libovolné obálky než bez přestání obálky vyměňovat, máme zde protimluv (paradox).

Problém spočívá v tom, najít ve výše uvedené argumentaci chybu.

Diskuse II

Výše uvedená výchozí úvaha by byla v pořádku, kdyby se vztahovala k jiné situaci: Poté, co zvolím první obálku s částkou A , bude do druhé obálky vložena s $p = 1/2$ částka $A/2$ a s $p = 1/2$ částka $2A$. Pak mi bude nabídnuta změna volby.

Nezměním-li volbu, je zisk $z = A$, změním-li volbu, je průměrný zisk $z = 5/4 A$. V tomto případě je změna opravdu výhodná.

V čem je tedy omyl výchozí úvahy?

Označím-li částku v obálce 1 jako A , pak je to buď nižší částka a v obálce 2 je částka $2A$, nebo je to vyšší částka a v obálce 2 je částka $A/2$. V prvním případě jsou v obálcích částky A a $2A$, v druhém případě částky A a $A/2$. Nemůže dojít k tomu, abych po výměně obálek nacházel s $p = 1/2$ částky $2A$ a $A/2$, jak nám to sugeruje posuzovaná argumentace. To lze snadno demonstrovat prostě vícenásobným opakováním daného pokusu.

Správný rozbor:

Volím obálku 1, v ní je s $p = 1/2$ částka A , a s $p = 1/2$ částka $2A$. Průměrný zisk je tedy $z = 1/2 A + 1/2 2A = 3/2 A$. Kdybych zvolil obálku 2, bylo by opět $z = 1/2 A + 1/2 2A = 3/2 A$.

Troje dveře (Monty Hallův paradox)

Za trojmi dveřmi jsou soutěžní ceny, za jedněmi auto, za zbývajících dvojími dveřmi jsou ceny útěchy – kozy. Úkolem soutěžícího je zvolit si jednu dveř. Poté co soutěžící ukáže na konkrétní dveře, moderátor otevře jednu ze dvou zbývajících dveří a za nimi je koza. Teď má soutěžící možnost buď ponechat svou původní volbu, nebo změnit volbu a ukázat na zbývající dveře. Zvýší se šance na výhru auta, pokud soutěžící změní volbu?

Diskuse a řešení:

Volbou konkrétních dveří jsem s $p = 1/3$ volil auto, s $p = 2/3$ jsem volil kozu. Moderátor následně otevřel dveře s kozou. V případě, že jsem volil auto a volbu změním, dostanu kozu. V případě, že jsem volil kozu a volbu změním, dostanu auto. První případ má $p = 1/3$, druhý případ má $p = 2/3$. Změna mi tedy dává větší šanci na výhru auta. Tento závěr je správný, avšak jen za jistých zamlčených předpokladů.

1. Moderátor ví, co je za dveřmi. 2. Moderátor je předem rozhodnut otevřít dveře s kozou. Pozměňme předpoklad 2:

2a. Moderátor mi chce pomoci - zasáhne pouze v případě, že jsem volil kozu. Volbu tudíž musím jednoznačně změnit.

2b. Moderátor mě chce připravit o výhru – zasáhne jen v případě, že jsem volil auto. Musím jednoznačně trvat na původní volbě.

Nyní pozměňme oba předpoklady:

1a. Moderátor neví, co je za dveřmi.

2c. Moderátor je předem rozhodnut otevřít jednu ze zbývajících dveří.

Otevře-li moderátor dveře s autem, bude konstatovat, že snaha o pomoc nevyšla. Otevře-li dveře s kozou, vyřadí jednu dveř z výběru. Má původní volba i změna mají nyní $p = 1/2$.

Pravdivost uvedených závěrů lze potvrdit pomocí simulace. Poučení: U problémů týkajících se pravděpodobnosti je třeba přesně formulovat předpoklady. Není-li zaručeno splnění předpokladů, není zaručen ani výsledek.

Jánošíkův problém

Jánošík se rozhodl, že bude bohatým brát a chudým dávat. Jak ale spravedlivě posoudit, kdo je bohatý a kdo chudý? Vymyslel si tento postup: prvnímu pocestnému, kterého potkal, peníze pouze přepočítal a zase mu je vrátil. Pro setkání s dalším pocestným si připravil takto zjištěnou částku a porovnal ji s hotovostí dalšího pocestného. Měl-li pocestný méně, byl chudý a tuto částku od Jánošíka dostal. Měl-li více, byl bohatý a o své peníze přišel. Dále Jánošík postupoval, abychom to řekli učeně, podle naznačeného algoritmu, tj. s $(n + 1)$ -tým pocestným naložil podle toho, jak na tom byl ve srovnání s n -tým pocestným.

Připadalo mu, že si počíná nejen spravedlivě, neboť v dlouhodobé perspektivě bude počet oloupených a obdarovaných stejný, ale navíc je za to zaslouženě odměňován. Získávat bude při setkání s bohatými, kdy získá více, než měl, kdežto ztrácet při setkání s chudými, kdy ztratí jen to, co měl. Pravděpodobnost ztráty i zisku bude při každém setkání stejná, ztratí však vždy pouze to, co měl, kdežto získá více, než měl, takže jeho podnikání směřující k posílení sociální spravedlnosti bude v dlouhodobé perspektivě ziskové.

Pohledme na věc i z hlediska pocestných, kteří Jánošíka potkávají. Úvaha je obdobná: v polovině případů pocestný získává a v polovině ztrácí – pokud získá, získá více, než měl, pokud ztratí, ztratí jen to, co měl, a tedy v dlouhodobém průměru pocestní bohatnou a Jánošík ztrácí. Obojí ale nemůže platit zároveň.

Kde je v předchozích úvahách chyba?

Řešení problému lze nejlépe hledat pomocí simulace, v nejjednodušším případě – házením kostkou. Pocestní mají v kapsách náhodně hotovost od 1 do 6.

Zkusme situaci rozepsat a pohled na záznam cosi napovídá (J – Jánošík, P-náhodný pocestný):

J 4 2 2 1 6 4 1 4 6 6 3 1 5 4 2 5 2 3 1 2 4 5 6 4 2 4 1 5 1 1 2 6 4 5 6 2 6 2 6 2 6 1 6 1 3 3 2

P 2 2 1 6 4 1 4 6 6 3 1 5 4 2 5 2 3 1 2 4 5 6 4 2 4 1 5 1 1 2 6 4 5 6 2 6 2 6 2 6 1 6 1 3 3 2 6

Tučně vtištěná čísla představují v horním řádku Jánošíkovy ztráty, v dolním jeho zisky. Při čtení záznamu zprava doleva (proti proudu času) se ztráty a zisky pocestných řídí stejným algoritmem, jaký zvolil pro sebe Jánošík. Porovnejme možnosti setkání Jánošíka s pocestným, považujme všechny možnosti vyplývající z vrhu kostky za stejně pravděpodobné a získáme přehled Jánošíkových zisků (popř. ztrát) v závislosti na jeho hotovosti před setkáním s pocestným:

J 1 1 1 1 1 1 zisk	J 2 2 2 2 2 2 zisk	J 3 3 3 3 3 3 zisk
P 1 2 3 4 5 6 20	P 1 2 3 4 5 6 18 – 2 = 16	P 1 2 3 4 5 6 15 – 6 = 9

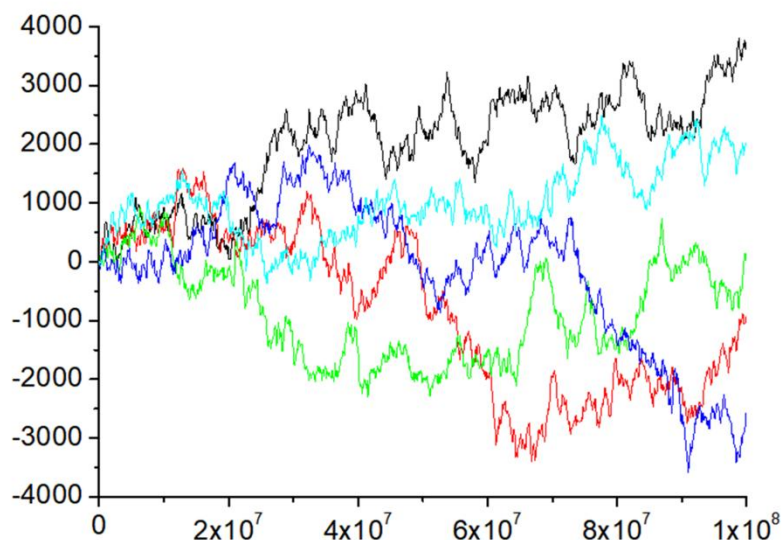
/

J 4 4 4 4 4 4 ztráta	J 5 5 5 5 5 5 ztráta	J 6 6 6 6 6 6 ztráta
P 1 2 3 4 5 6 12 – 11 = 1	P 1 2 3 4 5 6 20 – 6 = 14	P 1 2 3 4 5 6 30

Z tabulky je zřetelná asymetrie zisků a ztrát vzhledem k Jánošíkově hotovosti. S hotovostí 3 dukáty získává Jánošík podstatně víc, než kolik s hotovostí 4 dukáty ztrácí, zato s hotovostí 1 dukát získává výrazně méně, než ztrácí s hotovostí 6. Poznamenejme, že tento jev by byl ještě nápadnější při větším počtu srovnávaných možností. Jánošík sice při dodržování svého

algoritmu při každém setkání získává více, než má, nebo ztrácí, co má. Přesto se, jak je patrné z tabulky, průměrný zisk rovná průměrné ztrátě.

Zkusili jsme „Jánošíkovy cesty“ naprogramovat. Na grafu simulujeme 5 Jánošíkových výprav, na nichž se setkává vždy se sto milióny pocestných. Výsledek ukazuje, že zbojníkův profit je blízký nule.



Graf: Pět Jánošíkových výprav (5 barev), vždy se setkává s 100 milióny pocestných. Z grafu také vidíme, že absolutní statistická chyba je úměrná druhé odmocnině N .

Závěr

V příspěvku jsme poukázali na nutnost přesné formulace předpokladů ve formulaci podobných hravých úloh. Tyto hříčky dávají studentům možnost přemýšlet o tom, jak navrhnout svůj vlastní způsob simulace situací, které na první pohled vedou k paradoxům.

Literatura

- [1] Novotný J., Svobodová J., A New Variation of Probability Paradox, Conference on Advance in Statistics, St.Peterburg, 2018
- [2] Mojžiš, M.: Tri hlavy draka, W Press, Bratislava, 2014
- [3] Bíla, H.: Paradox dvou obálek <http://koroptew.blogspot.com/search/label/paradoxy>, 2009
- [4] Novotný J., Svobodová J., Jak pracuje věda, Masarykova univerzita, Brno, 2012

EarthKAM – využití mezinárodního projektu NASA ve škole

LENKA PODZIMKOVÁ¹, IRENA DVOŘÁKOVÁ²

¹ZŠ a MŠ Bilá, Praha 6, ²KDF MFF UK, Praha

Pohled z výšky na Zemi je vždy fascinující. Stačí vystoupit na vrcholky hor či rozhlednu, proletět se letadlem. Na úkor detailů vidíme úplně jiné souvislosti. Ale tak získáme nadhled z výšky maximálně několika kilometrů. Díky inspiraci kolegyně ze ZŠ Dr. Edvarda Beneše v Čakovicích jsme se dozvěděli o mimořádné příležitosti, kterou jsme se rozhodli na naší základní škole využít. V rámci projektu EarthKAM jsme si nechali pořídit snímky povrchu Země prostřednictvím Mezinárodní vesmírné stanice ISS, která se pohybuje ve vzdálenosti bezmála 400 km od jejího povrchu. Získali jsme první úchvatné snímky, přístup k desítkám tisíc dalších snímků. Jak je identifikovat? Co z nich lze vyčíst? Jak získanou informaci zpracovat? Jak ji předat dál? Vystala celá řada otázek, na jejichž zodpovězení se začali kromě žáků ochotně podílet i učitelé dalších přírodovědných předmětů a jazyků. Ve spolupráci s žáky jsme vytvořili něco, co zcela přesáhlo naše původní očekávání. Máme nekonečný prostor pro další rozvoj.

Sally Ride EarthKAM

O projektu



Obrázek 1. Sally Ride – autorka projektu, foto z [2]

„Když jsem kroužila kolem Země v raketoplánu, mohla jsem plout kolem všech oken a upřeně hledět dolů na krásné bílé mraky, na zářivě oranžové pouště, na jiskřivě modrou vodu na planetě pod námi. Mohla jsem vidět korálové útesy v oceánech, úrodnou zemědělskou půdu v údolích a zpod mraků třpytící se světla měst. Dokonce i z vesmíru je poznat, že na Zemi to žije.“ Sally Ride (přeloženo dle [2]).

Sally Ride EarthKAM (Earth Knowledge Acquired by Middle school students) je vzdělávací projekt NASA, který zprostředkovává studentům, učitelům i veřejnosti poznání o Zemi z unikátní perspektivy – z vesmíru [1]. Byla to právě Sally Ride, americká kosmonautka, která projekt EarthKAM odstartovala. Rozhodla se zprostředkovat všem studentům na celém světě tu úžasnou příležitost – dovědět se něco o Zemi prostřednictvím jejího pozorování

z vesmíru. Vše potřebné ke spoluúčasti na projektu zájemce o poznání nalezne na stránkách www.earthkam.org.

Cesta za snímky



Obrázek 2a, b. Zleva Praha a okolí, oblačnost nad Londýnem, foto ISS 22. a 23. 2. 2018, [1]

Snímky jsou pořizovány Mezinárodní vesmírnou stanicí (dále jen ISS) přímo dle požadavků žáků, studentů, učitelů a další veřejnosti v době tzv. mise. Mise probíhají několikrát ročně již od roku 2001 a trvají jeden týden. Do každé mise je třeba se předem přihlásit. Krátce před misí uživatel obdrží sadu jedinečných kódů, které jsou pro zadání požadavků na snímky nezbytné. Po skončení mise vidí uživatel pod svým účtem (ve své schránce) všechny jím požadované snímky, které se podařilo pořídit. Lze využívat i další snímky, neboť všechny pořízené snímky i z předchozích misí jsou veřejně dostupné na stránkách www.earthkam.org.

Jak si zadat požadavek

Několik dní před zahájením mise je pod záložkou Image Requests mapa, v níž lze zobrazit orbity – místa, po kterých se bude ISS pohybovat, včetně vyznačení přesného času s přesností na 1 sekundu.



Obrázek 3. Mapa s vyznačenými orbitami, 62. mise EarthKAM [1]

K vybranému místu se zobrazí zeměpisné souřadnice, orbita a čas. Tyto údaje se překopírují do formuláře Image Request s jedinečným kódem pro každý požadovaný snímek. Poprvé si žáci dokázali za vyučovací hodinu s vysvětlením a pomocí zadat dva požadavky, v další misi pak již kolem pěti požadavků.

Obrázek 4. Identifikace místa, formulář pro odeslání požadavku, 62. mise EarthKAM [1]

Co je dobré mít na paměti

Fotí se jen ve dne (červená část orbity). Požadované místo může ležet nejdále 80 km od orbity. Snímky se shlukují do skupin, neboť další snímek pořídí ISS nejdříve za 6 sekund (viz Obrázek 2a. – Praha, Brdy i Beroun jsou na jednom snímku). Dva navazující snímky se částečně překrývají a mohou se na rozhraní i výrazně barevně lišit. Na počasí záleží. Můžete mít místo pozemského cíle krásně nafocenu oblačnost (Obrázek 2b. – oblačnost nad Londýnem). Snímky jsou pořizovány dvěma různými čočkami, takže zobrazují oblast o rozměrech buď cca 37 km x 56 km, nebo 125 km x 188 km. Záleží také na postavení Slunce vzhledem k ISS a Zemi, takže ranní a večerní snímky nebývají úplně ideální.

Co se snímky

Snímky vám „lezou“ do schránky, máte z nich ohromnou radost, jen nevíte, odkud jsou. Asi do dvou týdnů od skončení mise dostanou všechny snímky kompletní informační list, kde uvidíte souřadnice středu i rohů, rozměry, budete mít možnost stáhnout je v několika kvalitách. Zjistíte, že sever není nahoře (až na vzácné výjimky). V závislosti na ročním období a aktuálním osvětlení mohou být snímky výrazně barevně odlišné od zobrazení v mapách.



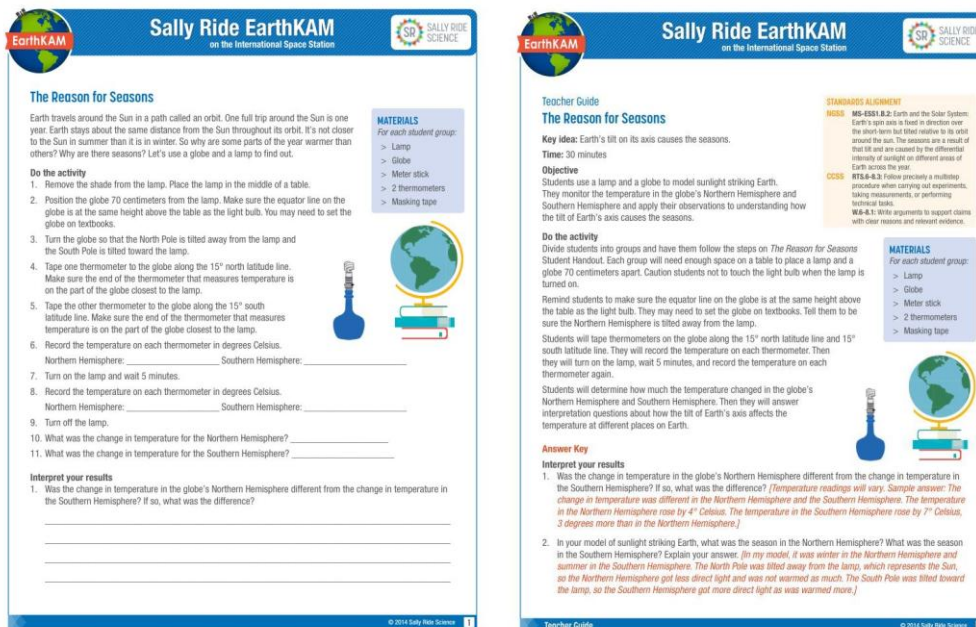
Obrázek 5. Zleva poušť v Egyptě 14. 4. 2018, Laguna di Marano, Itálie, 24. 2. 2018, Kastilské pohoří Španělsko 23. 2. 2018, foto ISS, [1]

Máte dokonce k dispozici interaktivní mapu se všemi vašimi snímky. Jenže se všemi, i s těmi, které vám nemají co říci. Tyto snímky však bohužel nelze ze schránky vymazat.

Inspiraci, jak obrázky v práci se žáky využít, lze nalézt na stránkách www.earthkam.org/ek-images. Nejjednodušší je vytvořit nástěnku. Je účelné snímky zorientovat ke světovým stranám, lokalizovat je. Můžete využít i cizí snímky a vytvořit si liniové řady. Můžete využít již některé hotové práce. Můžete si vytvořit dle inspirace vlastní snímky s popisem. Můžete toho opravdu hodně.

Další aktivity na stránkách EarthKAM

Na stránkách www.earthkam.org/activities jsou k dispozici připravené aktivity pro žáky s pracovními listy, řešením pro učitele a s návodem, jak s danou aktivitou zacházet. Učitel tak může využít celé řady pečlivě připravených vyučovacích hodin jak v běžné výuce, tak při nejrůznějších projektech. V neposlední řadě učitel ještě ocení vypsání kompetence, které daná aktivita u žáka rozvíjí. Aktivity jsou využitelné v přírodovědných, společenských, společenských předmětech i v hodinách angličtiny.



Obrázek 6. Ukázka z aktivit na stránkách EarthKAM, [2] Vlevo studentský list, vpravo učitelský list.

Naše aktivity

Žáci si ze získaných snímků vybrali ty, které chtějí vytisknout. Vytvořili jsme si i liniové snímky, vytvořili jsme i nástěnku, jenže to stále nějak nebylo ono. Nedokázali jsme tak přesně vymežit lokalitu, nedokázali jsme o snímcích příliš říci. Tak jsme začali uvažovat o dvou dalších krocích – vlastní interaktivní mapě (jen s dobrými snímky) a infokartách. Obě aktivity prošly postupným vývojem. Inspiraci lze najít na [www.earthkam.org/ek-images/electronic lithographs](http://www.earthkam.org/ek-images/electronic_lithographs).

Vlastní interaktivní mapa

Žáci usoudili, že když nelze odstranit nepoužitelné snímky z interaktivní mapy EarthKAM, tak naprogramují vlastní. Učinili tak dokonce dva žáci nezávisle na sobě. Naštěstí se dokázali domluvit, která se bude dále rozvíjet, a na dalším díle spolupracují. K vidění je na adrese <https://earthkam.azurewebsites.net/>. Interaktivní mapa si snímky načítá přímo z databáze EarthKAM. Druhou úroveň zobrazenou prostřednictvím mapy jsou infokarty, které se načítají z databáze na www.zsbila.cz/gallery/2017-2018/99/index.html.



Obrázek 7. Náhled vlastní interaktivní mapy, [1]

Infokarty

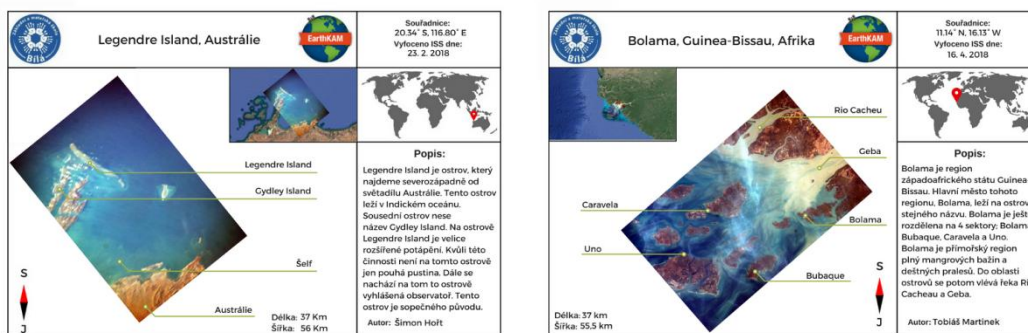
Zoufalá potřeba zachovat již nalezenou informaci o lokalitě, orientaci snímku a dalších zjištěných informací vyústila v tvorbu infokaret. Žáci zvolili program pro tvorbu infokaret a vytvořili hromadný účet a šablony na www.canva.org, do kterých žáci získané údaje zpracovávají, aniž by šablonu mohli poškodit. Zachováváme tak jednotný design.



Obrázek 8. Šablona pravá a levá pro tvorbu infokaret, [6]

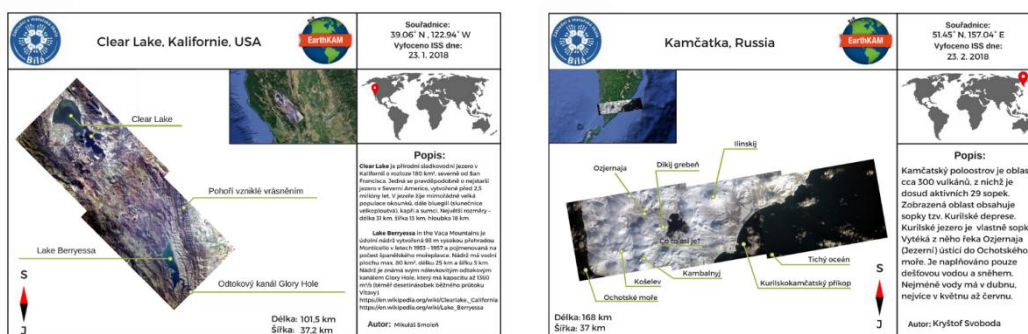
Vlastní tvorba infokaret

Prvotní zpracování každé infokarty včetně vysvětlení záměru, vybrání snímku, vyhledání informací, seznámení s použitím programu Canva, zorientování snímku v mapách, úpravy v malování, doplnění údajů, textu a popisu, včetně kontrol učiteli zeměpisu, přírodopisu, českého jazyka a dalších, trvalo jednomu žákovi 4 – 5 vyučovacích hodin, které byly k dispozici v rámci projektového dne v celku. Před publikací karty ji ještě zkontrolovali a případně dopravili tzv. koordinátoři – žáci 8. ročníku, kteří se na celém projektu klíčovým způsobem podíleli.



Obrázek 9. Ukázka použití šablon, [5]

Zdatnější tvůrci dokázali spojit i několik snímků dohromady. Za povšimnutí též stojí barevná odlišnost snímků vzhledem k mapě v závislosti na ročním období.



Obrázek 10. Využití liniových snímků, [5]

Závěrem:

V listopadu 2017 jsem se o této aktivitě dozvěděla, požádala jsem dva své žáky, aby mi pomohli s přihlášením v angličtině, ti začali postupně zapojovat své spolužáky. Jeden z nich si připravil prezentaci, ve které informoval žáky postupně čtyř tříd o projektu, chystané misi a způsobu zadání požadavku na snímky. Během jara 2018 jsme se zúčastnili dvou misí a získali asi dvě stě snímků.

Započali jsme dílo, na kterém se může zároveň podílet velké množství žáků. Každý svým malým dílem přispívá k hodnotě celku, každá práce má svoji cenu, je veřejně prezentovaná, smysluplná. Žáci objevují svět, získávají a uplatňují své poznatky nejen z přírodních věd, ale i informatiky a jazyků. Učí se též trpělivosti, systematickosti, spolupráci a pokoře.

Do projektu se zapojilo zhruba 100 žáků a 8 učitelů různých předmětů (od fyziky až po český jazyk). Učitelé oceňují smysluplnost projektu a to, že žáci vytvářejí něco, co je veřejně prezentovatelné a ve výuce použitelné i v dalších letech.

V příštím školním roce budeme samozřejmě v projektu EarthKAM pokračovat. Zkušenosti z projektu chtějí žáci i učitelé využívat například při tvorbě ročníkových prací.

Tato práce vznikla mimo jiné i díky projektu:

Zvýšení kvality vzdělávání žáků, rozvoje klíčových kompetencí, oblastí vzdělávání a gramotností reg. č. CZ.02.3.68/0.0/0.0/16_011/0000664



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



Literatura

- [1] <https://www.earthkam.org/>, [cit. 2018-07-23]
- [2] www.earthkam.org/activities, [cit. 2018-07-23]
- [3] <https://www.earthkam.org/about>, [cit. 2018-07-23]
- [4] <https://earthkam.azurewebsites.net/>, [cit. 2018-07-23]
- [5] <http://www.zsbila.cz/gallery/2017-2018/99/index.html>, [cit. 2018-07-23]
- [6] <https://www.canva.com/>, [cit. 2018-07-23]

Rubensova trubice

JAROSLAV REICHL, JAKUB DVOŘÁK

Střední průmyslová škola sdělovací techniky, Panská 3, Praha

V příspěvku je popsána konstrukce přístroje, který je vhodný jako ukázka stlačitelnosti plynu vlivem akustických vln, demonstrace stojatého vlnění, šíření zvuku v plynu, ... Přístroj vznikl na základě přípravy žáka Jakuba Dvořáka na splnění praktického domácího úkolu z fyziky.

Úvod

Při své výuce fyziky se snažím nejen předat žákům příslušné znalosti a dovednosti z fyziky, ale také se v nich snažím pěstovat respekt i lásku k tomuto pro mnohé ne příliš oblíbenému předmětu. Proto do svých hodin zařazuji řadu experimentů, problémových úloh, motivačních úloh, úlohy inspirované každodenním životem, ..., aby si žáci uvědomili, že je fyzika skutečně provází každý den a pomáhá jim s vysvětlením těchto jevů.

Kromě aktivit, které pro žáky připravuji já, zařazuji i aktivity, které si připravují i sami žáci. Mezi takové aktivity patří i praktické domácí úlohy.

Praktické domácí úlohy

Praktické domácí úlohy zadávám žákům druhých ročníků technického lycea. Zadání těchto úkolů má dva hlavní cíle. Prvním je zopakování si látky z prvního ročníků, prohloubení poznatků získaných jak teoretickým studiem fyziky, tak praktickým experimentováním či proměřováním hodnot fyzikálních veličin. Současně si někteří žáci vyzkouší i dosud nevyzkoušené dovednosti při konstrukci jednoduchých experimentálních zařízení, shánění vhodného materiálu k jejich výrobě, ... Proto volím praktické úlohy, aby se žáci museli nad vybraným fyzikálním jevem zamyslet hlouběji a přistoupit k jeho realizaci jinak, než že se naučí jeden vztah a jednu definici fyzikálního zákona. Natolik se ale v té době už se žáky vzájemně známe, že vědí, že by takový způsob prezentace fyziky u mne neprošel!

Druhým cílem, se kterým tyto úlohy zadávám, je možnost vyzkoušet si prezentovat svůj nápad, svojí pomůcku, svojí variantu experimentu před ostatními spolužáky i učitelem. A ač by se mohlo zdát, že spolužáci se nebudou příliš ptát a nebudou hledat chyby v prezentovaném experimentu, velmi často právě od nich přicházejí takové dotazy, které donutí prezentujícího žáka se hluboce zamyslet a hledat všechny relevantní souvislosti. A tato dovednost - rychle se zorientovat v položeném dotazu, rychle vymyslet vhodnou a pokud možno správnou odpověď, rychle reagovat na výtku či nesrovnalost v předvedeném experimentu - bude velmi potřebná při ucházení se o nové pracovní místo, žádání o finanční příspěvek na svůj výzkum, prezentaci dosažených výsledků a podobně.

Řada žáků pak odchází zpět na své místo ve třídě se slovy: „Tedy nemáte to jednoduché, pane učiteli.“ A ani tento efekt není od věci, pokud si žáci uvědomí, že některými svými dotazy či poznámkami mohou učitele (na pár okamžiků) vyvést z předem připravené hodiny.

Tyto praktické domácí úlohy zadávám žákům na počátku školního roku a oni je pak přibližně od začátku října prezentují ostatním. Každou hodinu (resp. hodinu věnovanou cvičením z fyziky) je prezentován jeden domácí úkol.

V nabízeném seznam úkolů jsou standardní experimenty, které měli možnost žáci vidět v prvním ročníku v hodinách fyziky, některé jednodušší konstrukce strojů či měřicích přístrojů, sada experimentů s jedním typem pomůcky (PET láhve, kompaktní disky, injekční stříkačky, ...) či úkol dle vlastního námětu. Ty je třeba ale předem konzultovat se mnou, abych posoudil relevantnost námětu.

Při zadávání těchto úkolů zdůrazňuji, že za splnění úkolu budu považovat i předvedení mého experimentu, který žáci viděli minulý rok v hodinách fyziky. Stejně tak nabádám, aby neinvestovali velké finanční částky do svého zařízení, ale aby využili předměty a materiály, které mají doma a které by případně jinak vyhazovali.

I přes toto doporučení se občas najdou žáci, kteří je nedodrží.

Rubensova trubice

Námět

„Co byste řekl tomu, kdybych vyrobil Rubensovu trubici?“ zeptal se jednoho dne Jakub Dvořák ze třídy 15M naší školy. Neměl jsem nic proti, ale upozorňoval jsem na finanční náročnost, na technické problémy spojené se stavbou a na případné nebezpečí při práci s hořlavým plynem. Nic z toho Jakuba neodradilo. A natolik jsem ho již znal, že jsem ani neočekával, že mé námitky vezme. Zním ho nejen ze školy jako velmi schopného technika, který i když pracuje s vysokým elektrickým napětím či s nebezpečnými předměty je schopen tato nebezpečí vnímat a svou práci tomu uzpůsobit.

V termínu, kdy měl svůj experiment prezentovat, přišel do školy i se svým „grilem“, jak začali pomůckou poměrně trefně říkat jeho spolužáci.

Princip činnosti

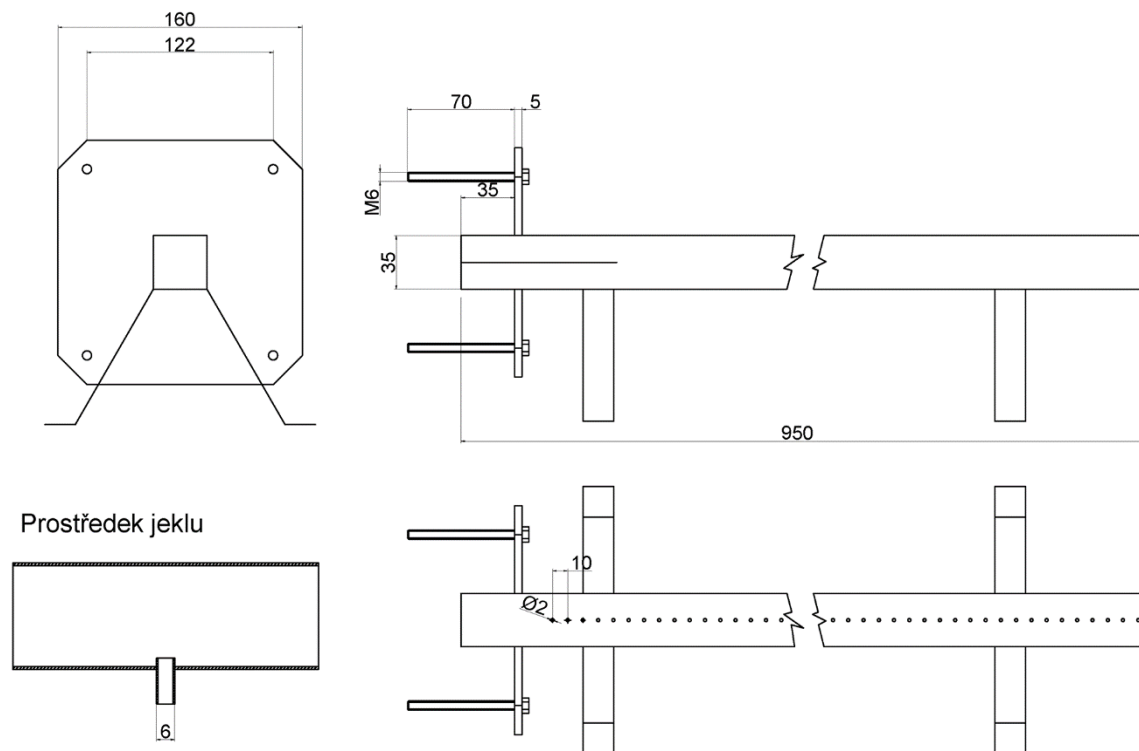
Trubicí, pomocí níž lze vizualizovat stojaté zvukové vlnění, sestrojil poprvé německý fyzik Heinrich Rubens (1865 - 1922) jako pomůcku pro své přednášky na berlínské univerzitě. Jeho přístroj byl pravděpodobně inspirován Kundtovou trubicí, kterou vyrobil jeho učitel. Rubensova trubice je trubice, jejíž průřez může být kruhový, obdélníkový i čtvercový a v jejíž horní části jsou vyvrtány malé otvory. Trubice, která je z jedné strany uzavřena pevně a z druhé strany je uzavřena pružnou membránou, se naplní plynem a ke konci s pružnou membránou se přiloží zdroj zvuku (reproduktor, křičící člověk, ...).

