



Univerzita Komenského v Bratislave

Šoltésove dni 2012 a 2013

Zborník príspevkov z odbornej konferencie

Knižničné a edičné centrum FMFI UK, Bratislava, 2013



Univerzita Komenského v Bratislave

Šoltésove dni 2012 a 2013

Zborník príspevkov z odbornej konferencie

Knižničné a edičné centrum FMFI UK, Bratislava, 2013

	
	<i>Univerzita Komenského v Bratislave</i>
	<i>Fakulta matematiky, fyziky a informatiky</i>
	<i>Mlynská dolina F1, 842 48 Bratislava</i>
	
	<i>Jednota slovenských matematikov a fyzikov pri SAV</i>
	<i>pobočka Bratislava II</i>
	<i>Mlynská dolina F1, 842 48 Bratislava</i>
	
	<i>Ministerstvo školstva, vedy, výskumu a športu</i>
	<i>Slovenskej republiky</i>
	<i>Kultúrna a edukačná grantová agentúra KEGA</i>

Šoltésove dni 2012 a 2013

Zborník príspevkov z konferencií Šoltésove dni 2012 a Šoltésove dni 2013, ktoré sa uskutočnili 22. - 23. novembra 2012 a 7. - 8. novembra 2013 na FMFI UK v Bratislave. Konferencia Šoltésove dni 2013 sa konala v rámci riešenia projektu KEGA 130UK-4/2013 *Podpora kvality vyučovania tvorbou materiálov prepojených na učebnice fyziky.*

Zostavili: PaedDr. Klára Velmovská, PhD.
PaedDr. Peter Horváth, PhD.

Recenzenti: doc. RNDr. Viera Lapitková, PhD.
doc. RNDr. Peter Demkanin, PhD.
PaedDr. Monika Vanyová
PaedDr. Klára Velmovská, PhD.

Vydalo: Knížničné a edičné centrum FMFI UK, Bratislava, 2013

© Peter Horváth

ISBN978-80-8147-015-8

OBSAH

Predhovor	5
-----------------	---

Šoltésove dni 2012

Zuzana Balázsiová

Využitie poznatkov z biológie človeka pri výučbe fyziky na základných a stredných školách	7
--	---

Lukáš Bartošovič

Šikmý vrh na 5 spôsobov	9
-------------------------------	---

Katarína Dostálová, Ján Novák, Jarmila Galatová, Štefánia Moricová, Viera Štvrtinová

Christian Johann Doppler a jeho prínos pre vaskulárnu medicínu	18
--	----

Elena Ferencová

Mechanizmus a funkcia pohybu ruky	25
---	----

Viera Haverlíková

Využitie kontextu poznávania ľudského tela pre budovanie fyzikálnych poznatkov a experimentálnych zručností	28
--	----

Peter Horváth, Martina Horváthová

Optika s dostupnými pomôckami	36
-------------------------------------	----

Martina Horváthová

Námety na pokusy v téme úplný odraz svetla	40
--	----

Josef Hubeňák

Několik experimentů se zvonkovým transformátorem	50
--	----

František Kunderacik

Tlakové vlny a ich rezonančné zosilnenie. Ako vlastne hrá koncovka a fujara?	55
--	----

Klára Velmovská, Monika Vanyová

„Hlasné“ experimenty	65
----------------------------	----

Šoltésove dni 2013

Zdeněk Bochníček

Teplocitlivé fólie ve fyzikálních experimentech 74

Diana Demkaninová

Škola ako rizikový činiteľ pri vzniku sociálno-patologických javov 83

Martina Hodosyová

Ako vedecky pripraviť cesto na chlieb 87

Peter Horváth, Martina Horváthová

Vlnová optika interaktívne 93

Zuzana Hudáková

PhET simulácie vo vyučovaní fyziky 104

František Kundracik, Peter Jančár

Elektronický pádostroj 109

Viera Lapitková, Petra Vnuková

Klasifikácia a hodnotenie výkonov žiakov 119

Václav Piskač

Žákovská optická tabule – zrcadla 123

Klára Velmovská

„Hviezdne“ experimenty 127

Zoznam lektorov konferencie Šoltésove dni 2012 139

Zoznam účastníkov konferencie Šoltésove dni 2012 140

Zoznam lektorov konferencie Šoltésove dni 2013 142

Zoznam účastníkov konferencie Šoltésove dni 2013 143

Predhovor

Držíte v rukách súhrnný zborník z dvoch konferencií, „Šoltésove dni 2012“ a „Šoltésove dni 2013“. Konferencie sa konali na pôde Fakulty matematiky, fyziky a informatiky Univerzity Komenského v Bratislave. Organizátorom a garantom odborného programu bolo Oddelenie didaktiky fyziky. Už tradične bol program skombinovaný z dielní, v ktorých mali učitelia možnosť pracovať v menších skupinách, dielne boli doplnené pozvanými prednáškami.

V roku 2012 sme mali milú možnosť privítať na Šoltésových dňoch doc. RNDr. Jozefa Hubeňáka CSc. z Univerzity Hradec Králové, ktorý predstavil námety na experimenty so zvončekovým transformátorom a prezentoval svoju unikátnu súpravu na demonštráciu vlastností elektromagnetického vlnenia. Privítali sme aj kolegynę z Lekárskej Fakulty, doc. RNDr. Eleny Ferencovú, CSc. a prof. MUDr. Eleny Kukurovú, CSc., ktoré pripravili prednášku „Ruka, ktorá hýbe kolískou, hýbe svetom“. Život, prácu a najmä prínos Christiana Dopplera pre modernú vaskulárnu medicínu predstavila MUDr. Katarína Dostálová, PhD. MPH. z Fakulty verejného zdravotníctva Slovenskej zdravotníckej univerzity. Naša milá kolegynä, garantka projektu Heuréka na Slovensku Mgr. Viktória Karászová zo Školy pre mimoriadne nadané deti a gymnázium nám porozprávala o školskom podujatí k výročiu vypustenia prvej družice Zeme „Októbrové nebo“. Doc. RNDr. František Kundracik, PhD. predstavil svoju populárnu prednášku o fujare.

V roku 2013 sme mali možnosť spoznať ďalšieho sympatického prednášajúceho, doc. RNDr. Zdeňka Bochnička, Dr. z Masarykovej Univerzity Brno, ktorý sa venoval experimentom s teplotlivými fóliami. Spoločnosť Astronyx predstavil Mgr. Karol Petřík, za Fyzikány korešpondenčný seminár vystúpil Mgr. Ján Hreha. Mgr. Zuzana Hudáková, PhD. z Prvého súkromného gymnázia sa venovala možnostiam využitia Phet simulácií. Prof. RNDr. Andrej Pleceník, DrSc. prestavil pracovisko venujúce sa nanotechnológiám na našej Fakulte. Zároveň sa, spolu so svojimi kolegami, postaral o exkurziu na pracovisko nanotechnológií.

V roku 2012 bolo pripravených 8 dielní, z ktorých si účastníci mali možnosť vybrať šesť. Okrem už tradičných vedúcich dielní sa objavili aj nové mená. Dielne v roku 2012 pripravili a viedli K. Velmovská, M. Vanyová, P. Demkanin, L. Bartošovič, M. Velanová, M. Figurová, V. Lapitková, P. Vnuková, M. Horváthová, P. Horváth (všetci Oddelenie didaktiky fyziky FMFI UK), V. Haverlíková, Z. Balázsová, E. Kukurová, E. Ferencová (Lekárska fakulta UK) a taktiež, už tradične V. Piskač (Gymn. tř. Kpt. Jaroše Brno) a J. Beňuška (Gym. V. P. Tótha a Centrum popularizácie fyziky, Martin).

V roku 2013 bolo pripravených spolu 7 dielní a exkurzia na pracovisko nanotechnológií. Dielne pripravili a viedli naši hostia V. Piskač a J. Beňuška, ďalej F. Kundracik a pracovníci a doktorandi Oddelenia didaktiky fyziky V. Lapitková, M. Hodosyová, P. Vnuková, J. Útla, P. Demkanin, M. Velanová, L. Bartošovič, K. Velmovská, P. Jančár, M. Horváthová a P. Horváth.

Všetkým vystupujúcim a vedúcim dielní patrí naša vďaka.

Konferencia bola finančne podporená Jednotou slovenských matematikov a fyzikov, Slovenskou fyzikálnou spoločnosťou, Kultúrno-edukačnou grantovou agentúrou KEGA, aj prostredníctvom projektu Ministerstva školstva. Za podporu ďakujeme. Na tomto mieste sa

patrí poďakovať najmä Kláre Velmvskej za administráciu finančného zabezpečenia konferencií.

Za obetavú prácu pred, počas a po konferencii patrí vďaka všetkým našim doktorandom.

Na záver si považujem za nutné reagovať na viaceré podnety zo strany účastníkov, učiteľov fyziky, ktoré sa týkajú delenia vyučovacích hodín fyziky. Presnejšie ich nedelenia. Viacerí učitelia sa priamo na dielňach a aj v kuloároch sťažovali na to, že im ich riaditelia prestali deliť triedy na hodinách fyziky a takto nie sú schopní so žiakmi uskutočňovať mnohé pripravené aktivity a žiacke experimenty. Pritom bez umožnenie delenia tried s veľkým počtom žiakov, (za veľký počet žiakov považujeme nad 16) nie je možné splniť Štátny vzdelávací program z fyziky. Táto problematika sa ukázala natoľko naliehavá, že účastníci vyjadrili potrebu vypracovať písomnú reakciu, na danú situáciu a adresovať ju priamo pánovi ministrovi školstva a ostatným zodpovedným úradníkom, ktorí môžu svojimi rozhodnutiami dosiahnuť, aby vznikla riaditeľom škôl povinnosť umožniť deliť aspoň jednu vyučovaciu hodinu fyziky týždenne v každom ročníku. V opačnom prípade nie je možné splniť Štátny vzdelávací program z fyziky a učitelia sú prinútení klamať, ak majú na záver školského roka napísať, že ho splnili.

Chceme veriť, že situácia s trendom delenia vyučovacích hodín fyziky sa na Slovensku prehodnotí a na najbližších Šoltésových dňoch už táto téma nebude natoľko rezonovať.

Peter Horváth

Využitie poznatkov z biológie človeka pri výučbe fyziky na základných a stredných školách

Autor: Zuzana Balázsiová, Ústav lekárskej fyziky, biofyziky, informatiky a telemedicíny
LF UK, Sasinkova 2, Bratislava
zuzana.balazsiova@fmed.uniba.sk

Anotácia

Cieľom práce je poukázať na možnosti výučby niektorých fyzikálnych javov s dôrazom na medzipredmetové vzťahy fyzika – biológia, ktoré sú mnohokrát vo vyučovacom procese postavené do úzadia, predovšetkým z dôvodu reformy vyučovacieho procesu na základných a stredných školách, ale aj z časových dôvodov. Upriamime pozornosť na niektoré biofyzikálne javy na ruke, ktoré je možné využiť vo vyučovacom procese ako na ZŠ, tak aj v upravenej – náročnejšej forme na SŠ.

Úvod

Z praxe vieme, že medzipredmetové vzťahy medzi fyzikou a inými predmetmi sa orientujú v prevažnej miere na matematiku, v menšej miere na chémiu. Málokedy sú vo výučbe fyziky aplikované základné fyzikálne poznatky na biologické systémy. Preto uvádzame takýto príklad aplikácie fyzikálnych vedomostí na ľudskej ruke.

1 Pohybové schopnosti ruky

Čo dokáže ľudská ruka? Dokáže chytiť, cítiť. Dokáže aj udrieť, ublížiť, ale aj pohladíť. Schopnosť **chytiť a držať** predmety majú okrem človeka iba opice. Umožňuje to postavenie palca na rukách. Palec, ako jediný prst je postavený proti ostatným štyrom prstom. V porovnaní s ďalšími prstami sa vyznačuje veľkou pohyblivosťou. Svaly nielen palca, ale všetkých prstov na ruke sú veľmi jemné. Môžeme nimi robiť tie najjemnejšie pohyby (hrať na hudobný nástroj, lekári môžu operovať...), pretože sú ovládané veľmi veľkým počtom nervov. Najjemnejšie uchopenie a zovretie je realizované pomocou palca a ukazováka. Práve tieto prsty človek používa na navlečenie nite do uška ihly alebo pozbieranie drobných predmetov. Veľkú pohyblivosť nielen prstov, ale celej ruky využíva človek najmä pri **gestikulácii**, keď je reč sprevádzaná pohybom rúk. Pohyby rúk – posunky – sú hlavným nástrojom dorozumievania sa hluchonemých ľudí. (Posunkový jazyk, 2011) Posunkovou, znakovou rečou sa dorozumievajú aj zdraví ľudia v prostredí, kde sa nie je možné dorozumieť slovom. Takúto posunkovú reč používajú napríklad potápači. (Potapač, 2008)
Poznatky o pohybových schopnostiach ruky je možné využiť pri výučbe témy o páke.

2 Receptory ako meniče energie

Snád každý človek použil ruky na vyťahovanie rôznych predmetov zapadnutých v tých najnedostupnejších miestach – za skriňou, pod stolom, za chladničkou atď. Obyčajne sa postupuje tak, že predmet človek najprv **nahmatá**, potom uchopí a vytiahne. Schopnosť nájsť (nahmatať) predmet rukami má človek preto, lebo v koži na ruke a prstoch je uložených najviac hmatových buniek – receptorov pre hmat. Tieto receptory patria medzi **mechanoreceptory**, pretože reagujú na mechanický tlak (pri hmataní pôsobí tlak podložky na

ruku). Mechanoreceptory slúžia ako meniče energie. Zmenia mechanický tlak na elektrický signál. Vo fyzike sa jav, pri ktorom dochádza k zmene tlaku na elektrický signál nazýva piezoelektrický jav. Vzniknutý signál má určitú frekvenciu a rýchlosť, ktorou sa po nervových vláknach dostane do mozgu. Nervové vlákna majú funkciu elektrických vodičov. V mozgu sa informácia o nahmatanom predmete spracuje a následne vyšle mozog do ruky „odpoveď“. Odpoveďou je cítenie predmetu na dlani ruky. Majstrami v používaní mechanoreceptorov – rozoznávaní predmetov hmatom, sú nevidiaci, ktorí hmat používajú aj na čítanie Braillovoho písma (Braillovo písmo, 2013), poznávanie predmetov a orientáciu v priestore.

Okrem mechanoreceptorov sú v koži na ruke prítomné aj **termoreceptory**. Sú to voľné nervové zakončenia, v ktorých pôsobením tepla vzniká elektrický signál. Ten, podobne ako pri mechanoreceptoroch, sa dostane po nervových dráhach do mozgu a následne mozog vyšle do ruky odpoveď. Odpoveďou je pocit tepla, alebo chladu. Pomocou termoreceptorov človek dostáva informáciu o tom, či voda, ktorú si napúšťa do vane je teplá, či nápoj, ktorý má v hrnčeku je horúci alebo studený.

Poznatky o mechano- a termoreceptoroch ako meničoch energie je možné spomenúť pri výučbe tematického celku o premene rôznych foriem energie.

Človek dokáže rukou aj **udrieť a ublížiť**. Pri údere platí fyzikálna definícia tlaku:

$$p[Pa] = \frac{F[N]}{S[m^2]}$$

Plocha dlane je niekoľkokrát väčšia ako plocha päste. Z uvedeného vzťahu vyplýva, že pri použití tej istej sily, pri údere päťou, vznikne niekoľkonásobne väčší tlak ako pri údere dlaňou (celou rukou) a ľahko môže dôjsť aj k vážnemu poraneniu človeka.

Pri údere celou rukou (dlaňou), receptory „upozornia“, na nebezpečenstvo poškodenia – dlaň a prsty pália. V koži na chrbtovej strane ruky je menej mechanoreceptorov citlivých na tlak, prevažujú termoreceptory, ktoré nedokážu upozorniť na nebezpečenstvo vzniknuté tlakom, hroziace každému, kto udiera. Preto človek na chrbtovej strane ruky pociťuje bolesť slabšie.

Záver

Spomínané témy tvoria iba malú časť aplikácie poznatkov z biológie človeka pri výučbe fyziky. S uchom a počutím sa napríklad môžu spájať fyzikálne témy o zvuku, páke, premene energie. Optický systém oka môžeme použiť pri vysvetľovaní lomu svetelného lúča pri prechode prostrediami s rôznymi indexmi lomu; pri učebnej látke o zdrojoch a šírení elektrickej energie môžeme spomenúť srdce, mozog, svaly. Medzipredmetové vzťahy biológia – fyzika je možné posilňovať nie iba na teoretickej báze, ale aj formou problémového a zážitkového vyučovania. (Haverlíková, 2013)

Zoznam bibliografických odkazov

Braillovo písmo. 2013. *Únia nevidiacich Slovenska*. 2013. [online]. [cit. 2013-11-25].

Dostupne na internete: <<http://unss.sk/braille.php>>.

Haverlíková, V. 2013. *Využitie kontextu poznávania ľudského tela pre budovanie fyzikálnych poznatkov a experimentálnych zručností*. In: Šoltésove dni 2012 a 2013, Bratislava, 2013. s. 27-34.

Posunkový jazyk. 2011 *OZ Myslím - centrum kultúry Nepočujúcich*. 2011. [online]. [cit. 2013-11-25]. Dostupne na internete: <<http://www.nepocujuci.sk/jazyk.htm>>.

Potapač PADI. 2008. [online]. [cit. 2013-10-15]. Dostupné na internete: <<http://www.potapac.eu/index.php?strana=36&obsah=189>>.

Šikmý vrh na 5 spôsobov

Autor: Lukáš Bartošovič, FMFI UK Mlynská dolina, Bratislava
bartosovic@fmph.uniba.sk

Anotácia

O školskej fyzike sa často hovorí ako o tzv. VDV (veda o dosadzovaní do vzorcov). Niet sa čomu čudovať, prevažnú časť činnosti študentov (neraz i učiteľa) tvorí teoretická analýza zidealizovaných reálnych dejov. Sem-tam pristúpime k tvorivému riešeniu a zadáme netradične koncipovanú úlohu – ak však pri jej riešení ostaneme vo výpočtovej rovine, budeme musieť pristúpiť k značnému zjednodušeniu a zanedbaniu „nepodstatných“ faktorov. Prečo by sme študentom neukázali, že fyzika je aj na školskej úrovni veda vyslovene praktická a umožňuje analyzovať reálne situácie bez toho, aby sme prehlásili napr. „nebudeme uvažovať trenie ani odpor prostredia“? Stačí siahnuť po koncepte PPPL (počítačom podporované prírodovedné laboratórium). Jednou z jeho súčastí je aj modelovanie fyzikálnych javov. V našom príspevku sa preto pozrieme na niekoľko možností využitia modelov pri skúmaní šikmého vrhu – štyri odskúšané virtuálne modely a jeden koncept reálneho experimentu spojeného s počítačovou simuláciou. Uvedené podrobíme testu – ako obstoja pri riešení komplexnej fyzikálnej úlohy s experimentálnym nádychom.

1 Experiment, výpočtové cvičenie, realita, idealizácia...

Ak sa spýtate odborníka v odbore didaktika fyziky, ktoré z vyššie uvedených slov by mali vyjadrovať charakter vyučovania fyziky, určite si vyberie experiment a realitu. Položte podobnú otázku odborníkovi z praxe (t.j. učiteľovi na ZŠ alebo gymnáziu), zrejme sa dozviete, že aktuálny stav vyučovania umožňuje prevažne výpočtové cvičenia, teoretické analýzy, idealizáciu reality a z času na čas nejaký demonštračný experiment. Na niektorých vybraných školách sa stretne s treťou cestou – určitou formou kompromisu medzi uvedenými „extrémami“, využívaním prostriedkov PPPL.

Čo by mala spĺňať aktivita, aby sme ju mohli považovať za dobrý príklad konceptu PPPL? Podľa kolektívu z Fakulty matematiky, fyziky a informatiky (Demkanin et al., 2011) by takáto aktivita mala byť prienikom troch množín:

1. metódy vyučovania a učenia sa, ktoré sú založené na riadenom žiackom skúmaní fyzikálnych javov,
2. presnosť a dôveryhodnosť výsledkov, rýchlosť získavania a vyhodnocovania údajov,
3. použitý kontext riešených úloh a použité nástroje, ktoré sú koncipované ako atraktívne (využívať počítač nielen ako textový editor).

Vyššie uvedené takmer dokonale charakterizuje počítačové modely, interaktívne animácie, aplety, fyzlety... alebo ak chcete, reálne fyzikálne deje prenesené do virtuálneho prostredia (počítača). Keď uvážime, že školské laboratórne experimenty sú simuláciou procesov, ktoré pozorujeme v bežnom živote či v technickej praxi, potom aj transformáciou javu odohrávajúceho sa v prírode do digitálneho prostredia núl a jednotiek, získame simuláciu. Odohrávajú sa v nej tie isté procesy, len nie naživo. Výhodou je však materiálna dostupnosť, možnosť skúmať deje, ktoré prebiehajú príliš rýchlo alebo pomaly, porovnávať výsledky vychádzajúce z ľubovoľných začiatkových podmienok a jednoducho riešiť náročné fyzikálne úlohy.

Či už je experiment myšlienkový, reálny alebo virtuálny, aby bol aj zmysluplný, mal by spĺňať určité podmienky, fungovať podľa premyslenej schémy. V prvom rade musíme mať jasne zadefinovaný problém, čiže vieme, na akú otázku hľadáme odpoveď. Potom si stanovíme hypotézu – navrhujeme možnú odpoveď na našu otázku a taktiež načrtujeme, ako je možné potvrdiť alebo vyvrátiť navrhnutú odpoveď. Pokračujeme v návrhu, opíšeme, ako získame potrebné informácie – navrhujeme postup experimentu či merania. V ďalšom kroku získame a zaznamenáme všetky potrebné informácie, dáta. Analyzujeme namerané dáta – spracujeme získané informácie. Na záver opäť analyzujeme. Tentoraz výsledky experimentu/merania a rozhodneme o odpovedi na našu otázku, prípadne navrhujeme postup pre hľadanie presnejšej odpovede – záver a vyhodnotenie experimentu (voľne upravené podľa Demkanin et al., 2011).

Spojme všetko uvedené do jedného celku a na príklade analýzy konkrétneho fyzikálneho javu predstavme niekoľko aktuálnych možností zaradenia počítačového experimentu do vyučovania fyziky na gymnáziu.

2 Ako spraviť neriešiteľné riešiteľným aj v stredoškolských podmienkach

Už sme spomenuli, že školská fyzika je často viac matematickým opisom prírody než skúmaním reality. Fyzikálne úlohy a príklady prevažujú nad experimentom. To však nemusí vôbec značiť niečo negatívne, pokiaľ úlohu vhodne zvolíme (napríklad opisuje nejaký experiment a text nenabáda k idealizácii), vhodne ju uchopíme a matematickú časť prenecháme počítaču. Takýto spôsob riešenia problémov s fyzikálnym kontextom sa nazýva „dynamické modelovanie“ (bližšie informácie napr. v Koubek a Pecan, 1998; Bartošovič, 2013a). Typickým a tiež pekným prípadom sú situácie, ktoré môžeme zaradiť do mechaniky. Naši študenti denne pozorujú pohyb dopravných prostriedkov, športujú, sledujú padajúce či letiace predmety, snažia sa niečo uviesť do pohybu alebo naopak zastaviť, atď. Spomenuté javy možno ľahko namodelovať pomocou jednoduchých pomôcok, skúmať v predstavách vďaka myšlienkovému experimentu a tiež opísať kvalitatívne a kvantitatívne prostredníctvom fyzikálnej úlohy. Študentom je potrebné ukázať, že školská fyzika súvisí so svetom, ktorý ich obklopuje a že sa zaoberá konkrétnymi a reálnymi situáciami – a nielen zaoberá. Fyzikálnym modelovaním vieme ilustrovať, AKO sa nimi zaoberá (Koubek, Demkanin, 1998).

Práve pre svoju spojitosť so športom, výborným kandidátom na všestrannú fyzikálnu analýzu, je šikmý vrh. Každý z našich študentov už niekedy hádzal kameňom či kriketovou loptičkou, snažil sa trafiť skrčeným papierom do smetnej nádoby, kopal do futbalovej lopty – alebo sa ju pokúsil zachytiť v letku. Opierajúc sa o vyššie spomenuté teoretické východiská, porovnajme teraz dve úlohy modelujúce rovnaký jav:

1. Chlapec vykopol loptu pod uhlom 47° rýchlosťou 25 m/s . Do akej maximálnej výšky sa dostala a v akej vzdialenosti od miesta výkopu dopadla na povrch Zeme? Ako dlho trval jej let? Aká bola kinetická energia lopty v okamihu po vykopnutí? Loptu považujte za hmotný bod a odpor prostredia zanedbajte.

2a. Vrahač tenisových loptičiek má výstrelný otvor vo výške $1,2 \text{ m}$ nad povrchom kurtu. Loptičky s priemerom $6,7 \text{ cm}$ a hmotnosťou 60 g vrhá pod uhlom 25° a rýchlosťou 80 km/h . Súčiniteľ odporu prostredia zadefinujeme ako $C = 0,5$ a hustotu prostredia zaokrúhlime na $1,29 \text{ kg/m}^3$. Do akej horizontálnej vzdialenosti od bodu výstrelu sa dostane loptička po 1 sekunde letu? Aký bude práve vtedy vertikálny výškový rozdiel stredu loptičky a jeho kolmého priemetu na povrchu Zeme? Akou rýchlosťou dopadne loptička na zem? Aká je hodnota polohovej, pohybovej a celkovej mechanickej energie na začiatku a na konci pohybu? Ako by letela loptička, keby bola vyrobená z olova a ako, keby sme ju zhotovili z penového polystyrénu? Čo ak zachováme hmotnosť, avšak zmenšíme (alebo zväčšíme) jej priemer? Koľko celkovej mechanickej energie sa počas letu premenilo na iné formy energie

vplyvom odporu prostredia? Ako sa zmenia výsledky, ak zanedbáme odpor prostredia, rozmery a hmotnosť loptičky?

2b. Ak si nájdeme čas a podmienky sú priaznivé, zjďdeme na školské ihrisko, zvolíme si nejakú loptu a necháme študenta, aby ju vykopol šikmo nahor. Tento reálny experiment natočíme digitálnou kamerou alebo mobilným telefónom a zaznamenáme si začiatkové podmienky. Pre porovnanie zaznamenáme taktiež výsledok experimentu (teda do akej vzdialenosti doletela lopta, ako vysoko a podobne). Na hodine fyziky sa potom spýtame (s využitím získaných informácií aj odpovieme) na rovnaké otázky, ako sme položili v bode 2a. Prvá úloha je klasická školská, značne zjednodušená a plná idealizácie. Môže sa stať, že ak si ju niekto prepočíta a porovná s realitou (výkop lopty na ihrisku), bude sklamaný, že vypočítané výsledky neodrážajú realitu. Na druhej strane, analytické riešenie cez známe vzťahy pre šikmý vrh by nám ťažko umožnilo počítať s odporom prostredia. Nanajvýš kvalitatívne v diskusii riešenia, kde by sme študentom ukázali obrázok s ideálnou parabolickou trajektóriou a balistickou krivkou.

Druhá úloha, či už teoreticky (a) alebo prakticky (b) zadaná je nad rámec výpočtových schopností stredoškolača. Čo je však problémom pre systém „papier – ceruzka – kalkulačka – (učebnica)“, to je rutinná záležitosť, ak využijeme prostriedky PPPL. Na nasledujúcich riadkoch teraz v krátkosti opíšeme 5 pohľadov na riešenie vyššie uvedeného fyzikálneho problému o tenisovej loptičke s tým, že naším hlavným analytickým nástrojom bude multimediálne vybavený počítač.

3 Jednoduchá simulácia cez matematický softvér

Prvý spôsob počítačom podporovaného riešenia je najjednoduchší na materiálne vybavenie, potrebujeme iba počítač s pripojením na internet a webovým prehliadačom, ktorý podporuje formát CDF (čo po inštalácii bezplatného zásuvného modulu hravo splníme). Ak využívame softvér Mathematica, nie je potrebné inštalovať vôbec nič. V prvom kroku, viacej textovom, si v prehliadači otvoríme stránku s „vedomostným strojom“ Wolfram|Alpha (WRC, 2013). Do príkazového riadku napíšeme anglický výraz pre šikmý vrh – projectile motion. Po potvrdení sa objaví formulár (obr. 1).

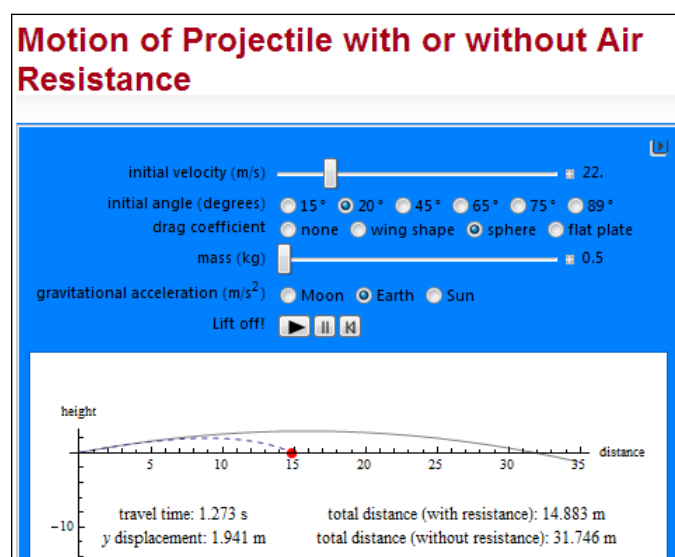
The image shows the Wolfram|Alpha search interface. At the top, the Wolfram|Alpha logo is displayed with the tagline 'computational knowledge engine'. Below the logo is a search bar containing the text 'projectile motion'. To the right of the search bar are icons for search, star, and a menu. Below the search bar are icons for various input methods (text, image, voice, etc.) and links for 'Examples' and 'Random'. A message below the search bar reads: 'Assuming "projectile motion" refers to a formula | Use as referring to physical system instead'. Below this is a 'Calculate' section with a dropdown menu set to 'travel time'. There are two input fields: 'initial speed:' with the value '10 m/s' and 'release angle relative to horizontal:' with the value '45 °'. At the bottom, there is a section 'Also include:' with the word 'mass' highlighted in red.

Obr. 1 Šikmý vrh – zadávanie začiatkových podmienok cez Wolfram|Alpha

Tu môžeme zadať dva parametre, začiatkovú rýchlosť vrhu (initial speed) a uhol, ktorý zvierá vektor začiatkovej rýchlosti a vodorovnej roviny (release angle relative to horizontal). Program ponúka aj nastavenie hmotnosti (mass), avšak po kliknutí na tento nápis sa výsledky (nižšie na stránke v časti „Result“) nezmenia. Okrem nastavenia začiatkových podmienok, môžeme si vybrať, čo chceme počítať – pre naše účely ponecháme dĺžku trvania letu (travel

time). Pre hodnoty z problému s tenisovou loptičkou (22 m/s a 25°) dostaneme čas približne 1,9 s, maximálnu výšku letu asi 4,4 m a maximálny dolet je takmer 38 m (všetky hodnoty sú pre zidealizovaný šikmý vrh). Kdesi v strede stránky nám Wolfram|Alpha zobrazí základné vzťahy na výpočet aj s ich opisom. Úplne na spodku je grafický výstup v zľahka neštandardnom formáte, závislosť vertikálnej vzdialenosti letiacej loptičky (height) od vzdialenosti horizontálnej (distance). Ešte k tomu v centimetroch. Praktické však je, že takúto závislosť pozorujeme v bežnom živote, keď trajektóriu letiaceho objektu vnímame v súradniciach x a y . Pokiaľ stlačíme „Include drag“ (zahrň odpor vzduchu), do obrázka sa prikreslia aj trajektórie pre nejaké prednastavené reálne objekty (jeden z nich sme spätne prepočítali a jedná sa asi o loptičku používanú pri stolnom tenise). Dozvedeli sme sa toho pomerne dosť. Wolfram|Alpha napriek tomu ponúka čosi viac – tzv. druhý krok, ktorý je viac grafický.

V prehliadači si otvoríme stránku Wolfram Demonstrations Project (WDP, 2013). Do vyhľadávacieho okienka (search) napíšeme „projectilemotion“. Zo zobrazených apletov za najvydarenejší považujeme „Motion of Projectile with or without Air Resistance“ (Young, 2012). Po kliknutí sa nám otvorí stránka s apletom, študentov možno neupúta atraktívnym grafickým spracovaním, je však rýdzo praktická a úhľadná. Poteší, že aplet sa dá stiahnuť na disk počítača a používať bez pripojenia na internet. Voči predchádzajúcemu prípadu máme oveľa širšie možnosti nastavení (obr. 2).



Obr. 2 Let loptičky v aplete z projektu WolframDemonstrations

Okrem začiatkovej rýchlosti a uhla výstrelu (tento je možné nastaviť len skokovo) je k dispozícii súčiniteľ odporu prostredia (drag coefficient), kde si môžeme vybrať krídlo (wing shape), guľu (sphere) a plochú dosku (flat plate). Odpor prostredia je možné aj vypnúť (zaklikneme „none“). Dá sa nastaviť i hmotnosť projektilu (po úpravách v ľubovoľnom rozsahu) a hodnota gravitačného zrýchlenia na Mesiaci, Zemi a Slnku. Po vykonaní nastavení spustíme aplet kliknutím na čierny trojuholník pri nápise „Lift off!“. Výsledok je podobný ako v prvom kroku, avšak vďaka širším možnostiam nastavení je bližším priblížením k realite. Okrem už spomenutého sa dozvieme napr. to, že v reálnom svete doletí tenisová loptička ani nie do polovice ideálnej vzdialenosti (resp. ešte menej, ale náš model bral ako hmotnosť 0,5 kg a nie 60 gramov). Ako vidíme, táto jednoduchá metóda prináša pozoruhodne použiteľné výsledky, avšak daňou za to, je vopred stanovená podoba zobrazovania informácií, viac-menej statické obrázky, číselné hodnoty, ktoré by sme získali aj klasickým výpočtom

a prednastavené (málo interaktívne) možnosti zakomponovania odporu prostredia. Skúsme si pomôcť ďalším apletom!

4 Vizualne atraktívne modelovanie z Colorada

Aplety, ktoré vyvíja americký kolektív z univerzity v Colorade pod hlavičkou PhET asi netreba predstavovať žiadnemu súčasnému učiteľovi, ktorý na hodinách fyziky využíva počítač na podporu svojej výučby. Ponuka je skutočne pestrá a nájdeme aj šikmý vrh, opäť pod názvom „Projectile Motion“ – a existuje aj plne lokalizovaná slovenská verzia „Pohyb strely“ (Dubson&Adams, 2011). Ak sme v predchádzajúcom odseku ohodnotili testovaný aplet ako nie veľmi atraktívny, tu pozorujeme presný opak. Za programom stojí extenzívny a premyslený výskum, ktorého cieľom bolo vytvoriť vizuálnu pomôcku, ktorá bude nielen prít'azlivá pre oko študenta, ale aj veľmi praktická a prešpikovaná fyzikou. Čo dokáže s našou úlohou o tenisovej loptičke?



Obr. 3 Digitálne technológie umožňujú strieľať z dela aj tenisovou loptičkou

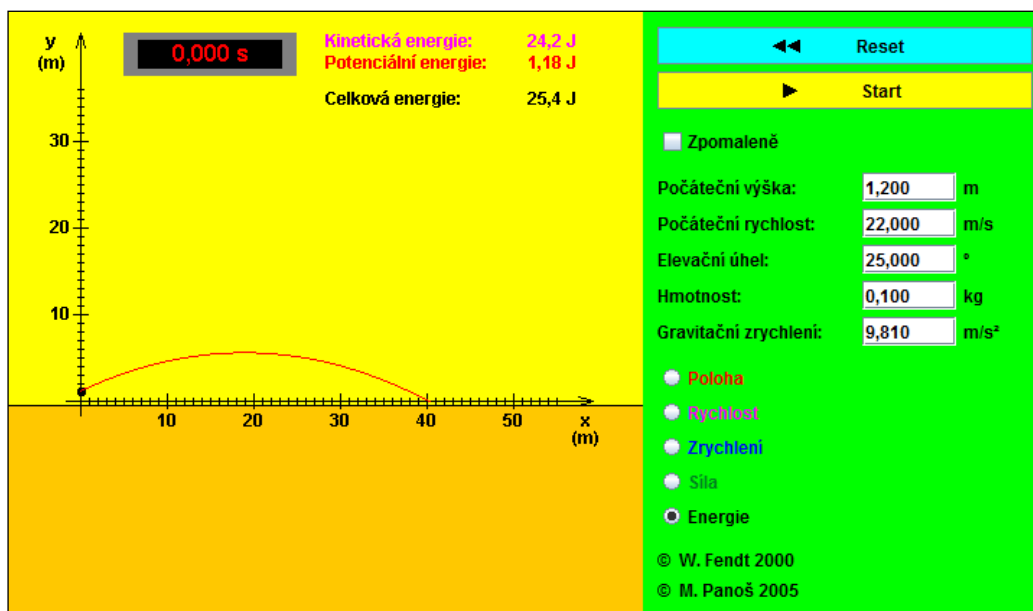
Možnosti nastavenia začiatočných podmienok sú taktiež veľmi pestré (obr. 3) – navyše je tu koncept „ukáž a nastav“. Napríklad – kurzorom myši chytíme spodok dela a môžeme ho ľahko posunúť na osi x aj y . Alebo chytiť pásmo, a tak ako v reálnom živote, odmerať vzdialenosť medzi ľubovoľnými dvoma bodmi. Číselný vstup je voči programom od tímu Wolfram obohatený o možnosť nastaviť ľubovoľnú hmotnosť a tiež priemer projektilu. Zmeniť vieme i súčiniteľ odporu prostredia. Alebo si vyberieme niektoré z telies s humorným nádychom – rôzne lopty, tekvica, človek a čuduj sa svete, aj osobné auto. Všetko je pekne animované, po zakliknutí políčka aj ozvučené a v hornej časti okna sa zobrazujú hodnoty polohy a časomiera. Nastavme začiatočné podmienky z testovanej úlohy a pozrime sa na výsledok!

Zahrajme sa s pásmom. Zistíme, že delo strieľa projektily z výšky 1,2 m (plus výška piedestálu) nad povrchom Zeme. Objavíme tiež, že po každej sekunde letu sa na trajektórii umiestni čierny krížik. Premeriavaním či opätovným spúšťaním apletu ľahko odpovieme na väčšinu našich otázok, skúsme zopár: vertikálna vzdialenosť po 1 s letu (3,2 m + 1,2 m), horizontálna vzdialenosť (niečo cez 16 m), celkový čas letu (1,8 s) a možno ešte niečo ďalšie.

Čo však chýba je rýchlosť, smer vektora zrýchlenia, pôsobiace sily, hodnoty energie a taktiež možnosť záznamu nameraných hodnôt (manuálny prepis do vlastnej tabuľky sa neráta). Napriek tomu sa pomocou tohto apletu dá preskúmať množstvo aspektov šikmého vrhu a určite ho odporúčame (hoci skôr na kvalitatívnu analýzu). Kde nájdeme chýbajúce údaje? Skúsme tretí pohľad.

5 Všestranný demonštračný aplet Waltera Fendta

Aplety PhET medzi slovenskými učiteľmi jednoznačne vedú, náš nedávny prieskum však ukázal, že silnú pozíciu majú aj postaršie JAVA aplety z dielne nemeckého učiteľa fyziky, Waltera Fendta. Tie je možné nájsť na jeho stránkach, taktiež sú preložené do slovenčiny (zopár) a do češtiny (všetky) (Fendt, 2012). Nechýba ani šikmý vrh s názvom „Pohyb v homogennom grav. poli (vrhy)“ (Fendt, 2005). Rozhranie je čosi medzi úspornou Wolfram grafikou a prívetivosťou PhET apletu. To však nie je na škodu, keďže sa jednoducho ovláda – pre každý prípad je v hornej časti stránky krátky návod. Nastavenie je štandardné, okrem charakteristiky projektilu (tvar a priemer) je možné meniť všetko. Možno zamrzí absencia odporu prostredia, je však vykompenzovaná širokými možnosťami merania parametrov letu (obr. 4).

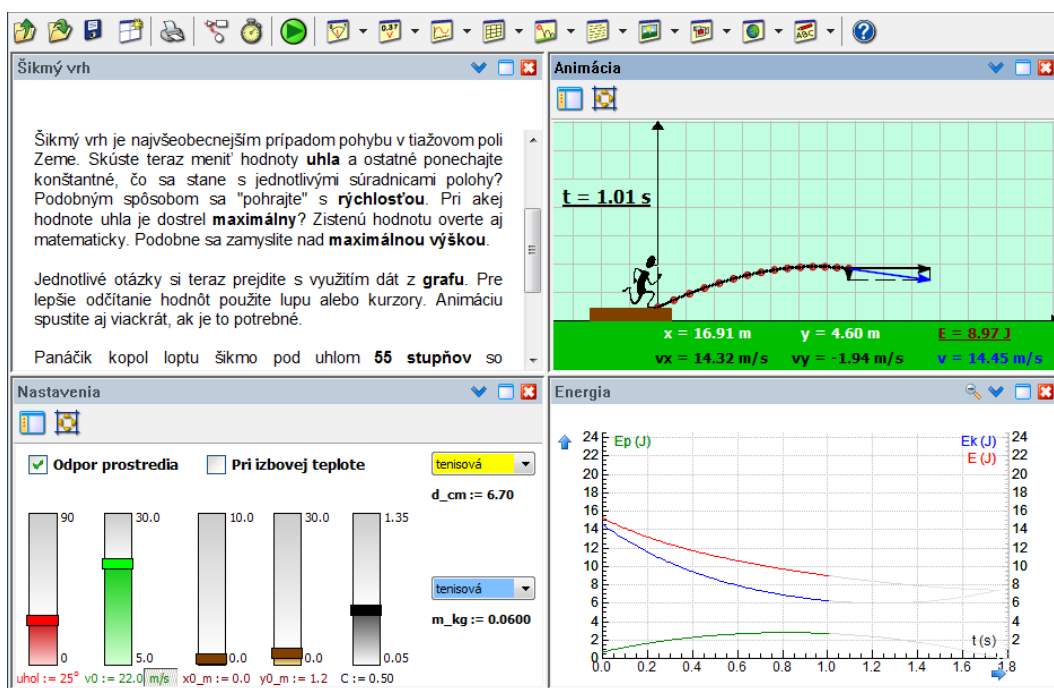


Obr. 4 Od polohy cez zrýchlenie až po energiu. Fendtov aplet preskúma šikmý vrh veľmi dôsledne.

Povedzme, že aspekty letu loptičky týkajúce sa odporu prostredia sme preskúmali v predchádzajúcich dvoch apletoch. Čo dokážeme tu? Fendtov let projektilu umožňuje zobrazit' všetko podstatné, grafickú stránku (parabolickú trajektóriu s praktickou mierkou), zmenu polohy (aktuálny stav a aj maximálne hodnoty), vektor rýchlosti (a tiež jeho zložky), zrýchlenie (s ktorým majú študenti veľký problém – a to aj na VŠ!), pôsobiacu silu (gravitačnú) a nakoniec premeny mechanickej energie (kinetická, potenciálna a celková). Pre lepšie odčítavanie hodnôt je možné pohyb spomaliť a sledovať po krokoch – tlačidlom „Zpomalené“. Opäť však chýba možnosť záznamu, prípadne sledovať potrebné dáta cez tabuľku. Dovoľme si však tvrdenie, že s menšou výpomocou predstavivosti by sme zvládli odpovedať na väčšinu otázok z úlohy o lete tenisovej loptičky. Pokúsme sa teraz spojiť väčšinu diskutovaných vlastností šikmého vrhu do jediného produktu!

6 Interaktívna animácia šikmého vrhu v prostredí Coach

Ako posledné virtuálne riešenie reálneho problému predstavíme interaktívnu animáciu, ktorá je dielom autora tohto článku. Vznikla z takmer totožnej analýzy, ako sme realizovali v predošlých troch odsekoch. Zámerom bolo pokúsiť sa vyplniť medzeru na trhu s aplemi modelujúcimi šikmý vrh a ukázať, čo všetko sa dá „vyťažiť“ z časti „Modelovanie“ v softvérovom prostredí Coach 6. Podrobnejší opis apletu a všetky jeho technické aspekty môžete nájsť v našich starších príspevkoch (napr. Bartošovič, 2013b), tu sa zameriame na preskúmanie jeho možností pri hľadaní odpovedí a riešení z nastoleného problému z úvodu tohto textu. Používateľovi sa ponúkajú široké možnosti prispôsobenia – aplet je na rozdiel od predchádzajúcich prípadov riešený otvorene (inými slovami, je možné meniť takmer čokoľvek). Typické rozloženie vstupných, výstupných, textových a grafických komponentov ukazuje obrázok (obr. 5).



Obr. 5 Fyzikálny aplet v prostredí Coach 6 - modelujeme šikmý vrh

Okno s nastaveniami nemá najmenší problém s akceptovaním každej zo začiatočných podmienok úlohy o vrhači tenisových loptičiek. Všetko je dostupné na jedno kliknutie a ovládanie je čo najjednoduchšie a veľmi intuitívne (to bolo aj cieľom autora pri dizajne apletu). V grafickom výstupe vpravo hore môžeme pozorovať trajektóriu letu loptičky, zistiť, čo sa dialo v čase $t = 1$ s, pomocou štvorcovej siete odmerať potrebné vzdialenosti, to isté umožňuje presnejší číselný výstup v dolnej časti grafického okna. Vpravo dole sa dá zobrazit' graf alebo tabuľka s ľubovoľnou závislosťou: výška od vzdialenosti, súradnice polohy od času, premeny energie, hodnoty rýchlosti a iné. Pohyb vieme zastaviť v akomkoľvek bode, prípadne krokovať hoci po milisekundách. Tu sa jasne ukazuje výhoda programátorského prístupu – avšak tienistou stránkou sú nároky, ktoré kladie na učiteľa fyziky – časové, technické a tiež finančné. Istým kompromisom by mohlo byť upustenie od grafickej stránky projektu a modelovanie cez rovnice, grafy a tabuľky (napr. cez ideu s názvom dynamické modelovanie – vid' úvod článku). Preto je logické, že väčšina z nás siaha po hotových riešeniach, prípadne svoje zadania prispôsobíme na mieru nejakému programu. Stále sme sa však nepohli z virtuálneho prostredia! Vyslobodením by mohla byť kombinácia virtuálneho a reálneho.

7 „Strel'ba“ z pružinovej pištole – reálny experiment podporený počítačom

V predchádzajúcich riadkoch sme sa venovali strel'be z virtuálneho kanóna, avšak sami vieme, že čo si možno reálne vyskúšať, tomu aj najlepšie uveríme. A tiež ukážeme, že to má zmysel v praktickom živote. Aký je zmysel skúmania šikmého vrhu? Môžeme argumentovať tým, že kto z našich študentov porozumie tomuto fyzikálnemu javu, bude vedome dosahovať excelentné športové výkony v súvisiacich disciplínach – to je však slabé voči odboru balistika. Určite nájdeme v triede (alebo v krúžku) zopár študentov, ktorí majú skúsenosti so športovou strel'bou alebo air-softom či paint-ballom. Položme im provokatívnu otázku súvisiacu s úlohou o strel'be z tenisového „dela“ – prečo sú niektoré air-softové guľôčky 6 milimetrové a iné majú priemer iba 4,5 mm? Aký vplyv na trajektóriu letiacej guľôčky má hmotnosť – a má význam vyrábať guľôčky s tak málo odlišnou hmotnosťou ako je 0,20 g, 0,25 g či 0,30 g?

Sympatický experiment z tejto oblasti navrhuje aktuálna učebnica fyziky pre 1. ročník 4-ročného gymnázia (Koubek et al., 2009). Využitím pomôcok zo školského fyzikálneho laboratória si podľa návodu poľahky zhotovíme funkčný pružinový kanón a môžeme verne modelovať šikmý vrh v reálnych podmienkach. Načo však zhotovovať niečo, čo už je dostupné a vyhotovené v profesionálnej podobe? Myslíme na pružinovú air-softovú pištoľ, ktorú bežne dostať v hračkárstve alebo špecializovaných obchodoch. Je lacná (cenová hladina 20 - 30 €, rok 2013), prekvapivo presná, pomerne bezpečná (strieľa ľahké plastové guľôčky a kinetická energia výstrelu je okolo 0,25 joulov, s narastajúcou vzdialenosťou sa veľmi rýchlo znižuje) a začiatočná rýchlosť „vrhu“ je konzistentná. Taktiež je ľahšie uvažovať súčiniteľ odporu prostredia pre guľôčku, než pre prstenec alebo krúžok.

Postup je totožný s tým, ktorý navrhuje učebnica, ostáva už len doplniť ho – aplikovať postupy z PPPL. Ako prvé zdigitalizujeme reálny dej, napr. pomocou videomerania (bližšie sa tejto metóde venuje napr. článok Horváth a Šedivý, 2006). Môžeme taktiež použiť optickú bránu, prípadne špecializovaný prístroj zvaný chronometer. Meranie realizujeme pre rôzne strely – oceľovú guľôčku 4,5 mm, olovený brok 4,5 mm (klasický do vzduchovky) a 6 mm plastové guľôčky rôznej hmotnosti. Z každého merania určíme, akou rýchlosťou opustil projektil hlavň air-softovej pištole. Je dobré, ak pištoľ upevníme do statívu a os hlavne zarovnáme rovnobežne s vodorovnou rovinou (napríklad pomocou vodováhy). Následne zadáme začiatočné podmienky každého výstrelu na analýzu interaktívnej animácii. Pozorovaním trajektórie a odčítaním hodnôt pre polohu, rýchlosti a energie bez väčšej námahy odpovieme na otázku, ako ovplyvní hmotnosť alebo priemer tenisovej loptičky jej let (ak by niektorý študent oponoval, že air-softová guľôčka a tenisová loptička nie sú to isté, vysvetlíme mu, že ide o model, resp. analógiu). Takto zistíme, prečo sa vo vzduchovkách a pružinových pištoliach používajú olovené broky (kompromis medzi rýchlosťou, schopnosťou vzdorovať odporu prostredia a účinku na terč), drobné oceľové guľôčky (letia rýchlejšie ako olovený brok s rovnakým priemerom – aj keď rýchlejšie strácajú kinetickú energiu) a prečo väčšie plastové guľôčky (aj pri malej a bezpečnej kinetickej energii výstrelu letia rozumne rýchlo a podľa hmotnosti strácajú rýchlejšie alebo pomalšie danú pohybovú energiu). Rovnaké závery môžeme vysloviť aj pre tenisovú loptičku a jej odvodeniny so zmenenou hmotnosťou alebo priemerom.

Záver

V príspevku sme predstavili niekoľko pohľadov na využívanie fyzikálnych modelov skúmajúcich šikmý vrh, resp. let projektilu. Základným pilierom pre nás bol koncept počítačom podporovaného prírodovedného laboratória – z toho v jednom prípade reálny experiment podporený virtuálnym modelom. Pozreli sme sa, čo tieto modely dokážu pri hľadaní odpovedí na otázky z náročnej fyzikálnej úlohy – či už s využitím jednoduchých príkazov v prostredí Wolfram|Alpha, alebo analýzou textovo-grafického výstupu apletu

bežiacého priamo v internetovom prehliadači a tiež sme podrobili testu interaktívnu animáciu naprogramovanú vo virtuálnom fyzikálnom svete špecializovaného softvéru. V závere sme prezentovali návrh prieniku reálneho experimentu a jeho virtuálneho náprotivku. Náš prehľad na konkrétnom prípade skúmania fyzikálneho javu ukazuje, že je vhodné prijať pomocnú ruku digitálnych technológií, ktoré prostredníctvom výkonného hardvéru a softvéru dávajú šancu využiť obrovský potenciál a s malými vstupmi dosiahnuť veľké výstupy. A taktiež spojiť príjemné s užitočným a moderné s atraktívnym.

Pod'akovanie

Príspevok vznikol s podporou Univerzity Komenského, grant UK/199/2013 „Interaktívne modely vo vyučovaní fyziky – aktuálne, prehľadne a efektívne“ a s podporou projektu KEGA 130UK-4/2013 „Podpora kvality vyučovania tvorbou materiálov prepojených na učebnice fyziky“.

Zoznam bibliografických odkazov

- BARTOŠOVIČ, L. 2013a. Tvorba interaktívnej animácie voľného pádu (takmer) bez znalosti programovania. In *Tvorivý učiteľ fyziky VI*. Bratislava : Slovenská fyzikálna spoločnosť, 2013. ISBN 978-80-971450-0-2, s. 27-36.
- BARTOŠOVIČ, L. 2013b. Interaktívne fyzikálne modely pohybov telesa v homogénnom tiažovom poli Zeme vo vyučovaní fyziky na strednej škole. In *Fyzikálne vzdelávanie v systéme reformovaného školstva*. Nitra : FPV UKF, 2013. ISBN 978-80-558-0232-9, s. 22-33.
- DEMKANIN, P., PIŠÚT, J., VELMOVSKÁ, K. 2011. *Vybrané faktory prispievajúce k rozvoju kompetencií žiakov pri vyučovaní fyziky*. Bratislava : 2011. 111 s.
- DUBSON, M., ADAMS, W. 2011. *PhET Pohyb strely 2.03*. [online]. 2011 [cit. 2013-11-24]. Dostupné na internete: <<http://goo.gl/mMtTmf>>.
- FENDT, W. 2012. *Fyzikální JAVA aplety*. [online]. 2012 [cit. 2013-11-24]. Dostupné na internete: <<http://goo.gl/Txe03m>>.
- FENDT, W. 2005. *Pohyb v homogenním grav. poli (vrhy)*. [online]. 2005 [cit. 2013-11-24]. Dostupné na internete: <<http://goo.gl/tDqkqm>>.
- HORVÁTH, P., ŠEDIVÝ, M. 2006. Analýza mechanického pohybu videomeraním. In *Aktivity vo vyučovaní fyziky*. Bratislava: Knižničné a edičné centrum FMFI UK, 2006. ISBN 80-89186-11-4, s. 69-77.
- KOUBEK, V., DEMKANIN, P. 1998. Modelovanie reálnych úlohových situácií vo vyučovaní fyziky. In *Ako ďalej vo vyučovaní fyziky: Zborník zo 4. bratislavskej konferencie učiteľov fyziky*. Bratislava: Metodické centrum, 1998. ISBN 80-7164-230-4, s. 46-52.
- KOUBEK, V., LAPITKOVÁ, V., DEMKANIN, P. 2009. *Fyzika pre 1. ročník gymnázia*. Bratislava : 2009. 152 s.
- KOUBEK, V., PECEN, I. 1998. Modelovanie fyzikálnych javov v školskom mikropočítačom podporovanom laboratóriu (3) : Metóda dynamického modelovania na počítači. In *Fyzikálne listy*. Bratislava : MFF UK, 1998. ISSN 1337-7795, 1/1998, roč. 3, s. 4-5.
- WDP (Wolfram Demonstrations Project), 2013. *Wolfram Demonstrations Project*. [online]. 2013 [cit. 2013-11-24]. Dostupné na internete: <<http://goo.gl/0DUtKO>>.
- WRC (A Wolfram Research Company), 2013. Wolfram|Alpha: Computational Knowledge Engine. [online]. 2013 [cit. 2013-11-24]. Dostupné na internete: <<http://goo.gl/TJFAID>>.
- YOUNG, M. 2012. *Motion of Projectile with or without Air Resistance*. [online]. 2012 [cit. 2013-11-24]. Dostupné na internete: <<http://goo.gl/Pi90V>>.

Christian Johann Doppler a jeho prínos pre vaskulárnu medicínu

Autori: MUDr. Katarína Dostálová, PhD., MPH, FVZ, SZU, Bratislava
dostalova11@gmail.com
PhDr. RNDr. Ján Novák, CSc., Slovenská spoločnosť pre dejiny vied a techniky
pri SAV
j.novak@centrum.sk
Mgr. Jarmila Galatová, Katedra cudzích jazykov, LF UK, Bratislava
j.galatova@gmail.com
Doc. MUDr. Štefánia Moricová, PhD., MPH, mim. prof., FVZ, SZU, Bratislava
moricova@centrum.sk
Prof. MUDr. Viera Štvrtinová, CSc., II. Interná klinika, LF UK, Bratislava
vierastvrtinova@centrum.cz

Anotácia

Johann Christian Doppler (1803-1853), učiteľ a vedec, ktorý pôsobil vo viacerých krajinách strednej Európy – v Salzburgu, v Mníchove, v Prahe, v Banskej Štiavnici, vo Viedni a nakoniec v Benátkach – svojimi objavmi predbehol dobu o niekoľko desaťročí. Bol príkladom muža, ktorý napriek nepriaznivej spoločenskej situácii ako aj nemalým zdravotným ťažkostiam, neúnavne pracoval, tvoril a rozmyšľal. Práve vďaka jeho objavu môžu dnes tisíce cievnych pacientov na celom svete byť včas diagnostikovaní neinvazívnou metódou, umožňujúcou skoré odhalenie zúžených tepien, trombotizovaných žíl či nedovieravých chlopní.

Úvod

V roku 2012 sme si pripomenuli 170 rokov od pamätnej pražskej prednášky, na ktorej Doppler prvýkrát predstavil fyzikálny princíp, ktorý dodnes nesie jeho meno. Doppler sa narodil ako štvrté dieťa umeleckého kamenára Johanna Evangelistu Dopplera a Terezy, slúžky pracujúcej v rodine salzburského radného 29.11.1803 v Salzburgu. Zhodou okolností sa nachádza jeho rodný dom na Makart Platz (predtým Hannibalovo námestie) v blízkosti domu, v ktorom žil ďalší slávny salzburský rodák Wolfgang Amadeus Mozart. Už v predškolskom veku sa u Dopplera prejavilo nadanie pre kamenársku prácu. Pôvodne mal pracovať v rodinnom kamenárskom podniku, ale vzhľadom na jeho chatrné zdravie a vďaka ľútosť rodičov z toho zišlo. V rokoch 1816 – 1819 navštevoval tzv. Nemeckú školu v Salzburgu, potom študoval na strednej škole v Linzi. V Salzburgu pôsobiaci učiteľ matematiky Simon Stampfer, ktorého oslovil s prosbou o radu Christianov otec, odporučil nadanému a ambicióznemu trinásťročnému chlapcovi rozvíjať matematický talent. Ich vzájomné stretnutie malo rozhodujúci vplyv na ďalší Dopplerov život. Stampfer, ktorý sa stal v roku 1825 profesorom na viedenskej polytechnike, ho usmernil, aby išiel študovať na túto školu. V rokoch 1822 – 1825 Doppler študoval na viedenskej polytechnike prakticky zameraný kurz pre oblasť obchodu a techniky. V roku 1828 v Salzburgu absolvoval s vynikajúci prospechom gymnázium, ktoré ho oprávňovalo na ďalšie štúdium na Filozofickej fakulte na tzv. Lýceu (vtedajšom pozostatku zrušenej Salzburskej univerzity). Umožnilo mu zároveň stať sa v roku 1829 asistentom profesora matematiky Adama Burga na viedenskej polytechnike. Vo Viedni vyšla jeho prvá vedecká práca *Beitrag zur Theorie der Parallelen*. Úspešne absolvoval konkurz na miesto profesora na viedenskej polytechnike, avšak aj napriek

tomu profesúru nedostal. Odišiel preto k svojmu bratovi do Mníchova, prostredníctvom ktorého sa chcel dohodnúť s konzulom USA o tom, že sa vyst'ahuje do tejto krajiny.



Obr. 1 Christian Johann Doppler (1803-1853)

Od roku 1835 do roku 1847 pôsobil v Prahe, kde napísal viac ako polovicu svojich vedeckých prác. Zo začiatku vyučoval na nemeckej stavovskej strednej škole. Už roku 1836 sa ujal nepovinných prednášok z vyššej matematiky na *Pražskom polytechnickom inštitúte* (terajšej Českej technickej univerzite), kde bol od roku 1837 poverený ako suplent prednáškami z geodézie a vyššej matematiky. V roku 1841 bol menovaný za riadneho profesora elementárnej matematiky a praktickej geometrie na *Karlovej univerzite*. Doppler viedol vymeriavacie práce v teréne so stovkami žiakov a počas školského roka musel vyskúšať až 800 študentov. Začala sa u neho prejavovať tuberkulóza hrtana, v určitom období stratil aj hlas, a tak sa pre neho stala pedagogická práca mimoriadne namáhavá. V roku 1840 sa Doppler stal mimoriadnym a v roku 1843 na návrh Františka Palackého riadnym členom Kráľovskej českej spoločnosti vied. A v roku 1846 sa stal Doppler aj riadnym členom Cisárskej akadémie vied vo Viedni.

Doppler počas svojho pražského pôsobenia publikoval vedecké práce v rozličných časopisoch a zborníkoch, najmä v *Abhandlungen der königl. böhm. Gesellschaft der Wissenschaften*, vo *Wiener polytechnisches Jahrbuch*, v *Sitzungsberichte der K. k. Akademie der Wissenschaften in Wien* a v mnohých ďalších. Z jeho vedeckých prác treba spomenúť najmä: *Über das farbige Licht der Doppelsterne und einige andere Gestirne des Himmels* (Praha 1842); *Arithmetik und Algebra* (Praha 1844), *Über eine wesentliche Verbesserung des katoptrischen Mikroskops* (Praha 1845). Celkom publikoval Doppler asi 70 štúdií z fyziky a matematiky.