Vlivem šíření zvuku plynem v trubici se plyn postupně zředňuje a zahušťuje - zvuk se v trubici šíří ve formě podélného vlnění. Je-li trubice na opačné straně, než je umístěn zdroj zvuku, pevně uzavřena, vlnění se od tohoto pevného konce odrazí a uvnitř trubice tak postupně vznikne stojaté vlnění. Vlivem stojatého vlnění se bude periodicky měnit tlak plynu v místech trubice, která odpovídají kmitnám a uzlům stojatého vlnění i bodům mezi těmito dvěma typy význačných bodů.

Pokud plyn, který uniká z otvorů vyvrtaných v horní části trubice, zapálíme, výška plamene bude odpovídat tlaku plynu v místě pod příslušným otvorem. Tím ale výška plamene bude určovat rozložení kmiten a uzlů (a dalších typů bodů, v nichž má vlnění obecně různou amplitudu). Změnou frekvence zvuku, který do trubice přichází, se bude měnit rozložení kmiten a uzlů a tím i výška plamenů nad jednotlivými otvory v trubici.

Výroba konkrétního typu trubice

Stavba Rubensovy trubice zabrala Jakobovi přibližně týden. Během stavby se neseťkal se žádnými většími problémy. To bylo dáno zejména tím, že si Jakub před samotnou výrobou vytvořil výkres celé sestavy (viz obr. 1), kterého se po celou dobu výroby přesně držel. Na základě výkresu bylo proto i relativně snadné vybrat a nakoupit vhodné materiály na stavbu celé trubice.



Obr. 1: Nákres pomůcky

Jako hlavní díl byl použit hliníkový jekl s délkou 95 cm. Ač se Jakub inspiroval návody na stavbu Rubensovy trubice umístěnými na internetu (např. [1]), nikde nebyl návod kompletní se všemi potřebnými údaji a rozměry jednotlivých dílů. Proto musel řadu rozměrů (např. průměry otvorů, kterými z trubice uniká plyn a pak hoří) odhadnout. Všechny potřebné rozměry byly naštěstí zvoleny natolik dobře, že se podařilo přístroj vyrobít funkční napoprvé bez nutnosti dodatečných změn. Jediný problém nastal při vrtání velmi malých otvorů o průměru 1 mm. I když Jakub používal stojanovou vrtačku, tenký vrták se často lámal; nicméně nakonec se podařilo vyvrtat všech 59 otvorů.

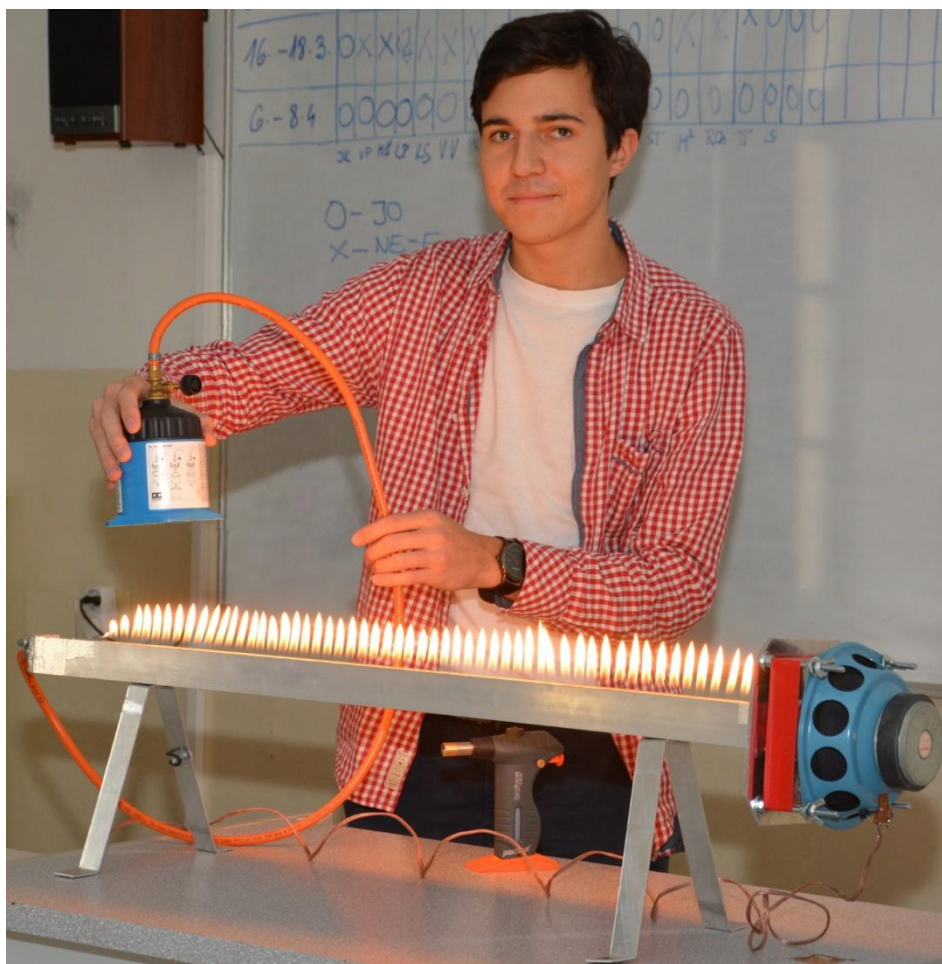
Další problém, který bylo nutné speciálně řešit, byl problém s membránou. Pro správnou činnost Rubensovy trubice je velmi důležité, aby membrána byla velmi pružná (snadný přenos zvuku do vnitřního prostoru trubice), ale současně i velmi pevná (zamezuje unikání plynu a větším změnám objemu plynu v trubici). Jako nejlepší způsob se nakonec osvědčil klasický pouťový balónek. Pro zvýšení bezpečnosti celé aparatury Jakub použil dva tyto balónky; tím předešel nežádoucímu úniku plynu a nežádoucí explozi směsi propan-butanu a vzduchu. Vzhledem k tomu, že podél celé délky trubice hoří unikající plyn, celá trubka se nežádoucím způsobem zahřívá. Při delším experimentování s trubicí se proto i použitá membrána může ohřát natolik, že se roztaví. Aby Jakub předešel nejen roztavení membrány, ale také poničení reproduktoru umístěnému v její blízkosti, použil hliníkový plát přidělaný kolmo na použitý jekl, který tvoří tělo aparatury. Tento dodatečný hliníkový plát funguje velmi

dobře jako pasivní chlazení. Současně je na trubici umístěn senzor teploty, pomocí něhož může obsluha kontrolovat aktuální teplotu hliníkové trubice a v případě jejího výrazného zvýšení experimentování ukončit.

Jako zdroj plynu do trubice je použita běžně dostupná propan-butanová bomba se 190 g plynu. Její výstupní ventil se připojí k hadici, která je spojena s trubicou aparatury, a tato trubka se plynem napustí. Před vlastním experimentem je nutno několik minut počkat, aby se plyn rozmístil rovnoměrně po celém objemu trubky. Pro zajištění dostatečného tlaku plynu v zakoupené plynové bombě vymyslel Jakub jednoduchý způsob: bombu s plynem ponoří do kbelíku s teplou vodou. Plyn se v bombě zahřeje a při téměř neměnném objemu bomby zvýší svůj tlak. Do trubice, nad kterou následně plyn odhořívá, je tak plyn z bomby vhnán plynuleji.

Experimenty

Ve stanoveném termínu Jakub svou Rubensovu trubici ve škole předvedl. Spolužáci byli fascinováni, co dokázal vyrobit, aniž vlastně tak sofistikovanou pomůcku vyrábět musel! Vysvětlil základní fyzikální princip činnosti aparatury (viz obr. 2), popsal její konstrukci a přistoupil k experimentům.



Obr. 2: Jakub Dvořák se svojí Rubensovou trubicí

V prvním kroku (po zapálení plynu unikajícího z trubice) předvedl změnu tvaru plamenů nad trubicí v závislosti na frekvenci zvuku, který do trubice pouštěl. Pro ten účel použil svůj mobilní telefon, ve kterém měl připraveny vhodné skladby.

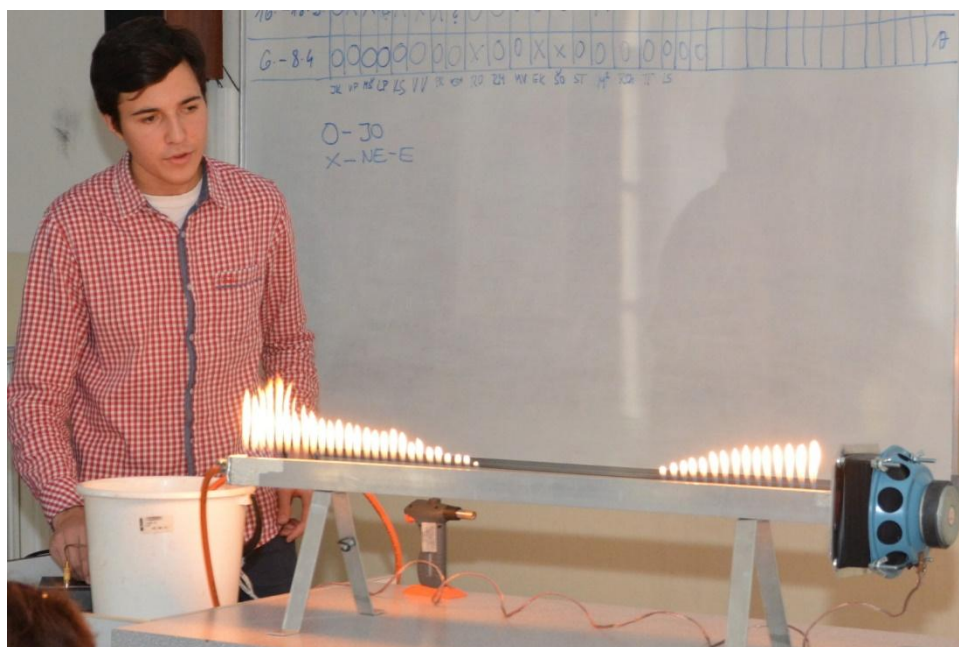
Ve druhém kroku experimentu pak do trubice pouštěl zvuky definovaných frekvencí a ukazoval, jak se změnil rozložení plamenů při použití zvuku s dvojnásobnou, poloviční, ... frekvencí, než byl původně vybraný zvuk. Některé konfigurace plamenů zobrazují obr. 3 až obr. 5.



Obr. 3: Ukázka tvaru plamenů



Obr. 4: Ukázka tvaru plamenů

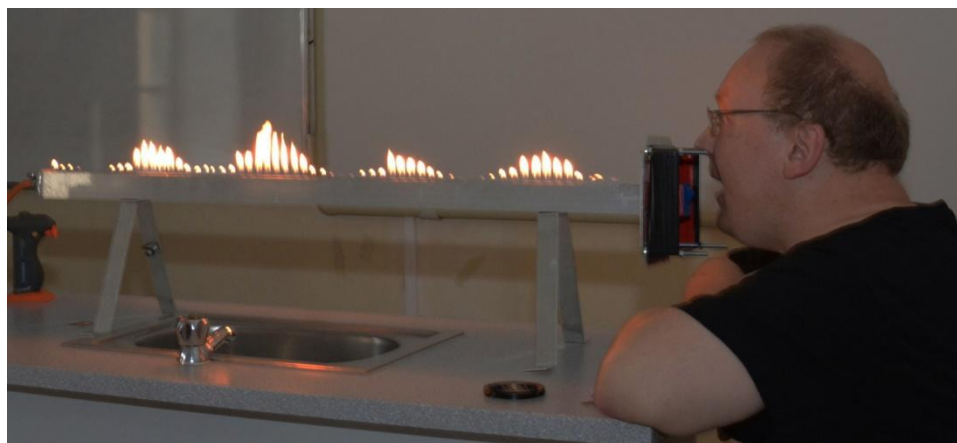


Obr. 5: Ukázka tvaru plamenů

Na základě proměření vzájemné vzdálenosti dvou sousedních uzlů (tato vzdálenost je rovna polovině vlnové délky daného zvukového vlnění) lze i určit velikost rychlosti šíření zvuku v použitém plynu. Abychom mohli tato měření porovnávat s tabulkovými hodnotami, bylo

by nutné opatřit trubici ještě vhodným senzorem tlaku plynu; velikost rychlosti šíření zvuku je na tlaku plynu totiž závislá.

Na závěr pak Jakub využil můj zvučný hlas a požádal mě, zda bych se nepokusil na membránu zakřičet. Po několika nezdařených pokusech, kdy jsem hledal optimální vzdálenost od membrány, výšku křičeného tónu i intenzitu zvuku se podařilo: plameny nad trubicí vytvořily podobný vzor, jako předtím (viz obr. 6).



Obr. 6: Místo reproduktoru zvuk vytváří Jaroslav Reichl

Další využití pomůcky

Úspěšná prezentace pomůcky nezůstala jediná. Jakub vyrobenou pomůcku prezentoval při dalších příležitostech.

Seminář Heuréka pro střední školy

V rámci 8. semináře *Heuréky pro střední školy*, který pro zájemce z řad učitelů vědu, jsme se věnovali mechanickému kmitání a vlnění. Požádal jsem proto Jakuba, zda by vyrobenou pomůcku učitelům fyziky nepředvedl. Jakub souhlasil, a tak se v příslušný čas dostavil a učitelům nejen pomůcku převedl, ale byl schopen velmi fundovaně odpovídat na jejich dotazy týkající se jak prezentovaných fyzikálních jevů, tak konstrukce přístroje.

MatFyz FEAT

Začátkem roku 2017 se Jakub přihlásil do soutěže Matfyz FEAT (viz [3]), kterou pořádá pro nadané a šikovné žáky středních školy MFF UK Praha. Jakub se rozhodl v rámci této soutěže postavit delší trubici, na kterou dostal finanční příspěvek přímo z MFF UK Praha.

Nová trubice má délku 220 cm a konstrukčně je velmi podobná prvnímu modelu. Když Jakub tuto trubici na soutěži prezentoval, zjistil, že pro takto dlouhou trubici ani horká voda v kbelíku nedokáže zajistit dostatečný tlak plynu v bombě, aby plyn rovnoměrně naplnil tuto trubici. Ač experimenty neměly tak jednoznačný průběh jako s využitím kratší trubice, přesto porota soutěže Jakuba ocenila cenou za počin v inovativním technickém řešení problému.

Video pro portál Vím proč

Bez jakékoliv další pomoci pak Jakub natočil o problematice stojatého vlnění a jeho demonstraci pomocí Rubensovy trubice video [viz 4], které prezentoval jednak na pravidelné školní

akademii a následně jej zaslal začátkem roku 2018 na portál *Vím proč* [2]. Experimenty, které natočil, prováděl s původní (tedy kratší) variantou trubice.

Jakubovo video na portálu [2] získalo jedno z nejlepších ocenění návštěvníků serveru a odborná porota ho vyhodnotila jako nejlepší v dané kategorii. Jakub tak vyhrál věcnou cenu pro sebe a finanční příspěvek pro školu na nákup fyzikálních pomůcek. Věcnou cenu Jakubovi předali zástupci Nadace ČEZ, která soutěž sponzoruje, v červnu 2018.

Finanční prostředky škoie budou poukázány až po schválení žádosti, kterou musela škola sepsat, představiteli Nadace ČEZ. Já, třídní učitelka i členové vedení školy Jakubovi výhru přáli a byli jsme rádi, že takového nadaného žáka ve škole máme. Trošku hořkou pachut' do výhry přinesla povinnost školy žádat o cenu, která škola na základě vyhodnocení poroty serveru [2] náleží, formou žádosti obsahující řadu dotazů, z nichž některé z nich může zodpovědět pouze ekonom či ředitel školy.

Literatura

- [1] <https://www.instructables.com/id/The-Rubens--Tube%253a-Soundwaves-in-Fire%21/>, [citováno 20. 8. 2018]
- [2] <https://www.vimproc.cz/>, [citováno 20. 8. 2018]
- [3] <http://matfyzfeat.mff.cuni.cz/>, [citováno 20. 8. 2018]
- [4] <https://www.youtube.com/watch?v=TmbLOZCb60U&feature=youtu.be>, [citováno 29. 8. 2018]

Interaktivní prvky ve Sbírce řešených úloh a fyzikálních pokusů

MARIE SNĚTINOVÁ, PETR KÁCOVSKÝ, ZDEŇKA KOUPILOVÁ, DANA MANDÍKOVÁ

Univerzita Karlova, Matematicko-fyzikální fakulta

Elektronická Sbírka řešených úloh je již 12 let vyvíjena na KDF MFF UK. V současné době obsahuje téměř 1000 úloh z fyziky od jednoduchých základoškolských po úlohy vysokoškolské obtížnosti. Tato Sbírka je unikátní zejména strukturovanými řešeními všech úloh. V roce 2015 vznikla také elektronická Sbírka fyzikálních pokusů, která slouží jako inspirace pro učitele, zejména na úrovni základních a středních škol. Pokusy ve Sbírce jsou zpracovávány co nejnázorněji a jsou doplněny fotografiemi a vzorovými videy. Příspěvek se zaměřuje na shrnutí současného stavu Sbírek a jednu z právě rozvíjených novinek – možnost využívání interaktivních prvků ve vybraných úlohách a experimentech.

Úvod

Tento příspěvek navazuje na prezentace Elektronické sbírky řešených úloh z fyziky a Elektronické sbírky fyzikálních pokusů z předchozích let ([1]-[3]). Obě Sbírky jsou krátce představeny a je uveden jejich současný stav. Příspěvek se dále zaměřuje hlavně na jednu novinku, kterou je možnost vkládání interaktivních prvků do úloh a experimentů.

Odkaz na Sbírku řešených úloh: <http://reseneulohy.cz/>

Odkaz na Sbírku fyzikálních pokusů: <http://fyzikalnipokusy.cz/>

O sbírkách

Sbírka řešených úloh z fyziky a Sbírka fyzikálních pokusů vznikají na katedře didaktiky fyziky MFF UK. Cílem těchto Sbírek je vytvoření podpůrných materiálů pro studenty i učitele základních, středních i vysokých škol. Řešené úlohy a experimenty do těchto Sbírek vytvářejí zejména studenti učitelství MFF UK v rámci svých studentských prací či projektů. Vytvořené úlohy a experimenty jsou následně recenzovány zaměstnanci KDF MFF UK.

Ačkoli se obsah obou Sbírek většinou vyvíjí nezávisle na sobě, průběžně obě sbírky propojujeme a řešené úlohy a experimenty se stejnou tematikou vzájemně párujeme. Vybrané úlohy a experimenty jsou navíc překládány do angličtiny.

Sbírka řešených úloh z fyziky

Sbírka řešených úloh z fyziky je na KDF MFF UK vyvíjena již 12 let. Je určena především vysokoškolským studentům úvodních kurzů fyziky a studentům středních škol, lze v ní ale nalézt i několik úloh základoškolských. Sbírka slouží převážně k prohlubování a opakování učiva, k přípravě SŠ studentů na přijímací zkoušky či k přípravě VŠ studentů na zápočty a zkoušky. Sbírku samozřejmě využívají i pedagogové a zájemci z řad neodborné veřejnosti.

Sbírka je speciálně navržena tak, aby při samostudiu „nahradila“ učitele; proto obsahuje podrobně komentovaná řešení úloh, komentáře, strukturované nápovědy a ilustrativní obrázky, které čtenáře vedou k aktivnímu přístupu a plnému pochopení daného problému.

Sbírka v tuto chvíli obsahuje sedm fyzikálních témat – Mechanika, Teoretická mechanika, Termodynamika a mol. fyzika, Elektřina a magnetismus, Optika, Fyzika mikrosvěta a Matematické metody. Úlohy jsou dále tříděny podle náročnosti (ZŠ, SŠ, SŠ+, VŠ), některé jsou navíc zařazeny do speciálních kategorií (např. vyznačení poznávacích operací, které daná úloha rozvíjí či označení speciálního způsobu řešení úlohy). Vybrané úlohy jsou navíc propojeny s Multimediální encyklopedií fyziky [4].

Sbírka fyzikálních pokusů

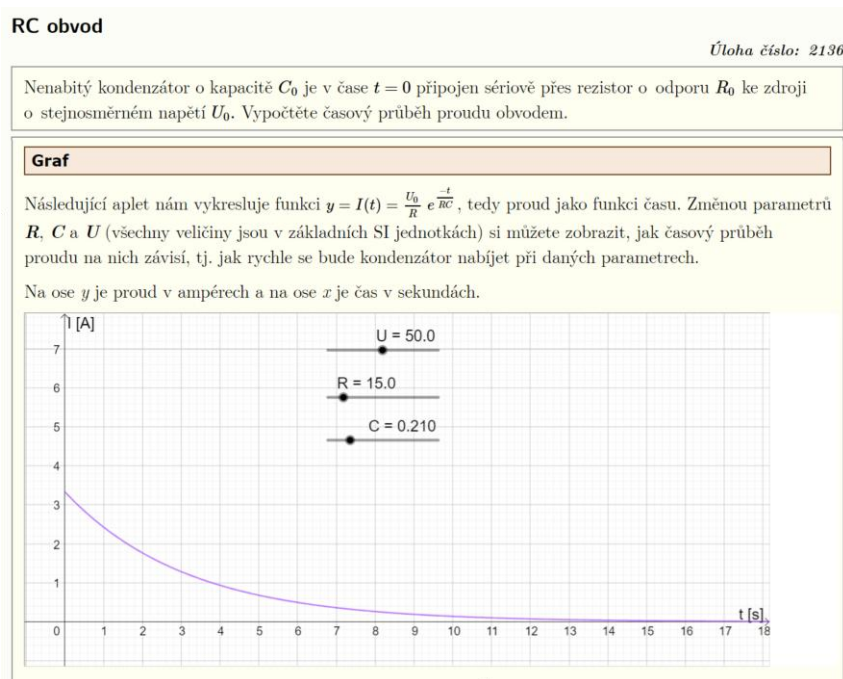
Publikem, které Sbírka fyzikálních pokusů primárně oslovuje, jsou učitelé základních a středních škol. Cílem sbírky je poskytovat inspiraci pro demonstrační experimenty učitelů, samozřejmě je ale možné mnohé pokusy využít jako námět pro samostatné experimentování žáků. Většina experimentů je zpracována do jednotné struktury obsahující cíl experimentu, výčet použitých pomůcek, postup při provádění experimentu, vzorový výsledek, kterého má být dosaženo, a technické a metodické poznámky.

Důraz je kladen zejména na poslední tři jmenované sekce. Pro maximální názornost a jednoznačnost je typickým vzorovým výsledkem fotografie či video předváděné situace. Technické poznámky mají usnadnit učitelům výběr pomůcek, nabídnout jejich levnější alternativy, doporučit vhodné uspořádání experimentu nebo varovat, čemu se během jeho provádění vyhnout. Poznámky metodické nabízejí tipy, jak demonstrovatý jev začlenit do výuky, případně jak jej propojit s výpočtem či jiným experimentem.

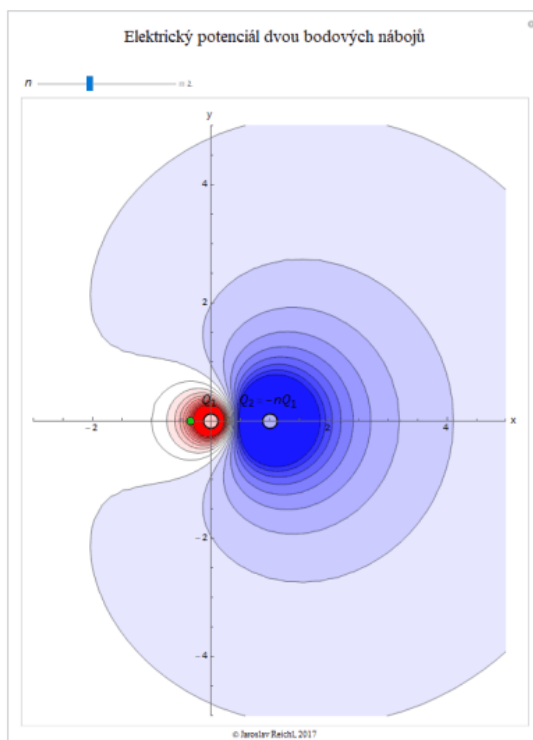
V současné době se plánují práce směřující ke zveřejnění dalších experimentů z oblasti mechaniky, která je dosud mezi publikovanými pokusy zastoupena velmi spíše.

Interaktivní prvky ve Sbírkách

Právě rozvíjenou novinkou ve Sbírkách je začlenění interaktivních prvků do vybraných úloh a experimentů. Ty jsou připravovány v softwaru GeoGebra nebo v rámci internetového projektu Wolfram Demonstration (viz obrázek 1 a 2).



Obr. 1. Ukázka použití GeoGebra apletu v úloze č. 2136.



Obr. 2. Ukázka programu z Wolfram Demonstrations, který je součástí úlohy č. 2025.

Interaktivní prvky ve Sbírkách mohou sloužit nejen k dokreslení fyzikální situace v úloze či experimentu, ale samozřejmě mohou studentům pomoci danou problematiku hlouběji pochopit. Ovládním těchto interaktivních prvků tak mohou studenti např. zkoumat, jak změna zadaných parametrů ovlivní výsledek úlohy.

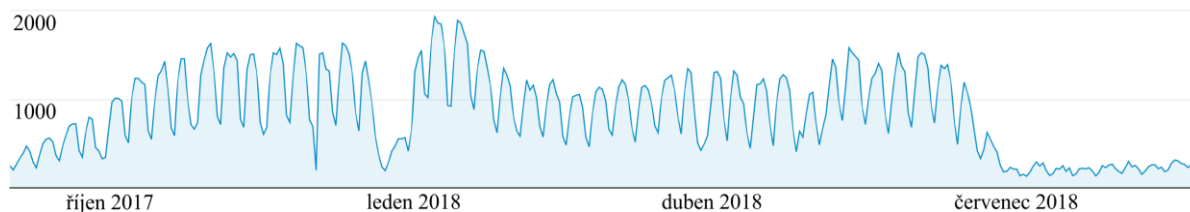
Současný stav Sbírek

V současné době obsahuje Sběrka řešených úloh z fyziky téměř 1000 úloh, Sběrka fyzikálních pokusů více než 130 experimentů a další čekají na zveřejnění. Počty úloh a pokusů v české a anglické verzi Sbírek ukazuje tabulka 1.

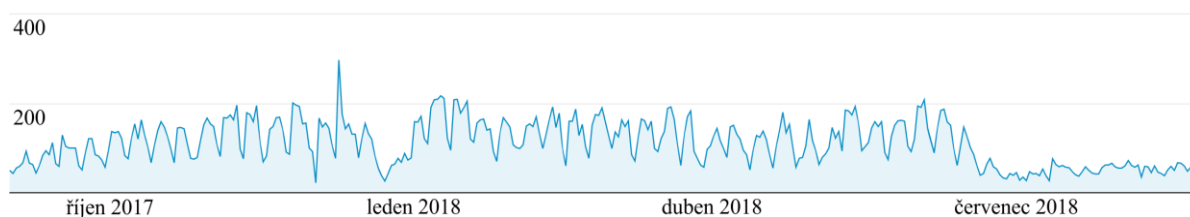
Téma	počet zveřejněných úloh		počet zveřejněných pokusů	
	česky	anglicky	česky	anglicky
Mechanika	250	90	4	
Elektřina a magnetismus	320	72	40	7
Termodynamika a mol. fyzika	170	54	65	29
Optika	60	17	22	5
Další témata	210			

Tabulka 1. Počty publikovaných úloh a pokusů z fyziky v jednotlivých tématech.

U obou Sbírek je využívána služba Google Analytics, díky které sledujeme přístupy uživatelů na stránky Sbírek. Grafy na obr. 3 a 4 ukazují vývoj počtu unikátních denních přístupů za poslední rok. Česká verze Sbírek řešených úloh má nyní více než 1000 unikátních přístupů za den (kromě víkendů a prázdnin). Počet unikátních přístupů do české verze Sbírek fyzikálních pokusů se od minulého roku (viz příspěvek [3]) zvýšil, v tuto chvíli je zde přibližně 150 přístupů denně.



Obr. 3. Unikátní přístupy do české verze Sbírek řešených úloh (období 09/17-09/18).



Obr. 4. Unikátní přístupy do české verze Sbírek fyzikálních pokusů (období 09/17-09/18).

Poděkování: V roce 2018 je rozvoj Sbírek finančně podporován IRP MŠMT pro UK.

Literatura

- [1] Koupilová, Z., Mandíková, D., Snětinová, M.: Sbíрка řešených úloh – nové rozhraní. In: Koudelková, V. (editor): Veletrh nápadů učitelů fyziky 20, Sborník z konference. Nakladatelství P3K s.r.o., Praha, 2016.
- [2] Kácovský, P.: O elektronické Sbírec fyzikálních pokusů. In: Koudelková, V. (editor): Veletrh nápadů učitelů fyziky 20, Sborník z konference. Nakladatelství P3K s.r.o., Praha, 2016.
- [3] Kácovský, P., Snětinová, M.: Elektronické Sbírek (...řešených úloh a fyzikálních pokusů). In: Holubová, R. (editor): Veletrh nápadů učitelů fyziky 22, Sborník z konference. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, 2017.
- [4] Encyklopedie fyziky [online]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/> [cit. 30. 8. 2018]

Čerstvý vítr z hor – představení projektu budování center kolegiální podpory

MIROSLAV STANĚK

Základní škola, Trutnov, Komenského 399 IČ: 64 20 11 80

Abstrakt:

Příspěvek představil projekt Čerstvý vítr z hor, který byl uskutečněn díky financování v rámci výzvy „VÝZVA Č. 02_16_010 BUDOVÁNÍ KAPACIT PRO ROZVOJ ŠKOL I.“. Již název projektu vypovídá o přístupu žadatele (Základní škola, Trutnov, Komenského 399) k inovativnímu vzdělávání a badatelsky orientované výuce STEAM. Při realizaci projektu je kladen důraz na využití dosavadních zkušeností žadatele s tvorbou a rozvíjením sítě spolupracujících škol, i s názornou výukou v oblasti STEAM předmětů.

Text: Řešení, které projekt nabízí, podporuje předávání zkušeností mezi pedagogy prostřednictvím sítě spolupracujících škol. Projekt se tedy zaměřuje na kolegiální podporu pedagogů. Jeho cílem je vzájemné sdílení zkušeností formou prezenčních setkání, prostřednictvím online webinářů a účastí na pravidelných projektových odpoledních. V každém kraji ČR vznikla funkční centra kolegiální podpory (CKP), ve kterých se zapojení pedagogové pravidelně (1x měsíčně) scházejí, sdílejí zkušenosti a prezentují příklady ze své praxe z oblasti a badatelsky orientované výuky přírodních věd a polytechnické výchovy. Dvakrát za rok je uspořádána celorepubliková konference pro účastníky projektu a každý měsíc je uspořádán jeden online webinář, který slouží coby zdroj inspirací pro projektové odpoledne (webináře jsou zaznamenány a uloženy na stránkách projektu). Jedním z typů výstupů jsou také krátká videa („tubíky“), které ukazují atmosféru přímo na projektových odpoledních zapojených škol.

Seznam zapojených škol (na jejichž projektová odpoledne jste srdečně zváni), záznamy z projektových odpolední, inspiračních webinářů a další informace naleznete na: www.Vitrzhor.cz. Identifikátory projektu: VÝZVA Č. 02_16_010 BUDOVÁNÍ KAPACIT PRO ROZVOJ ŠKOL I., Prioritní osa: PO 3 – Rovný přístup ke kvalitnímu předškolnímu, primárnímu a sekundárnímu vzdělávání.

Přehled PLUS - Elektronický doplněk k Přehledu středoškolské fyziky

EMANUEL SVOBODA

Oddělení pedagogických a psychologických studií MÚVS ČVUT Praha

Abstrakt

Příspěvek podává základní informace o připravovaném vydání elektronického doplňku Přehled PLUS k publikaci Přehled středoškolské fyziky. Stručně je uvedena obsahová náplň jednotlivých částí elektronického doplňku, kterými jsou rozšiřující učivo, úlohy k učivu, historické poznámky, zajímavá fyzikální témata, testové úlohy z fyziky, informační zdroje na internetu a literatura.

Úvodem

Vydavatelství učebnic matematiky a fyziky Prometheus, spol. s r. o., vydalo v uplynulých třech letech k pěti vybraným učebnicím fyziky pro gymnázia a ke dvěma učebnicím fyziky pro střední školy s nižší časovou dotací, než je tomu u gymnázia (viz obr. 1), elektronické doplňky formou CD.