Prednášku predstavujúci princíp, ktorý nesie jeho meno, po prvýkrát predniesol v Prahe ako 39-ročný na zasadnutí prírodovedcov Kráľovskej spoločnosti vied vo Vlasteneckej sále Karolina 25. mája 1842. Mal tu šesť poslucháčov, medzi nimi boli matematik Bernard Bolzano a zakladateľ českej prírodovedeckej literatúry Jan Svatopluk Presl. V pamätnej prednáške „O farebnom svetle dvojhviezd“ opísal súvislosť frekvencie svetla a relatívnej rýchlosti jeho zdroja. Predpovedal, že na tomto princípe bude možné zmerať pohyb a vzdialenosť hviezd. Jav matematicky formuloval a písomne publikoval v roku 1842 v už spomenutej prednáške O farebnom svetle dvojhviezd a niektorých iných nebeských telies. Vyslovil hypotézu, že sfarbenie hviezd môže byť spôsobené ich pohybom: pokiaľ sa zdroj vlnenia (svetla alebo zvuku) pohybuje od pozorovateľa, ten zachytí vlnenie s nižšou frekvenciou – v prípade svetla posun k červenej. V roku 1845 Christophorus Buys Ballot, holandský chemik a meteorológ demonštroval Dopplerov efekt pre zvukové vlny počas verejného experimentu. V idúcom vlaku na linke medzi Amsterdamom a Utrechtom sedeli hudobníci – trubači s kalibrovanými nástrojmi. Poslucháči boli svedkami frekvenčného posunu zvuku trúbky. Ballot takýmto spôsobom demonštroval platnosť Dopplerovho princípu v oblasti akustiky.

Dopplerov princíp stanovuje vzájomnosť javov medzi zdrojom, alebo vibračným stredom, napr. svietiacim zvučiacim bodom a cieľom, ktorý vníma vibráciu okom alebo ušom za

predpokladu, že sa počet vibrácií, ktoré spôsobujú zmyslový dojem v časovej jednotke pozorovateľnou mierou zväčšuje alebo znižuje. Prvým prípadom je ten, ak sa stretnú dvaja poslovia A a B, vysielaní tým istým smerom, z toho istého miesta, nerovnakou rýchlosťou a v rôznej dobe, alebo z rôznych miest rôznou rýchlosťou v rovnakej dobe vo vzájomne opačných smeroch. Ak je miesto posla B celý rad poslov, vysielaných v pravidelných intervaloch za sebou, dostaneme v oboch prípadoch tiež rad stretnutí s poslom A, ktoré sa budú diať v prvom prípade, v dlhších intervaloch ako boli vysielané za sebou. V prípade druhom v intervaloch kratších, ako boli za sebou vysielané. Ak nahradíme posla A zmyslom, ktorý chápe vibračné nárazy, rad poslov B postupujúcim vibračným zdrojom, dostávame miesto stretávania sa len vibračné nárazy, ktoré sa opakujú v dlhších, alebo kratších intervaloch. Zmyslom sprostredkovaný dojem bude iný, ako keby bol v pokoji aj zmysel chápaný vibráciu, aj zdroj, ktorý vibráciu vysielal.

K tejto problematike sa Doppler vrátil v roku 1846 v Pogendorfových Annáloch, v 68. zväzku, kde odvodil nasledovný obecný vzorec:

$$N = n \frac{v \pm a}{v \pm b},$$

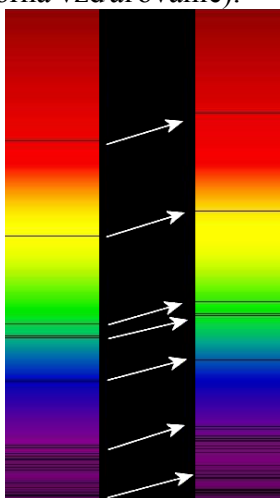
kde N je počet vibrácií pôsobiacich na zmysel pri pohybe za jednotku času, n je počet vibrácií pôsobiacich na zmysel v pokoji za jednotku času, v je rýchlosť, akou sa šíri vibrácia, a je rýchlosť, akou postupuje prijímajúci subjekt, b je rýchlosť, akou postupuje vibračný zdroj. Vzorec má rozličné mutácie, podľa toho, či je pozorovateľ v pokoji, či sa vzdáľuje, alebo približuje.

Doppler bol presvedčený, že hviezdy vyžarujú viditeľné svetlo s rôznou frekvenciou a ich kombinácia sa javí ako biela farba. Farebné svetlo dvojhviezd vysvetlil posunom frekvencie, ktorý nastáva v dôsledku pohybu každej z hviezd okolo spoločného hmotného stredu. Zaoberal sa tiež aberáciou hviezd a teóriou farieb a navrhol aj optický diaľkomer.

Dopplerov princíp je zmena vlnovej dĺžky (a teda frekvencie) elektromagnetických alebo akustických vln vyvolaná relatívnym pohybom zdroja a pozorovateľa. Pre priblíženie Dopplerovho princípu nám môže slúžiť príklad plavca v mori. Ak plavec pláva v smere vln potom čas medzi prechodmi vrcholmi vln je dlhší ako keby stál na mieste. Analogicky, ak by plával proti smeru vln, tak by čas medzi prechodmi vrcholmi vln bol kratší (teda z jeho pohľadu by vlnová dĺžka bola kratšia ako skutočná dĺžka vlny). Ak pohyblivý zdroj vysielal vlnenie s frekvenciou f_0 , potom ho nehybný pozorovateľ pozoruje ako vlnenie s frekvenciou f :

$$f = f_0 \frac{v}{v - v_{s,r}},$$

kde v je rýchlosť šírenia vln v danej látke a $v_{s,r}$ relatívna rýchlosť zdroja voči pozorovateľovi (kladná znamená približovanie, záporná vzdáľovanie).



Obr. 2 Červený posun vo viditeľnom spektre. Vpravo je spektrum skupiny galaxií BAS11 a porovnanie so spektrom Slnka.

Dopplerov princíp bol pozorovaný a popísaný na základe zmeny frekvencie zvuku pohybujúcich sa objektov vzhľadom k pozorovateľovi, podľa toho, či sa k nemu približujú alebo vzdiaľujú. Pri približovaní sa objektov k pozorovateľovi sa frekvencia a tým aj výška tónu zvyšuje, pri vzdiaľovaní vydáva objekt (napr. lokomotíva) akoby nižší tón. Bežne tento jav pozorujeme aj pri automobilových pretekoch alebo pri prelete nadzvukového lietadla, kedy dochádza až k zvukovým rázom. Spôsobuje ho relatívne nízka rýchlosť zvuku v atmosfére; postup a frekvencia zvukových vln vzhľadom na pozorovateľa sú ovplyvnené samotnou rýchlosťou zvuk vydávajúceho objektu.

Doppler už vo svojej prednáške, prednesenej 22. 1. 1852 na pôde viedenskej akadémie predpovedal praktickú budúcnosť svojmu princípu, že sa v budúcnosti budú na jeho základe určovať dráhy nebeských telies, ktorých nesmierne vzdialenosti pripúšťali iba optické pomôcky. Už počas svojho života mal Doppler vážnych odporcov, ku ktorým patrili Ettinghausen i Petzval, ale aj zástancov, z ktorých profesor E. Mach Dopplerov princíp dokázal laboratórne v roku 1861.

Rozhodnutím cisára bol Doppler 23. októbra 1847 menovaný za profesora matematiky, fyziky a mechaniky na Baníckej a lesníckej akadémii v Banskej Štiavnici. Na jej pôde napísal Doppler aj štúdiu „*O jednom dosiaľ nevyužitom prameni pozorovaní matematickej deklinácie*“.

Napriek pomerne krátkemu pobytu v Banskej Štiavnici, zaznamenal tu výrazné úspechy. Treba však povedať aj to, že si ho na akadémii vysoko vážili. Prejavilo sa to aj na jeho príjmoch, ktoré boli asi o štvrtinu vyššie ako na jeho predchádzajúcom pôsobisku – Polytechnickom inštitúte v Prahe. Ziskal aj jeden z troch exkluzívnych naturálnych bytov pre profesorov akadémie.

Doppler intenzívne vedecky pracoval aj v zložitom revolučnom roku 1848. Starobylá Banská Štiavnica s množstvom podzemných banských diel ho inšpirovala k jednej zaujímavej myšlienke, že sa na základe magnetickej deklinácie, zaznamenatej na starých banských mapách v priebehu stáročí, dá sa určiť zmena magnetickej deklinácie. Aj keď vystúpil s touto ideou na zasadnutí Cisárskej akadémie vied vo Viedni 11.4.1849, je nesporné, že sa touto myšlienkou zaoberal už v Banskej Štiavnici. Dokazuje to i jeho zmienka o vlastných meraniach v Banskej Štiavnici. V uvedenej prednáške rozobral viaceré okolnosti súvisiace s využitím navrhovanej metódy. V závere prednášky požiadal Cisársku akadémiu vied, aby sa obrátila na Ministerstvo poľnohospodárstva a baníctva, ktoré malo požiadať všetkých banských meračov v ríši, aby preskúmali staré banské mapy a podľa Dopplerovho návrhu určili periódu zmeny magnetickej deklinácie. Takýto prípis uvedené ministerstvo spolu so separátmi Dopplerovej prednášky zaslalo na všetky banské úrady 24. 7. 1849.



Obr. 3 Banská Štiavnica – miesto pôsobenia CH. J. Dopplera v rokoch 1847-1849
(Foto: Lubomír Lužina)

Jeho iniciatíva sa stretla s úspechom. Odpovedalo mu viac bankých úradov. V samotnej Banskej Štiavnici robil merania a analýzy bankých máp banký merač Pavel Balás. Ukázalo sa však, že rovnakú metódu ako Doppler nezávisle od neho využil v Bleibergu banký merač Jozef Florian, ktorý určil periódu zmeny magnetickej deklinácie v rozmedzí 430-450 rokov.

Na pôde Baníckej a lesníckej akadémie v Banskej Štiavnici napísal Doppler aj štúdiu „O jednom dosiaľ nevyužitom prameni pozorovaní matematickej deklinácie“, ktorou mobilizoval členov Cisárskej akadémie vied vo Viedni. V Banskej Štiavnici pracoval aj na 2. vydaní jeho práce „Aritmetika a algebra“, ktorá vyšla v roku 1851 vo Viedni.

Po niekoľkých mesiacoch však aj Banskú Štiavnicu zastihli revolučné udalosti rokov 1848 – 1849. Aj tu došlo ku všeobecnej názorovej radikalizácii a k maďarizačným tendenciám, medzi iným aj k zavedeniu maďarčiny, ako vyučovacieho jazyka na banskoštiavnickej akadémii. Doppler sa ako Rakúšan ani v Banskej Štiavnici, ani na akadémii už nemohol dobre cítiť. Tak, ako ostatní profesori akadémie, musel aj on 9. 9. 1848 zložiť novú prísahu, v ktorej sa zaviazal vernosťou uhorskej ústave. Aj keď túto prísahu zložil, bol už pevne rozhodnutý, že z Banskej Štiavnice odíde.

Cisárskym dekrétom z 25. 10. 1848 bol menovaný profesorom praktickej geometrie na Polytechnickom inštitúte vo Viedni. Vzhľadom na zložitý priebeh revolučných udalostí však Banskú Štiavnicu opustil až v týždni od 22. do 28.1.1849. Banícka a lesnícka akadémia v Banskej Štiavnici tak prišla o vynikajúceho pedagóga a vedca svetového mena. V roku 1850 vznikol pri viedenskej univerzite Fyzikálny inštitút a Doppler sa stal jeho riaditeľom. Vo svojej prednáške, prednesenej 22. januára 1852 na pôde viedenskej akadémie predpovedal praktickú budúcnosť využitia ním objaveného princípu.

V roku 1852 Doppler požiadaval zo zdravotných dôvodov kvôli pokračujúcej tuberkulóze hrtana o dovolenku a odišiel do Talianska, kde dňa 17. marca 1853 Benátkach zomrel. Doppler bol príkladom muža, ktorý napriek nepriaznivej spoločenskej situácii ako aj nemalým zdravotným ťažkostiam, neúnavne pracoval, tvoril a rozmýšľal.

1 Objav pre astronómiu i medicínu

Najvd'áčnejšie sú tie bádateľské práce, ktoré potešia bádateľov a zároveň prospievajú ľudstvu – tento výrok sa často pripomína v spojitosti s menom rakúskeho fyzika, matematika a tiež astronóma Dopplera.

Dopplerov princíp sa využíva v množstve aplikácií v námornej, leteckej a kozmickej navigácii a pomocou neho vysvetlil Edwin Hubble „červený posun“ spektier galaxií a založil na ňom teóriu rozpinajúceho sa vesmíru. Na Dopplerovom princípe pracujú radary SPOT, určujúce rýchlosti automobilov či lietadiel podobne ako systémy na rádionavigáciu lietadiel.

Dopplerov princíp je bežne používaný v astronómii pre meranie rýchlostí astronomických objektov. Využíva sa znalosť vyžarovaného spektra, napr. hviezdy. Vzhľadom na to, že vieme predpokladať zloženie hviezdy a jej spektrum aj v stave, ak by sa vzhľadom na pozorovateľa nepohybovala, vieme určiť posun v nameranom spektre a späťne vypočítať rýchlosť objektu vzhľadom na pozorovateľa.

2 Doppler v ultrasonografii

Ide o modernú, dnes už dobre prístupnú vyšetrovaciu metódu, využívajúcu Dopplerov princíp pri stanovení parametrov prietoku krvi v cievach. Každodenne sa používa pri vyšetrovaní ciev končatín, krku a orgánov. Pri ultrasonografickom vyšetrení sa ultrazvuk, vychádzajúci zo sondy, odráža v tkanivách a vracia sa späť do sondy. Tá citlivo detekuje jeho silu a frekvenciu. V prípade, že sa tkanivo pohybuje vzhľadom k sonde, ako je tomu u krviniek v cievach (pomerne husto v krvi zastúpených), možno využiť Dopplerov princíp na detekciu

prúdenia krvi v rôznych cievach, artériách aj vénach (prvé vedú okysličenú krv od srdca, druhé zbierajú krv z periférie k srdcu).



Obr. 4 Práve vďaka Dopplerovi môžu dnes tisíce cievnych pacientov na celom svete byť včas diagnostikovaní neinvazívnou metódou

Pri samotnom vyšetrení je najvhodnejšie, aby daná cieva prebiehala priamo smerom k sonde. To sa využíva napr. pri meraní prietoku v portálnej žile pečene, kedy sa sonda umiestni vhodne do medzirebrového priestoru vpravo. Porta, privádzajúca krv z čriev a žalúdka na spracovanie do pečene, je zachytená takto optimálne, možno posudzovať jednak smer toku v nej (obracia sa pri cirhóze), jednak kvantitatívne parametre, čiže veľkosť prietoku v m/s. Nie vždy však máme možnosť takéhoto merania, pretože na končatinách alebo na krku prebiehajú cievy rovnobežne z kožným povrchom. To sa rieši potom softvérovým naklonením zachytného spektra sondy aspoň do 60° uhla v smere alebo proti smeru toku, čím sa už obmedzí skreslenie. Na to slúži na sonografe špeciálny ovládací gombík. Veľkou výhodou pri zobrazení na monitore je farebné rozlíšenie toku krvi. Ak prúdi krv (krvinky v nej) k sonde, je farba červená, pokiaľ od sondy, zobrazí sa lumen cievy modrou. Pri nelaminárnom, turbulentnom prúdení (napr. spätné prúdy za prekážkou v cieve, a tou môže byť trombus – zrazenina) sa zobrazí aj zelené spektrum. Vyšetrojúci pracovník je potom opticky veľmi dobre orientovaný o pomeroch v zachytenom reze. Cievky prebiehajú vedľa seba, artéria vedľa vény, a už len podľa farby sa možno rýchlo orientovať, ktorá je ktorá. Okrem toho dávajú rôzne typy prietokových kriviek s rôznymi tvarmi a nerovnakými maximálnymi prietokovými rýchlosťami. Samotný sonograf obsahuje aj softvér, ktorý na základe nameranej krivky automaticky prepočíta dôležité hodnoty a koeficienty, určujúce potom výsledok vyšetrenia. Podľa nich možno stanoviť priechodnosť cievy pre krvný tok, jej prípadné segmentálne zúženie, aj iné abnormality.

Dopplerove cievne vyšetrenie je v medicíne každodennou vyšetrovacou metódou. Dáva odpoveď pri podozrení na pooperačnú trombózu hĺbkových žíl nohy, pri stanovení prietoku karotickými a vertebrálnymi artériami na krku (hlavné zásobovacie tepny mozgu), pri anomáliách brušnej aorty, pri zúženiach obličkových artérií, pri posúdení žilného systému ruky u dialyzovaných pacientov, alebo pri vyšetrení portálnej žily pečene. Sonografické vyšetrenie sa v súčasnosti uskutočňuje rutinne v nemocniciach a aj v špecializovaných ambulanciách.

Sestry, lekári a ostatní zdravotnícki pracovníci si sotva uvedomujú, že keď posielajú pacienta na „Dopplera“ alebo hľadajú výsledok z „Dopplera“, že „Doppler“ nie je vyšetrovacía metóda, ale meno muža, ktorého brilantný objav využíva nielen medicína, ale aj letectvo, námorníctvo či astronómia.

Zoznam bibliografických odkazov

- HERČKO, I. *Banická a lesnícka akadémia Banská Štiavnica*. Ústav vedy a výskumu UMB Banská Bystrica : 2010.
- GINDL, J. Kristián Doppler, vynikajúci fyzik 19. storočia profesorom banskoštiavnickej akadémie v rokoch 1847-1848. In *Spravodaj Štátneho ústredného banského archívu v Banskej Štiavnici*. Banská Štiavnica : 1976, ročník II, č. 1-2, s. 23-26.
- HANSMANN, L. Johann Christian Doppler v Banskej Štiavnici. In *Zprávy Československé společnosti pro dějiny věd a techniky*. 1965, ročník I, s. 61–65.
- KLEPL, J. Christian Doppler a Praha. In *Dějiny a současnost*. 1959, roč. I, č. 9, s. 10 – 12.
- NOVÁK, J. Interakcie Banská Štiavnica – Európa a Európa – Banská Štiavnica. In *Tradície banského školstva vo svete. Zborník prednášok z medzinárodného sympózia. Banská Štiavnica 7. – 11.9.1998*. Banská Štiavnica : 1999, s. 223 – 227.
- NOVÁK, J. Európsky význam Baníckej a lesníckej akadémie v Banskej Štiavnici. In *Alma mater – Banská Štiavnica*. Banská Bystrica : 2006, s. 105 – 114.
- SCHEINER, J. *Die Spectralanalyse der Gestirne*. Leipzig : 1890.
- TIBENSKÝ, J. a kol. *Priekopníci vedy a techniky na Slovensku. II*. Bratislava : Obzor, 1988.
- ZSÁMBOKI, L. *A Selmeci Bányászati és Erdészeti Akadémia oktatóinak rövid életrajza és szakirodalma*. Miskolc : 1983.

Mechanizmus a funkcia pohybu ruky

Autor: Doc. RNDr. Elena Ferencová, CSc., Ústav lekárskej fyziky, biofyziky, informatiky a telemedicíny, Lekárska fakulta, Univerzita Komenského v Bratislave
elena.ferencova@fmed.uniba.sk

Anotácia

Autorka sa v príspevku zaoberá mechanizmom a funkciou hornej končatiny – ruky, ktorá sa v priebehu dejín stala symbolom života. Z hľadiska fyzikálneho je veľmi dôležitá stavba, mechanizmus a prepojenie jednotlivých častí, kde zohrávajú dôležitú úlohu kosti, ich vzájomné prepojenie, kĺby ale i úpony svalov. Z hľadiska medicínskeho ruky zohrávajú dôležitú úlohu v sebadiagnostike a sebaregulácii v organizme. Vo výučbe lekárskej fyziky v experimentálnej časti sa využívajú pri sledovaní pasívnych elektrických vlastností, meraní krvného tlaku, meraní povrchovej teploty biologického integrovaného systému a ďalších meraní.

Úvod

Začiatky skúmania pohybov človeka spadajú do obdobia, keď sa činnosť človeka stala činnosťou cieľavedomou, činnosťou na ovládnutie prírody. Táto cieľavedomá činnosť začala obohacovať jeho poznatky o prírode i o človeku samom. Človek začínal poznávať zákony prírody a snažil sa ich aj v praxi využiť. Poznatky o pohyboch získaval spočiatku len povrchným pozorovaním, avšak neskôr začal hlbšie študovať a poznávať zákony prírody. S prvými písomnými poznatkami o mechanike pohybov sa stretávame už v staroveku, keď grécky filozof ARISTOTELES (384 – 322 pred n. l.) písomne podal správu, v ktorej analyzoval pohyby človeka z hľadiska zákonov mechaniky. V 15. storočí vynikajúci maliar LEONARDO DA VINCI (1452-1519) prejavil hlbší záujem o pohyb človeka. Veľkú pozornosť venoval mechanike pohybov. Správne vystihol, že pohyby človeka podliehajú nielen biologickým, ale aj fyzikálnym zákonom. Z jeho záznamov je vidieť popis mechaniky ruky, nohy, chôdze, behu a rovnovážnych polôh tela.

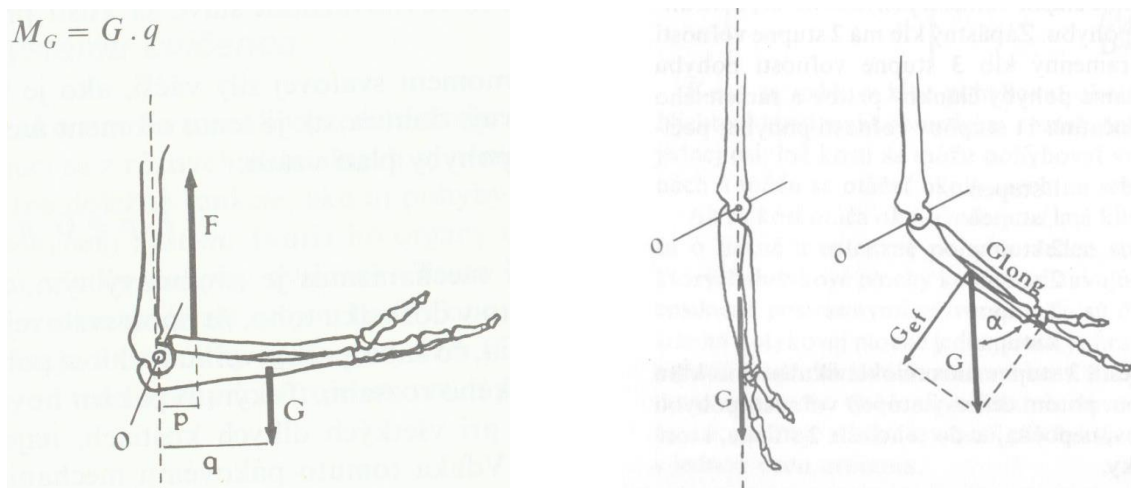
1 Materiál a metodika

Ruky sa v priebehu dejín stali symbolom života. Slúžia nám po celý život a svoju existenciu bez nich si ani nevieme bez nich predstaviť. Pohyb, tvar, zoskupenie, to všetko stačilo, aby všetkým bolo zrejmé, aký je človek, ktorému ruky patria. Krúžky, línie, špirály sú charakteristické pre niektoré choroby. Do rúk kládol svoje osudy celý staroveký svet. Všetky modlitby a pozdravy zahŕňali pohyb rúk. Dvíhali sa k oblohe, tlačili sa prosebne k sebe, zalamovali sa, krížili sa na prsiach, kládli sa na zem, či vystierali k príchodiacim. Cenila sa schopnosť prijímať a vydávať energiu. Známy viedenský lekár Frantz Messmer využíval liečbu vitálnym magnetizmom – v určitej vzdialenosti nad pacientom robil rukami rôzne druhy pohybov. Táto metóda liečby sa zachovala pod názvom messmerizmus.

Ruky zohrávajú dôležitú úlohu aj v *sebadiagnostike a sebaregulácii* v organizme už svojím rozmanitým poslaním človeka. Z praktického hľadiska ich môžeme využívať na rôzne masáže, obklady a pod.

Z hľadiska fyzikálneho je veľmi dôležitá stavba, mechanizmus a prepojenie jednotlivých častí, kde zohrávajú dôležitú úlohu kosti, ich vzájomné prepojenie, kĺby ale i úpony svalov.

Kosti majú nielen opornú a ochrannú funkciu, ale prostredníctvom tzv. **pákového mechanizmu** zabezpečujú aj všetky pohyby. V systéme tohto mechanizmu predstavujú kosti páku, kĺby majú funkciu osi otáčania a sily, ktoré na páku pôsobia, uvádzajú pákový mechanizmus do pohybu. Pre pákový mechanizmus kostí je charakteristické to, že základnou silou, ktorá na kosť pôsobí, je vlastná tiaž, ktorej pôsobisko ako vektor je v ťažisku kosti.



Ak je kosť v zvislej polohe, sila tiaže má ťahový účinok, ťahá kosť von z osi otáčania v kĺbe. Ak kosť nie je v zvislej polohe, ale v polohe šikmej, potom táto sila zvierá s kosťou ostrý alebo tupý uhol.



Pákový mechanizmus kostí – jednozvrtná páka, predstavuje taký pákový mechanizmus, pri ktorom sú pôsobiace sily na tej istej strane od osi otáčania v kĺbe, ale pôsobia opačným smerom. Takýmto príkladom je spojenie ramennej kosti s kosťami predlaktia.

Kladkovitý mechanizmus – nachádza sa v prstoch rúk, nôh, v lakti a v kolene, umožňuje pohyb len jedným smerom. Dve kosti, ktoré sa dotýkajú v kĺbovom spojení držia spolu tuhé väzy a ich konce oddeľuje viskózna kvapalina.

Kĺzavé spojenie – vytvárajú kosti zápästia, ktoré sa po sebe môžu kĺzať z boku na bok a spredu dozadu, ale ich pohyb je obmedzený.

Vzpriamený palec a ohnuté prsty boli využité fyzikmi pri určení smeru siločiar magnetického poľa v okolí vodiča, ktorým preteká elektrický prúd francúzskym fyzikom **André Maria Ampérom** pri formulovaní **Ampérovho pravidla pravej ruky**. Naznačíme uchopenie vodiča do pravej ruky tak, aby palec ukazoval dohodnutý smer prúdu vo vodiči, potom prsty ukazujú orientáciu magnetických indukčných čiar. Anglický fyzik **John Ambrase Fleming** zase využil ľavú ruku na formulovanie **Flemingovho pravidla ľavej ruky**. Keď položíme otvorenú ľavú ruku na priamy vodič tak, aby prsty ukazovali smer prúdu a indukčné čiary vstupovali do dlane, natiahnutý palec ukazuje smer sily, ktorou pôsobí magnetické pole na vodič s prúdom.

Záver

Horné končatiny zohrávajú dôležitú funkciu aj pri jednotlivých experimentálnych cvičeniach z lekárskej fyziky a biofyziky na lekárskech fakultách:

- dorzo ruky pri hodnotení povrchovej teploty biologického integrovaného systému v závislosti od mikroklimatických podmienok a teploty tela vo vopred stanovených

13 bodoch dorza ruky, z ktorých sa potom určuje vonkajší teplotný spád, vnútorný teplotný spád a stredná teplotná úroveň,

- na sledovanie pasívnych elektrických vlastností – meranie voltampérovej charakteristiky biologického vodiča galvanickým prúdom a to priložením a upevnením navlhčených depolarizovaných elektród na vnútornú stranu zápästia pravej a ľavej ruky vyšetřovaného
- na sledovanie akčného potenciálu srdca,
- na meranie krvného tlaku nepriamou metódou Riva-Rocci, kedy sa využíva zmena laminárneho prúdenia krvi na turbulentné prúdenie.

Literatúra

KUKUROVÁ, E., KRÁĽOVÁ, E. *Pracovné listy k vybraným fyzikálnym porovnávacím experimentom*. Bratislava: Asklepios, 2003. 56 s. ISBN 80-7167-060-X.

KONIAR, M., LEŠKO, M. *Biomechanika*. Bratislava: SPN, 1990. 340 s. ISBN 80-08-00331-6.

MARČEK, T., KUKUROVÁ, E. a kol. *Regenerácia, compendium lekárskej fyziky pre integrovanú výučbu*. Bratislava: Asklepios, 2004. 308 s. ISBN 80-7167-074-4.

Využitie kontextu poznávania ľudského tela pre budovanie fyzikálnych poznatkov a experimentálnych zručností

Autor: Viera Haverlíková, Ústav lekárskej fyziky, biofyziky, informatiky a telemedicíny,
Lekárska fakulta Univerzity Komenského v Bratislave, Sasinkova 2, Bratislava
viera.haverlikova@fmed.uniba.sk

Anotácia

V príspevku je predstavená tvorivo-objavná dielňa „Dotyk ľudskej ruky“ využívajúca kontext poznávania vlastného tela k budovaniu fyzikálnych poznatkov a k rozvíjaniu interdisciplinárneho chápania prírodných vied a medicíny.

Tvorivo-objavná dielňa určená žiakom vo veku 12 – 16 rokov umožňuje adresátom zážitkovým spôsobom poznávať vlastný hmat. Prostredníctvom praktického pozorovania fyziologických javov a merania vybraných charakteristík napomáha komplexnejšie pochopenie prírodných zákonitostí, rozvíjanie pojmov tlak, teplota a hustota a budovanie experimentálnych zručností. V príspevku sú priblížené základné didaktické východiská, ciele, obsah a štruktúra tvorivo-objavnej dielne. Zhrnuté sú skúsenosti z praktickej realizácie dielne so žiakmi siedmeho ročníka základnej školy, ako aj z workshopu pre učiteľov fyziky.

Úvod

Medzi významné bariéry školského prírodovedného vzdelávania sa radí skutočnosť, že žiaci nevnímajú obsah učebných osnov vedeckých a technických predmetov ako dôležitý a užitočný vo vzťahu k ich životu a práci. V projekte ROSE (Schreiner, Sjöberg, 2004), ktorého cieľom bolo zistiť typické postoje u 15-ročných žiakov bolo zistené, že hoci mladí ľudia vo vyspelých krajinách väčšinou nevidia vedu ako príležitosť pre osobnú profesionálnu kariéru, vnímajú vedu pozitívne. Medzi najpreferovanejšie oblasti záujmu patria u dievčat otázky týkajúce sa zdravia, medicíny a ľudského tela. Chlapci prejavujú najväčší záujem učiť sa o dramatických aspektoch (atómové, biologické a chemické zbrane, explózie) a o fungovaní moderných technológií.

Na Ústave lekárskej fyziky, biofyziky, informatiky a telemedicíny Lekárskej fakulty Univerzity Komenského v Bratislave sa stretávame s absolventmi stredných škôl, ktorí sa rozhodli pre štúdium všeobecného alebo zubného lekárstva. Žiaľ, väčšine z nich chýba presvedčenie o užitočnosti fyzikálnych poznatkov v medicíne, a preto nevnímajú fyziku ako významnú súčasť svojho vzdelávania.

V snahe ovplyvniť postoje žiakov k významu fyzikálneho vzdelávania už na základnej škole a budovať u žiakov interdisciplinárne chápanie prírodných javov, sme navrhli a experimentálne overili tvorivo-objavnú dielňu „Dotyk ľudskej ruky“, využívajúcu atraktívny kontext poznávania vlastného tela.

1 Základná charakteristika tvorivo-objavnej dielne „Dotyk ľudskej ruky“

Tvorivo-objavná dielňa je určená žiakom vo veku 12 - 16 rokov. Je založená na rozvíjaní aktuálnych žiackych predstáv a ich rekonštrukcii smerom k vedeckým poznatkom. Jej hlavným cieľom je pochopenie prepojenia fyziologických javov (zmyslové vnímanie prostredníctvom hmatu) a abstrahovaných fyzikálnych poznatkov (pojmy tlak, teplota, hustota), ako aj rozvíjanie experimentálnych zručností.

1.1 Ciele

Vecné ciele:

- oboznámiť sa s mechanoreceptormi a termoreceptormi na ľudskej ruke, spoznať ich funkciu;
- zistiť, na aké podnety reagujú mechanoreceptory a termoreceptory;
- zistiť, ako sú mechanoreceptory a termoreceptory rozmiestnené na rôznych častiach ruky.

Rozvoj kompetencií:

- rozvíjať experimentálne zručnosti žiakov – plánovať experiment, realizovať ho, zaznamenať priebeh a výsledky, formulovať záver;
- rozvíjať schopnosť interpretovať výsledky experimentu, argumentovať;
- podporiť komplexné vnímanie prírodných javov a medzipredmetové väzby fyziky a biológie.

1.2 Zaradenie do vyučovania

Tvorivo-objavnú dielňu „Dotyk ľudskej ruky“, alebo jej časti je možné zaradiť do vyučovania fyziky na základnej škole ako prípravu na poznávanie témy Meranie teploty. Na strednej škole je možné dielňu zaradiť do vyučovania fyziky v tematických celkoch „Pozorovanie, meranie, experiment“, „Energia okolo nás“ – časť Premeny energie, alebo v prípade integrovaného prírodovedného vyučovania ako súčasť poznávania ľudských zmyslov.

Niektoré ďalšie podnety na využitie kontextu poznávania biofyzikálnych vlastností ruky na podporu vyučovania fyziky a rozvoj medzipredmetových vzťahov fyziky a biológie uvádza Balázsiová (2013).

1.3 Organizačné a materiálne požiadavky

Tvorivo-objavná dielňa je založená na aktívnom žiackom bádání. Je vhodná pre maximálne 32 žiakov rozdelených do 4-členných skupín. V záujme efektívnej spolupráce je žiaduce, aby žiaci tvoriaci skupinu sedeli okolo jedného stola. Predpokladaná doba trvania tvorivo-objavnej dielne je 45 minút.

Pomôcky potrebné pre 4-člennú skupinu:

- 3 vrecúška (označené číslami 1-3), 3 rôzne predmety (napríklad vlašský orech, štipec, strúhadlo na ceruzky, detská ponožka, formička na koláče, plyšová hračka, plastelína),
 - 4 - 5 doštičiek z rôznych materiálov s rôznou tepelnou vodivosťou (napr. drevo, polystyrén, hliník, sklo, koberec), doštičky by mali mať rovnaké rozmery,
 - 3 plastové nádoby na vodu (misky),
 - 4 špajdle z mäkkého dreva alebo 4 pevnejšie slamky, 4 špendlíky, 2 pravítka,
 - 2 šatky na zaviazanie očí (nie sú nevyhnutné, žiaci môžu mať oči jednoducho zatvorené),
- + pre celú triedu: dve vrecúška označené číslami „4“ a „5“, termoska s ľadom, horúca voda z vodovodu alebo rýchloukvarná kanvica, ukážky Braillovoho písma (napr. škatuľky od liekov), digitálny teplomer vhodný na meranie povrchovej teploty.

2 Obsah tvorivo-objavnej dielne

Štruktúra tvorivo-objavnej dielne vychádza z cyklu učenia SCHOLA LUDUS (Teplanová, 2007). Kurzívou sú uvedené návrhy otázok, ktoré môže učiteľ klásť a očakávané odpovede žiakov.

2.1 Akcia

Priama činnosť žiakov upriamujúca ich pozornosť na predmet poznávania. Okrem motivácie je jej cieľom aj zabezpečenie spoločnej bezprostrednej skúsenosti ako východiska poznávania.

Podajte si so susedom ruku. Čo cítite? - Chlad / teplo, silné stlačenie, bolesť, tvrdú / mäkkú ruku, suchú / spotenú ruku, ...

2.2 Opisovanie

Pozorovanie, verbalizácia pozorovaného a vlastné formulovanie problému umožňujúce žiakom, aby si osvojili predmet poznávania. Zistene aktuálnych predstáv žiakov o predmete poznávania.

Aké máme zmysly? – Hmat, chuť, čuch, zrak a sluch.

Čo všetko vnímame hmatom? – Tlak, bolesť, teplo / teplotu, vlhkosť.

Za označením hmat sa skrýva viacero rôznych receptorov (prijímačov) rôznych signálov.

Pokúsme sa preskúmať niektoré prijímače na našich rukách bližšie.

2.3 Mapovanie

Získanie prehľadu o charakteristických vlastnostiach objektu poznávania, objavovanie ovplyvňujúcich faktorov.

V prípade tvorivo-objavnej dielne „Dotyk ľudskej ruky“ sa mapovanie sústreďí na charakteristické vlastnosti hmatu. Skladá sa z dvoch častí:

2.3.1 Poznávam hmatom – identifikácia predmetov pomocou dotyku:

Žiaci majú pomocou hmatu určiť, aký predmet sa skrýva vo vrecúšku. Z hľadiska rozvoja kognitívnych schopností je užitočné sledovať nielen závery, ale aj argumentáciu žiakov.

Každá skupina má tri vrecúška, v každom z nich je jeden predmet (pre jednotlivé skupiny môžu byť tieto predmety rôzne). Okrem toho učiteľ postupne chodí pomedzi žiakov s ďalšími dvomi vrecúškami. Najmenej dve z „ukrytých“ telies sú tak pre všetkých žiakov rovnaké, čo umožní spoločnú diskusiu a rozvoj argumentácie.

Aké máte pri skúmaní obsahu vrecúšok pocity? Podľa čoho usudzujete, čo je vo vrecúšku? Čo všetko beriete do úvahy? Čo si myslíte, že je vnútri? Prečo si to myslíte? – Žiaci opisujú tvar, drsnosť predmetov, odhadujú materiálové zloženie.

2.3.2 Poznávam teplé a studené:

a) Žiaci majú na základe dotyku zoradiť doštičky z rôznych materiálov podľa pocity teploty. Každá skupina má súbor 4 – 5 doštičiek (približne) rovnakých rozmerov vyrobených z rôznych materiálov, napr. hliník, sklo, polystyrén, drevo, kobercovina.

Čo je teplejšie? Zoradte doštičky podľa ich teploty. – Žiaci spravidla označia kov za najchladnejší, koberec alebo polystyrén za najteplejší.

V skutočnosti sú predmety v ustálenej rovnováhe, majú teplotu okolia (vzduchu v miestnosti), čo možno dokázať meraním teploty predmetov pomocou digitálneho teplomera. Ak nemáte k dispozícii digitálny teplomer pre každú skupinu, vyberte z každej skupiny jedného zástupcu, ktorý príde odmerať teplotu jednej z doštičiek.

To, čo cítime pri dotyku, nie je teplota predmetu, ale odovzdávanie telesného tepla ohrievaným predmetom. Doštičky z rôznych materiálov majú rôznu tepelnú vodivosť, aj rôznu tepelnú kapacitu, preto prijímajú teplo v rôznej miere.

V prípade potreby možno zaradiť aj doplnujúcu demonštráciu šírenia tepla sálaním:

Priložte si vystretú dlaň k lícu, do vzdialenosti asi 3 – 4 cm. Čo cítite?

b) Žiaci majú porovnať vnímanie teploty vody rukou prvotne ponorenou do teplejšej vody a rukou ponorenou prvotne do chladnejšej vody – adaptačná schopnosť termoreceptorov, interpretácia podnetov vzhľadom na predchádzajúci podnet.

Ponorte ruku (alebo aspoň dva prsty jednej ruky) do teplej vody, druhú ruku (alebo aspoň dva jej prsty) ponorte do studenej vody. Ktorá ruka sa rýchlejšie prispôsobí – adaptuje na teplotu okolitej vody?

Po minúte ponorte obe ruky do tretej nádoby s vlažnou vodou. Čo cítite? Je voda teplá alebo studená? – Rukou, ktorá bola v studenej vode sa zdá byť voda v tretej nádobe teplejšia ako rukou, ktorá bola v teplej vode.

Ako „vlažnú“ možno použiť vodu z vodovodu, „studenu“ vodu možno pripraviť pridaním ľadu, „teplú“ vodu možno pripraviť vopred – naliať pred začiatkom celej aktivity do misiek

horúcu vodu; za 20 minút, kým sa žiaci dostanú k tejto úlohe, voda vychladne na prijateľných 30–35 °C.

2.4 Modelovanie

Zisťovanie prejavov objektu poznávania v závislosti od aktuálnych parametrov.

Pri poznávaní hmatu možno za istých zjednodušujúcich predpokladov vytvoriť model – obrazovú „mapu“ mechanoreceptorov a termoreceptorov na rôznych častiach ruky.

2.4.1. Vyšetrenie diskriminačnej mechanickej citlivosti

Žiaci pracujú vo dvojiciach. Jeden z dvojice je vyšetrovaný, druhý vyšetrojúci. Vyšetrovaný žiak má počas vyšetrovania zatvorené, resp. zaviazané oči. Vyšetrojúci zaznamenáva výsledky do pracovného listu.

Zapichnete do špajdle / slamky špendlík. Vyšetrojúci žiak prikladá vyšetrovanému k chrbtu ruky / k dlani / k brušku ukazováka dve špajdle so špendlíkmi tak, aby hlavičky špendlíkov tlačili na pokožku približne rovnakou silou. Mení rozostup špendlíkov, meria vzdialenosť špendlíkov, pri ktorej vyšetrovaný cíti dva dotyky.

miesto	Očakávaná hodnota simultánneho priestorového prahu
Chrbát ruky	2,5 cm
Dlaň	1,2 cm
Bruško ukazováka	0,6 cm

Tab. 1 Očakávané hodnoty simultánneho priestorového prahu na rôznych miestach ruky.

2.4.2 Vyšetrenie diskriminačnej termickej citlivosti

Vyšetrovaného sa dotýkajte hlavičkou špendlíka, ktorý po každom dotyku ochladíte, resp. ohrejete vo vodnom kúpeli (voda s ľadom, teplá voda 50 °C)

Nepravidelne striedajte aplikáciu tepla a chladu. Vyšetrovaný hlási pocit chladu alebo tepla, nie dotyk. Vyšetrojúci zakreslí správne identifikované termické podnety do pracovného listu.

Častejšie sú správne identifikované podnety chladu, lepšie na chrbtovej strane ruky ako na dlani.

Meranie diskriminačnej citlivosti si vyžaduje istú zručnosť v manipulácii s pomôckami, ale aj experimentálne zručnosti – systematickú prácu, zaznamenávanie výsledkov. Ak sú žiaci skúsení v skupinovej experimentálnej činnosti, stihnú realizovať obe navrhované úlohy. Iná možnosť je, že polovica skupín skúma mechanickej a polovica termickú citlivosť. Technická nenáročnosť a bežná dostupnosť pomôcok umožňuje žiakom zrealizovať druhú z úloh doma.

2.5 Abstrahovanie

Zovšeobecnenie konkrétnych zistení získaných modelovaním, formulácia poznatku. Spoločná diskusia, interpretácia zistení.

Ak všetky skupiny merali mechanickej aj termickej diskriminačnej citlivosti, možno pri abstrahovaní vychádzať z podobnosti výsledkov jednotlivých skupín a formulovať závery o rozmiestnení a fungovaní mechanoreceptorov a termoreceptorov. Ak jednotlivé skupiny realizovali len jednu z úloh, žiakov možno vyzvať, aby predpokladané závery overili ďalšou (domácou) experimentálnou činnosťou.

Receptory hmatu nie sú rozmiestnené rovnomerne:

- hustota mechanoreceptorov je najväčšia na bruško ukazováka, najmenšia na chrbte ruky;
- hustota termoreceptorov je najväčšia na chrbte ruky.

Existujú samostatné receptory na „chlad“ a na „teplo“. Na povrchu tela (pokožke) je viac receptorov na „chlad“.

Hmatové receptory sa pri dlhotrvajúcom podnete adaptujú.

Subjektívnosť vyhodnotenia podnetov.

2.6 Osadzovanie

Zaradenie novovytvorených poznatkov do štruktúry už existujúcich poznatkov.

Uved'te situácie z bežného života, kedy poznávame hmatom. Aký je odporúčany postup pri posudzovaní teploty kúpeľa? Ako používajú hmat nevidiaci? Ako sa učia ľudia s kombinovaným zrakovým a sluchovým postihom? Prečo je na dlani viac mechanoreceptorov a na chrbte ruky viac termoreceptorov? Aký to má význam? Prečo je na povrchu tela viac receptorov na chlad ako na teplo? Ako si chrániš svoje ruky?

2.7 Zhodnocovanie

Zhodnotenie zrozumiteľnosti, prijateľnosti a úspešnosti nových poznatkov, ich aplikáciou pri riešení úlohy vyššej náročnosti, v novom kontexte, formuláciou nového problému a jeho riešením a pod.

V závislosti od konkrétneho zaradenia tvorivo-objavnej dielne „Dotyk ľudskej ruky“ do vyučovania možno pokračovať napríklad:

- poznávaním objektívnych spôsobov merania teploty – princípmi činnosti rôznych druhov teplomerov;
- poznávaním princípov premeny mechanických a tepelných podnetov na elektrický signál (piezoelektrický jav, termočlánok);
- v koordinácii s vyučovaním biológie – poznávaním nervových dráh, resp. rôznych druhov buniek receptorov, meraním reakčného času v prípade rôznych druhov podnetov alebo poznávaním termoregulačných mechanizmov ľudského organizmu (zmeny prekrvenia kože, potenie, chladová triaška, alebo vonkajšia pomoc – trenie, izolovanie odevom, a pod.).

Motivačný náboj tvorivo-objavnej dielne tiež možno využiť napríklad pre osvojenie si vzťahu pre výpočet tepla $Q = m \cdot c \cdot \Delta t$.

Určte teplo, ktoré za 5 minút odovzdá vaša ruka studenej vode, do ktorej je ponorená. Navrhňte postup merania a potrebné pomôcky.

Vhodné je použiť ako nádobu kadičku, alebo odrezanú plastovú fľašu, do ktorej nalejeme 1 liter, t.j. 1 kg vody. Za predpokladu, že sa ohreje len voda, nie nádoba, možno použiť vzťah $Q = m \cdot c \cdot \Delta t$. Potrebné je teda odmerať hmotnosť vody, jej začiatočnú a koncovú teplotu. Merná tepelná kapacita vody je $4180 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

Čo ovplyvňuje množstvo odovzdaného tepla? – či je päšť uzavretá alebo otvorená, či je v pokoji alebo v pohybe. Ak s prstami intenzívne cvičíme, výmena tepla sa zintenzívňuje.

3 Skúsenosti

3.1 Skúsenosti z realizácie tvorivo-objavnej dielne na základnej škole

Tvorivo-objavná dielňa „Dotyk ľudskej ruky“ bola prakticky overená realizáciou so žiakmi siedmeho ročníka základnej školy na Jelenej ulici v Bratislave. Dielňa nebola v tejto fáze overovania zakomponovaná do riadneho vyučovania fyziky, uskutočnila sa ako samostatný program v rámci Týždňa vedy a techniky na Slovensku. Dielne sa zúčastnilo 25 žiakov, väčšina z nich s poruchami učenia (dyslexia, dysgrafia).

Vlastné zmysly ako objekt poznávania motivovali žiakov k priamej experimentálnej činnosti. Žiaden žiak úlohy neignoroval. Viacerí žiaci mali zábrany pracovať s pracovným listom, radšej komunikovali s učiteľom a medzi sebou - kládli doplňujúce otázky, oznamovali výsledky svojej činnosti. Zaznamenávanie výsledkov na tabuľu nechali na učiteľa, ale aktívne sa podieľali na interpretácii výsledkov.

Reakcie žiakov v častiach Akcia a Opisovanie zodpovedali očakávaniam uvedeným vyššie.

V časti Mapovanie sme v úlohe „Poznávam hmatom“ umiestnili do vrecúšok vlašský orech (celý, so škrupinou), brúsny papier, kovové formičky na vykrajovanie pečiva, detskú ponožku. Niektorí žiaci sa uspokojili so všeobecnou charakteristikou predmetu (napr. kovová formička), niektorí sa snažili o presnejšie určenie (napr. formička v tvare motýľa). Pri identifikácii ponožky (niektorí žiaci ju identifikovali ako obal na mobil, niektorí ako

rukavicu) vznikla diskusia, ktorá umožnila poukázať na význam predchádzajúcich skúseností, predstáv a očakávaní pri poznávaní. V úlohe „Poznávam teplé a studené“ žiaci podľa očakávania tvrdili, že doštičky majú rôznu teplotu. Žiaci boli výsledkom merania teploty prekvapení, nevedeli ho samostatne vysvetliť. Demonštráciu adaptačných schopností termoreceptorov poznala z predchádzajúcich skúseností približne štvrtina žiakov.

V časti Modelovanie zabralo vyšetovanie diskriminačnej mechanickej citlivosti žiakom viac času, ako sme očakávali. Zdržanie bolo spôsobené nácvikom manipulácie s pomôckami a najmä počiatočným nesystematickým experimentovaním. Vyšetovanie diskriminačnej termickej citlivosti sme preto z časových dôvodov realizovali už len ako frontálnu demonštráciu.



Obr. 1 Experimentálne overovanie tvorivo-objavnej dielne „Dotyk ľudskej ruky“ na ZŠ Jelenia v Bratislave

3.2 Skúsenosti z workshopu pre učiteľov fyziky

Tvorivo-objavná dielňa „Dotyk ľudskej ruky“ bola zážitkovým spôsobom predstavená na konferencii Šoltésove dni 2012, kde sa workshopu zúčastnilo celkom 22 učiteľov fyziky zo základných škôl a gymnázií. Učitelia uvítali prezentovanú tvorivo-objavnú dielňu ako možnosť prebúdzat' a stimulovať záujem žiakov o poznávanie fyziky prostredníctvom prirodzeného záujmu žiakov o fungovanie ľudskeho tela. Prínos videli v súčasnom rozvíjaní základných učebných kompetencií, experimentálnych zručností a fyzikálnych poznatkov.



Obr 2. Účastníci Šoltésových dní 2012 počas tvorivo-objavnej dielne „Dotyk ľudskej ruky“

Záver

V súčasných podmienkach slovenského školstva, pri zníženom počte vyučovacích hodín venovaných prírodovedným predmetom, je náročné prebúdzat' a stimulovať záujem žiakov o poznávanie fyziky. Tvorivo-objavná dielňa „Dotyk ľudskej ruky“ využíva prirodzený

záujem žiakov o fungovanie ľudského tela na budovanie a rozvoj základných učebných kompetencií, experimentálnych zručností aj fyzikálnych poznatkov.

Kladné prijatie tvorivo-objavnej dielne jej adresátmi je pre nás motiváciou k vytváraniu nových vzdelávacích aktivít, ktoré by sme ponúkli učiteľom fyziky či už na priame použitie v školskom vyučovaní, alebo ako inšpiráciu pre tvorbu ich vlastných vzdelávacích programov.

Zoznam bibliografických odkazov


BALÁZSIOVÁ, Z. 2013. Využitie poznatkov z biológie človeka pri výučbe fyziky na základných a stredných školách. In *Šoltésove dni 2012 a 2013 – zborník príspevkov z odbornej konferencie*, Bratislava : FMFI UK, 2013. s. 6-7.

SCHREINER, C., SJØBERG, S. 2004. *Sowing the Seeds of ROSE. Background, rationale, questionnaire development and data collection for ROSE (The Relevance of Science Education) – a comparative study of students' views of science and science education*. Oslo : University of Oslo, 2004. ISBN 82-90904-79-7

TEPLANOVÁ, K. 2007. *Ako transformovať vzdelávanie: Stratégie a nástroje SCHOLA LUDUS na komplexné a tvorivé poznávanie a učenie*, Bratislava : Metodicko-pedagogické centrum, 2007, ISBN 978-80-8052-287-2, 120 s.

Príloha: Pracovný list k tvorivo-objavnej dielni “Dotyk ľudskej ruky”

Tvorivo-objavná dielňa „Dotyk ľudskej dlane“



Čo cítiš pri podaní rúk?
 Čo všetko vnímaš hmatom?

Poznávam hmatom
 Podľa mňa, je vo vrecúšku:

1. Podľa mňa, je vo vrecúšku: Myslím si to, pretože:	2. Podľa mňa, je vo vrecúšku: Myslím si to, pretože:	3. Podľa mňa, je vo vrecúšku: Myslím si to, pretože:
4. Podľa mňa, je vo vrecúšku: Myslím si to, pretože:	5. Podľa mňa, je vo vrecúšku: Myslím si to, pretože:	Ked' som sa do vrecúšok pozrel/a, zistil/a som, že tam je: 1. 2. 3. 4. 5.

Poznávam teplé a studené
 Porovnával/a som päť rôznych materiálov. Zoradil som ich podľa pocitu - od najteplejšieho po najchladnejšie:
 1.
 2.
 3.
 4.
 5.

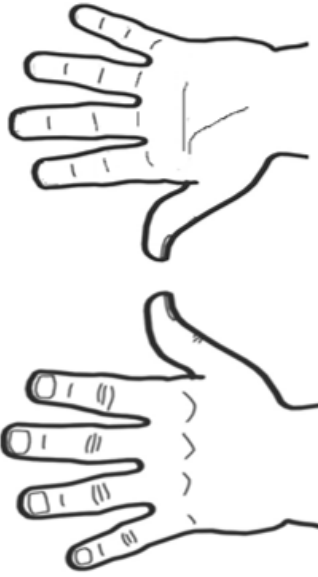
Meraním teploty som zistil/a

Ako to teda je:

Pocit, že niečo je teplé, môže byť klamlivý:

Poznávam hmat
 Dva body rozlíšim, ak je ich vzdialenosť:
 Na chrbte ruky aspoňmm
 Na dlani aspoňmm
 Na brušku ukazováka aspoňmm

Dotyk rozlíšim najpresnejšie na



Nakresli si jednu farbou body, kde si cítil/a chladné a inou farbou body, v ktorých si cítil/a teplé.

Na povrchu tela, na pokožke cítim lepšie chlad / teplo.

Optika s dostupnými pomôckami

Autori: Peter Horváth, FMFI UK Mlynská dolina, Bratislava
horvath@fmph.uniba.sk
Martina Horváthová, FMFI UK Mlynská dolina, Bratislava
martina.horvathova@fmph.uniba.sk

Anotácia

V článku uvádzame návody na zostrojenie jednoduchých optických zariadení s využitím šošoviek z Meopty Přerov. Námety na výrobu jednoduchej optickej lavice z elektrikárskych lišt, pripevnenie šošoviek na tenšiu časť lišty pomocou tavnej pištole, ako aj námet na výrobu ďalekohľadov, ktoré boli priamo prevzaté po ústnej dohode od L. Dvořáka (Dvořák, 2011a, Dvořák 2011b). Súčasťou je aj návod na výrobu vhodného zobrazovacieho predmetu, ako aj námet využiť poskytnuté šošovky na výrobu modelu oka, prostredníctvom ktorého môžeme demonštrovať spôsob zaostrovania oka na blízke a ďaleké predmety, ako aj modelu krátkozrakého a ďalekozrakého oka.

1 Optická lavica

Nápad na zostrojenie optickej lavice pochádza od L. Dvořáka (Dvořák, 2011a, 2011b). Ako optickú lavicu použijeme elektrikárske lišty, ktoré sa skladajú z dvoch častí. Spodnú časť rozpílime, najlepšie pílkou na železo, na požadovanú dĺžku (25 - 40 cm). Vrchnú časť elektrikárskej lišty rozpílime na asi 6 cm kúsky a na ne taviacou pištoľou pripevníme vybrané šošovky (pozri Obr. 1 - 4). Šošovky, vyradené pri výrobe optických prístrojov, sme získali a ďalej poskytli učiteľom z Přerovskej firmy Meopta.



Obr. 1 Optická lavica so sviečkou a šošovkou, obraz sviečky znázornený na tienidle

2 Zakrývanie šošovky, zakrývanie predmetu

Na Obr. 1 je demonštrovaný vznik obrazu sviečky pomocou šošovky. Žiakom môžeme napríklad zadať problémovú konceptuálnu úlohu:

Čo sa stane s obrazom sviečky, ak zakryjeme hornú časť šošovky?

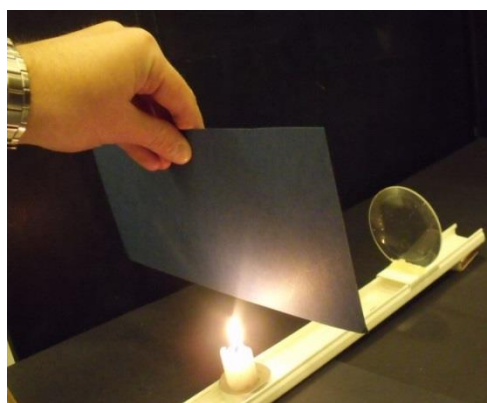
Druhá úloha:

Čo sa stane s obrazom sviečky, ak zakryjeme hornú časť svetla z plameňa sviečky (Obr. 3)?

Týmito otázkami je možné zistiť, nakoľko žiaci rozumejú geometrickej, lúčovej optike. Konkrétne, či si uvedomujú, že konkrétny bod obrazu na tienidle vznikne pomocou nekonečného množstva lúčov, ktoré vychádzajú z jedného konkrétneho bodu predmetu.



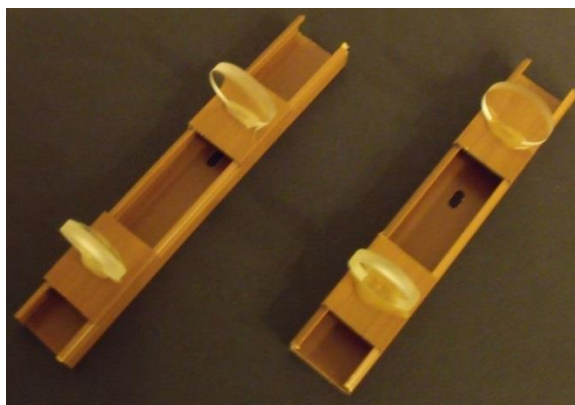
Obr. 2 Čo sa stane s obrazom sviečky, ak zakryjeme hornú časť šošovky?



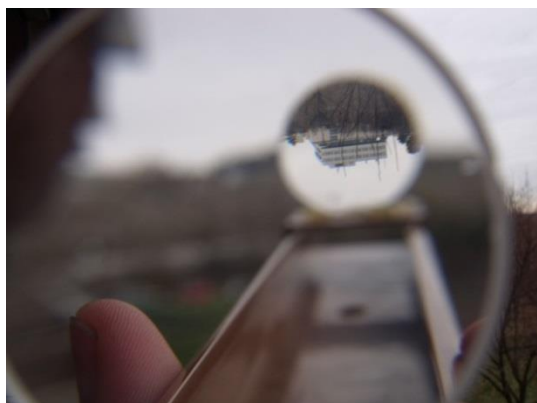
Obr. 3 Čo sa stane s obrazom sviečky, ak zakryjeme hornú časť sviečky?

3 Keplerov a Galileiho ďalekohľad

Ďalšia z aktivít dielne bola výroba ďalekohľadov. Na obrázku 4 sú hotové ďalekohľady vyrobené zo šošoviek nalepených na elektrikárske lišty. Šošovky sú umiestnené vo vhodných vzdialenostiach, aby spolu vytvárali model Keplerovho a Galileiho ďalekohľadu. Na ďalších obrázkoch je pohľad do týchto ďalekohľadov (Obr. 5, 6).



Obr. 4 Model Galileiho a Keplerovho ďalekohľadu



Obr. 5 Pohľad do Keplerovho ďalekohľadu



Obr. 6 Pohľad do Galileiho ďalekohľadu

4 Model oka a modelovanie krátkozrakého a ďalekozrakého oka

4.1 Ako vyrobiť vhodný predmet na zobrazovanie

Vhodný predmet na zobrazovanie šošovkami si môžeme zostrojiť upravením ručného svietidla. Do jeho prednej časti vložíme krúžok hrubšieho tmavého papiera, do ktorého orezávačkou vyrežeme otvor v tvare jednotky. Ďalej pred našu jednotku umiestnime ešte matnicu, v našom prípade krúžok „mastného“ papiera (pauzovací papier, papier na pečenie), ktorý rozptýli svetlo.



Obr. 7 Pomôcky na výrobu zdroja svetla – jednotky

4.2 Model oka

Model oka pripravíme pomocou optickej lavice, tienidla a vhodných šošoviek. Zdrojom svetla pre tieto experimenty bude upravené svietidlo s jednotkou. Samotný model oka pozostáva zo šošovky a tienidla, ktoré reprezentuje sieťnicu oka. Zaoštrovanie oka pri rôznej vzdialenosti predmetu od oka (šošovky) demonštrujeme výmenou šošoviek.



Obr. 8 Model oka, rôzne šošovky, slúžia na modelovanie zaoštrovania zmenou optickej mohutnosti oka

Pomocou vhodného výberu šošoviek môžeme modelovať aj chyby oka, krátkozrakosť a ďalekozrakosť, ktoré korigujeme vhodnými okuliarmi. Ak nemáme vhodné okuliare, môžeme ich funkciu modelovať aj použitím vhodnej šošovky, ktorú umiestnime pred šošovku modelujúcu oko.



Obr. 9 Model ďalekozrakého oka, obraz je rozostrený. Posunutím tienidla by sme mohli demonštrovať, že obraz vzniká za sietnicou.



Obr. 10 Modelujeme korekciu chyby ďalekozrakého oka.

Záver a poďakovanie

Vďaka šošovkám a ďalšiemu optickému sklu z Meopty Přerov sme získali pomôcky na demonštrácie nielen z geometrickej optiky. Vďaka patrí pani Zuzane Veselej, marketing manažérke Meopty Přerov za opakované poskytnutie šošoviek a hranolov. Príspevok vznikol ako súčasť riešenia grantu KEGA 035ŽU-4/2012.

Zoznam bibliografických odkazov

- DVOŘÁK, L. 2011a. Co s čočkami – aneb optická lavice pro období finanční krize. In *Dílny Heuréky 2009-2010, Sborník konferencí projektu Heuréka*. Praha : Prometheus, 2011. ISBN 978-80-7196-424-7, s. 145-161.
- DVOŘÁK, L. 2011b. Další nápady z malé Hrašnice: co s čočkami. In *Veletrh nápadů učitelů fyziky 15, Sborník z konference*. Praha : Prometheus, 2011. ISBN 978-80-7196-417-9, s. 47-51. Dostupné na internete: <<http://vnuf.cz/sbornik/prispevky/15-05-Dvorak.html>>.

Námety na pokusy v téme úplný odraz svetla

Autor: Martina Horváthová, FMFI UK Mlynská dolina, Bratislava
martina.horvathova@fmph.uniba.sk

Anotácia

V článku uvádzame námety na pokusy k téme úplný odraz svetla v kontexte praktického využitia v medicíne a informačných technológiách. Na dielni sme si ukázali niekoľko experimentov s optickými vláknami a dekoračnou lampou so zväzkom optických vlákien. Hlavným cieľom bolo poukázať na praktické aplikácie úplného odrazu svetla a postupnými krokmi dospieť k fyzikálnej podstate javu. Metodiku zaradenia pokusov v rámci dvoch vyučovacích hodín k téme úplný odraz svetla s podrobným návodom na zostrojenie nami navrhovaného modelu laparoskopického prístroja, nájdete publikovanú aj v dvoch číslach Fyzikálnych listov, v zborníku uvádzame doslovný prepis týchto článkov (M. Horváthová, 2013a, M. Horváthová, 2013b).

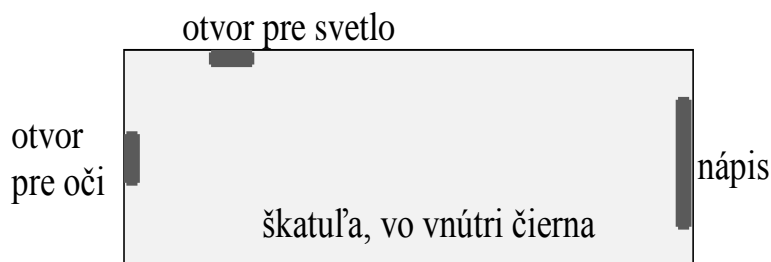
1 Prvá vyučovacia hodina – Od modelu laparoskopického prístroja k jeho fyzikálnej podstate – úplnému odrazu

Úplný odraz je z hľadiska členenia fyziky veľmi úzka oblasť, ale ak sa na problematiku pozrieme v kontexte využiteľnosti v praxi (optické vlákna v medicíne, v priemysle ako senzory, v telekomunikácií na prenos informácií), stane sa témou pomerne bohatou, širokou a modernou.

V článku navrhujeme postup jednej vyučovacej hodiny pri téme úplný odraz svetla, ktorý sme odučili na gymnáziu. Je založený na kontexte využitia fyzikálneho javu v medicíne pri endoskopických vyšetreniach a pri laparoskopických operáciách. Sériou viacerých pokusov, z väčšej časti realizovanej žiakmi, pridáme k fyzikálnej podstate endoskopu. Navrhli sme zjednodušený, finančne nenáročný model laparoskopického prístroja.

1.1 Návod na zhotovenie modelu laparoskopického prístroja

Pomôcky: upravené škatule, baterky (zdroj svetla), zväzky optických vlákien (napríklad z dekoračnej lampy, cena cca 3 €) v počte aspoň do každej dvojice (maximálne štvorice) žiakov, laserové ukazovadlo, upravenú PET fľašu, hranol z plexiskla, polvalec z plexiskla a uhlomer (použili sme pomôcky z komerčne vyrobenej sady Geometrická optika).



Obr. 1 Model laparoskopického prístroja, pomôcky

Model prístroja sme si vyrobili podľa obrázka 1. Použili sme aspoň 20 – 25 cm dlhé škatule (konvenčná vzdialenosť oka, aby sa oko pri pozeraní cez otvor na nápis príliš nenamáhalo). Osvedčila sa škatuľa od Granka 500 g, vo vnútri oblepená čiernym papierom (stačí ho tam vložiť, netreba lepiť), alebo začíernená farbou, aby pri dopade svetla zvonku, došlo k čo najväčšej absorpcii. Škatuľa má dva, nie príliš veľké otvory – pre oči a pre svetlo, s priemerom asi 0,5 cm. Oproti otvoru pre oči sme nalepili papierik s nápisom (my sme použili schému vnútorných orgánov tela).

1.2 Priebeh prvej vyučovacej hodiny

1. fáza: Úloha pre žiakov (5 min), „Zistite čo je na zadnej stene škatule oproti otvoru pre oči.“ Žiaci mali k dispozícii upravenú škatuľu, baterku na svietenie a dali sme im čas cca 2 minúty. Keďže otvor pre svetlo nebol oproti nápisu, nebolo možné nápis priamo osvetliť. Táto úloha bola len s použitím baterky nespĺniteľná.

Zadali sme žiakom pomocnú otázku: „**Čo potrebujeme dosiahnuť, aby sme odkaz prečítali?**“ Na hodine žiaci reagovali, že musíme dosiahnuť, aby svetlo išlo krivo, za roh a osvetlil nápis. Ich návrh bol, umiestniť do škatule zrkadlo, od ktorého by sa svetlo z baterky odrazilo smerom na nápis. Za návrh boli žiaci pochválení. Avšak možnosť otvoriť škatuľu im nebola dovolená.

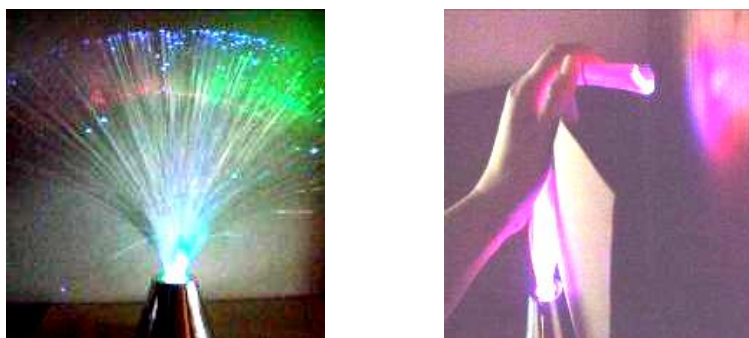


Obr. 2 Endoskop, laparoskopická operácia

2. fáza: Pomocný návod na riešenie úlohy (8 min) V tejto fáze hodiny sme žiakom pomohli obrázkami 2. Podobný problém je v medicínskej praxi vyriešený prístrojom zvanom endoskop. Na princípe „prinútenia svetla ísť za roh“ fungujú endoskopické prístroje používané v medicíne na vyšetovanie orgánov, alebo pri tzv. laparoskopických „miniinvazívnych“ operáciách. Študentom sme zadali otázku: „**Všimnite si nasledujúce obrázky endoskopu a schémy laparoskopickej operácie. Čo vidíte? V čom je náš model (škatuľa) rovnaký a v čom odlišný od laparoskopie?** Nasledovala krátka diskusia (2 min). Odpoveď bola, že otvor pre oči na modeli je umiestnený inde ako otvor ako svetlo, pričom v endoskope je kamera na prenesenie obrazu v jednej trubici spolu so svetlom.

Pár minút sme venovali aj krátkej medzipredmetovej vsuvke (3 min) objasňujúcej niektoré pojmy z medicínskej praxe. Pojmy medicínskych vyšetrení rôznych častí tela ako napríklad gastroscopia (pažerák, žalúdok, horná časť dvanástorníka), kolonoscopia (hrubé črevo), laryngoscopia (hrtan), bronchoscopia (dolné cesty dýchacie), cystoscopia (močový mechúr), otoscopia (vonkajší zvukovod, bubienok), oftalmoscopia (meranie očného pozadia) a iné spája jedna podstata vyplývajúca zo samotného názvu endoskop (endo – lat., vo vnútri, scopia – lat., pozorovať) a názvu laparoscopia (lapara – lat., mäkké miesto v tele, scopia – lat., pozorovať). Aj niektorí študenti mali vlastnú skúsenosť s laparoskopickou operáciou. Na obrázku 2 je názorne vidieť, ako lekár operuje laparoskopickou metódou, ktorá sa výrazne rozvíja od 90. rokov 20. storočia. Pacientovi sa pred operáciou naplní brušná dutina plynom CO₂ a pri minimálnych otvoroch sa do tela zavedie endoskop slúžiaci na osvetlenie a zobrazenie orgánov a ďalšími otvormi sa do tela zavedú chirurgické nástroje.

3. fáza: Svetlo môže ísť krivo (demonštračný experiment, 5 min) Ako sme videli na obr. 2, v endoskope ide svetlo trubicou. My sme využili lampu so zväzkom optických vlákien a ukázali sme si, že svetlo ide vo vláknach aj vtedy, keď ich ohneme (obrázok 3).

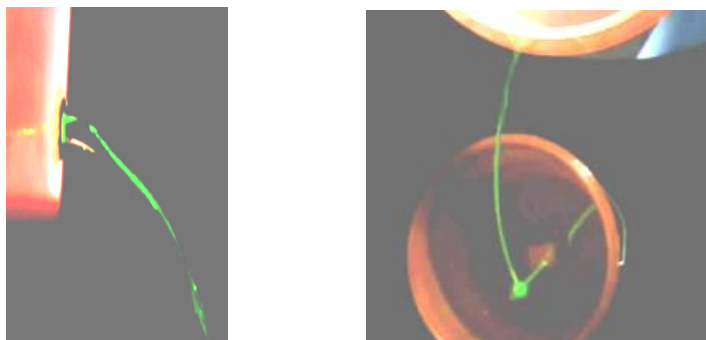


Obr. 3 Dekoračná lampy so zväzkom optických vlákien, pokus – svetlo môže ísť „za roh“

Na základe pokusu (obr. 3) už žiaci boli schopní vyriešiť úlohu z úvodu hodiny. Optické vlákno predstavujúce endoskop sme cez otvor na svetlo prestrčili do škatule (my sme použili jedno 25 cm dlhé s priemerom 3 mm bez ochranného plášťa. Optické vlákna sme kúpili od firmy zaoberajúcej sa dekoračným osvetlením, pričom meter tohto vlákna stál cca 1,5 €, ale dá sa použiť aj zväzok optických vlákien z lampy). Pomocou vlákna, do ktorého svietili baterkou, si vhodne osvetlili nápis na zadnej strane škatule.

4. fáza: Prečo svetlo ide vo vláknach krivo? (20 min) séria experimentov

1. Experiment (5 min, demonštračný) **s vytekajúcou vodou z otvoru pri dne PET fľaše, pričom sme do otvoru svietili laserovým ukazovadlom** – vid' obrázok. (Treba zdôrazniť, že pri pokusoch s laserovým ukazovadlom je dôležité dodržať bezpečnostné zásady, aby nedošlo k poškodeniu zraku. V škole možno používať iba laser s malým výkonom do hodnoty 1 mW. Bežné laserové ukazovadlá majú aj viacnásobne väčší výkon, a preto by sa používať nemali). Vytekajúci prúd vody predstavoval optické vlákno a v mieste dopadu vody sme pozorovali svetelnú stopu. Pri tomto experimente sme žiakom cez dataprojektor ukázali kvalitne urobené video tohto pokusu z webu (http://www.youtube.com/watch?v=0MwMkBET_5I – obr. 4), kde vidieť odrazy svetelného lúča v prúde vody na rozhraní voda - vzduch a osvetlené miesto dopadu prúdu vody.



Obr. 4 Šírenie svetelného lúča v prúde vytekajúcej vody

2. Experiment (3 min, buď ako frontálny demonštračný experiment alebo v 2 - 3 skupinách v triede). Použili sme názornú školskú pomôcku – hranol a laser (napríklad z komerčnej súpravy Geometrická optika – laser z tejto súpravy je čiarový a uvádzané pokusy sa s ním robia oveľa lepšie ako s bodovým laserovým ukazovadlom). Ukázali sme si, že svetelný lúč sa v hranole šíri postupnými odrazmi od rozhrania plexisklo – vzduch (obr. 5).



Obr. 5 Šírenie svetla totálnym odrazom

3. Experiment (10-15 min, nosný experiment hodiny, odporúčame robiť aspoň v 2 - 3 skupinách žiakov). Laserom žiaci svietili do polvalca, menili uhly dopadu a sledovali, čo sa deje s lúčom na rozhraní hranol - vzduch (obr.6).



Obr. 6 Pokus – zisťovanie medzného uhla

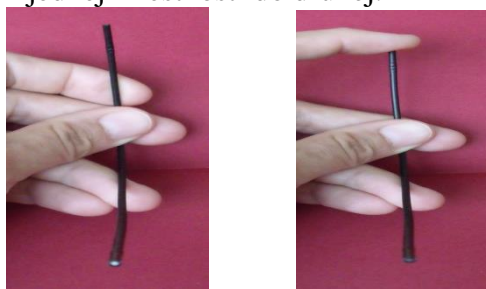
Pozorovali, že časť svetla sa láme, časť odráža, avšak od istej hodnoty uhla dopadu nedochádza k lomu svetla, ale iba k jeho odrazu. Spoločne sme zaviedli pojem medzného uhla, a povedali sme si o totálnom (úplnom) odraze svetla $\frac{\sin \alpha_{\text{medzný}}}{\sin 90^\circ} = \frac{n_{\text{vzduch}}}{n_{\text{plexisklo}}}$. (Snellov zákon lomu študenti už pre tým preberali.) Skutočnosť, že medzný uhol závisí od vlastností materiálov (indexov lomu), sme si dokázali pokusmi, že sme určili medzný uhol, ak je **hranol vo vzduchu** a porovnali s medzným uhlom v prípade, keď sme **hranol ponorili do vody**. Žiaci slovne opisovali svoje pozorovania.

Nasledovala časť, kde žiaci aplikovali Snellov vzťah na výpočet medzného uhla na situácie vyplývajúce z pokusov. Pre polvalec z plexiskla umiestnený vo vzduchu našli pokusom uhol, pri ktorom začne dochádzať k úplnému odrazu (42°), dopočítali index lomu plexiskla (1,49) – porovnali s hodnotou uvedenou v tabuľkách. Hodnota sa zhodovala. Potom žiaci určili výpočtom, aký medzný uhol bude v prípade, že polvalec ponoríme do vody ($63,2^\circ$) a pokusom sa presvedčili, že vypočítaná a nameraná hodnota sa približne rovnajú.

V priebehu predchádzajúcich experimentov sme so žiakmi diskutovali aj o tom, čo si predstavujú pod pojmom index lomu, s ktorým sa už predtým stretli. Mnohí vedeli, že je to charakteristika prostredia, menší počet študentov spresnilo odpoveď, že index lomu (n) súvisí s rýchlosťou svetla v danom prostredí. Žiakom sme zadali pomocnú otázku, či by vedeli v tabuľkách nájsť materiál, ktorý má index lomu (myslíme absolútny) menší ako 1. Odpoveď viacerých bola, že hodnoty n sú pre materiály v tabuľkách vždy viac ako 1, ale zdôvodnenie im robilo ťažkosť. Zopakovali sme si spoločne, že index lomu je vlastnosť materiálu, ktorá hovorí, koľko násobne pomalšie sa svetlo v materiáli šíri v porovnaní s rýchlosťou šírenia vo vákuu. Ak by teda n bolo pre nejaký materiál menej ako 1, znamenalo by to, že svetlo v tom prostredí ide väčšou rýchlosťou ako vo vákuu.

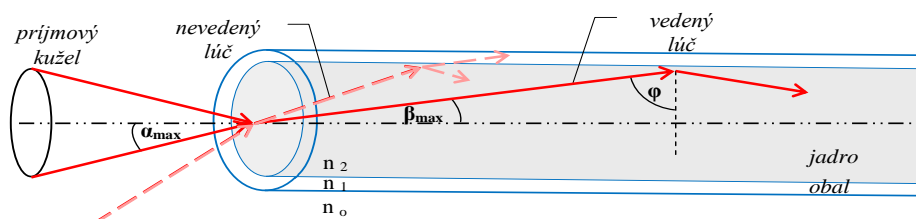
5. fáza: Pokus optické vlákno je schopné „naviazať“ svetlo (5 min). Každý žiak dostal do rúk 20 cm dlhé optické vlákno (použili sme optické vlákno s priemerom 1 mm s ochranným plášťom kúpené od firmy zaoberajúcej sa dekoračným osvetlením, v cene cca 1,3 €/meter, dá sa použiť aj zväzok optických vlákien z dekoračnej lampy). Ich úlohou bolo pozorovať jeden koniec vlákna, pričom na druhý koniec dopadalo bežné denné svetlo. Žiaci komentovali svoje pozorovanie, že koniec optického vlákna svieti a ak jeden koniec zakryjeme, druhý koniec

prestane svietiť (obr.7). Takto by si mohli študenti pomocou dlhšieho vlákna posielat' signály „svetlo – tma“ morzeovkou z jednej miestnosti do druhej.



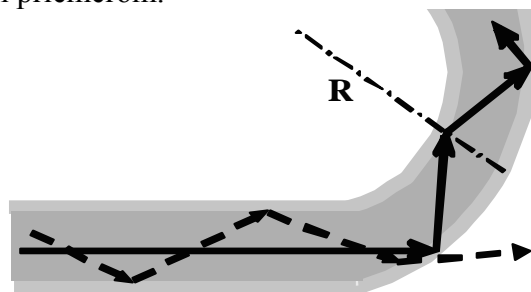
Obr. 7 Koniec vlákna svieti, nesvieti

Jav sme si vysvetlili pomocou obrázku 8 a pokusu s hranolom (obr. 5). Aj lúč, dopadajúci na prednú stranu vlákna pod nenulovým uhlom, sa môže šíriť vláknom, ak vo vnútri vlákna splňa podmienku úplného odrazu. Pri vysvetlení sme použili pojem príjmový kužeľ ako priestor, z ktorého prichádzajúce lúče sa šíria vláknom úplnými odrazmi (nebolo naším cieľom, aby sa ho žiaci naučili). Na seminári s maturantmi sme pri tejto téme navyše robili príklad na výpočet maximálneho uhla v príjmovom kuželi (riešený v učebnici Demkanin, 2012, str. 34), ktorý ukazuje, že veľkosť uhla príjmového kužela závisí od indexov lomu vonkajšieho prostredia a jadra a plášťa optického vlákna.



Obr. 8 Naviazanie svetla do vlákna

Ďalší pokus, ktorý žiaci robili s kúskom optického vlákna, bolo **ohýbanie vlákna na čo najmenší polomer**. Pozorovali, že koniec vlákna postupne prestáva svietiť. Vysvetlenie je, že v mieste ohybu dochádza ku stratám prenášaného svetla (obr. 9). Straty sme mohli dokonca pozorovať pri použití vlákna bez obalu a laserového viditeľného svetla, lebo v ohybe vlákno svietilo, čiže svetlo v tých miestach vychádzalo von, a tým dochádzalo ku stratám prenášaného svetla. To je dôvod, prečo sú optické káble v praxi navinuté na veľkých kotúčoch, s čo najväčším priemerom.



Obr. 9 Straty pri ohybe vlákna

Na záver hodiny sme zhrnuli hlavné myšlienky, že svetlo môže ísť zakrivené vďaka úplnému odrazu na rozhraniach prostredí a medzný uhol závisí od optických vlastností jednotlivých prostredí, pričom nie je porušený princíp priamočiareho šírenia svetla, presnejšie Fermatov princíp minimálneho času.

2 Druhá vyučovacia hodina – Využitie optických vlákien v praxi

Cieľom hodiny bolo ukázať prínos fyziky a rozvoja technológií pre spoločnosť pri prenose informácií a v priemysle (senzory). Hodina prebehla voľnejšie ako predchádzajúca, najmä formou dialógu, pričom množstvo času venovaného jednotlivým otázkam sme sa snažili prispôbiť aktuálne prejavnému záujmu žiakov. Zisťovali sme aj predstavy študentov o rôznych aspektoch tejto problematiky. Pre doplnenie informácií sme mali na hodine pripravenú prezentáciu, pričom všetky nižšie uvádzané informácie sa dajú podľa uváženia učiteľa zadať na vyhľadanie študentom (podľa ich záujmu), môžu mať formu referátov.

Problematicku využitia optických vlákien sme navodili **tlačovou správou z februára 2012 o poškodení podmorských optických káblov kotvou lode** (obr. 10) (<http://www.zive.sk/navychode-afriky-boli-znicene-styri-podmorske-opticke-kable/sc-4-a-299498/default.aspx>).



Obr. 10 Tlačová správa, február 2012

Nasledovali otázky študentom, či tušili že na dne morí sú uložené káble (mnohí, hlavne dievčatá nie), na čo slúžia, z čoho a ako sú vyrobené, ako sa do mora dostali, koľko káblov je v mori, ako komunikovali ľudia na diaľku v minulosti, ako je to s históriou podmorských káblov a iné. Odpovede na otázky sme sa snažili získať najprv od študentov, potom sme ich dopĺňali informáciami (obrázky, tabuľky, videá, zaujímavé fakty) získanými z internetu, prostredníctvom nami vopred pripravenej prezentácie. Nižšie uvádzame skrátené informácie poskytnuté žiakom, najčastejšie získané z internetových zdrojov.

Čo sú optické káble? Optické káble sú zložené z optických vlákien (OV) a ochranných obalov. Optické vlákna sa vyrábajú najčastejšie z polymérov (hlavne pre dekoračné účely) alebo z kremíkového skla (SiO_2) (hlavne na prenos informácií). O vysokej technológii výroby svedčí aj fakt, že tabuľa zo skla na výrobu OV s hrúbkou 110 km je rovnako priehľadná, ako tabuľa skla v okne s hrúbkou cca 1 cm (videli by sme napríklad na dno Mariánskej priekopy v prípade, že by voda mala rovnaké vlastnosti ako kremíkové sklo používané v optických vláknach (Kundracik, 2009).

Na čo sa používajú optické káble? Slúžia na prenos informácií – internet, telefónne linky. Sem sa dajú zaradiť témy digitalizácia signálu, obrazu, pojmy bit, bajt (obsiahnuté v Štátnom vzdelávacom programe ISCED 3 spracované v učebnici Fyziky pre 3. ročník gymnázií (Demkanin, 2012, str. 29).

Koľko je káblov v mori? V prezentácii sme uviedli obrázok – mapu sveta s podmorskými káblami (obr. 11) (interaktívna mapa s odkazmi na informácie o každom podmorskom optickom kábli – <http://www.cablemap.info/>). Zaujímavosťou je, že všetky dnes používané optické káble omotajú Zem asi 25-tisíckrát a každú hodinu toto vlákno narastie o niekoľko tisícok km (<http://veda.sme.sk/c/5048580/fyzika-2009-nobelovku-udelili-za-obrazky-a-rychlost.html>).



Obr. 11 Interaktívna mapa podmorských optických káblov s odkazmi na ďalšie informácie

V tejto časti sme zadali študentom otázku, či vedia, ako sa dostanú informácie uložené niekde v Amerike (napríklad o oblúbenej hudobnej skupine) k nim do počítača. Jedna odpoveď dievčiny („veď mám wifi, načo káble pod morom?“) nás prekvapila a naznačila, že asi má zmysel hovoriť o tom, ako sa k nám dostávajú informácie (možno aj v rámci medzipredmetových vzťahov s informatikou) a že za mnohými, pre nás samozrejmi vecami, je práca viacerých ľudí (objavy vlákien, zdroja - lasera, ich technologický vývoj, manuálna práca pri kladení káblov do mora, do zeme,...). Pre lepšiu predstavu študentov by mohol byť veľmi užitočný program, ktorý vykreslí mapu, kadiaľ k nám prišla nami vyžiadaná informácia (napríklad zvolili sme si stránku venovanú filmovým oceneniam – Oscar <http://www.oscars.org/>, na stránke <http://whois.net/>. Po zadaní stránky o Oscaroch sme sa dozvedeli jej doménové meno: OSCARS.ORG a toto meno sme vložili na stránku, kde je program na vizualizáciu trasy od zdroja do nášho počítača a uvedený čas, za ktorý sa dostala informácia k nám (obr. 12) <http://www.yougetsignal.com/tools/visual-tracert/>).

Obr. 12 Stránka na vizualizáciu trasy toku informácií od zdroja stránky www.oscars.org

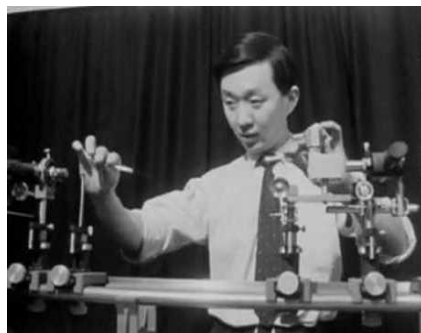
Ďalej sme študentom premietli časti z videí na dokreslenie predstavy o tom **ako sa ukladá podmorský kábel do mora** (http://www.youtube.com/watch?v=XQVzU_YQ3IQ, http://www.youtube.com/watch?v=KulqAHJ16UQ&feature=results_main&playnext=1&list=PL7F1CFBDFAD6666BA), **ako sa ukladal do mora kábel** (ešte nie optický) **v minulosti, v roku 1936** (<http://www.youtube.com/watch?v=JLVFKHJcBMM&feature=related>) a **ako sa vyrába optické vlákno** (<http://www.youtube.com/watch?NR=1&feature=endscreen&v=u1DRrAhQJtM>).

História komunikácie – toto je veľmi bohatá téma a môžeme ju rozčleniť na viacero oblastí. Veľmi zaujímavá je otázka formy komunikácie medzi ľuďmi na väčšie vzdialenosti, od dávnej minulosti až po súčasnosť. Z učebnice fyziky pre 3. ročník gymnázií (Demkanin, 2012, str. 33) sme využili text a tabuľku s historickým prierezom objemu prenesených dát

medzi Európou a Amerikou (hlavne chlapcom boli číselné údaje „bližšie“). Zadali sme študentom otázku, koľko by trvalo doručenie správy z Ameriky do Európy napríklad v rokoch 1800, 1900, 2000. V tejto súvislosti sme spomenuli tiež niekoľko zaujímavých faktov:

- Lord Kelvin (William Thomson, 1824-1907) bol povýšený do šľachtického stavu vďaka svojej práci pri kladení transatlantických káblov (http://cs.wikipedia.org/wiki/William_Thomson).
- v roku 1866 pri prenosovej rýchlosti 8 slov za minútu medzi Kanadou a Írskom, bola cena za prenos 20 slov 100 USD (http://cs.wikipedia.org/wiki/Podmořský_kabel),
- prvý transatlantický optický kábel z OV z roku 1988 mal kapacitu 40 000 hovorov a na prelome storočí bola kapacita viac ako 3 milióny hovorov (http://cs.wikipedia.org/wiki/Podmořský_kabel).

V téme využitia optických vlákien nesmeli chýbať meno Charles Kao, ktorý v roku 1966 (obr. 13 vľavo) prišiel na myšlienku použiť sklenené vlákna na prenos informácií pomocou svetla z lasera, ktorý bol vynájdený Tedom Maimanom v roku 1960. V roku 2009 dostal Charles Kao (obr. 13 vpravo) za svoju prácu Nobelovu cenu za fyziku.



Obr. 13 Charles Kao, 1966; Charles Kao preberá Nobelovu cenu, 2009

http://www.youtube.com/watch?v=2-5sScP_fiw,

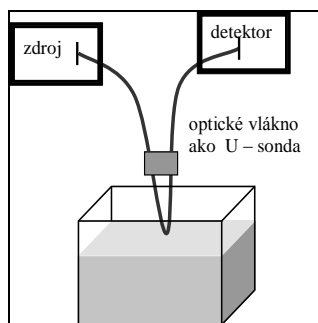
http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2009/kao-photo.html

Do tejto časti hodiny sme zaradili pokus so zväzkom optických vlákien z dekoračnej lampy (cena cca 3 €). Ak sme jeden koniec zväzku položili na kontrastný obrázok (napríklad na obrazovku mobilu), na druhom konci zväzku vlákien sme mohli pozorovať obraz (obr. 14). Napodobnili sme vlastne historický pokus vynálezcu televízie pána J. L. Bairda z roku 1929, kedy sa pokúsil **preniesť obraz za roh** laboratória s pomocou kábla spleteného z tisícok sklenených vlákien – obraz bol veľmi nekvalitný.

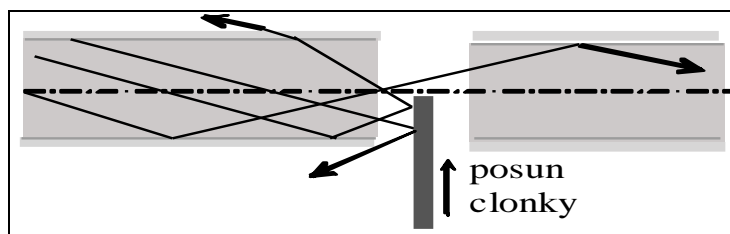


Obr. 14 Pokus - prenos obrazu vláknami

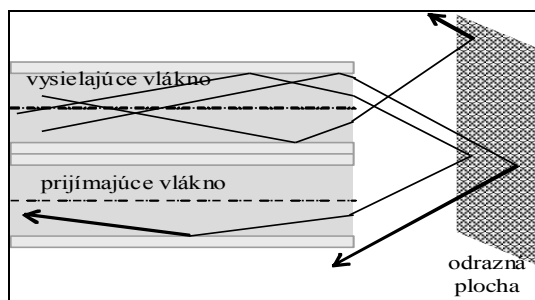
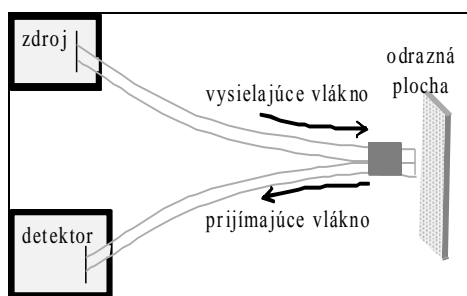
V ďalšej časti hodiny sme sa venovali téme **optické vlákna ako senzory v priemysle**. Vďaka svojim vlastnostiam (malej hmotnosti, bezpečnosti v prostredí s horľavými a výbušnými látkami, odolnosti voči vonkajšiemu elektromagnetickému rušeniu) sa OV využívajú napríklad vo vojenstve, v automobilovom a leteckom priemysle a v mnohých oblastiach techniky. Študentom sme ukázali nasledujúce obrázky a ich úloha bola vymyslieť, na čo by sa dal senzor na danom obrázku využiť. Obrázky uvádzame aj s popisom.



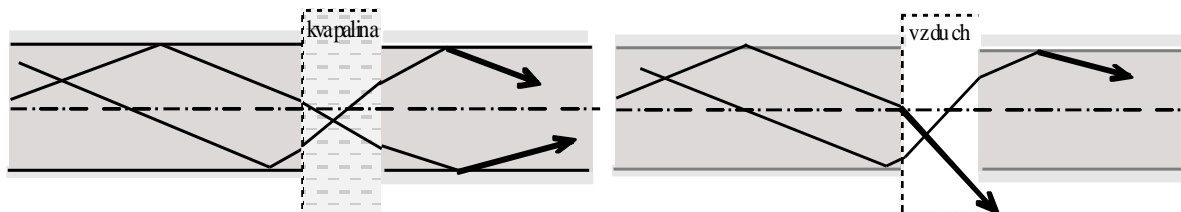
Obr. 15 Senzor hladiny kvapaliny



Obr. 16 Transmisný senzor (počítanie predmetov na výrobných linkách)



Obr. 17 Reflexný senzor (kontrola vzhľadu predmetov, vzdialenosti, snímače čiarového kódu)



Obr. 18 Transmisný senzor prítomnosti kvapaliny

Na záver by sme radi uviedli, že téma optické vlákna vďaka svojim aplikáciám v súčasnosti študentov zaujala. Hodina mala prínos aj pre nás, hlavne pri zisťovaní predstáv študentov, ako sa k nim dostávajú informácie.

Pod'akovanie

Tento príspevok vznikol s podporou projektu KEGA č. 130UK-4/2013.

Zoznam bibliografických odkazov

- HORVÁTHOVÁ, M. 2013. Od modelu laparoskopického prístroja k jeho fyzikálnej podstate – úplnému odrazu. In *Fyzikálne listy*. Bratislava, Univerzita Komenského, FMFI, 2013. 2/2013, roč. 18, s. 6-9. ISSN 1337-7795.
- HORVÁTHOVÁ, M. 2013. Využitie optických vlákien v praxi. In *Fyzikálne listy*. Bratislava, Univerzita Komenského, FMFI, 2013. 4/2013, roč. 18. ISSN 1337-7795.
- KUNDRACIK, F. 2009. *Revolučné technológie*. [online]. týždeň 51/2009 [cit. 2013-30-11]. Dostupné na internete: <<http://www.tyzden.sk/casopis/2009/51/revolucne-technologie.html>>.
- ŠPÚ: *Štátny vzdelávací program Fyzika ISCED 3*, 2009. [online]. 2013 [cit. 2013-30-11]. Dostupné na internete: <www.statpedu.sk>.
- DEMKANIN, P. 2012. Fyzika pre 3. ročník gymnázia a 7. ročník gymnázia s osemročným štúdiom, EDUCO, Prievidza 2012. ISBN 978-80-89431-37-3.
- Wikimedia Foundation, Inc. 2013. *Laparoskopia*. [online]. 2013 [cit. 2013-30-11]. Dostupné na internete: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Endoscopy>>.
- Wikimedia Foundation, Inc. 2013. *Endoscopy*. [online]. 2013 [cit. 2013-30-11]. Dostupné na internete: <<http://sk.wikipedia.org/wiki/Laparoskopia>>.
- Wikimedia Foundation, Inc. 2013. *Endoscopy*. [online]. 2013 [cit. 2013-30-11]. Dostupné na internete: <http://en.wikipedia.org/wiki/Endoscopy#Infection_and_over-sedation>.

Několik experimentů se zvonkovým transformátorem

Autor: Josef Hubeňák, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Hradec Králové
hubenak@ttnet.cz

Anotace

Zvonkový transformátor je levným zdrojem malého napětí. Jako oddělovací transformátor má vinutí primární a sekundární bezpečně odděleno a lze jej pod dohledem učitele použít ke skupinové práci žáků základních nebo středních škol. Úprava pro měření není časově ani finančně náročná a v příspěvku jsou navržena měření a motivační experimenty.

1 Nápad, parametry podle výrobce a první měření

Shodou okolností se mi na stole ocitlo deset zvonkových transformátorů. Co s nimi? Jako zdroje toho moc neumí – nominální hodnoty výstupních napětí jsou jen 3, 5 a 8 V. Každý kus byl ještě originálně zabalen a měl i technický list:

Parametry podle výrobce

Klingeltransformator

Tip TR 16-0

Made in Romania

Technické údaje

Jmenovité napětí 220 V

Výstupní napětí 3, 5 a 8 V

Provozní napětí trvalé

Transformátor je odolný vůči zkratu na výstupu

Krytí IP 4.0.

2 První nápad – alespoň měřit

Fyzik měří, potom věří. Po ruce byl letitý digitální PU 510 a bylo naměřeno:

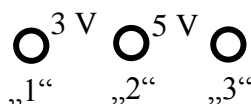
Odpor primárního vinutí $R_1 = 1,13 \text{ k}\Omega$

Odpor sekundárního vinutí $R_2 = 4,0 \Omega$

Primární napětí $U_1 = 238 \text{ V}$

Sekundární napětí naprázdno $U_{21} = 4,58 \text{ V}$, $U_{32} = 8,96 \text{ V}$, $U_{31} = 13,54 \text{ V}$

Jmenovitá napětí



svorky

Podle výrobce je transformátor odolný proti zkratu na výstupu a tak byly měřeny i zkratové proudy:

Zkratový proud sekundáru $I_{21} = 2,0 \text{ A}$, $I_{32} = 1,47 \text{ A}$, $I_{31} = 1,14 \text{ A}$

(Měřeno na rozsahu 10 A.)

Tady se nabízí první možnost výpočtu. Výstup transformátoru lze považovat za střídavý zdroj s vnitřní impedancí Z_i

$$Z_i = \frac{U_{31}}{I_{31}} = \frac{13,54}{1,14} \Omega = 11,88 \Omega$$

Úlohu zjednodušíme a za reálnou část impedance budeme považovat odpor vinutí. Pak lze vypočítat vnitřní indukčanci tohoto náhradního zdroje

$$X_L = \sqrt{Z_i^2 - R_2^2} = \sqrt{11,88^2 - 4^2} \Omega = 11,19 \Omega$$

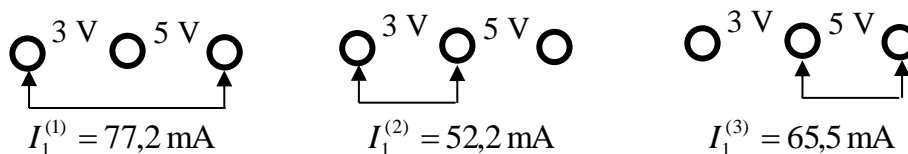
Z toho indukčnost

$$L = \frac{X_L}{2\pi \cdot f} = \frac{11,19}{2\pi \cdot 50} \text{ H} = 35,6 \text{ mH}$$

Měření vstupního proudu na primární straně je z bezpečnostních důvodů pro žáky vyloučeno. Vyučující může změřit vstupní proud pro výstup naprázdno: $I_1 = 11,5 \text{ mA}$

Zkraty na výstupu značně ovlivní vstupní proud.

Vstupní proud pro výstup nakrátko závisí na tom, které ze tří výstupních svorek zkratujeme:



Pro proud I_1 vypočteme vstupní impedanci transformátoru při výstupu naprázdno.

$$Z_1 = \frac{U_1}{I_1} = \frac{238}{11,5 \cdot 10^{-3}} \Omega = 20,7 \text{ k}\Omega$$

Pro indukčanci primárního vinutí platí

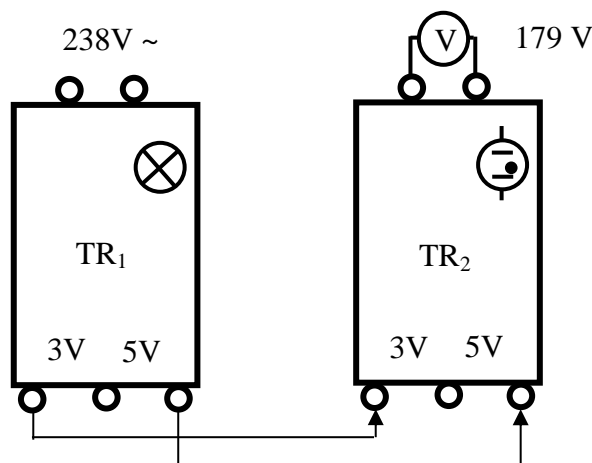
$$X_L^{(1)} = \sqrt{Z_1^2 - R_1^2} = \sqrt{20,7^2 - 1,12^2} \text{ k}\Omega = 20,67 \text{ k}\Omega$$

Indukčnost primárního vinutí

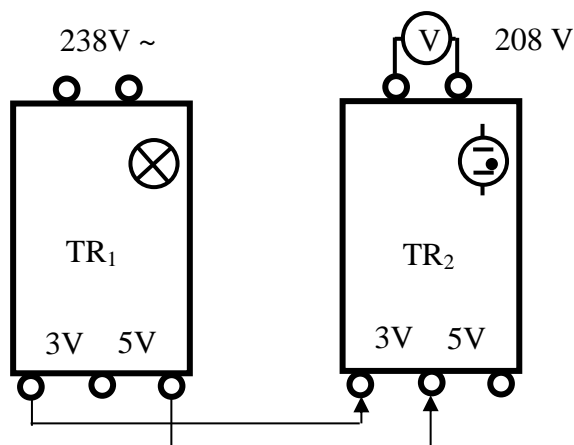
$$L_1 = \frac{X_L^{(1)}}{2\pi \cdot f} = \frac{20670}{2\pi \cdot 50} \text{ H} = 65,8 \text{ H}$$

3 Transformace dolů a pak nahoru

S použitím dvou stejných zvonkových transformátorů lze ukázat, jak malá je jejich účinnost. Sekundár prvního transformátoru spojíme se sekundárem druhého a měříme digitálním voltmetrem napětí na primárním vinutí druhého transformátoru:

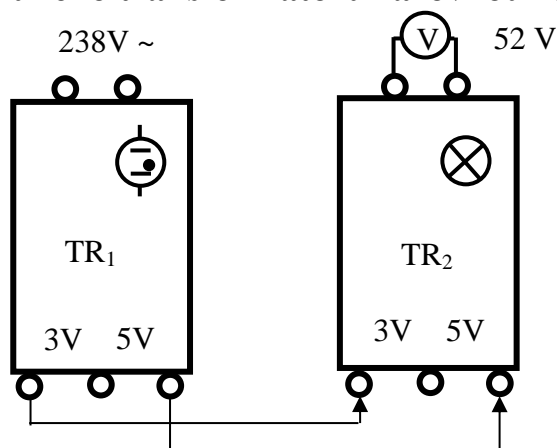


K původní hodnotě napětí se můžeme jen přiblížit použitím jiných svorek druhého transformátoru:



První transformátor má paralelně ke vstupu připojenu žárovku 230 V/15 W a druhý signální doutnavku s předřazeným rezistorem 1 M Ω . Ta má zápalné napětí přibližně 210 V. Amplituda k efektivnímu napětí 179 V nebo 208 V je dostatečná k rozsvícení doutnavky.

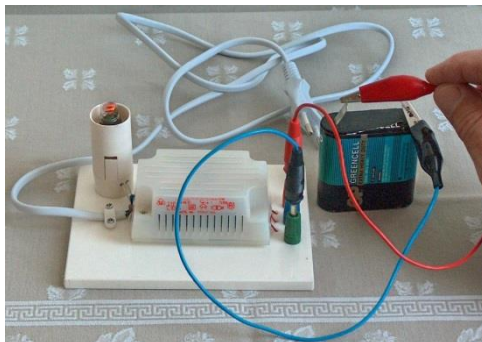
4 Zatížený výstup druhého transformátoru žárovkou 230 V, 15 W



V tomto uspořádání je prokazatelná ztráta při dvojí transformaci: žárovka slabě žhne a digitální voltmetr naměří pouze 52 V.

5 Vznik indukovaného napětí

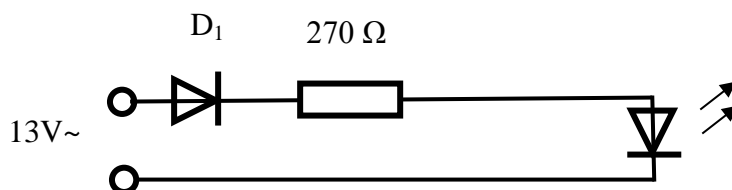
K tomu stačí plochá baterie a transformátor s doutnavkou. Odvážní si mohou vyzkoušet dotek na síťové vidlici. Doutnavka spolehlivě zasvítí i s jedním tužkovým článkem. Trpělivý fotograf zachytí i záblesk doutnavky – obr. 1.



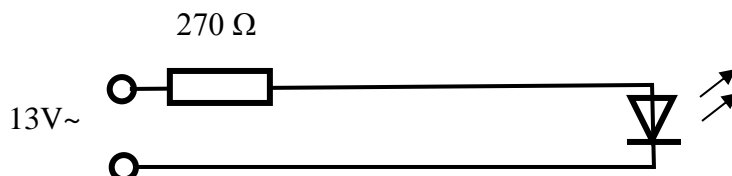
Obr. 1 Indukce vyššího napětí

6 Ukázka s ledkami

První sonda:



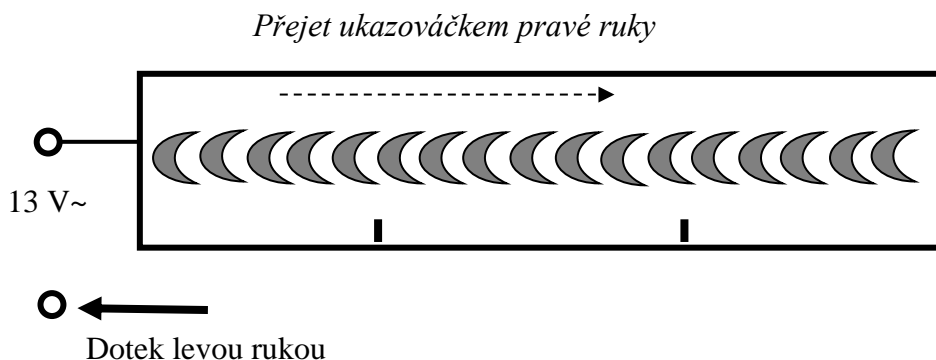
Bílá ledka je na konci vodiče, a pokud ji roztočíme, díky setrvačnosti oka vidíme čárkovaný kruh. Druhá sonda:



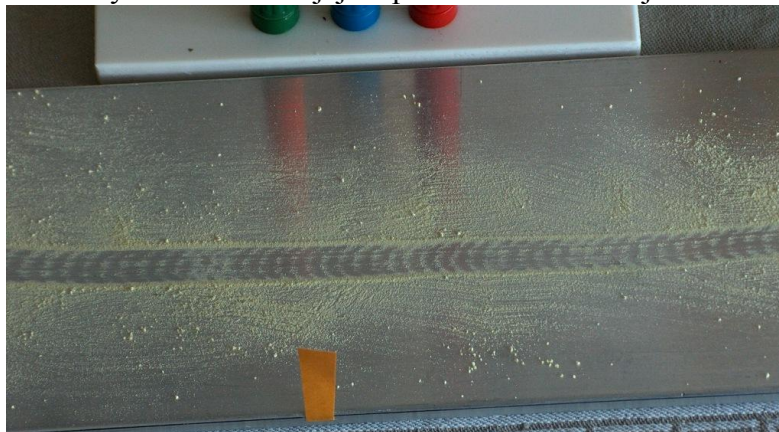
Usměrňovací dioda zde není a ledka je dvoubarevná se dvěma vývody. V klidu vidíme žlutý svit. Po roztočení je zřejmé střídání červených a zelených záblesků.

7 Odhad kmitočtu sítě

Práškovou sírou poprášíme hliníkovou desku. Na ni připojíme jeden kontakt a levou rukou se dotkneme druhého kontaktu na výstupu 13 V~. Ukazováčkem pravé ruky rovnoměrně přejedeme po celé délce hliníkové desky. Za prstem zůstává přerušovaná stopa v sirném poprašku.



V třetinách délky desky nakreslíme fixem značky a nacvičíme přejezd prstem za tři sekundy. Spočítáme počet stop za jednu sekundu a dostaneme přibližně 50. Přerušovaná stopa vzniká díky tomu, že zrníčka síry se třením nabíjejí záporně. Detail ukazuje obr. 2.



Obr. 2 Stopa střídavého napětí

Závěr

Učitelé fyziky snadno najdou další možnosti kvalitativních i kvantitativních experimentů. Nabízí se např. elektrolýza střídavým nebo usměrněným proudem, studium jedno a dvoucestných usměřovačů, filtrace usměrněného napětí, poslech síťového brumu, zapojení násobiče napětí, měření střední hodnoty usměrněného napětí atd. Cena je opravdu přijatelná – zvonkový transformátor pořídíte do 400 Kč a ostatní drobnosti najdete v šuplíku.

Poznámka nakonec

Překvapivě velká indukčnost primárního vinutí byla kontrolována měřením pomocí RLC-metru Tesla. Ten používá kmitočet 100 Hz a amplitudu napětí 1 V. Výsledek – 30 H. K dispozici byl také multimetr METEX. Primární vinutí dalo hodnotu 4,7 H. Je zřejmé, že výsledky měření závisí na metodě a podmínkách měření.

Na sekundární straně byly RLC metrem zjištěny indukčnosti $L_{12} = 13$ mH, $L_{23} = 42$ mH a $L_{13} = 105$ H. To ukazuje, že indukčnosti se v tomto případě nesčítají. Teorie zná řešení: při koeficientu vazby $k = 1$ je výsledná indukčnost

$$L_{13} = L_{12} + L_{23} + 2\sqrt{L_{12}L_{23}}$$

Vypočtená $L_{13} = 101$ mH, naměřeno 105 mH. Pokud bychom na střední škole dospěli až ke spojování indukčností, zvonkový transformátor nabízí ověření teorie výpočtem a měřením.

Ovšem ani zde není výsledek jednoznačný. Indukčnost L_{13} je zde měřena bez proudu v primáru. Předtím byla počítána jako součást impedance zatíženého zdroje a výsledek byl $L_{13} = 35,6$ mH. Opět se projeví vliv podmínek měření.

Pro zvědavého studenta je zde podstatné poznání: každé měření je ovlivněno podmínkami, za kterých k měření dochází.

Reprint

HUBEŇÁK, J. Několik experimentů se zvonkovým transformátorem. In: *Veletrh nápadů učitelů fyziky 17*. Praha : MFF UK, JČMF, 2012.

Tlakové vlny a ich rezonančné zosilnenie. Ako vlastne hrá koncovka a fujara?

Autor: František Kundracik, KEF, FMFI UK Mlynská dolina, Bratislava
kundracik@fmph.uniba.sk

Anotácia

Fujara a píšťalky sú typickými ľudovými nástrojmi na strednom Slovensku. Napriek tomu, že sa na hodinách fyziky často spomínajú (v súvislosti so stojatými vlnami), o podstate vzniku zvuku v píšťalkách sa žiaci obvykle nedozvedia nič. To dáva predpoklad pre šírenie rôznych miskoncepcií, napríklad že píšťala rezonančne zosilňuje príslušnú frekvenciu zo šumenia, ktoré vzniká pri náraze prúdu vzduchu na hranu hlásničky. Obsahom tohto článku je vysvetlenie princípov generovania trvalého tónu v píšťale, podstaty zmeny výšky tónu silou fúkania, významu dierok a ich počtu a vysvetlenie, ako je možné zahrat' melódiu aj na bezdierkovej píšťale. V závere je uvedený jednoduchý postup na výrobu plastovej koncovky.

Úvod

Fujara a píšťalky sú tradičnou súčasťou života pastierov na Slovensku. Hranie na fujare alebo píšťalke im spríjemňovalo hodiny strávené na paši a pastieri tvrdia, že ovce sa pri počúvaní hudby upokoja, prirodzene kráčajú za zdrojom hudby, takže sú menej stresované pastierskymi psami a menej si aj ušliapu trávu. Píšťal je veľa druhov, Slovensko sa však dostalo do povedomia najmä kvôli dvom z nich: koncovke a fujare.

Koncovka (anglický názov takisto „*koncovka*“) je bezdierková píšťala, ktorá bola obľúbená už u starých Slovanov. Keďže nemá dierky (iba zdroj zvuku – hlásničku – a koncový otvor), je pravdepodobne najjednoduchšou píšťalou, akú možno vyrobiť. Výška tónu sa ovplyvňuje silou fúkania do píšťaly a odkrývaním/zakrývaním koncového otvoru, odtiaľ zrejme pochádza aj jej názov. Práve jednoduchosť až naturalita koncovky a jej charakteristický zvuk očaria takmer každého, dnes sa tento nástroj považuje vo svete aj za meditačný.

Fujara (anglický názov takisto „*fujara*“), podobne ako koncovka, vydáva tóny rôznej výšky v závislosti od sily fúkania. Patrí teda spolu s koncovkou do skupiny píšťal s vysokým obsahom násobných frekvencií (anglický názov „*overtone flute*“). Fujara má však navyše tri dierky, ktorými možno výšku tónu ďalej ovplyvniť. Fujara je najdlhšou píšťalou tohto druhu na svete a ľahko sa na nej hrajú ako hlboké, tak aj vysoké tóny. Zvuk fujary je nezameniteľný najmä kvôli dvom charakteristickým ornamentom: rozfuku a prefuku. Rozfuk je rýchly sled tónov na začiatku skladby, ktorý začína najvyššími (násobnými) tónmi a postupným oslabovaním sily fúkania tóny prechádzajú k nižším. Prefuk je charakteristický „hvizd“, keď hráč ukončí tón postupne silnejúcim fúkaním, čím sa tón zafarbí, až prejde k vyšším frekvenciám. Oba ornamente možno pekne počuť na <http://www.youtube.com/watch?v=RQiS7P8vER4>. Najstaršie zmienky na Slovensku o nástroji podobnom fujare pochádzajú z okolia Slovenskej Ľupče a súčasná podoba fujary s tromi dierkami vpredu vznikla pravdepodobne v oblasti Podpoľania, kde sa fujara zachovala dodnes. Hoci je pravdepodobné, že ide o oveľa starší a v minulosti viac rozšírený nástroj, fujara sa zachovala iba na Slovensku. Od roku 2008 je zapísaná aj na zozname svetového kultúrneho dedičstva UNESCO (<http://www.unesco.org/culture/ich/index.php?lg=en&pg=00011&RL=00099>).

O vzniku zvuku v píšťalách sa v škole žiaci veľa podrobností nedozvedia. Vysvetlenie sa obvykle obmedzí na opis stojatej zvukovej vlny v píšťale a dôležitosť ostrej hrany, do ktorej naráža prúd vzduchu. Cieľom tohto článku je podrobnejšie odpovedať na štyri základné otázky, týkajúce sa vzniku zvuku vo fujare a v koncovke:

1. Prečo je taká dôležitá oblasť píšťaly v okolí hrany, a ako vlastne vzniká čistý a nepretržitý tón?
2. Ako možno silou fúkania a zakrývaním koncového otvoru ovplyvniť výšku tónu?
3. Ako to, že týmto spôsobom možno hrať – teda vytvoriť príjemnú melódiu?
4. Prečo má fujara práve tri dierky a prečo sú obľúbené aj píšťaly so šiestimi dierkami?

1 Vznik súvislého tónu v píšťale

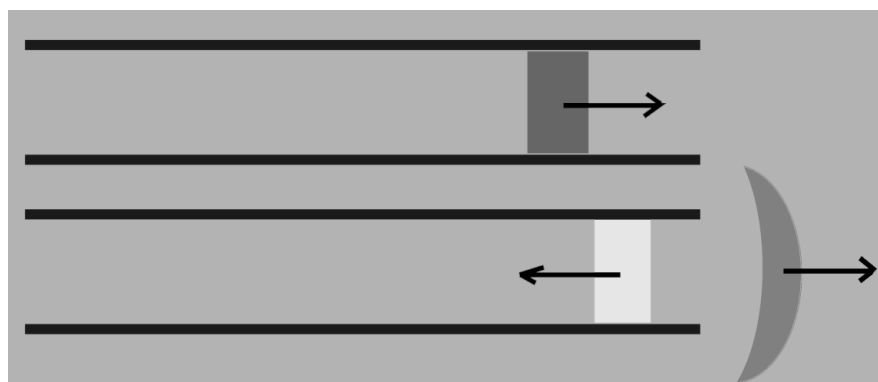
To, že sa z píšťaly ozýva tón s jednou frekvenciou, súvisí s javom rezonancie. Pre lepšiu predstavu o dejoch prebiehajúcich v píšťale budeme využívať analógiu s detskou hojdačkou, ktorá vykonáva periodický pohyb dopredu a naspäť. V píšťale vykonáva analogický pohyb tlaková vlna, teda zhustenia a zriedenia vzduchu. Rýchlosť zvuku vo vzduchu je asi 330 m/s, trubicou s dĺžkou 1 m tlaková vlna prebehne asi za 3 ms.

Ak zhustenie dorazí na uzavretý koniec trubice (obrázok 1), dôjde tam najprv k stlačeniu vzduchu a neskôr k jeho rozopnutiu a odrazu tlakovej vlny späť. Na uzavretom konci sa teda odrazená vlna začína šíriť v rovnakej fáze, ako mala dopadajúca vlna. Napríklad v okamihu, keď dopadajúca vlna má maximum (najviac stlačený vzduch), odrazená vlna má takisto maximum.

Úplne iná situácia nastane, ak vlna dorazí na otvorený koniec trubice (obrázok 2). Tam stlačený vzduch môže odrazu voľne expandovať do okolitého priestoru, čím v trubici pri jej konci náhle tlak poklesne. Výsledkom je, že stlačenie vzduchu sa šíri ďalej v oblasti mimo píšťalu a zriedenie vzduchu sa šíri trubicou späť. Odrazená vlna sa teda odráža v protifáze k dopadajúcej vlně (po príchode maxima vlny má odrazená vlna svoje minimum tlaku).



Obr. 1 Odraz tlakovej vlny na uzavretom konci trubice



Obr. 2 Odraz tlakovej vlny na otvorenom konci trubice

Odraz zvuku na otvorenom a uzavretom konci trubice je veľmi pekne ukázaný formou animácií na stránkach Univerzity Nového južného Walesu v Sydney (<http://www.phys.unsw.edu.au/jw/flutes.v.clarinets.html>).

Ak sa na odraz od otvoreného konca trubice pozrieme z energetického hľadiska, energia dopadajúcej vlny sa rozdelila: časť energie postupuje von z píšťaly a časť sa vracia trubicou píšťaly späť. Je tiež zrejmé, že píšťala musí mať aspoň jeden koniec otvorený (aspoň čiastočne), inak by sa z nej tlakové zmeny nedostali von a nič by sme nepočuli. Tu sa dostávame k jadrú prvého problému. Ak sa pri každom odraze na otvorenom konci časť energie stratí (opustí trubicu vo forme zvuku), prečo vlna v trubici a s ňou aj zvuk vychádzajúci z píšťaly postupne nezaniknú? Veď ak by sa pri odraze vyžiarilo iba jedno percento energie vlny, po sto odrazoch by bola vlna veľmi slabá. Sto odrazov na trubici s dĺžkou 1 m netrvá dlho – iba asi 0,3 s. Ako to, že z píšťaly vychádza pri fúkaní trvalý tón? Tu si pomôžeme analógiou s detskou hojdačkou. Aj ona po rozhojdaní postupne zastane, pokiaľ jej priebežne nedodávame energiu. Na dopĺňanie energie slúži mama stojaca za hojdačkou. Ako sa k nej hojdačka blíži, predpaží ruky a čaká na blížiacu sa hojdačku. Po jej príchode ruky pokrčí, počká na okamih, keď sa hojdačka začína vzdŕaľovať a vtedy ju vystretím rúk postrčí smerom od seba. To isté musíme urobiť aj s tlakovou vlnou v trubici. Na jednom z koncov budeme čakať na príchod zhustenia. Pred príchodom zhustenia sa nadýchame a v okamihu, keď sa zhustenie od nás vzdŕaľuje, fúkneme do trubice. Tu si treba uvedomiť, že na otvorenom konci (na okienku) sa zhustenie odráža ako zriedenie (v protifáze), a teda vhodný okamih na dofúknutie vzduchu nastane až o polovicu periódy kmitov po príchode zhustenia.

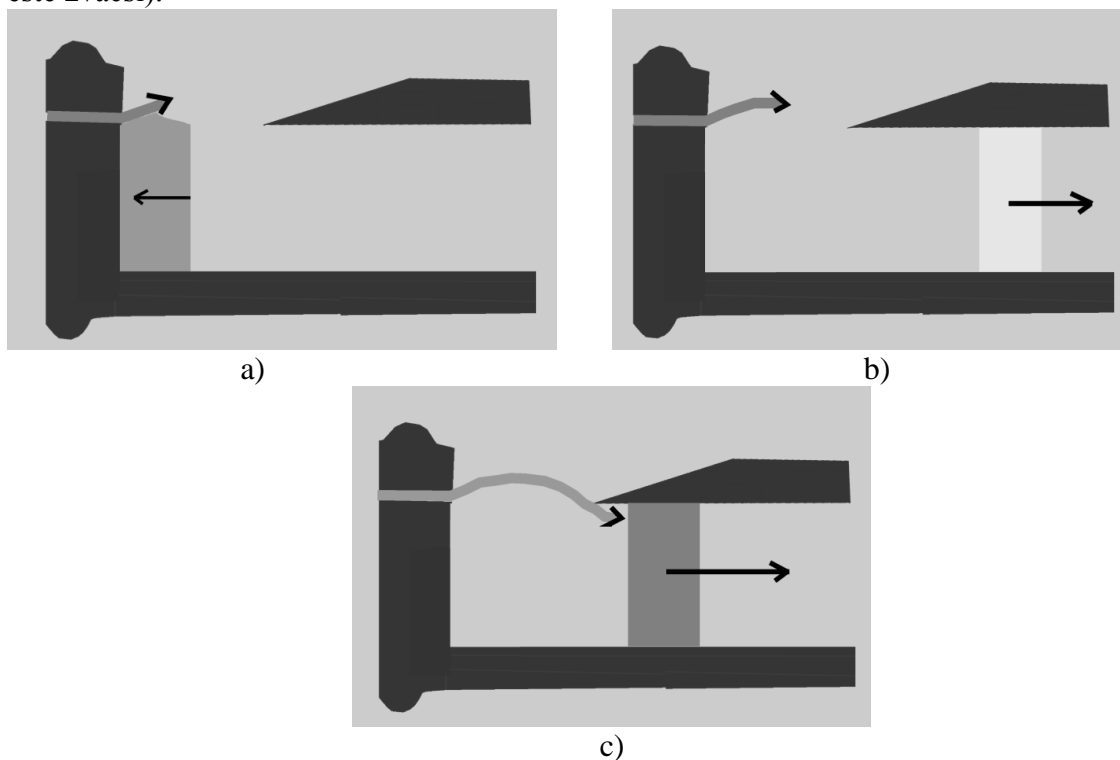
Na rozdiel od hojdačky, kde sú naše reflexy rýchlejšie než jej pohyb, pohyb zvukovej vlny je pre naše reflexy príráchly. Dofukovanie vzduchu vo vhodnom okamihu preto treba zautomatizovať. Slúži na to zariadenie, ktoré sa nazýva hlásnička, alebo niekedy tiež poeticky „duša píšťaly“ (obrázok 3). Jej základom je tenký kanálik, ktorým fúkame tenký prúd vzduchu na ostrú hranu. Na nej sa prúd vzduchu vychýli nahor alebo nadol za vzniku víru. Pri vychýlení prúdu jedným smerom sa systém snaží dostať do rovnovážnej polohy a prúd vzduchu sa vráti späť do priameho smeru. V dôsledku zotrvačnosti však obvykle prejde až na opačnú stranu hrany. Smer vychýlenia prúdu vzduchu sa tak spontánne periodicky mení a ľahko ho možno ovplyvniť napríklad aj tlakom vzduchu v píšťale. Veľmi pekné fotografie vírov vznikajúcich na hrane možno nájsť v článku <http://www.lam.jussieu.fr/Publications/Articles/annurev-fluid-Fabre2012.pdf> v kapitole 7.