Obr. 1 Současné středoškolské učebnice fyziky s elektronickými doplňky na CD

Postupně se ukázalo, že studenti i další uživatelé u svých notebooků již většinou nemají mechaniku na přehrávání CD (nejsou vybaveny zařízením pro čtení optických nosičů). Proto jsou v současnosti všechny vytvořené datové soubory elektronických doplňků k učebnicím středoškolské fyziky umístěny na webových stránkách nakladatelství Prometheus, spol. s r. o. (na adrese www.prometheus-data.cz)

Datové soubory na webových stránkách jsou určeny ale pouze pro majitele učebnic. Proto pro stažení příslušného datového souboru je třeba odpovědět na jednoduchou otázku, na ní

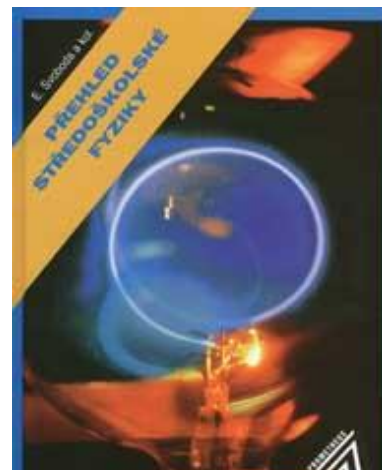
odpověď se nalezne v příslušné učebnici fyziky (např. odpovědí je první slovo na začátku konkrétního článku).

Datové soubory na webových stránkách mají tu výhodu, že je možné je upravovat či doplňovat podle potřeby fyzikálního vzdělávání na střední škole.

V druhé polovině roku 2017 se nakladatelství Prometheus, spol. s r. o., rozhodlo připravit ve spolupráci s autory elektronický doplněk také i k publikaci Přehled středoškolské fyziky (obr. 2). Tento doplněk, označený jako **PŘEHLED PLUS**, již ale nebude na CD jako příloha ke knize, ale bude pouze k dispozici na webových stránkách nakladatelství Prometheus, spol. s r. o.

Potřeba takového elektronického doplňku se ukázala z mnoha důvodů, např.: doplnit učivo jednotlivých témat o úlohy jak řešené, tak neřešené; zařadit didaktické testy z učiva středoškolské fyziky; uvést některá rozšiřující témata (podobně jako je tomu u elektronických doplňků k učebnicím fyziky) včetně témat fyzikálně zajímavých z hlediska současné vědy a techniky; v neposlední řadě pak zařadit do doplňku i významné osobnosti historie fyziky, které jsou připomínány v textech fyzikálního učiva.

Uvedme si obsahovou náplň podrobněji.



Obr. 2 Publikace Přehled středoškolské fyziky

Obsahová náplň elektronického příspěvku

Na následujícím schématu je vidět předpokládaná struktura elektronického příspěvku PŘEHLED PLUS:

<u>Rozšiřující učivo</u>	<u>Úlohy k učivu</u>	<u>Historické poznámky</u>	<u>Zajímavá fyzikální témata</u>
<u>Testové úlohy z fyziky</u>	<u>Informační zdroje na internetu</u>	<u>Literatura</u>	

Rozšiřující učivo (autoři prof. RNDr. Emanuel Svoboda, CSc. a doc. RNDr. Oldřich Lepil, CSc.)

Rozšiřující učivo zařazené do elektronického příspěvku jde nad rámec učiva fyziky a očekávaných výstupů podle RVP pro gymnaziální vzdělávání. Jednotlivé kapitoly jsou označeny shodně jako kapitoly v Přehledu středoškolské fyziky. Podobně jsou značeny i články jednotlivých kapitol. Jestliže se text rozšiřujícího učiva odvolává na poznatky uvedené v nejnovějším vydání Přehledu středoškolské fyziky na určité stránce (např. na s. 246), je v textu odkaz značkou, v tomto případě ↗ P246. Podobně je vyznačen značkou ↗H odkaz na historickou osobnost, o níž se pojednává v rozšiřujícím učivu, je-li uvedena v Historických poznámkách.

Rozšiřující učivo jsme vybrali ke kapitolám 1 až 6 Přehledu středoškolské fyziky, tj. ke kapitolám Úvod, Mechanika, Molekulové fyzika a termika, Mechanické kmitání a vlnění, Elektřina a magnetismus a k Optika.

Např. u kapitoly *Mechanika* jsou doplněny do tematického celku Dynamika hmotného bodu články Časový účinek síly a impuls síly nebo Pružný a nepružný přímý ráz dvou těles, k tematickému celku Mechanika tekutin je uveden článek Měření rychlosti proudící tekutiny. Učivo v kapitole *Molekulová fyzika a termika* doplňuje např. článek Odvození základní rovnice pro tlak ideálního plynu. Ke kapitole *Mechanické kmitání a vlnění* je přidán článek Hudební akustika. V kapitole *Elektřina a magnetismus* je k tematickému celku Elektrický proud vybráno rozšiřující učivo Zatěžovací charakteristika zdroje a jeho účinnost, k učivu o střídavém proudu jsou uvedeny např. články Elektrický obvod s cívkou a kondenzátorem, Reálná cívka v obvodu střídavého proudu a Reálný kondenzátor v obvodu střídavého proudu. Ke kapitole *Optika* se váže např. článek Soustavy barev v technické praxi.

Celkem obsahuje rozšiřující učivo 46 článků. Na konci rozšiřujícího učiva bude připojen i rejstřík.

Úlohy k učivu (autoři prof. RNDr. Emanuel Svoboda, CSc. a doc. RNDr. Oldřich Lepil, CSc.)

Úlohy jsou zaměřeny na vybraná témata z učiva 1. až 6. kapitoly uvedených v Přehledu středoškolské fyziky. Vytvořený soubor obsahuje jednak řešené příklady, jednak neřešené úlohy.

Zařazením úloh do Přehledu středoškolské fyziky se nám podařilo obohatit tuto publikace o chybějící náměty vhodných úloh, jejichž řešení ve škole nebo v domácí přípravě umožňuje prohloubit poznatky získané ve výukových hodinách či naučit studenty řešit konkrétní problémy. Na koncích jednotlivých částí učiva jsou uvedeny výsledky k neřešeným úlohám.

Historické poznámky (autoři RNDr. Radmila Hýblová, prof. RNDr. Emanuel Svoboda, CSc. a doc. Ing. Ivan Štoll, CSc.)

V první části této rubriky jsou uvedeny významné osobnosti fyziky. Interaktivní seznam obsahuje 63 osobností historie fyziky. Do druhé části jsou zařazeny informace o některých významných objevech a vynálezech, např. historie záznamu zvuku, objev tranzistoru, historie měření rychlosti zvuku a další.

Zajímavá fyzikální témata

Do této rubriky bylo zařazeno osm témat, která umožňují hlubší seznámení se zajímavou problematikou z různých oblastí fyzikální vědy a jejími aplikacemi v různých oborech lidské činnosti. Jedná se o tato témata (v závorce uveden autor příspěvku):

Gravitační vlny (prof. RNDr. Jiří Podolský, CSc.)

Modelování fyzikálních dějů (doc. RNDr. Oldřich Lepil, CSc.)

Osvětlovací technika (doc. RNDr. Josef Hubeňák, CSc.)

Komunikační technologie (doc. RNDr. Josef Hubeňák, CSc.)

Obrazovky a displeje (doc. RNDr. Josef Hubeňák, CSc.)

Nanotechnologie (doc. RNDr. Roman Kubínek, CSc.)

Aplikace fyziky v lékařství (doc. RNDr. Roman Kubínek, CSc.)

Standardní model částicové fyziky (doc. RNDr. Jiří Dolejší, CSc.)

Testové úlohy z fyziky (autoři doc. RNDr. Oldřich Lepil, CSc. a doc. RNDr. Miroslava Šíroková, CSc.)

Testové úlohy z fyziky obsahují 366 úloh rozdělených do devíti kapitol shodných s Přehledem středoškolské fyziky. Úlohy mají různou obtížnost a u každé úlohy jsou nabídnuty čtyři odpovědi, z nichž jen jedna je správná. Počítačová aplikace umožňuje výběr úloh a jejich uspořádání do testového souboru. Při řešení testu tvořeného vybranými úlohami uživatel vyznačí správné odpovědi. Ty jsou pak programem vyhodnoceny a uživateli je sdělen celkový výsledek řešení. Podrobněji je použití Testových úloh z fyziky popsáno v příložené *Uživatelské příručce*.

Informační zdroje na internetu (autor *Mgr. Lukáš Richterek, Ph.D.*)

Odkazy na informační zdroje uvedené na internetu byly autorem rozděleny do těchto skupin:

- časopisy
- portály a přehledové stránky
- soutěže pro žáky ZŠ a SŠ
- společnosti a instituce
- výukové materiály
- animace a modely
- pokusy
- různé

Literatura

Do této poslední části Přehledu PLUS bude vložen aktuální seznam učebnic fyziky pro střední školy vydané nakladatelstvím Prometheus, spol. s r. o.

Ukázky z Newtonových Principií

JINDŘIŠKA SVOBODOVÁ

Katedra fyziky, chemie a odborného vzdělávání, Masarykova univerzita, Brno

Abstrakt

Dílo "Matematické principy přírodní filozofie", zkráceně Principia, představuje velký soubor latinských psaných textů, v nichž Newton shrnul dlouholetá bádání na poli mechaniky. Kniha je dodnes považována za přelomové přírodovědecké dílo stojící v základech novodobé vědy. V příspěvku se pokusím se Principia dnešnímu čtenáři přiblížit a ukázat způsob Newtonova vyjadřování a argumentace. Nakonec vyberu postup, který vychází z Newtonových úvah a zároveň je použitelný i pro školskou fyziku, a z pozice současného pohledu jej budu komentovat.

Matematické zásady filosofie přírody

Občas se setkáme s názorem, že zejména v oblasti fyziky již není potřeba studovat původního autora, stačí kvalitní soudobé učebnice, které čtenáři výklad podají zhuštěně a moderně. Záleží na účelu, pro pochopení doby a způsobu uvažování velikánů vědy o konkrétním jevu je lepší použít přímo text z původní práce, nejen nynější interpretace.

Isaac Newton (1643 - 1727) publikoval Principia - Matematické zásady filosofie přírody (*Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*) až ve svých 44 letech. A to teprve po pobídce kolegů z Královské společnosti, zejména po naléhání Edmonda Halleyho.

Dílo vyšlo s velmi podstatnými úpravami třikrát (1687, 1713 a 1726). Newton zde uveřejnil zákony dynamiky těles a předvedl, jak se pomocí těchto zákonů dá předvídat pohyb tělesa, s důrazem na oběhy planet. Formuloval slovně a tehdejšími matematickými prostředky gravitační zákon. Vytvořil vědeckou teorii. Prokázal, že pro nebeskou mechaniku a pozemskou mechaniku platí stejné mechanické principy. Při analýze vycházel z řady údajů získaných z pečlivých pozorovacích záznamů tehdejších astronomů. Odhalil, že Keplerovy zákony získané geometrickým modelem orbitálního pohybu planet jsou důsledkem platnosti obecných fyzikálních principů v čele s gravitačním zákonem. Všechna svá tvrzení týkající se zákonů mechaniky matematicky obhájil a ukázal, jak se dají využít k řešení skutečných problémů. Pomocí Newtonovy teorie se najednou lidem otevřela možnost činit předpovědi pohybu a chování těles pozemských i kosmických.

Při psaní Principií mu byla velkým vzorem Euklidova geometrie, snažil se dodržet podobnou strukturu výstavby teorie, text členil na jevy, axiomy, zákony, definice, propozice (tvrzení), věty, koroláry (důsledky věty) a scholia (vlastní komentáře). Pro každé tvrzení uvádí logické vyvození typu věta – důkaz. Druhé vydání Principií doplnil o analýzu pohybu v prostředí kladoucím odpor a filosofické úvahy o vírové teorii, do třetího vydání (rok před svou smrtí) přidal výsledky pozorování komet a celý text revidoval.

Newtonův styl vyjadřování je místy pro dnešního čtenáře těžkopádný, odpovídá době a situaci, kdy mnohé fyzikální ani matematické pojmy nebyly zavedeny. Je třeba vzít v potaz, že ani hodnoty řady fyzikálních veličin tehdy nebyly známy, a tak Newton často své výpočty uvádí jen v proporcionálním tvaru v podobě poměrů veličin.

Obsah Newtonových Principií (3. vydání) a ukázky z kapitol

Edmond Halley: Óda na Newtona

Autorova předmluva k prvnímu vydání

Autorova předmluva k druhému vydání

Autorova předmluva ke třetímu vydání

DEFINICE (12 stran, 8 definic. 1 scholium - komentář)

AXIOMY čili ZÁKONY POHYBU (15 stran, 3 zákony, 6 korolárů- důsledků)

KNIHA 1: O pohybu těles (De Motu Corporum). O nalezení centrálních sil. (200 stran)

KNIHA 2: O pohybu těles. Pohyb v odporujícím médiu. Mechanika tekutin. Vyvrácení teorie vírů (150 stran)

KNIHA 3: O systému světa (De Mundi Systemate). Vyvození systému světa na základě zákonů pro pohyby a síly. Aplikace poznatků z I. a II. knihy na astronomická data, analýza pohybu komety. (160 stran)

GENERAL SCHOLIUM Newtonův vlastní komentář k výsledkům jeho teorie (8 stran)

Vybrané ukázky z kapitol díla:

DEFINICE (ukázka)

Definice 1 Množství hmoty [hmotnost] je její mírou odvozenou z hustoty a objemu.

Vzduch o dvojnásobné hustotě a ve dvojnásobném objemu má čtyřnásobnou hmotnost, v trojnásobném objemu šestnásobnou. Totéž platí o sněhu, o jemném prachu, které jsou zhuštěny stlačením a o všech tělesech z jakýchkoliv příčin různě zhuštěných. Tuto veličinu mám na mysli všude pod názvem těleso nebo hmota. Totéž je známo jako „váha těles“; je tedy úměrné jeho váze, jak jsem zjistil pokusy...

Definice 2 Množství pohybu [Quantitas Motus - hybnost] je mírou pohybu odvozenou spojením rychlosti a hmotnosti.

Pohyb celku je součtem pohybů jeho součástí, a proto těleso s dvojnásobnou hmotností a stejnou rychlostí má dvojnásobné množství pohybu, při dvojnásobné rychlosti má čtyřnásobnou hybnost.

Definice 3 Vlastní síla hmoty – inercie [setrvačnost] je schopnost odporu, kterou se těleso podle svých možností snaží zachovat svůj současný stav, ať už je to klid nebo rovnoměrný přímočarý pohyb.

Tato síla je úměrná hmotnosti tělesa a neliší se od setrvačnosti hmoty. Těleso díky setrvačnosti hmoty, nelze bez odporu vyvést ze stavu klidu nebo pohybu. Proto může být tato vlastní síla nazvána silou setrvačnosti. Těleso vynakládá tuto sílu jen tehdy, když jiná síla, která na něj působí, se snaží směnit jeho stav, je to odpor, kterým těleso z hlediska současného stavu odolává působící síle; je to impuls, kterým se těleso, kladoucí odpor přiložené síle, snaží změnit stav působícího tělesa.

Definice 4 Vnější síla je aktivita působící na těleso, aby změnila jeho stav klidu nebo rovnoměrného přímočarého pohybu.

Vnější síly mají různý původ jako úder, tlak, dostředivá síla apod. Tato síla spočívá pouze ve vnější aktivitě a nepůsobí na těleso déle, když aktivita skončí. Protože těleso udržuje každý nový stav, který nabude díky své setrvačné síle.

AXIOMY (ukázka)

Zákon 1 Každé těleso zachovává svůj stav klidu nebo rovnoměrného přímočarého pohybu, dokud není vtištěnými silami donuceno tento svůj stav změnit.

Projektily zachovávají pohyb, nejsou-li brzděny odporem vzduchu nebo nejsou taženy dolů silou přitažlivosti. Kolo se nepřestane točit, dokud ho vzduch nezabrzdí. A velká tělesa – planety a komety – si po dlouhou dobu zachovávají svůj postupný a svůj rotační pohyb.

Poznámka: V Newtonových zápisech existuje několik verzí formulace prvního zákona, ve III.vydání Principií Newton místo předchozího „*in linea recta*“ (I.,II.vydání) píše „*in directum*“. *Corpus omne perseverare in statu suo quiescendi vel movendi uniformiter in directum, nisi quatenus illud a viribus impressis cogitur statum suum mutare*

Zákon 2 Změna pohybu je úměrná působící hybné síle a uskutečňuje se podél přímky, podle které tato síla působí.

Pokud nějaká síla působí pohyb, dvojnásobná síla způsobí dvojnásobný pohyb, trojnásobná síla trojnásobný pohyb, ať už je síla přiložena najednou nebo postupně. A pokud se těleso před tím pohybovalo, nový pohyb (jelikož pohyb je vždy ve stejném směru jako působící síla) se přidá k původnímu pohybu...

Zákon 3 Proti každé akci vždy působí stejná reakce; jinak: vzájemná působení dvou těles jsou vždy stejně velká a míří na opačné strany.

Cokoliv, co tlačí nebo táhne něco jiného, je tím také tlačeno nebo taženo. Když kdokoliv zatlačí na kámen prstem, jeho prst je též tlačěn tímto kamenem. Každé těleso zachovává svůj stav klidu nebo rovnoměrného přímočarého pohybu, dokud není vtištěnými silami donuceno tento svůj stav změnit.

KNIHA 3: O systému světa (ukázka) Pravidla pro filosofii.

Pravidlo 1 K vysvětlení přírodních jevů nemá být použito více příčin než ty, které jsou pravdivé a dostatečné k vysvětlení jevu. Jak filosofové říkají: příroda nedělá nic zbytečně a více příčin je zbytečných, když stačí méně. Neboť příroda je prostá a nepotrpí si na přepych nadbytečných příčin.

Pravidlo 2 Proto přírodním jevům stejného typu musíme, pokud je to možné, přiřadit stejné příčiny. Např. dýchání lidí a zvířat, padání kamenů v Evropě a v Americe, světlo kuchyňského ohně a Slunce nebo odraz světla na Zemi a na planetách.

Pravidlo 3 Vlastnosti těles, které nelze ani zesílit ani zeslabit a které náležejí všem tělesům, na kterých lze provést experiment, mají být pokládány za obecné vlastnosti všech těles.

Pravidlo 4 Ve filosofii mají být pokládána tvrzení odvozená indukci z jevů za pravdivá nebo téměř pravdivá bez ohledu na jakékoli protichůdné hypotézy, dokud jiný jev neučiní tato tvrzení přesnějším nebo podléhajícím výjimkám.

GENERAL SCHOLIUM – Newtonovy výkladové poznámky (ukázka)

Dosud jsem vyložil jevy nebes a pozemského moře prostřednictvím síly gravitace, ale příčinu gravitace jsem zatím ještě neurčil. Tato síla zajisté vzniká z nějaké příčiny, která proniká až do středu Slunce a planet bez toho, aby se její účinná síla zmenšovala. Působí nikoliv úměrně množství povrchových částic ... (jak tomu obvykle je u mechanických sil), nýbrž v

úměře k množství látky, a její působení se táhne všemi směry do nesmírných vzdáleností, přičemž vždy ubývá s druhou mocninou poměru vzdáleností.

Gravitace ke Slunci sestává z gravitací k jednotlivým částicím Slunce a se vzdalováním od Slunce ubývá přesně s druhou mocninou vzdálenosti až po dráhu Saturnu, což je zcela zřejmé z faktu, že afélie planet zůstávají v klidu, i nejzazší komety mají tato afélie v klidu.

Proč má gravitace právě tyto vlastnosti, to jsem zatím na základě jevů vyvodit nedokázal, a hypotézy si nevymýšlím (Hypotheses non fingo).

Cokoliv, co není vyvozeno z jevů, musíme nazývat hypotézou, a hypotézy, ať již metafyzické, fyzikální, ty týkající se skrytých vlastností (qualitatum occultarum) anebo mechanické nemají v experimentální filosofii místo.

V této filosofii vyvozujeme propozice (tvrzení) z jevů a zobecňujeme je indukcí. Neprostopnost... těles, zákony pohybu a gravitace byly nalezeny tímto způsobem.

Je dostatečné, že gravitace vskutku existuje a působí podle zákonů, které jsme vyložili, a dostačuje k [vysvětlení] pohybů nebeských těles a pozemského moře...

Přitažlivost a gravitační zákon

Asi nejvíce překvapivá byla odvaha, s níž Newton v Principiích oznámil, že zákon gravitace platí univerzálně, je zákonem, který určuje interakci všech těles ve vesmíru. Dnes je toto tvrzení pro nás všední, ale v Newtonově době myšlenka, že vesmírná tělesa se podřizují jednoduchým pozemským zákonům, byla mimořádně odvážná.

Newton musel přesvědčit ostatní o správnosti této úvahy. K tomu musel najít způsob, jak porovnat teorii s experimentem a existujícími jevy.

V Principiích postupně vyvozoval, jak síla přitažlivosti mezi tělesy závisí na vzdálenosti mezi nimi. V souladu s výše uvedenými pravidly učinil závěr: „pokusy a astronomická pozorování zjišťují, že všechna tělesa v okolí Země tíhnou k Zemi, a to přímo úměrně množství hmoty v nich; Měsíc tíhne k Zemi úměrně své hmotě, naše moře tíhnou k Měsíci, všechny planety se přitahují takto k sobě, podobně komety tíhnou ke Slunci. Na základě Pravidla 3 musíme tvrdit, že všechny těla se k sobě navzájem tíhnou.“

Závislost „síly tíhnutí“ přitažlivosti na vzdálenosti těles slovně vyvodil z třetího Keplerova zákona pohybu planet a z dřívějších úvah o dostředivé síle (níže přepsáno do matematické formy). „Pokud doby oběhu planet jsou v poměru k 3/2 mocnin poloměrů oběžných drah, pak dostředivá síla je nepřímo úměrná druhé mocnině poloměru ...“.

Pokusíme se (dnešními prostředky) o podobný postup. Z Keplerova zákona víme, že součin $\omega^2 R^3$ je konstantní:

$$\frac{R_1^3}{T_1^2} = \frac{R_2^3}{T_2^2} = \dots = const., \quad \omega_1^2 R_1^3 = \omega_2^2 R_2^3 = \dots = const.$$

Předpokládejme v souladu s Newtonem mocninnou závislost gravitační přitažlivé síly na poloměru orbity:

$$F \sim R^n \text{ ., pak zrychlení bude } a = CR^n,$$

Huygens (1659) ukázal, že zrychlení kruhového pohybu: $a = \omega^2 R$,

tedy $\omega^2 = CR^{n-1}$.

úpravou: $\omega^2 R^3 = CR^{n-1} R^3 = CR^{n+2}$. Součin má být konstantní, tedy n musí být **-2**.

Newton předpokládal, že konstanta C je úměrná hmotnosti Slunce M , ke kterému „tíhne planeta“ tedy máme:

$$C = GM, \quad a = G \frac{M}{R^2}$$

$$F = G \frac{M m}{R^2}.$$

Odvodit tento zákon pro kružnice je snadné; ovšem planety se pohybují po elipsách, a tak Newton musel dokázat, že ze stejného zákona lze získat eliptickou trajektorii a odvodit reálné dráhy planet.

Zjednodušení zde najdeme více, vzdálenost R byla dosazena pro planety a Slunce bodové. Newton si uvědomoval, že k tomu, aby gravitační zákon byl všeobecný, je třeba problém propočítat pro velká tělesa. Představoval si součty příspěvků různých částí Země a Slunce. Úkol to byl komplikovaný a možná to byl jeden z důvodů, proč Newton svůj objev dlouho nezveřejňoval. Ve formě teorému řešení posléze naznačil. „U stejnorodých těles s ohledem na hustotu vypadá vzorec pro zákon přitažlivosti, jako kdyby se celá masa tělesa soustředila ve svém středu“. Newton dokázal, že sféra s homogenní hustotou je přitahována tělesy a podle zákona vzájemného působení přitahuje jiná tělesa, jako by se veškerá jejich hmotnost soustředila ve středu. Dokázal, že uvnitř dutiny jsou gravitační síly nulové.

Po celou dobu zápolení s přitažlivostí těles Newton narážel na problémy okamžitých změn poloh a rychlostí, potřeboval určit plochy opisované průvodičem planet při jejich oběhu kolem Slunce. V Principiích takto proměnné veličiny rozdělil na maličké úseky a potom je zase geometricky skládal. Našel sice obecný způsob, jak tyto hodnoty počítat (metodu fluxí a metodu kvadratur) základní diferenciální a integrální počet, ale tušil, že tehdejší vědecká veřejnost by tímto způsobem získané výsledky v Principiích těžko všeobecně přijala.

Závěr

V příspěvku jsem se soustředila na vybrané pasáže Principií a vybrané Newtonovy úvahy o všeobecné přitažlivosti těles. Gravitační zákon byl klíčovým objevem, nejen vysvětlil Keplerovy zákony popisující pohyb planet, ale též zákon je dodnes důležitý pro pochopení vzniku hvězd a jejich struktury. Kromě toho, že Principia představují přehled mechaniky a astronomie v 17. století, otevřela cestu tzv. nebeské mechaniky. Jsou právem považována za nejvýznamnější dílo v dějinách fyziky a jejich autor patří k nejuctívanějším vědcům historie. Newton položil základy metod moderní vědy, přesto vědcem dnešního typu nebyl. Mnohé jeho činnosti měly spíše spirituální povahu a dnešní věda by je zamítla. Nicméně jeho metody bádání a vyvozování závěrů, jeho pohybové zákony a studium gravitace ovlivnily všechny generace.

Literatura

- [1] Cohen, I. (Transl.1999) The Principia: Mathematical Principles of Natural Philosophy
- [2] Novotný J., Svobodová J.: Jak pracuje věda, Masarykova univerzita, Brno 2012

Reflexe badatelských dnů a pracovních listů v rámci projektu PŘÍRODA

JANA ŠKRABÁNKOVÁ, LIBOR KONÍČEK

Katedra fyziky, Přírodovědecká fakulta, Ostravská univerzita

Abstrakt

Příspěvek obsahuje stručné informace o struktuře projektu PŘÍRODovědné Oborové Didaktiky A praktikující učitel (PŘÍRODA), jehož součástí je Společenství fyziky II. Členové tohoto společenství z řad učitelů 2. stupně základních škol, středních škol a akademických pracovníků sestavili a odpilotovali tři sady pracovních listů na téma Elektrické obvody a spojování rezistorů a také realizovali badatelský den na téma Elektrické obvody, využití posuvného odporu jako rezistoru a potenciometru. Příspěvek nabídne informace o průběhu, výsledcích a způsobu vyhodnocení získaných výsledků obou aktivit, které mohou sloužit jako inspirace nebo základ k diskuzi o podobných oborově didaktických postupech. Vyhodnocení a zápis výsledků probíhal s využitím Google Platformy projektu.

Úvod

V období let 2000 až 2016 je pravděpodobně nejviditelnější změnou v rámci výuky přírodovědných předmětů zavádění moderních technologií a digitální výuky do škol. Ještě začátkem 21. století se přitom přírodovědné předměty vyučovaly převážně tradičním a z pohledu žáka poněkud transmisivním způsobem. Z velké části to bylo způsobeno menší dostupností pomůcek a elektroniky. V té době nebyl na školách dostatek ICT pomůcek, např. interaktivních tabulí, dataprojektorů, vizualizérů, PC techniky apod. Pomůcky si učitelé často vyráběli sami. Mnozí žáci tím byli nadšení a mnohem snadněji se v porovnání s dnešní dobou dali zaujmout. Postupem času se však situace měnila zejména v tom, že školy začaly využívat finanční zdroje z evropských fondů a začaly se hromadně vybavovat moderními technologiemi (včetně výukových programů) jak v učebnách, tak také pro jednotlivé učitele (notebooky, tablety). Díky těmto možnostem nastal boom nejen hmotných didaktických pomůcek, ale také těch elektronických. Vznikly databáze prezentací a dalších interaktivních souborů, které mohou učitelé využívat a přizpůsobit sobě i žákům. Ale díky tomu je mnohem náročnější žáky zaujmout.

Během posledních 10-15 let se také zvyšuje důraz na respektování individuality žáků, což platí jak v obecné rovině, tak v rámci přírodovědného vzdělávání. Na národní úrovni vzdělávání je aktuálním tématem inkluze, podporující programové otevření možnosti edukace všem žákům, a to za shodných podmínek a s ohledem na individuální edukační optimum každého jedince. Vzdělávací systém v České republice umožňuje rodičům zvolit také alternativní vzdělávací nabídky, což využívají zejména rodiče, kteří hledají školu respektující individuální přístup k osobnosti žáka, netradiční nebo nové vyučovací metody, převážně slovní formu hodnocení, užší spolupráci školy s rodinou a otevřenou komunikaci.

Ze školních vzdělávacích programů se dá snadno vyčíst, co se po žácích žádá, co by měli v daném období zvládnout, v jakém pořadí se jim učivo předkládá a jaké jsou možné souvislosti s ostatními přírodovědnými předměty. Někteří žáci však nedovedou žádané penzum didaktických informací zvládnout a dále tvůrčím způsobem používat. Na druhé straně žáci

disponují mnohými vědomostmi a zkušenostmi mnohem dříve, než na ně ve škole tzv. přijde řeč. Pro práci učitele je velmi užitečné znát vědomosti, dovednosti, postoje, nadání i nedostatky žáků, protože pouze na základě těchto informací je možné žákům přizpůsobit vzdělávací strategie tak, aby byli optimálně rozvíjeni. Současní žáci jsou také zvyklí na rychlost, akčnost a automatizaci experimentální činnosti. Na školách bývají k dispozici čidla typu Pasco či Vernier, která umožňují propojení s vyhodnocovacím softwarem. Žáci mohou sledovat změny veličin s velkou citlivostí, výhodou čidel je řada výstupů ve formě grafů, tabulek a vykreslených závislostí. Již na základní škole se mohou žáci setkat s robotikou, s programováním atd., což může zvýšit jejich zájem o technické obory, ale i zájem o podstatu a funkčnost automatizovaných systémů kolem nás. [6]

Jak jsou na tom dnešní učitelé fyziky? Vznikl chronický nedostatek zájemců o studium učitelství fyziky, a to zejména z důvodu náročnosti vysokoškolského studia. Očekávaná úroveň absolventů je akcentována zejména v následujících oblastech:

- matematické dovednosti, algoritmizace a logika;
- řešení fyzikálních úloh a úloh formulovaných denní praxí;
- základní experimentální dovednosti – dovednosti používat jednoduché měřicí přístroje;
- zpracování naměřených dat.

Cílem vysokoškolské přípravy učitelů fyziky je rozvoj vědomostí a dovedností studentů ve všech uvedených oblastech a posílení jejich tvořivého, kritického a fyzikálního myšlení. Projekt PŘÍRODovědné Oborové Didaktiky A praktikující učitel (PŘÍRODA) usiluje o aktivizaci žáků v přírodovědných předmětech při současném zohlednění jejich edukačních nároků a zároveň o podporu práce učitelů přírodovědných předmětů, kterou vnímá jako vysoce specializovanou, odbornou a náročnou činnost.

Zohlednění typů žáků v projektu PŘÍRODA

V rámci projektu PŘÍRODovědné Oborové Didaktiky A praktikující učitel (PŘÍRODA), který je zaměřen na posílení pedagogických kompetencí učitelů 2. stupně základních škol a nižších gymnázií se zaměřením na přírodovědné předměty (biologie, chemie, fyzika, geografie, a mezipředmětový přesah matematiky), vznikají pracovní listy badatelské dny pro cílové skupiny žáků, pro jejichž popis byla zavedena legenda:

- Nadaní žáci (↑)
- Standardní žáci (0)
- Žáci se speciálními potřebami (↓)

Skupina ↑

„(1) Za nadaného žáka se považuje především žák, 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.

(2) Za mimořádně nadaného žáka se považuje především 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.“ Vyhláška č. 27/2016 Sb. [1]

Skupina 0

Standardní žákovská populace nevykazuje znaky ani jedné z obou periferních žákovských skupin. Žáci jsou schopni řešit situace běžného života, problémy, ke kterým přistupují uvědoměle a aktivně a ke kterým jsou schopni zaujmout společensky obvyklý postoj.

Skupina ↓

„Dítětem, žákem a studentem se speciálními vzdělávacími potřebami se rozumí osoba, která k naplnění svých vzdělávacích možností nebo k uplatnění nebo užívání svých práv na rovnoprávném základě s ostatními potřebuje poskytnutí podpůrných opatření.“ Školský zákon č.561/2004 Sb. [2]

Legislativní, pojmový a definiční rámec

Nadaný žák je podle vyhlášky č.27/2016 o nadaném a mimořádně nadaném žákovi ten, 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.“ **Mimořádně nadaný žák**, je podle téže vyhlášky v první řadě „žák, jehož rozložení schopností dosahuje mimořádné úrovně při vysoké tvořivosti v celém okruhu činností nebo v jednotlivých oblastech“. Vyhláška č. 27/2016 Sb. [1]. Do skupiny nadaných dětí zahrnujeme žáky s vyšším stupněm mentálního vývoje ve srovnání s jejich vrstevníky nebo žáky se speciálními schopnostmi. Nadání se vymezuje jako strukturovaný soubor, svérázná syntéza schopností umožňující podávat nadprůměrné výkony některé oblasti lidské činnosti. Nadání lze definovat jako předpokládaný soubor vloh k úspěšnému rozvíjení schopností:

- v oblasti rozumové (např. logické, jazykové);
- v oblasti přírodovědné (např. matematické);
- v oblasti pohybové, psychomotorické;
- v oblasti umělecké (kreativní, hudební, výtvarné);
- v oblasti manuální, praktické;
- v oblasti sociální, emoční (např. horlivost, vyspělý verbální projev, široká slovní zásoba, zvýšený cit pro spravedlnost, morálku a fair play, sofistikovaný smysl pro humor) [3].