Obr. 3 Vľavo: rez hlásničkou zobcovej flauty. Vpravo: kanálikom fúkame prúd vzduchu na ostrú hranu za vzniku vírov.

Mechanizmus dodávania energie v hlásničke je znázornený na obrázku 4. Keď sa zhustenie tlakovej vlny priblíži k hlásničke (obr. 4a), nárast tlaku spôsobí vychýlenie prúdu vzduchu smerom von z trubice. Prúd vzduchu smerujúci von postupne zmení svoj smer a vracia sa do rovnovážnej polohy (obr.4b). Tlaková vlna sa medzitým odrazila od konca trubice pri hlásničke. Hlásnička má otvor (okienko), preto môžeme koniec rúry pri hlásničke považovať za otvorený (vlna sa odrazí v protifáze). Po trubici sa teda od hlásničky späť šíri zriedenie vzduchu a o pol periódy neskôr aj zhustenie. V tom čase (obr. 4c) už vychýlený prúd dosiahol hranu a smeruje z vonkajšieho priestoru do trubice. Podkĺzne preto pod hranu a za vzniku víru

„fúkne“ do odchádzajúceho zhustenia, čím ho zväčší. Na obrázku 4 kvôli prehľadnosti nie sú však víry nakreslené. Podobný dej prebieha aj pri príchode zriadenia vzduchu k hlásničke, len výchylky prúdu majú opačný smer a vír sa vytvorí na vonkajšej strane hrany (čím sa zriadenie ešte zväčší).

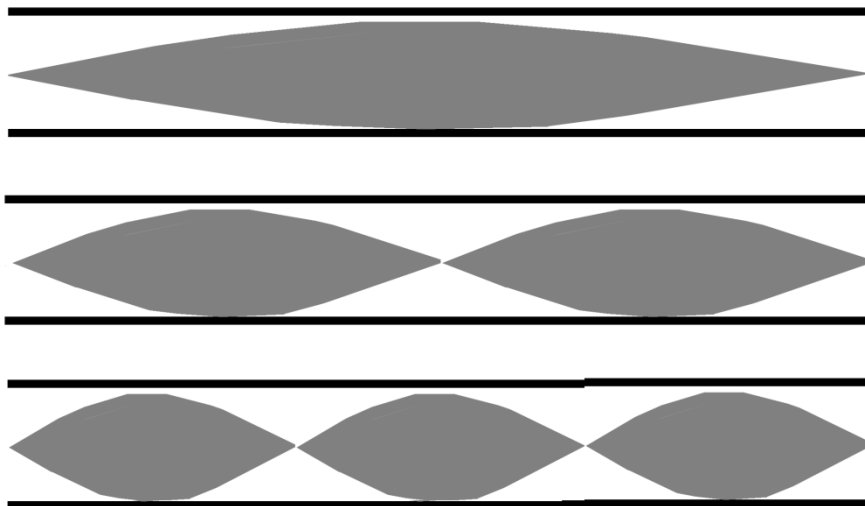


Obr. 4 Mechanizmus dodávania energie tlakovej vlny

Ako vidíme, veľmi dôležité je vzájomné zosynchronizovanie príchodu vychýleného prúdu vzduchu k hrane a periódy kmitov vzduchu. Doba od vychýlenia vzduchu na konci kanálíka po príchod vychýlenia k hrane má trvať asi pol periódy kmitov vzduchu. Rýchlosť šírenia výchylky prúdu vzduchu súvisí s rýchlosťou prúdu vzduchu, hoci nie sú úplne rovnaké. Z teórie prúdenia vzduchu vyplýva, že rýchlosť šírenia výchylky prúdu je asi polovica rýchlosti prúdu. Je teda zrejmé, že ku každej dĺžke trubice existuje istá optimálna dĺžka okienka (vzdialenosť konca kanálíka od hrany) a optimálna sila fúkania do kanálíka (rýchlosť prúdu vzduchu). Vhodný rozmer okienka môžeme ľahko odhadnúť. Ak opäť predpokladáme dĺžku trubice 1 m, zvuk ju prebehne jedným smerom za asi 3 ms, ako sme spomínali už skôr. Vzduch vyfukujeme z úzkeho kanálíka rýchlosťou rádovo povedzme 4 m/s, výchylka prúdu sa preto šíri rýchlosťou zhruba 2 m/s. Za pol periódy (3 ms) sa výchylka musí dostať od kanálíka ku hrane. Dĺžka okienka teda musí byť zhruba $2 \text{ m/s} \cdot 0,003 \text{ s} = 6 \text{ mm}$. Tento odhad bol síce iba veľmi hrubý, vysvetľuje však voľbu základných proporcií píšťaly – vzťah jej dĺžky ku dĺžke okienka. Dalším záverom je aj to, že pri zvolenej dĺžke okienka je dôležitá už iba rýchlosť prúdu vzduchu vychádzajúceho z kanálíka. Ak urobíme kanálík hrubý, budeme musieť do píšťaly fúkať veľké množstvo vzduchu a nemusíme vystačiť s dychom. Odmenou však môže byť silný zvuk píšťaly. Do tenšieho kanálíka stačí fúkať oveľa slabšie a na píšťale sa bude dať hrať oveľa ľahšie. Príliš tenký kanálík však bude produkovať iba slabý prúd vzduchu, ktorý nemusí mať dost energie na vybudenie čistého tónu a zvuk píšťalky bude „pridusený“. Podobný vplyv bude mať aj dĺžka okienka, pri kratšom okienku bude treba do píšťaly fúkať oveľa slabšie, než pri dlhom.

2 Zmena výšky tónu

V predchádzajúcej časti sme vysvetlili vznik nepretržitého tónu pomocou dejov prebiehajúcich pri príchode maxima alebo minima tlakovej vlny k okraju trubice a hlásničke. V skutočnosti sa ale tlak mení od maxima k minimu a späť plynulo, vlny bežia nepretržite z jedného konca trubice na druhý a v trubici vzniknú stojaté vlny. V závislosti od frekvencie tónu sa teda v trubici môže nachádzať celá séria maxim a mínim tlaku. Jediným obmedzením je, že na otvorenom konci trubice nemožno dosiahnuť zmenu tlaku (vzduch môže voľne vychádzať von a vchádzať dnu), musí sa tam nachádzať minimum zmien tlaku. Na uzavretom konci je to naopak – tam vzduch nemôže uniknúť a zmeny tlaku dosahujú svoje maximum.



Obr. 5 Rozloženie zmien tlaku v trubici s oboma koncami otvorenými

Preto píšťala istej dĺžky môže produkovať iba tóny s istou frekvenciou. Na obrázku 5 sú znázornené vhodné frekvencie, ak sú oba konce píšťaly (hlásnička aj opačný) otvorené. Vidíme, že v píšťale s dĺžkou l môžu vzniknúť trvalé tóny s vlnovou dĺžkou

$$\lambda = \frac{2l}{n}, \quad n = 1, 2, 3, 4, 5, \dots$$

čiže s frekvenciou

$$f = \frac{c}{\lambda} = n \frac{c}{2l}, \quad n = 1, 2, 3, 4, 5, \dots \quad (1)$$

kde c je rýchlosť zvuku (asi 330 m/s).

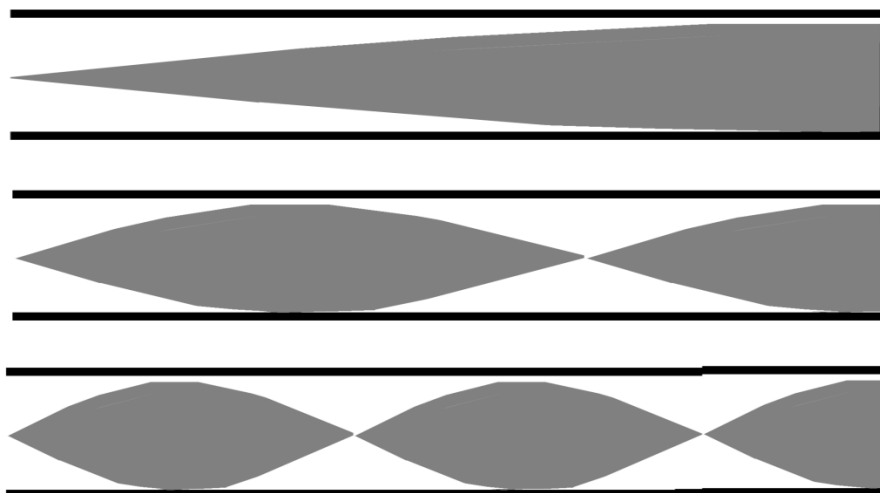
Na obrázku 6 je znázornená situácia, ak je jeden koniec uzavretý. Vidíme, že v píšťale s dĺžkou l môžu v takomto prípade vzniknúť trvalé tóny s vlnovou dĺžkou

$$\lambda = \frac{4l}{k} \quad k = 1, 3, 5, 7, 9, \dots$$

čiže s frekvenciou

$$f = \frac{c}{\lambda} = k \frac{c}{4l}, \quad k = 1, 3, 5, 7, 9, \dots \quad (2)$$

Všimnite si, že ak má píšťala jeden uzavretý koniec, má najnižší tón polovičnú frekvenciu, ako keď sú oba konce otvorené.



Obr. 6 Rozloženie zmien tlaku v trubici s jedným koncom uzavretým

Ak v píšťale istej dĺžky môžu vzniknúť stojaté vlny s rôznou frekvenciou, ako si píšťala vyberie, ktorá frekvencia sa vybudí? Bude to tá, ktorá pri odraze v hlásničke získa najviac energie od prúdu vzduchu z kanáliku. Už vieme, že doba prechodu vychýlenia prúdu od kanáliku po hranu je v optimálnom prípade rovná polperióde kmitov. Ak fúkame do kanáliku slabo, prúd vzduchu má malú rýchlosť, takže sa zosilní nízka frekvencia, napríklad zodpovedajúca $n = 1$ vo vzťahu (1). Ak fúkneme silnejšie, napríklad dvojnásobným tlakom, rýchlosť prúdu sa zdvojnásobí a najviac sa zosilní frekvencia zodpovedajúca $n = 2$. Pri ďalšom zvýšení sily fúkania sa postupne vybudia vyššie násobky najnižšej frekvencie. To, akú vysokú frekvenciu dokážeme ešte vybudíť, závisí od dĺžky okienka a aj od kvality hlásničky. Ak majú kanálik alebo hrana nerovný povrch, pri vysokých rýchlostiach sa prúd naruší, stane sa turbulentným a dodávanie energie zlyhá. Ak je okienko naopak príliš krátke, často nie je možné vybudíť najnižšie tóny, lebo by to vyžadovalo veľmi malé rýchlosti prúdu vzduchu, takže zvuk píšťaly je veľmi slabý, alebo dodaná energia ani nemusí stačiť na vykrytie strát a tón sa vôbec nevybudí. Pri dobre navrhnutej hlásničke môžeme silou fúkania do koncovky a odkrývaním/zakrývaním otvoru na jej konci zahrať rôzne tóny a melódiu.

3 Hranie melódie

Otázkou, ktoré tóny znejú ľudskému uchu príjemne, sa zaoberali už antickí vedci. Významný pokrok dosiahol napríklad Pytagoras. Zistil, že nám príjemne znejú tóny, ktorých frekvencie sú v pomere malých celých čísel. V prirodzene ladených nástrojoch sa môžeme stretnúť napríklad s nasledujúcimi pomermi:

2:1 – oktáva (ten istý tón, iba vyšší)

3:2 – kvinta (C-G)

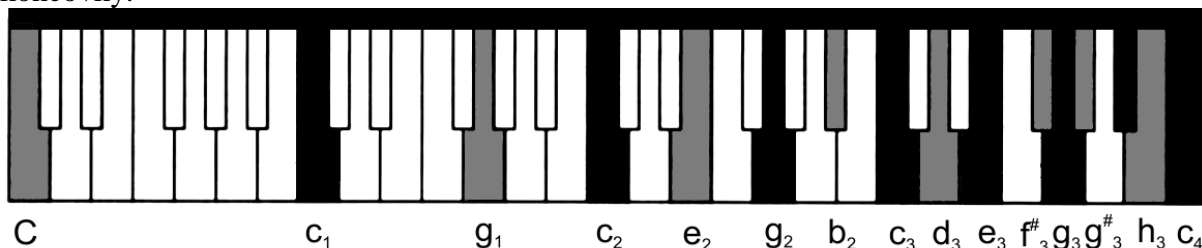
4:3 – kvarta (C-F)

5:4 – tercia (C-E)

Je zaujímavou vlastnosťou koncovky, že dokáže vydávať zvuky práve v týchto pomeroch. Dva najnižšie tóny koncovky s otvoreným koncom, ktoré zodpovedajú hodnotám $n = 1$ a 2 (obrázok 5 hore a v strede), majú pomer frekvencií 1:2. Je to teda ten istý tón, iba je o oktávu posunutý. Na zahratie melódie musíme do koncovky fúknuť ešte silnejšie, aby sme vybudili tón zodpovedajúci $n = 3$ (obrázok 5 dolu). V porovnaní s tónom s $n = 2$ má tón s $n = 3$ pomer frekvencií 3:2, čiže znie o kvintu vyššie – to už môže byť základom nejakej melódie. Preto sa za základný tón koncovky považuje tón s $n = 2$. Nech je to napríklad tón c^2 (oblíbené ladenie koncoviek je v tónine C, ktorá má tóny c, d, e, f, g, a, h, c'). Potom najbližší vyšší tón pri otvorenom konci je o kvintu vyššie, čiže tón g^2 . Teraz sa pozrime, aké tóny dokážeme zahrať

pri zatvorenom konci koncovky. Najnižší tón s $k = 1$ (obrázok 6 hore) má štvrtinovú frekvenciu, než základný tón c^2 . Je to teda ten istý tón, iba je hlbší. Tón s $k = 3$ (obrázok 6 v strede) má vzhľadom k základnému tónu s $n = 2$ pomer frekvencií 3:4. Tón je o kvartu nižší, je to tón g^1 . Ešte vyšší tón s $k = 5$ (obrázok 6 dolu) má vzhľadom k základnému tónu s $n = 2$ pomer frekvencií 5:4, je teda o terciu vyšší – je to tón e^2 .

Názornejšie je tóny koncovky znázorniť na klávesoch klavíra. Na obrázku 7 sú čiernou farbou označené tóny hrateľné pri otvorenom konci a sivou farbou tóny hrateľné pri uzavretom konci koncovky.



Obr. 7 Tóny koncovky. Čierne klávesy zodpovedajú otvorenému koncu, sivé klávesy uzavretému.

Všimnite si hustú skupinu tónov medzi tónmi c^3 a c^4 , ktoré umožňujú zahrať aj pomerne komplikovanú melódiu. Oproti klasickej stupnici v tónine C v nej chýbajú tóny f^3 a a^3 , zato sú tam ale navyše tri poltóny. Hranie v tejto skupine tónov je navyše veľmi ľahké (intuitívne), lebo tóny nasledujú po sebe tak, že striedavo otvárame a zatvárame koniec píšťaly a postupne fúkame do nej silnejšie a silnejšie. Vznikajú tak charakteristické a veľmi emotívne melódie, ktoré poznáme z ľudových piesní z oblasti Podpoľania. Zároveň sa tým ujasnilo, čo v sebe skrýva názov „píšťala s vysokým obsahom násobných frekvencií“ – pri hre sa vôbec nevyužívajú základné tóny, ale prakticky iba vyššie harmonické tóny získané silnejším fúkaním do píšťaly.

4 Tri dierky stačia

Pokiaľ by sme na píšťale chceli zahrať kompletnú stupnicu C (všetky tóny c, d, e, f, g, a, h, c), s koncovkou nevystačíme. Ako vidíme na obrázku 7, pri otvorenom konci nasleduje po základnom tóne c^2 tón g^2 . Chýbajú nám 3 tóny (všetky sú vyššie než základný tón): d^2 , e^2 a f^2 . Na ich zahratie by sme potrebovali ďalšie 3 píšťaly, ktorých dĺžka by bola postupne kratšia a kratšia. Namiesto toho však do píšťaly navrtáme 3 dierky. Cez dierky môže do trubice a von z trubice voľne prúdiť vzduch (ak sú dosť veľké), čím predstavujú nový (bližší k hlásničke) koniec píšťaly. Postupným odkrývaním dierok prstami tak dokážeme zahrať tóny c^2 , d^2 , e^2 a f^2 . Potom opäť všetky dierky zakryjeme a do píšťaly fúkneme silnejšie – zaznie tón g^2 . Opäť postupne odkrývame dierky, čím postupne zaznievajú vyššie a vyššie tóny. Takto dokážeme zahrať celú stupnicu, a tým aj pomerne komplikované melódie.

Tri dierky má aj fujara. Na rozdiel od trojdierkovej píšťalky sa však na fujare nehrá v oblasti základného tónu (ten by bol vzhľadom k dĺžke fujary veľmi hlboký), ale v oblasti vyšších harmonických. Tam už ale neplatí jednoduchý prstoklad (postupné odkrývanie dierok) opísané vyššie. Hra na fujare je preto oveľa ťažšia (menej intuitívna). Odmenu však je veľmi pôsobivý zvuk fujary.

Aby sa hra na píšťalke ešte viac zjednodušila, môžeme do nej navrtáť ďalšie 3 dierky, ktoré budeme zakrývať prstami druhej ruky. Získame tak 7 „dĺžok“ píšťalky (od všetkých dierok zakrytých po všetky dierky odkryté). Pri správnej polohe dierok tak zahráme tóny c^2 , d^2 , e^2 , f^2 , g^2 , a^2 a h^2 , čiže veľmi intuitívne dokážeme zahrať celú stupnicu. Šesťdierkové píšťalky sú preto veľmi rozšírené aj na Slovensku.

Komplikovanejšie (koncertné) nástroje, ako napríklad zobcová alebo priečna flauta, môžu mať dierok aj viac. Hráčovi to umožňuje zahrať širokú paletu tónov a aj komplikované hudobné diela.

5 Chcete si vyrobiť koncovku?

Ak vás píšťaly zaujali a máte chuť si nejakú sami spraviť, veľmi jednoducho sa dá vyrobiť koncovka, keďže do nej netreba vŕtať dierky. Ako jej základ možno použiť tenkú plastovú rúrku s vnútorným priemerom asi 1 cm a dĺžky asi 50 cm. Vhodné plastové rúrky, napríklad s vonkajším priemerom 12 mm a hrúbkou steny 1 mm, nájdete v obchodoch so stavebninami v oddelení s plastovými profilmi. Tam taktiež nájdete hladkú drevenú tyčku vhodného priemeru (napríklad s priemerom 10 mm aby sa presne dala zastrčiť do rúrky), pomocou ktorej vyrobíme kanálik. Viac materiálu nebudeme potrebovať (obr. 8a). Potom asi 4 cm od konca rúrky vyvrtáme (alebo vydlabeme nožom či okrúhlym pilníčkom) dierku s priemerom asi 4,5 mm (obr. 8b). Nožnicami potom vystrihneme prúžok rovnako široký ako dierka (obr. 8c), z ktorého vznikne kanálik. Pomocou pilníku a ostrého noža vyrovnáme okraje rezu a zarovnáme spodný okraj dierky, čím vznikne hrana (obr. 8d). Hranu zaostříme tak, aby nebola hrubšia než 0,3 mm. Odstránime všetky piliny a všetky miesta rezu zahladíme. Tým sa kanálik spolu s hranou rozšíria na asi 5 mm. Teraz z drevenej tyčky odrežeme jemnou pílkou asi 3 cm dlhý kúsok (obr. 8e). Ak treba, rez prebrúsime brúsny papierom, aby bol úplne hladký. Odrezok (klátik) potom zasunieme do rúrky tak, aby vzniklo približne štvorcové okienko (obr. 8f). Teraz kanálik uzavrieme. Z rúrky odrežeme asi 4 cm dlhý kus a nožnicami ho po dĺžke rozstrihneme (obr. 8g). Potom ho nasunieme na rúrku, čím sa vytvorí kanálik a celá hlásnička (obr. 8h).



a)



b)



c)



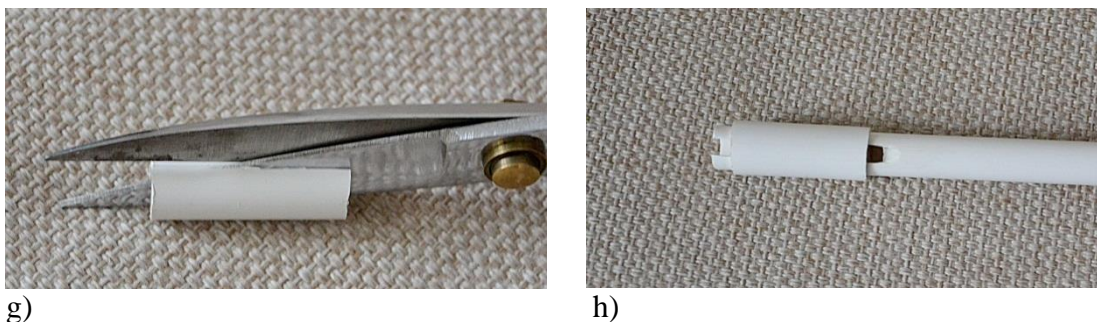
d)



e)



f)



Obr. 8 Výroba jednoduchovej plastovej koncovky

Teraz nasleduje ladenie píšťaly. Zvolená rúrka je vhodná na kratšiu koncovku ladenú na g^1 (základný tón bude g^2). Preto rúrku skráťte tak, že vzdialenosť medzi hranou a koncom píšťaly bude 41,0 cm. Nakoniec nasleduje najťažšia, ale najzaujímavejšia časť – ladenie hlásničky. Treba nájsť polohu klátika a vrchnej krycej rúrky tak, aby tón píšťalky bol čistý a ostrý. Často sa stane, že pri otvorenom konci hrá píšťalka čisto, ale pri uzatvorenom iba slabo alebo dokonca iba šušťí. Príčinou je, že pri uzavretom konci vyfukovaný vzduch odchádza cez okienko, čím je prúd vzduchu z kanáliku unášaný viac smerom von, takže nezasiahne hranu. Riešením je vytlačiť trochu (napríklad plochou časťou hrotu noža) hranu smerom von. Hlásnička je správne vytvarovaná vtedy, ak je zvuk rovnako čistý a silný pri otvorenom aj uzavretom konci píšťaly a dajú sa ľahko zahrať nižšie aj vyššie harmonické tóny (najmä z oblasti g^3 - g^4). Keď sme s hlásničkou hotoví, orežeme nožom pretŕčajúce časti oboch rúrok a píšťalka je hotová (obr. 9).



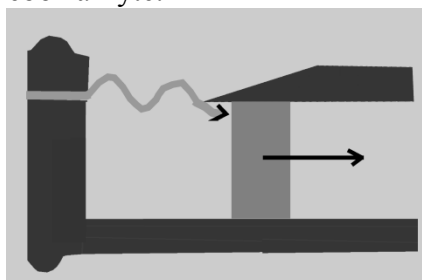
Obr. 9 Hotová plastová koncovka

Ak sa všetko podarí, píšťalka má jasný a prenikavý zvuk:
http://www.drp.fmph.uniba.sk/~kundracik/koncovka_plast.mp3.

Na záver

Napriek tomu, že vysvetlenie vzniku tónu v koncovke a fujare bolo pomerne podrobné, zámerne sme situáciu zjednodušili. V skutočnosti výšku tónu ovplyvňujú aj ďalšie efekty, z ktorých spomenieme aspoň dva.

Prvým z nich je vplyv priemeru dierok. Ak dierka nie je dost' veľká, potom nepredstavuje úplne voľný koniec trubice. Výsledkom je, že z hľadiska výšky tónu sa trubica zdá byť dlhšia, než je vzdialenosť hrany a dierky, znie teda trochu nižší tón. V takomto prípade časť vlny postupuje aj k ďalším (vzdialenejším) dierkam. Preto výšku tónu mierne ovplyvní ak to, či sú vzdialenejšie dierky odkryté alebo zakryté.



Obr. 10 Vznik kladnej spätnej väzby pri pomalom prúde vzduchu

Druhým efektom je to, že kladná spätná väzba (obr. 4) vznikne, aj keď je prúd vzduchu oveľa pomalší. Vtedy prúd vzduchu urobí pred nárazom do hrany o jeden celý kmit navyše (obr. 10). Kladná spätná väzba teda môže vzniknúť súčasne pre niekoľko kmitočtov, čo je ďalšou typickou črtou fujary.

Hráč na fujare teda riadi tón nielen silou fúkania, ale aj odkrývaním a zakrývaním zdanlivo nedôležitých dierok, čím sa niekedy vybudia aj frekvencie zodpovedajúce vyšším módom podľa obr. 10. Preto hra na fujare možno označiť za skutočné majstrovstvo.

Pod'akovanie

Pre fyziku je typické, že mnohé javy majú svoje analógie v jej rôznych oblastiach. Pri riešení výskumnej úlohy týkajúcej sa šírenia silných tlakových vln v pružných prostrediach (konkrétne vo vode) som sa pri štúdiu literatúry dozvedel o javoch, ktoré sa prekvapivo využívajú aj v píšťalkách. Preto pod'akovanie patrí operačnému programu „Výskum a vývoj“ (financovaný ERDF), ktorý podporil implementáciu projektu 26240220042. Bez finančnej podpory EÚ by tento článok nevznikol.

Reprint

KUNDRACIK, F. Tlakové vlny a ich rezonančné zosilnenie. Ako vlastne hrá koncovka a fujara? In *Fyzikálne listy* č. 2 a 3. 2012, s. 11-18. ISSN 1337-7795.

„Hlasné“ experimenty

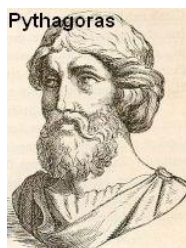
Autori: Klára Velmovská, FMFI UK Mlynská dolina, Bratislava
velmovska@fmph.uniba.sk
Monika Vanyová, FMFI UK Mlynská dolina, Bratislava
vanyova@fmph.uniba.sk

Anotácia

Príspevok je venovaný zvuku, jeho vzniku a vnímaniu. Na záznam a analýzu zvuku je vhodný program Audacity, s ktorým sa tento príspevok tiež zaoberá. Uvedieme jeho možné využitie pri aktivitách na hodinách fyziky venovaných zostrojovaniu jednoduchých hudobných nástrojov (z plastovej trubice, z PET fľaše, ...)

1 Všetko sa začalo už dávno

„Keď sa raz Pythagoras prechádzal po trhu, kde trhovníci ponúkali na predaj okrem iného zvončeky, všimol si, že čím je zvonček väčší, tým nižší zvuk vydáva. Podobnú vec si všimol idúc okolo kováčskej dielne. Menšia nákova vydávala pri úderoch kladiva vyššie tóny a väčšia nákova zas nižšie tóny. V hlave starovekého matematika a fyzika sa začali črtat' prvé myšlienky – vzťah medzi hudbou a matematikou. Nelenil ani chvíľu. Požičal si od kováča dve nákovy, u ktorých si všimol, že ich tóny sú od seba vzdialené o jednu oktávu. Odvážil ich a zistil, že pomer ich hmotností je 2:1. Od iného kováča si požičal nákovy, u ktorých boli tóny od seba vzdialené o kvintu. Tu bol pomer hmotností 3:2. Pythagoras si uvedomil, že ak sa pomer hmotností, dĺžok alebo hrúbok dvoch predmetov dá vyjadriť malými celými číslami, tóny, ktoré počujeme, tvoria najkrajšie čisté intervaly: oktávy, kvinty a kvarty. Frekvencia kmitania dvojnásobne ťažšieho telesa je dvojnásobne nižšia a takéto teleso vydáva o oktávu nižší zvuk. Podobne je to aj s dĺžkou struny. Dvojnásobne dlhšia struna kmitá dvakrát pomalšie a jej tón znie o oktávu nižšie.“ (Hudobná akustika, 2002)



Obr. 1 Pythagoras zo Samu (okolo 570 pr. n. l. – po 510 pr. n. l.)
(Zdroj: <http://soucitne.cz/osobnosti/filozofove-duchovni-vudci/pythagoras-ze-samu>)

2 Čo je oktáva

Oktáva je hudobný interval, medzi prvým a ôsmym tónom. Jednotlivé tóny sú *c*, *d*, *e*, *f*, *g*, *a*, *h*, *c'*. Tón *a* sa nazýva aj komorné *a* a je to základný tón v hudobnej akustike. Ak sa na oktávu pozrieme z fyzikálneho hľadiska, musíme uviesť frekvenciu jednotlivých tónov (tabuľka 1).

Tón	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>	<i>a</i>	<i>h</i>	<i>c'</i>
Frekvencia (Hz)	262	294	330	349	392	440	493	524

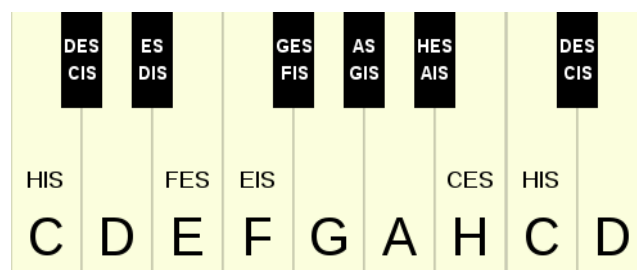
Tab. 1 Tóny oktávy a ich frekvencie

Odkiaľ sa vzali tieto tóny? Prečo sú im priradené práve tieto frekvencie? Ak sa pozrieme na pomer frekvencií tónov c a c' , vidíme, že ich pomer je presne 2. Rozdeľme tento interval na 12 frekvencií v rovnakom pomere. Teda v pomere $\sqrt[12]{2}$. Hodnoty po zaokrúhlení uvádzame v tabuľke 2.

262	278	294	312	330	350	370	392	416	441	467	494	524
c	cis	d	dis	e	f	fis	g	gis	a	ais	h	c'

Tab. 2 Frekvencie po rozdelení oktávy na 12 častí.
Niektoré frekvencie zodpovedajú frekvenciám tónov oktávy.

Ak sa pozrieme na frekvencie po rozdelení intervalu, zistíme, že niektoré z nich zodpovedajú frekvenciám tónov oktávy. Nie je to celkom presné pre tóny f , a , h . Medzi c a d je celý tón, kým medzi e a f je len poltón. Presne toto sa odráža na klaviatúre klavíra, na ktorej sú biele aj čierne klávesy. V rámci jednej oktávy je ich 15, tón c' už patrí do ďalšej oktávy. Medzi c a d je poltón cis , ktorému zodpovedá čierny kláves. Medzi e a f poltón nie je, preto na klaviatúre nie je medzi klávesmi zodpovedajúcimi tónom e a f čierny kláves.



Obr. 2 Klaviatúra klavíra (Zdroj: http://sl.wikipedia.org/wiki/Slika:Klaviatura_osnovna.svg)

3 Ako vzniká zvuk

Zvuk je pozdĺžne mechanické vlnenie. Aby vznikol, musí „niečo“ kmitať. Keď bucháme do stola, počujeme úder. To ale znamená, že stôl kmitá? Keď bucháme do ladičky, počujeme zvuk. Naozaj ladička kmitá? Presvedčiť sa o tom môžeme niekoľkými experimentmi. Uvedieme dva z nich.

Udrieme kladivkom do ladičky a koniec ladičky opatrne priblížime k voľnej hladine vody v širokej nádobe. Pozorujeme, že voda je rozprášená (obr. 3). Znamená to, že ladička sa pohybuje – kmitá. Dôležité je, aby ladička nebola umiestnená na drevenom stojane.

K rozozvučanej ladičke pomaly priblížime pingpongovú loptičku upevnenú na nitke (obr. 4). Pozorujeme, že loptička od ladičky odskakuje. Je to preto, lebo ladička kmitá, hoci je to voľným okom nepozorovateľné.



Obr. 3 Ladička rozpráši vodu



Obr. 4 Loptička od ladičky odskakuje

Podľa toho ako, t.j. s akou frekvenciou „niečo“ kmitá, závisí, aká bude frekvencia zvuku. Na to aby zvuk vznikol, musí niečo kmitať. Ako sa však zvuk „dostane“ do nášho ucha? Prenáša

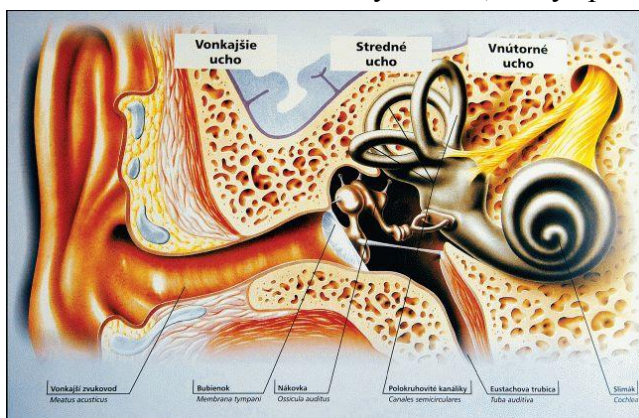
sa toto kmitanie vzduchom? Ako dôkaz nám poslúži jednoduchý experiment. Na nejakú nádobu natiahneme balón, tak aby sme dostali napnutú blanu (obr. 5). Na blanu nasypeme cukor, krupicu alebo iné drobné zrnká. Ak potom zoberiem hrniec a v blízkosti zrníek buchne varechou na jeho dno, môžeme pozorovať ako zrnká poskakujú. Je to dôsledok toho, že kmitanie dna hrnca spôsobené úderom, sa prenáša vzduchom na drobné zrnká. Teda nutná podmienka prenosu vzduchu je pružné prostredie, ako je napr. vzduch alebo voda.



Obr. 5 Dôkaz prenosu kmitania vo vzduchu

4 Ako vzniká hlas a prečo ho počujeme

Ľudský hlas vzniká, keď vydýchnutý vzduch rozkmitáva hlasivky. Frekvencia hlasu závisí od dĺžky a hrúbky hlasiviek. Preto deti s kratšími a tenšími hlasivkami majú „tenší“ hlas ako muži. Pod „tenším“ treba rozumieť hlas s vyššou frekvenciou. Frekvencia hlasu závisí aj od hustoty okolitého prostredia. Ak človek vydýchne maximálne množstvo vzduchu z pľúc a nasaje hélium z jarmočného balóna, hlas bude mať zmenený na nepoznanie – bude oveľa vyšší ako jeho skutočný hlas. Je to preto, lebo jeho hlasivky môžu v prostredí obsahujúcom hélium (má menšiu hustotu ako vzduch), kmitať oveľa rýchlejšie. Zvuk, ktorý vznikne chvením hlasiviek, sa vzduchom prenáša až k ľudskému uchu, kde rozkmitáva bubienok a pomocou kostičiek v strednom uchu vzniká nervový vzruch, ktorý spracúva náš mozog.



Obr. 6 Schéma ľudského ucha (Zdroj: http://hnonline.sk/2-22321115-k00000_d-79)

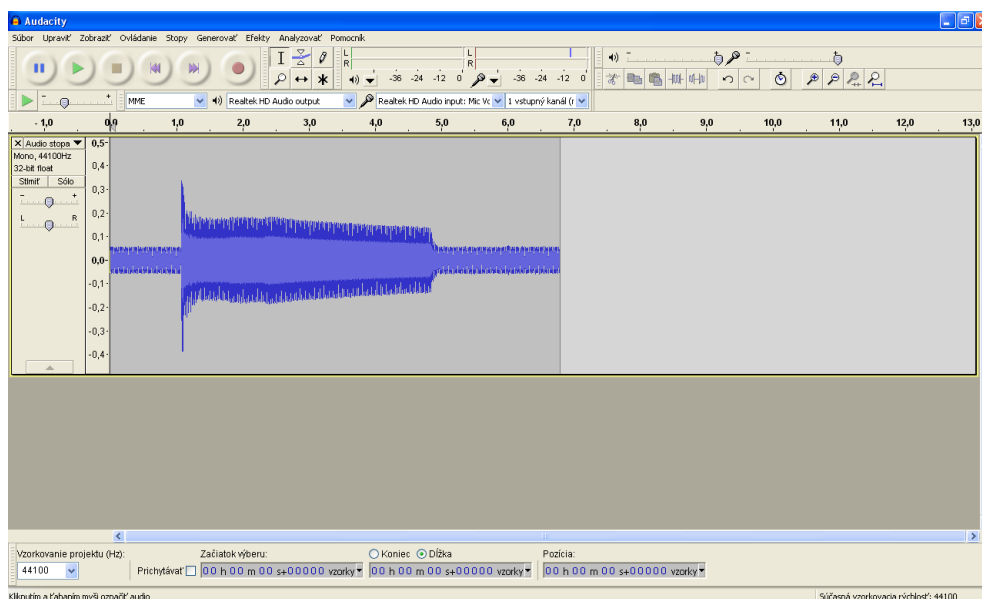
5 Zvuk ladičky

Zvuk ladičky je periodický zvuk. Je to jednoduchý tón, ktorý má harmonický priebeh. Presvedčiť sa o tom môžeme tak, že zaznamenáme jeho časový priebeh, t.j. závislosť amplitúdy od času. Poslúžiť nám na to môže program Audacity, ktorý je voľne šíriteľný. „Audacity je freewarový editor audio súborov. Pomocou tohto programu môžete nahrávať

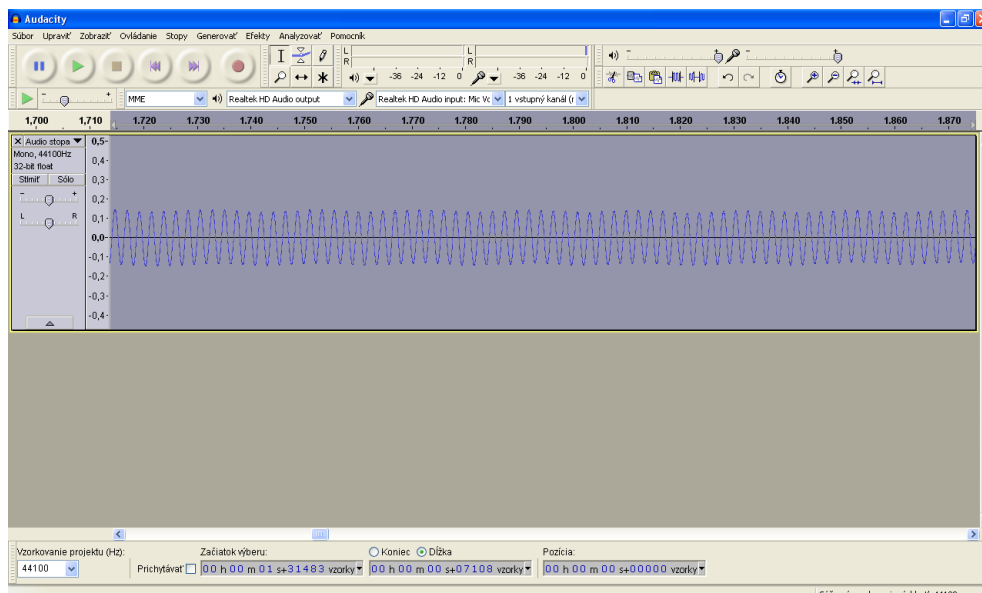
zvuky, prehrávať zvuky, importovať a exportovať WAV (Waveform Audio FileFormat), AIFF (Audio InterchangeFileFormat), OggVorbis a MP3 súbory. Audacity môžete použiť na editovanie zvukov (kopírovanie, strihanie a vkladanie s neobmedzenou možnosťou spätného kroku v prípade akejkoľvek chyby), mixovať zvuky dokopy poprípade aplikovať rôzne efekty do zvukov. Taktiež obsahuje vstavaný amplitúdový editor a nastaviteľný hlasový identifikátor a samozrejme okno s analýzou frekvencie. Vstavané efekty obsahujú Echo, Change Tempo, a NoiseRemoval. Program ďalej podporuje VST (VirtualStudioTechnology) a LADSPA pluginy (Linux Audio DevelopersSimplePlugin API).“ (Audacity, 2013). Na záznam zvuku stačí použiť notebook so zabudovaným mikrofónom, prípadne počítač, ku ktorému dokúpime externý mikrofón (do 3 €).

Na obr. 7 je záznam zvuku ladičky pomocou toho programu.

A



B

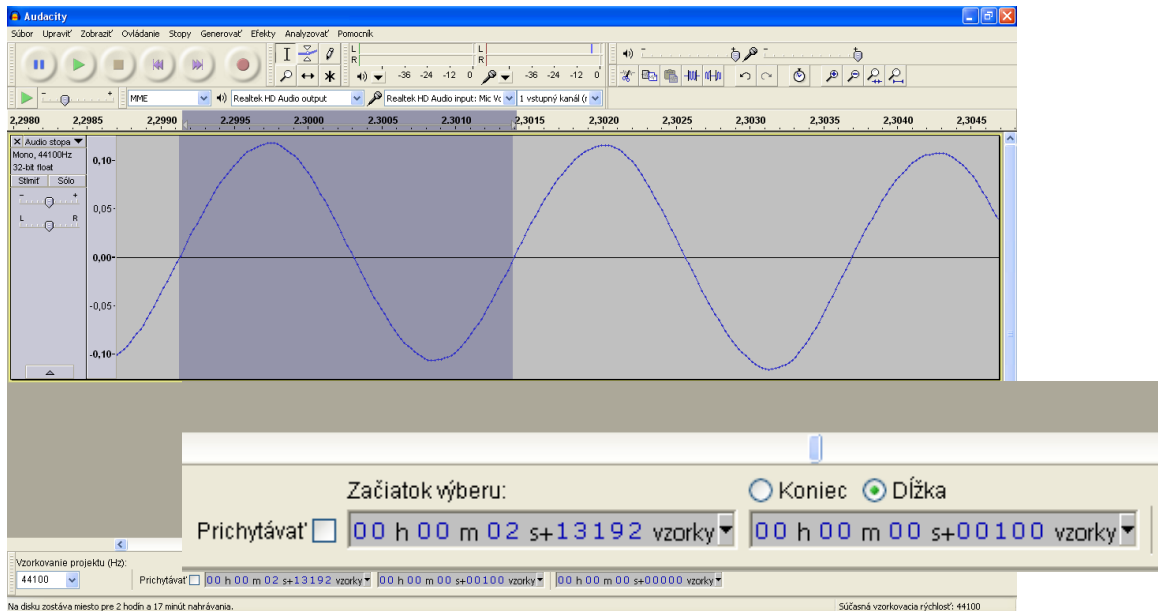


Obr. 7 Záznam zvuku ladičky pomocou programu Audacity: A po zázname, B po zväčšení

Zistiť frekvenciu zvuku môžeme dvoma spôsobmi. Jeden spôsob spočíva v určení veľkosti periódy. Keďže rozsah x -ovej osi nie je dostatočne jemný, môžeme si pomôcť vzorkovaním. Vzorkovanie 44 100 Hz znamená, že počas 1 sekundy zaznamenaná program 44 100 bodov. Ak

na grafe vyznačíme dĺžku jednej periódy a zvolíme „dĺžku výberu“, tak zistíme, že nášmu výberu zodpovedá 101 bodov (obr. 8). Ak za 1 s zaznamená program 44 100 bodov, za aký čas zaznamená 101 bodov?

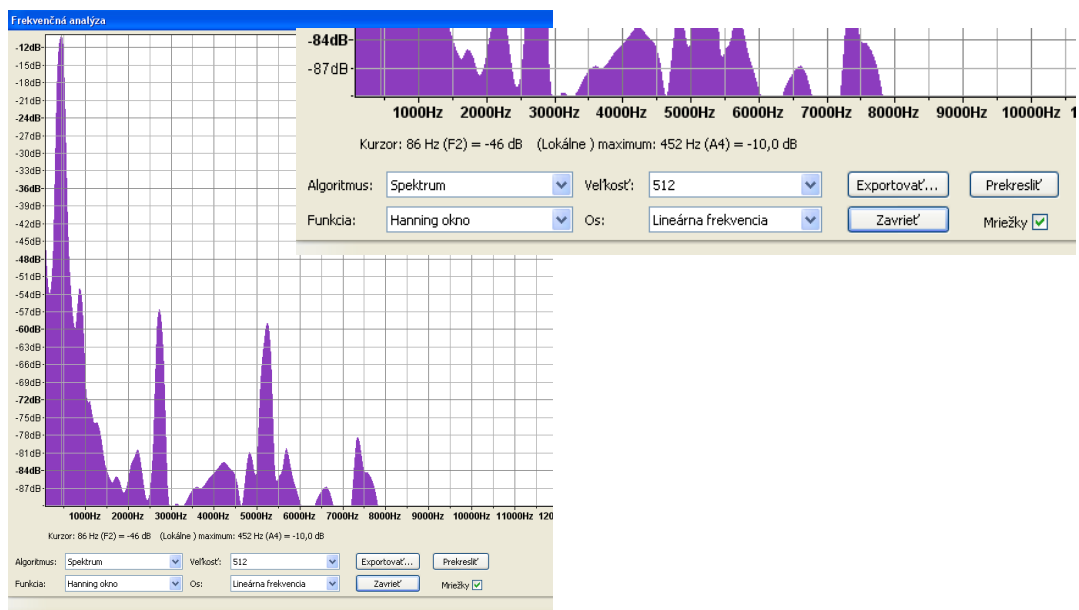
$$T = \frac{101}{44100} s = 0,00227s$$



Obr. 8 Určenie frekvencie tónu pomocou vzorkovania (detailný výrez)

Z toho frekvencia je $f = \frac{1}{T} = 441\text{Hz}$. Môžeme konštatovať, že náš výsledok je dostatočne presný, lebo sme pracovali s ladičkou, ktorá mala frekvenciu 440 Hz.

Iný spôsob zistenia frekvencie (dostatočne presný), je využiť Fourierovu analýzu, ktorú nám tento program dokáže urobiť. Urobíme na grafe výber a zvolíme v menu „Analyzovať“ možnosť „Vykresliť spektrum“. Program vykoná frekvenčnú analýzu, ktorú môžeme pomocou kurzora prezerat' (obr. 9). Nájdem prvé maximum, ktoré zodpovedá základnej frekvencii tónu. V našom prípade je to 452 Hz.



Obr. 9 Určenie frekvencie tónu pomocou frekvenčnej analýzy (detailný výrez)

Výhodou prvého spôsobu určenia frekvencie (vzorkovanie) je to, že je presnejšie ako určenie frekvencie pomocou frekvenčnej analýzy. Nevýhodou je, že je použiteľné len pre harmonické tóny, ktorých grafom je sínusoida.

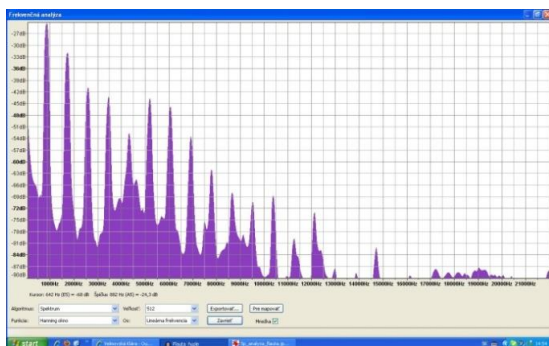
Ak zoberieme ladičku s meniteľnou frekvenciou, vidíme, že v prípade nižšieho zvuku, je frekvencia zvuku menšia, ako v prípade zvuku vyššieho. Ako sa záznam zmení, ak ladička vydá hlasnejší zvuk? Pribeh bude mať väčšie výchylky, t.j. bude väčšia amplitúda. Teda výška tónu súvisí s jeho frekvenciou a hlasitosť s amplitúdou.

6 Zvuk hudobných nástrojov

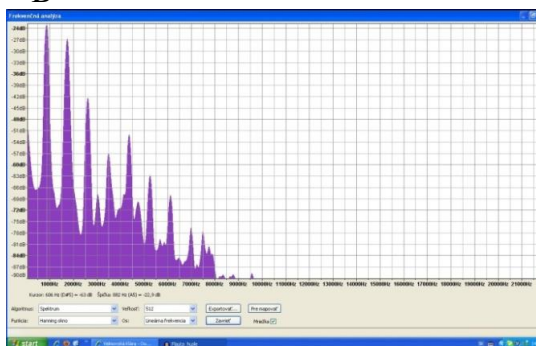
Zamyslime sa, prečo sa tón s rovnakou frekvenciou zahráný na husliach a na flaute, prípadne na iných hudobných nástrojoch, líši. Hovorí sa, že má inú farbu. Čím sa dá rozdiel vo farbe zvuku zdôvodniť?

Pomocou programu Audacity sme urobili záznam tónu zahráného na flaute a na husliach, oba s frekvenciou 882 Hz. Následne sme vykonali frekvenčnú analýzu, ktorá je znázornená na obrázku 10.

A



B



Obr. 10 Frekvenčná analýza tónu zahráného A na husliach, B na flaute

Z obrázkov 10 A a B vidíme, že napriek tomu, že frekvencia oboch tónov je rovnaká (882 Hz), frekvenčná analýza je iná. Maximá na oboch obrázkoch zodpovedajú rovnakým frekvenciám, avšak sú zastúpené v rôznej miere.

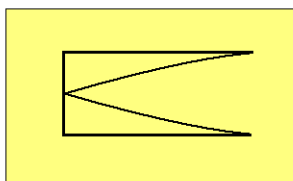
7 Výroba hudobného nástroja z rúry

Pokúsme sa vyrobiť hudobný nástroj z plastovej odtokovej vodovodnej rúry (obr. 11), ktorú možno zakúpiť za cenu približne 2,50 €.



Obr. 11 Plastová odtoková rúra

Ak jeden koniec rúry zachytíme rukou a do druhého konca fúkneme v smere kolmom na rúru, tak budeme počuť zvuk. Ide o zvuk v trubici s jedným koncom uzavretým. Pri fúknutí v nej vzniká štvrtá vlna, ako je znázornené na obrázku 12.



Obr. 12 Zvuk v rúre s jedným koncom uzavretým

Frekvencia zvuku by mala byť $f = \frac{v}{4l}$ (1). Na výrobu hudobného nástroja potrebujeme vyhotoviť 8 trubíc, ktoré budú po fúknutí vydávať zvuk správnych frekvencií – frekvencie 8 tónov oktávy. Aké dlhé majú byť tieto trubice?

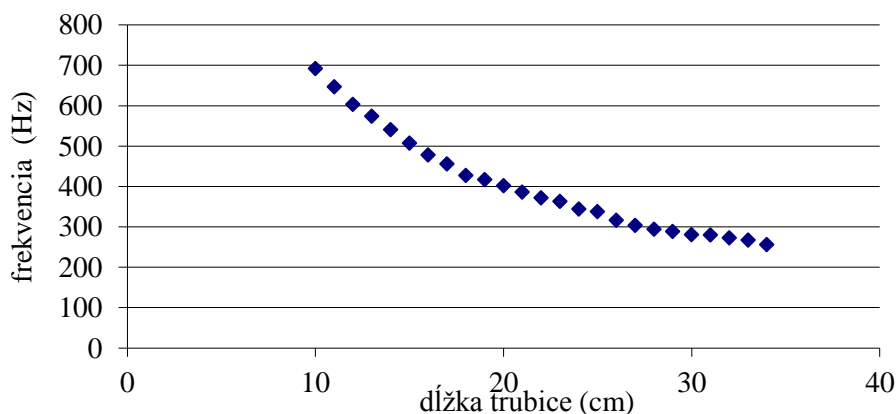
Ak chceme určiť, akú frekvenciu vydáva trubica využijeme program Audacity. Získame závislosť frekvencie od dĺžky trubice. Ak vieme, akú frekvenciu má mať daný tón, z tejto závislosti vieme určiť správnu dĺžku trubice.

Meranie by sme mohli uskutočniť tak, že by sme trubicu postupne skracovali. Vyžadovalo by to však pomerne veľa času, ktorý by si vyžiadalo pílenie trubice. Preto sme volili inú možnosť – koniec trubice sme postupne ponárali do vody vo vysokom odmernom valci, čím sme v podstate skracovali jej dĺžku. Po spracovaní záznamu v programe Audacity sme stanovili frekvenciu zvuku a dáta sme spracovali v Exceli. Získali sme tabuľku 3 a graf 1.

l / cm	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22
f / Hz	256	267	273	280	281	289	294	304	316	338	344	363	372

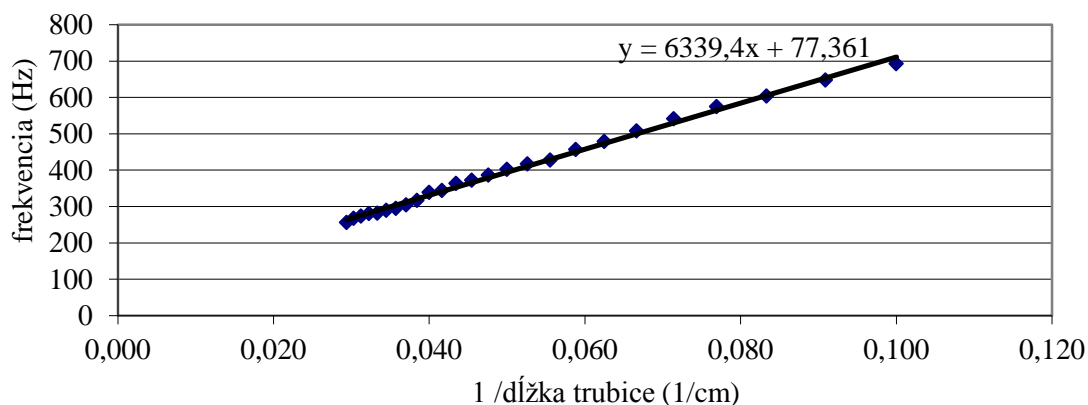
l / cm	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	21
f / Hz	386	402	417	427	456	478	507	541	574	603	647	692	386

Tab. 3 Namerané frekvencie pre danú dĺžku trubice



Graf 1 Závislosť frekvencie zvuku od dĺžky trubice

Keďže očakávame závislosť $f \sim \frac{1}{l}$, graf linearizujeme a aproximujeme lineárnou funkciou. Výsledok je zobrazený na grafe 2.



Graf 2 Linearizácia grafu závislosti frekvencie zvuku od dĺžky trubice

Frekvencia je $f = \frac{v}{\lambda} = \frac{v}{4 \cdot l}$. Z grafu a aproximácie vyplýva, že smernica priamky je 6339,4 cm/s. Preto rýchlosť zvuku by mala byť $v = 253,58 \text{ m/s}$. Tento výsledok nekorešponduje so skutočnosťou. Vypočítali sme preto hodnoty pre rýchlosť zvuku pre všetky nami namerané údaje. Zistili sme, že „dobré výsledky“ (okolo 340 m/s) dostávame, len pre veľké dĺžky trubice (29 – 34 cm). Čím je trubica kratšia, tým je výsledok „horší“. Prečo je to tak? Pretože vzťah (1) predpokladá, že na konci otvoreného konca trubice je atmosférický tlak. Ale nie je to celkom tak. Je potrebné urobiť korekciu, ktorá spočíva v tom, že dĺžku trubice predĺžime o $\frac{1}{3}$ jej priemeru. Experimentálne zistená frekvencia sa potom do väčšej miery zhoduje s vypočítanou. Avšak opäť je to len približné – presná korekcia si vyžaduje zložitý matematický aparát.

Pri kratšej trubici je vzhľadom na jej dĺžku už priemer podstatný, kým pri dlhej trubici je vzhľadom na túto dĺžku priemer zanedbateľný. Náš pôvodný úmysel – určiť správnu dĺžku trubice pre dané frekvencie – bol týmto zmarený.

Vďaka experimentu sme vedeli odhadnúť aspoň približnú dĺžku trubice. Potom nasledovalo tzv. experimentálne ladenie, ktoré spočívalo v postupnom skracovaní trubice pomocou pilníka a mnohonásobnom meraní v programe Audacity. Výsledkom bolo 8 trubíc rôznych dĺžok s frekvenciami tónov oktávy (tabuľka 4). Všetky trubice sú na obrázku 13.

Tón	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>	<i>a</i>	<i>h</i>	<i>c'</i>
l / cm	32,6	29,1	25,1	24,2	21,0	18,3	16,5	15,8

Tab. 4 Dĺžky trubíc pre jednotlivé tóny

Zdôrazňujeme, že tieto dĺžky trubíc sú vhodné len pre plastovú odtokovú rúru s vnútorným priemerom 32 mm (obr. 11).



Obr. 13 Jednoduchý hudobný nástroj z plastovej trubice

Výhoda takto zhotoveného „hudobného nástoja“ je tá, že trubice zvuk vydajú nielen keď do nich z boku fúkneme, ako sme to robili pri ladení, ale i vtedy, keď dlaňou udrieme na jeden ich koniec. Frekvencia zvuku bude rovnaká ako v prípade fúknutia. Preto môžeme tento nástroj považovať za pomerne hygienický, na ktorom môžu hrať po sebe niekoľkí „hudobníci“.

8 Na ľudovú nôtu

V podmienkach triedy je vhodné mať pripravené dve sady trubíc s označením tónov – každý tón môžu zahráť dvaja študenti. Najprv je potrebné študentov precvičiť, t.j. prejsť celú oktávu, pričom študenti vydávajú správne tóny buchnutím na trubice. Potom môže prísť na rad zahranie pesničky, pričom učiteľ je dirigent a ukazuje na noty.

C D E F G G G G C' C' H
Po-ka-pa-la na sa-la-ši sla-ni-na,

A A G F F E D D C
sla-ni-na, sla-ni-na, sla-ni-na.

C D E F G G G G C' C' H
Po-ve-da-li na na-še-ho Mar-ti-na,

A A G F F E D D C
Mar-ti-na, Mar-ti-na, Mar-ti-na.

Obr. 14 Noty k ľudovej pesničke

9 Možné aktivity s programom Audacity

Ďalšou možnou aktivitou s programom Audacity realizovateľnou v podmienkach školy je vyhotovenie hudobného nástroja z PET fľašiek. Študenti sú rozdelení do 8 skupín, pričom každá skupina má za úlohu naladiť 0,5 l PET fľašu na učiteľom zvolený tón. Každá skupina musí mať k dispozícii notebook s nainštalovaným programom Audacity. Výsledkom bude 8 fliaš naladených na tóny oktávy.

Vhodnejšie na aktivitu by boli sklenené fľaše, ale z hľadiska bezpečnosti sme volili PET fľaše. V čom je ich nevýhoda? Tá spočíva v tom, že sú stlačiteľné. Najmä pri tónoch *a, h, c'*, kedy je vo fľaške pomerne veľa vody. Ak fľašu chytíme do rúk, nechtiac ju stlačíme a zmeníme výšku vodného a teda i vzduchového stĺpca – frekvencia tónu sa zmení. Preto je dôležité, aby sme mali fľašu položenú na stole, keď do nej fúkame alebo ju zdvíhali za hrdlo.

Ďalšou aktivitou realizovateľnou pomocou programu Audacity je určenie rýchlosti zvuku pomocou odmerného valca. V tomto prípade je nutné počítať s korekciou dĺžky valca vplyvom jeho priemeru. Ak použijeme viacero druhov odmerných valcov, je môžeme počítať priemernú hodnotu ako aj presnosť merania.

Záver

V tomto príspevku sme sa zamerali na priblíženie základných fyzikálnych pojmov v hudobnej akustike. Uviedli sme niekoľko experimentov na dôkaz toho, že zvuk je mechanické vlnenie, ktoré sa prenáša vzduchom. Zaoberali sme sa voľne šíriteľným programom Audacity, ktorý je využiteľný v podmienkach školy. Objasnili sme, ako sme pomocou tohto programu zhotovili „hudobný nástroj“ z odtokovej rúry. Navrhli sme ďalšie možné aktivity realizovateľné pomocou programu Audacity.

Pod'akovanie

Tento príspevok vznikol s podporou projektu KEGA č. 130UK-4/2013.

Zoznam bibliografických odkazov

Hudobná akustika – ladenie. 2002. [online] referaty.sk [cit. 25.1.2013]. Dostupné na:

<<http://referaty.atlas.sk/prirodne-vedy/fyzika-a-astronomia/7668/?page=0>>

Audacity. 2013. [online] In *sme.sk* [cit. 25.1.2013]. Dostupné na:

<<http://tahaj.sme.sk/software/269#>>

Teplocitlivé fólie ve fyzikálních experimentech

Autor: Zdeněk Bochníček, PřF MU, Kotlářská 2, 611 37 Brno
zboch@physics.muni.cz

Anotace

Příspěvek popisuje využití tzv. teplocitlivých fólií v demonstračních fyzikálních experimentech. Jsou uvedeny příklady z termiky, termodynamiky a aerodynamiky. Podrobně je popsána možnost využití teplocitlivých fólií pro detekci infračerveného záření a také omezení, která přináší užití klasické skleněné optiky při zobrazování v infračervené oblasti.