Děti se speciálními vzdělávacími potřebami - Školský zákon č.561/2004 Sb. [2], který se zabývá předškolním, středním, vyšším odborným a jiným vzděláváním stanovuje, že „dítětem, žákem a studentem se speciálními vzdělávacími potřebami se rozumí osoba, která k naplnění svých vzdělávacích možností nebo k uplatnění nebo užívání svých práv na rovnoprávném základě s ostatními potřebuje poskytnutí podpůrných opatření.“

Vyhláška č.27/2016 Sb. [1] o vzdělávání žáků se speciálními vzdělávacími potřebami a žáků nadaných poté upravuje pravidla vzdělávání zmíněných žáků. V rámci postupů, které tato vyhláška upravuje, se bere na zřetel následující: „vyjádření žáka v záležitostech týkajících se jeho vzdělání s ohledem na jeho věk a stupeň vývoje; o těchto záležitostech se žákovi poskytují dostatečné a vyčerpávající informace pro utvoření názoru. Při postupech upravených touto vyhláškou se dbá, aby byly v souladu se zájmem žáka.“

- Současná terminologie zahrnuje do pojmu **Děti se speciálními vzdělávacími potřebami**, žáky a studenty se **zrakovým, sluchovým, tělesným nebo mentálním postižením, s vadami řeči, s více vadami, dále autisty, děti s chronickým onemocněním či zdravotně oslabené a také žáky se specifickými vývojovými po-**

ruchami učení nebo chování. Rovněž jde i o děti **nadané, talentované**, které vyžadují zvláštní osobitý pedagogický přístup.

- Osobami, dětmi či žáky se speciálními vzdělávacími potřebami jsou nazýváni ti, kteří potřebují poskytnout zvýšenou pozornost a pomoc [4]. Termín speciální vzdělávací potřeby je užíván ve spojení se vzděláváním základním, středním či vyšším odborným a jiným. Termín specifické potřeby je pak užíván ve spojení s terciálním vzděláváním [5].

Zohlednění potřeb ↑0↓ žáků v projektu PŘÍRODA

Pracovní listy a badatelské dny jsou „šity na míru“ každé skupině žáků, odpadá problém nevyváženosti frontální výuky. Každý žák si sám rozhoduje, kterou z daných částí zadání bude vypracovávat, aby splnil určité předem stanovené minimum. Tím je omezena negativní motivace a naopak, je kladen větší důraz na žakovu vnitřní motivaci.

Změny edukačních strategií pro ↑0↓ žáky

Největším zásahem do zavedených edukačních strategií je v projektu PŘÍRODA myšlenka individualizace výuky. Žáci se speciálními vzdělávacími potřebami nemusí výuku „vzdávat“, protože si vlastní volbou úkolů sami přizpůsobí tempo hodiny – neudává ho učitel (pro tuto skupinu žáků je eliminován stres), ale definují si jej sami žáci. Tyto přístupy mohou přinést také motivaci nadaným žákům, kteří doposud dopláceli na méně zdatné žáky ve třídě.

Poznámka:

Veškeré vytvořené didaktické materiály jsou ověřeny v praxi v rámci spolupracujících škol. Výsledky následně mohou projít autoevaluačním zhodnocením učitele, čímž může dojít k posílení jeho pedagogických kompetencí s ohledem na individuální rozvoj žáka (opět ve třech verzích pro jednotlivé skupiny žáků).

Názory na zohlednění typů žáků ↑0↓

V průběhu diskuzí nad řešením projektu PŘÍRODA vznikl zajímavý názor, že zohlednění žáků podle jejich potřeb pouze učitelem může být velký problém, a to zejména na druhém stupni ZŠ, protože po odchodu žáků po páté třídě na víceletá gymnázia jsou nadaní žáci „ohrožený“, ne-li přímo „vyhynulý druh“ a na druhé straně zde máme široké spektrum žáků, kteří jsou pro změnu ohroženi školním neúspěchem. Také zaznívaly argumenty, že učitel není psycholog nebo speciální pedagog. Navrhujeme věřit vysokoškolsky vzdělaným učitelům a ponechat jim v rukou distribuci tří verzí pracovních listů a badatelských dnů na základě jejich uvážení. Pokud žák řešení rychle a bezchybně zvládá, dá mu učitel složitější verzi a naopak, pokud žák řešení nezvládá, může mu učitel ubrat. Samozřejmě je vždy správné posilovat informovanost učitelů v oblasti typologie žáků, a to hlavně žáků nadaných, jak je již výše zmíněno.

Volba témat pracovních listů a badatelských dnů

Téma pracovních listů - Elektrické obvody, spojování rezistorů

Výuka tohoto tématu probíhá na základních školách ve dvou fázích. Poprvé jsou žáci seznámeni s elektrickými obvody a spojováním rezistorů většinou na konci šestého ročníku. Proto na námi zvolené téma již většinou v závěru školního roku nezbývá moc času. Podruhé se žáci k tomuto tématu vrací v osmém ročníku s předpokladem, že už ovládají základy ze

šestého ročníku. Pro výuku v učebnicích chybí dostatek vhodných příkladů, hlavně z praxe. Chybí zejména úlohy vhodné pro žáky se speciálními vzdělávacími potřebami a s poruchami učení. Také náročnějších úloh pro žáky nadané zde není dostatek. Proto je vhodné rozšíření počtu úloh pro žáky pomocí pracovních listů.

Pracovní list je určen pro žáky 9. tříd. Kromě výpočtu výsledného odporu různě zapojených baterií rezistorů obsahuje pracovní list úlohy, ve kterých žáci navrhnou nejvhodnější zapojení rezistorů dané hodnoty, aby mohli připojit spotřebiče s různým příkonem. Součástí pracovního listu jsou i grafické úlohy, ve kterých žáci rozhodují, kterou větví prochází proud, která žárovka bude svítit apod., což lze považovat za ideální spojení výuky s praxí. Rovněž lze toto téma poměrně snadno rozepsat ve třech variantách pro sledované skupiny žáků.

Téma badatelských dnů - Elektrické obvody, využití posuvného odporu jako rezistoru a potenciometru

Výuka tohoto tématu probíhá ve školách většinou teoreticky. Školy obvykle nemají vhodné vybavení, protože jeho nakoupení je finančně nákladné. Pokud se žáci setkají s rezistory, jsou to velké součástky, které se v praxi většinou nepoužívají. Značení rezistorů čárovým kódem jim většinou zůstane také utajeno. Pokud jsou jim rezistory užívané v praxi ukázány, nenaučí se kód číst. Jejich sériové či paralelní zapojení je vyučováno teoreticky bez možnosti praktického vyzkoušení. S reostatem s v praxi také většinou nesetkají, pouze s velkým, demonstračním, jehož funkci si většinou nemohou pořádně vyzkoušet. I přes veškerou snahu učitelů, názorné obrázky v učebnici a případnou demonstraci je toto téma pro žáky většinou neschůdné. Pokud žáci nemají možnost osobně si posuvný odpor osahat a vyzkoušet si, jak posuvný odpor zapojit do obvodu, jaký je význam jezdecky, mezi kterými body je napětí, na které připojíme spotřebič, zůstane pro ně využití posuvného odporu pouhou teorií. Neschopnost prakticky tuto elektrickou pomůcku využít si nesou i do dalšího středoškolského, případně i vysokoškolského studia. Při přípravě badatelských dnů s touto tematikou lze snadno připravit varianty pro sledované skupiny žáků.

Přínosy pro zapojené subjekty

- získání materiálů a nových poznatků pro výuku v diferencované třídě
- nalezení účinných způsobů motivace a postupů pro práci v diferencované třídě, aby byly zapojeny všechny skupiny žáků
- nalezení postupů pro získání zájmu žáků o přírodovědné předměty
- předvedení zajímavosti, někdy také zábavnosti a zejména využitelnosti přírodovědných předmětů v běžném životě
- posílení často velmi nízké motivace učitelů. Ve většině škol dnes chybí žáci skupiny ↑, zvyšuje se počet žáků skupiny ↓ na úkor skupiny 0.

Distribuce pracovních listů a badatelských dnů

O rozdělení variant pracovních listů a badatelských dnů rozhoduje učitel na základě svých znalostí žáků, zkušeností a na základě obeznámení s metodikou, která je uvedena výše v tomto textu. Případné nejasnosti včetně požadovaných specifik a úprav konkrétního pracovního listu a badatelského dne byly v rámci Společenství fyziky II vyřešeny na společném setkání, tzv. instruktáži. Učitel, který pilotoval, vypracoval zakódovaný seznam žáků, korespondující s opodstatněnými určením přiřazené verze připravených pracovních

listů a badatelských dnů pro příslušného žáka. Učitel mohl v ideálním případě svou „diagnostiku“ konzultovat s výchovným poradcem, školním psychologem apod.

Ukázky zadání pracovních listů pro všechny tři skupiny žáků na úloze č. 3

Žáci↑



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



Pracovní list



3. Jaké napětí naměříme na každé z 25 žárovek vánočního řetězu, jestliže jsou žárovky pospojovány sériově a jsou připojeny na zdroj napětí o velikosti 230 V?
 - a. Jak velký je elektrický proud procházející přes žárovky, víme-li, že celkový odpor vláken žárovek je 2500 Ω ?
 - b. V případě, že se u některé ze žárovek přepálí vlákno, dojde k přerušení obvodu. Jaké napětí bude na žárovkách v případě, že vyřadíme zničenou žárovku a nahradíme ji vodičem? Nakresli tabulku a vypočítej pro 2,4,7 zničených žárovek.
 - c. Jak velký bude v tomto případě elektrický proud?
 - d. Vypočítej elektrický odpor 15 zapojených žárovek.
 - e. Vypočítej proud, který by procházel šesti žárovkami zapojenými paralelně.

Bodování pracovních listů pro úlohu č. 3 - žáci↑

ad a) $U = 9,2\text{V}$ (1 b.), $I = 0,092\text{A}$ (1 b.)

ad b) Doplnění tabulky a výpočet napětí (10V, 10,95V, 12,78V) (3 b.)

ad c) Výpočet elektrického proudu (0,1A, 0,11A, 0,13A) (3 b.)

ad d) $R = 1500\Omega$ (1 b.)

ad e) Výpočet odporu 6 žárovek $R = 16,67\Omega$ (1 b.), $I = 13,8\text{A}$ (1 b.)

Žáci 0



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



Pracovní list



3. Jaké napětí naměříme na každé z 25 žárovek vánočního řetězu, jestliže jsou žárovky pospojovány sériově a jsou připojeny na zdroj napětí o velikosti 230 V?
- a. Jak velký je elektrický proud procházející přes žárovky, víme-li, že celkový odpor vláken žárovek je 2500Ω ?
- b. V případě, že se u některé ze žárovek přepálí vlákno, dojde k přerušení obvodu. Jaké napětí bude na žárovkách v případě, že vyřadíme zničenou žárovku a nahradíme ji vodičem?

Bodování pracovních listů pro úlohu č. 3 – žáci 0

ad a) $U = 9,2V$ (1 b.), $I = 0,092A$ (1 b.), ad b) $U = 9,58V$ (3 b.)

Žáci ↓



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



Pracovní list



3. Jaké napětí naměříme na každé z 23 žárovek vánočního řetězu, jestliže jsou žárovky pospojovány sériově a jsou připojeny na zdroj napětí o velikosti 230 V?

Co nastane v případě, že se u některé ze žárovek přepálí vlákno?

Bodování pracovních listů pro úlohu č. 3 – žáci ↓

$U = 10V$ (1 b.), zdůvodnění - přerušení obvodu (1 b.)

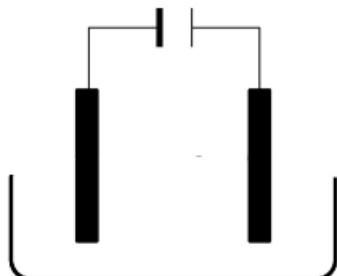
Ukázky zadání badatelských dnů pro všechny tři skupiny žáků na úloze č. 6

Žáci ↑

Úloha č. 6

Výroba elektrolytického odporu (potenciometru), přímá ukázka závislosti odporu na průřezu vodiče (ponořené části elektrody)

a) Do vaničky s elektrolytem (elektrolyzéry) ponořte dvě elektrody, zapojte obvod a zvyšujte postupně napětí.



b) Pro jednotlivá napětí měřte elektrický proud.

c) Ověřte, že platí Ohmův zákon

Napětí U (V)				
El.proud I (A)				
Odpor elektrolytu R (Ω)				

d) Zvětšujte postupně vzdálenost elektrod (zvětšování délky vodiče), měřte procházející proud. Ověřte jeho závislost na délce vodiče.

Vzdálenost elektrod (m)				
El.proud I (A)				

e) Zvětšujte postupně ponor elektrod (zvětšování průřezu vodiče), měřte procházející proud. Ověřte jeho závislost na průřezu vodiče.

Ponor elektrod (m)			
El.proud I (A)			

Bodování badatelských dnů pro úlohu č. 6 – žáci ↑

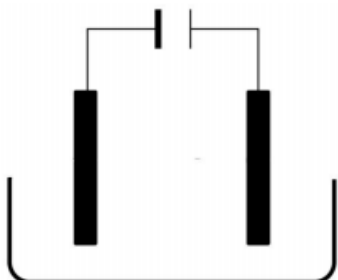
ad c) 4 b., ad d) 5 b., ad e) 3 b.

Žáci 0

Úloha č. 6

Výroba elektrolytického odporu (potenciometru), přímá ukázka závislosti odporu na průřezu vodiče (ponořené části elektrody)

- a) Do vaničky s elektrolytem (elektrolyzér) ponořte dvě elektrody, zapojte obvod. Zvětšujte postupně vzdálenost elektrod (zvětšování délky vodiče), měřte procházející proud. Ověřte jeho závislost na délce vodiče.



Vzdálenost elektrod (m)					
El.proud I (A)					

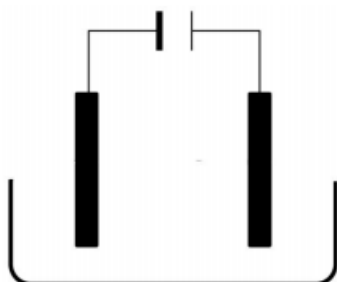
Bodování badatelských dnů pro úlohu č. 6 – žáci 0: 5 b.

Žáci ↓

Úloha č. 6

Výroba elektrolytického odporu (potenciometru), přímá ukázka závislosti odporu na průřezu vodiče (ponořené části elektrody)

- a) Do vaničky s elektrolytem (elektrolyzér) ponořte dvě elektrody, zapojte obvod a zvyšujte postupně napětí



- b) Pro jednotlivá napětí měřte elektrický proud

Napětí U (V)				
El.proud I (A)				

Bodování badatelských dnů pro úlohu č. 6 – žáci ↓: 4 b.

Popis zpracování výsledků pracovních listů a badatelského dne

Pro každou skupinu žáků byly připraveny pracovní listy a úkoly pro badatelský den. Vzniklo tak šest souborů úloh pro žáky, kdy autoři úloh uvedli maximální počet bodů za správné vyřešení dané úlohy nebo její části. Výsledky byly vkládány do tabulek na Google Platformě. Každá třída má tři tabulky pro pracovní listy pro každou úroveň žáků a tři tabulky pro bada-

telský den také pro každou úroveň žáků. Jména žáků byla nahrazena kódy z důvodů ochrany identity žáků a zavedení GDPR. Převodní tabulku mají k dispozici jen učitelé zadávající a zpracovávající výsledky na dané škole. Pro statistické vyhodnocování nejsou jména žáků podstatná.

	Otázka 1		Otázka 2		Otázka 3			Otázka 4		Otázka 5		Otázka 6		Výsledek										
	a	Suma	a1	a2	b1	b2	Suma	a1	a2	b1	b2	c1	c2	c3	Suma	a	Suma	a	b	c	Suma	a	Suma	
1	5	5	2	1	4	1	8	1	1	1	1	1	1	1	7	4	4	4	1	5	10	5	5	39
2	5	5	2	1	4	1	8	1	1	1	1	1	1	1	7	4	4	4	1	5	10	5	5	39
3	5	5	2	1	4	1	8	0	0	1	1	1	1	1	5	4	4	4	0	5	9	5	5	36
4	5	5	2	1	4	1	8	0	0	1	1	1	1	1	5	4	4	4	1	5	10	5	5	37
5	5	5	2	1	4	1	8	0	0	1	1	1	1	1	5	4	4	4	1	5	10	5	5	37
6	0	0	1	0	2	0	3	2	1	1	1	0	1	0	6	3	3	4	1	5	10	5	5	27
7	0	0	1	0	2	0	3	1	1	1	1	0	1	0	5	3	3	4	1	5	10	5	5	26
8	0	0	1	0	2	0	3	1	1	1	1	0	0	0	4	0	0	4	1	5	10	0	0	17
9	0	0	1	0	2	0	3	1	1	1	1	0	0	0	4	0	0	4	0	0	4	0	0	11
10															0									0
11															0									0
12															0									0
13															0									0
14															0									0
15															0									0
16															0									0
17															0									0
18															0									0
19															0									0
20	průměr	2,78	55,6%	1,66	0,66	3,11	0,66	72,2%	0,78	0,67	1,00	0,56	0,78	0,56	76,2%	2,89	72,2%	4,00	0,78	4,44	92,2%	3,89	77,8%	76,6%
21	maximum	5	5	2	1	4	1	8	1	1	1	1	1	1	7	4	4	4	1	5	10	5	5	39

Obrázek 1. Příklad vyhodnocení badatelských listů žáků skupiny B z jedné třídy

Z tabulky lze získat údaje týkající se úspěšnosti žáků při řešení - zjistit celkovou úspěšnost žáka, úspěšnost v jednotlivých úlohách a také v částech úloh. Na základě výsledků žáků získá učitel zpětnou vazbu, zda se podařilo přiřadit žáka do správné skupiny.

Druhý pohled na získaná data se týká návrhu úloh a hodnocení úspěšného řešení jednotlivých částí úloh. V dolním řádku lze získat úspěšnost žáků v jednotlivých úlohách i částech úloh. Pokud je úloha vyřešena s více než 80% úspěšností, lze ji považovat za snadnou, pokud je úspěšnost nižší než 20 %, pak ji považujeme za obtížnou.

Dalším parametrem, který charakterizuje zadanou úlohu, je citlivost položky. Citlivost položky číselně vyjadřuje, do jaké míry položka rozlišuje (diferencuje) mezi úspěšnými a výkonnostně slabšími žáky. Nejsnáze ji lze určit tak, že seřadíme respondenty podle celkového počtu bodů od nejvyššího po nejnižšího. Soubor rozdělíme na dvě stejně početné skupiny lepších a horších. Sečteme počty bodů lepších žáků od této hodnoty odečteme součet bodů horších žáků a výsledek dělíme počtem respondentů ve skupině násobeným maximálním počtem bodů za otázku. V uvedené tabulce vezmeme u první otázky první čtyři žáky, součet bodů je 20, součet bodů spodních čtyř žáků je nula, rozdíl je 20 a dělím 20. Citlivost položky je v tomto případě 1, tj. velmi dobře rozlišuje mezi lepšími a horšími žáky. U otázky č. 6 je citlivost 0,5. Obecně citlivost může nabývat hodnot v intervalu -1 až 1. Pokud je citlivost záporná, pak to svědčí o tom, že na danou otázku lépe odpovídali slabší žáci. Obvykle je to způsobeno komplikovaným zadáním, kdy slabší žáci něco typují, kdežto lepší žáci nad tím více přemýšlí, hledají nějakou záludnost a nakonec nedojdou ke správnému řešení. Takovou otázku je vhodnější přeformulovat.

	Položka 1	Položka 2	Položka 3	Položka 4	Položka 5	Položka 6	Výsledek
1. GMK (Tomáš Stiehm)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,9%
2. Komenského SB (Zdeněk Stanislav)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,0%
3. Komenského Blůvec (Zdeněk Mačák)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,0%
4. Sedláčků (Pavel Ošovský)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0%
5. Vrbno pod Prácheňem (Pavel Remes)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,0%
6. Český Jelen (Radak Soosovský)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	29,8%
7. Jirčice (Aleš Zacharov)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,0%
8. TGM Blůvec (Ivana Meyerová)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0%
9. Pílov (Ondřej Sekera)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,5%

Obrázek 2. Přehled vyhodnocení pracovních listů žáků skupiny A ze všech škol

Na uvedené tabulce Obrázek 2. lze ukázat možnosti a výhody zpracování dat v prostředí Google. Výhody:

1. Všechna data jsou stále aktuální a stále přístupná všem uživatelům, kteří mají nadefinovaný přístup. Nic není třeba posílat mailem a zajišťovat koordinaci, všechna data jsou na jednom místě.
2. Pokud dojde k chybnému vložení, úpravě nebo smazání lze data pomocí historie úprav dat zpět.
3. Pomocí funkcí lze data hromadně zpracovávat jako v MS Excel.

Tento přístup má i některé nevýhody:

1. Uživatelé musí mít nadefinovaná práva pro práci s dokumentem – jen čtení, možnost úprav.
2. Musí existovat nějaký správce, který role přiděluje.
3. Počet funkcí práce s daty je menší než v MS Excel

Postřehy pilotujících učitelů

Pro zajímavost a pro získání náhledu na proběhlé aktivity v rámci projektu PŘÍRODA níže uvádíme některé zajímavé postřehy pilotujících učitelů:

- vzniklo rozdělení na dva „druhy“ žáků (jedni nemají potřebu pochopit paralelní a sériové zapojení, druhí to jsou schopni pochopit)
- jediný žák ↑ – vnímal trochu méně času a ke konci už byl unaven
- jedna žákyně ↓ - samostatně nebyla schopna řešit, pod dohledem a vedením to šlo
- moc otázek u skupiny ↑ – odrazovalo to od řešení, ostatní skupiny tak akorát
- badatelské dny žáky bavily mnohem více než pracovní listy, pozitivní ohlasy – sami si vyzkouší, nadšení z úspěchu
- skupina ↑ měla málo času/moc úloh, musejí použít kalkulačku, skupina 0 zvládala, skupina ↓ nespolečně pracovala

- badatelské dny dobré, elektrolýza a barevné označení odporů žáky zaujaly nejvíce
- problém s reostatem – čtyři nožičky
- problém s odečítáním hodnot rezistorů podle barev – záleželo na podkladové barvě, zkreslení barevného proužku (žlutá na modrém rezistoru – zelený proužek), hnědý proužek 1 % rezistory,
- problém při výběru velmi malých hodnot odporu – velká chyba měření odporu, při velkých hodnotách odporu nelze změřit na ohmmetru.
- pro žáky bylo zajímavé značení rezistorů, zapojení rezistorů – uvažovat, kam který použít pro jednodušší výpočet
- nebyl nikdo ↑; badatelské dny řešili dva žáci ↓, jeden byl dokonce v průběhu řešení šikovnější než 0
- žáci „vypustili“ trakční motory - byly zařazeny až na konci

Závěr

Díky projektu PŘÍRODA předpokládáme, že se části probíraného učiva, zohledněné ve volbách témat pro pracovní listy a badatelské dny, stanou pro žáky přirozenější, přívětivější, logičtější a zároveň bude zachována jejich odborná složka. Probíraná témata jsou více zaměřena na život kolem nás. Žáci se tak nenásilnou formou dostávají nejen k didaktickým informacím, ale navíc je proměňují ve vědomosti, které jsou mnohem pevnější a trvalejší. Více toho umí! Obsahy pracovních listů a badatelských dnů žáky nutí nad tématy přemýšlet. Žáci mohou během řešení úloh více komunikovat s učitelem, který s nimi může pracovat individuálně, s ohledem na jejich specifické potřeby. To beze zbytku koresponduje se zohledněním existence žakovských skupin (↑↓), definovaných pro potřeby projektu PŘÍRODA.

Literatura

- [1] <http://www.msmt.cz/dokumenty-3/vyhlaska-c-27-2016-sb-o-vzdelavani-zaku-se-specialnimi>.
- [2] <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2004-561>
- [3] Procházka R., Šmahaj J., Kolařík M., Lečbych M. *Teorie a praxe poradenské psychologie*. Grada Praha 2014.
- [4] Žáčková H., Jucovičová D., *Dysgrafie*. D. + H. Praha 2009.
- [5] Dlouhá J. *Metodický průvodce k organizaci podpory studentů se specifickými potřebami*. Ed.: Růžičková K., Skákalová T. Gaudeamus Hradec Králové, 2014.
- [6] Škrabánková, J. a Kočí, P. *Aktivizační metody (ve fyzice) a nadání žáci*. 1. vyd. Ostravská univerzita Ostrava, 2018.

Peer Instruction – Nové úlohy

JANA ŠESTÁKOVÁ

Katedra didaktiky fyziky, Matematicko-fyzikální fakulta, Univerzita Karlova

Abstrakt

Článek představuje část nejnovějších úloh z databáze metody Peer Instruction. Jedná se o 3 z 10 úloh vytvořených na základě studia základěškolských a středoškolských učebnic a sbírek úloh. Kompletní sadu nových úloh i úlohy vytvořené dříve, naleznete v databázi na stránkách www.PeerInstruction.cz.

www.PeerInstruction.cz

Internetové stránky www.PeerInstruction.cz jsou stránky v českém jazyce vytvořené pro učitele a další zájemce o výuku metodou Peer Instruction. Stránky obsahují informace o vzniku metody, podrobný postup použití metody ve výuce, ověřené rady spojené s touto formou výuky, výhody a nevýhody metody a odkazy na rozšiřující informace. Důležitou součástí stránek je databáze fyzikálních úloh. Úlohy je možné vybírat podle témat a obtížnosti, zobrazovat je v hodině přímo z internetových stránek, nebo stáhnout ve formě prezentace. Každá otázka obsahuje informace o zdroji, na jejímž základě byla vytvořena správnou odpověď. Některé otázky navíc obsahují podrobné odůvodnění řešení nebo chybné žákovské představy, které žáky mohou vést k volbě špatné odpovědi.

Použití úloh

Úlohy slouží jako podklad pro diskusi v hodině fyziky. Velmi zjednodušeně lze říci, že si každý žák nejprve sám rozmyslí vlastní řešení dané úlohy, které předá učiteli, poté řešení diskutuje v malé skupině spolužáků a znovu se sám zamyslí nad vlastním řešením. Nakonec správné řešení celé třídy potvrdí učitel. Toto je velmi stručně nastíněný postup vyučovací metody Peer Instruction. Více informací naleznete na stránkách www.PeerInstruction.cz, ve starších sbornících konference Veletrh nápadů učitelů fyziky, nebo v časopise [1].

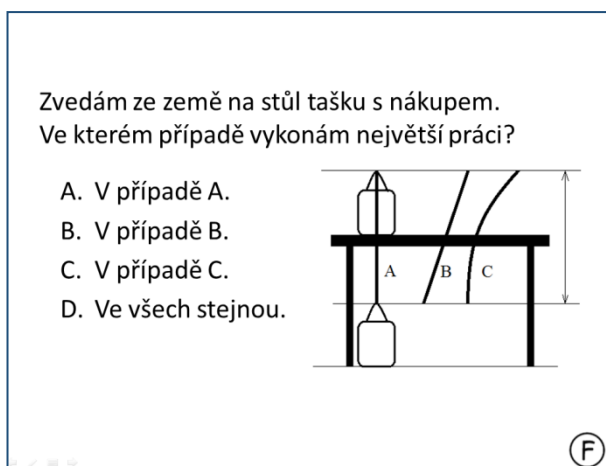
Dále je možné úlohy použít při opakování v písemné práci, kdy učitel kromě správné odpovědi požaduje od žáků i odůvodnění řešení.

Úlohy vyžadují žákovskou úvahu, nelze je řešit pouhým dosazením do vzorečku. Často jsou formulovány spíše jazykem z běžného života, než s použitím odborných fyzikálních termínů, aby napomáhaly žákům propojit jejich mimoškolní zkušenosti s probíranou látkou.

Ukázka nových úloh

10 nejnovějších úloh vzniklo na základě studia základěškolských a středoškolských učebnic a sbírek úloh. Některé úlohy jsou pouze inspirovány tématem probírané látky, jiné mají základ v konkrétní úloze z učebnice nebo sbírky, ale jsou například zasazeny do reálné situace.

Taška na stůl



Obrázek 1: Úloha Taška na stůl

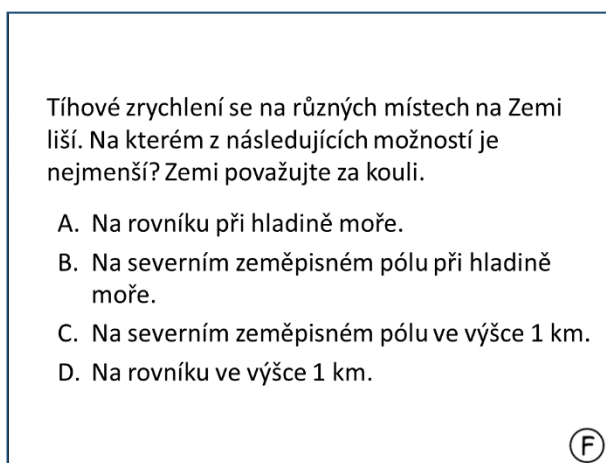
Obrázek 1 je miniatura listu prezentace z databáze se zadáním této úlohy. Písmeno F v rohu obrázku odkazuje na zdroj úlohy (v tomto případě úloha inspirovaná učebnicemi nebo sbírkami úloh; v databázi se vyskytují ještě další dva jiné symboly, které odkazují jiné zdroje). Správná odpověď a odůvodnění této i dalších úloh je převzato z databáze úloh ze stránek [2].

Správná odpověď: D

Odůvodnění:

Práce v homogenním poli není závislá na trajektorii pohybu. Závisí na výšce, do které tašku zvedáme (ta je v našem příkladu vždy stejná, ze země na stůl) a na hmotnosti tašky, tedy na tíhové síle, působící na tašku (ta je také vždy stejná).

Nejmenší tíhové zrychlení



Obrázek 2: Úloha Nejmenší tíhové zrychlení

Zadáním úlohy je obrázek 2.

Správná odpověď: D

Odůvodnění:

Tíhové zrychlení je výsledkem vektorového součtu gravitačního a odstředivého zrychlení. Pokud budeme považovat Zemi za dokonalou kouli, pak je gravitační zrychlení na hladině moře na všech místech planety stejné.

Odstředivé zrychlení závisí na poloměru rotace (na kolmé vzdálenosti místa otáčení od osy otáčení), je tedy největší na rovníku a na pólech je nulové. Na rovníku směřují gravitační a odstředivé zrychlení na opačné strany, jejich velikosti se odečítají. Tíhové zrychlení je tedy při hladině moře menší na rovníku než na pólu.

Tíhové zrychlení klesá s nadmořskou výškou, kilometr nad zemí je tedy v daném místě vždy nižší, než při hladině moře. Nejmenší tíhové zrychlení z nabízených možností je tedy na rovníku ve výšce 1 km.

Hybnost magnetů

Přiblížíme k sobě dva různě velké a těžké magnety opačnými póly a podržíme je u sebe. Po uvolnění se oba začnou pohybovat. Který z magnetů bude mít po uvolnění větší hybnost?

A. Větší a těžší magnet.
B. Menší a lehčí magnet.
C. Oba stejnou.

(F)

Obrázek 3: Úloha Hybnost magnetů

Zadáním úlohy je obrázek 3.

Správná odpověď: C

Odůvodnění:

Oba magnety byly uvedeny do pohybu silami (akcí a reakcí) které na magnety působily po stejně dlouhou dobu, oba magnety tedy získaly stejnou hybnost.

Druhý způsob odůvodnění:

Před uvolněním byly oba magnety v klidu, hybnost soustavy magnetů byla nulová. Po uvolnění musí mít podle zákona zachování hybnosti soustava obou magnetů stále nulovou hybnost. Oba magnety tedy získaly stejně velkou hybnost opačných směrů.

Závěr

Cílem databáze je shromažďovat úlohy vhodné pro použití v metodě Peer Instruction a to v takové podobě, aby byly pro učitele co nejužitečnější a aby jejich použití bylo co nejsnadnější. Snadnost použití je dána například možností zobrazit úlohu přímo ze stránek (a zároveň nezobrazit žákům řešení). Užitečnost je dána vhodným výběrem úloh, například překladem z knihy autora metody Peer Instruction [3], nebo tvorbou úloh na základě výzkumu

žakovských představ [4]. Při vytváření nových úloh je velmi důležitá jejich formulace a fyzikálně správné odůvodnění řešení. Tímto bych chtěla poděkovat všem, kteří se vyjádřili k úlohám prezentovaným na konferenci Moderní trendy v přípravě učitelů fyziky v Kašperských horách v loňském roce. Pokud máte zájem, použijte svůj fyzikální a učitelský cit a opět se se mnou podělte o své názory k zadání a řešení úloh.

Literatura

- [1] Šestáková J.: Case Study of Using Peer Instruction at Upper Secondary School, *Scientia in educatione* 7(2), 2016, p. 111–127, ISSN 1804-7106.
- [2] www.PeerInstruction.cz, citováno 28. 8. 2018.
- [3] Mazur E.: *Peer Instruction: A User's Manual*, Prentice Hall, 1997, 253 s., ISBN: 978-0135654415.
- [4] Mandíková D., Trna J.: *Žakovské prekoncepce ve výuce fyziky*. Brno: Paido, 2011. ISBN 978-80-7315-229-0.

Fyzikální procházky Olomoucí

JAROSLAV ŠŮSTEK, LUKÁŠ RICHTEREK

Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého, Olomouc

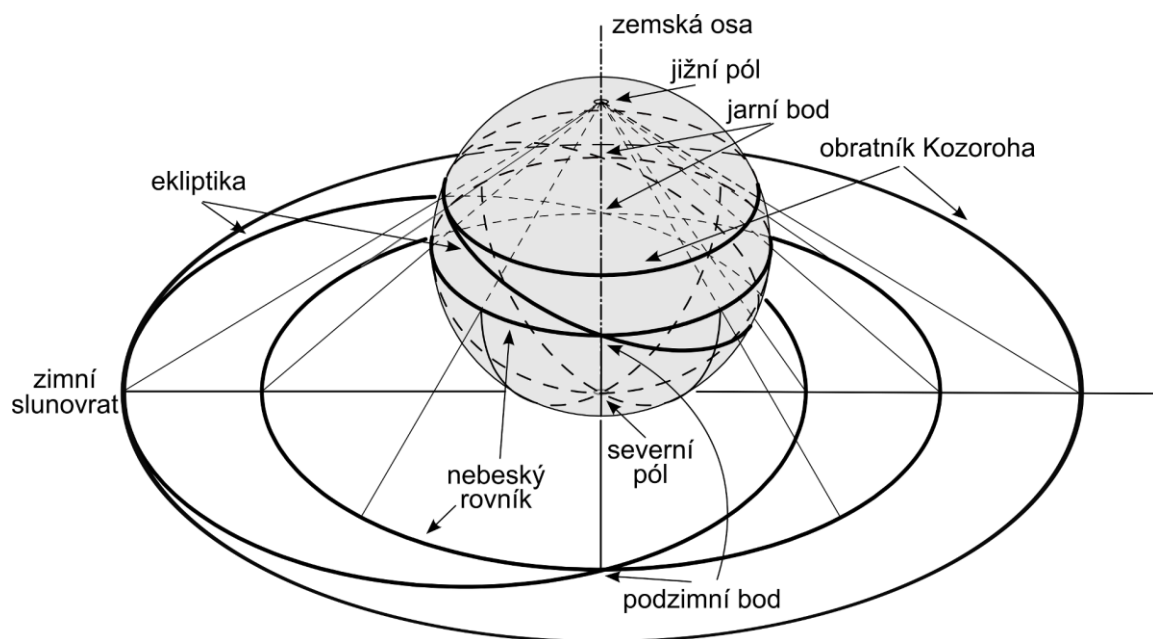
Cílem příspěvku je nabídnout veřejnosti materiál vytvořený v rámci diplomové práce [4], který je volně dostupný na internetu a zahrnuje jak stručné informace související s návštěvou – jak doufáme – zajímavých míst, tak připravené pracovní listy pro žáky. Navržena jsou čtyři konkrétní témata: olomoucký orloj, sluneční hodiny v Olomouci, Englerovy varhany v kostele sv. Mořice a zvony v jižní věži katedrály sv. Václava. Protože máme Olomouc rádi a jsme přesvědčeni, že za návštěvu stojí, budeme rádi, pokud někoho nalákáme na místa, kde lze nejen cítit kráčet historii, ale také pozorovat nebo vysvětlovat zajímavé fyzikální jevy. Budeme také vděční za zpětnou vazbu a upozornění na případné chyby a nepřesnosti,

Olomoucký orloj

Orloj patří k nejznámějším atrakcím města. Jakkoli jeho poslední poválečná podoba budí občas kontroverze, zůstává vzácným svědkem vývoje techniky a umění. Podrobnější informace o něm lze nalézt v řadě pramenů, např. v [3]. Podle tradice byl postaven mezi lety 1419–1421, písemné doklady ale máme až z 16. století. Podobně jako u orloje pražského je také s jeho vznikem spojena legenda o hodináři, jehož nechala městská rada oslepit, aby podobné zařízení nepostavil někde jinde. V období 1575–1898 měl stejně jako staroměstský orloj geocentrickou konstrukci navrženou hodinářem Hansem Pohlem a vídeňským astronomem Pavlem Fabriciem, osobním lékařem císaře Maxmiliána II. a členem komise pro zavádění Gregoriánského kalendáře (fotografie Fabriciova astrolábu je na obr. 1b, princip stereografické projekce, podle něhož byl sestrojen na obr. 2). Při přestavbě roku 1898 však byla zvolena konstrukce heliocentrická a orloj byl osazen strojem německé firmy Eduard



Obr. 1: a) Návštěva olomouckého orloje se studenty Gymnázia Olomouc-Hejčín s vyplňováním pracovních listů; b) Fotokopie sítě původního Fabriciova astrolábu na stálé výstavě v prostorách olomoucké radnice (originál z pozlacené mědi je uchován v depozitu Vlastivědného muzea)



Obr. 2: Stereografická projekce odpovídající historickému Fabriciovu astrolábu (zdroj: Wikipedie, upraveno)

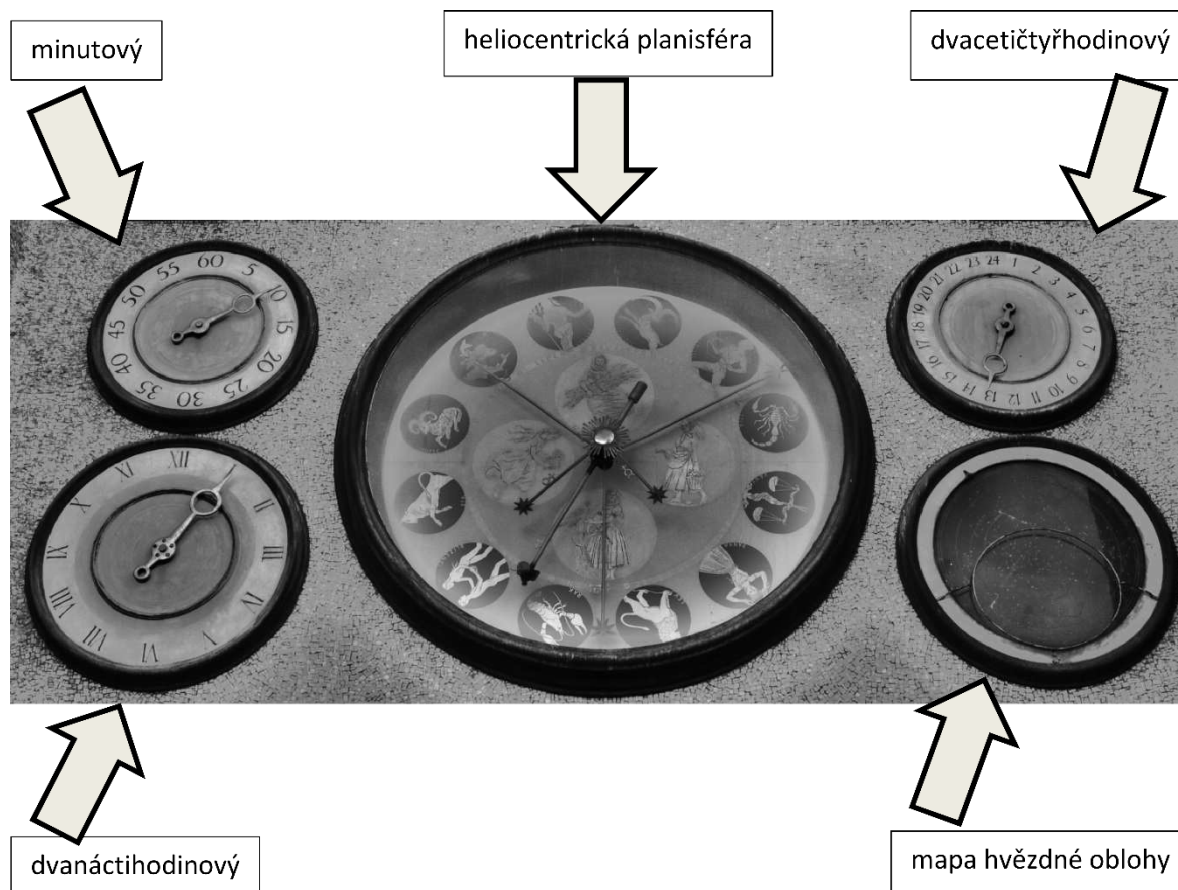
Korfhage & Söhne, který po 2. světové válce repasoval a vylepšil olomoucký hodinář a správce orloje Konrad Schuster (jeho potomci se o chod a údržbu stroje starají dodnes).

Na samotném konci 2. světové války byl výklenek radnice s orlojem poškozen dělostřelbou. Přestože poškození zřejmě nebylo natolik destruktivní, aby nemohl být orloj obnoven, bylo po zdoluhavém jednání rozhodnuto, že orloj bude přestavěn v duchu „nové doby“ s výzdobou navrženou malířem Karlem Svolinským, rodákem z blízkého Sv. Kopečka. Dobově a ideologicky ovlivněná moderní podoba čerpala své náměty z moravského národopisu a z prostředí dělníků, rolníků a „pracující inteligence“. Současná podoba planisféry a číselníků je zachycena na obr. 3.

V květnu 2011 byla na chodbě 2. patra olomoucké radnice otevřena Expozice orloje, která obsahuje bohaté textové a obrazové materiály i několik originálních exponátů. Výstava je volně přístupná v době úředních hodin Magistrátu města Olomouce, mimo tyto hodiny je vstup zpoplatněn v rámci turistických prohlídek „Olomouc v kostce“ nebo výstupu na věž radnice.

Procházka po slunečních hodinách

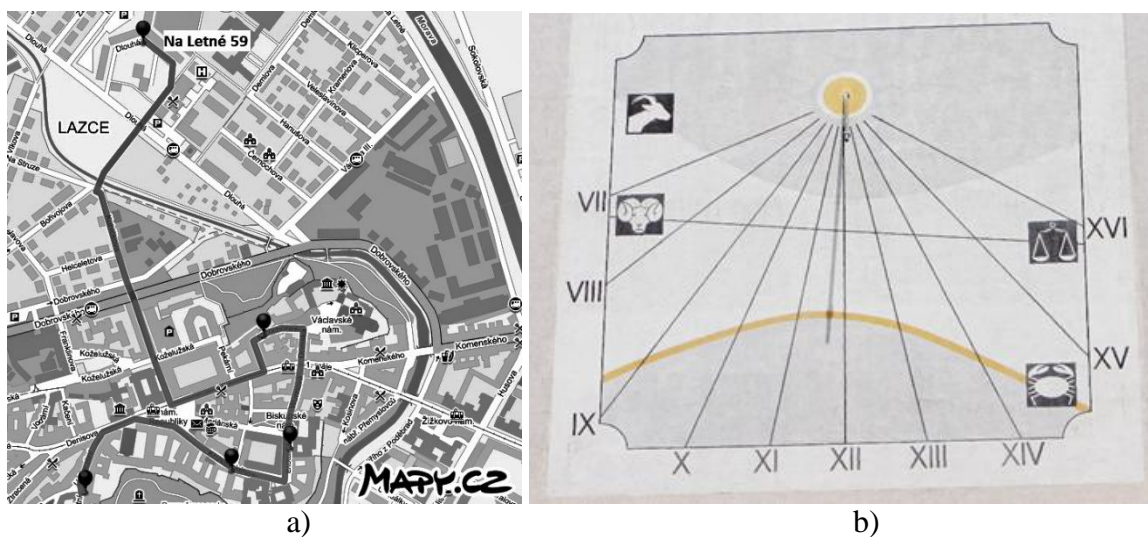
Slunečních hodin najdeme v Olomouci hned několik a upřímně věříme, že časem přibudou další. Většinou jde o hodiny svislé a lze je nalézt v internetovém katalogu [3]. Některé jsou ale hůře dostupné – nacházejí se v okrajových částech města nebo dokonce na soukromém pozemku. Na obr. 4a je navržena trasa propojující 5 z nich, od moderních na stěně panelového domu (obr. 4b) po hodiny v historické budově bývalého jezuitského konviktu v Univerzitní ulici. Pokud máme možnost opakované návštěvy v různých obdobích roku (např. v okolí rovnodennosti a slunovratů), můžeme pozorovat změnu slunečního stínu a diskutovat pojmy a jevy spojené se zdánlivým pohybem Slunce na obloze během roku.



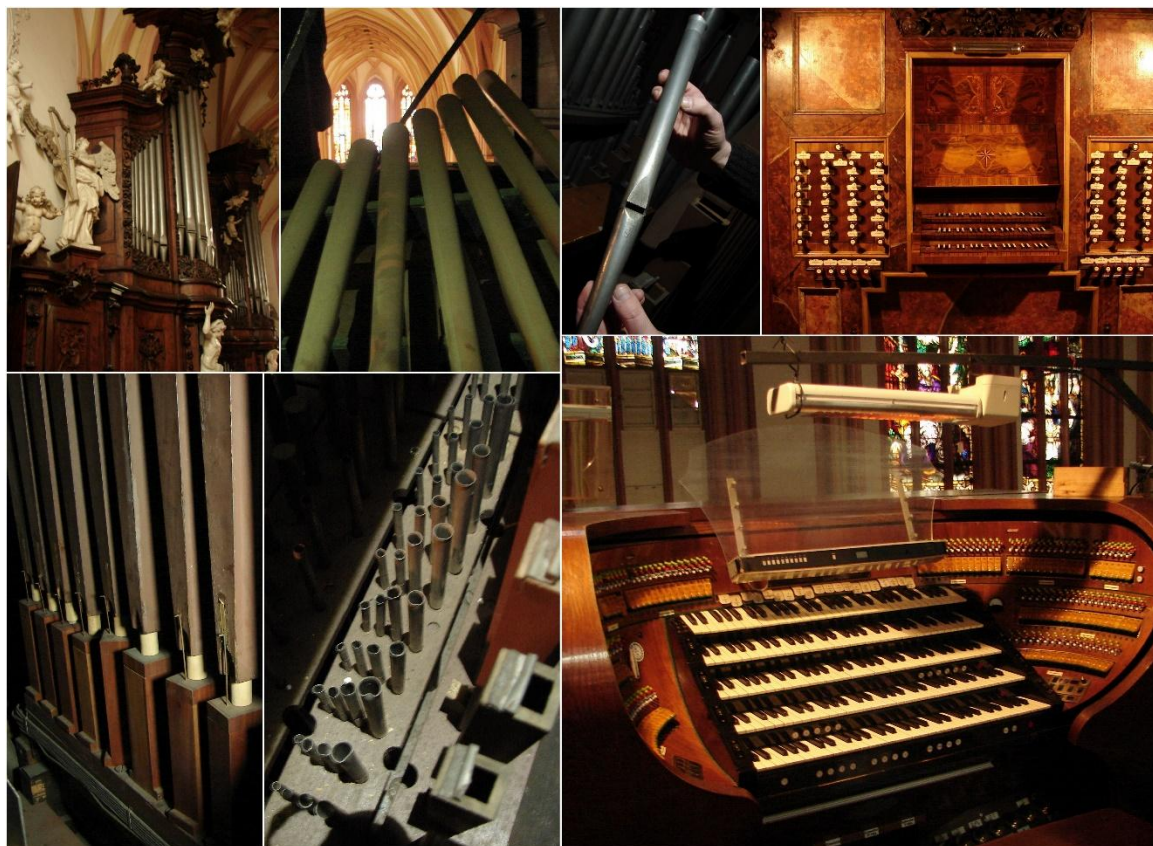
Obr. 3: Planisféra a číselníky dnešního orloje po úpravě z let 1946–1955

Englerovy varhany u sv. Mořice

Olomouc se právem pyšní královským nástrojem – největšími varhanami v ČR a střední Evropě. Jejich stavbu dokončil Michael Engler roku 1745 a po poslední rekonstrukci z let 1959–1971 provedené firmou Rieger-Kloss, Varhany Krnov mají 5 manuálů, 135 rejstříků a



Obr. 4: a) Trasa spojující celkem 5 slunečních hodin ze sídliště na Lazcích přes rektorát univerzity k bývalému jezuitskému konviktu; b) hodiny na stěně panelového domu v ulici Na Letné v den letního slunovratu



Obr. 5: Englerovy varhany; shora dolů a zleva doprava – pohled na centrální část, trumpétové píšťaly, samostatná píšťala, historický hrací stůl, dřevěné jazýčkové píšťaly, nejmenší píšťaly odpovídající nejvyšším tónům a současný hrací stůl s 5 manuály po rekonstrukci v letech 1959–1971

10 400, píšťal; umožňují tak interpretaci hudby všech slohových období. Varhany byly při zmíněné rekonstrukci elektrifikovány při zachování původní mechanické traktury. Od roku 1969 se vždy v září koná v kostele sv. Mořice Mezinárodní varhanní festival, jehož zakladatelem a iniciátorem byl varhaník kostela, organolog a violista Antonín Schindler.

Z akustického hlediska je nejzajímavější zkoumat jednotlivé rejstříky varhan a jejich kombinace. Při vykreslení časového průběhu tónů jednotlivých rejstříků lze uvidět např. jednoduchý průběh flétnového rejstříku, složitější (zvukově barevnější) principálový rejstřík i nejsložitějším jazýčkové rejstříky (zvukově nejbarevnější). Píšťaly jednotlivých rejstříků se liší tvarově, rozměrově, ale i konstrukčně (píšťaly retné a jazýčkové). Znamější a dobře viditelné retné píšťaly jsou obvykle součástí výzdoby varhan. Jazýčkové rejstříky jsou více náchylné na změnu teploty a bývají proto laděny i několikrát do roka (obr. 5).

Dalším důležitým faktorem je patřičný tlak a množství vzduchu (vzduch musí vystačit i při maximálním odběru, kdy jsou zapnuty všechny rejstříky a spojky) s dostatečnou stabilitou (zamezení kolísavosti zvuku). To zajišťuje čerpací soustava složená ze vzduchodů, měchů, a jiných částí. Charakteristickou veličinou je statický tlak, který je určen tlakem vzduchu ve varhanách, jestliže varhany neodebírají vzduch (nehrají). Tento tlak by měl být všude stejný, ať jej měříme na jakémkoliv místě. Se změnou tlaku souvisí zvukový efekt nazvaný tremolo, který vnímáme jako kolísání tónu. Zajišťuje jej tremoland, který způsobí rozkolísání tlaku vzduchu, např. nárazovitým periodickým uzavíráním kanálu. Dalším efektem souvisejícím se změnou tlaku je echobas, který není dalším rejstříkem, ale jedná se o napájení rejstříku s označením bas vzduchem o nižším tlaku.

Každý rejstřík je označen kromě názvu i číselným údajem, který označuje délku píšťaly (ve stopách; jedna stopa je přibližně 30,5 cm), která zní při stisknutí klávesy C. Číselný údaj 8' znamená, že slyšíme stejný tón, který varhaník stiskl. Pokud je stisknut rejstřík s označením 4', slyšíme tón o oktávu vyšší. Kdežto při stisknutí rejstříku 16' slyšíme tón o oktávu nižší. Další číselné údaje mohou být 32', 2', 1', ale i $2\frac{2}{3}'$ a jiné.

Každý rejstřík má svoji typickou barvu zvuku, která se s vhodnou kombinací jiného rejstříku smísí a vytvoří novou barvu zvuku. Na rozdíl od klavíru, kde např. při stisku klávesy c – g, vnímáme dvojjzvuk. Klaviatury obou nástrojů využívají temperovaného ladění, ale kombinace rejstříků např. PRINCIPÁL 8'+ KVINTA $2\frac{2}{3}'$ při stisku klávesy c uslyšíme tóny c a g¹ v čistém ladění.

S žáky lze provést analýzu zvuku pomocí vhodného programu buď na tabletech, mobilních telefonech nebo notebooku. Za tímto účelem je vhodné využít stejný tón s různou rejstříkovou dispozicí. Ukázka znázornění časového průběhu tónu malé e (165 Hz) pro různé rejstříkové dispozice je na obr. 6, ukázka frekvenčního spektra na obr. 7. Jednotlivé rejstříky se liší tvarem i počtem píšťal. Zvukové záznamy pro některé rejstříkové dispozice jsou volně ke stažení na stránkách diplomové práce [4].

Varhany jsou dostupné po předchozí telefonické nebo mailové domluvě s farností svatého Mořice v Olomouci. Cena prohlídky je stanovena na 40 Kč/osobu, přičemž minimální vybraná částka musí být 800 Kč. Pokud se exkurze zúčastní méně než 20 osob, je cena za osobu vyšší. Součástí prohlídky je i poslech jedné ze skladeb varhaníkova repertoáru.

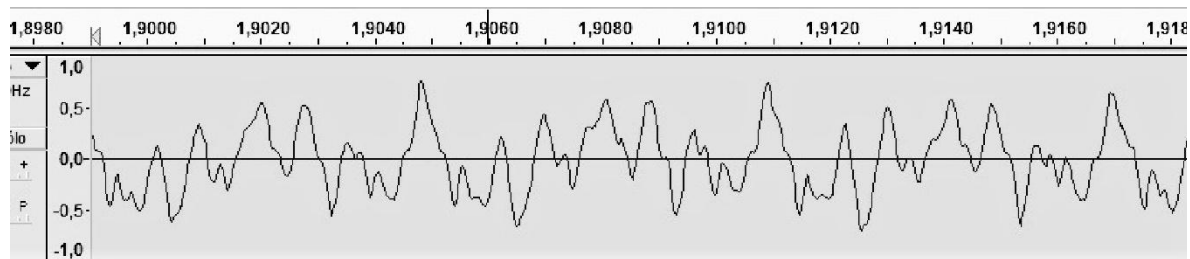
Zvony katedrály sv. Václava

Během této procházky lze uvidět nejtěžší zvon na Moravě, tři různé typy pohonu zvonů, dozvědět se něco z historie zvonařství i základů hudební akustiky, a pokud za pěkného počasí vystoupíme až na vrchol dómské věže, budeme mít nádherný výhled po okolí. Dómskou věž můžeme navštívit během Noci kostelů (www.nockostelu.cz), která probíhá každý rok na přelomu května a června, nebo během Dnů evropského dědictví v první polovině září. Obě dvě akce jsou hojně navštěvovány širokou veřejností, proto lze doporučit třetí možnost – telefonickou domluvu s kostelníkem katedrály.

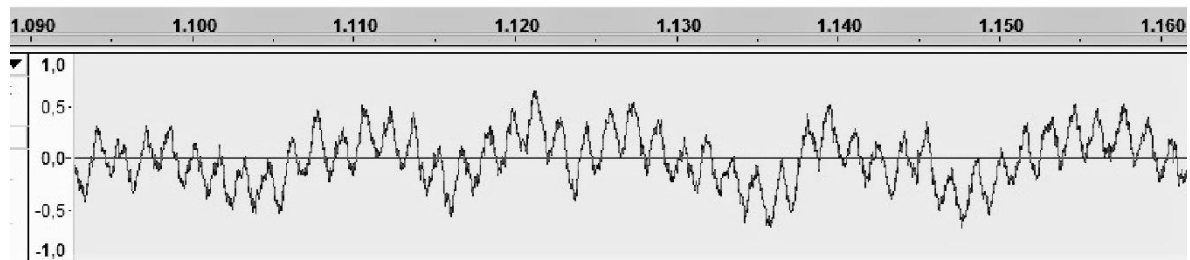
V nejvyšší věži katedrály se nacházejí tři zvony (obr. 8). Největší zvon na Moravě byl odlit v roce 1827 ve Vídni a je zasvěcen Nejsvětější Trojici a svatému Václavu (zkráceně označován jako svatý Václav). Má ruční pohon a zvoní se na něj pouze při výjimečných příležitostech jako např. při jáhenském a kněžském svěcení, volbě a úmrtí papeže či biskupa, o Vánocích a Velikonocích, slavnosti sv. Václava, úmrtí významné osobnosti apod.

Druhý zvon vyrobený v roce 1827 ve Vídni je poháněn elektromotorem a je zasvěcen svatému Petru a Pavlu a Cyrilu a Metodějovi (zkráceně označován jako zvon sv. Petra a Pavla). Podobně jako zvon sv. Václava se na něj zvoní pouze při výjimečných příležitostech.

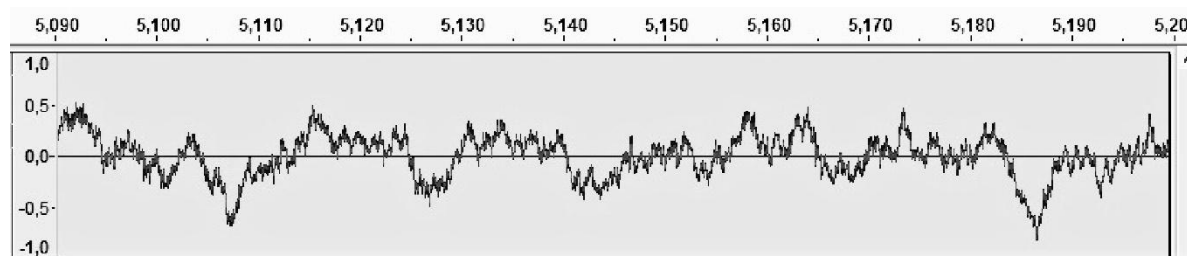
Třetí je zvon Panny Marie Svatohostýnské s lineárním pohonem, který nahradil zvon Panny Marie Bohorodičky zrekvírovaný za 1. světové války; zároveň jde o nejtěžší zvon odlitý pro Českou republiku po 2. světové válce. Zvon zvoní pravidelně v pondělí až neděli v 11:00 – 11:10 (díky velkému množství zvonů v Olomouci zvoní zvony v katedrále hodinu před polednem, aby byl slyšet jejich zvuk samostatně), v pátek 15:00–15:10 (podle tradice v pátek ve tři odpoledne zemřel Kristus na kříži) a v neděli 9:30–9:40 (před hlavní nedělní bohoslužbou).



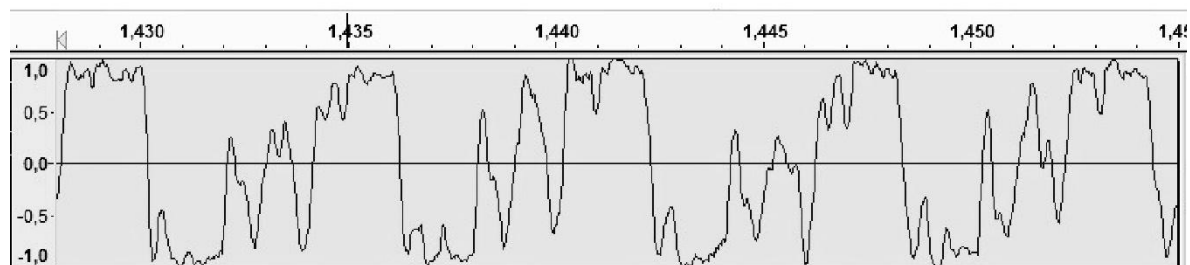
Trompeta 8' (časový průběh)



Waldflöte 2' (časový průběh)



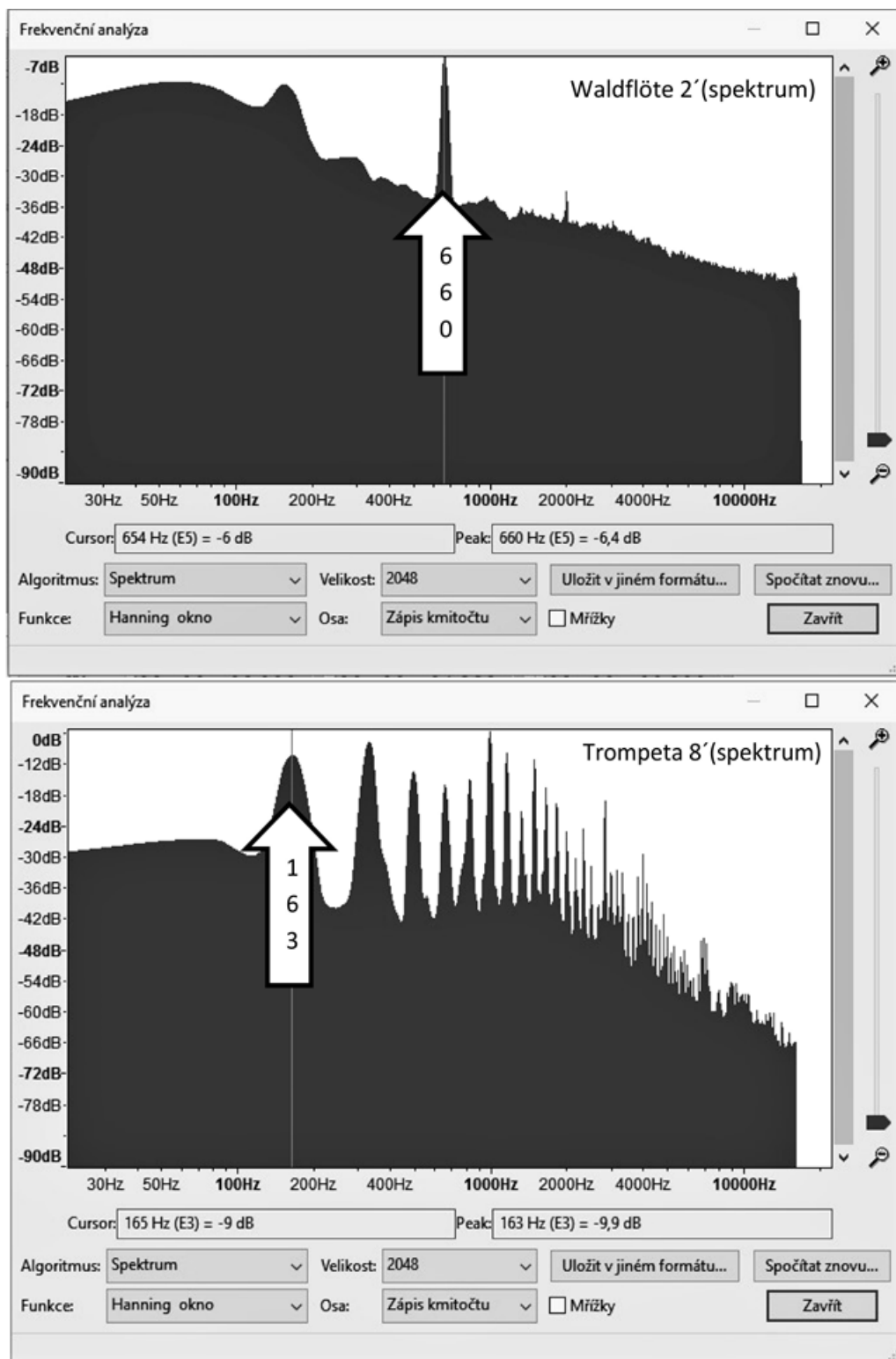
Vox angelica 3x 8'-4'-4' (časový průběh)



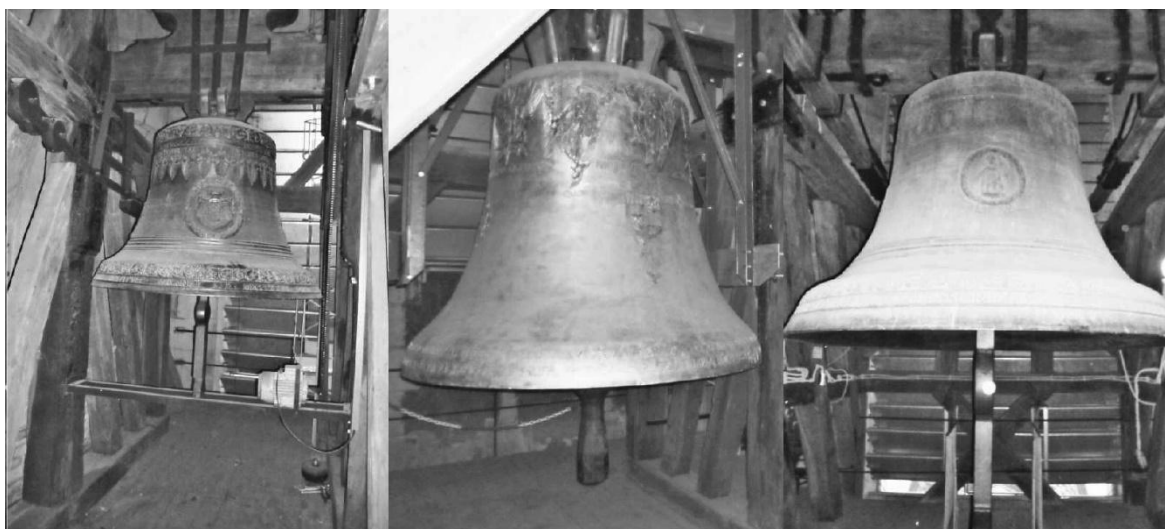
Tutti (časový průběh)

Obr. 6: Časový průběh některých rejstříkových tónů podle záznamu v programu Audacity [1]; Vox angelica odpovídá rejstříku, jehož 3 píšťaly, které znějí při stisknutí jedné klávesy, jsou záměrně mírně rozladěny tak, aby vydávaly chvějivý tón, tutti odpovídá zapnutí všech rejstříků (odborně tutti)

Každý zvon vydává po úderu celé spektrum tónů. Při nárazu srdce do zvonu vzniká nárazový (úderový) tón, zvaný též hlavní. Jeho vyznívání je však velmi krátké a během 1–2 s se zcela ztotožní se základním tónem; v ideálním případě je tato shoda čistá a určuje subjektivní vjem výšky tónu zvuku. Pod základním tónem se ve zvuku zvonu vyskytuje tzv. *hum* („hukot“), který je u současných zvonů obvykle o oktávu nižší než tón základní a je nejdéle slyšitelným tónem při doznívání. Parametry zvonů v katedrále sv. Václava shrnuje tabulka 1.