Úvod

Teplocitlivé fólie (TCF), někdy zvané teplotní nálepky, jsou komerčně běžně dostupné jako orientační snímače teploty. Pracují na bázi tekutých krystalů a mění barvu v odraženém světle podle aktuální teploty. Jejich základní vlastnosti jsou:

- malý teplotní rozsah (typicky 5 °C), relativně vysoká citlivost,
- malá tepelná kapacita,
- rychlá odezva,
- názorné zobrazení rozložení teploty v ploše.

Pro níže popsané experimenty jsou nejvhodnější velké fólie o rozměrech (30×30) cm²; které získáme za cenu cca 30 eur (Jakar electronics, 2011). Malý rozsah teplot je na jedné straně zárukou vysoké citlivosti, na druhé straně komplikuje experimenty v případě, kdy se teplota v učebně mění. Pro spolehlivé použití fólií za různých teplotních podmínek je nutné mít několik kusů různého teplotního rozsahu.

1 Tepelný stopař

Přiložme prohřátou dlaň na desku stolu a podržme ji tam 10 - 20 sekund. Pak na toto místo položíme termofólii vhodného teplotního rozsahu. Za krátký okamžik se na fólii objeví obraz naší ruky, který překvapivě jen pomalu mizí, viz obr. 1. K tomu, aby byl tento experiment úspěšný, je třeba dodržet jisté podmínky. Především nesmí být v místnosti příliš teplo, aby ruka byla skutečně výrazně teplejší než deska stolu. Pokus se také nepodaří, máme-li ruce studené. Dále je velmi podstatná i tepelná vodivost materiálu stolu. Nesmí být ani příliš velká, ani malá. Tento vliv lze ukázat tak, že pokus opakujeme s měděnou deskou a deskou z pěnového polystyrénu. Ani v jednom případě se ostrý a kontrastní obraz ruky nevytvoří. V případě měděné desky je tepelná stopa rozmazána vysokou tepelnou vodivostí. Naopak velmi nízká tepelná vodivost pěnového polystyrénu a jeho malá objemová tepelná kapacita nedovolí do materiálu akumulovat dostatečné množství tepla a následně je přenést na fólii. Pokus velmi dobře funguje na dřevotřískce potažené laminem, dřevěná deska stolu, případně dýhovaná laťovka dává výsledky horší.

V tomto i ve všech dalších experimentech je důležitá i vhodná volba teplotního rozsahu fólie. Většinou zaznamenáváme jen subtilní změny teploty a je tudíž třeba zajistit, aby sledovaný rozsah teplot spadal do intervalu citlivosti fólie. Vzhledem k tomu, že pokojová teplota je nejčastěji několik stupňů nad 20 °C, najdou největší uplatnění fólie s teplotními rozsahy 20 °C – 25 °C a 25 °C – 30 °C.

V horkém letním počasí se pokus pravděpodobně nepodaří. Pak lze vyzkoušet inverzní uspořádání, kdy přikládáme studenou ruku na teplou desku stolu. Ruku účinně vychladíme studenou vodou anebo ledovou tříští.



Obr. 1 Tepelný otisk lidské ruky

2 Teplotní vodivost kovů

Pomocí teplocitlivých fólií lze snadno demonstrovat teplotní vodivost kovových materiálů. Fólii přilepíme na kovovou tyč obdélníkového průřezu, kterou na jednom konci zahříváme. Druhý konec můžeme nechat volný anebo chladit. Tak lze snadno modifikovat okrajové podmínky pro difúzi tepla. Výhodné je srovnávat dva různé kovy s odlišnou teplotní vodivostí, například měď a ocel.

Pro účely experimentu lze zhotovit jednoduchý přípravek, kde ohřev zajišťuje výkonový rezistor (obr. 2a). V jednodušší variantě lze konce tyčí ohřívát teplou vodou (obr. 2b). V obou případech je nutné, aby tyče byly přibližně vodorovné. Při svislém uspořádání tyčí by experiment nežádoucím způsobem ovlivnila vertikální konvekce teplého vzduchu.

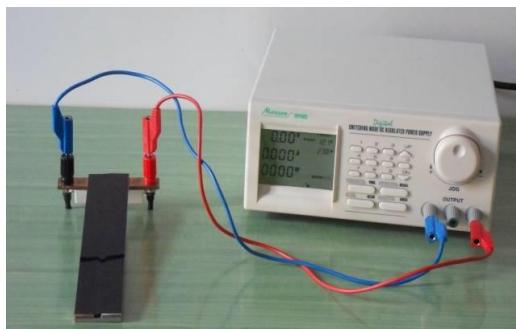
V neustáleném stavu rozhoduje o rozložení teploty v látce veličina zvaná koeficient teplotní vodivosti definovaná jako

$$a = \frac{\lambda}{c \cdot \rho},$$

kde λ je koeficient tepelné vodivosti, ρ hustota a c měrná tepelná kapacita. Právě tato veličina se vyskytuje v difúzní rovnici vedení tepla na pozici difúzního koeficientu

$$\frac{\partial t(x, \tau)}{\partial \tau} = \frac{\lambda}{\rho c} \frac{\partial^2 t(x, \tau)}{\partial x^2}.$$

Je to přirozené. Pro změnu teploty daného objemového elementu není podstatný pouze tok tepla určený koeficientem tepelné vodivosti λ , ale také tepelná kapacita tohoto elementu. Součin ρc přitom udává tepelnou kapacitu objemové jednotky materiálu.



(a) (b)
Obr. 2 Přípravek pro elektrický ohřev kovových tyčí (a), ohřev tyčí horkou vodou (b)

Zajímavou veličinou je tzv. difúzní délka Λ , definovaná jako

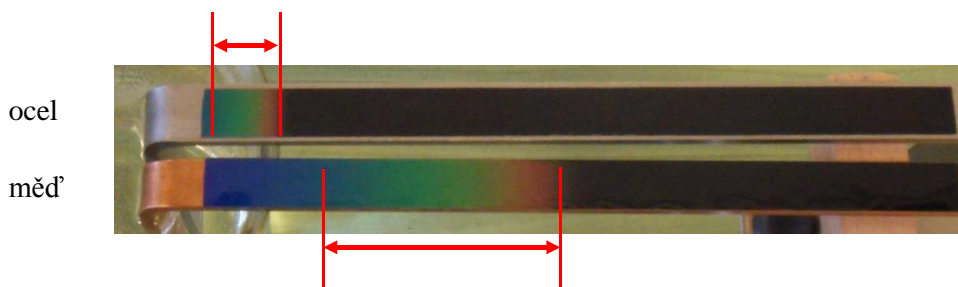
$$\Lambda = \sqrt{D\tau} = \sqrt{\frac{\lambda}{\rho c}} \tau,$$

kteřá orientačně určuje vzdálenost, na kterou se teplo nebo difundující látka rozšíří za čas τ . V našem případě můžeme rozložení teploty zobrazené barevnou škálou přímo porovnávat s difúzními délkami jednotlivých materiálů (viz dále). Je ovšem nutné poznamenat, že tepelná vodivost materiálů silně závisí na příměších. Například reálný koeficient teplotní (a tedy i tepelné) vodivosti mědi v tyči, kterou zakoupíme v prodejně hutních materiálů, bude pravděpodobně jiný (menší) než je koeficient čisté mědi udávaný v tabulkách.

V tabulce 1 jsou uvedeny příklady tepelných vlastností vybraných materiálů. Z tabulky například plyne, že difúzní délka mědi je asi trojnásobkem difúzní délky oceli. Tato hodnota je v dobrém souladu s výsledkem experimentu (obr. 3).

materiál	λ $\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$	c $\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$	ρ kgm^{-3}	a m^2s^{-1}	Λ (lib.jed.)
měď	386	383	8940	$1,1 \cdot 10^{-4}$	105
železo	80	450	7860	$0,23 \cdot 10^{-4}$	48,0
ocel (1 % uhlíku)	43	450	8000	$0,12 \cdot 10^{-4}$	34,6
nerez	16	450	8000	$0,044 \cdot 10^{-4}$	21,0
hliník	237	896	2700	$0,98 \cdot 10^{-4}$	99

Tab. 1 Tepelné vlastnosti vybraných materiálů



Obr. 3 Srovnání difúzních délek oceli a mědi

3 Ohřev při adiabatické kompresi

Ohřev vzduchu při adiabatické kompresi se jednoduše demonstruje například ohřevem hadičky hustilky při déletrvajícím pumpování. S využitím TCF lze snadno a rychle demonstrovat ohřev i při malé změně tlaku vyvolané jednorázovým stiskem PET láhve holou rukou. Běžné teploměry tak malý ohřev detekovat nedokáží, vzhledem k nízké tepelné kapacitě vzduchu není masivnější čidlo teploměru dostatečně prohřáto.

Malý kousek TCF zbavíme zadní krycí fólie a lepicí vrstvy (lepicí vrstva je oboustranně lepicí páska, kterou lze z TCF sejmout). Odstranění vrstev sníží tepelnou kapacitu fólie, což je důležité k úspěšnému provedení experimentu. Fólii připevníme ke špejli a špejli přilepíme na vnitřní stranu víčka PET láhve. (Pro lepení je ideální tavná pistole) (viz obr. 4). Víčko zašroubujeme dovnitř láhve. Stlačíme-li maximální silou ruky láhev, fólie změnou barvy detekuje ohřev plynu uvnitř láhve. Po uvolnění tlaku se plyn velmi rychle ochladí a TCF s krátkou integrační dobou i toto ochlazení přesvědčivě zobrazí.

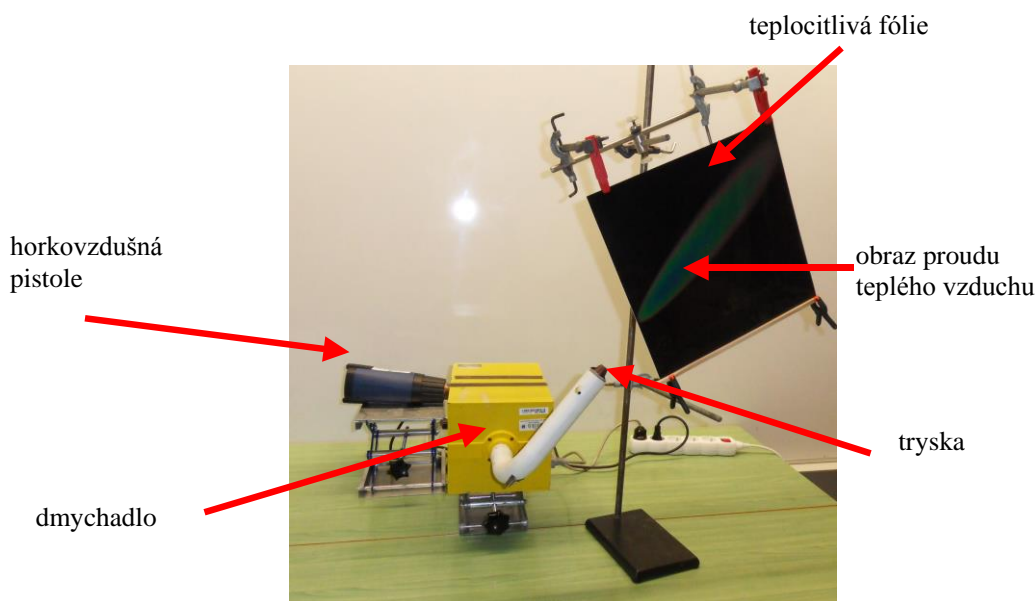
Při pouhém stisku rukou není ohřev vzduchu velký. Je tedy třeba zajistit, aby rozsah TCF začínal těsně nad aktuální teplotou vzduchu v láhvi před počátkem adiabatické komprese. Je proto třeba použít fólii s teplotním rozsahem $25^{\circ}\text{C} - 30^{\circ}\text{C}$. Je-li v místnosti chladněji, přehřejeme vzduch v láhvi teplou vodou anebo jen dotykem ruky.

4 Zobrazení proudění vzduchu v aerodynamice

Školské demonstrační pokusy z aerodynamiky se většinou omezují na demonstraci silového působení proudícího vzduchu na obtékané objekty. Zobrazit přímo proudící vzduch je obtížné, i když experimenty tohoto typu jsou velmi názorné. Obvykle se proudění zobrazuje pomocí kouře přimíchaného do vzduchu. Tento experiment však vyžaduje nejen bezpečný zdroj kouře, ale také černé pozadí, částečné zatemnění a silné boční nasvícení proudícího vzduchu. Instalace celého experimentu je proto náročná a ve školském prostředí obtížně realizovatelná.

Teplotcitlivé fólie nabízejí jinou, experimentálně jednodušší možnost zobrazení proudícího vzduchu. Pokud vzduch ohřejeme, jeho proud bude zviditelněn barevnou změnou na TCF. Tento experiment nemá žádné zvláštní nároky na nasvětlení scény, lze jej poměrně rychle sestavit a snadno o přestávce přenést do učebny.

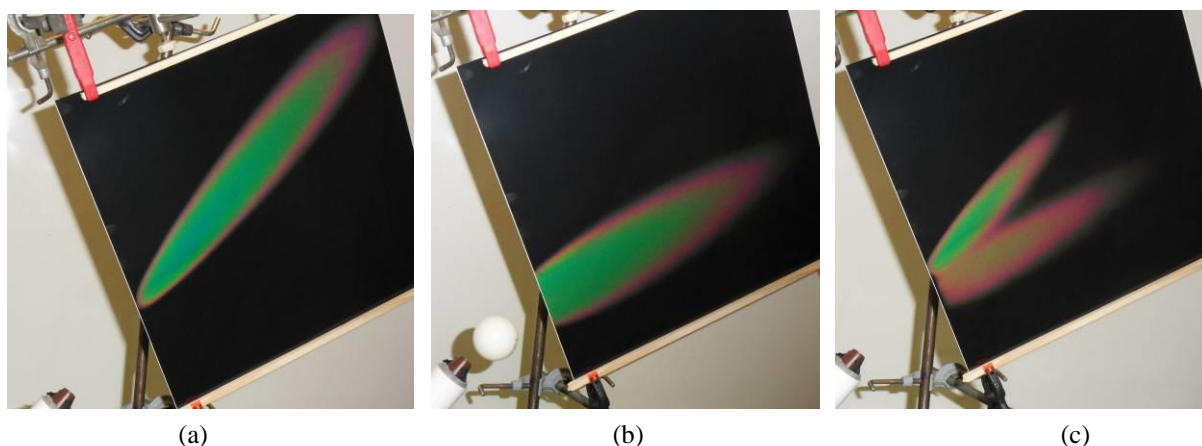
Jako příklad zde uvedeme demonstraci odklonu proudu vzduchu při levitaci pingpongového míčku. Experimentální upořádání je zobrazeno na obr. 5. Proud vzduchu dmyhadla je přilhlíván horkovzdušnou pistolí. Pro snazší nastavení teploty proudícího vzduchu je velmi výhodné, má-li horkovzdušná pistole možnost regulace teploty vzduchu. Do proudu těsně za levitující míček umístíme TCF. Pozorujeme změnu směru proudícího vzduchu poté, co míček umístíme do proudícího vzduchu, případně jej z proudu odstraníme, obr. 6.



Obr. 5 Experimentální uspořádání při zobrazení proudění vzduchu



Obr. 4. Přípravek pro detekci ohřevu při adiabatické kompresi



Obr. 6 Proud vzduchu bez míčku (a), s míčkem (b) a několik sekund poté, co byl míček odstraněn (c)

Poznámka

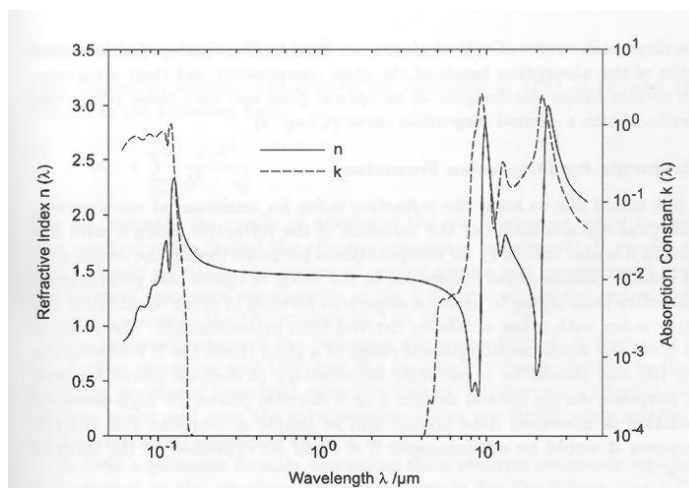
Obvyklý způsob, jakým se levitace míčku v svislém nebo i v šikmém proudu vzduchu vysvětluje, je chybný. Při tomto jevu neplatí Bernoulliova rovnice, která je vlastně vyjádřením zákona zachování mechanické energie pro proudící tekutinu. Mechanická energie plynu se v tomto případě nezachovává. Nelze říci, že v proudu vzduchu je menší tlak, protože je tam nenulová (a tedy větší) rychlost. Plyn byl urychlen dmychadlem, jeho celková mechanická energie tedy vzrostla a nelze ji klást rovnu mechanické energii okolního klidného vzduchu. Tlak v proudu vzduchu je stejný jako tlak v okolí a tento fakt lze velmi jednoduše ověřit přímým měřením tlaku například pomocí U-trubice.

Korektní vysvětlení je možné pomocí třetího Newtonova zákona. Míček odklání proud vzduchu z původního směru (tento jev právě dokazuje výše popsany experiment). Vzduch se pohybuje po kruhovém oblouku, tedy na něj musí působit dostředivá síla, která je způsobena přítomností míčku (**akce**). Současně vzduch působí na míček silou stejné velikosti ale opačného směru (**reakce**). Tato reaktivní síla kompenzuje sílu tíhovou působící na míček a současně míček vrací zpět do středu proudícího vzduchu.

5 Zobrazení infračerveného záření (IR)

5.1 Použití skleněné optiky pro IR záření

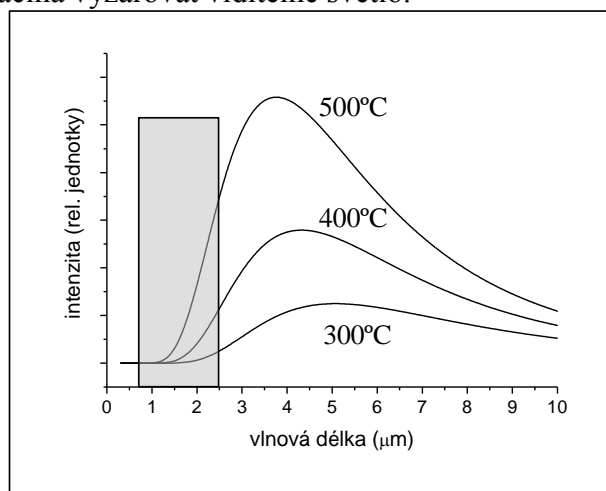
Běžné prvky skleněné optiky jsou konstruovány pro viditelnou oblast elektromagnetického spektra a mají jen omezené možnosti zpracovávat jiné druhy záření. Je všeobecně dobře známo, že běžné sklo nepropouští UV záření, přesněji: propouští jen velmi úzkou oblast těsně sousedící s viditelným světlem. V této části spektra je záření pohlcováno elektronovými přechody. V IR oblasti je situace složitější a propustnost velmi kolísá. IR záření je pohlcováno kmity krystalové mříže a propustnost klesá pro různé druhy skel v oblastech od 2,5 μm do 4 μm , viz obr. 7 (Schott AG, 2013). Absorpční spektra různých druhů skel jsou dostupná, obvykle však nevíme, z jakého skla jsou vyrobeny čočky, které máme k dispozici. V dalším tedy budeme počítat s nejméně příznivou variantou, kdy sklo začíná pohlcovat IR záření již od vlnových délek 2,5 μm .



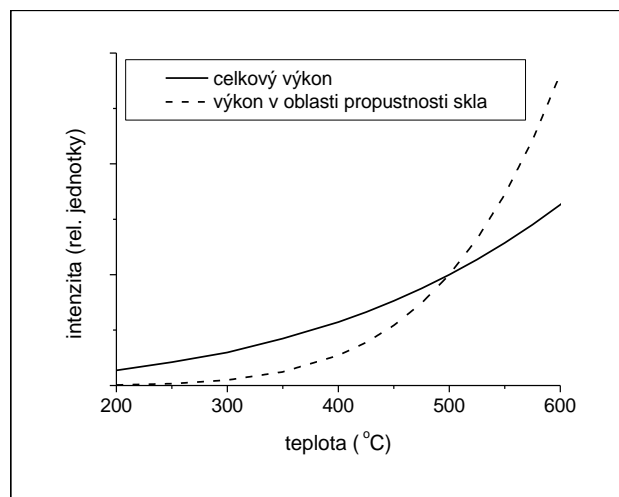
Obr. 7 Optické vlastnosti křemene (Shott AG, 2013)

Je zřejmé, že tento fakt je velmi nepříznivý: hlavním cílem většiny níže uvedených experimentů je zobrazovat tepelné záření těles, které zanedbatelně září ve viditelné oblasti, tedy do cca 500 °C povrchové teploty. Při těchto teplotách však většina vyzařované energie leží v dlouhovlnné IR oblasti, pro niž jsou skleněné čočky nevhodné. Situace je dobře patrná z obr. 8, na kterém je pro vybrané teploty zobrazena spektrální hustota vyzařování dokonale černého tělesa počítaná podle Planckova zákona. S růstem teploty nejen roste celková vyzářená energie (Stefanův Boltzmannův zákon), ale celá křivka se posouvá směrem ke kratším vlnovým délkám (Wienův posunovací zákon). V důsledku toho zářivý výkon v oblasti propustnosti skla s teplotou velmi prudce roste. Kvantitativně to znázorňuje obr. 9, kde je srovnána teplotní závislost celkové vyzářené intenzity a její části omezené pouze na oblast, kde sklo záření propouští. Pro lepší přehlednost jsou křivky normovány na intenzitu při teplotě 500 °C. Z obrázku je zřejmé, že zářivý výkon, který máme k dispozici po průchodu běžnou skleněnou optikou, roste s teplotou mnohem rychleji než se čtvrtou mocninou absolutní teploty, se kterou roste celkový vyzářený výkon.

Z výše uvedených výpočtů plyne, že zobrazit tepelné zdroje IR záření běžnou optikou je možné pouze, je-li jejich teplota dostatečně vysoká, téměř 500 °C, přičemž každých 10 °C navíc znatelně usnadňuje provedení experimentu. Musíme se tak pohybovat na samé hranici teplot, kdy objekt již začíná vyzařovat viditelné světlo.



Obr. 8 Záření černého tělesa pro tři vybrané teploty. Šedá oblast vyznačuje část spektra, která dobře prochází sklem.

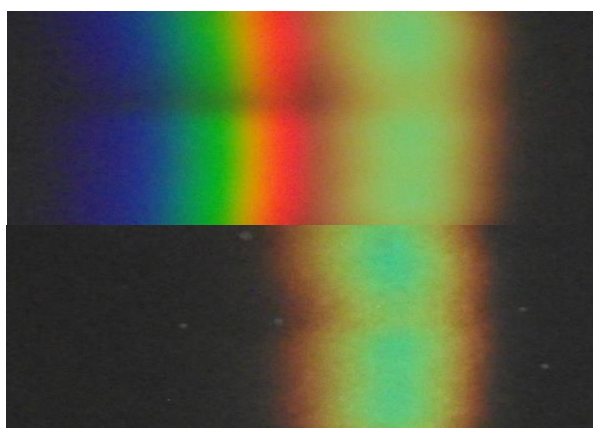


Obr. 9 Srovnání celkové vyzářené intenzity a intenzity vyzářené v oblasti do 2,5 μm vlnové délky. Křivky jsou normovány na intenzitu při teplotě 500 $^{\circ}\text{C}$.

5.2 Zobrazení IR spektra

Pomocí termocitlivé fólie lze dosáhnout zobrazení části IR záření žárovky. Použijeme klasické uspořádání hranolového spektrometru. Zdrojem záření by měla být co nejsilnější žárovka. Ideální je lineární halogenová žárovka, která poskytuje vysoký jas v podlouhlém vlákně. Lineární zdroj světla již nevyžaduje štěrbinu – čočkou zobrazujeme přímo samotné vlákno. V tomto uspořádání získáme o dva až tři řády vyšší intenzitu ve srovnání se situací, kdy bychom použili stejně výkonnou klasickou halogenovou žárovku a štěrbinu.

Po jisté době ozařování stínítka se fólie v předpokládané IR části spektra ohřeje a zřetelně změní barvu. Po vypnutí zdroje záření vidíme, že v místech, kam dopadalo viditelné světlo se fólie prakticky neohřála, viz obr. 10. To je v souladu s dobře známou skutečností, že většina energie vyzářované žárovkou je v IR části spektra.



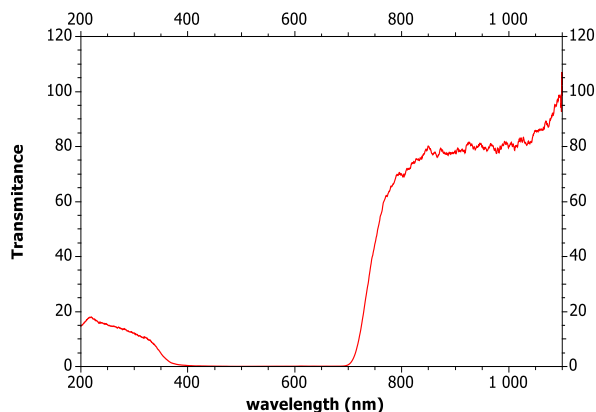
spektrum na TCF

bezprostředně po
vypnutí lampy

Obr. 10 Spektrum halogenové žárovky, kde IR část je zviditelněna pomocí TCF

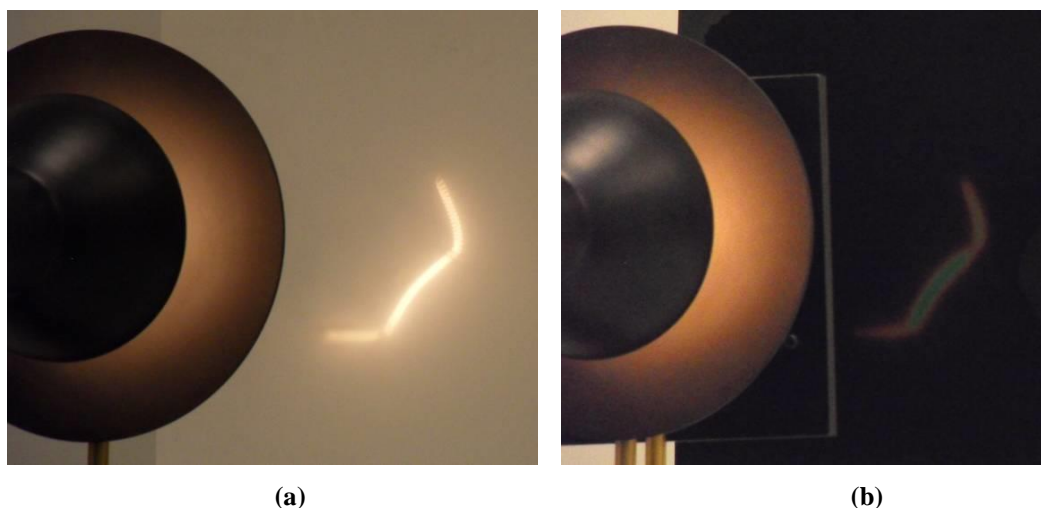
5.3 Vlákno žárovky v IR oboru

Pro demonstraci zobrazení v IR oboru můžeme použít i jiné uspořádání. Zdrojem tepelného záření je obyčejná silnější čirá žárovka (cca 150 W) žhavená na nominální napětí. Je však nutné odfiltrout viditelnou část spektra, aby byl obraz vytvořen pouze IR zářením. Vynikající výsledky lze dosáhnout s oboustranně leštěnou křemíkovou deskou, která je ve viditelném oboru zcela neprůhledná, ale IR záření propouští. Velmi dobře lze experiment provést i s komerčně dostupnými absorpčními filtry. Jako nejsnáze dostupný filtr poslouží skleněná destička potřená náplní černého nestíratelného lihového fixu, viz obr. 11 (spolehlivě pracuje fix výrobce Centropen). (Bochníček, 2013)



Obr. 11 Spektrální propustnost filtru z lihového fixu Centropen

Nejprve zaostříme obraz vlákna žárovky na bílé stínítko. Poté vložíme do optické dráhy absorpční filtr a na stínítko umístíme TCF, kde se po krátké době vytvoří obraz, obr. 12. Je třeba předem vyzkoušet, v jaké obrazové vzdálenosti je nutné fólii umístit, aby intenzita IR záření byla dostatečná. Při použití čočky s ohniskovou délkou $f = 10$ cm a průměrem $D = 5$ cm získáme spolehlivý výsledek i při obrazové vzdálenosti 50 cm.



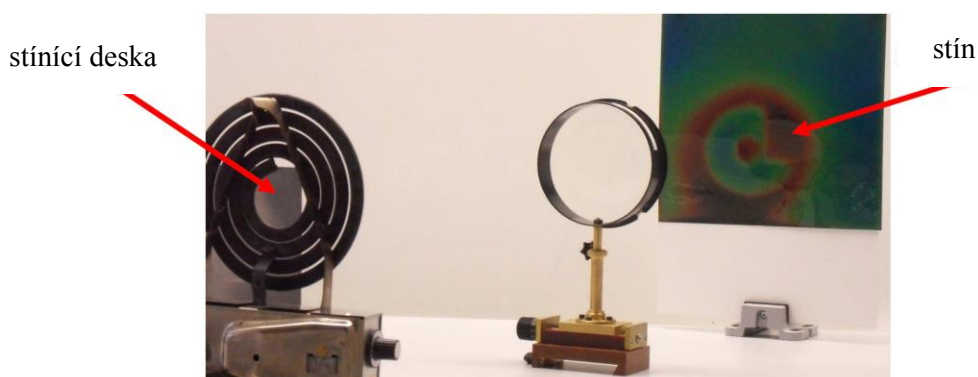
Obr. 12 Zobrazení vlákna žárovky v optickém oboru (a) a v IR oblasti přes křemíkový absorpční filtr (b)

5.4 Zobrazení zdroje tepla (tj. zdroje výhradně neviditelného IR záření)

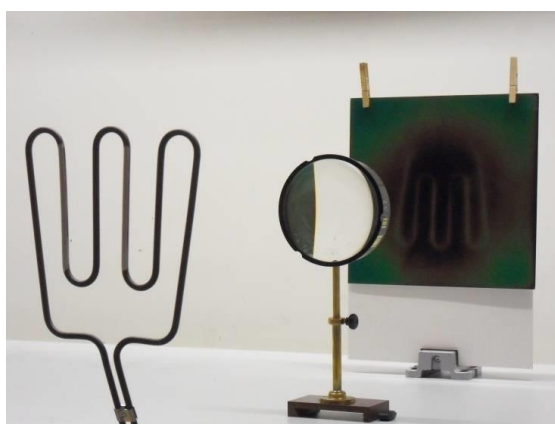
Intenzivní zdroj tepla – elektrický vařič nebo topné tyče – je možné na fólii zobrazit přímo s využitím spojné čočky v experimentálním uspořádání obvyklém při zobrazování v optické oblasti, viz obr. 13 a 14. Tento experiment je mezním využitím TCF a aby byl pozorovaný efekt dostatečně jasný a přesvědčivý, je třeba splnit několik zásad.

- 1) Použijeme čočku s co největším průměrem a nejkratší ohniskovou délkou. Takové čočky mají již velmi značnou kulovou vadu, to však zde není důležité. Vzhledem k nenulové tepelné vodivosti samotné TCF stejně nemůžeme očekávat ostrý obraz. Spolehlivě lze dobrých výsledků dosáhnout s čočkou o průměru $D = 15$ cm a ohniskovou délkou $f = 25$ cm.
- 2) Výhodnější je spirálový vařič, jehož povrchová teplota je vyšší než u vařiče s plotýnkovou deskou. Je nutné vařič dobře upevnit ve svislé poloze a rozehřát na maximální teplotu.

- 3) Lepší výsledky poskytuje uspořádání, ve kterém je obrazová vzdálenost o trochu menší než předmětová. Obraz je pak zmenšený a intenzita IR záření dopadajícího na fólii je vyšší.
- 4) Aby byl experiment přesvědčivý, je výhodné, aby měl předmět i obraz nějakou vnitřní strukturu. I z tohoto důvodu je lepší spirálový vaříč, který má uprostřed otvor. Pokud část plochy vaříče zastíníme plechem (stínící destička na obr. 13), uvidíme tento stín i v obrazu vaříče. Takto studenty snadno přesvědčíme, že se skutečně jedná o optické zobrazení poskytující převrácený obraz.
- 5) Experiment je nutno sestavit tak, aby poloha předmětu, čočky a obrazu vyhovovala zobrazovací rovnici. Přestože sklo je disperzní prostředí, lze s úspěchem využít při sestavování experimentu zobrazení v optickém oboru. Namísto vaříče dáme zdroj světla, s jehož pomocí najdeme správnou polohu čočky a stínítka. Pak světelný zdroj zaměníme za vaříč a můžeme provést vlastní experiment.



Obr. 13 Zobrazení spirálového vaříče v IR oboru na TCF



Obr. 14 Zobrazení elektrického zapalovače dřevěného uhlí v IR oboru na TCF

Seznam bibliografických odkazů

- JAKAR ELECTRONICS, 2011. [online]. 2011 [cit. 2013-11-11]. Dostupné na internete: http://www.omegaeng.cz/ppt/pptsc.asp?ref=LCS_LABELS&Nav=temf01.
- SCHOTT AG, 2013. [online]. 2013 [cit. 2013-11-11]. Dostupné na internete: http://www.schott.com/advanced_optics/german/download/schott_tie-35_transmittance_october_2005_en.pdf.
- BOCHNÍČEK, Z., STRUMIENSKÝ J. (2007). Pokusy s termocitlivými fóliemi. In *Veletrh nápadů učitelů fyziky 12*, JČMF, MFF UK, Praha 2007, s. 16-20.
- BOCHNÍČEK, Z. (2013) The visualization of infrared radiation using thermal sensitive foils, *Physics Education*, Bristol, United Kingdom, IOP Publishing, ISSN 0031-9120, 2013, vol. 48, no. 5, p. 607-615.

Škola ako rizikový činiteľ pri vzniku sociálno-patologických javov

Autor: Diana Demkaninová, FiF UK v Bratislave
diana.demkaninova@gmail.com

Anotácia

Príspevok sa zaoberá prostredím školy, ako významným činiteľom v súvislosti so vznikom sociálno-patologických javov. Tak, ako škola môže byť nápomocná pri predchádzaní týmto javom, môže byť aj rizikovým prostredím, ktoré podporuje ich vznik. Poukazujeme tiež na isté oblasti v školskom prostredí, ktoré by bolo dobré zmeniť alebo inak riešiť, a tým zlepšiť prevenciu a predchádzanie sociálno-patologickým javom.

Úvod

V poslednej dobe sa každý deň stretávame so zvýšeným výskytom javov, ktoré sú spoločensky vnímané ako nežiaduce či neprijateľné. Tento „trend“ sa vyskytuje aj u mladých ľudí. Mnoho mladých fajčí alebo pije alkohol, správa sa vulgárne a agresívne. Čoraz častejšie sa môžeme stretnúť s prípadmi, kedy adolescenti niečo vykradli, niekoho zbili či dokonca zabili.

Možno si hovoríte, že za to môže nedostatočná, zlá výchova v rodine. Do istej miery to môže byť pravda, no je dôležité uvedomiť si, že v období adolescencie výrazne pôsobia aj iné činitele, napr. vplyv rovesníkov či médií. Mladí ľudia veľa času strávia aj v školskom prostredí, ktoré je tiež významným socializačným činiteľom.

1 Škola ako rizikové prostredie a negatívny vzťah ku škole

Tak ako má každá minca dve strany, aj školské prostredie môže jednak pomáhať pri prevencii nežiaduceho správania, ale na druhej strane vie byť aj rizikovým prostredím, ktoré môže vznik sociálno-patologických javov podporiť.

V škole deti trávajú značnú časť dňa a prežívajú v nej podstatnú časť svojej mladosti. Preto je táto inštitúcia považovaná za druhý najvýznamnejší socializačný činiteľ. Medzi najzákladnejšie funkcie školy by sme mohli zaradiť výchovnú, vzdelávaciu, socializačnú, kvalifikačnú, integračnú a selektívnu funkciu. Zlyhanie alebo zaostávanie niektorej z týchto funkcií môže byť príčinou vzniku sociálno-patologických javov u žiakov.

Škola by mala poskytovať deťom vzdelanie a výchovu, vplývať na formovanie ich osobností i morálne, právne a estetické vedomie. Na druhej strane však môže vytvárať aj atmosféru neistoty, nedôvery, strachu a obáv, ktorá vedie žiakov k vytvoreniu si negatívneho vzťahu ku škole (Šúryová, 2000). Tento vzťah môže niesť značnú zodpovednosť za výskyt sociálno-patologických javov, a to nielen v školskom prostredí.

Negatívne vzťahy žiakov ku škole môžu vznikáť pôsobením rôznych faktorov. Už vstupom do školy sa dieťa musí prispôbovať novému životnému rytmu a stráca výlučné postavenie, ktoré dovtedy malo v rodine. Učiteľ je najprv najdôležitejšou osobou v škole, no postupne naberajú význam aj vzťahy so spolužiakmi. Deti si čoskoro vytvárajú v triede svoju vlastnú „subkultúru“. V niektorých prípadoch však môžu byť tieto podskupiny zárodkom asociálnych skupín. Učiteľ však stále zohráva dôležitú úlohu. Vzniku takýchto skupín niekedy „napomáha“ neangažovanosť učiteľa, prípadne jeho viditeľné preferovanie alebo odmietanie niektorých žiakov, naopak vhodným prístupom, záujmom o žiakov a prácou učiteľa so žiakmi vieme takýmto asociálnym skupinám predísť.

Pri tvorbe postojov ku škole je teda veľmi dôležitý vzťah učiteľ – žiak. Podľa Šúryovej (2000) ak sa učiteľ netaktne správa a má negatívny vzťah k jednému alebo viacerým žiakom, môže to vytvárať nepriaznivú psychickú klímu. Tá môže spôsobovať vznik negatívnych postojov žiakov k učivu, predmetu či školskému prostrediu. U niektorých žiakov takéto správanie učiteľa môže vyvolať obavy a pocity strachu. Žiaci to niekedy riešia vyhýbaním sa učiteľovi, predmetu, vynechávaním vyučovacích hodín, čo môže viesť k záškoláctvu. Podľa kolektívu autorov (Matoušek a Matoušková, 2011) učiteľov nezaujímajú alebo agresivita môžu byť tiež živnou pôdou pre šikanovanie v triede. Ak svojim správaním označí niektorého zo žiakov v nejakom ohľade za nedostatočného, môžu ostatní žiaci cítiť, že majú oprávnenie beztretno ho napádať.

Pri utváraní si pozitívneho či negatívneho vzťahu ku škole sú najdôležitejšími asi vzťahy medzi žiakmi navzájom. Každé dieťa sa snaží budovať si svoju triednu pozíciu. Samozrejme, väčšina chce dosiahnuť čo najvyššie pozície, ktoré im zaručia rešpekt medzi spolužiakmi. Keďže všetko má svoj protipól, takmer v každej triede sa nájde nejaký žiak, ktorý je odmietaný, izolovaný. To výrazne ovplyvňuje jeho osobnostný rozvoj a môže viesť k vytvoreniu si negatívneho vzťahu ku spolužiakom, ako aj ku škole a školskému prostrediu. Deti potom vyhľadávajú iné možnosti dosiahnutia vyššieho uznania, lepšieho postavenia a pozície. Medzi tieto alternatívy patria rôzne subkultúry mládeže, kde okrem iného patria aj delikventné skupiny. Vzťahy v triede samozrejme môžu viesť aj k šikanovaniu, a to nielen medzi žiakmi, ale aj medzi žiakmi a učiteľmi. Učiteľ tu opäť zohráva veľmi dôležitú úlohu.

Ďalším rizikovým faktorom sú aj učebné osnovy, všeobecne vzťah učiva a skúsenosti komunity, v ktorej dieťa žije. V primárnej škole deti získavajú základné vedomosti a kompetencie, pričom vnímajú ich praktický význam v prirodzenom prostredí. Značná časť učiva sekundárnej školy však túto väzbu na mimoškolské prostredie nemá (Dvořák, 2002). Mnohí študenti nevidia súvislosť medzi školským vzdelaním a reálnym svetom. Školské poznatky vnímajú ako bezvýznamné, nezmyselné a školu berú ako mrhanie časom, ale aj ako príťaž pri dosahovaní cieľov. Žiaci, predovšetkým tí, ktorí nie sú výrazne orientovaní na štúdium, nepocitujú dostatok radosti z práce. V škole sa nudia, a tak hľadajú atraktívnejšie alternatívy trávenia času, medzi ktoré patrí šikanovanie, vandalizmus, záškoláctvo, drogová závislosť atď.

Tomu všetkému určite nepomáhajú vysoké počty žiakov a tried na základných aj stredných školách. Vzniká tak určitá anonymita, ktorá je dôvodom, že školské prostredie sa stáva neosobným. Čím viac žiakov v triede, tým menšia je učiteľova možnosť individuálneho prístupu. V menších školách môžu žiaci zažívať viac významných vzťahov, učelia sa môžu viac zaoberať individuálnymi problémami, a tak prispievať predchádzaniu nežiaducim formám správania.

Niekedy sa žiaci môžu na hodinách cítiť ako pasívni poslucháči, ktorí len prijímajú informácie. Podľa Dvořáka výskumy postojov európskych adolescentov zistili, že dospievajúci niektorých európskych krajín (napr. Nemci, Francúzi, Maďari, Česi) majú pocit, že majú len veľmi malý vplyv na to, čo sa v škole deje“ (Dvořák, 2002). Málakedy vezmú zodpovednosť za svoju vlastnú prípravu, činy či správanie sa.

V konečnom dôsledku, za rozvoj sociálno-patologických javov na školách môžu aj nejasné pravidlá, prehliadanie zjavných priestupkov, nedôrazné sankcionovanie, nekonzistentné uplatňovanie disciplíny, nemožnosť odčiniť priestupok, degradácia či neobjektívne rozhodovanie učiteľov či riaditeľa. Čoraz častejšie zostáva bez povšimnutia porušovanie školského poriadku, vulgárne výrazy a slovník žiakov, urážky učiteľov či zdanlivo malicherné „krádeže“ desiaty (Ondrejko, 2001). Ak sa žiakom mnohé priestupky takpovediac „prepečú“, potom skúšajú, kam až môžu zájsť.

Na skutočnosť, že za delikvenciu mládeže môže do veľkej miery aj škola, poukazujú aj policajné štatistiky. Na základe týchto môžeme vidieť, že kriminalita mládeže v čase

vyučovania narastá. Podľa Šúryovej (2000), vychádzajúc z prehľadu trestnej činnosti mládeže v rokoch 1989-1999, takmer 1/3 trestných činov mládeže je páchaná v čase od 6. do 14. hodiny, teda v čase vyučovania.

2 Medzery v oblasti prevencie sociálno-patologických javov

Ako sme už spomínali, škola je tiež veľmi významným miestom aj z hľadiska prevencie a intervencie. Existujú ale isté medzery v oblasti prevencie a tie môžu mať za následok „podporu“ vzniku sociálno-patologických javov, ktoré si uvedomujú ako učitelia, tak aj žiaci. Vychádzajúc z prieskumu uvedeného v našej záverečnej práci (Demkaninová, 2012) poukážeme na niektoré z nich.

Výrazná medzera je v koordinovanej spolupráci všetkých zúčastnených. Samozrejme, výchova v rodine je veľmi dôležitá, pretože ak rodič niečo žiakovi dovolí, učiteľ to ťažko zakáže. Z toho dôvodu je veľmi dôležitá komunikácia medzi učiteľom a rodičmi, ktorá je, žiaľ, často iba na formálnej úrovni. Aj komunikácia a vzťah medzi učiteľom a žiakom sú z hľadiska prevencie veľmi dôležité. Žiaci potrebujú mať u učiteľa istý pocit dôvery a možnosť otvorene komunikovať, čo tiež často chýba. Ideálne by bolo, aby nebol vzťah medzi učiteľom a žiakom na autoritatívnej, ale skôr na priateľskej úrovni. Učitelia by tiež mali venovať dostatok pozornosti problémom žiakov, mali by mať otvorené oči voči týmto javom a v prípade ich objavenia to hneď riešiť. Problémom je, že učitelia často vedia o týchto javoch menej ako žiaci. Preto je potrebné vzdelávať nielen žiakov, ale aj učiteľov v oblasti sociálno-patologických javov a možnostiach ich prevencie. Z uvedeného dôvodu vyplýva veľká dôležitosť spolupráce s odborníkmi, ktorí sa venujú prevencii sociálno-patologických javov, so školskými psychológmi, či s centrami pedagogicko-psychologického poradenstva a prevencie, ktoré sú v každom okrese.

Významným činiteľom primárnej prevencie je samotné poznanie školskej klímy a interakcií v triede. Svoju úlohu v prevencii vzniku nežiaduceho správania v školách má aj humanizácia procesu výchovy a vzdelávania. V školách treba vytvárať pozitívnu, priateľskú, otvorenú sociálnu klímu a atmosféru plnú istoty, bezpečia, partnerstva. Škola by mala byť prostredím, do ktorého žiaci chodia celkom radi, kde sa cítia dobre, a kde si bez zbytočného stresu a napätia osvojujú nové vedomosti, rozvíjajú svoje schopnosti a získavajú nové zručnosti (Gajdošová, 1998).

Všeobecne si žiaci myslia, že sa o týchto problémoch málo rozpráva. Podľa nich je potrebné viac sa rozprávať s deťmi i mladými ľuďmi. Prevencie sú často postavené len na názoroch autority. Chýbajú im otvorené diskusie, v ktorých by sa na vec pozeralo z viacerých uhlov a hlavne by sa žiaci nebáli vyjadriť svoj názor. Je dôležité nabádať a podporovať žiaka k mysleniu zaujímavými otázkami, nie mu násilne natláčať názory. Žiaci a študenti by okrem diskusií privítali viac zábavnejších metód, napr. hier, cvičení a súťaží, či tvorivých dielní, menej „nudných“ prednášok, ktoré sú len na teoretickej úrovni.

Dôležitá je rola učiteľa a dospelých všeobecne. Nemali by zatvárať oči pred takýmito problémami, mali by si vybudovať u žiakov dôveru, byť pozornejší a empatickejší. Mali by mať osobnejšie kontakty so žiakmi, venovať im viac času, viac komunikovať a spolupracovať s rodičmi, ale aj byť príkladnejšími ako ľudia.

Žiaci tiež poukázali na nedostatočné využívanie možností školského poriadku v oblasti trestov. Predchádzaniu sociálno-patologickým javom v školách by mohlo pomôcť aj „dodržiavanie“ udeľovania trestov podľa školského poriadku alebo iné výchovné opatrenia.

Z hľadiska prevencie je samozrejme veľmi dôležité ako žiaci trávia svoj voľný čas. Žiaci by mali mať k dispozícii dostatok možností a aktivít, ktoré im škola môže ponúknuť aj mimo vyučovacieho času, aby svoj voľný čas strávili efektívne.

Vyššie spomenuté námety, ako aj názory učiteľov a žiakov naznačujú, že je taktiež potrebné upraviť súvisiacu legislatívu, týkajúcu sa predovšetkým podpory a vzdelávania učiteľov,

finančných zdrojov, systematickosti prevencie a koordinačného orgánu. Tiež sem môžeme zaradiť vytvorenie podmienok na mimoškolskú činnosť (napr. postaviť telocvične), ako aj uplatňovanie sankcií (napr. dodržiavanie školského poriadku).

Zoznam bibliografických odkazov

- DEMKANINOVA, D. 2012. *Sociálno-patologické javy v súčasných školách* [bakalárska práca]. Bratislava: FiF UK, 2012. 69 s.
- DVOŘÁK, D. 2002. Sekundární škola: citlivé místo vzdělávacího systému. In KALHOUS, Z., OBST, O. a kol. *Školní didaktika*. Vyd. 1. Praha: Portál, 2002. s.149-163.
- GAJDOŠOVÁ, E. 1998. *Školský psychológ a jeho vstup do humanizácie našich škôl*. Bratislava: Príroda, 1998. 191 s.
- MATOUŠEK, O., MATOUŠKOVÁ, A. 2011. *Mládež a delikvence*. Praha: Portál, 2011. 344 s.
- ONDREJKOVIČ, P. et al. 2001. *Sociálna patológia*. Bratislava: VEDA, 2001. 310 s.
- ŠŮRYOVÁ, E. 2000. Škola ako jeden z kriminogénnych faktorov kriminality mládeže. In *Zborník z medzinárodnej konferencie o kriminalite mládeže*. Bratislava: IUVENTA a Ministerstvo vnútra SR, 2000. ISBN 80-88893-65-8, s. 220-224.

Ako vedecky pripraviť cesto na chlieb

Autor: Martina Hodosyová, FMFI UK Mlynská dolina, Bratislava
hodosyova@fmph.uniba.sk

Anotácia

Predstavíme aktivitu, ktorá je zameraná na jednotlivé prvky experimentovania s dôrazom na dodržanie rovnakých podmienok pre všetky merania.

Kľúčové slová: meranie objemu, výskumná otázka, hypotéza, podmienky experimentu.

Úvod

Chlieb je pre väčšinu z nás základnou potravinou. Pozrieme sa na postup prípravy kysnutého chlebového cesta pohľadom vedca – miskú, utierku a recept vymeníme za odmerný valec, vodný kúpeľ a postup.

Cieľom aktivity je rozvíjať u žiaka experimentálne zručnosti – pripraviť, uskutočniť a vyhodnotiť jednoduchý experiment (konkrétne rozvíjané zručnosti sú uvedené v Tabuľke 1). Úlohy sú zamerané na opakované merania objemu, a preto je vhodná už pre žiakov šiesteho ročníka.

Fázy experimentu	Rozvíjané zručnosti podľa Štátneho vzdelávacieho programu (ŠVP, Fyzika, 2009)
príprava	kladenie výskumnej otázky, hypotézy, plánovanie experimentu, podmienky experimentovania – mením len jednu premennú
realizácia	meranie hmotnosti, meranie objemu, zaznamenávanie nameraných hodnôt do tabuľky, spolupráca v skupine
vyhodnotenie	interpretácia tabuľky, grafu, hľadanie hraničných hodnôt

Tab. 1 Rozvíjané zručnosti

Aktivita je rozdelená na dve časti, každá má sprievodný pracovný list (Príloha 1 a Príloha 2). Prvá časť „**Sárin experiment**“ je prevzatá úloha z anglických postupových testov (Science test, paper 2, 2009), ktorá slúži ako vzorový podklad prípravy a zápisu experimentu. Riešením jednotlivých úloh sa žiak zamýšľa nad tým, akú úlohu zohráva pri experimente výskumná otázka a hypotéza, nad podmienkami experimentovania – nutnosťou meniť len jednu premennú, a spôsobom interpretácie výsledkov.

Po vyplnení tejto úvodnej časti prejdeme spolu so žiakmi správne odpovede a vyzveme ich, nech navrhnu experiment, ktorým by sme overili hypotézu, ktorá je načrtnutá v závere listu – Objem cesta sa zväčší vplyvom použitého droždia. Pri realizácii vlastného experimentu môžeme sledovať, ako žiaci uplatnia poznatky, s ktorými sa oboznámili a či ich budú vedieť aplikovať. V pracovnom liste „**Môj experiment**“ majú žiaci čiastočne pripravené texty, tabuľku a graf.

1 Aktivita „Ako vedecky pripraviť cesto na chlieb“

Potrebné pomôcky: odmerné valce (6 ks), vanička na vodný kúpeľ, váhy, teplomer, rýchlovarná kanvica, suroviny na výrobu cesta – hladká múka (1 kg), droždie (1 kocka), cukor (do 50 g).

1.1 Popis aktivity

Časová náročnosť aktivity je jedna vyučovacia hodina, 45 minút.

Čas (min)	Priebeh aktivity	Otázky učiteľa
	Sárin experiment (Príloha 1)	
8	Žiaci samostatne vyplňajú pracovný list.	<i>Rozumiete všetkému? Viete, čo je výskumná otázka?</i>
12	Diskusia o správnosti žiackych riešení.	
	Môj experiment (Príloha 2)	
10	So žiakmi sa dohodneme, ako presne bude znieť naša výskumná otázka, čo zachováme pre všetky skupiny rovnaké, čo budeme meniť. Ideme preskúmať, ako závisí nárast objemu cesta od množstva použitého droždia. Pre všetky skupiny máme k dispozícii jednu kocku droždia (42 g). Navrhujeme spoločný recept, pre odmerné valce s objemom 100 ml sú dostatočné tieto množstvá: 40 g múky, 19 ml vlažnej vody, 1/2 zarovnanej čajovej lyžičky cukru. Každá skupina pridá vlastné množstvo droždia a vypracuje cesto.	<i>Ako by sme vedeli overiť Sárinu hypotézu, že objem cesta sa zväčší vplyvom použitého droždia? Do jednej vzorky droždie dáme a do druhej nie. Ako navrhujete rozdeliť kocku droždia, ak nemáme dostatočne presné váhy? 0, 1/2, 1/4, 1/8, ... 1/128.</i>
15	Cesto vytvarujeme do valčeka, zatlačíme na dno a vytvarujeme zarovnaný povrch. Odčítame počiatkový objem cesta, zaznačíme a vložíme do vodného kúpeľa. Tento postup spravia všetky skupiny rovnako, odmerné valce vložíme naraz do vodného kúpeľa. Stopujeme čas a po dohodnutých intervaloch znovu odčítame objem. (napr. po 5 min a 10 min.) Každá skupina odčíta objem svojej vzorky, ale zapíše si aj hodnoty ostatných skupín. Učiteľ sa snaží podľa možností tieto merania kontrolovať. Zhodnotenie výsledkov merania, možných nepresností a chýb, vyjadrenie sa k hypotéze.	<i>Môžeme ešte pridať vodu, ak sa nejakej skupine cesto nespája? Môžeme, ale pridáme všetkým skupinám rovnako – 3 ml. Čo potrebujeme vedieť o odmernom valci, ak chceme vedieť odčítať objem cesta? Aký je najmenší dielik? Ako by sme sa presvedčili, či ste ho dobre určili? Postupne po dielikoch odčítavame objem a uvidíme, či sa zhodneme s najbližšou vyznačenou hodnotou. Akú teplotu vodného kúpeľa navrhujete použiť? Môžeme využiť výsledky Sárinho experimentu. 60°C. Počas čakania so žiakmi diskutujeme: <i>Myslíte, že pridávaním väčšieho množstva droždia do cesta by sa neustále zväčšoval objem? Ktoré podmienky neboli rovnaké pre všetky vzorky? Mohli výrazne ovplyvniť výsledky?</i> <i>Aké ďalšie hypotézy by sme vedeli vysloviť a overiť?</i></i>

1.2 Výsledky a dôsledky

Objem vzorky bez obsahu droždia bol stály, objem ostatných vzoriek, ktoré obsahovali isté množstvo droždia, sa zväčšoval. Tým by sme dokázali, že prítomnosť droždia spôsobuje zväčšenie objemu cesta.

Z výsledkov ďalej vyplýva, že pri nami zvolených množstvách ingrediencií existuje isté maximum pre zväčšovanie sa objemu cesta, ktoré sa pohybuje okolo hodnoty 1/8 kocky droždia vo vzorke. Vzorky obsahujúce väčšie množstvo droždia zväčšili svoj objem menej (obr.1), a to opakovane.

Porovnaním vzoriek s obsahom droždia v rozmedzí 0 až 1/16 kocky vidíme, že ak je väčší obsah droždia, tak aj objem cesta bude väčší (obr.2).



Obr. 1 Experiment so vzorkami 1/32, 1/16, 1/8 a 1/4 (podiel z kocky droždia)



Obr. 2 Experiment so vzorkami 0, 1/64, 1/32 a 1/16 (podiel z kocky droždia)

Pri vzorke, do ktorej sme dali najväčšiu časť kocky droždia – 1/2, sme predpokladali, že vykysne najviac, a preto sme ju dali do väčšieho odmerného valca. Tým ju však nemôžeme porovnávať s inými vzorkami – iný prístup vzduchu.

Okrem prístupu vzduchu sú ďalšie parametre, ktorých vplyv na výsledky experimentu by bolo žiaduce preskúmať: prítomnosť cukru, druh droždia, teplota vody, ktorú dávame do cesta, postup pri spracovaní cesta, čas pozorovania, kvalita cesta.

1.3 Skúsenosti z realizácie

Aktivita bola odskúšaná s tromi skupinami žiakov siedmeho a ôsmeho ročníka počas Týždňa vedy (4. 11. - 6. 11. 2013) na FMFI UK v Bratislave.

- Vo všetkých skupinách bola pozitívna reakcia na zadanie vypracovať cesto, žiaci prirovnávali cesto k plastelíne, ochutnávali ho a chceli si ho zobrať domov. Väčšina z nich nemala skúsenosti s pečením.
- Odmerný valec, ktorý mal hodnotu najmenšieho dielika inú ako jedna, bol pre žiakov problematický. Aj keď sme si v úvode spoločne určili najmenší dielik, pri odčítavaní objemu počas experimentu určovali hodnoty objemu opakovane nesprávne na základe zle určeného najmenšieho dielika.
- Žiaci očakávali, že objem cesta vždy narastie, ak sa zvýši množstvo droždia. Nepripúšťali možnosť, že na dané množstvo múky môže existovať hraničná hodnota množstva droždia, kedy sa už objem nebude zväčšovať, tak ako to mohli vidieť pri teplote vodného kúpeľa v Sárinom experimente.
- Neprikladali veľkú dôležitosť nastaveniu parametrov – nutnosti meniť len jednu premennú. Jedna skupina napríklad odjedla z droždia, iná zabudla pridať cukor a nemali potrebu zohľadniť tieto skutočnosti pri zaradení ich výsledkov k výsledkom celej skupiny.

Záver

Kysnuté cesto mení s časom svoj objem a tým sa stáva vhodným objektom na pozorovanie a na osvojenie si zručnosti merania objemu. Aktivita poskytuje dostatočný priestor aj na zdôraznenie významu rovnakých podmienok a dôležitosti meniť len jednu premennú.

Ak by sme chceli naozaj zachovať vedecký prístup, tak experimentálnym zisteniam by sme mali nájsť podporu v teórii, čo je v našom prípade kuchárska kniha. Z kapitoly o príprave kysnutého cesta sa napríklad dočítame, že dobre vykysnuté cesto je lesklé, pružné a hladké, odporúčaný pomer je na 500 g hladkej múky 30 g droždia. O kvalite rozhodujú kvasinky, ktoré potrebujú optimálnu teplotu a prístup vzduchu, soľ a tuk zabraňujú ich množeniu (ako živým organizmom) a tým aj kysnutiu cesta. (Nodl, 2002)

Pre objavenie ideálneho receptu experimentálnou cestou by sme potrebovali uskutočniť ešte veľa meraní. Z realizácií so žiakmi vyplýva, že takto postavená úloha je pre nich podnetná a inšpiruje ich ku kladeniu ďalších výskumných otázok.

Zoznam bibliografických odkazov

NODL L. 2002. *Veľká domáca kuchárka*. Bratislava : 2002. s. 388.

Science test, paper2, L3-6, p.22-23. 2009 [online]. [cit. 2013-11-24]. Dostupné na internete:

<http://goo.gl/684nFH>

Štátny vzdelávací program, Fyzika, ISCED2. 2009 [cit. 2013-11-24]. Dostupné na internete:

<http://goo.gl/03Avn>

Príloha 1

Sárin experiment

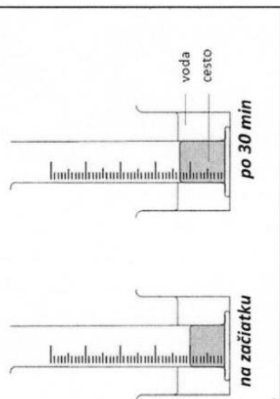
Sára sa rozhodla preskúmať proces pečenia chleba. Takto popísala svoj postup.

Z múky, vody, cukru a droždia vypracujem cesto.

Do odmerného valca vložím 50 cm³ cesta.

Odmerný valec vložím do vodného kúpeľa s teplotou 30°C.

Po 30 minútach odmeriam objem cesta.



Sára zopakovala experiment rovnakým postupom s rôznymi teplotami vodného kúpeľa. Jej výsledky sú zaznamenané v nasledujúcej tabuľke.

teplota vod.kúpeľa (°C)	objem cesta (cm ³)	
	na začiatku	po 30 min
30	50	66
45	50	73
60	50	77
75	50	71
90	50	60

a) Pozorne si prezri tabuľku a na jej základe skús povedať, akú výskumnú otázku si Sára položila:

1b

Sárin experiment

b) Pri každej teplote vodného kúpeľa použila Sára vzorku odobratú z toho istého cesta.

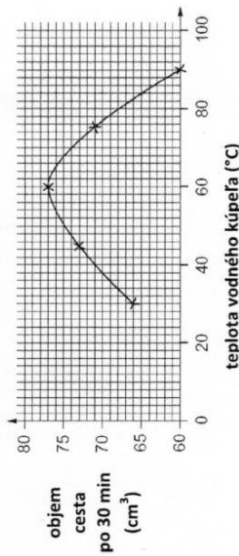
i) Napiš ešte jednu podmienku, ktorú Sára splnila a na základe ktorej môžeme považovať jej postup za správny z hľadiska vedeckého experimentovania.