Obr. 7: Spektrum tónu malé e Englerových varhan (165 Hz, E3 podle značení Scientific pitch notation používaného programem Audacity [1]) s některými rejstříkovými dispozicemi; u rejstříku Waldflöte 2' si lze všimnout, že základní tón je oproti hranému tónu posunut o dvě oktávy a díky tomu, že se jedná o flétnový rejstřík, nemá tolik význačných maxim; trompeta 8' je jedním z nejvýraznějších rejstříků, proto i ve spektru vidíme velké množství vysokých maxim



Obr. 8: Popisované zvony – zleva sv. Petr a Pavel, P. Marie Svatohostýnská a sv. Václav

sv. Petr a Pavel	2 168 kg	h	508 Hz	141 Hz
P. Marie Svatohostýnská	4 085 kg	g#	428 Hz	107 Hz
sv. Václav	8 156 kg	e	325 Hz	88 Hz

Tabulka 1: Některé parametry zvonů ve věži katedrály sv. Václava v Olomouci
Pomocí tabulky se můžeme pokusit ověřit empirický vztah získaný na základě analýzy zvuku 700 zvonů [5]

$$M = 4776 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \times \left(\frac{c}{\pi} \cdot \frac{1}{f_h} \right),$$

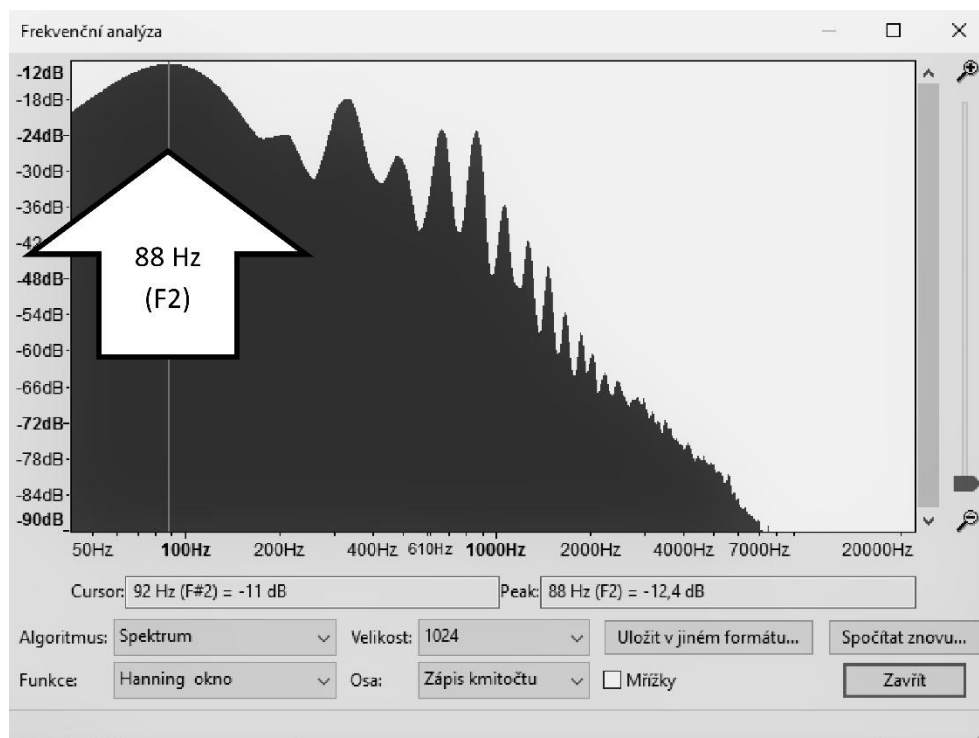
kde M je hmotnost, c rychlost zvuku a f_h frekvence humu. Pro tři výše uvedené zvony se odchylky hmotnosti vypočtené podle frekvence humu od skutečné hmotnosti zvětšují s rostoucí hmotností zvonu (2,3 %, 5,7 %, 12 %). Podobně jako v případě varhan můžeme provést i analýzu spektra zvuku zvonu, příklad je znázorněn na obr. 9.

Poděkování

Příspěvek vznikl za podpory projektu **PŘÍ**Rodovědné **O**borové **D**idaktiky **A** praktikující učitel (**PŘÍRODA**), reg. č. CZ.02.3.68/0.0/0.0/16_011/0000669.

Literatura

- [1] Audacity[®]. Free, open source, cross-platform audio software for multi-track recording and editing [online]. Dostupné z: <https://www.audacityteam.org>.
- [2] Himmler, R.: Olomoucký orloj. *Watch IT!* 1/2017, 132–137. Dostupné z: http://www.prerovmuzeum.cz/img/muzeum/kontakty%20%C4%8DI%C3%A1nky/Himmler_R._Olomoucky_orloj_WatchIT_1-2017_132-137.pdf.
- [3] *Katalog slunečních hodin* [online]. Dostupné z: <http://astro.mff.cuni.cz/mira/sh/sh.php>.



Obr. 9: Spektrum zvonu sv. Václav v programu Audacity [1] s vyznačenou frekvencí humu; audionahrávky zvonů jsou ke stažení na stránce [4]

[4] Šustek, J.: *Fyzikální procházky Olomoucí*. Diplomová práce, UP Olomouc, 2016.
Dostupné z: muj.optol.cz/richterek/doku.php?id=vyuka.

[5] Vogt, P., Kasper, L. a Burde, J.-P.: The sound of church bells: Tracking down the secret of a traditional arts and crafts trade. *The Physics Teacher*, **53**(7), 438–439.
DOI:10.1119/1.4931015.

Moderní technologie při výuce fyziky z pohledu žáků.

JIŘÍ TESAŘ, FRANTIŠEK JÁCHIM

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Pedagogická fakulta

Abstrakt

Článek se zabývá užitím IT technologií ve výuce fyziky na ZŠ. Konkrétně analyzuje nově dostupný výukový software tzv. Elektronické doplňky k učebnici fyziky. Čtenáři seznamuje hodnocením tohoto software ze strany konečných uživatelů, tj. žáků základní školy, na které byt uvedený software testován.

Klíčová slova:

IT technologie, výukový software, výuka fyziky, fyzikální veličiny, analýza dotazníku.

Úvod

Naše společnost je zavalena novými IT technologiemi, které nás i naše žáky obklopují na každém kroku. Na tuto skutečnost samozřejmě musí také reagovat i škola jako taková. Výpočetní technika při výuce se stala naprosto samozřejmým doplňkem učitelovy i žákovy práce. V současnosti k tomu přistupuje také používání tabletů, resp. chytrých telefonů.

Při výuce fyziky se můžeme setkat především s nahrazováním některých experimentů simulacemi ve formě fyzikálních apletů, které jsou volně přístupné na internetu, běžnou záležitostí jsou prezentace, které žákům i učitelův svoji názorností oživují klasickou vyučovací hodinu. Z hlediska pochopení fyzikálních dějů má nezastupitelnou úlohu fyzikální experiment, který se díky IT dostává na kvalitativně vyšší úroveň především použitím on-line systémů. Na našich školách jsou to především soupravy VERNIER a PASCO, které umožňují okamžité zpracování, tvorbu grafů a z toho plynoucí analýzu fyzikálního děje.

Otázkou ale zůstává, jak propojit individuální práci s IT s klasickou výukou, především ve fázi upevňování nových poznatků a získávání zpětné vazby o efektivitě výuky jak pro vyučujícího, tak i pro samotné žáky. Tuto ideu se snaží naplnit tzv. *Elektronické doplňky k učebnici fyziky*, které vydává nakladatelství SPN, a.s. [1]. Záměrem jejich autorů bylo vytvořit výukový software, který bude univerzální, tj. bude pracovat na všech běžných platformách (PC, tablet, chytrý telefon,...), bude také použitelný pro hromadnou výuku, tj. bude ho možno provozovat na interaktivních tabulích a v neposlední řadě, bude ho možné také využívat i samotnými žáky v domácí přípravě. Tento záměr není zatím beze zbytku naplněn a vzhledem k technickým možnostem nakladatelství bude 1. díl distribuován pouze na DVD, tj. bude využíván především při hromadné výuce a vyplní mezeru ve smysluplném využití interaktivních tabulí.

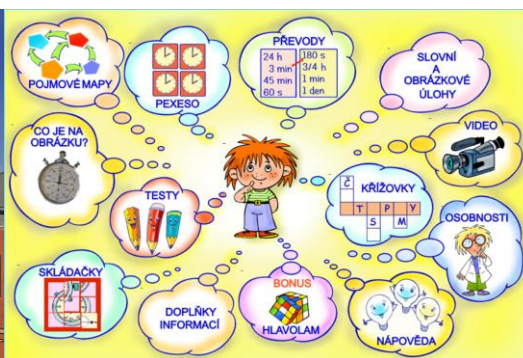
Hodnocení nového výukového software žáky ZŠ

Obsahová náplň a struktura tohoto výukového softwaru vychází z didaktického zpracování řady učebnic od stejného nakladatelství. První díl má název podobně jako učebnice Fyzika I „Fyzikální veličiny a jejich měření“ [2]. Jeho grafická podoba, didaktický rozbor a struktura jednotlivých položek pro tematický celek délka byla již prezentována na semináři ve Vlachovicích [3]. Celý komplet zahrnuje kromě délky i další celky této části fyziky, tj. obsah, objem, hmotnost, čas, teplotu a hustotu.

Ukažme si některé „obrazovky a rozcestníky“, které ukazují, jaké je didaktické využití tohoto software při výuce fyziky na základních školách.



Obr. č. 1: Úvodní rozcestník



Obr. č. 2: Rozcestník - čas

Z obrázku č. 2 je vidět, že didaktické možnosti jsou velmi široké – od motivace žáků přes průběžné opakování až po řešení náročnějších problémových a jiných úloh náročných na tvůrčí přístup.

Před samotnou distribucí se autoři rozhodli provést případovou studii a vytvořený software nechali ověřit samotnými žáky ze ZŠ Strakonice v Dukelské ulici. Během 1. pololetí školního roku 2017/18 s tímto softwarem pracovali žáci dvou 6. tříd jak při hodinách fyziky, tak i při hodinách informatiky. Svůj pohled na tento produkt pak vyjádřili v jednoduchém dotazníku, který sestavili autoři elektronických doplňků. Cílem tohoto dotazníku nebylo ověřit efektivitu výuky s tímto softwarem, ale zjistit, jak žáci hodnotí tento software jako výukový prostředek a jak je zaujal z hlediska jejich motivace. Pro jednoduchost žáci odpovídali jako při školní klasifikaci, tj. ano (nejlepší) = 1,....; ne (nejhorší) = 5. Otázky zadaného dotazníku byly voleny s ohledem na věk žáků co nejjednodušší, aby žáky neodrazoval už svým zadáním – viz příloha.

Dotazník vyplnilo 38 žáků dvou různých 6. tříd. K otázce číslo 2 přiřadili někteří žáci více možností, proto součet všech odpovědí překračuje očekávanou sumu 38. Získané výsledky ukazuje následující přehled.

		1	2	3	4	5	Prům.
1.	Oznámkuj náročnost ovládnání uvedené pomůcky	27	9	2	0	0	1,34
2.	Jak fungoval tento software na tvém PC, tabletu, chytrém telefonu?	24	13	0	4	0	1,74
3.	Pomohla ti tato pomůcka k zopakování a prohloubení učiva o veličinách?	22	6	9	1	0	1,71
4.	Považuješ za užitečné <i>Pojmové mapy</i> ? Pomohly ti k lepšímu pochopení učiva?	13	13	6	4	2	2,18
5.	Jsou vhodné voleny dvojice v <i>Pexesu</i> ? Přispěly k lepšímu zapamatování pojmů?	24	12	2	0	0	1,42
6.	Vyhovuje ti řazení <i>Převodů</i> od jednodušších ke složitějším?	28	3	4	3	0	1,53
7.	Dařilo se ti poznávat předměty v části <i>Co je na obrázku</i> ?	13	19	4	2	0	1,87
8.	Rozuměl jsi zadání <i>Obrázkových a slovních úloh</i> ?	11	16	5	5	1	2,18
9.	Pomohla ti <i>Videa</i> při praktickém měření?	17	12	5	1	3	1,97
10.	Vyhovují ti tři úrovně obtížnosti <i>Testů</i> ?	22	7	5	1	3	1,84
11.	Podařilo se ti sestavit <i>Skládačky</i> ?	28	6	2	1	1	1,45
12.	Oznámkuj část <i>Hlavalam</i>	21	6	3	3	5	2,08
13.	Zaujaly tě <i>Doplňky informací</i> ?	18	14	5	0	1	1,74
14.	Přispěly <i>Křížovky</i> k opakování základních pojmů? Vyluštil jsi tajenku?	21	16	1	0	0	1,47
Celkový průměr:							1,74

K dalším čtyřem otázkám, jejichž cílem bylo odhalit vztah žáků k pro ně nové výukové metodě, se žáci velmi často nevyjádřili vůbec, takže výsledky této části dotazníku nejsou průkazné.

Která z "bublin" z obrázku ti nejvíce pomohla při procvičování učiva?

Mapy	PEXESO	Převody	Slovní	Co je na	Testy	Křížovky	Video	Skládačky	Doplňky	Hlavalam	Osobnosti
2	6	7	0	1	3	7	3	5	0	0	0

Která z „bublin“ z obrázku ti připadala nejzajímavější?

Mapy	PEXESO	Převody	Slovní	Co je na	Testy	Křížovky	Video	Skládačky	Doplňky	Hlavalam	Osobnosti
3	4	0	1	4	0	5	2	7	2	5	3

Co se ti na pomůcce nelíbilo a bylo by třeba zlepšit nebo vynechat?

Mapy	PEXESO	Převody	Slovní	Co je na	Testy	Křížovky	Video	Skládačky	Doplňky	Hlavalam	Osobnosti
5	0	1	3	1	2	1	0	1	0	2	5

Chtěl bys, aby ti tvůj učitel fyziky umožnil tuto pomůcku využít v domácí přípravě?

ANO	22
NE	6

Co lze z výsledků tohoto dotazníku usoudit?

Zásadní je především odpověď na první otázku s nejlepším ohodnocením, z které vyplývá, že tento učební materiál je svým ovládním žáky velmi pozitivně přijímán, tj. že zvolená koncepce doplňování, přetahování a dalšího intuitivního ovládní neodvádí pozornost žáků od samotného fyzikálního obsahu materiálu. Ne tak skvělé skóre získala druhá otázka zaměřená na fungování software na moderních technologiích (tablety, chytré telefony). Nicméně i toto hodnocení dává tušit, že v budoucnu uvažovaná distribuce přes internet a individuální aplikace nevedou do slepé uličky, ba právě naopak představují výraznou „přidanou hodnotu“ tohoto učební materiálu.

Další otázky zaměřené na jednotlivé části ukazují, že jejich hodnocení je v rozmezí cca 1,5 až 2,1. Zvážíme-li, že žáci mohli udělit hodnocení 5 tak toto hodnocení vyznívá velmi pozitivně. Při bližším pohledu lze říci, že lepší hodnocení získaly atraktivní položky jako je *Pexeso* (1,42), *Skládačky* (1,45) a *Křížovky* (1,47). Zajímavé je, že poměrně vysoké hodnocení získalo i upořádání převodů (1,53), neboť ty jsou mezi žáky všeobecně neoblíbené.

S určitým zklamáním autoři přijali horší hodnocení *Pomových map* a položky *Co je na obrázku?*(2,18). Obě tyto položky představují moderní didaktický trend vedoucí k porozumění a následné aplikaci teoretického poznatku do praxe. Horší hodnocení *Pojmových map* může být způsobeno tím, že žáci nejsou na tuto metodu zvyklí. Hodnocení položky *Co je na obrázku* může souviset s tou skutečností, že software hodnotili žáci, kteří absolvují výuku ve třídě s rozšířenou výukou matematiky a přírodních věd. Tato položka nenaplnuje jejich očekávání, tj. je pro ně velmi jednoduchá a proto horší hodnocení.

Odpovědi na otázky zaměřené na motivační složku předloženého softwaru jsou ve shodě s očekáváním autorů, i když některé spíše vyjadřují atraktivnost oblasti, než její praktický dopad na poznatkovou strukturu žáků. Tuto skutečnost dokumentují výsledky odpovědí na otázku „*Co nejvíce přispělo k procvičení učiva?*“ - Převody (7), Křížovky (7) a Pexeso (6). Pro žáky jsou „*nejzajímavější*“ *Skládačky* (7), *Křížovky* (5) a *Hlavoam* (5). „*Nejmenší oblibu*“ získaly *Mapy* (5) *Osobnosti* (5) a *Slovní úlohy* (3). Pozitivní je, že většina žáků (22 z 28) by chtěla i nadále tento výukový software používat i v domácí přípravě.

Samozřejmě uvedené šetření je pouze orientační, protože bylo provedeno na statisticky nevýznamném vzorku žáků. Ukazuje však, že záměr autorů i nakladatelství je žáky i oslovenými učiteli fyziky přijímán vcelku kladně.

Závěr

Cílem tohoto článku bylo ukázat nově vzniklý výukový software z pohledu konečných uživatelů, tj. žáků základní školy. Žáci se k tomuto produktu staví celkem pozitivně a naskytá se otázka pro autory i nakladatelství, zda budou připravovat další části, aby vznikl ucelený celek odpovídající sadě učebnic, z níž vychází. Je zřejmé, že aby byl implementován do výuky v širším měřítku, bude nutné převést jeho instalaci z DVD na internetový portál.

Literatura a další zdroje

[1] <http://spn.cz/>

[2] Tesař, J., Jáchim, F.: Fyzika 1 pro základní školu, SPN Praha 2015, ISBN 978-80-7235-556-3, 72 stran (2. vydání).

[3] Tesař, J.: Elektronické doplňky k učebnicím fyziky pro ZŠ, in: Jak získat žáky pro fyziku 2 – Vlachovice 2015 (Sborník ze semináře OS FPS JČMF), 14. – 17. 10. 2015, editor R. Seifert, str. 4, JČMF Praha 2015, ISBN 978-80-7015-122-8

Příloha

Dotazník pro žáka 6. ročníku

Na počítači jsi měl možnost procvičit a popřípadě ověřit své znalosti z fyziky, a to z oblasti měření fyzikálních veličin. Tento interaktivní software bude vydán pro potřeby všech škol v České republice, proto před jeho konečnou úpravou by autoři rádi znali názor žáků, kteří s tímto výukovým softwarem pracovali a pomohli nalézt chyby nebo jiné nedokonalosti. Proto nám prostřednictvím nabízených odpovědí sděl svůj názor na tuto interaktivní pomůcku. Za odpovědi autoři velmi děkují.

Za autory František Jáchim



Své odpovědi oznámkuj jako ve škole, tj. 1 = ano, nejlepší, nejsnazší; 5 = ne, nejhorší, nejtěžší

1. Oznámkuj náročnost ovládnání uvedené pomůcky.
2. Jak fungoval tento software na tvém PC, tabletu, chytrém telefonu?
3. Pomohla ti tato pomůcka k zopakování a prohloubení učiva o fyzikálních veličinách?
4. Považuješ za užitečné *Pojmové mapy*? Pomohly ti k lepšímu pochopení učiva?
5. Jsou vhodně voleny dvojice v *Pexesu*? Přispěly k lepšímu zapamatování pojmů?
6. Vyhovuje ti řazení *Převodů* od nejjednodušších ke složitějším?
7. Dařilo se ti poznávat předměty v části *Co je na obrázku?*
8. Rozuměl jsi zadání *Obrázkových a slovních úloh*?
9. Pomohla ti *Video* při praktickém měření?
10. Vyhovují ti tři úrovně obtížnosti u *Testů*?
11. Podařilo se ti sestavit *Skládačky*?

12. Oznamkuj část nazvanou *Hlavolam*.

13. Zaujaly tě *Doplňky informací*?

14. Přispěly křížovky k zopakování základních pojmů – vyluštil jsi tajenku?

U dalších otázek odpovědi napiš:

A) Která z „bublin“ z obrázku ti nejvíce pomohla při procvičování učiva?

B) Která z „bublin“ z obrázku ti připadala nejzajímavější?

C) Chtěl bys, aby ti tvůj učitel fyziky umožnil tuto pomůcku využít v domácí přípravě?

D) Co se ti na pomůcce nelíbilo a bylo by třeba zlepšit nebo vynechat?

Tvorba fyzikálních pomůcek 3D modelováním, 3D tiskem a CNC frézku

VLADIMÍR VOCHOZKA, MICHAL ŠERÝ

Pedagogická fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

V textu příspěvku jsou nastíněny možnosti tvorby fyzikálních pomůcek využitím 3D modelování, 3D tisku a obrábění CNC frézku. Vytvořené pomůcky byly vyzkoušeny ve výuce a diskutována jsou jejich omezení a případné postupy práce při řešení úloh.

Vybrané technologie

3D modelování

Pojmem 3D modelování se rozumí proces tvarování a vytváření 3D modelu [1]. Těleso je popsáno jako mnohostěn zcela určený svými hranicemi (stěnami, hranami a vrcholy) [2].

Počítačem podporované projektování – Computer Aided Design (CAD) je využití pokročilých grafických programů místo rýsovacího prkna. Většina aplikací pracuje s parametrickými 3D modely. [3]

Výchozí objekty pro parametrické modelování mohou být definovány pomocí 2D náčrtů (profilů) nebo předdefinovaných modelů. Při tvorbě parametrického modelu je nezbytné vytvoření vzájemných vazeb jednotlivých prvků skici. Geometrické vazby definují geometrické parametry, například vzájemnou rovnoběžnost, kolmost nebo soustřednost jednotlivých čar tvořících náčrt. [4]

3D tisk

3D tisk je proces tvorby třídimenzionálních pevných objektů z digitálního souboru. Aktuálně nejrozšířenějším typem tisku je postupné nanášení roztaveného materiálu známé pod názvem Fused deposition modeling (FDM). [5]

FDM je aditivní technologie, která spočívá v tavení materiálu ve formě vlákna uvnitř hlavy extrudéru. Tavenina je vytlačována na podložku. Pohybem trysky ve dvou osách dochází postupně k nanášení velmi tenké vrstvy materiálu v rovině. Jedna vrstva tvoří horizontální rovinu průřezu budoucího modelu. Po provedení všech potřebných pohybů v jedné rovině dojde k posunu po vertikální ose a nanášení materiálu v další vrstvě. [6]

CNC Frézka

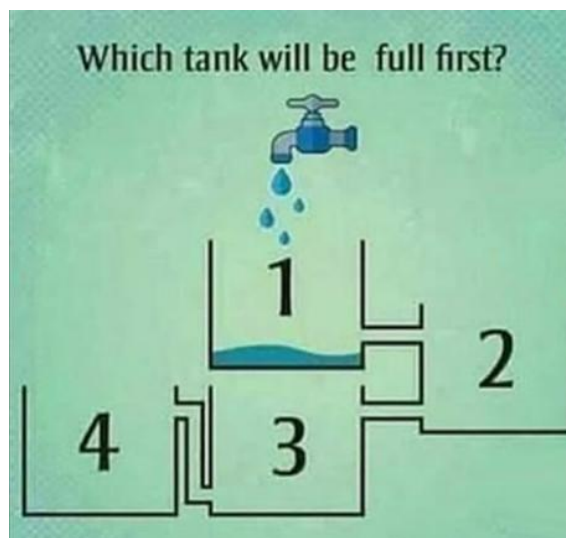
CNC frézka je, podobně jako 3D tiskárna, zařízení pro tvorbu výrobku z digitálního 3D modelu. Postup je ovšem opačný než u 3D tisku. To znamená, že pomocí nástroje odebíráme materiál z polotovaru pomocí rotujícího nástroje – frézy. Možnosti výroby jsou určeny počtem stupňů volnosti, které frézka má. Pro tyto stupně volnosti se vžil označení osy. Základní modely nesou označení 3-osé. To znamená, že pohyb frézy vůči obrobku je ve třech osách x, y a z. Pokud se rozšíří možnosti pohybu o osy rotace můžeme získat až 6-osou frézku. Hobby CNC frézy jsou typicky 3-osé stroje vhodné pro gravírování, vytváření reliéfů nebo výrobu desek plošných spojů. Typickým příkladem může být stroj označovaný CNC2418. Tyto stroje jsou vybaveny řídicí elektronikou, která „rozumí“ příkazům v G-kódu. Jedná se o jazyk vyvinutý pro řízení CNC strojů. Proto je potřeba pro vhodný progra-

mový nástroj, který z počítačového modelu vygeneruje potřebný G-kód. V našem případě jsme pro vytvoření návrhu měřítka použili program Inkscape [7] a pro generování gravírovacího G-kódu online nástroj MakerCAM [8].

Fyzikální pomůcky

Čtyři spojené nádoby

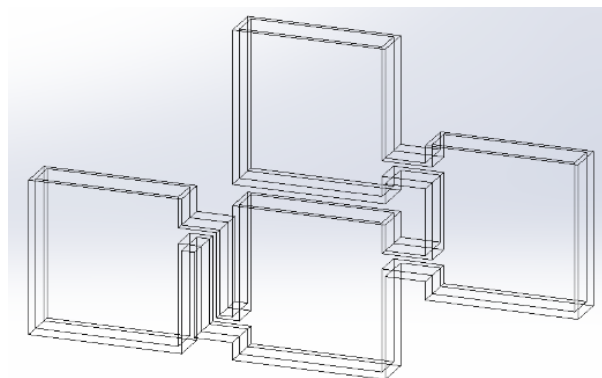
V listopadu 2016 se poprvé sociálními sítěmi začala šířit problémová úloha (Obrázek 1) s otázkou: „Která nádoba se naplní první?“ [9]



Obrázek 1. Zadání problémového úkolu v podobě šířící se na sociálních sítích [11].

V diskuzích se objevily a stále objevují různorodé odpovědi. Často i při dialogu se studenty dochází k jejich nesprávnému úsudku na základě miskoncepcí v chápání problematiky spojených nádob.

Návrh a tvorba



Obrázek 2. Čtyři spojené nádoby vymodelované v CAD programu SolidWorks.

O principu a správném řešení se lze přesvědčit spojením možností 3D modelování a tisku, kdy výsledný produkt poslouží jako výuková pomůcka.

Při tvorbě modelu se vychází ze skici, která kopíruje původní návrh a pomocí nástroje *Přidání vysunutím* o hloubku $h = 8$ mm dojde k vytvoření trojrozměrného tělesa. Všechny čtyři vrchní stěny a zároveň vnitřní část spojů, včetně vybrání objemu nádob, se odstraní nástrojem *Skořepina* s vlastností tloušťka $d = 1$ mm. Získá se tak výsledný tvar vhodný k tisku (Obrázek 2).

Z CAD softwaru SolidWorks je model exportován do formátu stereolithography (STL) a následně připravován pro tisk v programu Slic3r Prusa Edition.

Tvar modelu vyžaduje tisk s podporami. Je nutné nastavit 5% hustotu vnitřní výplně-*infill* a výšku vrstvy-*layer height* 0,35 mm, protože je k tisku použit transparentní 1,75mm filament. Po všech nastaveních je vyexportován G-kód soubor, podle kterého probíhá tisk v 3D tiskárně.

Didaktická a fyzikální analýza

Všechny vytisknuté části se chovají jako průsvitné optické prostředí, kterým světlo částečně prochází, ale také se při průchodu rozptyluje. Kapalina je lépe viditelná po obarvení potravinářským barvivem (Obrázek 3).



Obrázek 3. Vlevo spojené nádoby vytisknuté tiskárnou. Vpravo experimentální řešení otázky.

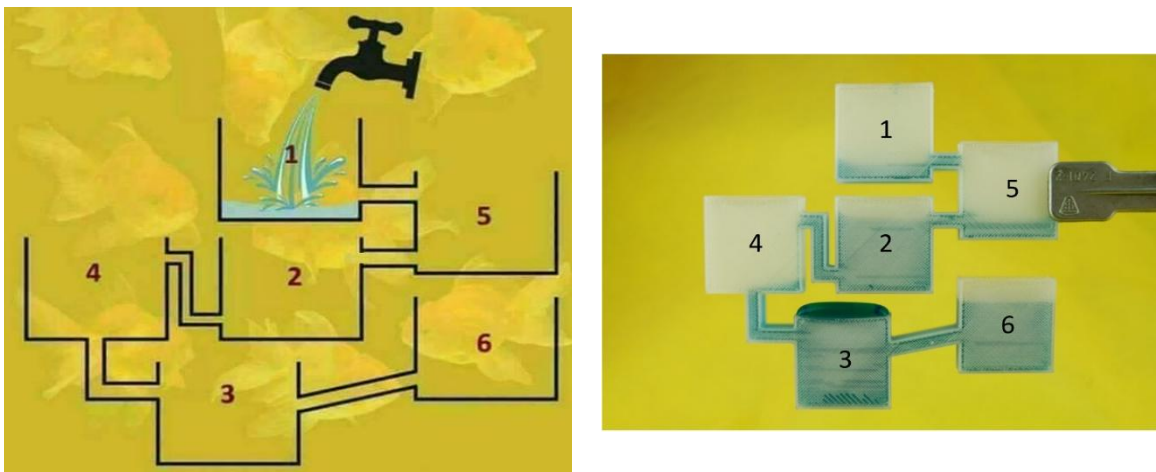
Správná odpověď na původní otázku je, že se současně naplní čtvrtá a třetí nádoba (za plnou nádobu je považována nádoba naplněná kapalinou po její horní okraj).

Zvolené velikosti spojených nádob jsou téměř hraniční, při menších rozměrech by se zapojily do chování kapaliny další fyzikální jevy. Při malém a různém průměru nádob či jejich spojů se také může projevit kapilární elevace nebo kapilární deprese. Tento jev je významný, pokud se jedná o nádoby s průměrem v řádech milimetrů a menším. [10]

Plnění vrchní nádoby je třeba dělat injekční stříkačkou dostatečně pomalu, ideálně po kapkách, jak je znázorněno na původním zadání. Důležitou podmínkou je nehybnost kapalin, při proudění mohou být tlaky kapalin v různých nádobách různé díky Bernoulliho jevu. [11]

Šest spojených nádob

Velká obliba původního zadání vedla k vytvoření další verze doplněné o dvě nádoby. Princip a chování nádob při napouštění je totožný jako v předchozím případě (Obrázek 4 vlevo).



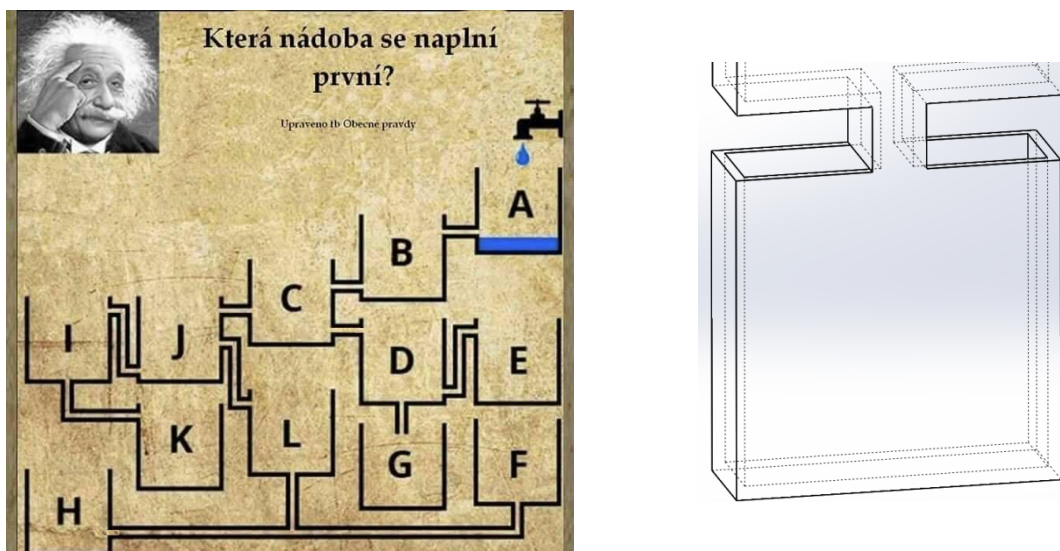
Obrázek 4. Vlevo zadání další verze problémového úkolu [12]; Vpravo experimentální ověření výsledku.

Postup nakreslení skici, vytvoření prvku těla, export a nastavení tisku se nemění. Systém spojených nádob se chová jako u prvního zadání. Při postupném plnění vodou je možné pozorovat, že se první naplní nádoba číslo tři. (Obrázek 4 vpravo)

Přidáním dalších nádob nedošlo ke zvýšení obtížnosti úlohy, řešení je jednodušší než v předchozím případě.

Dvanáct spojených nádob

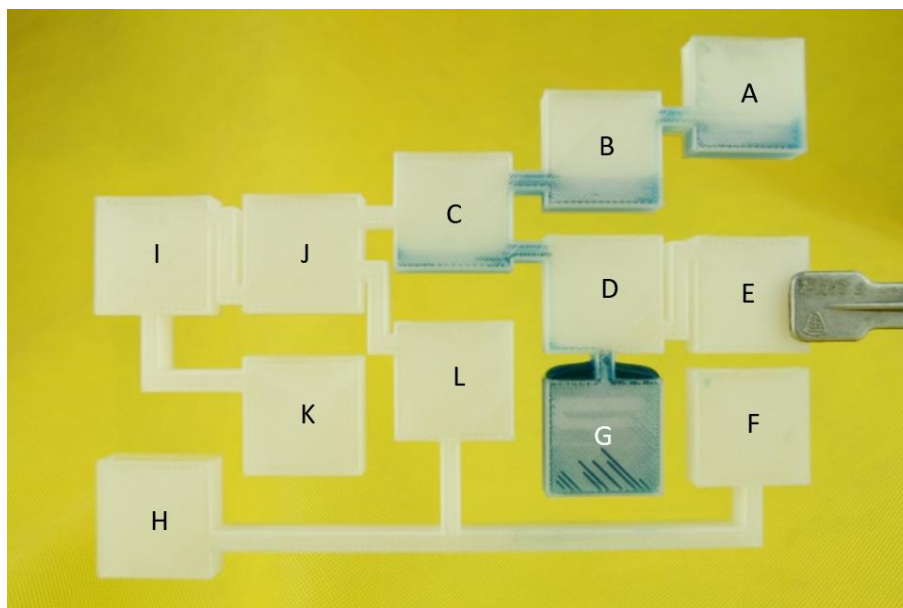
Poslední řešení úlohy je založeno na velkém množství nádob. Princip je stále stejný jako v předchozích případech. Zadání úlohy (Obrázek 5 vlevo) ideálně slouží pro ověření získaných znalostí na konci vyučování či na začátku další výuky.



Obrázek 5. Vlevo poslední zveřejněné zadání s největším počtem nádob [13]; Vpravo jedno z možných řešení pro tisk.

Nejkomplikovanější částí pro vytvoření modelu je nádoba s písmenem G. V obrázku 5 vpravo je vidět detail, jak byl tento element vyřešen pro možnosti tisku bez změny chování.

Při postupném plnění vodou je možné pozorovat, že se první naplní nádoba s písmenem G (Obrázek 6).