1b

ii) Prečo by nebolo správne, keby Sára pri experimente menila zmesi cesta, z ktorých by odoberala vzorky?

1b

c) Sára z tabuľky výsledkov spracovala nasledujúci graf.



Popíš, aký je vzťah medzi premennými v grafe v intervale 30°C - 90°C.



Objem cesta sa zväčší vplyvom použitého droždia.

Sára vyslovila tvrdenie. Ako by sa dala overiť jeho správnosť?

1b

Vlnová optika interaktívne

Autori: Peter Horváth, FMFI UK Mlynská dolina, Bratislava
horvath@fmph.uniba.sk
martina.horvathova, FMFI UK Mlynská dolina, Bratislava
Martina.Horvathova@fmph.uniba.sk

Anotácia

Na dielni sme sa venovali ukázkam využitia metódy interaktívnych žiackych experimentov a interaktívnych demonštrácií vo vyučovaní (najmä) vlnovej optiky na strednej škole. Ukázali sme si sériu na seba nadväzujúcich aktivít, ktorými u žiakov interaktívnym spôsobom rozvíjame pojmy a predstavy o vlnových vlastnostiach svetla. V príspevku nájdete stručný opis metódy interaktívnych demonštrácií a množstvo námetov na experimenty a demonštrácie, aj s konceptuálnymi otázkami pre žiakov, prostredníctvom ktorých je možné zistiť, aké majú žiaci predstavy a nakoľko rozumejú prejavom vlnových vlastností svetla. Ako bonus uvádzame, bez bližšieho vysvetlenia, niekoľko optických javov, ktoré súvisia s kvantovými vlastnosťami sveta okolo nás.

1 Metóda interaktívnych prednáškových demonštrácií

Autormi metódy interaktívnych prednáškových demonštrácií sú David Sokoloff z University of Oregon a Ronald Thornton z Tufts University (Sokoloff, Thornton, 2004). Autori metódy niekoľkoročným výskumom preukázali úžasnú efektívnosť tejto metódy. V našich podmienkach sa metódou zaoberali kolegovia z UPJŠ Košice, v ich publikáciách a na ich stránkach môžete nájsť podrobnejšie informácie (Hanč, Dutko, 2008 a Hanč, Ješková, 2008). Metódu autori opisujú v týchto bodoch:

1. Opíšte priebeh demonštrácie, prípadne ju uskutočnite bez toho, aby ste prezrádzali výsledky.
2. Žiaci majú za úlohu individuálne napísať svoje predpovede výsledku do Predpoved'ového hárku.
3. Nechajte žiakov diskutovať o svojich predpovediach v malých skupinách.
4. Zistíte, aké sú žiacke predpovede (spýtajte sa zástupcov skupín).
5. Žiaci teraz individuálne napíšu svoje finálne predpovede do Predpoved'ových hárkov (nakoniec ich vyzbierate).
6. Uskutočnite demonštráciu, experiment, ukážte výsledky.
7. Nechajte niekoľkých žiakov slovne opísať výsledky, diskutujte o nich v súvislosti s demonštráciou (je možné diskutovať aj o prípadných nesprávnych predpovediach – pozn. PH). Žiaci si výsledok zapíšu do Výsledkového hárku, ten im ostáva.
8. Ak je to vhodné, diskutujte so žiakmi o analogických fyzikálnych situáciách pri mierne odlišných podmienkach. (To znamená rôzne fyzikálne situácie založené na tých istých konceptoch, pojmoch). (Ide o utvrdenie poznatku – pozn. PH.)

Tento postup sa opakuje pri každej krátkej interaktívnej demonštrácii, demonštrácie nadväzujú na seba.

Dodávame, že podobným spôsobom je možné postupovať so žiakmi aj pri interaktívnych experimentoch, ktoré sa od demonštrácií líšia tým, že ich realizujú žiaci. Dôležité je nechať žiakov predpovedať výsledky a nechať rozvinúť diskusiu medzi žiakmi.

Aby sme mohli postupovať metódou interaktívnych demonštrácií alebo metódou interaktívnych žiackych experimentov, potrebujeme mať premyslenú vhodnú demonštráciu alebo experiment, teda mať k dispozícii pomôcky a vedieť, čo s nimi. Druhou nutnou podmienkou je mať pre žiakov formulovanú vhodnú úlohu alebo otázku, súvisiacu s predvádzaným experimentom. Úlohou môže byť napríklad načrtnúť priebeh grafu, chod svetelných lúčov. Pre dielňu sme sa pokúsili pripraviť niekoľko takýchto demonštrácií a experimentov, aj s formulovanými otázkami s výberom odpovede. V nasledujúcich častiach poskytujeme popis za sebou nasledujúcich experimentov a demonštrácií, ako ich navrhujeme realizovať so žiakmi.

2 Od geometrickej optiky k vlnovým vlastnostiam svetla

2.1 Porovnanie rozhraní

Takmer všetky pokusy a otázky k lomu svetla v učebniciach sledujú vzťah medzi uhlami dopadu a uhlami lomu, prípadne sa venujú medznému uhlu pri úplnom odraze svetla. Pre utvrdenie poznatku navrhujeme sériu experimentov, kde by žiaci mali možnosť porovnať odraz a lom svetla na rozhraní plexisklo – vzduch s rozhraním plexisklo – voda. Navrhujeme všetky známe pokusy na odraz, lom, úplný odraz pomocou polvalca vo vzduchu urobiť ešte raz vo vode. Cieľom je utvrdiť pojem relatívny index lomu a dôsledok rôzneho indexu lomu pri totálnom odraze.

Uvádzame otázky pre žiakov v jednotlivých cykloch interaktívnej demonštrácie.

1. Porovnaj uhol dopadu a odrazu na rozhraní vzduch – sklo a voda – sklo. (vyber správnu odpoveď).

Pri rovnakom dopadajúcom uhle je uhol odrazu na rozhraní sklo – vzduch **menší – rovnaký – väčší**, ako na rozhraní sklo – voda.

2. Porovnaj uhol dopadu a lomu pre rozhranie sklo – vzduch a sklo – voda. (vyber správnu odpoveď).

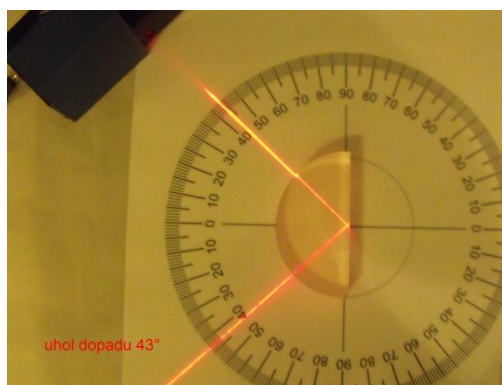
Pri rovnakom dopadajúcom uhle je uhol lomu na rozhraní vzduch – sklo **menší – rovnaký – väčší**, ako na rozhraní voda – sklo.

Pri rovnakom dopadajúcom uhle je uhol lomu na rozhraní sklo – vzduch **menší – rovnaký – väčší**, ako na rozhraní sklo – voda.

3. Porovnaj medzné uhly pre rozhranie sklo – vzduch a sklo – voda. (vyber správnu odpoveď).

Medzný uhol pre rozhranie sklo – vzduch je **menší – rovnaký – väčší**, ako pre rozhranie sklo – voda.

Pre predstavu čitateľa podrobnejšie rozoberieme tretiu úlohu, ktorá je zameraná na medzný uhol. Žiaci nájdu medzný uhol pre rozhranie plexisklo – vzduch (obrázok 1).

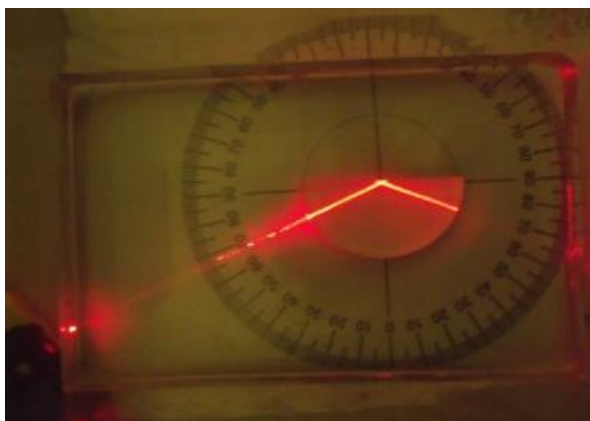


Obr. 1 Žiaci majú nájsť medzný uhol pre rozhranie plexisklo – vzduch

Následne postupujeme metódou interaktívnej demonštrácie alebo interaktívneho žiackeho experimentu. Nasledujeme postup uvedený v prvej kapitole. Otázka pre žiakov je:

*Porovnaj medzné uhly pre rozhranie sklo – vzduch a sklo – voda. (Vyber správnu odpoveď): Medzný uhol pre rozhranie sklo – vzduch je **menší – rovnaký – väčší**, ako pre rozhranie sklo – voda.*

Žiaci samostatne do Predpoved'ového hárku vyznačia svoju odpoveď. Následne v menších skupinách diskutujú o svojich odpovediach. Učiteľ vyzve niekoľko skupín, aby formulovali svoje predpovede. Následne žiaci do svojich Predpoved'ových hárkov zaznačia svoju (definitívnu) predpoveď. Nasleduje experiment, žiaci nájdu medzný uhol pre vodu.



Obr. 2 Experiment v akváriu s vodou demonštrujúci medzný uhol na rozhraní plexisklo – voda.

Teraz môžeme pristúpiť k formulovaniu výsledku a diskusii so žiakmi o tom, čo ovplyvňuje medzný uhol. Rozobrať môžeme aj o to, ako by experiment dopadol, keby plexisklo malo väčší index lomu.

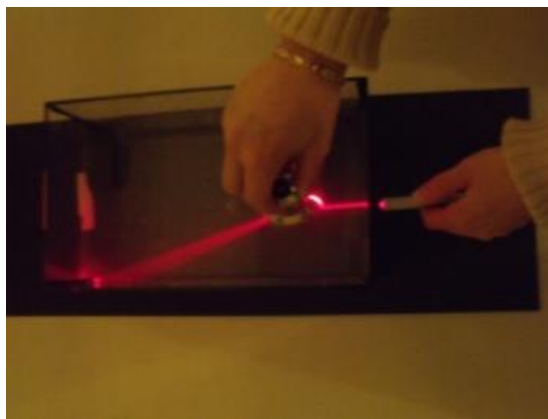
2.2 Sklenené šošovky a žiarovka

V ďalšej časti navrhujeme porovnať chod svetelných lúčov cez šošovku vo vode a chod svetelných lúčov cez sklenenú banku, žiarovku vo vode. Učitelia možno poznajú uvedený pokus pod názvom „vzduchová šošovka“.

Otázka pre žiakov:

Ako sa budú lámať svetelné lúče vo vode, ak im do cesty umiestnime sklenenú banku – žiarovku?

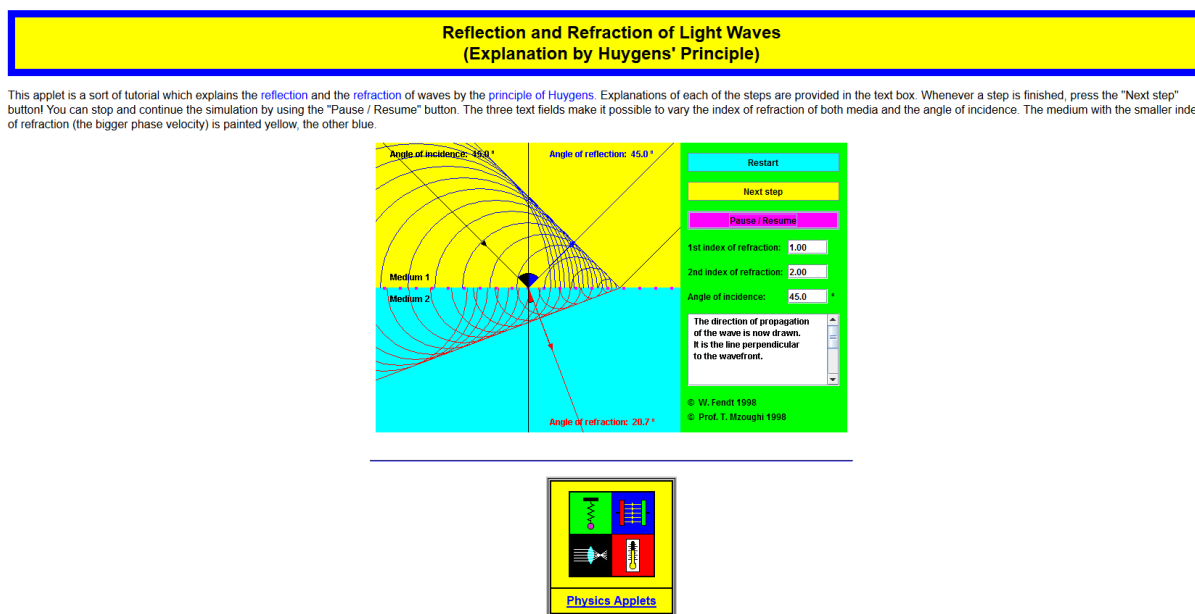
Svetelné lúče sa budú rozbiehať – zbiehať – pôjdu ďalej bez lomu.



Obr. 3 Svetelné lúče prechádzajúce cez žiarovku vo vode sa rozbiehajú

2.3 Vysvetlenie zákona lomu pomocou Huygensovho princípu

Vhodným prechodom od geometrickej optiky k vlnovej sa nám javí využitie appletu W. Fendta, pomocou ktorého môžeme využitím Huygensovho princípu vysvetliť zákony odrazu a lomu svetla na rozhraní dvoch prostredí (Fendt, 2010).



URL: <http://www.walter-fendt.de/ph14e/huygenspr.htm>
 © Walter Fendt, March 5, 1998
 Last modification: February 4, 2010

Thanks to professor Taha Mzoughi (Mississippi State University) for the translation of the applet!

Obr. 4 Ukážka z appletu, ktorým cez Huygensov princíp vysvetľujeme odraz a lom svetla na rozhraní dvoch prostredí (<http://www.walter-fendt.de/ph14e/huygenspr.htm>)

2.4 Mikrogulôčky – dúha, rozklad bieleho svetla na hranole

Na dielni sme demonštrovali model dúhy, ktorý vznikol, keď sme baterkovým svietidlom zasvietili na tenkú vrstvu mikrogulôčok vysypaných na čiernom matnom papieri. Ďalej sme demonštrovali známy experiment s rozkladom bieleho svetla pomocou hranola. Ako zdroj svetla nám poslužil starý spätný projektor, zvaný meotar. Premietali sme štrbinu vytvorenú pomocou dvoch hrubých papierov, hranol sme umiestnili tesne za šošovku meotaru.

3 Ohyb svetla

3.1 Vlas

Prvým školským experimentom, ktorý jasne potvrdzuje, že svetlo má vlnové vlastnosti môže byť ohyb svetla na vlase. Môžeme ho uskutočniť pomocou laserovej diódy, z ktorej odstránime šošovku. Získame tak bodový zdroj svetla. Nápad využiť laserovú diódu ako bodový zdroj svetla pochádza od J. Pavelku (Pavelka, 2011).

Otázka pre žiakov:

Rozptýleným svetlom budeme presvecovať vlas. Ako by mal vyzerat' tieň vlasu na tienidle, ak predpokladáme, že svetlo je súbor častíc?

Ako by mal podľa Teba vyzerat' tieň vlasu na tienidle, ak predpokladáme, že svetlo je vlna?

Ako si myslíš Ty, že bude vyzerat' tieň vlasu na tienidle?

Experiment je veľmi jednoduchý, medzi bodový laser a tienidlo umiestnime do rámčeka vlas. Na tienidle pozorujeme ohybový obraz.



Obr. 5 Ohybový obraz vlasu na tienidle. Všimnite si svetlú stopu v strede, kde by podľa časticovej teórie svetla mal byť najväčší tieň.

3.2 Mriežka

Biele svetlo putujúce z meotaru môžeme rozložiť okrem hranola (pokús prezentovaný v časti 2.4) aj mriežkou. V tejto súvislosti je vhodné so žiakmi diskutovať o poradí farieb, ktoré vzniknú v prvom ráde maxima a diskutovať o príčinách tohto poradia.

3.3 CD ako mriežka, porovnanie ohybového obrazu lasera rôznej farby

Aj CD nosič, zbavený odrazovej plochy nám môže slúžiť ako veľmi kvalitná mriežka. Odrazovú fóliu z CD-čka nožíkom alebo nožnicami na malej ploche zoškriabeme. Následne na odrazovú fóliu CD nalepíme lepiacu pásku a pásku strhneme. Spolu s páskou sa nám uvoľní aj odrazová fólia a máme holé CD bez odrazovej vrstvy. Najlepšie sa nám strhávala fólia z prepisovateľného CD. Navrhujeme nasledovnú interaktívnu demonštráciu. Cez mriežku – CD presvietime červené laserové svetlo. Na tienidle vidíme ohybové obrazce. Žiakom povieme, že za chvíľu presvietime cez CD zelené laserové svetlo. Zadáme im nasledujúcu úlohu:

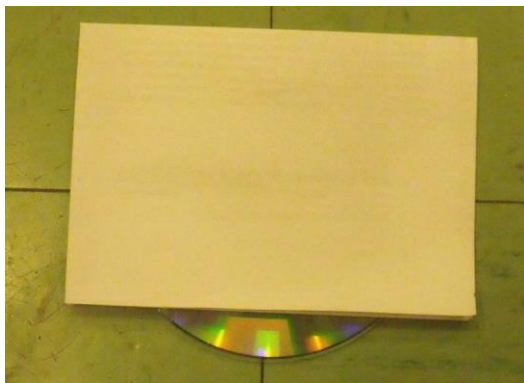
Cez mriežku (CD) presvietime najprv červené a potom zelené laserové svetlo. Porovnaj vzdialomnú vzdialenosť maxim, ktoré vzniknú na tienidle po ohybe červeného laserového svetla so vzdialenosťami maxim, ktoré vzniknú na tienidle po ohybe zeleného laserového svetla. Vyber správnu odpoveď.

Vzdialenosti maxim pre červené svetlo sú väčšie – rovnaké – menšie, ako pre zelené svetlo.

So žiakmi môžeme ďalej pomocou CD urobiť všetky známe laboratórne merania, ktoré sme zvykli robiť s mriežkami, môžeme napríklad zo známej vlnovej dĺžky lasera merať mriežkovú konštantu (vzdialenosť vrypov na CD je $1,59 \mu\text{m}$), alebo naopak, zo známej mriežkovej konštanty určiť vlnovú dĺžku použitého lasera.

3.4 CD na zemi, návod na výrobu jednoduchého spektroskopu

Ďalšia možnosť, ako sa pohrať s CD, je pozorovať na ňom rozklad bieleho svetla. Normálne (s neodlepenou odrazovou fóliou) CD prekryjeme takmer celým papierom, necháme na ňom asi 2 cm hrubý poloblúk. CD umiestnime odrazovou plochou nahor na zem (obr. 6) a kolmo naň svietime bielym svetlom zo vzdialenosti asi 1 meter. Keď sa teraz žiaci budú pohybovať smerom od CD – čka kolmo na jeho štrbiny, budú postupne vidieť všetky farby dúhy. Uvidia svetlo z bieleho zdroja, ktoré sa v prvom (a následne druhom) ráde maxima v príslušných smeroch zosilňuje postupne pre rôzne farby.



Obr. 6 CD so štrbinou pre pozorovanie spektra



Obr. 7 Pozorovanie svetelného spektra. Postupne vidíme na CD všetky farby dúhy.

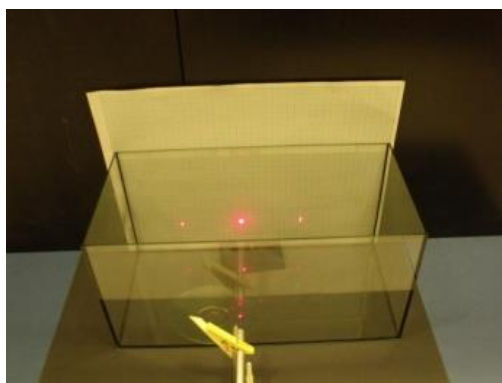
Z hore uvedeného experimentu vyplýva návod na výrobu spektroskopu z CD po odraze svetla od CD. Prierez spektroskopom je na obrázku 8. Spektroskop sa skladá z kúska CD-čka nalepeného na tmavý matný papier. Na spektroskope vpravo hore môžeme vidieť otvor, ktorým môžeme okom sledovať rozložené spektrum, na druhej strane vľavo je otvor pre zdroj svetla, ktorý chceme sledovať. Spektroskop na obrázku nie je dokončený, prilepiť treba ešte bočné steny.



Obr. 8 Prierez spektroskopom

3.5 Porovnanie ohybu svetla vo vzduchu a vo vode

Overiť pochopenie vzniku ohybu svetla na mriežke (CD) môžeme nasledujúcim interaktívnym experimentom. Na vnútornú stenu akvária umiestnime CD bez fólie, na protiľahlú stenu akvária umiestnime tienidlo. Kolmo na CD zasvietime laserovým svetlom, môžeme pozorovať maximá nultého a prvého (prípadne druhého) rádu na tienidle, obrázok 9.



Obr. 9 Maximá nultého a prvého rádu na tienidle. Mriežka z CD je na bližšej stene akvária.

Otázka pre žiakov:

Ako sa zmení vzájomná vzdialenosť pozorovaných maxim, ak do akvária nalejeme vodu? Vyber správne riešenie.

Po naliatí vody sa maximá od seba vzdialia – priblížia sa – ostanú v rovnakej vzájomnej vzdialenosti.

4 Meranie indexu lomu svetla vo vode

Pomocou CD nosiča môžeme odmerať aj index lomu svetla vo vode. Uvedenú metódu sme prezentovali na Veľtrhu nápadů učiteľů fyziky v auguste 2013. V prílohe k článku prinášame doslovný prepis článku, ktorý bol pripravený pre zborník z Veľtrhu. (Neuvádzame bibliografické údaje, nakoľko uvedený zborník ešte nevyšiel.)

5 Sledovanie rôznych zdrojov svetla pomocou CD

Kúsky CD zbavené odrazovej fólie môžeme využiť aj na priame sledovanie rôznych svetelných zdrojov. My sme sa zamerali na niektoré v súčasnosti bežne dostupné zdroje a porovnali sme ich spektrum so spektrom žiarovky. Svetelný zdroj (žiarovku, žiarivku) pred pozorovaním prekryjeme tienidlom so štrbinou, tienidlo sme pripravili z tmavého papiera. Na nasledujúcich obrázkoch sú spektrá žiarovky a dvoch rôznych žiariviek, ako ich môžeme pozorovať pomocou mriežky z CD.

Otázka pre žiakov:

Aké predpokladáte rozdiely v spektre medzi „studeným“ a „teplým“ svetlom zo žiarivky?



Obr. 10 Pozorujeme spektrum svetla pomocou mriežky z CD. Žiarovka je prekrytá tienidlom so štrbinou.



Obr. 11 Pozorujeme spektrum svetla žiarivky – teplé svetlo pomocou mriežky z CD



Obr. 12 Pozorujeme spektrum svetla žiarivky – studené denné svetlo pomocou mriežky z CD

6 Bonus – niekoľko optických javov potvrdzujúcich kvantovanie nášho sveta

Na nasledovné experimenty nás inšpiroval Zdeněk Polák na svojej dielni na Konferencii Heuréky v októbri 2013 v Náchode. V súčasnosti už sú dostupné 1 mW laserové ukazovátka nielen červenej, ale aj zelenej farby. Ak nimi zasvietime do rôznych kvapalín, môžeme byť prekvapení výsledkom. Klasickým roztokom je vodný roztok eozínu. Eozín je prášok, farbivo kedysi dodávané s optickými súpravami, a v súčasnosti široko používané na farbenie papierov a fixiek – tzv. zvýrazňovačiek. Ak zasvietite do vodného roztoku eozínu (eozínu stačí málo, len na špičku hrotu noža) červeným laserom, bude stopa laserového lúča červená. Skúste však zasvietiť zeleným laserom. Stopa zeleného svetla sa zastaví. Ak zasvietite do oleja zeleným laserom, neuvidíte zelenú stopu, ale žltó-oranžovú. Podobne zaujímavé sfarbenia uvidíte, ak zasvietite napríklad zeleným laserom na svietivé farebné papiere alebo na papier zafarbený zvýrazňovačom. Z bezpečnostných dôvodov nedávajte nikdy žiakom do rúk laser s výkonom väčším ako 1 mW. Pri používaní lasera vždy pozor na zasvietenie si do očí. Pozor aj na odrazené svetlo z lasera.



Obr. 13 Svietime zeleným laserom do vodného roztoku eozínu



Obr. 14 Svietime zeleným laserom do oleja stopa zeleného lasera je oranžová

Zoznam bibliografických odkazov

- SOKOLOFF, D., THORNTON, R. 2004. *Inteactive Lecture Demonstrations, Active Learning in Introductory Physics*. New York : John Wiley and Sons, 2004. ISBN 978-0-471-48774-6, 374 s.
- HANČ, J., JEŠKOVÁ, Z. 2008. *Metóda interaktívnych prednáškových demonštrácií, Metodický materiál* [online]. [cit. 2013-11-30]. Dostupné na internete: <http://physedu.science.upjs.sk/metody/files/dutko_ild_2008.pdf>.
- HANČ, J., DUTKO, M. 2008. *Interaktívne prednáškové demonštrácie, Aktivity a úlohy z kinematiky* [online]. [cit. 2013-11-30]. Dostupné na internete: <http://physedu.science.upjs.sk/metody/files/hanc_ild_2008.pdf>.
- FENDT, W. 2010. *Reflection and Refraction of Light Waves (Explanation by Huygens' Principle)* (applet). 2010 [online]. [cit. 2013-11-30]. Dostupné na internete: <<http://www.walter-fendt.de/ph14e/huygenspr.htm>>.
- PAVELKA, J. 2011. Laserová ukazovátka a co s nimi ve škole. In *Dilny Heuréky 2011, Sborník konference projektu Heuréka*. Praha : Prometheus, 2011. ISBN: 978-80-7196-426-1, s. 103 – 107. CD

Príloha k príspevku **Vlnová optika interaktívne**

Prílohou je doslovný prepis článku pripraveného pre zborník z Veľtrhu nápadů učitelů fyziky 18, ktorý sa konal na prelome augusta a septembra 2013 v Hradci Králové. Odkaz na článok neuvádzame, nakoľko zborník z Veľtrhu ešte nevyšiel.

Meranie indexu lomu svetla vo vode pomocou CD

PETER HORVÁTH

FMFI UK, Bratislava

V príspevku opisujeme jednoduchý spôsob merania rýchlosti svetla vo vode, využívame vlnové vlastnosti svetla. Pomôckami sú CD nosič, akvárium, laserové ukazovadlo a pravítko.

Úvod

Možností, ako merať index lomu svetla vo vode, je iste viacero. Čitateľom tohto príspevku je možno známy žiacky experiment, laboratórna práca, od Z. Poláka, kde sa využíva Snellov zákon lomu a laserové ukazovadlo [1]. V našom príspevku opíšeme meranie indexu lomu svetla vo vode s využitím ohybu svetla na mriežke.

Príprava experimentálneho zariadenia

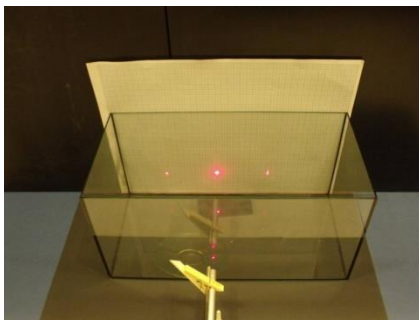
Kľúčovou pomôckou je CD nosič zbavený odrazovej plochy. Odrazovú fóliu z CD-čka nožikom alebo nožnicami na malej ploche, asi 2 mm^2 , zoškriabeme. Následne na CD nalepíme lepiacu pásku a pásku strhneme. Spolu s páskou sa nám uvoľní aj odrazová fólia a máme holé CD bez odrazovej vrstvy. Najlepšie sa nám strhávala fólia z prepisovateľného CD. Z CD sme získali veľmi kvalitnú mriežku. Ak ju presvietime laserovým ukazovadlom, na tienidle uvidíme ohybové interferenčné obrazce. S takto pripraveným CD môžeme uskutočniť meranie mriežkovej konštanty pri známej vlnovej dĺžke svetla, alebo zo známej vzdialenosti vrypov na CD ($1,5 \mu\text{m}$) vlnovú dĺžku použitého laserového svetla.

Naše meranie indexu lomu vody prebehne v akváriu, my so žiakmi používame cenovo dostupné akvárium z lepeného rovného skla, zakúpené v reťazci predávajúcom stavebný a záhradnícky materiál.

Teoretický rozbor a postup merania indexu lomu vo vode

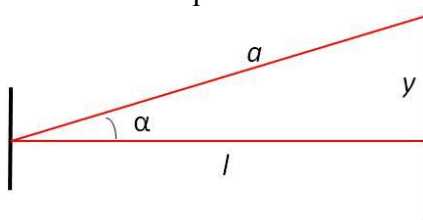
Použijeme porovnávaciu metódu, budeme porovnávať rýchlosť svetla vo vode so známou rýchlosťou svetla vo vzduchu. Samotné meranie bude prebiehať iba pomocou pravítka a milimetrového papiera.

Pripravíme si prázdne akvárium. Na vnútornú stranu jednej steny prázdneho akvária umiestnime (nalepíme) upravené CD. Na druhú stranu akvária zvonka nalepíme milimetrový papier. Laserové ukazovadlo nasmerujeme kolmo na CD do takej výšky, aby maximá pozorované na tienidle boli navzájom vo vodorovnej rovine a aby obe maximá prvého rádu boli rovnako ďaleko od maxima nultého rádu.



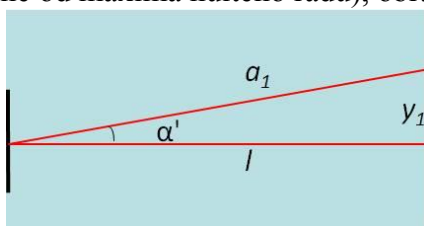
Obr. 1 CD je z na prednej vnútornej stene akvária, na milimetrovom papieri pozorujeme maximá nultého a prvého rádu

V usporiadaní podľa obr. 1 odmeriame šírku akvária l a vzdialenosť maxim prvého rádu od nultého rádu y (mala by byť pre obe maximá prvého rádu rovnaká), obr. 2.



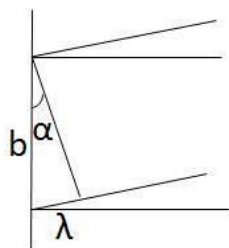
Obr. 2 Náčrt pre meranie vzdialeností, akvárium je prázdne, bez vody

Následne do akvária nalejeme vodu. Maximá prvého rádu sa priblížia k sebe. Odmeriame vzdialenosť maxima prvého rádu od maxima nultého rádu y_1 (opäť by obe maximá prvého rádu mali byť rovnako vzdialené od maxima nultého rádu), obr. 3.



Obr. 3 Náčrt pre meranie vzdialeností, akvárium naplnené vodou

Ak uvážime, že maximum prvého rádu vzniklo vďaka dráhovému posunu rovnému vlnovej dĺžke, ktorý vznikol pri ohybe svetla na mriežke (obr. 4), môžeme odvodiť index lomu vody pomocou veličín, ktoré je možné jednoduchým spôsobom odmerať. Nie je teda nutné dopočítavať vzdialenosť vrypov na CD, ani prípadnú vlnovú dĺžku svetla vo vode, čo by mohlo naše výsledky zaťažiť chybou.



Obr. 4 Dráhový rozdiel svetelných vln smerujúcich do maxima 1. rádu z dvoch vedľajších štrbín je rovný vlnovej dĺžke svetla

Z vlastností vlnenia a ohybu vlnenia a z obrázkov 2, 3 a 4 môžeme matematicky odvodiť vzťah pre index lomu svetla. (V nasledujúcom odvodení je λ vlnová dĺžka svetla vo vzduchu, λ_1 vlnová dĺžka svetla vo vode, c rýchlosť svetla vo vzduchu, c_1 rýchlosť svetla vo vode,

T perióda svetelnej vlny, b vzdialenosť dvoch štrbín na CD, y vzdialenosť maxima prvého rádu od maxima nultého rádu pre svetlo šíriace sa vo vzduchu, y_1 vzdialenosť maxima prvého rádu od maxima nultého rádu pre svetlo šíriace sa vo vode, a vzdialenosť, ktorú prešlo svetlo od CD k maximu prvého rádu vo vzduchu, a_1 vzdialenosť, ktorú prešlo svetlo od CD k maximu prvého rádu vo vode.)

$$\begin{aligned} \lambda &= cT & \lambda_1 &= c_1T \\ \frac{\lambda}{b} &= \frac{y}{a} & \frac{\lambda_1}{b} &= \frac{y_1}{a_1} \\ a &= \sqrt{y^2 + l^2} & a_1 &= \sqrt{y_1^2 + l^2} \\ n &= \frac{c}{c_1} = \frac{\lambda}{\lambda_1} = \frac{\frac{y}{\sqrt{y^2 + l^2}}}{\frac{y_1}{\sqrt{y_1^2 + l^2}}} \end{aligned}$$

Index lomu je tu nakoniec vyjadrený pomocou vzdialeností maxim prvého rádu od nultého rádu a šírky akvária. Tieto dĺžky je možné odmerať pravítkom, respektíve milimetrovým papierom.

Ak budú žiaci merať čo len trošku precízne, budú prekvapení, ako presne im z tejto dvojice meraní vyjde index lomu vody.

Niekoľko poznámok

Pomocou opísaného experimentu môžeme žiakom preukázať, že svetlo má vo vode inú vlnovú dĺžku ako vo vzduchu, teda, že na rozhraní vzduch – voda sa mení vlnová dĺžka svetla a nie napríklad frekvencia.

Pri experimente je dôležité dávať na žiakov pozor a upozorniť ich na možné poškodenie zraku laserom. Používať v škole môžeme len lasery s výkonom do 1mW a ani náhodou nesmie dôjsť k priamemu zásahu laserového lúča do oka. To je aj jeden z dôvodov, prečo používame CD bez odrazovej fólie. Počas celého merania sú akváriá postavené na stole a žiaci musia pri experimente stáť, aby ich oči boli v bezpečnej vzdialenosti a mimo zorného uhla možného náhodného zásahu laserom, ktorý svieti v rovine ich pása alebo nižšie.

Pod'akovanie

Príspevok vznikol ako súčasť riešenia grantu KEGA 035ŽU-4/2012, z ktorého boli autorovi hradené aj náklady spojené s cestou do Hradca Králové.

Literatúra

- [1] POLÁK, Z. *Měření indexu lomu. (Ukázky a návody laboratorních prací)*. Dostupné na: fyzika.gymnachod.cz/lab/0514.doc, dátum prístupu 10. 09. 2013.

PhET simulácie vo vyučovaní fyziky

Autor: Zuzana Hudáková, 1. súkromné gymnázium v Bratislave, Bajkalská 20, Bratislava
zhudakova@1sg.sk

Anotácia

Príspevok sa zaoberá využívaním virtuálneho laboratória vo vyučovaní fyziky a jeho významom vo výuke. Autor uvádza konkrétnu ukážku PhET simulácie k téme elektrické pole v okolí elektrického náboja. V príspevku sa nachádza analýza priebehu vyučovacej hodiny s využitím simulácie a ukážky úloh, ktoré sú súčasťou pracovného listu vytvoreného autorom.

Úvod

Vo vyučovacom procese používame rôzne vyučovacie metódy. Naša prax hovorí: „Čím viac metód kombinuješ a čím viac rozličných spôsobov použiješ pri vysvetlení daného fyzikálneho javu, tým väčšia je šanca na úspech, teda hlbšie porozumenie problematiky študentom.“

Aj to je jeden z dôvodov, prečo niekedy reálne pokusy doplníme aj pokusmi vo virtuálnom laboratóriu. Počítačom riadené simulácie je vhodné využiť najmä ak chceme:

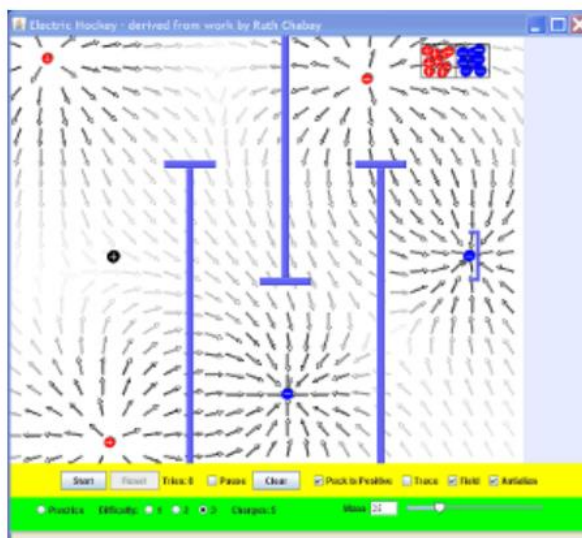
- upevniť vedomosti študentov,
- aplikovať získané poznatky v nových situáciách,
- simulovať pokusy, ktoré sa v školskom prostredí nedajú zrealizovať,
- animovať rôzne hraničné prípady experimentu.

Celkový vyučovací proces sa tým zároveň zatraktívni a zefektívni.

PhET (Physic education technology) simulácie vytvoril tím odborníkov, ktorý čerpá financie z rôznych sponzorských darov a dotácií. Jednotlivé simulácie podliehajú výskumu, sú testované a hodnotené v rôznych prostrediach a situáciách. Podľa slov autorov tento prístup umožňuje študentom „vytvoriť spojenie medzi javmi zo skutočného života a vedou, prehĺbiť ich porozumenie fyzického sveta, pochopiť pojmy vizuálne - simulácie animujú, čo je očiam neviditeľné. PhET poskytuje zábavné, interaktívne, na výskume založené simulácie fyzikálnych javov“ (O projekte PhET, 2013). Sú voľne dostupné na internetovej stránke PhET.colorado.edu. Veľmi ľahko sa v nich orientuje, využívajú jednoduchú grafiku, majú intuitívne ovládanie a manipuláciu štýlom *uchop a ťahaj*. Na internetovej stránke nájdeme spracované témy nielen k fyzike, ale aj k biológii či chémii a matematike. Okrem anglického jazyka ponúkajú preklad do rôznych jazykov, v mnohých prípadoch aj do slovenského a českého jazyka. Fyzikou sa zaoberá asi 80 animácií, ktoré sú rozdelené do siedmich oblastí – Pohyb; Zvuk a vlnenie; Práca, výkon a energia; Teplo a teplota; Kvantové javy; Svetlo a žiarenie; Elektrina, magnetizmus, elektrické obvody.

1 Simulácia Hokej v elektrickom poli

V téme Elektrina, magnetizmus a elektrické obvody nájdeme aj simuláciu Hokej v elektrickom poli. Študenti pri práci s ňou môžu vďaka výbornej vizualizácii hlbšie porozumieť podstate elektrického poľa v okolí elektrického náboja a skúmať, ako elektrické pole ovplyvňuje pohyb častíc s elektrickým nábojom.



Obr. 1 Znáozornenie prostredia simulácie

Podstata „hokejovej hry“ spočíva v umiestňovaní elektrických nábojov na ľad. Stlačením tlačidla *START* sa puk (kladný, resp. záporný elektrický náboj) v elektrickom poli začne pohybovať. Cieľom je dať gól. Študenti si v dolnej lište môžu nastaviť zobrazovanie elektrického poľa v okolí elektrických nábojov, sledovať pohyb puku, meniť hmotnosť puku a obtiažnosť hry pridávaním prekážok – stien pred bránku.

1.1 Pracovné listy k simulácii a ich využitie na vyučovaní fyziky

Tento rok som túto simuláciu použila v tercii pri téme elektrické vlastnosti látok a to po absolvovaní hodín, na ktorých sme sa venovali jednoduchým pokusom z elektrostatiky a vysvetľovaniu pozorovaných javov. Túto PhET simuláciu som použila s cieľom vytvoriť vizuálnu predstavu o elektrickom poli v okolí el. nábojov; upevniť vedomosti študentov k témam z elektrostatiky ako vzájomné pôsobenie elektrických nábojov, príťažlivá a odpudivá sila, siločiaru elektrického poľa v okolí el. nábojov a pod.; propedeutiky k vektorovým fyzikálnym veličinám a ich skladaniu, vplyvu hmotnosti na pohyb telesa, hľadanie fyzikálnych veličín od ktorých závisí veľkosť elektrickej sily.

Na vyučovaciu hodinu som pripravila pracovné listy. Pri ich tvorbe som vychádzala z voľne dostupných didaktických materiálov na internetovej stránke PhET. K simulácii Hokej v elektrickom poli nájdeme 14 zdieľaných materiálov od autorov simulácie alebo učiteľov, ktorí dané simulácie v praxi už použili. Ich štúdium je vhodné pre inšpiráciu využitia simulácie vo vyučovaní. Nájdeme tu rôzne rady, zdieľané skúsenosti, vidíme v ktorej fáze vyučovacieho procesu bola simulácia použitá, s akým cieľom a pod.

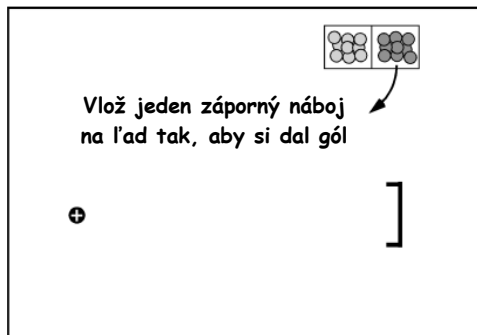
Vytvorený pracovný list je rozdelený na 6 častí:

1. **Čo už vieme** – rýchle precvičenie známych vedomostí na základe teoretických doplnovacích úloh.
2. **Zorientuj sa** – otvorenie simulácie a zoznámenia sa s prostredím. Najúčinnšie je nechať študentov sa hrovou formou so simuláciou zoznámiť, nezahltiť ich množstvom úloh. Dôležité je, aby mali sami možnosť skúmať a učiť sa aj z vlastných nevydarených pokusov. Žiaci sa so simuláciou zoznámili asi za 15 minút, vyskúšali si možnosti simulácie, rôzne nastavenia a princíp hry.
3. **Rozcvička** – 9 úloh, ktoré študenti vypracovávajú samostatne, pomocou simulácie. Vo všetkých úlohách riešia javy, ktoré sú im známe. Každá úloha je doplnená pomocným obrázkom k lepšiemu pochopeniu zadania. Riešenia kreslia do pracovného listu alebo ukladajú ako printscreen.

Ukážka úloh z časti Rozcvička (Baird, 2013)

1. Ako môžeš pomocou jedného záporného náboja dať gól? Nakresli situáciu a over ju pomocou simulácie.

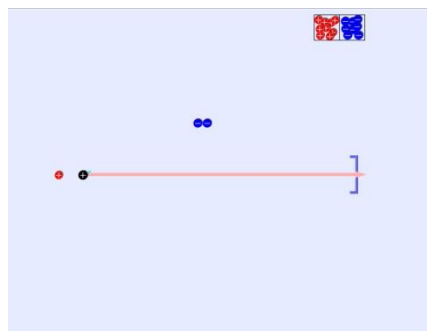
Svoj predpoklad nakresli do obr.:



Nákres správneho riešenia s trasou puku:

2. Na ľadovú plochu umiestni elektrické náboje podľa obrázka.

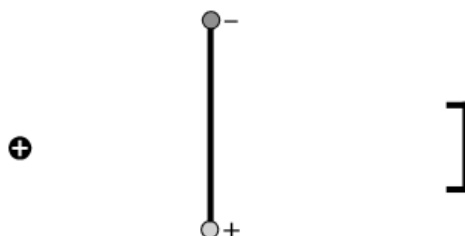
- a. Je možné takýmto spôsobom dať gól?
áno/nie
- b. Svoj predpoklad over pomocou simulácie. Na čo si prišiel?
- c. Na ľad pridaj ešte jeden záporný náboj tak, aby si skóroval.



4. **Pod' si zahrať na bránu** – 6 úloh, v ktorých sa mení obťažnosť hry na bránu. Je to samostatná práca obohatená o bonusové úlohy. Nájdem tu rôzne variácie hry s rôznymi obmedzeniami, čím sa zefektívňuje práca so simuláciou.

Ukážka úloh z časti Pod' si zahrať na bránu (Baird, 2013)

1. Obťažnosť 1 – „Freestyle“: Na ľadovú plochu polož ľubovoľný počet kladných/záporných nábojov na tebou určené strategické polohy tak, aby si nimi dal gól.
2. Obťažnosť 1 – obmedzenie: na ľadovú plochu umiestni práve dva kladné náboje tak, aby si skóroval.
3. Obťažnosť 1 – „elektropekážka“: Na hraciu plochu umiestni el. náboje podľa obrázka.



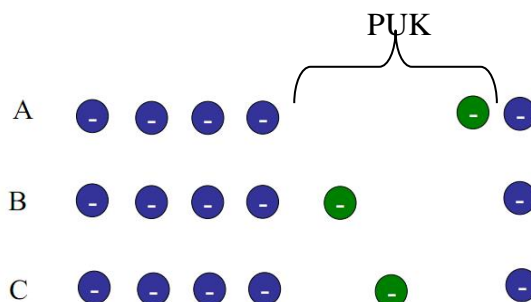
- a. na ľadovú plochu pridaj ľubovoľný počet kladných/záporných nábojov tak, aby si skóroval.

5. **Pod' do duelu** – dobrovoľná aktivita, kde žiaci súťažia medzi sebou o najmenej použitých hráčov v jednotlivých obťažnostiach.

6. Podme sa naučiť niečo nové – 12 úloh, pomocou ktorých upevňujeme vedomosti študentov a robíme propedeutiku k novým fyzikálnym javom a pojmom, prehľbujeme ich predstavy a porozumenie problematiky.

Ukážka úloh z časti Podme sa naučiť niečo nové (Loeblein, 2013)

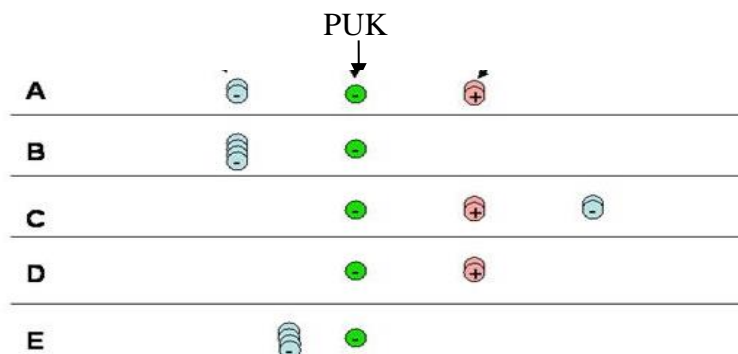
1. Ktorá z uvedených možností predstavuje situáciu, kde sa puk nebude pohybovať (elektrická sila, ktorá pôsobí na puk, je nulová)?



2. Na obrázku je znázornených päť situácií umiestnenia elektrických nábojov a záporne nabitého puku. Uvažuj, či je nasledujúce tvrdenie pravdivé:

„Na všetkých 5 pukov pôsobí el. sila sprava.“

PRAVDA/NEPRAVDA



3. Na obrázku je znázornená situácia umiestnenia elektrických nábojov a záporne nabitého puku. Uvažuj, či je nasledujúce tvrdenie pravdivé:

„Výsledná el. sila, ktorá pôsobí na puk je nulová.“

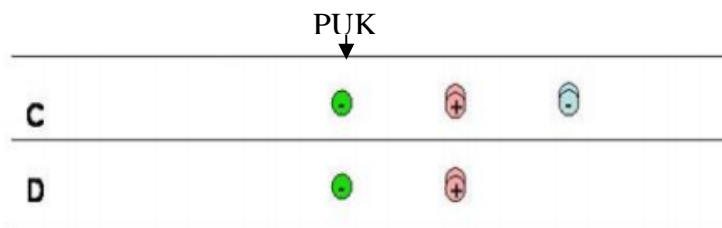
PRAVDA/NEPRAVDA



4. Na obrázku sú znázornené dve situácie umiestnenia elektrických nábojov a záporne nabitého puku. Uvažuj, či je nasledujúce tvrdenie pravdivé:

„Na puk v C pôsobí väčšia el. sila ako na puk v D.“

PRAVDA/NEPRAVDA



Žiaci na hodine postupovali podľa pracovného listu. Pracovali počas delenej hodiny a každý študent mohol pracovať samostatne na školskom notebooku. Počas jednej dvojhodinovky stihli prvé 4 časti (Čo už vieme, Zorientuj sa, Rozcvička, Pod' si zahrať na bránu). Dôležitá časť hodiny bola diskusia, ktorá vznikla spontánne medzi študentmi a individuálne s učiteľom. Aktivita Pod' do duelu zostala ako dobrovoľná domáca úloha. Šiesta časť pracovného listu (Pod'me sa naučiť niečo nové) ostáva ako náplň ďalšej vyučovacej hodiny. Väčšina študentov sa k simulácii vrátila aj v domácom prostredí, kde riešili dobrovoľné a bonusové úlohy.

Záver

S kolegami na vyučovaní úspešne využívame aj iné simulácie, napr. Color vision, Bending light, Gravity and Orbits, My Solar System. Mnohé simulácie podporujú nielen kvalitatívne pozorovanie, ale sú doplnené aj o rôzne meracie prístroje, čím sa skúmanie javov prehlbuje na kvantitatívnu zložku. Vizualizácia fyzikálnych javov, motivácia, nadšená práca, radosť z objavovania, spontánna diskusia, vyjadrenie vlastného názoru, práca vlastným tempom, možnosť vrátiť sa k téme doma, príp. individuálne v škole – to všetko sú dôvody, prečo má počítačom riadená simulácia vo vyučovaní svoje miesto.

Zoznam bibliografických odkazov

- BAIRD, D. 2013. *Quest for the Coulomb Cup*. [online]. 2013 [cit. 2013-10-28]. Dostupné na internete: <<http://phet.colorado.edu/en/contributions/view/3179>>.
- LOEBLEIN, T. 2013. *Static Magnetic and Electric unit*. [online]. 2013 [cit. 2013-10-28]. Dostupné na internete: <<http://phet.colorado.edu/en/contributions/view/3087>>.
- O projekte PhET. 2013 [online]. 2013 [cit. 2013-10-28]. Dostupné na internete: <<http://phet.colorado.edu/cs/about>>.

Elektronický pádostroj

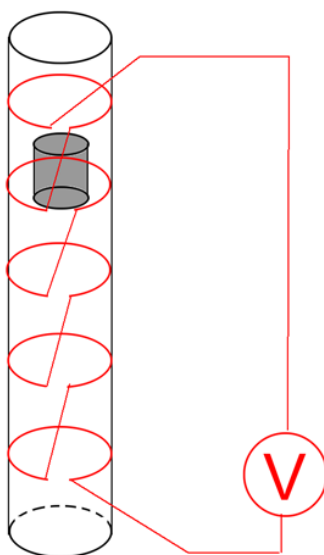
Autori: Frantiček Kundračik, FMFI UK Mlynská dolina, Bratislava
kundracik@fmph.uniba.sk
Peter Jančár, FMFI UK Mlynská dolina, Bratislava
jancar@fmph.uniba.sk

Anotácia

Voľný pád je typickým rovnomerne zrýchleným pohybom, preto sa často využíva na ilustráciu lineárnej závislosti rýchlosti pádu od doby pádu a kvadratickej závislosti dráhy od času. Problémom takýchto demonštrácií je, že pád je príliš rýchly na to, aby mohol byť dostatočne presne vyhodnotený ľudskými zmyslami. Bez prístrojov sa dá vyhodnotiť iba rytmus padania navzájom spojených guľôčok. Pád sa dá spomaliť pomocou Atwoodovho pádostroja, v ňom však už nepozorujeme voľný pád telesa. Preto sa na vyhodnotenie parametrov voľného pádu používajú elektronické meracie systémy, najčastejšie stroboskop (MIT, 2013), analýza zaznamenaného videa napríklad programom Tracker (Tracker, 2013; Sirisathitkul, 2013) alebo sa používajú senzory detegujúce prechod telesa optickou bránou. V tomto príspevku opisujeme konštrukciu jednoduchého elektronického pádostroja, ktorý registruje prechod magnetického telesa (magnetky) cez sériu jednozávitových cievok umiestnených v rovnomerných rozstupoch. Napätie, ktoré sa v cievkach indukuje pri prechode magnetky, sa registruje a zapamätáva pomocou zvukovej karty počítača a programu Scope (Zeitnitz, 2013).

1 Princíp pádostroja

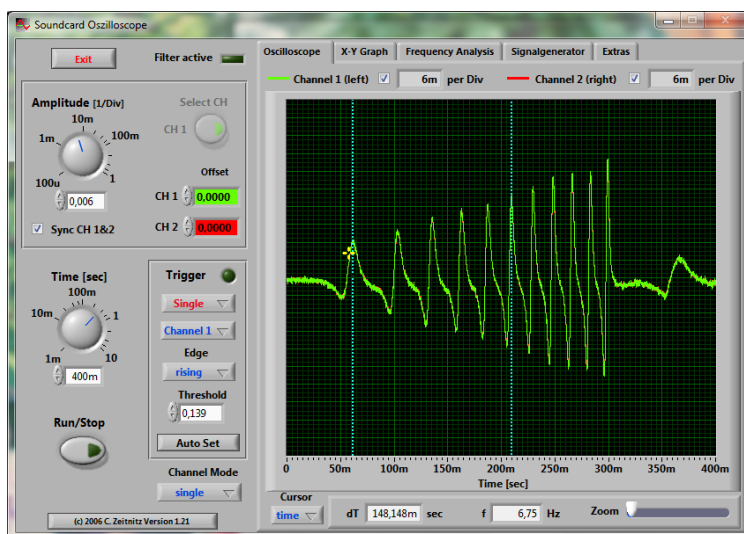
Pádostroj je skutočne jednoduchý a pozostáva z plastovej trubky, na ktorej je namotaný izolovaný drôt (obr. 1).



Obr. 1 Princíp pádostroja

Vždy, keď magnet prechádza závitom, v závite sa indukuje elektrické napätie. Keďže jednotlivé závity sú zapojené za sebou (do série), na vývodoch série cievok sa objaví napätie

pri prechode magnetu každým zo závitov. Typický časový priebeh indukovaného napätia je na obr. 2. Analýzou časového záznamu (polôh maxím) získame závislosť polohy telesa od času.

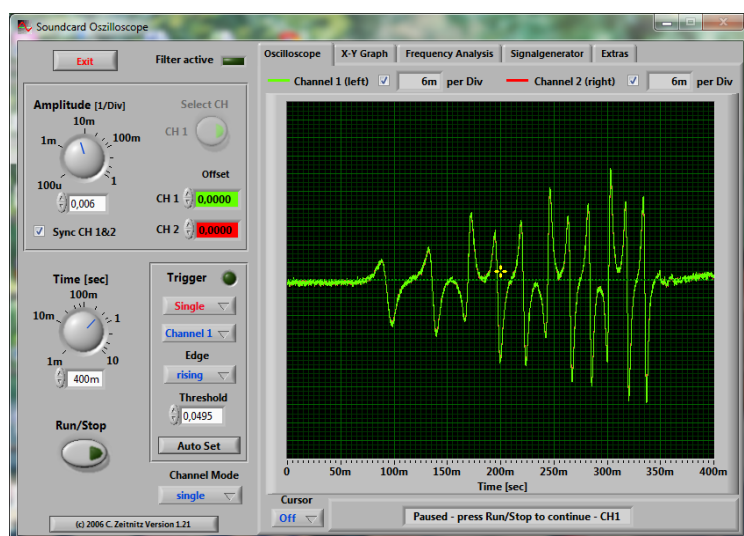


Obr. 2 Typický záznam signálu z pádostroja pomocou programu Scope

2 Praktická konštrukcia pádostroja

Na plastovej trubke si v pravidelných intervaloch 5 cm urobíme pomocné čiarky. Potom na prvej značke navinieme prvý závit a jeho polohu zafixujeme lepiacou páskou. Takto pokračujeme aj s ostatnými závitmi. Dáme si pozor, aby sme všetky závitky navinuli tým istým smerom (napríklad v smere hodinových ručičiek), inak bude mať indukované napätie v jednotlivých závitoch rôznu polaritu (obr. 3). Nie je to síce vážna chyba, ale ak sme nejaký závit namotali naopak, treba si dať pozor pri odčítavaní polôh maxím (či máme nájsť polohu kladného alebo záporného maxima).

Po navinutí všetkých závitov sa drôtom vrátime na začiatok trubky a aj túto spätnú dráhu drôtu zafixujeme lepiacou páskou. Oba konce drôtu máme teraz pri sebe a skrátíme ich na vhodnú dĺžku. Nakoniec odstránime izoláciu na koncoch drôtu. Ak bol drôt smaltovaný, izoláčny smalt oškrabeme nožom. Ak bol drôt izolovaný plastom, z koncov plastovú izoláciu odstránime. Kvôli pohodlnému držaniu ešte upevníme magnetku do teplom zvršťujúcej sa bužírky alebo do rúrky z lepiacej pásky.



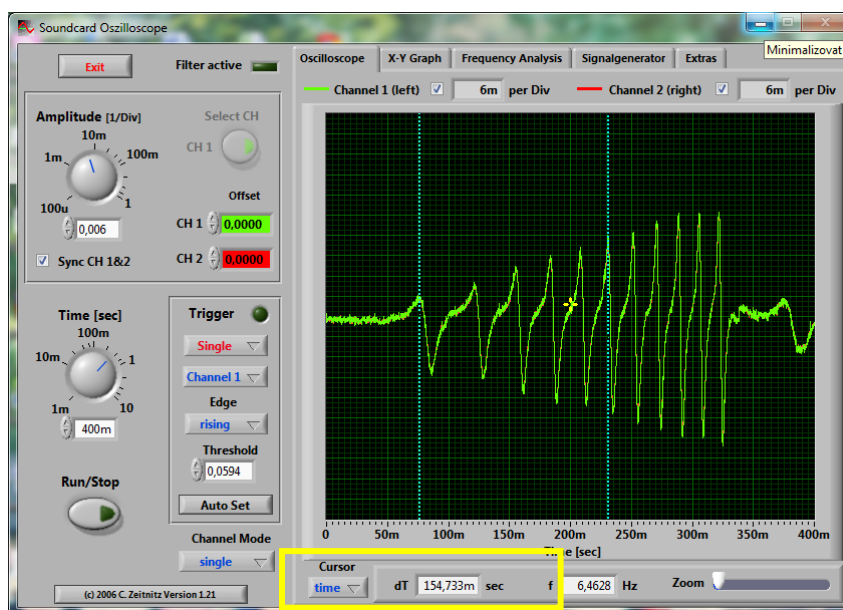
Obr. 3 Signál z pádostroja, ktorého 3., 6. a 9. závit cievky sú navinuté opačným smerom

3 Spracovanie údajov nameraných programom Scope

Údaje zaznamenané programom Scope pri páde magnetu v plastovej trubici budeme spracovávať v programe Scope a vyhodnocovať v MS Excel. Presnejšie pokyny k nastaveniu programu Scope a mikrofónu uvádzame v nasledujúcich dvoch kapitolách.

Už na prvý pohľad (obr. 2) možno vidieť, že veľkosť zaznamenaných signálov s časom postupne narastá. Dôvodom je to, že rýchlosť magnetu tiež narastá rovnomerne. Indukované napätie je totiž priamoúmerné časovej zmene indukčného toku v cievke a počtu závitov cievky. Počet závitov cievok máme stále rovnaký (jeden), indukčný tok takisto (je to indukčný tok magnetky), takže jediný parameter, ktorý sa mení je rýchlosť zmeny indukčného toku, ktorý je úmerný rýchlosti magnetu. Takto teda možno kvalitatívne vidieť, že rýchlosť magnetu narastá lineárne s dobou pádu.

Na kvantitatívne vyhodnotenie experimentu potrebujeme presnejšie zmerať časové okamihy, v ktorých magnet prechádza jednotlivými závitmi. Pre možnosť zobrazovania časových údajov prechodu magnetu jednotlivými závitmi navinutými na plastovú trubicu použijeme nástroj Cursor. Namiesto predvoleného nastavenia Off zvolíme možnosť Time. Na obrazovke programu Scope sa objavia dve zvislé modré čiary. Po zakliknutí môžeme čiarami pohybovať a označiť tak konkrétne časové úseky medzi indukovaním napätia v jednotlivých cievkach. Čiarou nachádzajúcou sa vľavo si označíme „čas nula“. Posúvaním druhej čiary na miesta s maximálnym kladným signálom (okamihu začiatku prechodu magnetu konkrétnym závitom) dostaneme okamžitú hodnotu času vzhľadom na čas v bode „nula“ (obr. 4).



Obr. 4 Analýza nameraných dát v programe Scope pomocou nástroja – Cursor/time

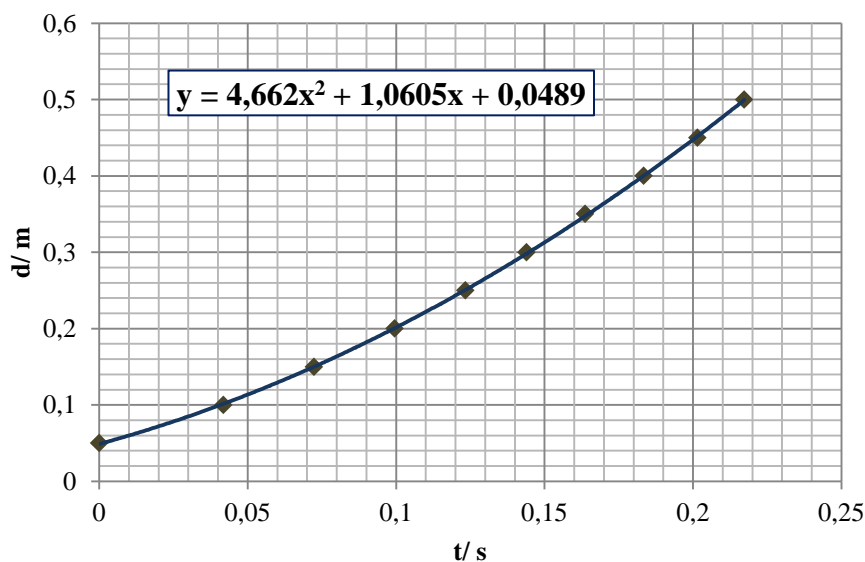
Hodnoty času zapisujeme do tabuľky (Tab. 1). Nakoľko sme si ako časový začiatok zvolili okamih prechodu magnetu prvým závitom, hodnotu nulového času priradíme dráhu 5 cm. Z toho vyplýva, že magnet mal pri prechode prvým závitom konkrétnu počiatočnú rýchlosť. Veľkosť tejto rýchlosti budeme vedieť určiť z predpisu rovnice. Rovnicu získame, ak namerané hodnoty v grafe preložíme trendovou čiarou. Do tabuľky sme uviedli aj výpočet hodnoty priemernej rýchlosti pádu magnetu cez závit v jednotlivých vzdialenostiach. V nasledujúcej tabuľke uvádzame nami namerané údaje. Merania sme robili na troch rôznych počítačoch, s rôznymi operačnými systémami, rôznymi trubicami, magnetmi a stereo káblami. Chceme tým ilustrovať, že meranie je dobre reprodukovateľné.

Graf 1 zobrazuje závislosť času od dráhy padajúceho magnetu. Z rovnice trendovej čiary, ktorú sme preložili nameranými hodnotami je vidno, že okamžitá rýchlosť v čase „nula“ bola

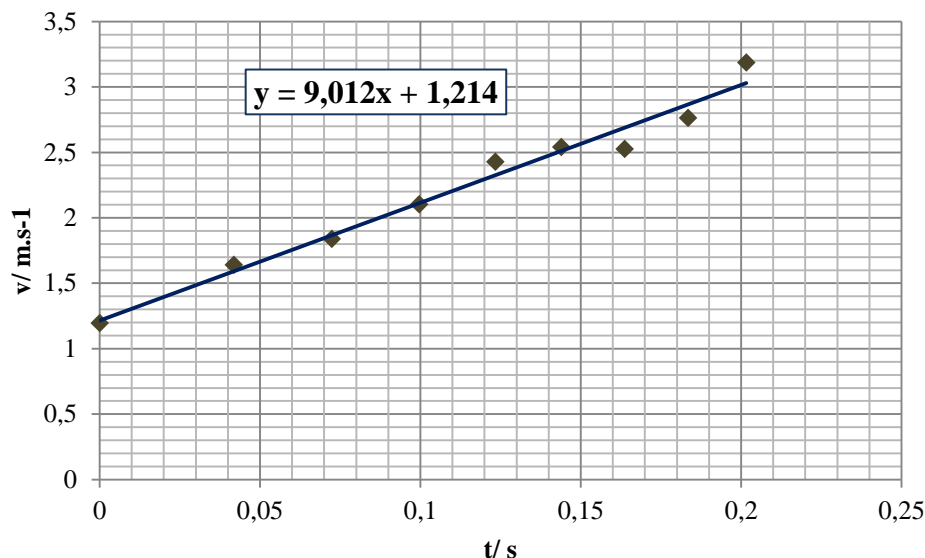
približne 1 m.s^{-1} a koeficient pri x^2 je rovný $\frac{1}{2}g$. Z toho vieme povedať, že veľkosť gravitačného zrýchlenia nám v tomto prípade vyšla rovná hodnote $9,32 \text{ m.s}^{-2}$. Graf 2 zobrazuje závislosť času od priemernej rýchlosti magnetu pri prechode jednotlivými závitmi. Preložením týchto údajov lineárnou trendovou čiarou sme dostali pri lineárnom člene koeficient určujúci veľkosť gravitačného zrýchlenia ($9,0 \text{ m.s}^{-2}$).

Meranie 1			Meranie 2			Meranie 3		
$\frac{t}{s}$	$\frac{d}{m}$	$\frac{v}{\text{m.s}^{-1}}$	$\frac{t}{s}$	$\frac{d}{m}$	$\frac{v}{\text{m.s}^{-1}}$	$\frac{t}{s}$	$\frac{d}{m}$	$\frac{v}{\text{m.s}^{-1}}$
0	0,05	1,173709	0	0,05	1,193317	0	0,05	1,193317
0,0426	0,1	1,760563	0,0419	0,1	1,639344	0,0419	0,1	1,552795
0,071	0,15	1,845018	0,0724	0,15	1,838235	0,0741	0,15	1,845018
0,0981	0,2	2,12766	0,0996	0,2	2,10084	0,1012	0,2	2,024291
0,1216	0,25	2,074689	0,1234	0,25	2,427184	0,1259	0,25	2,252252
0,1457	0,3	2,702703	0,144	0,3	2,538071	0,1481	0,3	2,525253
0,1642	0,35	2,617801	0,1637	0,35	2,525253	0,1679	0,35	2,645503
0,1833	0,4	2,604167	0,1835	0,4	2,762431	0,1868	0,4	2,762431
0,2025	0,45	3,378378	0,2016	0,45	3,184713	0,2049	0,45	2,890173
0,2173	0,5		0,2173	0,5		0,2222	0,5	3,205128
						0,2378	0,55	

Tab. 1 Namerané hodnoty času pre jednotlivé hodnoty dráhy a vypočítané hodnoty priemernej rýchlosti



Graf 1 Závislosť času padania magnetu plastovou trubicou od prejdenej dráhy.



Graf 2 Závislosť času padanie magnetu od priemernej rýchlosti magnetu v jednotlivých závitoch.

Rovnakým spôsobom sme spracovali aj ďalšie dve merania. Výsledky týchto meraní sú zhrnuté v Tab. 2.

Meranie 2		Meranie 3	
$\frac{g}{m \cdot s^{-1}}$ (z dráhy)	$\frac{g}{m \cdot s^{-1}}$ (z rýchlosti)	$\frac{g}{m \cdot s^{-1}}$ (z dráhy)	$\frac{g}{m \cdot s^{-1}}$ (z rýchlosti)
9,32	9,01	9,10	8,68

Tab. 2 Vypočítané hodnoty gravitačného zrýchlenia z druhého a tretieho merania

Vidíme, že výsledky sú reprodukovateľné, hoci namerané hodnoty gravitačného zrýchlenia sú mierne nižšie, než skutočné ($9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$). Dôvodom bude pravdepodobne trenie. A to nielen odporová sila vzduchu, ale pri dotykoch magnetky so stenami aj trenie medzi magnetkou a stenami. Dôležité je preto presne vertikálne umiestnenie rúrky a opatrné vypustenie magnetky z ruky.

Gravitačné zrýchlenie určené z vypočítanej priemernej rýchlosti je menej presné. Dôvodom je, že pri výpočte priemernej rýchlosti sme odčítali od seba dve hodnoty času, takže presnosť takto určenej rýchlosti je menšia, než presnosť určenia samotných časových okamihov.

4 Prvé použite stereo káblu

Pred nastavením mikrofónu a programu Scope si k zvukovej karte počítača, do mikrofónového vstupu, pripojíme upravený stereo kábel. Stereo kábel sme upravili tak, že sme k voľným vodičom klasického konektora, Jack 3,5, priletovali krokosvorky. V prípade použitia mono konektora použijeme dve krokosvorky (signál a uzemnenie). V prípade použitia stereo konektora použijeme tri krokosvorky (signál1, signál2 a uzemnenie). Po pripojení stereo káblu k zvukovej karte a spustení programu Scope sa nám vzhľadom na nastavenia programu a úroveň hlasitosti mikrofónu, začne zobrazovať signál na voľných koncoch stereo kábla (obr. 10). Ak chceme zistiť, ktorý z voľných vodičov je signál a uzemnenie, musíme sa postupne prstom dotknúť všetkých voľných vodičov. Pri dotyku prsta a vodiča zaznamenávajúceho signál sa úroveň signálu zobrazovaná programom Scope zvýši.

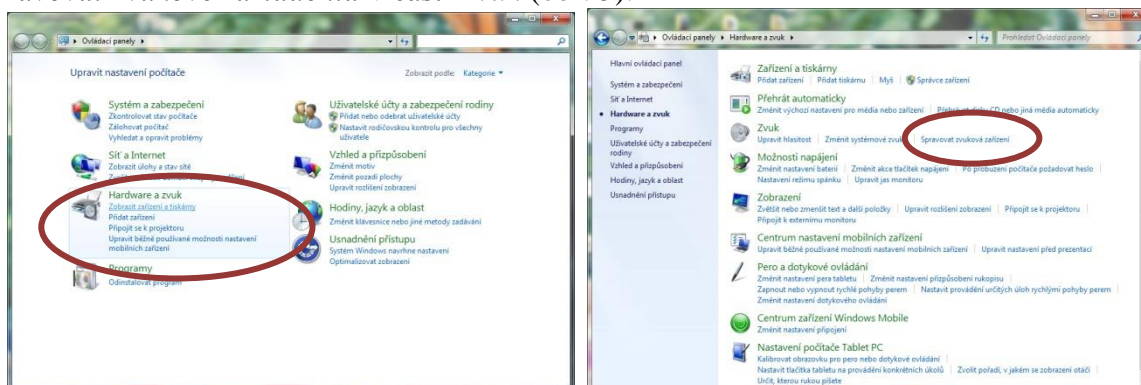
Pri dotyku prsta a *uzemňujúceho* vodiča sa úroveň signálu zobrazovaná programom Scope **zniži**. Spojením krokosvoriek, pri ktorých sa po dotyku prstom úroveň signálu zvýšila a znížila by mal „šum“, ktorý sme predtým pozorovali zaniknúť (obr. 11). Tieto dve krokosvorky pripojíme k voľným vodičom skonštruovaného pádrostroja.

5 Nastavenie mikrofónu v OS MS Windows 7 a MS Windows XP

Niekedy je potrebné nastaviť citlivosť mikrofónu alebo vybrať jeden z viacerých zabudovaných mikrofónových vstupov v počítači. Tomu je venovaná táto kapitola.

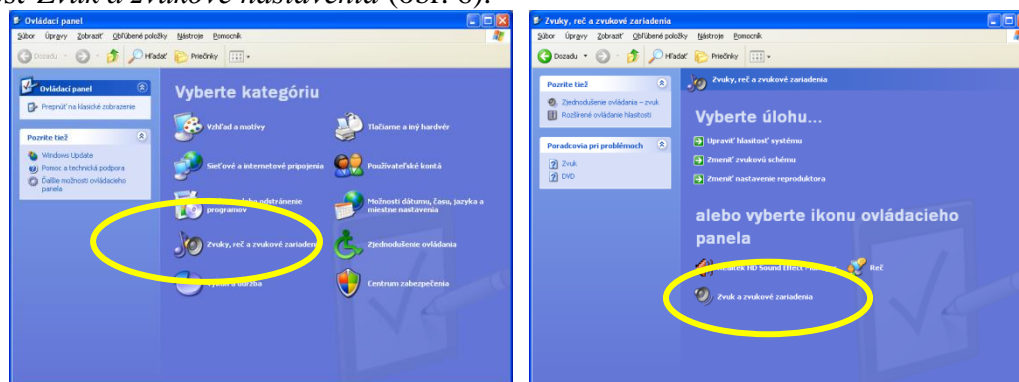
5.1 Štart – Ovládací panel – Hardware a zvuk – Spravovať zvukové zariadenia

Cez ponuku *Štart* si spustíme *Ovládací panel* operačného systému Windows 7 a zvolíme možnosť *Hardware a zvuk*. V rozhraní nastavení *Hardware a zvuk* klikneme na možnosť *Spravovať zvukové zariadenia* v časti *Zvuk* (obr. 5).



Obr. 5 Nastavenie zvuku – Windows 7 – časť 1

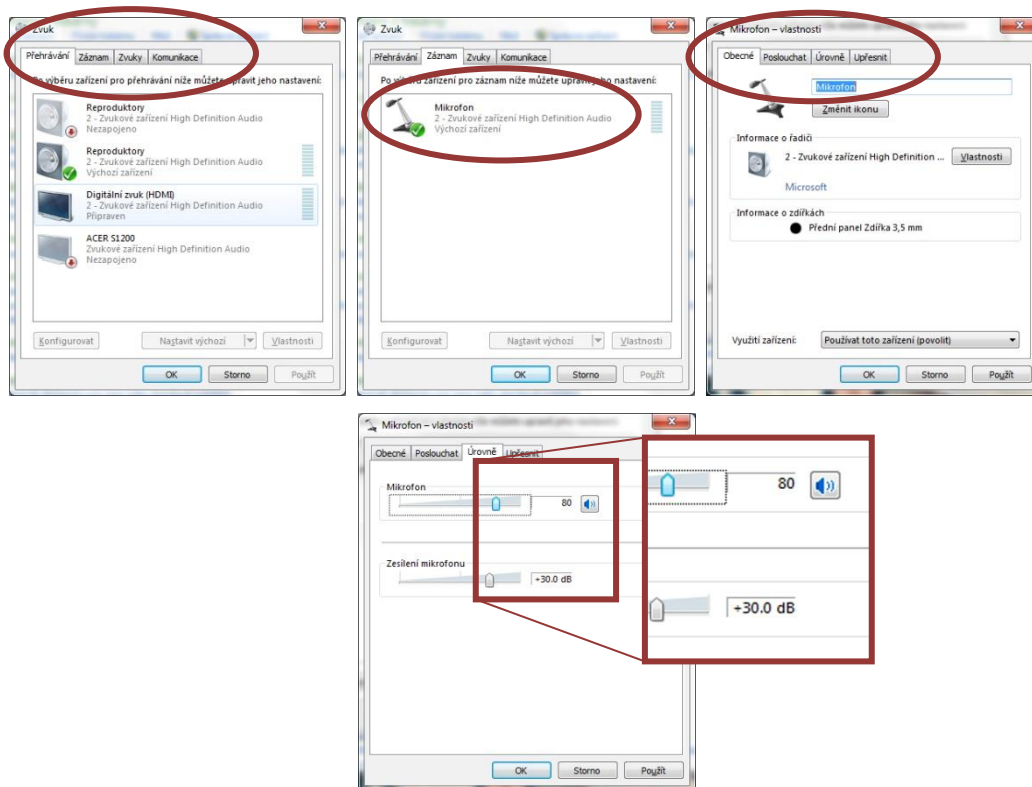
Pri použití operačného systému Windows XP zvolíme v okne *Ovládací panel* možnosť *Zvuk, reč a zvukové nastavenia*. V rozhraní nastavení *Zvuk, reč a zvukové nastavenia* klikneme na možnosť *Zvuk a zvukové nastavenia* (obr. 6).



Obr. 6 Nastavenie zvuku – Windows XP – časť 1

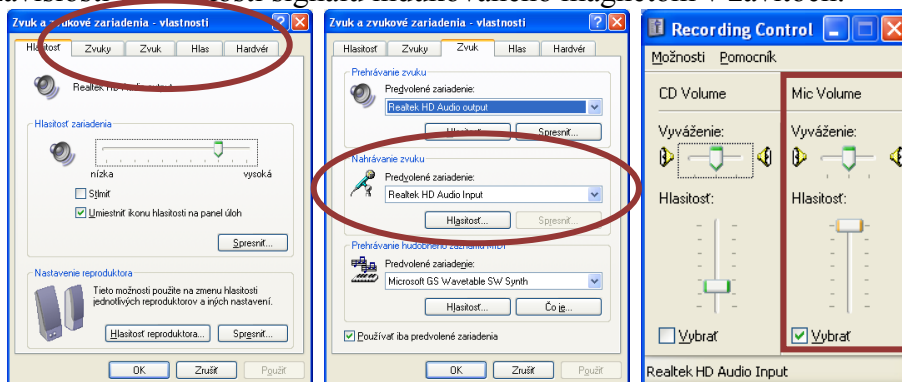
5.2 Zvuk – Záznam – Mikrofón – Mikrofón (vlastnosti) – Úrovně

Otvorí sa nové okno rozhrania *Zvuk* (obr. 7). Na hornej lište zvolíme možnosť *Záznam*. V okne *Záznam* sa zobrazia všetky zariadenia, pomocou ktorých je možné zaznamenávať zvuk v danom počítači. Dvojkliknutím na ikonu *Mikrofón* sa otvorí nové okno *Mikrofón – vlastnosti*. Na hornej lište vlastností mikrofónu zvolíme možnosť *Úrovně*. V tomto okne sa dajú meniť nastavenia úrovne hlasitosti mikrofónu a zosilnenie mikrofónu. Zosilnenie mikrofónu nastavíme na úroveň napr. +30 dB a úroveň hlasitosti mikrofónu aspoň na 80. Tieto nastavenia meníme v závislosti od veľkosti signálu indukovaného magnetom v závitoch.



Obr. 7 Nastavenie zvuku – Windows 7 – časť 2

Pri použití operačného systému Windows XP je postup menej náročný. Po otvorení okna *Zvuk a zvukové zariadenia* (obr. 8) – *Vlastnosti* klikneme na možnosť *Zvuk* na hornej lište a v ďalšom okne, v časti *Nahrávanie zvuku*, zvolíme možnosť *Hlasitosť*. V novom okne, *Recording control*, nastavíme hlasitosť *Mic Volume* na najvyššiu možnú. Tieto nastavenia meníme v závislosti od veľkosti signálu indukovaného magnetom v závitoch.

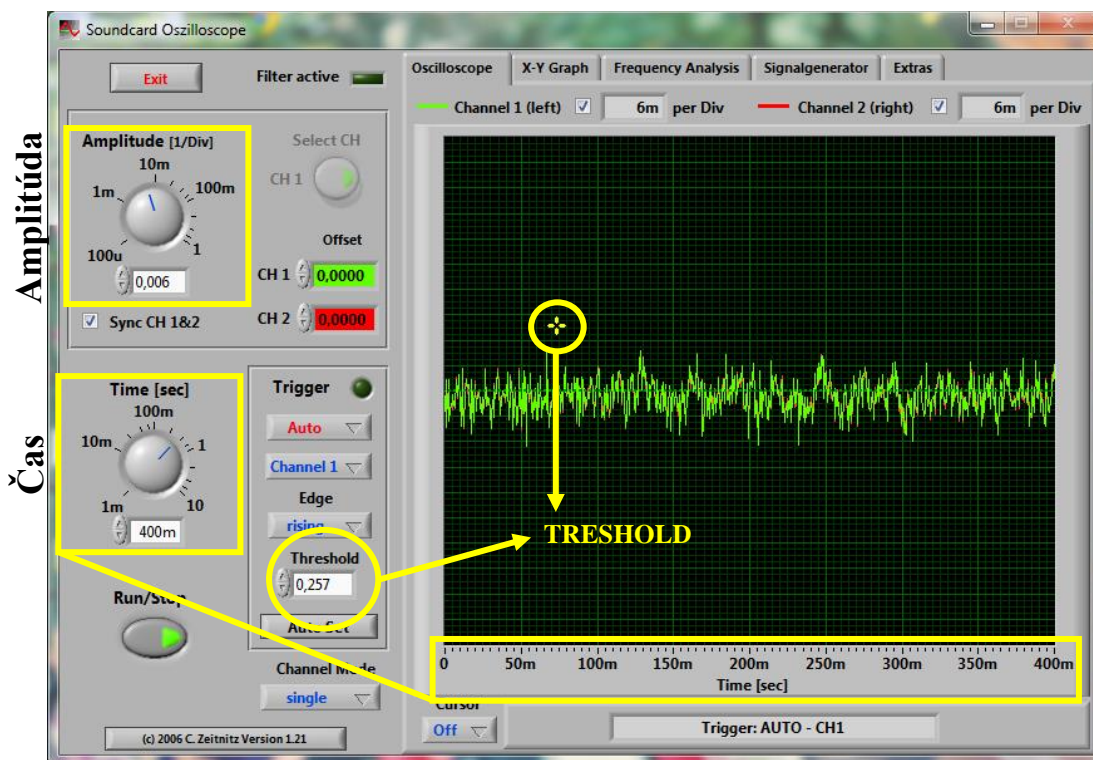


Obr. 8 Nastavenie zvuku – Windows XP – časť 2

6 Nastavenie programu SCOPE

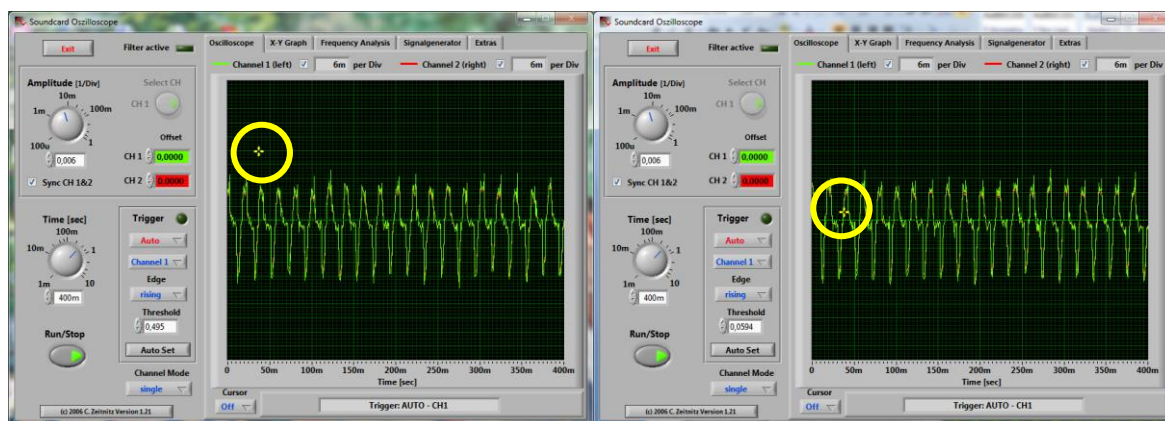
Program SCOPE sme používali v rozhraní osciloskopu. V rozhraní osciloskopu sme menili nastavenia parametrov *Amplitúda*, *Čas* a *Trigger* (obr. 9). Nám sa pri nastavení zosilnenia mikrofónu na + 20 dB a úrovni hlasitosti 80 osvedčilo nastaviť amplitúdu na 0,006 a čas na 400 ms. Pri takomto nastavení osciloskopu sme na monitorovacej oblasti boli schopní zachytiť celý priebeh pádu magnetu v trubici. Okrem nastavenia rozsahu amplitúdy a času je potrebné nastaviť aj *Trigger*. V nastaveniach *Trigger* sme používali mód *Auto* a *Single*. Mód *Auto* zobrazuje okamžitú hodnotu signálu. Nedokáže si zapamätať priebeh signálu zaznamenaného za konkrétny časový interval (nastavenia *Čas*). Mód *Single* si dokáže

zapamätať priebeh signálu za jeden časový interval pričom meranie sa spustí dosiahnutím minimálnej hodnoty signálu – *Threshold* (žltý krížik). Úroveň *Threshold* nastavíme presunutím „žltého krížika“ naľavo od jeho pôvodnej polohy na monitorovacej obrazovke a mierne nad hodnotu signálu (obr. 9). Veľkosť tresholdu je minimálnou hodnotou veľkosti signálu, od ktorej začne osciloskop zaznamenávať signál v časovom intervale (v našom prípade 400 ms).



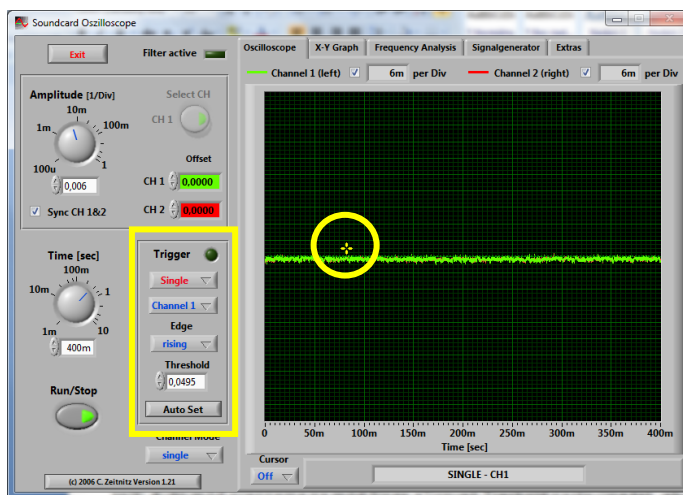
Obr. 9 Rozhranie programu Scope – popis základných funkcií

Pred nastavením úrovně *Threshold* (posunutím žltého krížika) pri *Auto* móde sa signál mení rýchlo. Po nastavení úrovně *Threshold* sa signál stabilizuje (obr. 10).



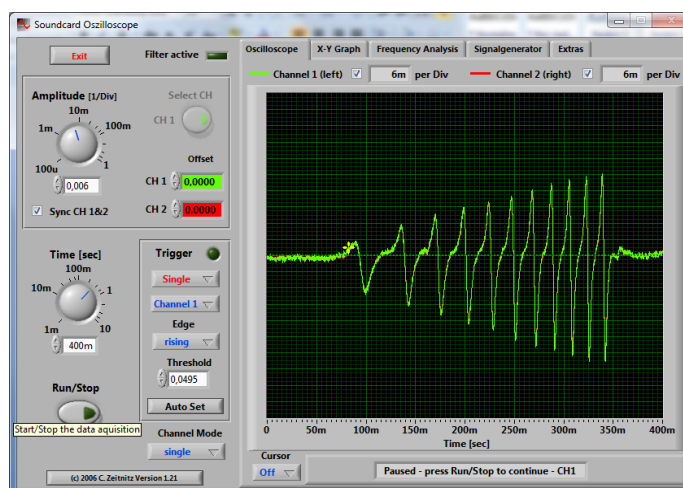
Obr. 10 Nastavenie úrovně *Threshold*

Po pripojení krokosvoriek k obvodu cievok namotanych v sérii na plastovú trubicu sa úroveň signálu (šumu) výrazne zníži. *Auto* mód prepneme na mód *Single* a úroveň *Threshold* nastavíme tak, aby hodnota signálu nedosiahla úroveň *Threshold* (obr. 11).



Obr. 11 Príprava na meranie jedného záznamu pádu magnetu plastovou trubicou – zmena z módu Auto na mód Single

Program Scope je teraz nastavený na meranie jedného záznamu pádu magnetu plastovou trubicou. Dôležité je, aby tlačidlo *Run/Stop* svietilo na zeleno. Program Scope čaká na prvý signál, ktorého veľkosť bude väčšia ako hodnota, na ktorú je nastavená úroveň *Threshold*. Magnet necháme spadnúť cez trubicu a program Scope zaznamená zmenu úrovne signálu (obr. 12).



Obr. 12 Meranie jedného záznamu pádu magnetu plastovou trubicou

Záver

Elektronický pádoštroj využívajúci padajúce magnetické teleso na indukovanie elektrického napätia v sérii jednovávitových cievok má veľmi jednoduchú konštrukciu. Trochu experimentovania si vyžaduje správne nastavenie citlivosti mikrofónu a parametrov programu Scope (najmä citlivosti vstupu, rýchlosti zaznamenávania údajov a synchronizačnej úrovne). Získané výsledky ukazujú, že meranie je názorné a reprodukovateľné. Získaná hodnota gravitačného zrýchlenia je trochu nižšia v porovnaní so skutočnou. Je to pravdepodobne spôsobené najmä trením medzi padajúcim telesom a trubicou pádoštroja pri náhodných dotykoch.

Zoznam bibliografických odkazov

MIT 2013. *MIT PhysicsDemo –Strobe of a Falling Ball*. 2013 [online]. 2013 [cit. 2013-11-24]. Dostupné na internete: <<http://www.youtube.com/watch?v=xQ4znShlK5A>>.

- Tracker 2013. *Tracker – Video Analysis and Modeling Tool*. 2013 [online]. 2013 [cit. 2013-11-24]. Dostupné na internete:<<http://www.cabrillo.edu/~dbrown/tracker/>>.
- Zeitnitz, Ch. 2013. *SoundcardOscilloscope*. 2013 [online]. 2013 [cit. 2013-11-24]. Dostupné na internete:<http://www.zeitnitz.de/Christian/scope_en>.
- Sirisathikul, C. 2013. *Digital video analysis of falling objects in air and liquid using Tracker*. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 35, n. 1, 1504 (2013). Dostupné na internete:<<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/351504.pdf>>.

Klasifikácia a hodnotenie výkonov žiakov

Autori: Viera Lapitková, FMFI UK Mlynská dolina, Bratislava
lapitkova@fmph.uniba.sk
Petra Vnuková, FMFI UK Mlynská dolina, Bratislava
vnukova@fmph.uniba.sk

Anotácia

Prístup ku klasifikácii a hodnoteniu výkonov žiakov súvisí s koncepcnými základmi, na ktorých stojí program vyučovanie. Pre program fyziky na základnej škole bola prijatá koncepcia založená na aktivitách, činnostiach žiaka, ktoré mu umožňujú objaviť poznatky a získať priame skúsenosti s hľadáním súvislostí a vzťahov medzi pojmami, javmi či faktami. Takýto prístup si vyžaduje aj nový prístup ku klasifikácii a hodnoteniu. V príspevku uvádzame jednak štruktúru foriem klasifikácie a hodnotenia výkonov žiakov, ako aj ukážku testu, ktorý je vhodný pre testovanie žiakov v 9. ročníku. Test obsahuje aj praktické úlohy zamerané na klasifikovanie zručností v meraní a zostavovaní elektrických obvodov, či kreslenia schém.

1 Štruktúra hodnotenia v prírodovedných programoch zameraných na aktívne poznávanie

Medzi zásadné rozdiely medzi klasickou koncepciou organizácie učebného procesu a koncepciou založenou na aktívnom poznávaní patrí aj prístup ku klasifikácii a hodnoteniu. Ak chceme rozvíjať u žiakov schopnosť samostatne poznávať, nemôžeme klasifikovať reprodukciu naučeného textu a rýchle odpovede. Úsilie žiaka smeruje vždy k tým aktivitám, ktoré hodnotí a klasifikuje učiteľ.

Pri porovnávaní prístupov ku klasifikácii a hodnoteniu v tradičnom vyučovaní prírodovedných predmetov a v programoch zameraných na aktívne poznávanie je potrebné zdôrazniť, že pri ich tvorbe je nevyhnutné, aby súčasťou koncepcných materiálov bol aj dokument, ktorý dá jasnú odpoveď na formy kontroly výkonov žiakov.

Preto dôležitou súčasťou tvorby nových koncepcných materiálov vyučovania prírodovedných predmetov je ujasnenie si prístupu k hodnoteniu výkonov žiakov a vypracovanie potrebných nástrojov, k čomu by mal slúžiť aj predložený príspevok.

Klasifikáciu a hodnotenie žiaka v koncepciách založených na aktívnom poznávaní rozdelíme do troch základných kategórií:

- inštrumentálne hodnotenie,
- neinštrumentálne hodnotenie,
- sebahodnotenie.

Uvedené prvé dve kategórie sa odlišujú na základe toho, či má žiak vopred jasne formulované požiadavky na jeho výkon. Od toho sa odvíjajú aj nástroje pre učiteľa na hodnotenie jeho výkonu. Za **inštrumentálne hodnotenie** sa považuje také hodnotenie, pri ktorom sú dané presné kritériá, ako výkony žiakov hodnotiť. Jednou z foriem inštrumentálneho hodnotenia sú didaktické testy, ktoré sa považujú za presné nástroje na klasifikáciu výkonov žiakov a žiaci majú jasne formulované požiadavky na výkon. Za **neinštrumentálne hodnotenie** sa považuje také hodnotenie, pri ktorom nie sú dané presné kritériá, ako výkony hodnotiť. Ďalej ich možno rozdeliť na dva druhy – **formálne a neformálne hodnotenie**.

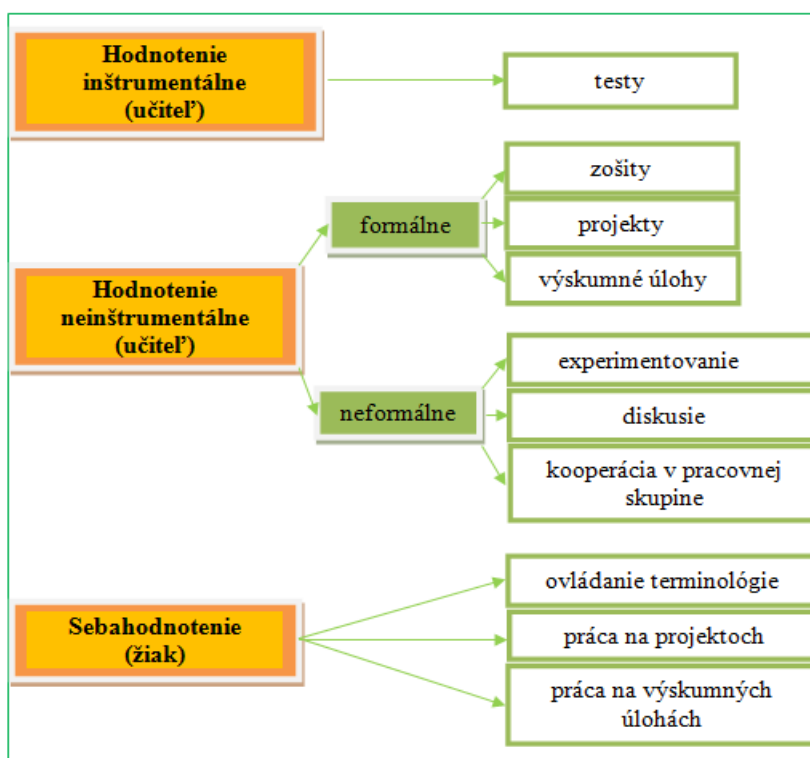
Pri *formálnom* neinštrumentálnom hodnotení je daná žiakom forma, podľa ktorej by mali postupovať pri riešení úlohy. Ide napr. o ústne a písomné správy z výskumných úloh (napr. Meteorologická stanica F7) a projekty. Námety na výskumné úlohy možno nájsť aj v publikácii Rozvíjanie tvorivosti študentov... (Velmovská, 2001).

Pri ústnej vedeckej správe si žiak pripraví prezentáciu, v ktorej predstaví problém a vysvetlí metódy jeho riešenia. Počas výstupu sa očakáva prezentácia pomocou obrázkov, tabuliek, grafov, prípadne sa použije na prezentáciu počítač. Vo vystúpení by nemala chýbať analýza výsledkov a záver, v ktorom žiak zhodnotí svoju prácu, spomenie prípadné problémy a ťažkosti pri riešení. Súčasťou prezentácie je aj diskusia a odpovede na otázky spolužiakov.

V *neformálnom hodnotení* sa zohľadňuje účasť žiaka na diskusiách, kooperatívnosť v pracovnej skupine, účasť na experimentovaní, pri interpretovaní výsledkov experimentov atď.

Sebahodnotenie, ako nový prvok vstupujúci do komplexu štruktúry hodnotenia, nemá mať charakter klasifikácie. Ide o rozvoj intrapersonálnej kompetencie, ktorej cieľom je kriticky zhodnotiť svoju prácu, prípadne vlastný podiel na práci v tíme. V učebniciach fyziky sú uvedené aktivity ako napr. práca s terminológiou, projekty, či dlhodobá, výskumná úloha – Meteorologická stanica. Pri projektoch sa uvádzajú kritériá, ktoré by mal žiak pri ich realizácii splniť. Učiteľ môže tieto kritériá využiť a vyžadovať od žiaka, či tímu, ktorý na aktivite spolupracoval, aby v rámci prezentácie výsledkov svojej práce zhodnotil splnenie uvedených kritérií. Sebahodnotenie sa môže uskutočniť aj písomnou formou napr. v zošite.

Prehľad štruktúry hodnotenia a vzťah medzi jednotlivými zložkami tejto štruktúry zobrazuje schéma na obr. 1.



Obr. 1 Štruktúra hodnotenia v prírodovedných programoch zameraných na aktívne poznávanie

Zo širšieho pohľadu možno rozdeliť hodnotenie na prvky, ktoré realizuje učiteľ, a na prvky ktoré by mal vykonať žiak (sebahodnotenie). Všetky prvky, ktoré sú určené učiteľovi, môžu byť klasifikované podľa presných či menej presných kritérií.

Pri sebahodnotení ide o rozvoj kompetencie vedieť kriticky zhodnotiť vlastnú prácu, ide o rozvoj intrapersonálnej kompetencie.

2 Testovanie poznatkov z témy Elektrický obvod

Test uvedený v prílohe je spracovaný v učebnici Fyzika pre 9. ročník základnej školy v časti *Vedenie elektrického prúdu v kovových vodičoch* v tematickom celku *Elektrický prúd* (Lapitková, 2012). Test overuje vedomosti žiaka o Ohmovom zákone, jeho významnejšou funkciou je však testovanie nadobudnutých zručností žiakov v konkrétnych praktických úlohách. Test je rozdelený na praktickú a teoretickú časť.

Praktická časť obsahuje dve úlohy, ktoré v súlade so štátnym vzdelávacím programom testujú nasledovné zručnosti:

- zapojiť elektrický obvod,
- odmerať veľkosť elektrického prúdu a elektrického napätia na žiarovke v sériovo zapojenom elektrickom obvode (t.j. zapojenie meracieho prístroja do elektrického obvodu, nastavenie správneho rozsahu prístroja a odčítanie hodnoty meranej veličiny s príslušnou jednotkou),
- zakresliť elektrický obvod pomocou schematických značiek.

Teoretická časť testuje mieru osvojených vedomostí o Ohmovom zákone, a to v rôznych rovinách:

- použitie vzťahu pre Ohmov zákon vo výpočtových úlohách,
- použitie vzťahu pre Ohmov zákon s cieľom určiť elektrický odpor vodiča z grafu závislosti elektrického prúdu od elektrického napätia,
- použitie vzťahu pre Ohmov zákon s cieľom navrhnúť tabuľku nameraných hodnôt,
- zostrojenie grafu závislosti elektrického prúdu od elektrického napätia,
- osvojenie pojmu elektrický odpor vodiča a jeho závislosť od parametrov vodiča.

Typológia úloh je znázornená v tabuľke 1.

Číslo úlohy	Kategória úlohy	Kognitívna úroveň	Dimenzia poznatkov
1	a) Konštrukčná úloha	Tvoriť	Procedurálne
	b) Konštrukčná úloha	Tvoriť	Procedurálne
2	a) Konštrukčná úloha	Tvoriť	Procedurálne
	b) Konštrukčná úloha	Tvoriť	Procedurálne
3	Otvorená úloha s krátkou odpoveďou	Aplikácia	Procedurálne
4	a) Grafická úloha s krátkou odpoveďou	Aplikácia	Procedurálne
	b) Grafická úloha s dlhou odpoveďou	Analýza	Konceptuálne
5	a) Konštrukčná úloha	Aplikácia	Procedurálne
	b) Konštrukčná úloha	Syntéza	Procedurálne
6	a) Otvorená úloha s krátkou odpoveďou	Analýza	Konceptuálne
	b) Otvorená úloha s dlhou odpoveďou	Analýza	Konceptuálne
7	Uzavretá úloha s výberom viacerých správnych odpovedí	Reprodukcia	Faktické

Tab. 1 Kategorizácia testových úloh

2.1 Organizácia testovania

Testovanie zručností formou praktických úloh si vyžaduje premyslenú organizáciu triedy a dôslednú prípravu zo strany učiteľa. Kým úlohy v teoretickej časti sú riešené v laviciach, úlohy v praktickej časti sú riešené na praktických stanovištiach. Tie obsahujú pomôcky potrebné pre realizáciu danej úlohy a to 4,5 V batériu, dve žiarovky, 2 krokosvorky, 5 vodičov a multimeter. Počet stanovišť závisí od počtu žiakov a dostupných materiálnych pomôcok.

Každému stanovištu môžu zodpovedať rôzne hodnoty elektrického prúdu a elektrického napätia, preto z hľadiska rýchlej spätnej kontroly je vhodné označiť ich príslušným číslom. Stanovištia sú umiestnené v triede v dostatočných vzdialenostiach, aby sa zabránilo vzájomnej komunikácii medzi žiakmi.

Každý žiak dostane zadanie testu a odpoveďový hárok, v ktorom vyplní záhlavie a označí číslo stanovišta na ktorom vykonával praktické merania. Učiteľ oboznámi žiakov so systémom testovania a zabezpečí jeho plynulý priebeh počas celej hodiny. Časť žiakov obsadí pripravené praktické stanovištia (jedno stanovište – jeden žiak), ostatní žiaci riešia teoretické úlohy. Čas vypracovania praktickej časti je ohraničený a stanovený učiteľom (približne 10 minút). „Je dôležité pripomenúť žiakom, aby po meraní zanechali stanovište v pôvodnom stave“ (Lapitková, 2012, s. 70). Učiteľ následne vyzve ďalších žiakov k uvoľneným stanovištiam, až kým sa nevystriedajú všetci žiaci v triede. V prípade, že sa potrebuje niektorý žiak vrátiť k praktickej úlohe, je to možné, ale až po vystriedaní všetkých žiakov.

Záver

Test je označovaný ako najprísnejšia forma skúšky, ale zároveň najobjektívnejšia, pretože má presné nástroje na hodnotenie výkonov žiakov. Cieľom článku bolo poukázať aj na možnosti testovania zručností žiakov.

Podakovanie

Článok vznikol za podpory Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu SR v rámci projektu VEGA1/0509/13.

Zoznam bibliografických odkazov

- HORVÁTH, P. 2006. Samostatné poznávanie na príklade matematického kyvadla. In *Obzory matematiky, fyziky a informatiky*. Nitra: JSMF, 2006. roč.35 , č. 3.43- 49 s.
- LAPITKOVÁ, V., KOUBEK, V., ŠUHAJOVÁ, Z., VNUKOVÁ, P., ÚTLA, J. 2011. *Hodnotenie žiackych výkonov v reformovaných prírodovedných programoch základnej školy*. 1. vydanie. Prešov : Vydavateľstvo Michala Vaška, 2011. 120 s. ISBN 978-80-7165-862-7.
- LAPITKOVÁ, V., MORKOVÁ, Ľ. 2012. *Fyzika pre 9. ročník základnej školy*. 1. vydanie. Bratislava : Expol pedagogika, 2012. s.103. ISBN 978-80-8091-268-0.
- VELMOVSKÁ, K. 2001. *Rozvíjanie tvorivosti študentov gymnázia*. Bratislava: 2001. Študijný text pre doktrandské štúdium. 158 s.
- YOUNG, B., D. 1996. Súčasný trendy v reformných procesoch vyučovania prírodných vied. In *Zborník z konferencie FAST – DISCO, Častá – Píla*, 28. – 29. 10. 1996.

Žákovská optická tabule – zrcadla

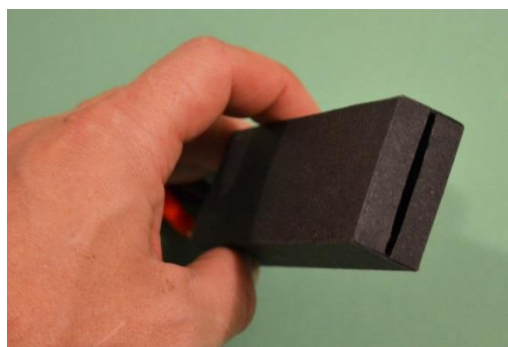
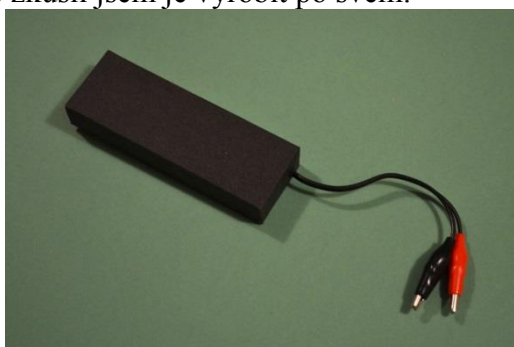
Autor: Václav Piskač, Gymnázium tř. Kpt. Jaroše, Brno
vaclav.piskac@seznam.cz

Anotace

Článek je zaměřen na možnosti skupinové práce žáků při probírání geometrické optiky – zákonitostí odrazu světla a zobrazování zrcadly.

Úvod

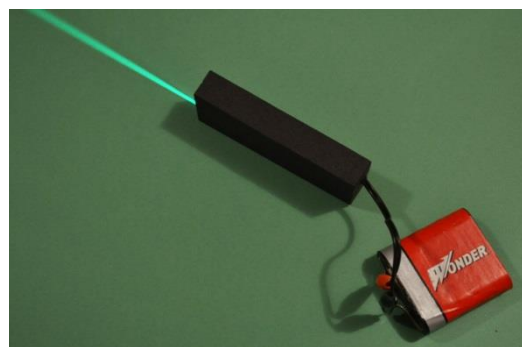
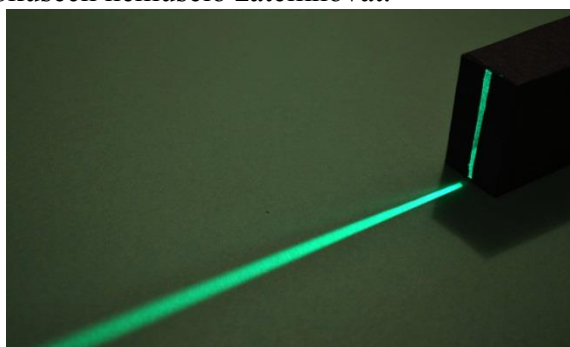
Motivací pro tuto pomůcku pro mě bylo vystoupení učitelů z Japonska, kteří přednášeli o tom, jak vyučují zákon odrazu. Z jejich fotografií nebylo jasné, jak žákovské zdroje světla fungují, ale zkusil jsem je vyrobit po svém.



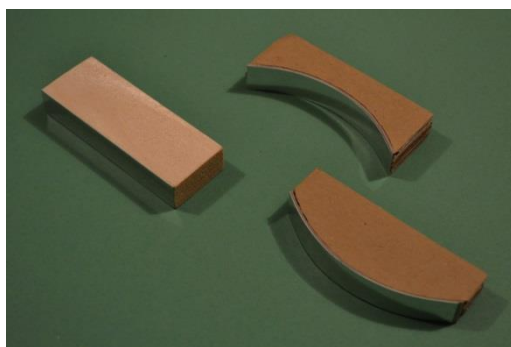
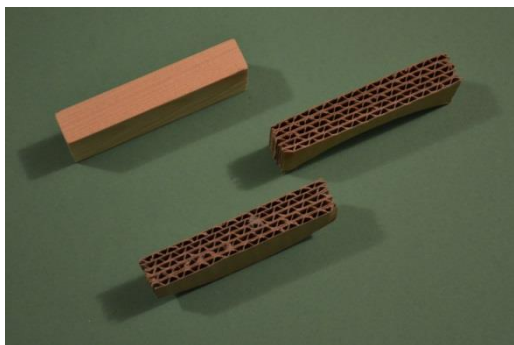
Základem je řada 4 LED zapojených paralelně přes ochranný rezistor na plochou baterii. Použil jsem vysoko-svítivé zelené LED se svítivostí 13 000 mCd a vyzařovacím úhlem 10° (katalogové číslo GME: 511-571).



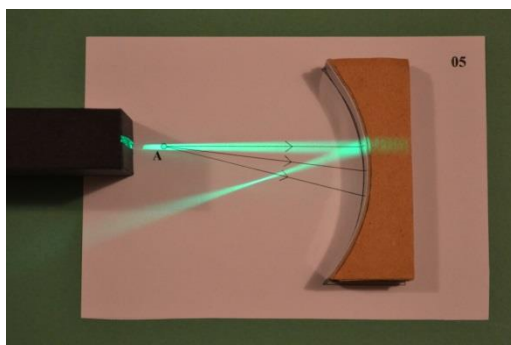
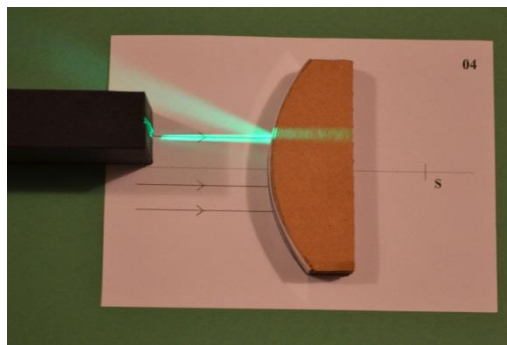
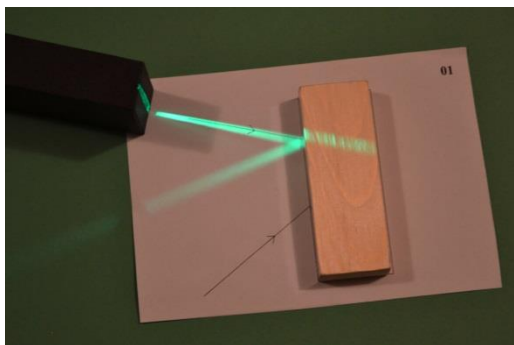
LED jsou osazeny v krabičce z tvrdého černého papíru o délce 12 cm, která má v čelní stěně štěrbinu o šířce 2 mm. Po zapojení na zdroj vytváří světlo diod na podložce proužek, který při troše drzosti můžeme prohlásit za model paprsku. Je dostatečně silný na to, aby se při pokusech nemuselo zatemňovat.



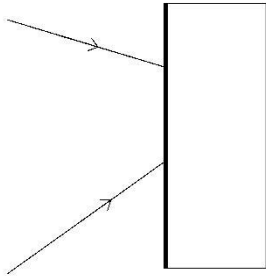
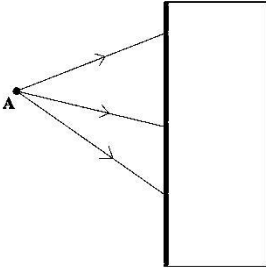
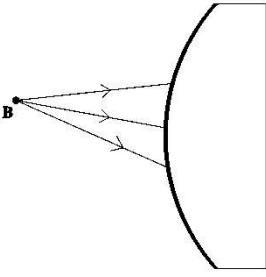
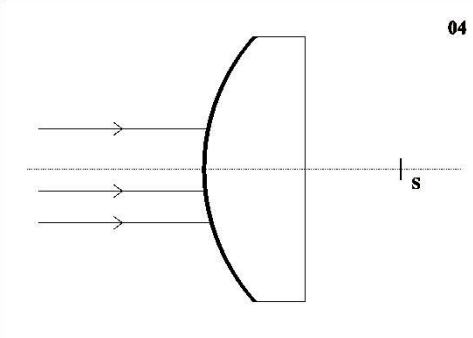
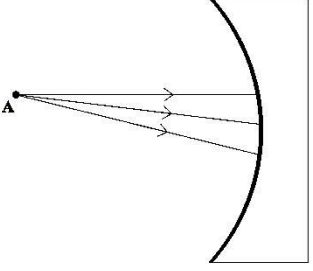
Krabičky jsou doplněny modely zrcadel. „Rovinné zrcadlo“ tvoří dřevěný hranolek, „kulová zrcadla“ jsou slepena z několika vrstev vlnité lepenky (každá vrstva byla řezána zvlášť). Boční stěny jsou polepeny samolepící zrcadlovou fólií.

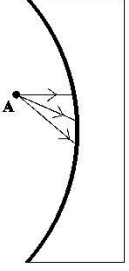
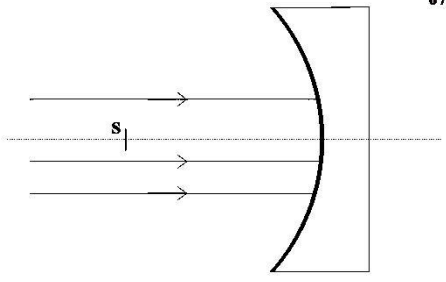


Sadu doplňují pracovní „lístky“, které si můžete stáhnout v samostatném souboru. Lístky obdrží každý žák, krabičkou si posvítí po naznačeném dopadajícím paprsku a zakreslí, kam se paprsek odráží. Lístek si pak vlepi do sešitu.



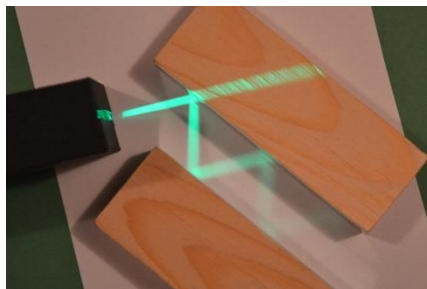
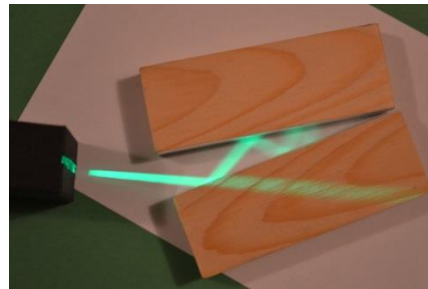
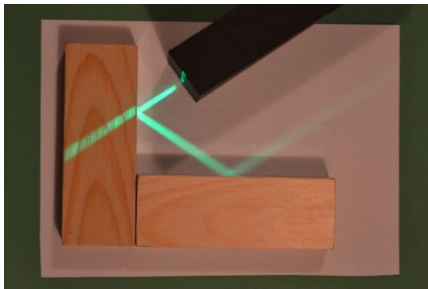
1 Přehled pracovních lístků

<p>1.1 Zákon odrazu Žáci hledají odrazy dvou náhodných paprsků. Do lístku mohou dodatečně dokreslit kolmice v bodech dopadu, úhel dopadu a úhel odrazu. Doplnkovým problémem je, jak svítit, aby se světlo odráželo zpět ke zdroji.</p>			01
<p>1.2 Zobrazení rovinným zrcadlem Hledají odraz tří paprsků vycházejících z jednoho bodu. Vznikne rozbíhavý svazek. Nyní nastává zřejmě nejsložitější část geometrické optiky – přesvědčit žáky, že oko vidí obraz bodu A tam, odkud odražené paprsky zdánlivě vychází.</p>			02
<p>1.3 Zobrazení vypuklým zrcadlem Podobně jako v předchozím případě, hledají obraz bodu B ve vypuklém zrcadle. Použití reálného světla a zrcadla umožňuje nalezení obrazu, aniž by znali konstrukční paprsky.</p>			03
<p>1.4 Hledání ohniska vypuklého zrcadla Zde narazíme na „kulovou vadu“ – odražené paprsky nevycházejí z jednoho bodu ležícího na polovině poloměru křivosti (spíše z jakési „oblasti“). Namísto meditací nad paraxiálním prostorem, doporučuji s žáky uzavřít džentlmenskou dohodu o tom, že se budeme tvářit, jako by paprsky z jednoho bodu vycházely. Usnadní nám to život.</p>			04
<p>1.5, 1.6 Zobrazení dutým zrcadlem Tak, jako předtím, hledají obraz bodu. S ohledem na chování dutého zrcadla jsou zde dva pracovní lístky pro dva rozdílné výsledky (tj. jednou vzniká skutečný a podruhé neskutečný obraz).</p>			05

	 <p style="text-align: right;">06</p>
<p>1.7 Hledání ohniska dutého zrcadla Opět se odražené paprsky neprotnou v jednom bodě. Je zde pěkně vidět, že čím dále jsme s paprskem od osy, tím dále od ohniska paprsek protíná osu.</p>	 <p style="text-align: right;">07</p>

2 Soustavy rovinných zrcadel

S použitím dvou rovinných zrcadel mohou žáci zkoumat chování paprsku mezi dvěma zrcadly (kolnými, rovnoběžnými, šikmými).



Závěr

Výše popsany soubor pomůcek nebyl zatím „testován na dětech“, jsem ale přesvědčený, že usnadní učitelů práci při probírání geometrické optiky a zjednoduší žákům její pochopení.

„Hviezdne“ experimenty

Autor: Klára Velmovská, FMFI UK Mlynská dolina, Bratislava
velmovska@fmph.uniba.sk

Anotácia

V dielni predstavíme virtuálne planetárium Stellarium a jeho možné využitie pri skúmaní vesmíru na vyučovaní. Program umožňuje sledovanie pohybov vesmírnych telies v zrýchlenom čase a z ľubovoľného miesta kozmu. Tým sa nám ponúka možnosť sprostredkovať vedomosti o pohyboch vesmírnych telies názorným prístupom. Realizáciou jednoduchých aktivít budeme hľadať odpovede na otázky ako napríklad: *Kde vychádza Slnko? Ako vyzerá zatmenie Slnka z jeho povrchu? Kedy prechádza Venuša slnečným kotúčom? Ako vieme odmerať polomer Zeme? Čo je spätný pohyb planéty?*

Úvod

Pozorovanie prírodných javov je súčasťou života každého dieťaťa. Dieťa pozoruje, že Slnko putuje po oblohe, že sa striedajú ročné obdobia, že sa menia podoby Mesiaca na večernej oblohe, ... Ako má dieťa prejsť od pozorovania k chápaniu a vysvetleniu týchto javov?

Astronómia sa ako samostatná časť fyziky vo vyučovaní na základných ani stredných školách na Slovensku nenachádza (ŠPÚ, 2009a), (ŠPÚ, 2009b). Žiaci sa s poznatkami o vesmíre oboznamujú na hodinách prírodovedy na 1. stupni základnej školy v 3. a 4. ročníku (ŠPÚ, 2011) a na niekoľkých hodinách geografie v 5. ročníku ZŠ (ŠPÚ, 2010). S témami spojenými s astronómiou sa okrajovo stretávajú v niektorých témach z fyziky (Hanisko, 2013).

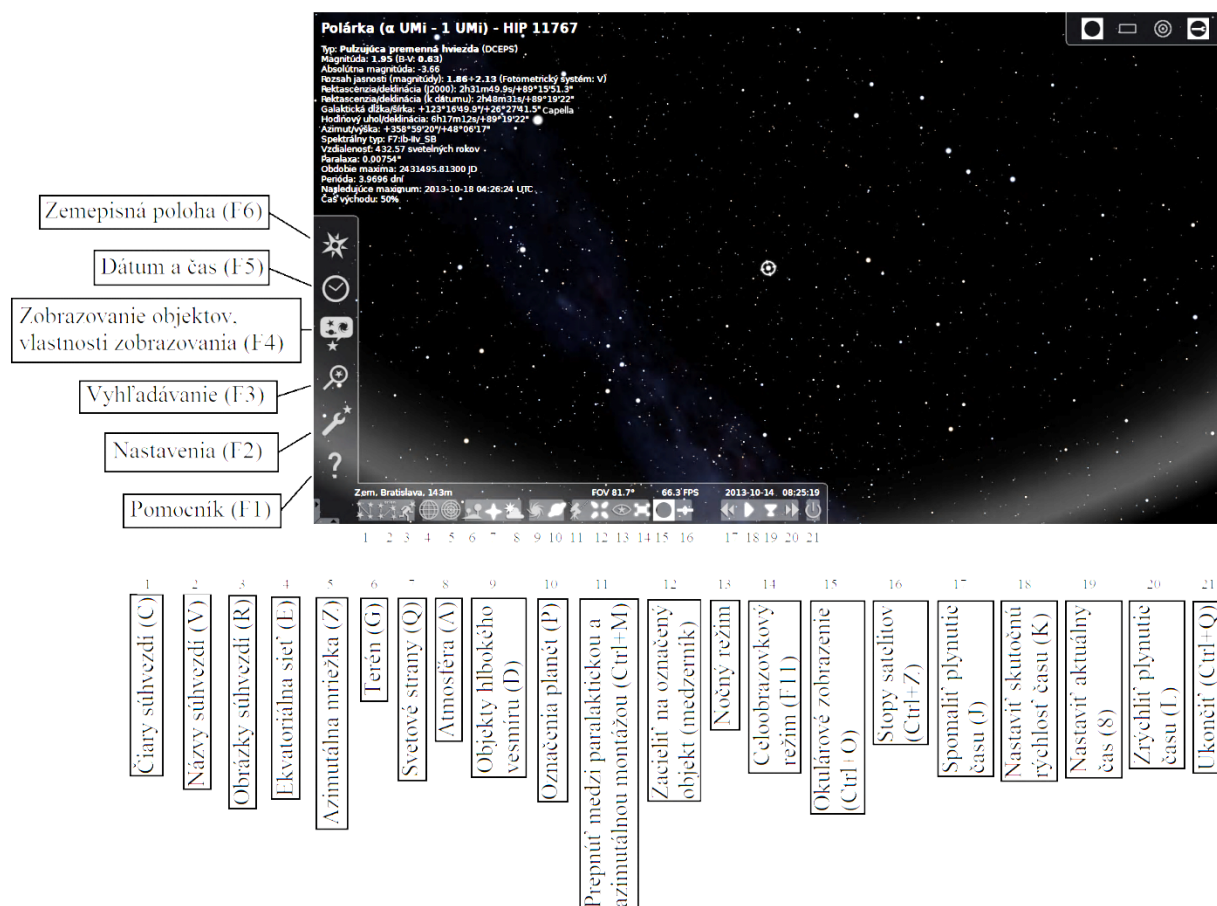
Pohyby vesmírnych telies sú náročné na pochopenie i kvôli tomu, že vyžadujú dostatočne rozvinuté priestorové vnímanie. Bolo by najvhodnejšie, aby mali žiaci k dispozícii 3D modely, čo je však pri dnešnej situácii v školstve zložité. Preto je vhodné voliť iný ekvivalent – Stellarium – virtuálne planetárium umožňujúce putovanie vo vesmíre i v čase.