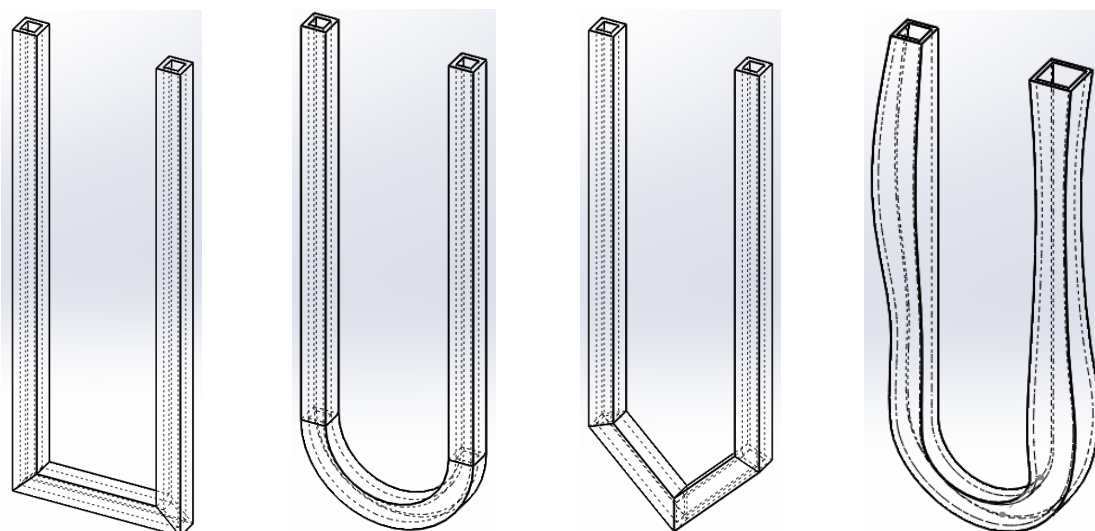
Obrázek 6. Experimentální ověření výsledku.

U trubice

U trubice je standardní model, který je používán jako ukázkový příklad v učebnicích. Diskutuje se především výška hladin v ramenech trubice v závislosti na hustotě kapalin. Téma spojených nádob bývá součástí řešení početních příkladů. Nabízí se možnost spojení řešení příkladu s experimentálním ověřením.

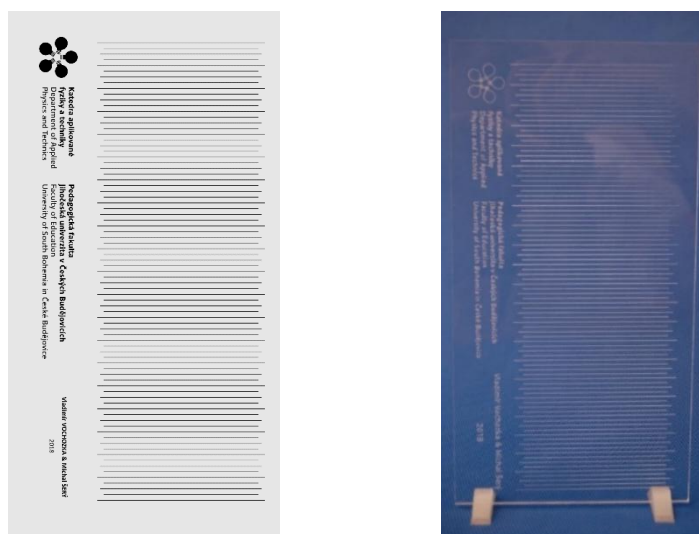
3D modelování, tisk a frézování

Studentům jsou k dispozici různé tvary spojených nádob, které jsou vymodelovány (Obrázek 7) a vytisknuty transparentním filamentem.



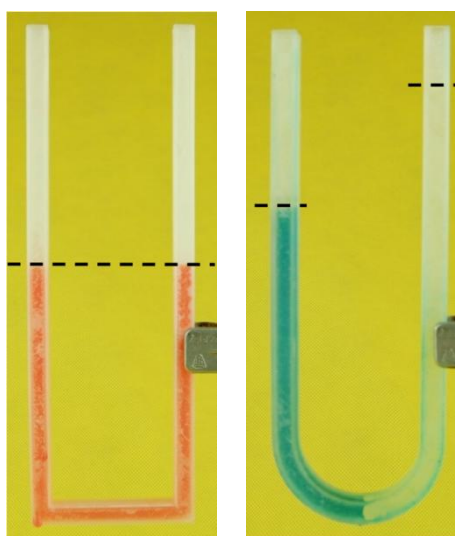
Obrázek 7. Spojené nádoby různých tvarů.

Pro přesnější odečítání rozdílů hladin je spojená nádoba připevněna suchým zipem k destičce s gravírovanými pruhy s rozestupy 2 mm. Gravírování se provádí na 3D tříosé CNC frézce. Vyznačeny jsou také vzdálenosti 5 mm a 10 mm různou šířkou pruhu v horizontálním směru (Obrázek 8).



Obrázek 8. Vlevo grafický návrh v programu Inkscape; Vpravo výsledek gravírování na frézce.

Pro lepší viditelnost obarvíme vodu potravinářským barvivem. Do U trubice nalijeme kapalinu, volná hladina v ramenech vystoupá do stejné výšky (Obrázek 9 vlevo).



Obrázek 9. Vlevo Trubice naplněná obarvenou vodou; Vpravo trubice naplněná nemísitelnými kapalinami – vodou a benzinem.

Do jednoho ramene začneme nalévat nemísitelnou kapalinu s první, například benzin k vodě (Obrázek 9 vpravo). Hustota první kapaliny je známá. Protože mají látky různou hustotu, zachovávají se podle následujícího vztahu.

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{h_2}{h_1} \quad (1)$$

K dosažení stejného tlaku na rozhraní mezi kapalinami, je nutná rozdílná výška hladin, v závislosti na jejich rozdílné hustotě.

Možný postup řešení pro výpočet hustoty benzínu

Pro měření hustoty benzínu byla použita jedna z vytisknutých spojených nádob. Naměřená výška vodního sloupce je 13 cm, sloupce benzínu 17,5 cm.

$$\rho_1 = 998 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \text{ při } 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\rho_2 = ? \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$h_1 = 13 \text{ cm} = 0,13 \text{ m}$$

$$h_2 = 17,5 \text{ cm} = 0,175 \text{ m}$$

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{h_2}{h_1}$$

$$\rho_2 = \frac{h_1 \cdot \rho_1}{h_2} = \frac{0,13 \text{ m} \cdot 998 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}}{0,175 \text{ m}} \doteq 741 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

Hustota benzínu je $741 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.



Obrázek 10. Detail na stupnici areometru.

Pro ověření výpočtu lze použít přímé měření areometrem (rozsah $700\text{-}800 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$). Hustota Naturalu 95 ρ_2 při změření hustoměrem je $741 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ (Obrázek 10).

Tabulková hodnota hustoty Naturalu 95 je $725\text{-}775 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ při $15 \text{ }^\circ\text{C}$ [14]. Do měření vstupují nepřesnosti využíváním tabulkové hodnoty pro hustotu vody a nedokonalým odečtením hladin kapalin díky průsvitné barvě benzínu.

Ověření

Vytisknuté pomůcky byly ověřeny ve výuce na pěti základních a třech středních školách. Všem učitelům byly předány pomůcky k výuce společně s návrhem jejich zapojení do výuky k demonstračním učitelským pokusům nebo jako frontální žakovské pokusy. Podle didaktické funkce je možné využít pomůcky k heuristickým pokusům či k demonstraci fyzikálních zákonů.

Učitelé

V rámci individuálních polostandardizovaných rozhovorů s učiteli se objevovaly následující zpětné vazby:

- „Poskytnuté pomůcky jsou netradiční a umožňují zpestřit výuku.“
- „Pomůcky jsou zajímavé a odolné.“
- „Dodané pomůcky jsem využil bez problému, nijak bych je neupravoval.“
- „Ocenila bych více kusů od každé pomůcky.“

Žáci a studenti

- „Nejvíce oceňuji spojené nádoby z facebooku, žáci měli o vyzkoušení obrovský zájem.“
- „Kvíz se spojenými nádobami jsem často diskutoval na facebooku s ostatními a nyní jsem si mobilem nahrál řešení a můžu ho potvrdit i experimentem.“

Celkově byly poskytnuté pomůcky hodnoceny pozitivně a většina vyučujících projevila zájem i o další. Zároveň v rámci rozhovorů bylo diskutováno smysluplné využití 3D tisku, který předtím učitelé považovali pouze za zajímavý, ale jejich obor nijak obohacující.

Příspěvek byl podpořen z prostředků Operačního programu Podpora rozvoje digitální gramotnosti CZ.02.3.68/0.0/0.0/16_036/0005366.

Literatura

- [1] HOROVÁ, Iva. *3D modelování a vizualizace v AutoCADu*. Brno: Computer Press, 2006. ISBN 978-80-251-0900-7.
- [2] SHAN, Jami J. a MÄNTYLÄ, Martti. *Parametric and feature-based CAD/CAM: concepts, techniques, and applications*. New York: John Wiley and Sons, 1995. ISBN 0-471-00214-3.
- [3] GROOVER, Mikell P. a ZIMMERS, Emory W. *CAD/CAM: computer-aided design and manufacturing*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, 1984. ISBN 978-0131101302.
- [4] VLÁČILOVÁ, Hana, VILÍMKOVÁ, Milena a HENCL, Lukáš. *SolidWorks*. Brno: Computer Press, 2006. ISBN 978-80-251-1314-1.
- [5] KLOSKI, Liza Wallach a KLOSKI, Nick. *Začínáme s 3D tiskem*. Brno: Computer Press, 2017. ISBN 978-80-251-4876-1.
- [6] HORVATH, Joan C. *Mastering 3D printing*. Berkley, California : Apress, 2014. ISBN 9781484200261.
- [7] Inkscape ver. 0.92.3, [Online] 2018. [Citace: 15. 06 2018.] <https://inkscape.org/>
- [8] MakerCAM, [Online] 2018. [Citace: 15. 06 2018.] <http://www.makercam.com/>
- [9] Forward Junction US. Which tank will be full first? [Online] 2016. [Citace: 15. 04 2018.] <https://bit.ly/2KGJQaU>.
- [10] SVOBODA, Emanuel. *Přehled středoškolské fyziky. 5., přeprac. vyd.* Praha: Prometheus, 2014. ISBN 9788071964384.
- [11] HALLIDAY, David, RESNICK, Robert a WALKER, Jearl. *Fyzika: vysokoškolská učebnice obecné fyziky*. Brno: VUTIUM, 2000. ISBN 80-214-1869-9.
- [12] FunGate.cz. Která nádrž se naplní jako první? FunGate.cz Brána do světa zábavy. [Online] 2017. [Citace: 15. 4 2018.] <https://bit.ly/2ISaGIQ>.
- [13] Bezstresu.cz. Která nádoba se naplní první? 99% lidí odpoví špatně! Bez-stresu.cz. [Online] 2017. [Citace: 16. 4 2018.] <https://bit.ly/2KGCg3a>.
- [14] JAHODA, Milan a SCHREIBEROVÁ, Lenka. *Fyzikální vlastnosti látek*. Ústav chemického inženýrství. [Online] VŠCHT, 2018. [Citace: 1. 2 2018.] https://vscht.cz/uchi/e_tabulky/index.html.

Záhada Střelkového mysu

VLADIMÍR VÍCHA

Gymnázium, Pardubice, Dašická 1083; ÚTEF ČVUT, Praha

Abstrakt

Které fyzikální experimenty mají odlišný výsledek na jižní a na severní polokouli? Příspěvek popisuje několik experimentů provedených (či pozorovaných) v Kapském Městě a okolí týkajících se zdánlivého pohybu Slunce, ročního období, chování buzoly a měření radiačního pozadí.

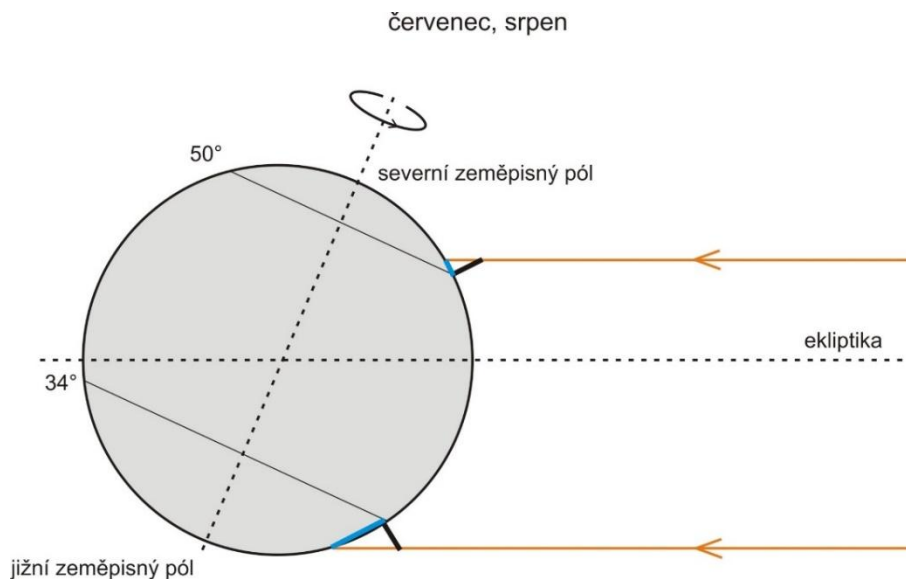
Zdánlivý pohyb Slunce

Na obr. 1 vidíte dvě fotografie, které byly pořízeny přibližně v době, kdy bylo slunce nejvýše nad obzorem (asi 13 h letního času). Dokážete poznat nějaký rozdíl? Jaká je příčina rozdílu?



Obr. 1: Fotografie stínů mířících na jih a na sever.

Na horní fotografii míří stín jižním směrem a na dolní severním směrem. Z toho lze usoudit, že horní fotografie byla pořízena na jižní polokouli a dolní na severní polokouli. Názorně vidíme situaci na obr. 2.

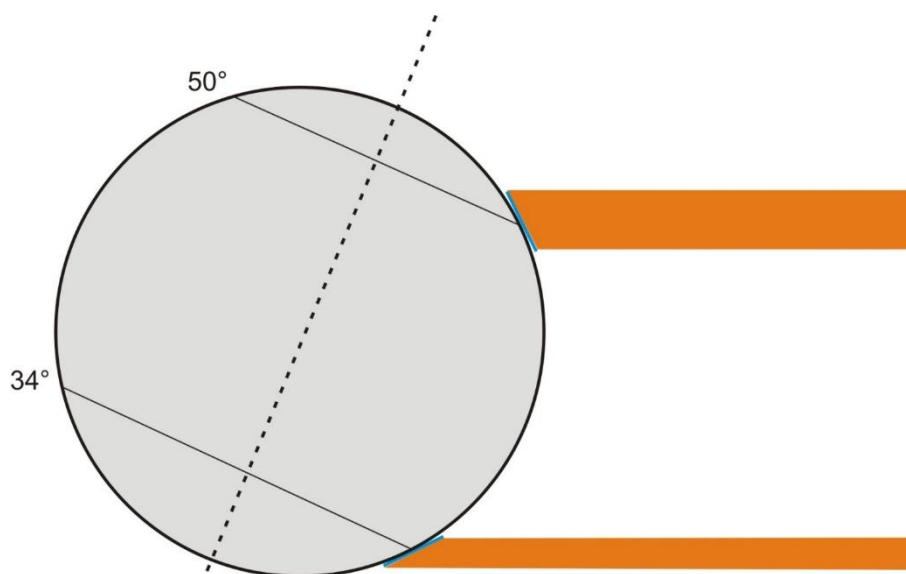


Obr 2: Směry stínu jsou na severní polokouli (Pardubice 50° s. š.) a na jižní polokouli (Kapské Město 34° j. š.) opačné.

Když se tedy díváme v poledne na severní polokouli ke slunci, díváme se na jih. Východ máme po levé ruce a západ po pravé ruce. Slunce se proto pohybuje zleva doprava. Když se díváme v poledne na jižní polokouli ke slunci, díváme se na sever. Východ máme po pravé ruce a západ po levé ruce. Slunce se proto pohybuje zprava doleva.

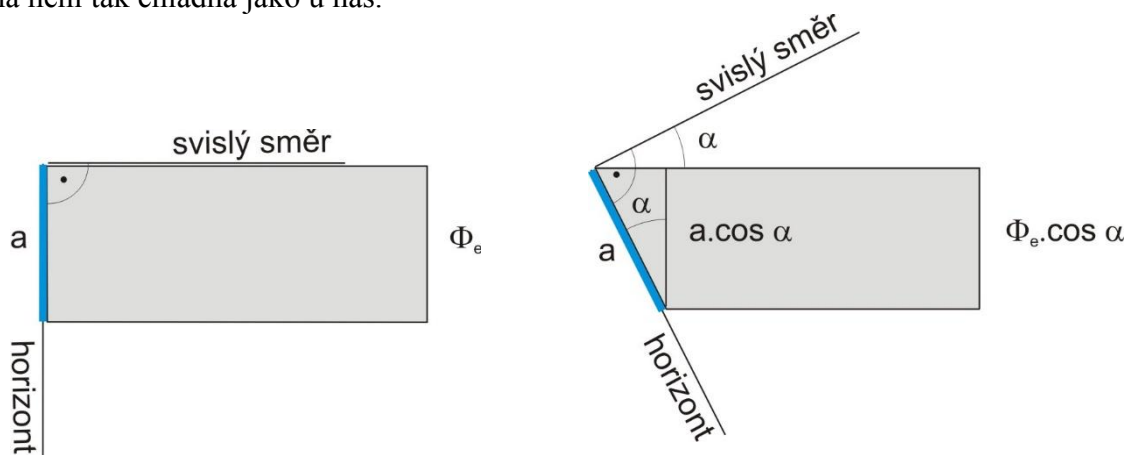
U nás horko a v Africe zima?

Africký kontinent máme spojený s rozpálenou Saharou či tropickými pralesy. Když ale jedeme v červenci do Kapského Města, je rozumné přibalit svetr, bundu, ale klidně i kulicha. Během léta na severní polokouli je na jižní polokouli zima. Prvotní příčiny jsou geometrické - funkce kosinus a délka oblouku (doba pobytu Slunce) nad obzorem.



Obr. 3: Množství paprsků (energie) dopadajících za jednotku času na zvolenou plochu závisí na úhlu dopadu.

Z obr. 3 je zřejmé, že na severní polokouli dopadá za jednotku času na zvolenou plochu více paprsků (větší zářivý tok) než na stejně velkou plochu na jižní polokouli. Taková situace odpovídá našim hlavním prázdninám. Menší zářivý tok a kratší den způsobuje menší zahřívání povrchu, a tím i chladnější počasí např. v Kapském Městě. Je tam zimní období, ale zima není tak chladná jako u nás.

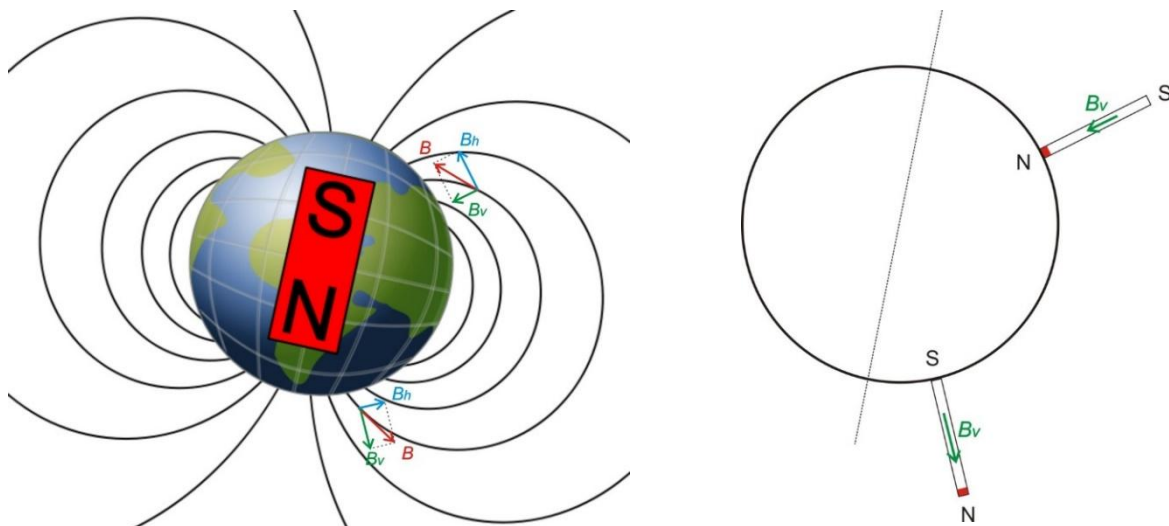


Obr. 4: Průmět plochy kolmý na paprsky se mění podle funkce kosinus.

Na obr. 4 vlevo dopadají paprsky kolmo na plochu, kterou si můžeme představit jako čtverec $a \times a$. Úhel dopadu měříme od kolmice (svislý směr) a je zde 0° , dopadající zářivý tok je Φ_e . Na obr. 4 vpravo je plocha skloněná a úhel dopadu (mezi paprsky a svislým směrem) je α . Z pohledu od Slunce se velikost plochy zmenšila, protože již nejde o čtverec, ale obdélník se stranami $a \times a \cdot \cos \alpha$. Zářivý tok má nyní hodnotu $\Phi_e \cdot \cos \alpha$ a je menší. Množství fotonů, které za 1 sekundu dopadají na plochu, se v průběhu dne podle úhlu dopadu mění a jejich celkové množství za 24 hodin závisí na době ozáření povrchu, tedy jak je dlouho Slunce nad obzorem. V zimě je to kratší doba a fotonů je méně.

Přitahování střelky ke svislým tyčím

V článku [1] je popsán pokus provedený na severní polokouli (v Pardubicích). Na obrázcích vidíme, že po přiblížení buzoly k tělesu litinového radiátoru se dole přitahuje jižní pól střelky a nahoře severní pól střelky. Železné (litinové, ocelové) tyče a protáhlé předměty, které mají svislý směr, se na severní polokouli magnetují vertikální složkou geomagnetického pole tak, že dole mají severní pól a nahoře jižní pól. Na jižní polokouli je to obráceně (obr. 5).



Obr. 5: Vlevo geomagnetické pole Země (https://cs.wikipedia.org/wiki/Magnetick%C3%A9_pole_Zem%C4%9B#/media/File:Earth%27s_magnetic_field,_schematic.svg). Magnetická indukce má všude směr tečny k indukční čáře. Její vertikální složka magnetuje železné tyče opačně na severní a na jižní polokouli.

Pro ověření teorie o zmagnetovaných tyčích byl proveden pokus v Pardubicích a v Kapském Městě. Jeho výsledky jsou zachyceny na obr. 6.



Obr 6: Vlevo přitahování střelky k vertikální železné tyči na severní polokouli a vpravo na jižní polokouli.

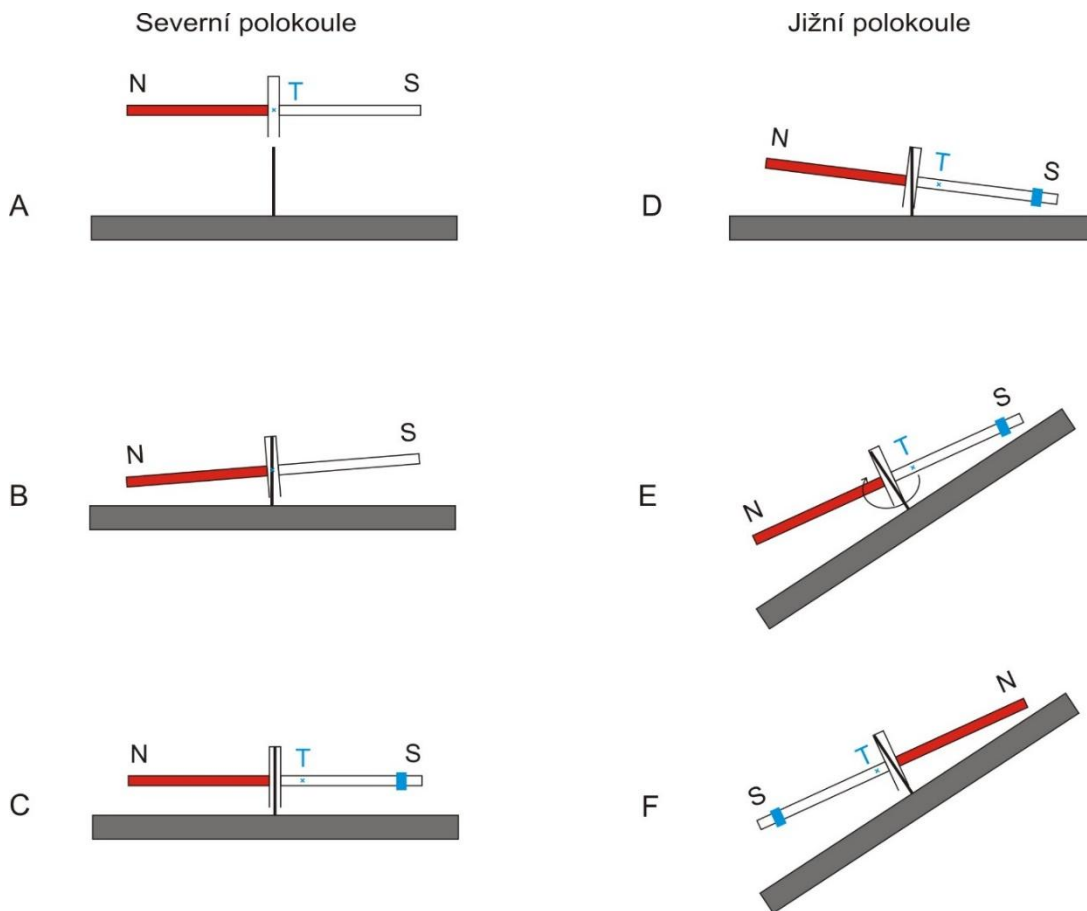
Záhada Střelkového mysu

Střelkový mys (Cape Agulhas) je nejjižnější bod Afriky, kde se střetávají Atlantský a Indický oceán. Místo divokých bouří a vysokých vln. Již z názvu je zřejmé, že má nějakou spojitost s kompasem. Provedli jsme zde pokus s buzolou SILVA vyrobenou ve Švédsku, tedy určenou pro severní polokouli. Jde o naklonění buzoly kolem osy kolmé na střelku. Takovéto naklání na různých místech ČR způsobí pouze malé kývání střelky. Nepatrné sklonění severního konce směrem k zemi provedené na Střelkovém mysu způsobilo otočení střelky o 180° (obr. 7). Sever a jih se vyměnil?



Obr. 7: Po sklonění severního konce střelky k zemi se střelka otočí o 180° .

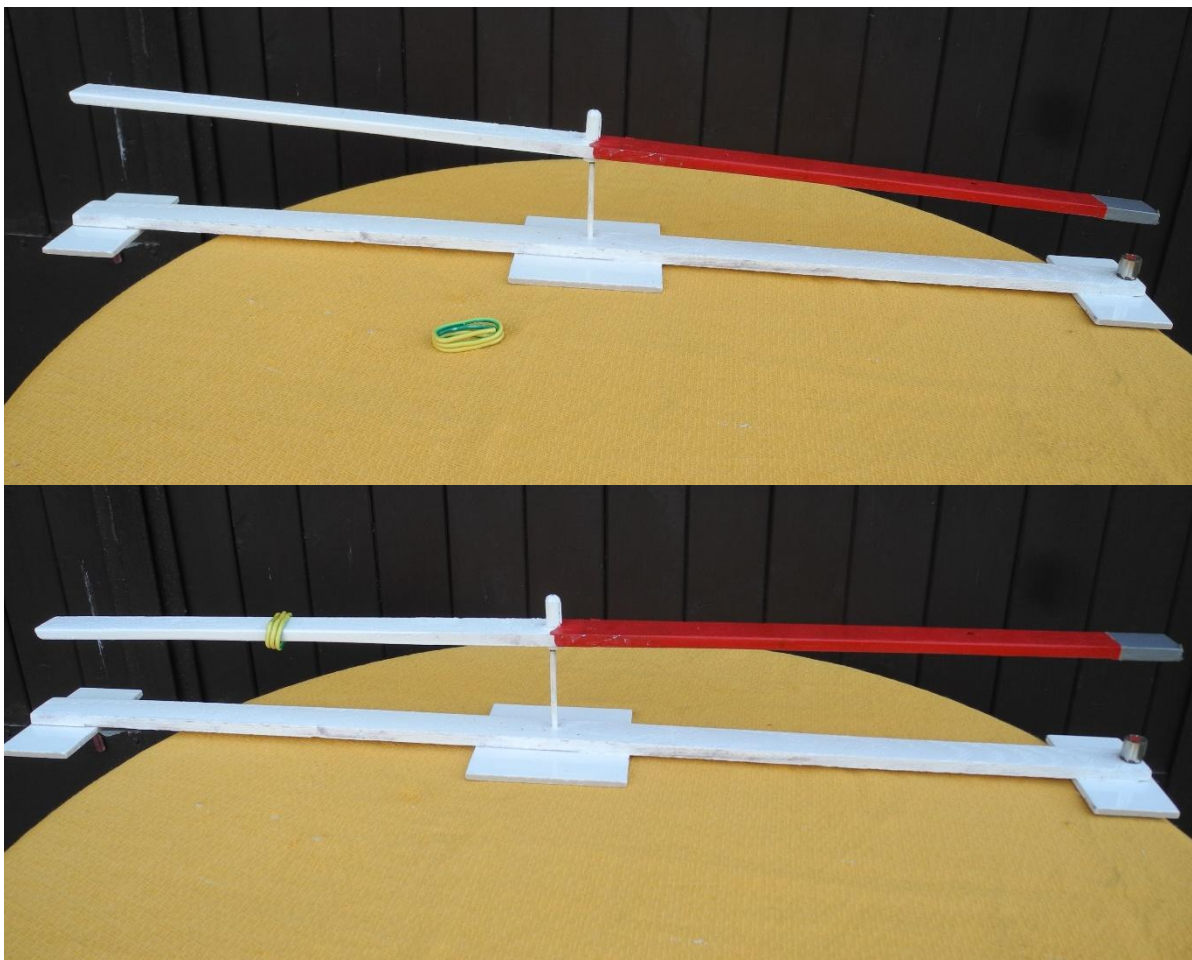
Vysvětlení souvisí se směrem indukčních čar geomagnetického pole podle obr. 5. Chování strelky vysvětlují postupně obr. 8A až 8F.



Obr. 8: Chování strelky na buzole zhotovené pro severní polokouli.

Na obr. 8A je strelka, která by měla těžiště uprostřed. Po nasazení na hrot (obr. 8B) by se strelka vlivem vertikální složky magnetické indukce, která na severní polokouli míří do země, naklonila doleva. Zhoršilo by se její otáčení na hrotu. Aby byla vyvážená, je třeba posunout těžiště doprava (obr. 8C). Když takovou buzolu přivezeme na jižní polokouli, strelka se při vodorovné poloze desky buzoly nakloní doprava (obr. 8D). Příčiny jsou hned dvě. Jednak je levá strana nadlehčována díky změněnému směru magnetické indukce magnetickou silou a jednak na pravou stranu působí moment tíhové síly směrem dolů. Když pak nakloníme desku buzoly, dostane se těžiště nad osu otáčení (rovnovážná poloha labilní na obr. 8E) a strelka se přetočí do polohy stabilní (obr. 8F). Při narovnání desky se strelka vrátí a ukazuje sever správně.

Situaci můžeme demonstrovat pomocí zhotoveného modelu na obr. 9. Dřevěná „strelka“ má na červeném (pravém) konci zalepený magnet a bez přítomnosti jiného magnetu je na hrotu (hřebíku) vyvážená. Umístěním magnetu s póly tak, že pravý konec strelky přitahuje, se rovnováha poruší. Strelku lze znovu vyvážit (jen přibližně) přidáním závaží na levou část strelky (obr. 9 dole). Pak magnet napravo nahradíme slabším magnetem, který strelku odpuzuje. Když nyní zvedneme pravý konec desky, strelka se jen zakývá. Když zvedneme levý konec, strelka se otočí o 180° .



Obr. 9: Dřevěný model stříelky a desky pro demonstraci jejího otočení.

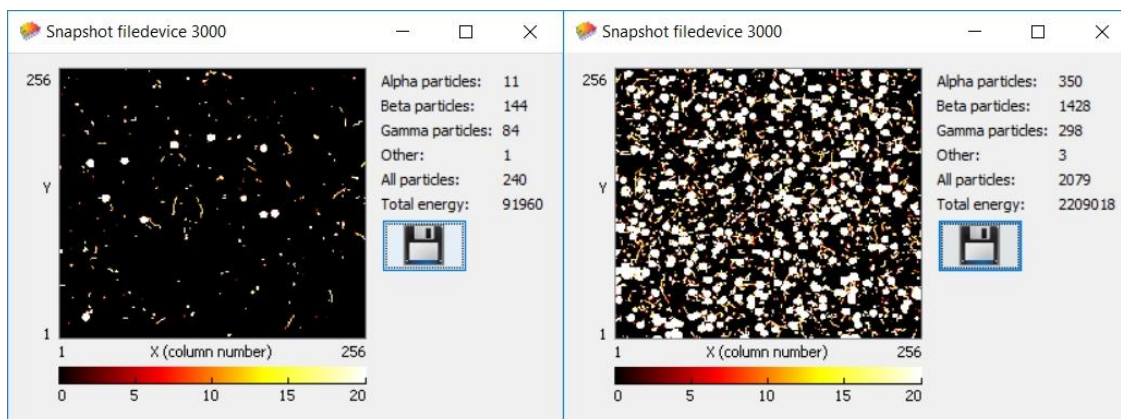
Záhada Stříelkového mysu je vyřešena. Tento jev samozřejmě nenastává jen na Stříelkovém mysu, ale obecně na jižní polokouli. Na severní polokouli by se podobně chovala buzola zhotovená pro jižní polokouli. Bylo by ale třeba sklonit jižní pól.

Radon v životním prostředí

Plyn radon vzniká ve všech přirozených přeměnových řadách – uranu ^{238}U , ^{235}U a thoria ^{232}U . Uran a thorium jsou od doby vzniku Země obsaženy v půdě a v půdě vzniká také radon. Na povrch se dostává s podzemní vodou nebo přímo vystupuje difúzí. V Čechách se uran těžil na několika místech a máme tu i radonové lázně. Bylo zajímavé porovnat obsah radonu ve vzduchu v Čechách a v okolí Kapského Města.

Jedna z metod měření dceřiných produktů radonu je založena na prosátí většího množství vzduchu přes filtr. Plyn radon přes filtr projde, ale radioaktivní dceřiné produkty (polonium, bizmut, olovo) se mohou na filtru zachytit. Detektorem pak změříme radioaktivitu alfa a beta těchto dceřiných produktů.

Při pokusu byl použit vysavač a jako filtr papírový kapesník. Prosávání trvalo 5 min a papírový kapesník byl pak umístěn na 10 min přímo na pixelový detektor MX-10. Na obr. 10 vlevo je pro srovnání měření z iThemba LABS (JAR) a z rodinného domku v Pardubicích (obr. 10 vpravo).



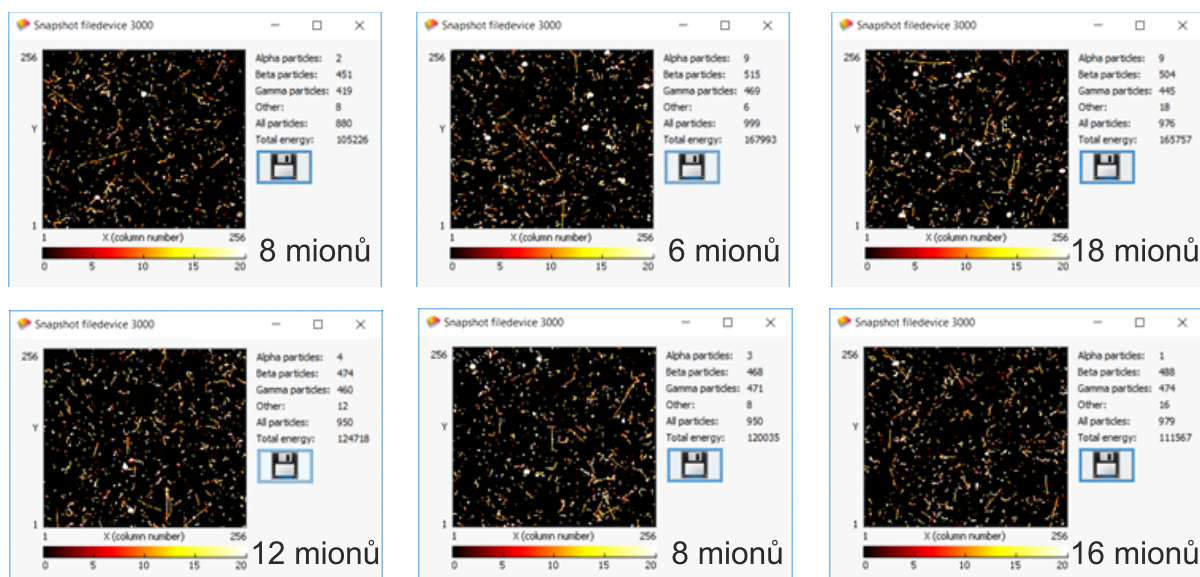
Obr. 10: Vlevo radiační pozadí v iThemba LABS (JAR) a vpravo v Pardubicích.

Rozdíl je patrný na první pohled. Radioaktivita v rodinném domku v Pardubicích je výrazně vyšší. V zájmu objektivy je třeba říci, že použité vysavače se mohly lišit objemovým průtokem, a tak se mohlo lišit množství vzduchu prosáté filtrem během pěti minut. S tím pochopitelně souvisí počet zachycených atomů.

Miony

V radiačním pozadí můžeme také objevit miony vznikající při interakci primárního kosmického záření s atomy plynů obsažených v atmosféře. V pixelovém detektoru MX-10 zanechávají charakteristické stopy tvaru různě dlouhých úseček. Aby zanechaly lineární stopu v tak tenkém čipu (300 μm) jako má MX-10, musí dopadat téměř přesně v rovině čipu. To je poměrně vzácný jev a musí se na něj čekat několik minut, někdy až desítky minut.

Detektor jsme umístili vertikálně (ze směru nízko nad horizontem přichází mionů málo [2]) a provedli jsme hodinové měření v Somerset West (JAR) a v Pardubicích. Srovnání tří měření v JAR a ČR vidíme na obr. 11.



Obr. 11: Miony v radiačním pozadí v JAR (horní tři obrázky) a v ČR (dolní tři obrázky). Doba měření byla vždy 1 h, čip byl ve vertikální poloze.

Program zařazuje stopy mionů, které obsahují alespoň 20 pixelů, do kategorie ostatní (other). Hodinové počty mionů v JAR byly 8, 6 a 18. Počty mionů v ČR byly 12, 8 a 16. Z uvedených šesti měření lze učinit závěr, že počty mionů naměřených na jižní a severní polokouli se významně neliší. To dobře souhlasí s představou, že primární kosmické záření vyšších energií je izotropní a přichází z celé galaxie.

Literatura

- [1] Vícha V., Jurica J.: *Mapujeme geomagnetické pole*. In: Sborník konference Veletrh nápadů učitelů fyziky. Ed.: Milěš T., Válek J. Masarykova univerzita Brno, 2016. s. 218-219
- [2] Vícha V.: *Experimenty s pixelovým detektorem pro výuku jaderné a částicové fyziky*. ČVUT Praha, 2016.

Tíhové zrychlení na několik žákovských způsobů

VOJTĚCH ŽÁK

Katedra didaktiky fyziky, Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy

V tomto příspěvku jsou popsány a diskutovány tři žákovské experimenty, na jejichž základě je možné přibližně určit velikost tíhového zrychlení. Jedná se o experiment s padající kuličkou, kyvadlem a pružinovým oscilátorem. K provedení experimentů stačí použít velmi levné a dostupné pomůcky. Uvedené experimenty a jejich zpracování jsou vhodné zejména do středoškolské výuky. Umožňují rozvinout bohatou fyzikální diskuzi.

Úvod

S tíhovým zrychlením se žáci středních škol typicky setkávají v rámci výuky volného pádu a kmitání matematického kyvadla. Jeho přibližná hodnota na povrchu Země, $9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$, resp. $10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$, bývá jednou z mála hodnot („konstant“), jejichž znalost učitelé od žáků vyžadují.

Měřením velikosti tíhového zrychlení se v rámci konference *Veletrh nápadů učitelů fyziky* zabývalo již několik autorů. Např. Konvalinka a Buchar [1] popisují tzv. Lippichův pado-stroj a uvádějí způsob, jak lze pomocí něj zjistit velikost tíhového zrychlení. Na možnost měření tíhového zrychlení pomocí reverzního kyvadla upozorňuje Havránek [2]. Několik různých způsobů, jak změřit velikost tíhového zrychlení, je obsahem článku Dvořáka [3]. Některé z nich, volný pád a závaží na pružině, jsou uvedeny také v tomto článku. Kromě nich se zabýváme ještě využitím matematického kyvadla k měření tíhového zrychlení. U všech způsobů uvádíme typické naměřené hodnoty a stručně se zmiňujeme také o přesněj-ších vědeckých měřeních tíhového zrychlení z nedávné doby.

Tři náměty na žákovské měření velikosti tíhového zrychlení

Pád kuličky

K určení velikosti tíhového zrychlení g je možné využít vztah pro dráhu s volného pádu, $s = \frac{1}{2}gt^2$, kde t je doba volného pádu. Z něj můžeme vyjádřit $g = \frac{2s}{t^2}$.

V Tab. 1 uvádíme doby pádu golfového míčku z výšky $s = 2$ m změřené stopkami na mobilním telefonu.

Tab. 1. Doba pádu golfového míčku z výšky 2 m

$\frac{t}{s}$	0,70	0,69	0,75	0,66	0,69	0,66	0,61
---------------	------	------	------	------	------	------	------

Vypočítáme-li aritmetický průměr doby pádu, $t = 0,68$ s, a dosadíme-li do vztahu pro tíhové zrychlení, dostáváme

$$g = \frac{2s}{t^2} = \frac{2 \cdot 2 \text{ m}}{0,68^2 \text{ s}^2} \doteq 8,7 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

Tento výsledek není příliš přesný (od skutečné hodnoty se liší zhruba o 10 %), na druhou stranu se nejedná o hodnotu, která by byla „zcela mimo“. Se žáky můžeme diskutovat, které okolnosti mohly způsobit, že je měření nepřesné – způsob měření času (vliv reakční doby), pád v prostředí s odporem vzduchu, nepřesné měření dráhy pádu apod. Ještě uveďme, že výše uvedený výsledek dobře koresponduje s výsledky uvedenými Dvořákem [3, s. 37].

Kmitání matematického kyvadla

Známým způsobem určení velikosti tíhového zrychlení je použití matematického kyvadla. Z obecně známého vztahu pro jeho periodu

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}},$$

kde l je délka závěsu kyvadla, dostáváme pro velikost tíhového zrychlení

$$g = \frac{4\pi^2 l}{T^2}.$$

Experiment můžeme provést např. tak, že měříme vždy deset period kyvadla pomocí stopek na mobilním telefonu a měření několikrát opakujeme pro kyvadlo stejné délky (závěsu), nebo můžeme měřit deset period kyvadel různých délek. V Tab. 2 jsou uvedeny změřené hodnoty pro pět různě dlouhých kyvadel. Postupovalo se tak, že nejprve bylo provedeno měření s nejdelším kyvadlem. Nit tvořící závěs pak byla postupně zkracována.

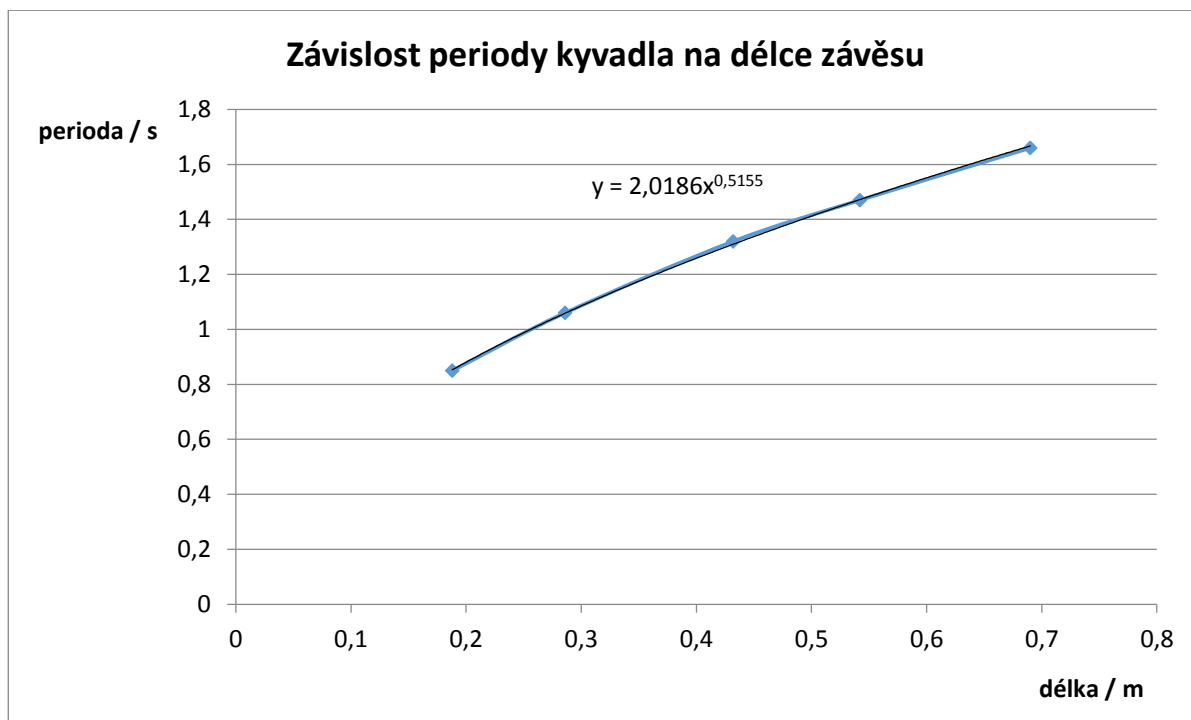
Tab. 2. Perioda kyvadla pro různé délky závěsu a dopočítaná velikost tíhového zrychlení

$\frac{l}{\text{m}}$	0,188	0,286	0,432	0,542	0,690
$\frac{T}{\text{s}}$	0,85	1,06	1,32	1,47	1,66
$\frac{g}{\frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$	10,27	10,05	9,79	9,90	9,89

Velikost tíhového zrychlení pak můžeme určit jako aritmetický průměr výše vypočtených hodnot. Na základě Tab. 2 vychází $g \doteq 10,0 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

Velikost tíhového zrychlení můžeme určit také na základě grafu závislosti periody kyvadla na délce jeho závěsu, který vytvoříme pomocí MS Excel (viz Obr. 1). K proložení změřených dat křivkou a k určení rovnice předpokládané závislosti doporučujeme použít v tomto softwaru např. následující „cestu“:

Rozložení → *Spojnice trendu* → *Další možnosti spojnice trendu* → *Typ trendu a regrese: mocninný* → *Zobrazit rovnici v grafu*



Obr. 1. Graf závislosti periody kyvadla na délce jeho závěsu

Rovnici $y = 2,0186x^{0,5155}$, kterou určil MS Excel, můžeme porovnat s teoretickým vztahem pro periodu matematického kyvadla, $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$. Z jejich porovnání je zřejmé, že druhé odmocnině v teoretickém vztahu dobře odpovídá exponent 0,5155. Dále je zřejmé, že faktoru 2,0186 má odpovídat číselná hodnota výrazu $\frac{2\pi}{\sqrt{g}}$. Snadno dopočítáme, že řešením je $g \doteq 9,7 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

Z předchozího je zřejmé, že na základě výpočtu aritmetického průměru (viz Tab. 2) a teoretického vztahu (viz Obr. 1) můžeme dostat poněkud odlišné hodnoty tíhového zrychlení. Domníváme se, že nemá smysl se žáky na střední škole rozebírat, jakým způsobem MS Excel předpokládanou závislost určuje, smysl ale vidíme v tom, seznámit žáky s existencí softwaru, který tyto závislosti umí vytvořit.

Kmitání pružinového oscilátoru

Patrně méně známým způsobem určení velikosti tíhového zrychlení je pro širší učitelskou obec využití pružinového oscilátoru. Po zavěšení závaží o hmotnosti m na pružinu o tuhosti k nastane (po určité době) rovnováha tíhové síly a síly pružnosti (závaží bude v klidu) při prodloužení pružiny o Δl , přičemž platí

$$mg = k\Delta l,$$

kde g je velikost tíhového zrychlení.

Dále využijeme vztah pro úhlovou frekvenci ω pružinového oscilátoru, $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$, a vztah, který platí mezi úhlovou frekvencí a periodou T , $\omega = \frac{2\pi}{T}$.

Postupnými úpravami dostáváme

$$g = \frac{k\Delta l}{m},$$

$$g = \frac{m\omega^2\Delta l}{m},$$

$$g = \frac{4\pi^2\Delta l}{T^2}.$$

Poslední uvedený vztah formálně připomíná vztah odvozený v případě matematického kyvadla. Připomeňme ale, že v případě pružinového oscilátoru znamená Δl prodloužení, kterého pružina dosáhne, když na ni v tíhovém poli Země zavěsíme závaží a ustálí se v klidu. V našem konkrétním měření (viz Tab. 3 níže) je $\Delta l = 6,8$ cm.

Tab. 3. Perioda pružinového oscilátoru pro různé amplitudy

$\frac{y_m}{\text{cm}}$	1,0	2,0	3,0	4,0
$\frac{T}{\text{s}}$	0,527	0,528	0,518	0,536

Z Tab. 3 snadno určíme aritmetický průměr period; po zaokrouhlení $T = 0,527$ s. Velikost tíhového zrychlení určíme jako

$$g = \frac{4\pi^2\Delta l}{T^2} = \frac{4 \cdot 3,14^2 \cdot 0,068 \text{ m}}{0,527^2} \approx 9,7 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

Také tento výsledek dobře odpovídá výsledku uvedenému Dvořákem [3, s. 40].

Při tomto měření žáky někdy napadne, zda výsledek měření nezávisí na tom, jak moc pružinu se závažím na začátku pohybu natáhnou (vychýlí z rovnovážné polohy). Jak je zřejmé z výše uvedeného vztahu mezi úhlovou frekvencí, tuhostí pružiny a hmotností závaží, na ničem jiném podle teorie úhlová frekvence, a tedy ani perioda, nezávisí. Doporučujeme, aby si žáci vyzkoušeli nastavit postupně různé amplitudy (viz výše nebo např. 2 cm, 4 cm a 6 cm) a přesvědčili se o této nezávislosti i experimentálně. Hlubavějším z nich položme otázku, zda bude tato nezávislost platit pro libovolné výchylky?

Nedávná měření velikosti tíhového zrychlení

Měření velikosti tíhového (resp. gravitačního) zrychlení se pochopitelně s rozvojem fyziky zpřesňovala. Zařízení, pomocí něhož se provádějí tato měření, se jmenuje *gravimetr*. V článku [4] je uveden příklad jednoho gravimetru. Není bez zajímavosti, že k měření se využívá pád tělesa v prostředí s malým odporem vzduchu (v evakuované komůrce) a laserový interferometr. Přesnost těchto měření je obdivuhodná; nepřesnost je v řádu $10^{-8} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$. Pro zajímavost dodejme, že výzkumníci se v této souvislosti zajímají i o to, jaké zkreslení může způsobit dopad fotonů laserového světla na těleso použité k měření. Podle [4, s. 175] se jedná o chyby v řádu $10^{-10} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ a menší.

Závěr

V tomto příspěvku byly popsány a diskutovány tři žákovské experimenty, na jejichž základě je možné určit velikost tíhového zrychlení – měření související s volným pádem, pohybem matematického kyvadla a pružinového oscilátoru. K provedení experimentů stačilo použít levné a dostupné pomůcky, ale zájemci mohou využít i videozáznam pohybů a provést jeho analýzu. Uvedené experimenty a jejich zpracování jsou vhodné zejména do středoškolské výuky, ale pokud neodvozujeme použité vztahy pro velikost tíhového zrychlení, mohou být tyto experimenty zařazeny i do výuky ke konci základní školy. Je zřejmé, že fyzikové v současné době zvládají určit velikost tíhového zrychlení s mnohem větší přesností, než ukazují výše uvedené žákovské pokusy, nicméně jejich přínos do výuky může být v tom, že žáci přibližně ověří hodnotu velmi známé fyzikální „konstanty“ několika způsoby, s využitím jednoduchých pomůcek a poměrně přesně.

Literatura

- [1] Konvalinka, R., & Buchar, M. (1999). Lippichův padostroj. *Veletrh nápadů učitelů fyziky 4: Sborník z konference* (s. 128). Příbram: Klub Amavet, Q-klub Příbram.
- [2] Havránek, V. (2006). Expedice Kopeček aneb odhalení záhady magnetických kopců. In R. Holubová (Ed.), *Veletrh nápadů učitelů fyziky XI: Sborník z konference* (s. 176–179). Olomouc: Univerzita Palackého, JČMF.
- [3] Dvořák, L. (2015). Další nápady z Malé Hraštic 4: tíhové zrychlení stokrát jinak. In V. Vochozka (Ed.), *Veletrh nápadů učitelů fyziky 19: Sborník z konference* (s. 36–40). Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni.
- [4] Niebauer, T. M., Sasagawa, G. S., Faller, J. E., Hilt, R., & Klocking, F. (1995). A new generation of absolute gravimeters. *Metrologia*, 32, 159–180.

Může být další sbírka fyzikálních úloh pro ZŠ něčím nová?

VOJTĚCH ŽÁK, VĚRA KOUDELKOVÁ, STANISLAV GOTTWALD

Katedra didaktiky fyziky, Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy

Příspěvek seznamuje s existencí, strukturou a obsahem sbírky fyzikálních úloh pro ZŠ, která je pod názvem „Metodické komentáře a úlohy ke Standardům pro základní vzdělávání“ dostupná na portálu *rvp.cz*. Obsahuje úlohy týkající se látek a těles; pohybů těles a sil; mechanických vlastností tekutin; energie; zvuku; elektromagnetických a světelných dějů; vesmíru. Všechny úlohy jsou zde velmi podrobně vyřešeny a typicky se každá úloha skládá ze tří podúloh s různou úrovní obtížnosti – minimální, optimální a excelentní. Úlohy odpovídají jednotlivým očekávaným výstupům RVP ZV, souvisí s praktickým životem a mnohé z nich je možné propojit s experimentováním.

Úvod

Na portálu *rvp.cz* byla v roce 2017 publikována nová sbírka fyzikálních úloh pro základní školy (viz [1]; dále *sbírka*). Jako autoři úloh, které tuto sbírku tvoří, bychom ji rádi představili zejména učitelům fyziky na ZŠ (a na nižším stupni víceletých gymnázií) tak, by ji mohli účelně využít ve výuce a při přípravě na ni. Sbíрка je volně dostupná; na portálu *rvp.cz* je k nalezení např. zadáním výrazu *metodické komentáře fyzika* do vyhledávacího políčka.

Tato sbírka fyzikálních úloh má oficiální název *Metodické komentáře a úlohy ke Standardům pro základní vzdělávání* a jejími autory jsou (abecedně) D. Mareš, S. Gottwald, V. Koudelková, D. Pecinová a V. Žák. Sbíрка navazuje na *Standardy pro základní vzdělávání – Fyzika* [2] (dále *Standardy*). Zatímco *Standardy* jsou nastaveny na minimální úroveň obtížnosti zvládnutí očekávaných výstupů, tato sbírka obsahuje ukázky dalších ilustrativních úloh, které by měly vést k dosažení vyšších úrovní, než je minimální.

Charakteristika sbírky

Sbíрка [1] má několik charakteristik, které ji odlišují od jiných sbírek fyzikálních úloh pro ZŠ.

Návaznost na očekávané výstupy v RVP

Sbíрка [1] obsahuje celkem 19 úloh rozdělených do sedmi tematických celků odpovídajících rozdělení témat v RVP ZV (viz [3]):

Látky a tělesa (1 úloha)

Pohyb těles, síly (3 úlohy)

Mechanické vlastnosti tekutin (3 úlohy)

Energie (5 úloh)

Zvuk (2 úlohy)

Elektromagnetické a světelné děje (3 úlohy)

Vesmír (2 úlohy)

Každá úloha je navázána na některý očekávaný výstup z RVP ZV [3], těmto tématům a výstupům odpovídá i řazení jednotlivých úloh ve sbírce.

Úlohy se třemi úrovněmi obtížnosti

Každá úloha obsahuje několik podúloh rozdělených do tří úrovní obtížnosti: minimální, optimální, excelentní. Minimální úroveň je brána jako nepodkročitelná; měli by ji dosáhnout všichni žáci. Optimální úroveň by měla dosáhnout většina žáků; tyto podúlohy se týkají složitějších myšlenkových operací s poznatky. Úlohy patřící do excelentní úrovně vyžadují tvořivé myšlení na základě zvládnutí předchozích operací, kombinování operací do rozsáhlejších celků, plánování a vymyšlení různých strategií a postupů.

Úlohy týkající se života žáků

Kontext většiny úloh tvoří situace, se kterými se žáci běžně setkávají ve svém životě. Jako příklad lze uvést úlohu pracující s jízdním řádem; v jiné úloze žáci diskutují informace získané z balíku kancelářského papíru, ze štítku varné konvice apod. Stejně tak je dbáno na to, aby úlohy nebyly pouze teoretické – po žácích se vyžaduje i praktická činnost (např. zapojení elektrického obvodu, kterým ověří své řešení), vyhledávání informací na internetu, práce s mapou apod.

ILUSTRATIVNÍ ÚLOHA F-9-3-01b

F-9-3-01 Žák využívá poznatky o zákonitostech tlaku v klidných tekutinách pro řešení konkrétních praktických problémů

minimální	optimální	excelentní
zadání ilustrativní úlohy		

Na obrázku je tabulka popisující závislost tlaku, teploty a hustoty vzduchu na nadmořské výšce.

h m	p hPa	t °C	ρ kg · m ⁻³
0	1 000	15,00	1,210
100	988,2	14,35	1,198
200	976,5	13,70	1,184
500	942,1	11,75	1,153
1 000	886,9	8,50	1,098
1 500	834,6	5,25	1,045
2 000	784,5	2,00	0,994
2 500	737,1	-1,25	0,945
3 000	691,8	-4,50	0,898
3 500	649,0	-7,75	0,852
4 000	608,2	-11,00	0,809
4 500	569,7	-14,25	0,770
5 000	533,0	-17,50	0,727
6 000	465,6	-24,00	0,651
7 000	405,1	-30,50	0,582
8 000	351,1	-37,00	0,518
9 000	303,3	-43,50	0,460
10 000	260,7	-50,00	0,407
11 000	223,2	-56,50	0,359

Zdroj: [12], s. 157.

a) Určete zhruba, o kolik kilopascalů se změní atmosférický tlak při výstupu z nadmořské výšky 500 m do 1 km nad mořem.

b) Na základě údajů v tabulce a vašich dalších znalostí rozhodněte, zda platí následující tvrzení. Odpovědi označte v tabulce křížkem.

Tvrzení	ANO	NE
V nadmořské výšce 6 km bývá menší než poloviční atmosférický tlak v porovnání s tlakem u hladiny moře.		
Hustota vzduchu se vzrůstající nadmořskou výškou roste.		
V nadmořské výšce 1 500 m je vždy atmosférický tlak 834,6 hPa.		
Při výstupu z nadmořské výšky 1 km do 2 km klesne tlak o stejnou hodnotu jako z nadmořské výšky 5 km do 6 km.		

Očekávaný výstup,
k němuž se úloha vztahuje

Úroveň obtížnosti
jednotlivých podúloh

Zadání
jednotlivých podúloh

- c) Při horské túře vyfotil David svoje hodinky s barometrem. Kamarádům přes Facebook napsal, aby si tipli, jestli je v České republice, nebo v zahraničí. Dokážete zjistit, v jaké nadmořské výšce přibližně David je a zda je tedy pravděpodobně doma, nebo v zahraničí? Uvedte, jaký důležitý předpoklad musí být splněn, aby bylo možné údaje v tabulce v dané situaci použít.



možné řešení s metodickým komentářem

Cíl úlohy: žák použije údaje v tabulce a svoje znalosti (včetně geografických) k úvahám o atmosférickém tlaku.

Nastavení úrovní ilustrativní úlohy:

- MINIMÁLNÍ (úloha kvantitativní, rutinní, viz Tollingerová, kategorie 2.9)
- OPTIMÁLNÍ (úloha na transformaci, viz Tollingerová, kategorie 3.1)
- EXCELENTNÍ (úloha na porovnávání, hodnocení a objevování na základě vlastních úvah, viz Tollingerová, kategorie 2.5, 3.6 a 5.5)

Poznámka:

Úloha a) na minimální úrovni se váže k indikátoru F-9-3-01.2: *žák popíše změny hydrostatického, resp. atmosférického tlaku v závislosti na hloubce, resp. nadmořské výšce.* Z hlediska forem a metod výuky je vhodné využít samostatnou práci. Tato úloha odpovídá minimální úrovni, protože k jejímu úspěšnému vyřešení stačí jednoduše vyčíst údaje z tabulky a provést jednoduché matematické operace (včetně převedení fyzikálních jednotek). Vzhledem k uvedeným číselným hodnotám není třeba kalkulačka.

Úloha b) na optimální úrovni se váže také k indikátoru F-9-3-01.2. Je možné využít samostatnou práci žáků s následným rozhovorem mezi učitelem a žáky (diskuze žakovských zdůvodnění). Tato úloha

Řešení:

a) Rozdíl tlaků v nadmořské výšce 500 m a 1 000 m je podle tabulky v tomto pořadí roven 942,1 hPa – 886,9 hPa = 55 hPa = 5,5 kPa. Tlak o tuto hodnotu při výstupu klesne; ve větší nadmořské výšce je nižší tlak. Žáci často zapomínají převést hodnotu v hPa do kPa.

b)

Tvrzení	ANO	NE
V nadmořské výšce 6 km bývá menší než poloviční atmosférický tlak v porovnání s tlakem u hladiny moře.	X	
Hustota vzduchu se vzrůstající nadmořskou výškou roste.		X
V nadmořské výšce 1 500 m je vždy atmosférický tlak 834,6 hPa.		X
Při výstupu z nadmořské výšky 1 km do 2 km klesne tlak o stejnou hodnotu jako z nadmořské výšky 5 km do 6 km.		X

Zdůvodnění:

ANO – V 6 km je podle tabulky menší tlak než 500 hPa, což je polovina tlaku v 0 m.

NE – Je to naopak (viz poslední sloupec tabulky).

NE – Atmosférický tlak v čase kolísá. Uvedeny jsou přibližné (průměrné) hodnoty.

NE – V prvním případě klesne tlak asi o 100 hPa, ve druhém jen zhruba o 70 hPa.

c) Barometr zabudovaný v hodinkách ukazuje atmosférický tlak přibližně 779 hPa. (Jednotka hPa není z obrázku zřetelná, ale předpokládáme ji.) Těto hodnotě je v tabulce nejbližší hodnota 784,5 hPa, která odpovídá nadmořské výšce 2 000 m. Naměřená hodnota je ale trochu menší, a tak je David zřejmě ještě v trochu větší nadmořské výšce. Vzhledem k tomu, že nejvyšší hora České republiky, Sněžka, je vysoká přibližně 1 600 m, je velmi pravděpodobné, že je David v zahraničí.

Předpokladem zde je, že u hladiny moře je atmosférický tlak 1 000 hPa. Pokud je tento tlak jiný, lze očekávat i jinou hodnotu tlaku v příslušné nadmořské výšce, a tím pádem také David může být v jiné nadmořské výšce, než kterou jsme zjistili na základě tabulky.

Cíl úlohy

Poznávací operace

využité k řešení jednotlivých podúloh

Indikátory,

metody a formy výuky

Řešení

postupy a výsledky

Obr. 1 Komentovaná ukázka podstatných částí jedné úlohy ze sbírky (chybí část oddílu „Poznámka“ před oddílem „Řešení“; celá úloha viz [1], s. 26–28)

Podrobné řešení úloh

Všechny úlohy mají velmi podrobný komentář pro učitele. Ten obsahuje mimo jiné podrobné řešení, obvykle včetně několika možných variant, zdůvodnění zařazení podúloh do jednotlivých úrovní obtížnosti, informace o možných konkrétních obtížích žáků při řešení apod. Jsou zde také nabídnuty vhodné metody a formy výuky.

Návaznost na poznávací operace

Dalším charakteristickým rysem, který prezentovaná sbírka na rozdíl od mnoha jiných sbírek úloh má, je, že u jednotlivých podúloh jsou uvedeny *poznávací operace* (viz [4], s. 122–127, [5]), které žáci typicky musí provést, aby úlohy správně vyřešili. Ve sbírce tak lze najít úlohy na *analýzu, syntézu, porovnávání, abstrakci, transformaci, výklad, odvozování, hodnocení, objevování na základě vlastních úvah* aj.

Komentovaná ukázka úlohy

Výše (viz Obr. 1) uvádíme a stručně komentujeme jednu úlohu ze sbírky (v ukázce je vynechána část oddílu „Poznámka“ před oddílem „Řešení“). Kromě *zadání* a *řešení* jsou zde (a v dalších úlohách sbírky) uvedeny: *očekávaný výstup* z RVP, k němuž se úloha vztahuje; *úroveň obtížnosti* jednotlivých podúloh tvořících úlohu; *cíl* úlohy; *poznávací operace* typicky využívané k řešení podúloh; *indikátory* (vztahující se ke Standardům... [2]); *metody a formy výuky*.

Závěr

Příspěvek stručně seznamuje s novou sbírkou fyzikálních úloh pro ZŠ, kterou je možné najít na portálu *rvp.cz*. Od většiny sbírek ji odlišují především didaktické komentáře a poznámky, které mají za cíl mimo jiné ukázat, jaké možnosti má učitel při zadávání úloh, jak je možné úlohy nahlížet (z hlediska poznávacích operací), jak může přitom vycházet z reálných situací, které žáky obklopují, a dále má za cíl poukázat na jejich různou úroveň obtížnosti (od úrovně minimální, tedy nepodkročitelné, ilustrované např. Standardy [2], přes úroveň optimální až po úroveň excelentní).

Věříme, že tato malá ochutnávka učitele navnadí si sbírku vyhledat a pročíst, v nejlepším případě je pak inspiruje k tvorbě vlastních úloh podobného charakteru.

Literatura

- [1] Mareš, D., & Žák, V. (Eds.). (2016). *Metodické komentáře a úlohy ke Standardům pro základní vzdělávání: Fyzika*. Praha: NÚV. Dostupné z <http://clanky.rvp.cz/clanek/c/Z/21329/metodicke-komentare-a-ulohy-ke-standardum-zv-fyzika.html/>
- [2] *Standardy pro základní vzdělávání – Fyzika*. Dostupné z <https://digifolio.rvp.cz/view/view.php?id=9832>
- [3] *Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání*. Dostupné z: http://www.msmt.cz/file/41216_1_1/
- [4] Svoboda, E., & Kolářová, R. (2006). *Didaktika fyziky základní a střední školy: vybrané kapitoly*. Praha: Karolinum.
- [5] Kúrtiová, A. (2014). *Fyzikální úlohy k rozvoji různých poznávacích operací* (Diplomová práce). Praha: MFF UK.

VELETRH NÁPADŮ UČITELŮ FYZIKY 23

sborník z konference

Za odbornou správnost odpovídají autoři.

Příspěvky ve sborníku neprošly jazykovou úpravou.

Editor: Ing. Michal Šerý, Ph.D.

Vydala: © Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2018

1. vydání

ISBN: 978-80-7394-719-4

(online: PDF)

ISBN 978-80-7394-719-4