„Stellarium je softvérový projekt, ktorý umožňuje použiť stolný počítač ako virtuálne planetárium. Vykresľuje Slnko, Mesiac, planéty, hviezdy a iné vesmírne objekty tak, ako by ich používateľ videl, keby sa pozeral na oblohu z daného miesta v danom čase. Program je schopný vykresliť i konštelácie a simulovať astronomické fenomény ako meteory, zatmenie Slnka či Mesiaca, atď. Stellarium môže byť použité ako výukový softvér, pomôcka pre amatérskych astronómov plánujúcich si večerné pozorovanie oblohy, či len tak pre zaujímavosť a zábavu. Vďaka kvalite vykresľovanej grafiky je Stellarium používané ako súčasť profesionálnych projektorov pre niektoré reálne planetária. Používa sa i na vytváranie máp oblohy a ilustrácií v astronomických magazínoch.“ (Gates a Domonkos, 2009)

1 Popis aplikácie Stellarium

Stellarium je aplikácia, ktorá je voľne stiahnuteľná. Uživatelské príručky sú dostupné najmä v jazyku anglickom. Podarilo sa nám nájsť uživatelskú príručku k verzii 0.10.0, ktorej časť je preložená do slovenčiny (Gates a Domonkos, 2009). Aplikáciu je možné ovládať pomocou myši alebo pomocou kláves. Pohyb zorného poľa zabezpečíme pohybom myši pri stlačení ľavom tlačidle alebo šípkami na klávesnici. Zorné pole zväčšujeme/zmenšujeme kolieskom na myši alebo stlačením klávesov Ctrl a šípka hore/dole. Objekt vyberieme tak, že naň klikneme ľavým tlačidlom myši. Odznačíme stlačením pravého tlačidla myši. Pohodlnejšie je

ovládanie myšou, ale aj tak sa nevyhneme použitiu niektorých klávesov na klávesnici počítača.



Obr. 1 Printscreen obrazovky s aplikáciou Stellarium s popisom lišty

V ďalšom sa pokúsime v krátkosti opísať funkciu jednotlivých tlačidiel na zvislej i vodorovnej lište (obr. 1).

1.1 Zvislá lišta

Zemepisná poloha – umožní nastavenie konkrétnej polohy na Zemi (podľa GPS súradníc, nadmorskej výšky, výberom miesta), ale i na inej planéte, na Slnku, mesiacoch, prípadne ako pozorovateľ slnečnej sústavy.

Dátum a čas – umožňuje nastavenie dátumu a času od roku 0 n.l. až po rok 100 000.

Zobrazovanie objektov, vlastnosti zobrazovania – v záložke Obloha je možnosť nastavenia zobrazenia hviezd, atmosféry, planét a obežníc, názvov a značiek, meteorov, limitných magnitúd. V záložke Mapa je možnosť nastavenia nebeskej klenby, súhvezdí, projekcie. V záložke Terén je možné nastaviť fotografiu terénu, prípadne si z archívu inštalovať nový. Záložka Mytológia dáva na výber z niekoľkých mytológií. V závislosti od voľby sú potom zobrazované súhvezdia.

Vyhľadavanie – pomocou tohto okna môžeme vyhľadať objekty vo vesmíre (planéty, hviezdy, mesiace, ...). Po zadaní prvých písmen sa objaví ponuka, v ktorej preklikávame pomocou Tabulátora (pomenovanie objektu je zvýraznené) a po výbere stlačíme Enter.

Nastavenia – v tomto okne je možné nastaviť jazyk programu, zobrazované informácie o vybranom objekte, nastaviť ovládanie klávesnicou alebo myšou, je možné spúšťať skripty a nastavovať moduly.

Pomocník – prehľad klávesových skratiek na ovládanie programu a informácie o aplikácii.

1.2 Vodorovná lišta

- 1 Čiary súhvezdí – vykreslí čiary súhvezdí.
- 2 Názvy súhvezdí – zobrazí názvy súhvezdí.
- 3 Obrázky súhvezdí – vykreslí obrázky súhvezdí.
- 4 Ekvatoriálna sieť – vykreslí čiary pre súradnicový systém RA/Dec.
- 5 Azimutálna mriežka – vykreslí čiary pre súradnicový systém Alt/Azi.
- 6 Terén – vypne alebo zapne zobrazenie terénu.
- 7 Svetové strany – zobrazí označenia svetových strán.
- 8 Atmosféra – vypne alebo zapne atmosféru.
- 9 Objekty hlbokého vesmíru – zobrazí hmloviny a hviezdokopy.
- 10 Označenia planét – zobrazí názvy planét.
- 11 Prepnúť medzi paralaktickou a azimutálnou montážou
- 12 Zacieliť na označený objekt – označený objekt sa dostáva do stredu obrazovky a pri približovaní alebo vzdďaľovaní zobrazovania ostáva stále v strede.
- 13 Nočný režim – výhodné pri používaní aplikácie v tmavom prostredí.
- 14 Celoobrazovkový režim – prepne aplikáciu na celú obrazovku.
- 15 Okulárové zobrazenie – zobrazí vybraný objekt ako pri pozorovaní cez okulár.
- 16 Stopy satelitov – zobrazí trajektóriu satelitov.
- 17 Spomaliť plynutie času – spomalenie času, pri viacnásobnom stlačení sa čas spomalí niekoľkonásobne.
- 18 Nastaviť skutočnú rýchlosť času – po urýchlení alebo spomalení plynutia času umožní nastaviť reálne plynutie času.
- 19 Nastaviť aktuálny čas – z ľubovoľného času nastaví aktuálny čas.
- 20 Zrýchliť plynutie času – zrýchlenie času, pri viacnásobnom stlačení sa čas zrýchli niekoľkonásobne.
- 21 Ukončiť – ukončenia aplikácie.

1.3 Ďalšie užitočné pomôcky

Ako sme už spomínali, pri používaní aplikácie Stellarium sa nevyhneme použitiu niektorých klávesov. Uvedieme tie, ktoré považujeme sa najdôležitejšie, ale je ich oveľa viac. Možno ich nájsť pomocou zvislej lišty a tlačidla *Pomocník*.

Pridať deň	=
Pridať hodinu	Ctrl a =
Pridať týždeň] (Alt a G)
Ubrať deň	-
Ubrať hodinu	Ctrl a -
Ubrať týždeň	[(Alt a F)
Obežné dráhy planét	O
Zacieliť na označený objekt	Medzerník

2 Aktivity s aplikáciou Stellarium

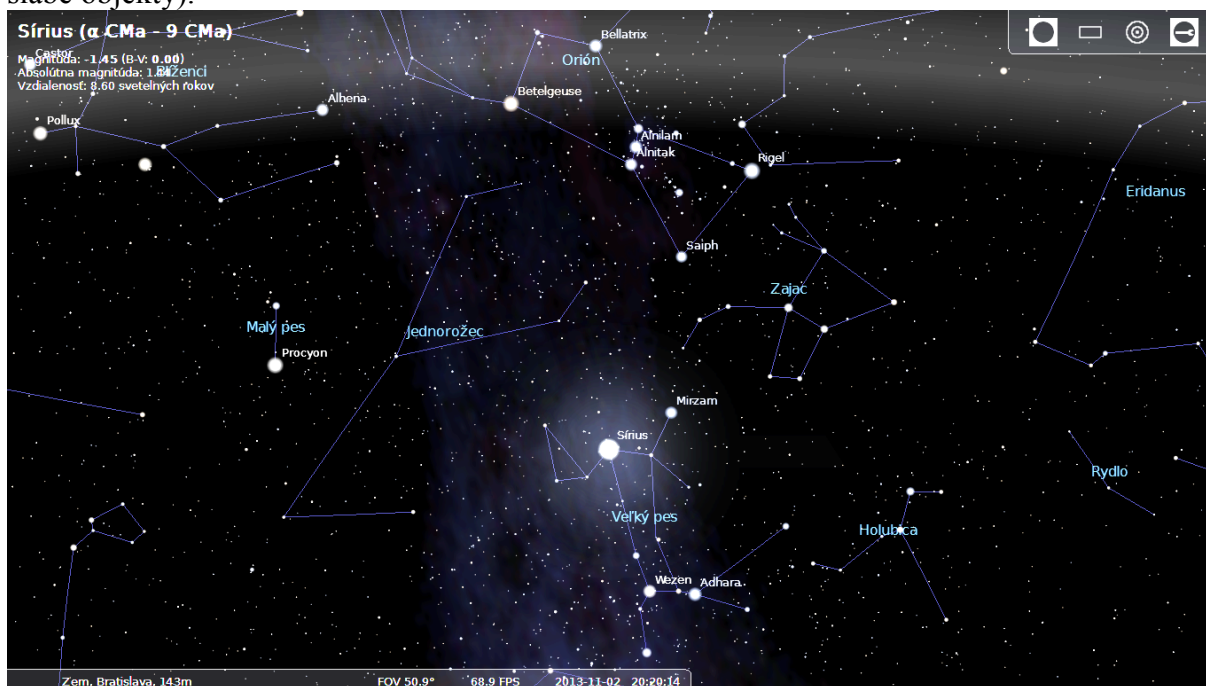
Stellarium umožňuje sledovanie a skúmanie nespočetného množstva javov. V ďalšom uvedieme niekoľko aktivít, ktoré je možné využiť na sprístupnenie javov spojených s pohybom vesmírnych telies. Aktivity sú na úrovni žiaka základnej školy. Samozrejme, dá sa prejsť aj k náročnejším aktivitám, ale to nie je cieľom tohto príspevku.

2.1 Ktorá hviezda je najjasnejšia?

Niet pochybností o tom, že je to Slnko. Ktorá hviezda je v poradí hneď za ňou? Zrejme si väčšina spomenie na druhú najbližšiu hviezdu – Proxima Centauri. Táto hviezda je vzdialená len 4,2 svetelných rokov, ale jej magnitúda je 11. Magnitúda (hviezdna veľkosť) označuje jasnosť objektu.

Najjasnejšie objekty sa označujú na číselnej škále nižšími číslami ako slabšie objekty. Modernými prístrojmi sa meria hviezdna veľkosť a astronómovia sa dohodli, že 100 násobný rozdiel v jasnosti zodpovedá rozdielu 5 magnítud (hviezda magnítudy 1 je stonásobne jasnejšia ako hviezda magnítudy 6).

Jasné objekty ako Slnko alebo veľmi slabé objekty, ktoré sa dajú pozorovať len v ďalekohľadoch, sa však do rozmedzia magnítud 1 – 6 nevmetia. Z toho dôvodu používame na škále hviezdnych veľkostí aj čísla menšie ako 1 (aj záporné) a aj čísla väčšie ako 6 (pre slabé objekty).



Obr. 2 Najjasnejšia hviezda oblohy - Sírius

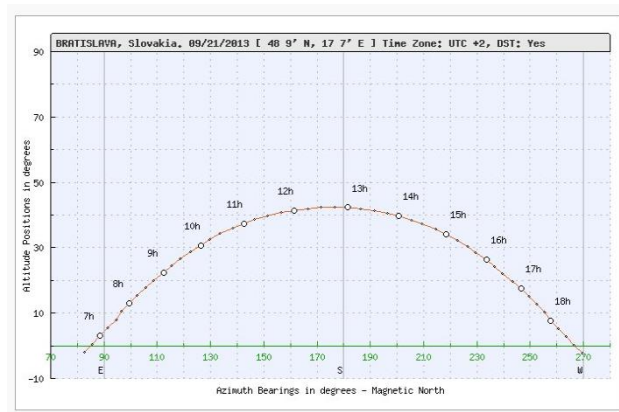
Najjasnejšia hviezda oblohy je Sírius zo súhvezdia Veľký pes (obr. 2). Je síce vzdialená 8,6 AU, ale jej magnitúda je -1,45. Hviezdu Sírius na oblohe najľahšie nájdeme, keď predĺžime Oriónov pás.

2.2 Kde vychádza Slnko?

Najčastejšia odpoveď na túto otázku je, že na východe. Podľa tohto tvrdenia vychádza Slnko bez ohľadu na deň v roku stále na východe a zapadá na západe, t.j. na tom istom mieste – prekoná rovnaký priestorový uhol. Ako je potom možné, že v zime je Slnko na oblohe kratší čas ako v lete? Vari sa v lete po oblohe pohybuje väčšou rýchlosťou?

V programe Stellarium je možné pohyb Slnka sledovať, a to v jarný, letný, jesenný, či zimný deň. Pokiaľ chceme dráhu Slnka zakresliť, môžeme využiť bielu tabuľu, na ktorú dataprojektorom premietame aplikáciu. Obraz si nastavíme tak, aby sme priamo pred sebou videli juh. Obraz si oddialime, aby sme naľavo a napravo videli západ a východ (pomocou zapnutých svetových strán). Nastavíme si dátum jarného dňa a času napr. 6:00. Stlačením tlačidla *Nastaviť skutočnú rýchlosť času* plynutie času zastavíme. Pomocou klávesov *Ctrl a* = posúvame čas o hodinu dopredu. Každú polohu Slnka zaznamenáme. Ten istý postup, pri tom istom priblížení opakujeme pre letný, jesenný i zimný deň.

Zobraziť pohyb Slnka na oblohe je možné i s aplikáciami na výpočet polohy Slnka na oblohe. Je ich niekoľko, nám sa najlepšie osvedčila aplikácia, ktorá polohu Slnka pre dané miesto a čas nielen vypočíta, ale trajektóriu pohybu i znázorní (Brackenridge, 2013). Nastavením miesta a dátumu získame graf (obr. 3), pričom na x-ovej osi je azimut a na y-ovej výška polohy Slnka.

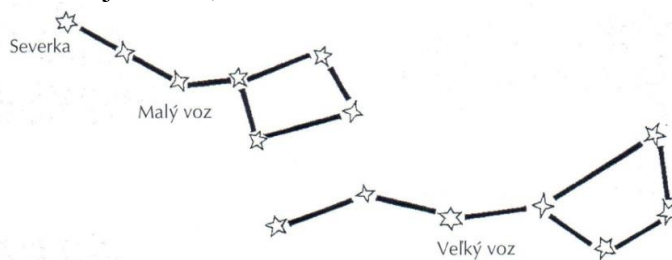


Obr. 3 Znážornenie trajektórie pohybu Slnka po oblohe v Bratislave 21. 9. 2013 (Brackenridge, 2013)

2.3 Čím je poloha Polárky výnimočná?

V noci sa najlepšie orientuje podľa Polárky (Severky). Prečo je pre orientáciu dôležitá práve Polárka? Ako ju možno na nočnej oblohe nájsť?

V učebnici prírodovedy pre 4. ročník v téme *Prečo je obloha plná hviezd?* autori uvádzajú: „Celý rok môžete u nás na oblohe pozorovať súhvezdia Veľký voz a Malý voz.“ (Wiegerová et al., 2011b, s. 40). Nasleduje obr. 4, na ktorom sú súhvezdia zobrazené v nesprávnej polohe.



Obr. 4 Súhvezdia Veľký voz a Malý voz (Wiegerová et al., 2011b, s.40)

V učebnici *Prírodoveda* pre 4. ročník základných škôl (Adame a Kováčiková, 2012) uvádzajú obrázok s nesprávne vyznačenou polohou Polárky (obr. 5) – Severka je súčasť súhvezdia Veľký voz.



Obr. 5 Súhvezdie Veľký voz a Severka (Adame a Kováčiková, 2012, s. 19)

Kde teda Polárka je? V aplikácii Stellarium ju môžeme vďaka vyhľadávaciemu oknu ľahko nájsť. Tiež môžeme využiť tlačidlo zobrazenia čiar súhvezdí a Polárku nájsť pomocou súhvezdia Veľký voz – zadné hviezdy súhvezdia spojíme a na spojnicu nanesieme približne päťkrát ich vzdialenosť, dostaneme sa k Polárke.

Význačnosť postavenia Polárky môžeme ukázať tak, že zacielime na Polárku a zrýchlime plynutie času. Pozorujeme, že hviezdy sa dali do kruhového pohybu okolo Polárky. Všetky hviezdy okrem nej sa hýbu. Prečo? Je to spôsobené tým, že zemská os smeruje na Polárku, je teda presne na severe.

Ako sa dá na južnej pologuli orientovať podľa nočnej oblohy? Na rozdiel od severnej pologule, na južnej nemajú takú význačnú hviezdu. Približne na juhu leží súhvezdie Južný kríž, ale ako sa dá pomocou aplikácie Stellarium ukázať, žiadna z hviezd, ktoré toto súhvezdie tvoria, nemá takú význačnú polohu ako Polárka.

2.4 Kde je na severnom póle juh?

Už vieme, že pomocou Polárky môžeme určiť sever. Keď sa však postavíme na severný pól (zemepisná šírka N 90°, zemepisná dĺžka E 0°), Polárku máme priamo nad sebou (výška viac ako 89° – Polárka predsa len neleží úplne presne na priamke totožnej s osou otáčania Zeme). Kde je juh? Ak si zobrazíme svetové strany a terén, zistíme, že juh je ktorýmkoľvek smerom.

2.5 Aké sú rozmery vo vesmíre?

Predstavy o vesmíre bývajú vo väčšine prípadov skreslené, pretože rozmery a vzdialenosti vo vesmíre sú „veľké čísla“. Ak za model Zeme zoberieme loptu s veľkosťou 15 cm, potom model Mesiaca je pingpongová loptička s priemerom 4 cm. V akej vzájomnej vzdialenosti treba tieto modely umiestniť, aby predstavovali polohu Zeme a Mesiaca v správnej mierke? Vzdialenosť týchto telies je v zodpovedajúcej mierke 4,42 m. V akej vzdialenosti je potom lopta s priemerom 16 m (model Slnka)? Táto obrovská lopta by mala byť umiestnená vo vzdialenosti 1726 m od lopty predstavujúcej Zem.

V učebniciach, či encyklopédiách sa často stretávame s ilustráciou, na ktorej sú vyobrazené planéty obiehajúce okolo Slnka. Je škoda, že autori väčšinou neupozornia, že obrázok je len ilustračný a nejde o reálne zobrazenie našej slnečnej sústavy. Žiaci takto získavajú nesprávne predstavy o rozmeroch a polohe planét vo vesmíre.

V učebnici prírodovedy pre 3. ročník (Wiegerová et al., 2011a, s. 31) autorky uvádzajú námet na projekt o vytvorení modelu slnečnej sústavy. Uvádzajú predmety, ktorými možno v zmenšenej mierke nahradiť Slnko a planéty, a tiež vzdialenosti od Slnka, do ktorých treba tieto predmety uložiť. Po prepočítaní rozmerov a vzdialeností planét od Slnka sme zistili, že autorky v modeli nevyužili jednotnú mierku pre rozmery planét a pre ich vzdialenosti od Slnka. O nesprávnosti modelu svedčí aj fakt, že nie je možné poukladať vymenované predmety do daných vzdialeností. Pri vzdialenosti planéty od Slnka ide o vzdialenosť stredu tohto vesmírneho telesa od stredu Slnka. Ako by napríklad žiak dal do vzdialenosti 2 cm od modelu Slnka (veľká nafukovacia lopta) bobuľku ríbezle (model planéty Merkúr)? A ako by do vzdialenosti 3 cm od modelu Slnka položil čerešňu (model planéty Venuša)?

Žiaci majú problém s „veľkými číslami“ a vzdialenosti planét od Slnka sú naozaj „veľké čísla“. Pomôcť si však môžeme zostrojením modelu slnečnej sústavy v zmenšenej mierke (tab. 1). (Beniačiková a Krišková, 2013)

Planéta	Vzdialenosť / km	Polomer / km	Prepočítaný priemer / mm	Prepočítaná vzdialenosť od Slnka / m	
Merkúr	58 050 000	2 439	0,2	2,9	makové zrníčko
Venuša	108 450 000	6 052	0,6	5,4	makové zrníčko
Zem	150 000 000	6 378	0,6	7,5	makové zrníčko
Mars	228 600 000	3 397	0,3	11,5	makové zrníčko
Jupiter	780 450 000	71 398	7,1	39,1	nové korenie
Saturn	1 434 000 000	60 000	5,8	71,8	nové korenie
Urán	2 892 750 000	25 400	2,3	144,4	čierne korenie
Neptún	4 539 750 000	24 764	2,2	226,3	čierne korenie
Slnko	--	695 550	70	--	

Tab. 1 Vzdialenosti planét od Slnka a priemer jednotlivých planét a Slnka

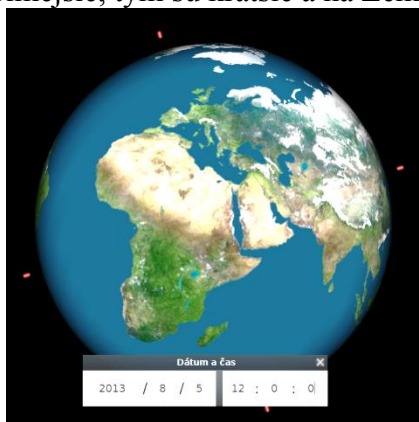
Aj aplikácia Stellarium umožňuje priblížiť rozmery vesmíru a vzdialenosti planét. V nastavení polohy zvolíme *Pozorovateľ slnečnej sústavy*. Na vodorovnej lište vyberieme *Označenia planét*. Nájdeme Slnko a planétu – Merkúr. Vyznačíme tento objekt a klávesom „O“ zobrazíme obežnú trajektóriu planéty (po opätovnom stlačení tohto klávesu obežná trajektória zmizne). Všimneme si, kde je Venuša a ostatné planéty. Keď vyberieme ľubovoľnú planétu, zobrazí sa jej obežná dráha. Je zrejme, že planéty nie sú rozmiestnené v rovnakých vzdialenostiach. Priblížením k vybranej planéte získame jej verné vyobrazenie.

2.6 Prečo sa strieda deň a noc?

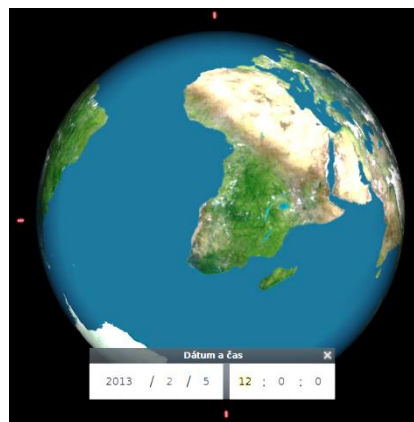
Ako *Pozorovateľ slnečnej sústavy* máme možnosť sledovať nie len obchod Zeme okolo Slnka, ale aj jej rotáciu okolo vlastnej osi. Keďže je vždy osvetlená len časť zemského povrchu, je možné diskutovať o striedaní dňa a noci. Keď budeme Zem pozorovať zo Slnka (v nastavení zemepisnej polohy zvolíme Slnko), a vďaka tomu, že sú na Zemi zobrazené aj kontinenty, môžeme sledovať, na ktorom kontinente, kedy približne vychádza a zapadá Slnko.

2.7 Prečo sa striedajú ročné obdobia?

Ak zostaneme nastavení ako je popísané vyššie (zemepisná poloha – Slnko, vybraný objekt – Zem), môžeme sledovať, ktorá časť Zeme je osvetlená. Ak necháme Zem obiehať okolo Slnka (stále ju sledujeme – použijeme medzerník) zistíme, že v auguste môžeme na Zemi vidieť dobre zobrazenú severnú pologuľu (obr. 6), kým v januári – južnú (obr. 7). V lete totiž slnečné lúče dopadajú na kolmejšie na severnú pologuľu, kým v zime na južnú. Samozrejme, toto nemožno ešte považovať za vysvetlenie striedania ročných období. Naše skúsenosti ukazujú, že žiaci a študenti majú s touto témou spojené miskoncepce. Dokonca v metodických materiáloch k učebnici prírodovedy pre 4. ročník (Adame a Kováčiková, 2012a) autorky k vysvetleniu striedania ročných období uvádzajú: „Pozor, platí, čím sú lúče šikmejšie, tým sú dlhšie a tým menej tepla vysielajú na našu Zem a, naopak, čím svietia na Zem kolmejšie, tým sú kratšie a na Zemi je teplejšie.“



Obr. 6 Pohľad zo Slnka na planétu Zem v lete



Obr. 7 Pohľad zo Slnka na planétu Zem v zime

Preto je vhodné urobiť jednoduchý experiment na dôkaz toho, že ak tepelné lúče dopadajú na povrch kolmejšie, zohrievajú ho viac – pred tepelný žiarič alebo iný zdroj tepla (ktorý nefúka) položíme ruku tak, aby dlaň bola v rovine dopadajúcich lúčov. Potom ruku pootočíme tak, aby lúče dopadali na dlaň kolmo. Cítíme na dlani teplo, v prvom prípade len trochu, kým v druhom podstatne viac.

2.8 Ako Mesiac mení svoje podoby?

Ako vznikajú fázy Mesiaca? Typická miskoncepcia spojená s touto témou je, že fázy Mesiaca vznikajú preto, lebo slnečné lúče nemôžu dopadať na Mesiac, lebo majú v ceste Zem – Zem vrhá tieň na Mesiac. Vznik fáz Mesiaca možno ukázať pomocou experimentu v tmavšej miestnosti so zapnutou stolnou lampou (model Slnka), loptou (model Mesiaca) a našimi očami (model Zeme). Pri zmenách polohy lopty, môžeme pozorovať, že je osvetlená iná časť

lopty (Mesiaca). Tento experiment je možné podporiť aj aplikáciou Stellarium. Nastavíme zemepisnú polohu na Zem a vyhľadáme Mesiac. Volíme také priblíženie, aby sme mohli sledovať vzájomnú polohu Mesiaca a Slnka. Vyberieme objekt Mesiac, zacielieme naň (stlačíme medzerník) a kolieskom na myši objekt priblížime. Opakujeme pre rôzne dni v mesiaci. Pozorujeme, že je osvetlená len tá časť Mesiaca, ktorá je otočená k Slnku.

Možno predpovedať podobu Mesiaca, keď vieme, ako vyzerá dnes? Pri zacielení na Mesiac a zastavení času, pridávame 24 hodín (stlačíme „=“) a sledujeme fázy Mesiaca. Ako bude vyzeráť Mesiac o týždeň, keď dnes je spln? Pomocou tlačidla na zvislej lište *Dátum a čas* nastavíme dátum, aby bol Mesiac v splne. Stlačením klávesu „]“ (Alt a G) pridáme k tomuto dátumu týždeň. Vidíme, že Mesiac je v poslednej štvrti.

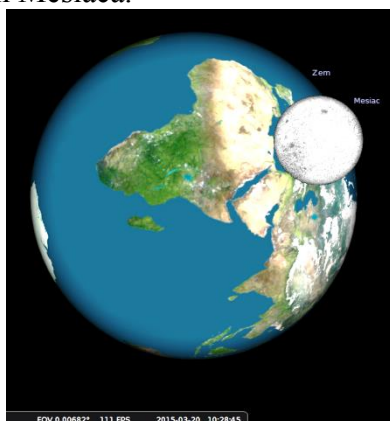
2.9 Kedy nastáva zatmenie Mesiaca?

Zatmenie Mesiaca nie je taký bežný jav, ako by sa niektorí domnievali. Je spôsobené tým, že Mesiac sa dostane do zákrytu Zeme a slnečné lúče naň nedopadajú. Z toho vyplýva, že zatmenie nastáva iba počas splnu. Naposledy sme u nás mohli zatmenie Mesiaca pozorovať 15. 6. 2011. Nie každý však mal túto možnosť. V aplikácii Stellarium si môžeme zatmenie ľahko pozrieť. Nastavíme si dátum na 15. 6. 2011, čas na 21:00, vyhľadáme a zacielieme na Mesiac. Priblížime si ho, aby sme ho videli zblízka. Sledujeme, ako sa mení po zrýchlení času. V istom okamihu sa jeho farba postupne mení na oranžovú – nastáva zatmenie. Zaznamenáme čas, kedy zatmenie nastalo a koľko trvá.

Na zatmenie Mesiaca sa môžeme vďaka aplikácii Stellarium pozrieť aj z druhej strany – z Mesiaca. Takto ukážeme, že čo sa vlastne pri zatmení Mesiaca deje. Nastavíme zemepisnú polohu na Mesiac, dátum na 15. 6. 2011 a vyhľadáme Zem. Zacielieme naň a pozorujeme, ako sa pohybuje pri zrýchlenom čase. V istom okamihu zaregistrujeme, že Zem začína prekrývať Slnko – je to presne v tom istom čase, ako sme zo Zeme pozorovali zatmenie Mesiaca.

2.10 Ako vyzerá zatmenie Slnka?

Úplné zatmenie Slnka nastane 20. 3. 2015. Pozrime sa, ako toto zatmenie bude vyzeráť. V aplikácii Stellarium nastavíme príslušný dátum a zacielieme na Slnko. Zobrazíme ho v takom priblížení, aby sme na obrazovke pozorovali celý slnečný kotúč. Zrýchlime čas a sledujeme, čo sa deje. Zaregistrujeme, že po slnečnom kotúči sa presúva Mesiac. Pozorujeme čiastočné zatmenie Slnka. Kde by sme mohli pozorovať úplné zatmenie Slnka? Nastavme zemepisnú polohu na Slnku, dátum ponechajme 20. 3. 2015 a zacielieme na Zem. Po zrýchlení času pozorujeme, ako sa Mesiac presúva popred našu Zem (obr. 8). Miesta, ktoré na určitý čas nevidíme, určujú pás, z ktorého bude pozorovateľné čiastočné zatmenie Slnka – slnečné lúče sú tienené kotúčom Mesiaca.



Obr. 8 K vysvetleniu zatmenia Slnka

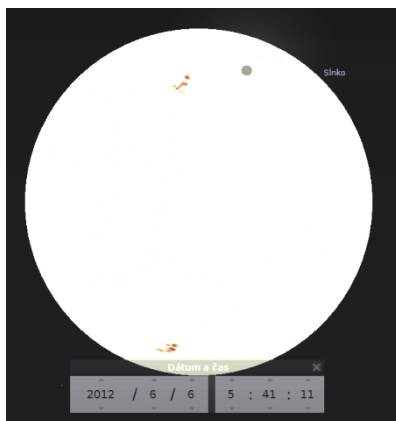
Ak si následne nastavíme na Zemi zemepisnú polohu v tomto páse, môžeme pozorovať zatmenie Slnka, v prípade správneho nastavenia polohy sa dostaneme do pásu totality, t.j. do

pása, v ktorom je pozorovateľné úplné zatmenie Slnka.

2.11 Kedy prechádza Venuša slnečným kotúčom?

Prechod Venuše slnečným kotúčom je pomerne zriedkavý jav. V minulosti sa pomocou tohto javu určila vzdialenosť Zeme od Slnka tzv. astronomická jednotka (AU). My sme ho mohli pozorovať v 8. 6. 2004 a naposledy 6. 6. 2012 skoro ráno. Planéta Venuša sa dostala pred kotúč Slnka po poľnoci nášho času a prechádzala ním až do 6.30 ráno (približne). U nás bol tento prechod pozorovateľný, avšak bolo treba voliť vhodné miesto pozorovania, pretože Slnko bolo nízko nad obzorom. Komu sa nepošťastilo vidieť tento úkaz na vlastné oči, môže si pozrieť animáciu v aplikácii Stellarium.

Nastavíme si dátum 6. 6. 2012, 0:00, vyhľadáme Slnko, zacielime naň a priblížime si ho tak, aby kotúč Slnka zaberol skoro celú obrazovku. Zrýchlime čas a sledujeme prechod Venuše slnečným kotúčom (obr. 9).

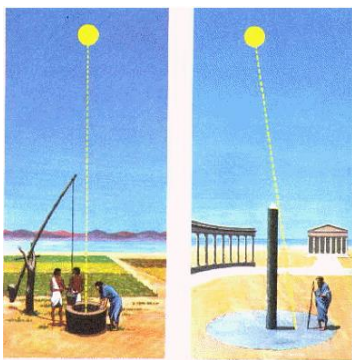


Obr. 9 Prechod Venuše kotúčom Slnka

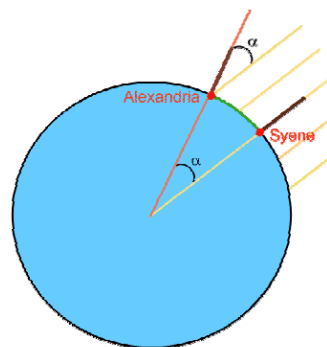
Možnosť pozorovať tento jav budeme mať zo Zeme opäť v roku 2117, z územia Slovenska až v roku 2125. Ktoré planéty by ešte mohli prechádzať cez kotúč Slnka?

2.12 Ako vieme odmerať polomer Zeme?

Filozof Eratosthenes (276 - 194 pr.n.l.) odmeral rozmery Zeme pomocou Slnka. „Eratosthenes žil v Alexandrii na severe Afriky. Tu sa dozvedel o zaujímavom jave pozorovanom v Syene v južnom Egypte (dnešný Asuán). V čase letného slnovratu (to je podľa nášho kalendára 21. júna) svietilo v tomto meste slnko až na dno studní. A to bolo naozaj neobyčajné, pretože také niečo môže nastať len vtedy, ak je Slnko aspoň na chvíľu úplne presne nad studňou. Eratosthenes využil tento zvláštny jav na jedno celkom jednoduché meranie: v deň letného slnovratu odmeral, aký dlhý tieň vrhá stĺp v Alexandrii (obr. 10). Z výšky stĺpa, z dĺžky tieňa a zo vzdialenosti Syeny od Alexandrie vypočítal obvod Zeme.



Obr. 10 Eratostenovo meranie

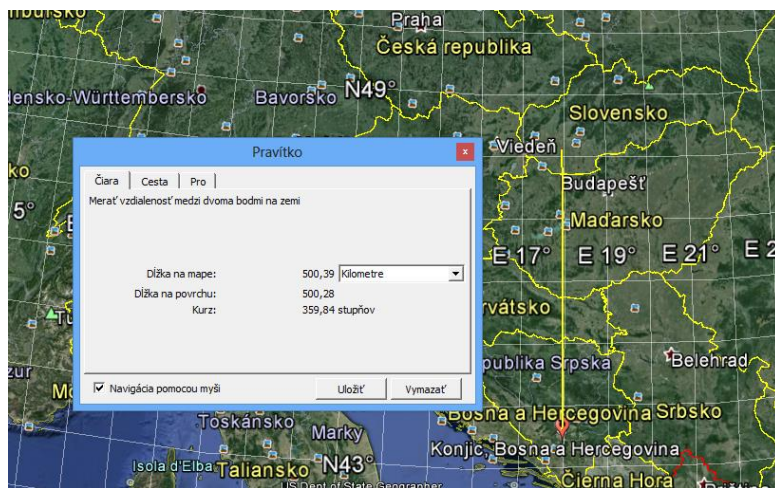


Obr. 11 K vysvetleniu Eratostenovho merania
(Zdroj: <http://goo.gl/sPPk4b>)

Ako to dokázal? Vedel, že karavánam trvá cesta zo Syene do Alexandrie 50 dní. Ďalej vedel, že karavána prejde denne zhruba 100 štadiónov (jeden štadión bola dĺžka bežeckej dráhy, v dnešných jednotkách je to asi 185 metrov). Z týchto dvoch čísiel si vypočítal, že vzdialenosť Alexandrie od Syene bola približne 5000 štadiónov. Keď sa pozrieme na obrázok 11, vidíme, že táto vzdialenosť je nejakou časťou obvodu celej Zeme. Ak sa na obrázok pozrieme ožaj dobre, vidíme, že uhol α je rovnakou časťou celého uhla (ktorý má 360°). Takže, ak by Eratosthenes dokázal odmerať uhol α , vedel by ľahko vypočítať obvod Zeme.“ (Mojžiš et al., 2013, s. 15)

Eratostenovo meranie môže pomocou aplikácie Stellarium zopakovať –nastavíme dátum na 21. 6. 12:00. Zemepisnú polohu zvolíme Alexandriu (Stellarium túto polohu priamo neponúka, ale môžeme si ju nastaviť pomocou GPS súradníc (zemepisná šírka $N 31^\circ 11' 38,43''$, zemepisná dĺžka $E 29^\circ 54' 50,19''$). Posúvame sa v čase a zistíme, aká je maximálna výška Slnka. Keďže v aplikácii Stellarium je táto priamo zobrazovaná, nemusíme určovať výšku Slnka z dĺžky tieňa. My sme zistili maximálnu výšku Slnka na oblohe $82^\circ 14' 34''$, čo je približne $82,23^\circ$. To znamená, že Alexandria je oproti Syene vzdialená o uhol $90^\circ - 82,23^\circ = 7,77^\circ$. Tento uhol zodpovedá 925 km. To znamená, že uhol 360° zodpovedá 42 857 km, čo je priemer Zeme. Z toho vypočítaný polomer Zeme je 6820 km. Tento rozmer sa líši od údaju, ktorý poznáme. Je však oveľa presnejší, ako zistil Eratosthenes. Keď si však uvedomíme, ako Eratosthenes určoval vzdialenosť dvoch miest, jeho údaj môžeme považovať za obdivuhodný. Navyše Eratosthenes predpokladal, že obe mestá ležia na jednom poludníku, pritom rozdiel v ich zemepisných šírkach je skoro 3° .

Rozmer našej Zeme môžeme určiť aj v spolupráci s družobnou školou komunikáciou cez internet. Ak je naša škola v Bratislave a družobná škola napr. v Bosne a Hercegovine v meste Konjic (výhodou je, že tieto mestá ležia na jednom poludníku, ak by neležali, je nutné určovať poludníkovú vzdialenosť, t.j. vzdialenosť rovnobežiek, na ktorých tieto mestá ležia), určíme maximálnu výšku Slnka v rovnaký deň v oboch mestách. Vzdialenosť miest určíme pomocou mierky na mape alebo pomocou programu Googlemaps alebo GoogleEarth. Rovnako ako Eratosthenes určíme polomer Zeme.



Obr. 12 Meranie vzdialenosti miest v programe GoogleEarth

Meranie môžeme opäť urobiť v aplikácii Stellarium. Nastavíme zemepisnú polohu Bratislava, určíme maximálnu výšku Slnka (dňa 2. 11. 2013 – $26^\circ 58' 14''$). Potom nastavíme zemepisnú polohu Konjic a určíme maximálnu výšku Slnka v tento deň ($31^\circ 28' 83''$). To znamená, že v meste Konjic je Slnko približne o $4,5^\circ$ vyššie ako v Bratislave. Vzájomná vzdialenosť týchto miest určená pomocou programu GoogleEarth je približne 500 km (obr. 12). Z týchto hodnôt sa dostávame k polomeru Zeme 6 366 km. Táto hodnota je presnejšia ako v prípade

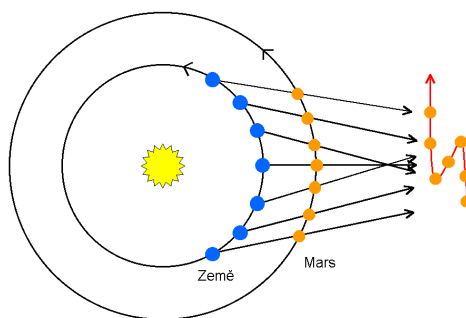
Eratostenovho merania zrejme kvôli tomu, že vzdialenosť oboch miest sme určili oveľa presnejšie.

2.13 Čo je spätný pohyb planéty?

Už v staroveku si ľudia všimli, že niektoré telesá sa na oblohe pohybujú a niektoré nie. A preto zatriedili nebeské telesá do dvoch kategórií – stálice a obežnice. Kým stálice vykonávali okolo Zeme iba denný pohyb, obežnice sa okolo Zeme pohybovali po veľmi zložitých trajektóriách. Raz to bolo priamo, inokedy spätne, často pri tom tvorili rôzne slučky. Ich pohyb upútal už ľudí v staroveku a ľudia sa ho neustále snažili vysvetliť. Tieto blúdiace hviezdy nazvali Gréci planétami.

Vidieť spätný pohyb hviezdy si vyžaduje dlhodobé pozorovanie pohybu planéty. V aplikácii Stellarium je toto pozorovanie možné vykonať v pomerne krátkom čase. My budeme pozorovať spätný pohyb planéty Mars. Problémom môže byť to, že Zem sa otáča okolo svojej osi, a táto rotácia nám značne skomplikuje pozorovanie. Preto je najvhodnejšie postaviť sa napr. na severný pól, čím rotáciu eliminujeme. Teda zemepisná poloha pomocou GPS súradníc: zemepisná šírka N 90°, zemepisná dĺžka E 0°. Vyhľadáme Mars, zacielime naň, vypneme terén a nastavíme dátum 1. 1. 2014. Zrýchlime čas tak, aby bol zjavný pohyb planéty Mars vzhľadom na hviezdy. Sledujeme, že Mars sa voči hviezdám pohybuje jedným smerom. Približne koncom februára smer svojho pohybu zmení na opačný. V polovici mája sa pohyb planéty opäť vráti do pôvodného smeru. Ako sa dá tento zdanlivo „bludný“ pohyb vysvetliť?

Nastavme dátum opäť na 1. 1. 2014. Pozorujme pohyb planéty Mars, nie zo Zeme, ale ako *Pozorovateľ slnečnej sústavy*. Pomocou klávesu „O“ zapneme zobrazovanie obežných dráh planét. Vyhľadáme Slnko a zvolíme také priblíženie, aby sme na obrazovke mohli pozorovať celú obežnú trajektóriu Marsu. Keď vyberieme objekt Mars, zobrazí sa obežná dráha tejto planéty. Na papier (tabuľu) priložený k pravej strane obrazovky počítača (premietacej plochy) znázorňujeme zdanlivú polohu planéty Mars, kde ju zo Zeme pozorujeme. Predĺžením spojnice Zem – Mars zaznamenáme polohu 1. Posunieme čas o týždeň („]“ = „Ctrl a G“) a spojnica Zem – Mars určí polohu 2 Marsu vzhľadom na pozorovateľa na Zemi. Takto postupujeme ďalej. Polohu môžeme zaznamenávať aj každé dva týždne. Dôležité je, zaznamenať polohu koncom februára, v polovici mája a neskôr. Vidíme, že zdanlivo „bludná“ trajektória Marsu je spôsobená relatívnou polohou Marsu vzhľadom na Zem (obr. 13).



Obr. 13 K vysvetleniu spätného pohybu planéty Mars (Zdroj: <http://goo.gl/iW1IqR>)

Záver

V príspevku sme sa snažili priblížiť aplikáciu Stellarium a jej možné využitie pri objasňovaní základných javov spojených s pohybom vesmírnych telies. Možných aktivít je ďaleko viac, ako sme uviedli my. Veríme, že sa čitateľ oboznámil so základnými možnosťami aplikácie Stellarium a je pripravený hľadať ďalšie možnosti uplatnenia tejto aplikácie, či už na vyučovaní, na astronomickom krúžku alebo inej záujmovej činnosti.

Pod'akovanie

Tento príspevok vznikol s podporou projektu KEGA č. 130UK-4/2013.

Zoznam bibliografických odkazov

- ADAME, R., KOVÁČIKOVÁ, O., 2012a. *Prírodoveda 4 pre 1. stupeň základných škôl*. Pracovná učebnica. Bratislava : Aitec, 2012. s. 120. ISBN 978-80-8146-010-4.
- ADAME, R., KOVÁČIKOVÁ, O., 2012b. *Prírodoveda 4 pre 1. stupeň základných škôl*. *Metodické komentáre k pracovnej učebnici pre učiteľa* [online]. Bratislava : Aitec, 2012 [cit 30-05-2013]. Dostupné na: <http://goo.gl/rEWPO>
- BENIAČIKOVÁ, M., KRIŠKOVÁ, K. 2013. K možnostiam využívania žiakmi vytvorených modelov na hodine fyziky. In *Zborník z ŠVK 2013*. [online]. 2013 [cit 25-10-2013]. Dostupné na: <http://goo.gl/4IJWZ2>
- BRACKENRIDGE, M. 2013. *SunPosition.info*. [online]. 2013 [cit 25-10-2013]. Dostupné na: <http://goo.gl/WZ8dB>
- GATES, M., DOMONKOS, M. 2009. *Stellarium – používateľská príručka* [online]. 2009 [cit 25-10-2013]. Dostupné na: <http://goo.gl/30pGc4>
- HANISKO, P., 2013. Vyučovanie astronómie na 2. stupni základných škôl v Slovenskej republike. In *Obzory matematiky, fyziky a informatiky*. Vol. 42, No. 2 (2013). s. 51-58. ISSN 1335-4981.
- MOJŽIŠ, M., KUNDRACÍK, F., MOJŽIŠOVÁ, A. 2013. *Zem náš domov*.
- ŠPÚ (Štátny pedagogický ústav), 2009a. *Štátny vzdelávací program : Fyzika – Príloha ISCED 2* [online]. Bratislava : ŠPÚ, 2009 [cit25-10-2013]. Dostupné na: <http://goo.gl/03Avn>
- ŠPÚ (Štátny pedagogický ústav), 2009b. *Štátny vzdelávací program : Fyzika – Príloha ISCED 3A* [online]. Bratislava : ŠPÚ, 2009 [cit25-10-2013]. Dostupné na: <http://goo.gl/uRoSo>
- ŠPÚ (Štátny pedagogický ústav), 2010. *Štátny vzdelávací program : Geografia – Príloha ISCED 2* [online]. Bratislava : ŠPÚ, 2010 [cit25-10-2013]. Dostupné na: <http://goo.gl/rc0nZ>
- WIEGEROVÁ, A., ČESLOVÁ, G., KOPÁČOVÁ, J., 2011a. *Prírodoveda pre 3. ročník základných škôl*. Bratislava : SPN – Mladé letá, 2011.s. 80. ISBN 978-80-10-02079-9.

ZOZNAM LEKTOROV ŠOLTÉSOVÝCH DNÍ 2012

Balázsiová Zuzana	RNDr.	LF UK v Bratislave
Bartošovič Lukáš	Mgr.	FMFI UK v Bratislave
Beňuška Jozef	PaedDr., PhD.	Gymnázium V.P.Tótha, Martin
Demkanin Peter	Doc. RNDr., CSc.	FMFI UK v Bratislave
Dostálová Katarína	MUDr., PhD. MPH.	LF UK v Bratislave
Ferencová Elena	Doc. RNDr., CSc.	LF UK v Bratislave
Figurová Mária	Mgr.	FMFI UK v Bratislave
Haverlíková Viera	PaedDr., PhD.	LF UK v Bratislave
Horváth Peter	PaedDr., PhD.	FMFI UK v Bratislave
Horváthová Martina	Mgr.	FMFI UK v Bratislave
Hubeňák Jozef	Doc. RNDr., CSc.	PřF, Univerzita Hradec Králové
Karászová Viktória	Mgr.	ŠpMNDaG Skalická, Bratislava
Kukurová Elena	Prof. MUDr., CSc.	LF UK v Bratislave
Kundracik František	Doc. RNDr., PhD.	FMFI UK v Bratislave
Lapitková Viera	Doc. RNDr., CSc.	FMFI UK v Bratislave
Piskač Václav	Mgr.	Gymnázium Brno
Vnuková Petra	Mgr.	FMFI UK v Bratislave
Vanyová Monika	PaedDr.	FMFI UK v Bratislave
Velanová Michaela	Mgr.	FMFI UK v Bratislave
Velmovská Klára	PaedDr., PhD.	FMFI UK v Bratislave

ZOZNAM ÚČASTNÍKOV ŠOLTÉSOVÝCH DNÍ 2012

Barčáková Mária	Mgr.	Gymnázium Turzovka
Barčiaková Gabriela	PaedDr., PhD.	Gymnázium Jána Papánka, Bratislava
Bartozelová Lucia	Mgr.	Gymnázium Hubeného, Bratislava
Boorová Emília	RNDr.	SOŠ polygrafická, Bratislava
Drgoň Milan	Mgr.	ZŠ a MŠ, Budmerice
Duchoňová Jana	Mgr.	ZŠ Tajovského1, Senec
Ďuríčková Táňa	Mgr.	ZŠ Holíčska, Bratislava
Filová Mária	Mgr.	SŠ Novohradská, Bratislava
Gášparovičová Dana	RNDr.	Gymnázium Pankúchova, Bratislava
Gergel'ová Bianka	Bc.	FMFI UK v Bratislave
Hercogová Zuzana	Mgr.	Gymnázium L. Novomeského, Senica
Holubcová Mária	Mgr.	ŠG Ostredkova, Bratislava
Hornychová Jana	Mgr.	Gymnázium Hubeného, Bratislava
Chalupková Soňa	PaedDr., PhD.	SŠ Novohradská, Bratislava
Chovancová Eva	Mgr.	ZŠ M. R. Štefánika, Ivanka pri Dunaji
Jančár Peter	Mgr.	FMFI UK Bratislava
Junková Jana	Mgr., PhD.	ZŠ Turnianska, Bratislava
Jurčová Darina	RNDr.	Gymnázium F.G. Lorecu, Bratislava
Kačmáriková Eva	RNDr.	Spojená škola, Tokajčicka, Bratislava
Kajtárová Gabriela	Mgr.	Gymnázium I. Kupca, Hlohovec
Kaprinay Emika	Mgr.	Gymnázium Z. Kodálya, Bratislava
Kárászová Viktória	Mgr.	ŠpMNDAg Skalická, Bratislava
Kavická Slávka	Mgr.	ZŠ Beňovského, Bratislava
Kmeťová Eva	RNDr.	Gymnázium J. Matušku, Galanta
Kostrová Emília	Mgr.	Gymnázium Matky Alexie, Bratislava
Kučerová Jana	Mgr.	Gymnázium K. Štúra, Modra
Kureková Jana	Mgr.	Piaristická SŠ F. Hanáka, Prievidza
Legátová Andrea	Mgr.	ZŠ Levická, Vráble
Lepišová Zuzana	Ing.	G sv. Františka Assiského, Malacky
Letanovská Ľubica	Mgr.	SŠ Novohradská, Bratislava
Manczalová Jana	Mgr.	ZŠ Karloveská, Bratislava
Matajsová Ingrid	Mgr.	Spojená škola Tilgnerova, Bratislava
Mrekajová Jana	Ing.	ZŠ s MŠ Vojtaššáka Zákamenné
Mudrochová Iveta	Mgr.	Gymnázium L. Novomeského, Senica
Murcinová Anna	Ing.	ZŠ Železničná, Bratislava
Novotná Jana	Mgr.	Gymnázium I. Horvátha, Bratislava
Očková Erika	Mgr.	Gymnázium Metodova, Bratislava
Orolínová Mária	Mgr.	Gymnázium A. Merici, Trnava

Pastorková Mária	Mgr.	Gymnázium, Púchov
Petrášová Monika	RNDr.	Súkromné gymnázium ESPRIT, Bratislava
Pilátová Mariana	Ing.	ZŠ Želeničná, Bratislava
Pistovčáková Monika	PaedDr.	Gymnázium F. G. Lorcu, Bratislava
Popovičová Mária	Mgr.	ZŠ, Jána Bottu, Trnava
Pozorová Jana	Mgr.	Evanjelické G J. Tranovského, L. Mikuláš
Prokopová Jana	Ing.	SŠ Mokrohájska, Bratislava
Rafay Karol	RNDr., PhD.	Gymnázium A. Merici, Trnava
Rejdová Tatiana	Mgr.	SZŠ, Záhradnícka, Bratislava
Sadleková Zuzana	Ing.	Spojená škola Mokrohájska, Bratislava
Salajová Jana	Mgr.	G sv. Františka Assiského Levoča
Stanková Eva	Mgr.	Gymnázium Kostolná, Sered'
Suchá Andrea	Mgr.	ZŠ Veternicová, Bratislava
Štancelová Soňa	Mgr.	ZŠ A. Dubčeka, Bratislava
Štefanovičová Bibiana	Ing.	ZŠ Obchodná, Zohor
Švejdomá Jaroslava	Mgr.	CZŠ R. Zaymusa, Žilina
Talová Dana	Mgr.	Športové gymnázium, Bratislava
Tholtová Silvia	Mgr.	Gymnázium sv. Andreja, Ružomberok
Trepáč Igor	Mgr.	Gymnázium Topoľčany
Tvarožková Anna	Mgr.	ZŠ Mierová, Bratislava
Vančová Ľubica	Mgr.	GIK Komenského, Hlohovec
Vaňková Želmíra	Mgr.	Gymnázium A. Merici, Trnava
Vašková Beata	Mgr.	Športové gymnázium, Bratislava
Žamborová Dana	RNDr.	SPŠ Dopravná, Zvolen

ZOZNAM LEKTOROV ŠOLTÉSOVÝCH DNÍ 2013

Bartošovič Lukáš	Mgr.	FMFI UK v Bratislave
Beňuška Jozef	PaedDr., PhD.	Gymnázium V. P. Tótha, Martin
Bochníček Zdeněk	doc. RNDr.	PfF MU Brno
Černý Vladimír	doc. RNDr., CSc.	FMFI UK v Bratislave
Demkanin Peter	doc. PaedDr., PhD.	FMFI UK v Bratislave
Hodosyová Martina	Mgr.	FMFI UK v Bratislave
Horváth Peter	PaedDr., PhD.	FMFI UK v Bratislave
Horváthová Martina	Mgr.	FMFI UK v Bratislave
Hreha Ján	Mgr.	FMFI UK v Bratislave
Hudáková Zuzana	Mgr. PhD.	1. súkromné gymnázium, Bratislava
Jančár Peter	Mgr.	FMFI UK v Bratislave
Kundracik František	doc. RNDr., CSc.	FMFI UK v Bratislave
Lapitková Viera	doc. PaedDr., PhD.	FMFI UK v Bratislave
Petrík Karol	Mgr.	ASTRONYX
Piskač Václav	Mgr.	Gymnázium, Brno
Plečenik Andrej	Prof. RNDr., DrSc.	FMFI UK v Bratislave
Útla Jana	Mgr.	FMFI UK v Bratislave
Velanová Michaela	Mgr.	FMFI UK v Bratislave
Velmovská Klára	PaedDr., PhD.	FMFI UK v Bratislave
Vnuková Petra	Mgr.	FMFI UK v Bratislave

ZOZNAM ÚČASTNÍKOV ŠOLTÉSOVÝCH DNÍ 2013

Bališová Daniela	Mgr.	Spojená škola sv. Františka, Bratislava
Barčáková Mária	Mgr.	Gymnázium Turzovka
Barčiaková Gabriela	PaedDr.	Gymnázium Jána Papánka, Bratislava
Bjelajac Nada	Mgr.	CZŠ Narnia, Bratislava
Burčáková Natália	Mgr.	Gymnázium Bilíkova, Bratislava
Crkoňová Miroslava	Ing.	Gymnázium Púchov
Čechvalová Emília	RNDr.	Gymnázium L. Novomeského, Bratislava
Demkaninová Diana	Bc.	FiF UK v Bratislave
Dlhá Alena	Ing.	ZŠ a MŠ, Divina
Drgoň Milan		ZŠ a MŠ, Budmerice
Ďuríčková Táňa	Mgr.	ZŠ Holíčska, Bratislava
Ertlová Jana	RNDr.	Spojená škola sv. Františka, Bratislava
Fečkanová Edita	RNDr.	Gymnázium Bilíkova, Bratislava
Figurová Mária	Mgr.	Gymnázium L. Novomeského, Bratislava
Gaálová Eva	Mgr.	Gymnázium L. Novomeského, Bratislava
Gašparovičová Dana	RNDr.	Gymnázium Pankúchova, Bratislava
Gergel'ová Bianka	Mgr.	Gymnázium Grösslingova, Bratislava
Gunčagová Irena	RNDr.	Gymnázium Pankúchova, Bratislava
Hornychová Jana	Mgr.	Gymnázium Hubeného, Bratislava
Hudáková Zuzana	PaedDr., PhD.	1. súkromné gymnázium Bratislava
Chalupková Soňa	PaedDr., PhD.	SŠ Novohradská, Bratislava
Chovancová Eva	Mgr.	ZŠ M.R.Štefánika, Ivanka pri Dunaji
Janček Martin	Mgr.	Gymnázium sv. Andreja, Ružomberok
Kajtárová Gabriela	Mgr.	Gymnázium Hlohovec
Kaprinay Emika	Mgr.	Gymnázium Z. Kodály, Bratislava
Kačmáriková Eva	RNDr.	Spojená škola, Tokajicka, Bratislava
Kárászová Viktória	Mgr.	ŠpMNDaG Skalická, Bratislava
Kavická Slávka	Mgr.	ZŠ Beňovského, Bratislava
Kirchnerová Marcela	Ing.	Spojená škola Svätej rodiny, Bratislava
Kopčan Ivan	Mgr.	ZŠ Tribečská, Topoľčany
Kučerová Jana		Gymnázium Karola Štúra, Modra
Kureková Jana	Mgr.	Piaristická SŠ F. Hanáka, Prievidza
Lepišová Zuzana	Ing.	G sv. Františka Assiského, Malacky
Letanovská Ľubica	Mgr.	SŠ Novohradská, Bratislava
Matajsová Ingrid		Spojená škola Tilgnerova, Bratislava
Martinkovičová Jana	RNDr.	GJH Trnava
Mrekajová Jana	Ing.	ZŠ s MŠ Vojtaššáka, Zákamenné
Novotná Jana		Gymnázium I. Horvátha, Bratislava

Očková Erika		Gymnázium Metodova, Bratislava
Orolínová Mária	Mgr.	Gymnázium A. Merici, Trnava
Pastorková Mária	Mgr.	Gymnázium Púchov
Petrášová Monika	RNDr.	Súkromné gymnázium ESPRIT, Bratislava
Pilátová Mariana		ZŠ Želeničná, Bratislava
Pistovčáková Monika	PaedDr.	Gymnázium F. G. Lorcu, Bratislava
Podhoranská Marcela	Mgr.	ZŠ Vrútocká, Bratislava
Rafay Karol	RNDr., PhD.	Gymnázium A. Merici, Trnava
Rejdová Tatiana	Mgr.	SZŠ, Záhradnícka, Bratislava
Ribánová Jaroslava	Mgr.	ZŠ Vazovova, Bratislava
Rohal Peter		Gymnázium sv. Uršule, Bratislava
Sadleková Zuzana		Spojená škola Mokrohájska, Bratislava
Salajová Jana		G sv. Františka Assiského, Levoča
Snopková Slavomíra	Mgr.	Gymnázium M. Rúfusa, Žiar nad Hronom
Stanková Eva		Gymnázium Kostolná, Sereď
Šedivý Miroslav	Mgr.	FMFI UK v Bratislave
Šimurková Lubomíra	Mgr.	Gymnázium V. B. Nedožerského, Prievidza
Štancelová Soňa	Mgr.	ZŠ A. Dubčeka, Bratislava
Šuchterová Eva	Mgr.	Gymnázium Janka Matušku, Galanta
Švejdová Jaroslava	Mgr.	CZŠ R. Zaymusa, Žilina
Talová Dana		Športové gymnázium, Bratislava
Tatarko Rastislav		ZŠ Železničná, Bratislava
Tholtová Silvia		Gymnázium sv. Andreja, Ružomberok
Trenčan Jozef	Mgr.	FMFI UK v Bratislave
Trepáč Igor		Gymnázium Topoľčany
Tvarožková Anna	Mgr.	ZŠ Mierová, Bratislava
Urbašík Ján		ZŠ MRŠ, Lučenec
Urbašíková Miroslava	Mgr.	Gymnázium Juraja Hronca, Bratislava
Vančová Ľubica	Mgr.	GIK Komenského, Hlohovec
Vanyová Monika	PaedDr.	Základná škola, Tvrdošovce
Vaňková Želmíra		Gymnázium A. Merici, Trnava
Vašková Beata	Mgr.	Športové gymnázium, Bratislava
Zubáková Anna		SPŠ stavebná, Lučenec
Zvara Ján	Mgr.	GAS, Banská Bystrica

Šoltésove dni 2012 a 2013

Zborník príspevkov z konferencií Šoltésove dni 2012 a Šoltésove dni 2013, ktoré sa uskutočnili 22. - 23. novembra 2012 a 7. - 8. novembra 2013 na FMFI UK v Bratislave. Konferencia Šoltésove dni 2013 sa konala v rámci riešenia projektu KEGA 130UK-4/2013 *Podpora kvality vyučovania tvorbou materiálov prepojených na učebnice fyziky.*

Za odborný obsah a jazykovú úpravu príspevkov zodpovedajú autori.

Zostavili:	PaedDr. Klára Velmovská, PhD. PaedDr. Peter Horváth, PhD.
Recenzenti:	doc. RNDr. Viera Lapitková, PhD. doc. RNDr. Peter Demkanin, PhD. PaedDr. Monika Vanyová PaedDr. Klára Velmovská, PhD.
Technický redaktor:	PaedDr. Klára Velmovská, PhD.
Jazyková úprava:	
Grafická úprava:	PaedDr. Klára Velmovská, PhD.
Náklad:	150 ks
Počet strán:	145
Vydavateľ:	Knižničné a edičné centrum FMFI UK, Bratislava, 2013
Tlač:	Copycentrum PACI, Bratislava
Vydanie:	prvé
Rok vydania:	2013

ISBN 978-80-8147-015-8